



**CESPU**  
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO  
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

# Eficácia da terapia fotodinâmica e do laser no tratamento da peri-implantite

Uma revisão sistemática integrativa

Valentin Bernard Simon NOGUES

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

—

Gandra, maio de 2023

**Valentin Bernard Simon Nogue**

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

**Eficácia da terapia fotodinâmica e do laser no tratamento da peri-  
implantite**

**Uma revisão sistemática integrativa**

Trabalho realizado sob a Orientação de  
Professora Doutora Carolina Coelho

## DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Eu, acima identificado, 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.



## Agradecimentos

Gostaria de agradecer à minha orientadora, Professora Doutora Carolina Coelho, pelo apoio e ajuda que me deu durante a elaboração da minha tese, através dos seus conselhos. Obrigado pela sua confiança.

Muito obrigado aos meus pais, Frédérique e Bernard que me permitiram estudar no estrangeiro e confiaram em mim, para sair de casa sozinho com apenas 17 anos. Obrigado por me dar as “chaves” para chegar lá. Obrigado, também por todos os bilhetes de avião que me levaram durante esses 5 anos e todos os sacrifícios que fizeram para que eu me tornar-se dentista.

Obrigado ao meu irmão, Benjamin, que me fez descobrir esse interesse pela odontologia.

Agradeço igualmente a toda minha família, aos meus tios e tias, aos meus primos, e à minha avó, Odile (Manou). Tenho um pensamento para minha avó, Arlette, que nos deixou em março deste ano e para meus avós falecidos, Georges e Georges.

Também gostaria de agradecer aos meus amigos, incluindo os presentes hoje, e particularmente o Maxime, que compartilhou 4 anos da minha vida, o Guillaume, meu binómio, o Edgar, o Bapt, os Clément, o PF e o Pierre.

Finalmente, gostaria de agradecer a minha querida, Justine, que sempre me apoiou e sempre acreditou em mim. Sei que nem sempre foi fácil por causa da distância, mas obrigado por todos os esforços que fizeste e por todos os momentos incríveis passados juntos. Obrigado por fazeres parte da minha vida e por tornares cada momento que passamos juntos inesquecível. Eu amo-te.

A minha família, pais, namorada e amigos que sempre acreditaram em mim.

Eu amo-vos,

Muito obrigado, Merci beaucoup.



## Resumo

A peri-implantite é uma condição inflamatória/infeciosa que afeta os tecidos peri-implantares, podendo levar à perda do implante. O laser e a terapia fotodinâmica (PDT) têm sido utilizados em várias áreas médicas incluindo o tratamento da peri-implantite, de forma isolada ou em conjunto com métodos convencionais. A PDT é um tratamento não invasivo que utiliza um laser para ativar um fotosensibilizador, causando a morte celular.

O principal objetivo desta revisão sistemática integrativa foi avaliar a eficácia da terapia fotodinâmica e do laser no tratamento da peri-implantite.

Foi realizada uma pesquisa eletrônica nas bases de dados do *PubMed* que incluíram artigos publicados entre 2012-2023, utilizando as seguintes palavras-chave: "*Peri-implantitis*", "*Lasers*", "*Photodynamic therapy*", "*Humans*", "*Laser Therapy*" and "*Photosensitizing Agents*".

A pesquisa identificou 139 estudos, dos quais 20 foram conservados para a realização deste trabalho.

A PI é uma doença com vários fatores de risco que podem desencadear sintomas e complicações importantes, que podem ser influenciados por doenças. Laser e PDT são cada vez mais utilizados no tratamento da peri-implantite e podem desempenhar um papel importante em adição aos métodos mecânicos convencionais.

Em conclusão, o uso do laser no tratamento da peri-implantite é controverso, embora possa ter benefícios terapêuticos. A PDT acaba por ser eficaz como terapia adjuvante, mas a resolução completa da inflamação ainda é um desafio. Terapias combinadas que incluem PDT e procedimentos de descontaminação podem ser desenvolvidas para melhorar os resultados para pacientes com peri-implantite no futuro.

Palavras-chaves: "*Peri-implantitis*", "*Lasers*", "*photodynamic therapy*", "*Humans*", "*Laser Therapy*" and "*Photosensitizing Agents*".



## Abstract

Peri-implantitis is an inflammatory/infectious condition that affects the peri-implant tissues and can lead to implant loss. Laser and photodynamic therapy (PDT) have been used in several medical areas including the treatment of peri-implantitis, alone or in conjunction with conventional methods. PDT is a non-invasive treatment that uses a laser to activate a photosensitizer, causing cell death.

The main objective of this integrative systematic review was to evaluate the effectiveness of photodynamic therapy and laser in the treatment of peri-implantitis.

An electronic search was performed in PubMed databases that included articles published between 2012-2023, using the following keywords: *"Peri-implantitis"*, *"Lasers"*, *"Photodynamic therapy"*, *"Humans"*, *"Laser Therapy"* and *"Photosensitizing Agents"*.

The search identified 139 studies, of which 20 were preserved for this work.

PI is a disease with several risk factors that can trigger important symptoms and complications, which can be influenced by diseases. Laser and PDT are increasingly used in the treatment of the peri-implantite and can play an important role in addition to conventional mechanical methods.

In conclusion, the use of laser in the treatment of peri-implantitis is controversial, although it may have therapeutic benefits. PDT turns out to be effective as an adjuvant therapy, but complete resolution of inflammation is still a challenge. Combination therapies that include PDT and decontamination procedures may be developed to improve outcomes for patients with peri-implantitis in the future.

Keywords: *"Peri-implantitis"*, *"Lasers"*, *"photodynamic therapy"*, *"Humans"*, *"Laser Therapy"* and *"Photosensitizing Agents"*.



## Índice geral

1	Introdução.....	1
2	Objetivos .....	3
3	Material e Métodos.....	4
3.1	Tipo de estudo .....	4
3.2	Questão PICOS .....	4
3.3	Estratégia de pesquisa.....	5
3.4	CrITÉrios de inclusão e exclusão .....	6
3.5	Fluxograma .....	7
4	Resultados .....	9
4.1	Tipo dos estudos.....	9
4.2	Extrao de dados da amostra .....	9
5	Discussão .....	17
5.1	A peri-implantite.....	17
5.1.1	Causas, Fatores de Risco e Prevalência .....	17
5.1.2	Sinais, sintomas e complicaes .....	17
5.1.3	Doenças e condies agravantes (Diabetes e tabaco) .....	18
5.2	Objetivos dos tratamentos da peri-implantite e as diferentes opes de tratamento	19
5.2.1	Princípios e funcionamento do laser.....	19
5.2.2	Princípios e funcionamento da terapia fotodinâmica (PDT).....	20
5.2.3	Importância do fotosensibilizador .....	21
5.2.4	Comparao dos resultados do laser e da PDT com diferentes métodos .....	22
5.2.5	Eficácia do laser .....	24
5.2.6	Eficácia da terapia fotodinâmica (PDT).....	25
5.3	Limitaes.....	27
6	Conclusões.....	27
7	Bibliografia .....	29



## Índice de figuras

Figura 1 - Fluxograma de pesquisa bibliográfica.....	7
Figura 2 - Distribuição dos estudos.....	9
Figura 3 - Funcionamento da terapia laser.....	20
Figura 4 - Funcionamento da terapia fotodinâmica.....	21



Tabela 1 - Critérios PICOS.....	4
Tabela 2 - Metodologia de pesquisa.....	5
Tabela 3 - Critérios de inclusão e exclusão.....	6
Tabela 4 - Resultados relevantes dos estudos selecionados.....	10
Tabela 5 - Parâmetros técnicos dos estudos.....	16

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos:

aAGT – Terapia adjuvante com gel antibiótico

aPDT – Terapia fotodinâmica antimicrobiana

BOP – Sangramento ao Sondagem (*Bleeding on Probing*)

CAL – Perda de inserção

CPS – Curetas de plástico + bolinhas de algodão + solução salina estéril

DM – Desbridamento mecânico

ERL – Er:YAG Laser

OFD – Desbridamento de retalho aberto (*Open-flap debridement*)

PD – Profundidade de bolsa (*Pocket Depth*)

PS – Profundidade de sondagem

PDT – Terapia fotodinâmica

PI – Peri-implantite

PLI – Índice de placa

ROS - Espécie reativa de oxigênio (*Reactive oxygen species*)

T2DM – Diabetes Mellitus de tipo 2



## 1. Introdução

A peri-implantite (PI) é uma condição complexa inflamatória e/ou infecciosa que afeta tanto os tecidos moles quanto os tecidos duros ao redor dos implantes dentários<sup>1-3</sup>. Pode iniciar-se com a inflamação da gengiva ou mucosa e evoluir para a destruição do osso alveolar, levando a mobilidade ou até mesmo à perda do implante<sup>1,2</sup>. A doença está relacionada com a presença de biofilme de microrganismos orais difíceis de remover apenas com meios mecânicos, portanto, medidas anti-infecciosas devem ser empregues para o tratamento<sup>1</sup>. A mucosite peri-implantar é uma condição inflamatória reversível dos tecidos moles que pode progredir para uma PI se não tratada, comprometendo os tecidos ósseos peri-implantares<sup>4,5</sup>. A classificação da doença é composta por três etapas: leve, moderada ou grave avaliada pela presença de inflamação clínica, da profundidade de sondagem aumentada (PS), do sangramento à sondagem (BOP) e da perda óssea radiográfica<sup>6</sup>. A descontaminação periodontal não cirúrgica é o tratamento principal para combater as infecções peri-implantares<sup>7</sup>. A PI é um problema crônico, multifatorial e desafiador na implantologia, e seu funcionamento ainda não é totalmente compreendido<sup>8-10</sup>.

A semelhança da microbiota patológica dos implantes e dos dentes comprometidos levou à adoção de abordagens terapêuticas similares para periodontite e para a peri-implantite. O tratamento consiste principalmente no desbridamento mecânico (DM) acompanhado de terapia adjuvante com objetivo de eliminar o biofilme aderido na superfície do implante<sup>10</sup>.

O tratamento preferido para a desinfecção peri-implantar é o desbridamento mecânico, que tem como objetivos reduzir a inflamação, diminuir a profundidade de sondagem (PS) e eliminar a infecção no osso alveolar ao redor dos implantes dentários<sup>5,11,12</sup>. No entanto, o DM apresenta limitações quando a PS é maior que 5mm, tornando difícil a remoção completa da infecção e levando a uma doença não resolvida<sup>13</sup>.

A popularidade do laser nos últimos anos tem crescido graças à sua eficácia em melhorar a desinfecção e promover uma melhor cicatrização para uma boa regeneração<sup>14</sup>. O laser tem

a capacidade de eliminar bactérias patogénicas, desinfetar as superfícies dos implantes e inativar as toxinas bacterianas difusas<sup>3</sup>.

A terapia fotodinâmica (PDT) é um tratamento terapêutico não invasivo<sup>12</sup>, que tem sido pesquisado e testado na odontologia para tratar a peri-implantite e outras complicações orais<sup>7,13</sup>. A PDT tem propriedades para reduzir citocinas pró-inflamatórias no fluido sulcular peri-implantar e para reduzir bactérias patogénicas da doença peri-implantar<sup>13</sup>. Esta terapia destrói vírus, bactérias e fungos, sem prejudicar a superfície do implante ou do tecido circundante<sup>12</sup>.

Levanta-se a questão sobre a verdadeira eficácia do laser e da terapia fotodinâmica no tratamento da peri-implantite.

Esta revisão foi inspirada pela importância do acompanhamento e cuidados após a colocação do implante. É importante optar por um tratamento que seja o menos invasivo possível e que tenha a melhor taxa de resultados.

## 2. Objetivos

### Objetivo principal:

- O objetivo principal desta revisão sistemática integrativa foi avaliar a eficácia da terapia fotodinâmica e do laser no tratamento da peri-implantite.

### Objetivos secundários:

- Analisar a eficácia do laser no tratamento da peri-implantite comparando com outros métodos terapêuticos mais convencionais.
- Avaliar os riscos relacionados com o uso laser no tratamento da peri-implantite.
- Explorar o potencial da terapia fotodinâmica (PDT) como um tratamento promissor para a peri-implantite e avaliar se a PDT deve ser combinada com outros procedimentos para maximizar os resultados.
- Compreender o papel dos fotossensibilizadores no sucesso da PDT e determinar qual é o mais eficaz para tratar a peri-implantite.

### Resultados esperados:

- Eficácia da terapia fotodinâmica e do laser no tratamento da peri-implantite
- Melhoria dos parâmetros clínicos, radiológicos e histológicos após o tratamento
- Redução de complicações e efeitos colaterais relacionados aos tratamentos convencionais.

### 3. Material e Métodos

#### 3.1. Tipo de estudo

Revisão sistemática integrativa.

#### 3.2. Questão *PICOS*

A questão de pesquisa foi estruturada de acordo com a estratégia *PICOS*, estabelecendo assim os critérios primários de inclusão dos estudos. Foi definido um período entre 2012-2023 anos para inclusão dos estudos. Os critérios de inclusão ou exclusão para as buscas estão definidos na tabela 1.

Tabela 1 - Critérios PICOS	
População	Pacientes com peri-implantite.
Intervenção	Tratamento da peri-implantite com Laser e/ou Terapia fotodinâmica.
Comparação	Eficácia dos tratamentos com diferentes métodos.
Outcome (Resultado)	A PDT tem melhor resultados do que o Laser.
Study (Estudo)	Ensaio clínico, randomizado, controlado, duplo-cego, Estudo de caso-controle comparativo randomizado, Ensaio clínico <i>follow-up</i> , Ensaio clínico comparativo

### 3.3. Estratégia de pesquisa

O protocolo de revisão utilizado foi o descrito nas recomendações *PRISMA* (*PRISMA statement*) recorrendo à *checklist* e fluxograma *PRISMA*.

Foi realizada uma pesquisa nas bases de dados *PubMed* com inclusão de artigos compreendidos entre o ano 2012 e 2023 com os *Mesh terms*: “*Peri-implantitis*”, “*Lasers*”, “*Photodynamic therapy*” and “*Humans*” and “*Laser Therapy*” and “*Photosensitizing Agents*”.

As combinações entre as palavras-chaves estão apresentadas na tabela 2.

Tabela 2 - Metodologia de pesquisa		
Base de dados	Combinação <i>MeSH Terms</i>	Resultados
<i>PubMed</i>	<i>“Peri-implantitis”[Mesh] AND “photodynamic therapy” AND “Humans”[Mesh]</i>	88
	<i>“Peri-implantitis”[Mesh] AND “photodynamic therapy” AND “Photosensitizing Agents”[Mesh]</i>	32
	<i>“Peri-implantitis”[Mesh] AND “Lasers”[Mesh] AND “Laser Therapy”[Mesh] AND “Humans”[Mesh]</i>	19

Foram encontrados um total de 139 artigos.

### 3.4. Critérios de inclusão e exclusão

Tabela 3 - Critérios de inclusão e exclusão	
Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Artigos publicados entre 2012 e 2023.</li> <li>• Artigos na língua inglesa, portuguesa e francesa.</li> <li>• Artigos realizados em humanos.</li> <li>• Artigos com relevância clínica para o tema:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Laser no tratamento da peri-implantite e da mucosite</li> <li>○ Terapia fotodinâmica usada no tratamento da peri-implantite e da mucosite</li> <li>○ Ensaios clínicos</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Artigos anteriores a 2012.</li> <li>• Artigos de outras línguas não mencionadas anteriormente.</li> <li>• Artigos realizados em animais.</li> <li>• Artigos sem evidencia clínica e que não abordam este tema</li> <li>• Revisão sistemáticas / Meta-análises</li> </ul>

O resumo da seleção da literatura é apresentado no Fluxograma de pesquisa bibliográfica utilizada neste estudo e está representado na figura 1.

### 3.5. Fluxograma

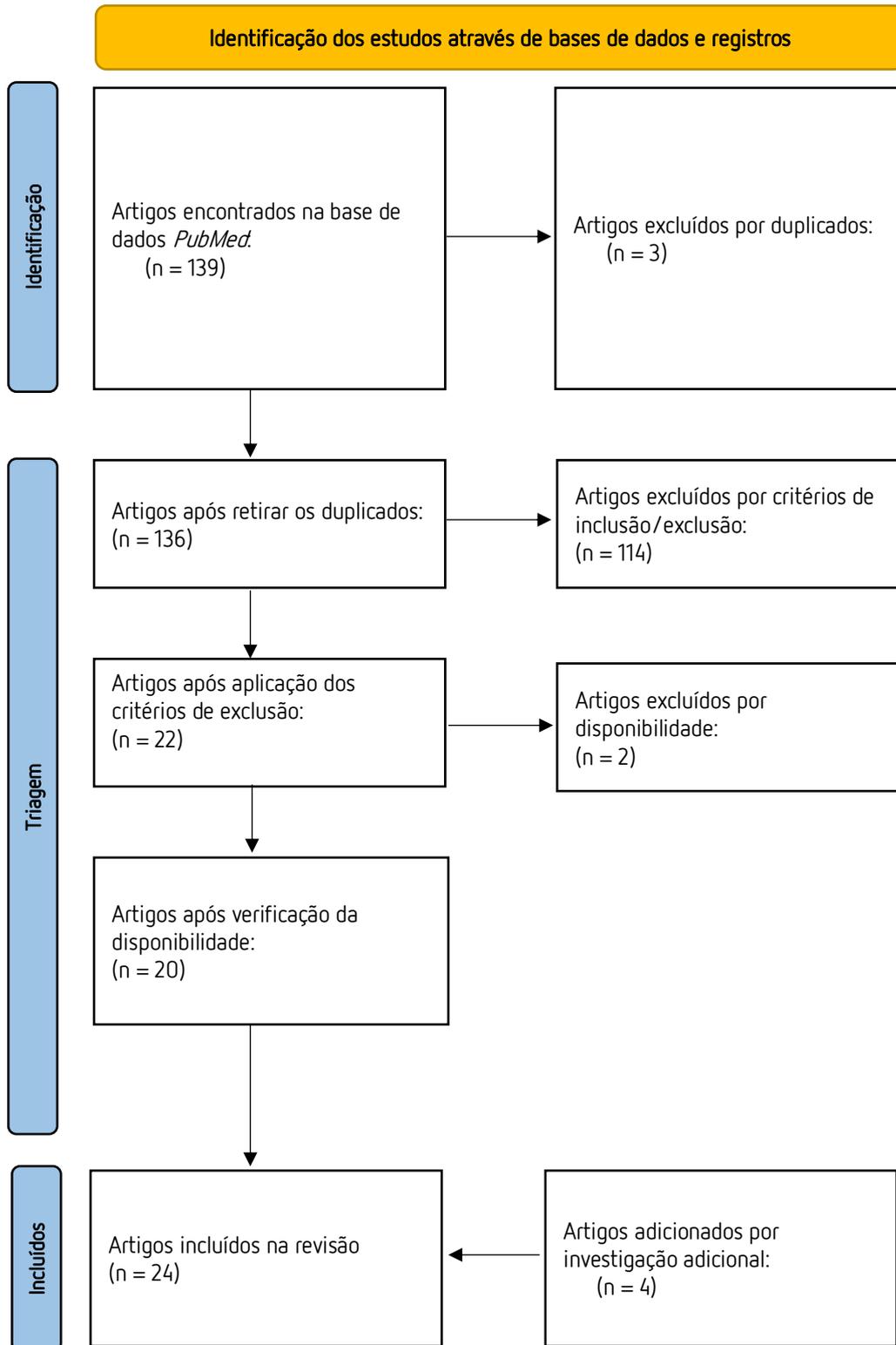


Figura 1 - Fluxograma de pesquisa bibliográfica

Na etapa de identificação, a pesquisa identificou um total de 139 artigos. Após a remoção dos duplicados restaram 136 artigos. Na etapa da seleção, foram analisados individualmente todos os títulos e resumos. Desses foram excluídos 114, pois não cumprirem os critérios de inclusão e exclusão. Restaram 22 artigos que, após a verificação da disponibilidade, sobraram 20 para serem lidos na íntegra e posterior avaliação do conteúdo na etapa da elegibilidade. Na etapa da inclusão, foram adicionados 4 artigos por investigação adicional. Finalmente foram selecionados 24 artigos para esta revisão sistemática integrativa.

## 4. Resultados

### 4.1. Tipo dos estudos

Dos 20 artigos seleccionados, 16 são estudos de ensaio clínico randomizado controlados (80%), 2 são estudos do tipo ensaio clínico randomizado duplo-cego (10%), 1 estudo (5%) compara a eficácia da terapia fotodinâmica e da terapia cirúrgica e 1 estudo (5%) trata dos níveis ósseos biológicos em pacientes tratados com PDT (Figura2).



Figura 2 - Distribuição dos estudos

### 4.2. Extração de dados da amostra

As seguintes informações foram retiradas dos artigos seleccionados para esta revisão: Autores/ano de publicação, objetivos, tipo de estudo, população, tratamento e resultados/conclusões (tabela 4).

Tabela 4 - Resultados relevantes dos estudos selecionados

Autor/ano	Tipo de estudo	Objetivo	População	Tratamento	Resultados/Conclusões
1. Ahmed & al. 2020	Ensaio clínico randomizado	Avaliar a eficácia da terapia fotodinâmica adjuvante (aPDT) e da terapia adjuvante com gel antibiótico (aAGT) para tratar a peri-implantite em pacientes com diabetes mellitus tipo 2 (T2DM).	Pacientes com PI e T2DM	Grupo-1: Sessão única de aPDT Grupo-2: Sessão única de aAGT (metronidazol 400 mg e amoxicilina 500 mg); Grupo-3: Tratamento exclusivo com desbridamento mecânico (DM).	A aplicação de aPDT demonstrou parâmetros clínicos, radiográficos e imunológicos peri-implantares melhorados para o tratamento de peri-implantite entre pacientes com T2DM.
2. Wang H & al. 2019	Ensaio clínico randomizado controlado	Explorar a eficácia e segurança da PDT em pacientes com peri-implantite.	Pacientes com PI	A PDT foi realizada com azul de toluidina (10 mg/mL; 3 min) e laser de 635 nm.	A PDT juntamente com desbridamento mecânico melhora a profundidade da bolsa (PD), índice de placa (PLI), índice de sangramento (BOP) em pacientes com peri-implantite. Também foi possível observar que a PDT superou o desbridamento mecânico e a limpeza em termos de perda de aderência (CAL).
3. Ohba S & al. 2020	Ensaio clínico randomizado	Comparar a irrigação de uma bolsa peri-implantar com e sem associação PDT com azul de toluidina (TB), em paciente com pus e avaliar a eficácia e segurança deste método.	Pacientes com PI e pus	A região de peri-implante foi irrigada com solução salina normal no grupo de irrigação, e uma irrigação salina com subsequente aPDT com azul de toluidina (TB) foi realizada no grupo aPDT.	A PDT foi considerada um tratamento seguro para peri-implantite, e a eficácia a curto prazo de aPDT combinada com TB em peri-implantite foi determinada. No entanto, sua eficiência é limitada numa nova terapia combinada de aPDT e técnicas de descontaminação está planejada para ser desenvolvida no futuro.
4. ALHarthi & al. 2022	Ensaio clínico randomizado	Avaliar o efeito de múltiplas sessões de terapia fotodinâmica antimicrobiana (aPDT) na regeneração óssea ao redor de implantes dentários em pacientes com peri-implantite.	Pacientes com PI	Grupo I: Desbridamento mecânico (DM)	A adição de aPDT ao DM reduz a gravidade da mucosite peri-implantar, mas não tem efeito na regeneração óssea em deficiências ósseas peri-implantares.

				<p>Grupo II: DM na linha de base seguido por uma única sessão de adjunta a PDT</p> <p>Grupo-III: DM no início do estudo seguido por aPDT no início e em 3 meses de acompanhamento</p> <p>Grupo-IV: DM na linha de base seguido por aPDT na linha de base e em 3 e 6 meses de acompanhamento.</p>	
5. Rocuzzo & al. 2022	Ensaio clínico randomizado duplo-cego	Investigar os resultados após a terapia não cirúrgica de peri-implantite (PI) com ou sem aplicação de laser de diódo adjuvante.	Pacientes com PI	Após a curetagem do tecido de granulação, os implantes testados (T) foram tratados com aplicação adjuvante de um laser de diódo por 90 s (configurações: 810 nm, 2,5 W, 50 Hz, 10 ms), enquanto nos implantes de controle (C) não foi aplicado laser de diódo adjuvante.	Quando comparado à instrumentação mecânica sozinha, a aplicação adjuvante repetida de laser de diódo no tratamento não cirúrgico de PI falhou em produzir melhorias substanciais.
6. Rakašević & al. 2016	Ensaio clínico randomizado controlado	Avaliar os resultados clínicos e microbiológicos precoces da peri-implantite após terapia cirúrgica com PDT adjuvante	Pacientes com PI	PDT foi usada para descontaminação da superfície do implante no grupo de estudo; no grupo controle foi aplicado gel de clorexidina seguida de irrigação salina.	Quando comparada à clorexidina, a PDT resultou na redução considerável do sangramento à sondagem. Demonstrou uma limpeza considerável das superfícies dos implantes, bem como a remoção total de bactérias anaeróbias imediatamente após a cirurgia e três meses depois. Os achados sugerem que a PDT pode ser utilizada como uma terapia adicional à cirurgia no tratamento da peri-implantite para descontaminar a superfície do implante e os tecidos peri-implantares circundantes.
7. Al Deeb & al. 2020	Ensaio clínico	Avaliar os marcadores ósseos clínicos, radiográficos e biológicos após o fornecimento de PDT em pacientes fumadores de cigarros, de cigarros eletrónicos (e-cig) e pacientes não fumadores com peri-	Pacientes fumadores de cigarro e e-cig e pacientes que nunca fumaram	Grupo I: fumadores de cigarro; Grupo II: usuários de cigarros eletrónicos; Grupo III: Não fumadores.	A PDT adjuvante auxiliou na redução da inflamação peri-implantar clínica. No entanto, nenhuma alteração substancial nos indicadores ósseos biológicos foi detetada entre os fumadores de cigarro.

		implantite (PI) 6 meses após o tratamento.		Foi realizado o desbridamento mecânico total dos maxilares com PDT mediada por azul de metileno adjuvante.	
8. Albaker & al. 2018	Ensaio clínico randomizado controlado	Avaliar os efeitos da aplicação única de terapia fotodinâmica antimicrobiana (aPDT) como adjuvante ao desbridamento de retalho aberto (OFD) e OFD sozinho em pacientes com peri-implantite (PI).	Pacientes com PI	2 grupos receberam aPDT com OFD e OFD como tratamento isolado, respetivamente.	O uso de aPDT como adjuvante ao OFD isolado não trouxe nenhuma vantagem adicional em termos de melhoria dos parâmetros peri-implantares clínicos e radiográficos na peri-implantite.
9. Labban & al. 2021	Ensaio clínico randomizado controlado	Avaliar a eficácia da terapia fotodinâmica mediada por indocianina verde (ICG-PDT) como adjuvante do desbridamento manual peri-implantar (PIMD) versus PIMD sozinho entre pacientes com Diabetes Mellitus no tratamento de peri-implantite.	Pacientes com PI	64 implantes foram tratados com ICG-PDT + PIMD ou exclusivamente com PIMD.	Múltiplas aplicações de terapia fotodinâmica mediada por indocianina verde resultaram em melhores parâmetros clínicos e microbiológicos no tratamento de peri-implantite em participantes com T2DM.
10. Bassetti & al. 2014	Ensaio clínico randomizado controlado	Comparar os efeitos clínicos, microbiológicos e derivados do hospedeiro no tratamento não cirúrgico da peri-implantite inicial com administração local de drogas adjuvante ou terapia fotodinâmica adjuvante (PDT) após 12 meses.	Pacientes com PI	Todos os implantes foram desbridados mecanicamente com curetas de titânio e com um sistema de polimento areado com pó à base de glicina. Os implantes no grupo de teste (N = 20) receberam PDT adjuvante, enquanto as microesferas de minociclina foram localmente posicionadas dentro das bolsas peri-implantares dos implantes de controle.	O Desbridamento mecânico não cirúrgico com PDT concomitante foi tão eficaz na redução da inflamação da mucosa até 12 meses com injeção adjuvante de microesferas de minociclina. No tratamento não cirúrgico da peri-implantite precoce, a PDT adjuvante pode ser uma opção à administração local de drogas.
11. Schär & al. 2013	Ensaio clínico randomizado controlado	Comparar os efeitos clínicos adjuvantes no tratamento não cirúrgico da peri-implantite com administração local de drogas ou terapia fotodinâmica (PDT).	Pacientes com PI	Todos os implantes foram submetidos a desbridamento mecânico com curetas de titânio, seguido de polimento areado com pó à base de glicina. Os implantes no grupo de teste (n = 20)	Em situações de peri-implantite precoce, o desbridamento mecânico não cirúrgico combinado com PDT é tão eficiente quanto a aplicação exclusiva das microesferas de minociclina na redução da inflamação da mucosa até 6 meses. A PDT adjuvante pode

				receberam PDT adjuvante, enquanto as microesferas de minociclina foram colocadas nas bolsas peri-implantes dos implantes de controle.	ser uma opção de terapia viável no tratamento não cirúrgico da peri-implantite precoce.  No geral, nenhum dos medicamentos suplementares resultou em remissão completa da inflamação.
12. Almohareb & al. 2020	Ensaio clínico	Avaliar a eficácia da terapia fotodinâmica (PDT) como adjuvante ao desbridamento mecânico (DM) no tratamento da peri-implantite (PI) grave com abscesso.	Pacientes com PI	Grupo A: recebeu tratamento com azul de metileno (PDT) usando laser de diodo como adjuvante ao DM. Grupo B: recebeu aplicação três vezes ao dia de 500 mg de amoxicilina e 400 mg de metronidazol com adjuvante do DM.	Quando comparado ao tratamento antimicrobiano como adjuvante ao desbridamento mecânico, o PDT foi igualmente eficaz no alívio do desconforto peri-implantar grave.
13. Bombeccari & al. 2013	Estudo de caso-controle comparativo randomizado	Comparar a eficácia do PDT antimicrobiano versus terapia cirúrgica em pacientes com peri-implantite, que receberam implantes dentários com superfícies ásperas.	Pacientes com implantes dentários com superfícies ásperas e PI	Os pacientes foram divididos aleatoriamente em 2 grupos de tratamento: Grupo1: Terapia convencional Grupo 2: Com PDT. No grupo de cirurgia, foi utilizada a cirurgia de retalho mucoperiosteal com raspagem nas superfícies dos implantes e desbridamento do tecido de granulação.	A PDT não produziu uma diminuição maior no total de bactérias anaeróbias nas superfícies ásperas dos implantes dentários quando comparado com o tratamento cirúrgico em indivíduos com peri-implantite. No seguimento de 24 semanas, o grupo PDT teve um índice pró-inflamatório de peri-implantite consideravelmente reduzido.
14. Alpaslan Yayli & al. 2022	Ensaio clínico randomizado controlado	Avaliar os efeitos do laser de diodo 940 nm e laser de érbio 2780 nm, associado ao cromo: ítrio, escândio, gálio, granada (Er,Cr:YSGG) usados em adição à terapia mecânica da peri-implantite em condições clínicas com parâmetros e níveis de metaloproteinase-9 da matriz (MMP-9) e inibidor tecidual de metaloproteinase-1 (TIMP-1) no fluido crevicular peri-implantar.	Pacientes com PI	O grupo controle (n = 17) recebeu apenas terapia mecânica não cirúrgica convencional.  Os grupos experimentais [(grupo diodo (n=16) e grupo Er,Cr:YSGG (n=17))] receberam laser odontológico para além da terapia mecânica.	Os três métodos de tratamento resultaram numa melhoria significativa no tratamento da peri-implantite.  Resultados semelhantes foram observados no grupo de terapia mecânica isolada e na terapia mecânica assistida por laser de diodo. Acreditamos que o uso de um laser de Er,Cr:YSGG pode auxiliar no tratamento peri-implantar não cirúrgico sendo mais eficaz do que os outros dois métodos.

15. Schwarz & al. 2012	Ensaio clínico <i>follow-up</i>	Avaliar os resultados obtidos 2 anos após o tratamento cirúrgico combinado recetivo e regenerativo de defeitos avançados de peri-implantite comparando dois métodos de desbridamento/descontaminação (DD) de superfície.	Pacientes com PI	DD de superfície usando:  1- Um dispositivo a laser Er:YAG (ERL).  2- Curetas plásticas + bolinhas de algodão + solução salina estéril (CPS).	A estabilidade a longo prazo dos resultados clínicos obtidos após terapia peri-implantar avançada pode ser influenciada por outros fatores além do método de desbridamento/descontaminação da superfície.
16. Strauss & al. 2021	Ensaio clínico randomizado controlado	Avaliar a eficácia de uma monoterapia com laser de granada de ítrio-alumínio associado com neodímio (Nd:YAG) para tratamento de peri-implantite.	Pacientes com PI	O grupo de teste foi tratado com o laser Nd:YAG e o grupo de controle foi tratado apenas com desbridamento mecânico.	A terapia a laser proporcionou benefícios adicionais de maior redução da profundidade de sondagem e aumento do nível ósseo sem efeitos adversos. Os resultados mostram que a terapia a laser pode ser uma modalidade de tratamento valiosa para PI.
17. Papadopoulos & al. 2015	Ensaio clínico randomizado controlado	A comparação de diferentes modalidades de tratamento da peri-implantite pode levar ao desenvolvimento e aplicação de métodos de terapia mais eficazes e eficientes na prática clínica.  Comparar a eficácia do desbridamento de retalho aberto usado isoladamente, com uma abordagem empregando o uso adicional de um laser de diodo para o tratamento da peri-implantite.	Pacientes com PI	No grupo controle (grupo C), a terapia utilizou retalhos de acesso, curetas plásticas e gazes esterilizadas embebidas em soro fisiológico.  O grupo de teste (grupo L) foi tratado de forma semelhante, mas com irradiação adicional usando um laser de diodo.	A terapia cirúrgica da peri-implantite com acesso por retalho melhora todos os parâmetros clínicos investigados, porém a adição do laser de diodo não parece ter um impacto adicional favorável.
18. Arsan & al. 2015	Ensaio clínico randomizado controlado	Investigar a eficácia de um laser de diodo como adjuvante à raspagem convencional no tratamento não cirúrgico da peri-implantite.	Pacientes com PI	Além da raspagem convencional e desbridamento (grupo controle), os sulcos creviculares e as superfícies correspondentes de 24 implantes aleatórios foram submetidos a um laser de diodo funcionando a 1,0 W de potência no modo pulsado (grupo laser).	Nesta investigação clínica, o uso de laser de diodo como tratamento adjuvante não teve efeito extra favorável na cicatrização peri-implantar em comparação com a raspagem tradicional isolada.

19. Schwarz & al. 2013	Ensaio clínico randomizado controlado	Investigar o impacto de dois métodos de descontaminação de superfície nos resultados a longo prazo após a terapia cirúrgica combinada recetiva /regenerativa de lesões avançadas de peri-implantite.	Pacientes com PI	<p>As áreas restantes da superfície não modificada do implante foram tratadas aleatoriamente usando:</p> <p>1- Um laser Er:YAG (ERL)</p> <p>2- Curetas de plástico + bolinhas de algodão + solução salina estéril (CPS) e aumentadas com mineral ósseo natural + membrana de colágeno.</p>	O tipo de limpeza da superfície não teve efeito nos resultados clínicos de 4 anos obtidos após o tratamento cirúrgico combinado reconstrutivo/regenerativo para peri-implantite avançada.
20. Kang & al. 2022	Ensaio clínico duplo-cego, randomizado e controlado	Avaliar a eficácia de um laser de érbio, ítrio associado ao cromo, escândio, gálio e granada (Er,Cr :YSGG) em comparação com o desbridamento mecânico convencional no tratamento da peri-implantite.	32 pacientes com PI	Érbio, ítrio dopado com cromo, escândio, gálio e granada (Er,Cr:YSGG) (grupo laser) comparado ao desbridamento mecânico convencional (grupo controle).	O uso de um laser ER,Cr:YSGG em conjunto com o desbridamento mecânico resultou em maiores reduções de PD do que o desbridamento mecânico sozinho, mas nenhuma vantagem extra para ganho de aderência (CAL) ou redução de sangramento (BOP) foi observada. O laser Er,Cr:YSGG também foi mais eficaz no tratamento de implantes mandibulares, parafusados e unitários.

Os resultados mais relevantes obtidos após a leitura dos artigos selecionados foram os seguintes:

- A terapia fotodinâmica é considerada como segura, demonstrou resultados muito satisfatórios em termos de parâmetros clínicos, radiográficos e imunológicos peri-implantares.
- O uso da PDT encontra ainda mais interesse e benefícios quando acoplado ao desbridamento mecânico.
- A terapia a laser pode ser uma modalidade de tratamento valiosa para PI.
- O laser Er,Cr:YSGG tem melhores resultados do que o laser diodo.
- O laser ND:YAG traz benefícios adicionais e tem resultados promissores.

Os parâmetros técnicos dos estudos encontram-se reunidos na tabela 5.

Tabela 5 - Parâmetros técnicos dos estudos

Autor	Fotosensibilizador	Período exposição pré-irradiação	Tipo de laser	Comprimento de onda	Potência	Tempo irradiação	Sessões	
Ahmed & al.	Cloreto de fenotiazina	120s	Laser díodo	660nm	150mW	10s/sítio	1	
Wang & al.	Azul de toluidina	180s	LED	635nm	750mW		1	
Ohba & al.		---	LED	630nm	---	30s	2	
AlHarti & al.	Azul de metileno	15s	Laser díodo	660nm	180mW	60s/sítio	1	
Rocuzzo & al.	∅	∅		810nm	2,5W	30s	3	
Rakasevic & al.	Cloreto de fenotiazina	180s		660nm	100mW		1	
Deeb MA & al.	Azul de metileno	10s		670nm	150mW	10s	1	
Albaker & al.		10s		670nm	150mW	60s	1	
Labban & al.	Indocianina verde	---		810nm	200mW	30s/10s/10s	1	
Bassetti & al.	Cloreto de fenotiazina	180s		660nm	100mW	10s/sítio	2	
Schar & al.								
Almohareb & al.	Azul de metileno	60s		670	---		1	
Bombeccari & al.	Azul de toluidina			810	1W	20s	5	
Alpaslan & al.	∅	∅		Laser díodo / Laser Er,Cr:YSGG	940nm/2780nm	0,8W/1,5	30s/30s	1
Schwarz & al.				Laser Er:YAG	---	---	---	---
Strauss & al.			Laser Nd:YAG	---	3,6W	---	2	
Papadopoulos & al.			Laser díodo	980nm	0,8W	---	3	
Arsan & al.			Laser díodo	810nm	400mW	60s	1	
Schwarz & al.			Laser Er:YAG	---	1,5W-2,5W	---	1	
Kang & al.			Laser Er,Cr:YSGG	---	---	---	5	

## 5. Discussão

### 5.1. A peri-implantite

#### 5.1.1. Causas, Fatores de Risco e Prevalência

A formação de uma camada de biofilme na superfície dos implantes dentários é devido a uma má higiene oral e é a principal causa das doenças peri-implantares e tem uma prevalência muito variável<sup>1,14</sup>. A prevalência da mucosite peri-implantar e da peri-implantite é em média bastante alta (65% e 47%)<sup>4</sup>. Os fatores de risco podendo ter um papel importante no desenvolvimento da peri-implantite incluem histórico de periodontite crônica, stress mecânico excessivo, cimento residual, tabagismo, controle de placa dentária inadequado, diabetes, falta de terapia de manutenção regular e genética<sup>2,6,12,15</sup>. A hiperglicemia persistente e fatores etiológicos parecidos aos implicados nas doenças periodontais também são fatores de risco para doenças peri-implantares<sup>5,11</sup>. O diabetes mellitus e o pré-diabetes são fatores de risco estabelecidos para o aumento da destruição do tecido peri-implantar<sup>13,15</sup>. Os microrganismos mais comuns associados à peri-implantite são bactérias anaeróbias, predominantemente gram-negativas e o desenvolvimento de biofilme parece desempenhar um papel importante na alteração da biocompatibilidade da superfície do implante<sup>12,16</sup>. A relação de causa entre um biofilme persistente nas superfícies do implante e o desenvolvimento da inflamação peri-implantar foi clinicamente detetada, e fatores de risco como planejamento ou colocação inadequados do implante dentário e trauma ósseo durante a colocação do implante ou uma carga protética importante também podem contribuir para essa inflamação<sup>8,9</sup>.

#### 5.1.2. Sinais, sintomas e complicações

A peri-implantite está associada a infeções, e caracteriza-se por sinais e sintomas incluindo sangramento, mau hálito, gosto desagradável, inchaços e vermelhidão do tecido peri-implantar, supuração sendo o fluxo de pus característico da infeção ativa e perda óssea levando a falha do implante<sup>2,4</sup>. O biofilme peri-implantar tem um papel significativo na iniciação e desenvolvimento das doenças peri-implantares<sup>12</sup>. Uma série de procedimentos são possíveis como terapia das complicações da peri-implantite, porém, se esses tratamentos não forem eficazes, poderá ocorrer uma perda da osseointegração ou a ocorrência de mobilidade no implante<sup>2,5</sup>.

### 5.1.3. Doenças e condições agravantes (Diabetes e tabaco)

Um cuidado específico deve ser feito para os pacientes fumadores ou afetados pelo diabetes mellitus<sup>17</sup>.

*“O diabetes mellitus tipo 2 (T2DM) é uma doença sistémica comum caracterizada pela desregulação de macromoléculas, disfunção das células das ilhotas pancreáticas e resistência à insulina”<sup>7</sup>. No passado, acreditava-se que os implantes dentários poderiam não apresentar resultados eficazes em pacientes diabéticos. No entanto, de acordo com os resultados de muitos estudos recentes, acaba sendo possível colocar implantes dentários em pacientes diabéticos se o nível de glicemia estiver controlado dentro dos limites recomendados<sup>1</sup>. Parecia que as doenças periodontais podem ser associadas ao diabético<sup>7</sup>. Corretamente controlada, a terapia de implante pode ser considerada segura para pacientes com diabetes, mas inflamações das estruturas periodontais podem acontecer por causa dos biofilmes bacterianos<sup>7</sup>. Existem tratamentos adjuvantes aos métodos convencionais, como a Terapia fotodinâmica (PDT), potencialmente mais eficazes no manejo da PI em pacientes com T2DM<sup>15</sup>. Os níveis glicémicos desses pacientes podem ser reduzidos também com a terapia periodontal não cirúrgica<sup>15</sup>.*

O tabaco é um fator de risco importante, que aumenta a perda óssea cada ano e que leva danos aos tecidos moles peri-implantares por meio do stress oxidativo, o que pode resultar em cicatrização tardia, hemostasia prejudicada e comprometimento da osseointegração<sup>17,18</sup>. Fumadores apresentam níveis aumentados de citocinas pró-inflamatórias associadas a efeitos negativos na saúde peri-implantar em comparação com pessoas não fumadoras. Mesmo sem presença de tabaco os cigarros eletrónicos permanecem um problema e podem aumentar as citocinas pro-inflamatórias como *Matrix metalloproteinases*, interleucinas (IL-6 e IL-1 $\beta$ ) e TNF- $\alpha$  e induzir respostas negativas, como danos à estrutura do *DNA* e morte celular. É um erro pensar que os cigarros eletrónicos são menos prejudiciais do que fumar tabaco<sup>18</sup>.

## 5.2. Objetivos dos tratamentos da peri-implantite e as diferentes opções de tratamento

O tratamento da peri-implantite tem como principal objetivo diminuir as bactérias na superfície do implante e impedir a progressão dos sintomas patológicos<sup>4</sup>, além de eliminar a inflamação do tecido mole peri-implantar e restaurar o contato osso-implante<sup>5</sup>. A desinfecção da superfície do implante e a resolução da inflamação são os principais objetivos do tratamento da PI para resolver a inflamação e estabilizar a fixação óssea<sup>11,16,19</sup>.

Existem várias opções de tratamento da PI, cada uma com vantagens e desvantagens<sup>9</sup>. O uso de antissépticos e antibióticos apresenta um efeito limitado, aliviando a profundidade de sondagem (PS) e o índice de sangramento (BOP), mas não curando a PI<sup>1</sup>.

As técnicas cirúrgicas incluem desbridamento com instrumentação mecânica, recontorno de tecido e reposicionamento de retalho e enxerto ósseo<sup>20</sup>. Numa abordagem regenerativa, o enxerto ósseo, tem resultados promissores, mas é complicado porque requer visualização completa do implante durante a cicatrização<sup>9,17</sup>. A cirurgia de ressecção tem interesse na erradicação dos defeitos peri-implantares, higienização e redução da progressão da PI<sup>17</sup>. A implantoplastia, acoplada à cirurgia de ressecção provou melhorar de maneira significativa os valores médios de profundidade de bolsa (PD), perda de inserção (CAL) e preservar os níveis ósseos marginais durante 36 meses, mas pode levar à recessão marginal, que é desvantajosa em termos de função e estética<sup>8,11</sup>. A destruição ou fratura do implante e alojamento de partículas de titânio também podem ocorrer<sup>9</sup>. *"A remoção do implante pode causar a destruição adicional do osso circundante, tornando a sua substituição difícil"*<sup>9</sup>. Métodos adjuvantes, como jateamento de ar, aplicação de ácido cítrico, terapia a laser ou PDT, são opções promissoras<sup>9</sup>. Para a eliminação das bactérias, antibióticos ou aplicação de antissépticos também podem ser eficazes<sup>17</sup>.

### 5.2.1. Princípios e funcionamento do laser

A popularidade do laser no tratamento da PI tem ganho popularidade nos últimos anos devido à sua eficácia em melhorar a desinfecção e promover uma melhor cicatrização para a regeneração bem-sucedida<sup>14</sup>. Possuem a capacidade de eliminar bactérias patogênicas, desinfetar as superfícies dos implantes e inativar as toxinas bacterianas difusas<sup>3</sup>. Entre os tipos de lasers comumente usados para esse tratamento, estão os de diodo, Nd:YAG, Er:YAG,

Er,Cr:YSGG e CO<sub>2</sub><sup>10</sup>. A terapia com laser é um procedimento pouco invasivo e pode tratar áreas difíceis, ásperas e irregulares de alcançar com instrumentos mecânicos padrão<sup>20</sup>. O comprimento de onda do laser é um fator crítico para determinar o seu efeito no tecido vivo<sup>10</sup>. Os lasers a base de érbio apresentam vantagens, como baixa absorção pelo titânio, remoção efetiva de cálculo e restauração do contato osso-implante<sup>10</sup>. A figura 3 representa esquematicamente o funcionamento da terapia laser.

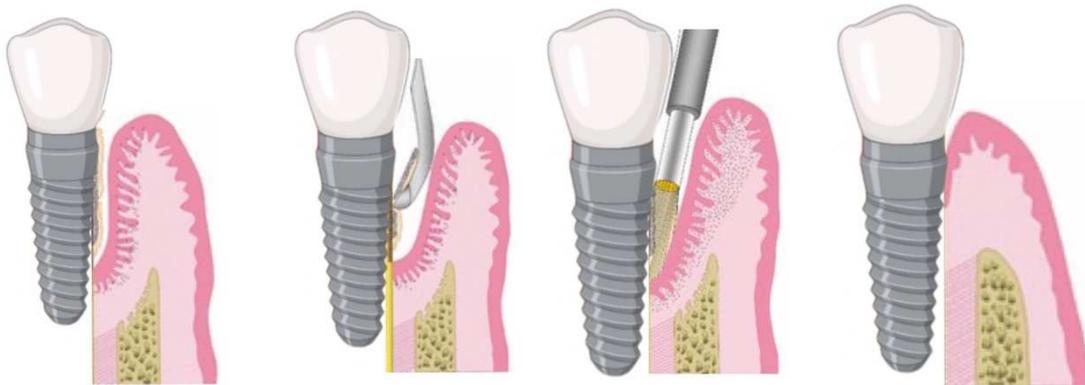


Figura 3 - Funcionamento da terapia laser (adaptado do artigo de Takasaki, 2009<sup>21</sup>)

### 5.2.2. Princípios e funcionamento da terapia fotodinâmica (PDT)

A PDT é um tratamento terapêutico não invasivo estudado e testado na odontologia para tratar a peri-implantite e outras doenças orais<sup>7,13</sup>, que utiliza um laser com comprimento de onda variável para ativar as moléculas de corante fotosensibilizador. Essas moléculas reagem com o oxigênio para gerar ROS (espécie reativa de oxigênio), o que leva à morte celular bacteriana por fototoxicidade<sup>12,15,18</sup>. Como resultado, a PDT é capaz de eliminar bactérias, fungos e vírus sem prejudicar o implante ou o tecido adjacente<sup>12</sup>. A PDT permite reduzir as citocinas pró-inflamatórias no fluido sulcular peri-implantar e para reduzir bactérias patogênicas associadas à doença peri-implantar<sup>13</sup>. A aPDT usa o mesmo mecanismo que a PDT para produzir um efeito antimicrobiano sem danificar a superfície do implante ou o tecido peri-implantar atingindo bactérias específicas responsáveis pela PI, enquanto a PDT elimina vários tipos de microrganismos<sup>4</sup>. O funcionamento da terapia fotodinâmica esta esquematizada na figura 4.



Figura 4 - Funcionamento da terapia fotodinâmica (adaptado do artigo de Takasaki, 2009<sup>21</sup>)

### 5.2.3. Importância do fotosensibilizador

A terapia laser e a PDT diferem um pouco no tipo, potência e comprimento de onda do laser utilizado, mas também no número de sessões e nos tempos de exposição e irradiação. Porém, a grande diferença entre esses dois métodos, que condiciona muito o resultado final do tratamento é, o uso ou não do fotosensibilizador.

A ação do fotosensibilizador traz um grande benefício na descontaminação de bactérias. Os fotosensibilizadores podem ser utilizados em bolsas intraósseas profundas para potencializar os efeitos antibacterianos da terapia fotodinâmica e promover a cura de tecidos periodontais<sup>13</sup>. A terapia fotodinâmica mediada por indocianina verde, por exemplo, é um fotosensibilizador com absorção ótima de 805-810 nm, permitindo uma penetração tecidual substancial de até 6,5 mm<sup>7</sup>. O mecanismo de ação deste tratamento ocorre por efeito fototérmico, induzindo a destruição celular através do aumento da temperatura intercelular. Como resultado prevê-se a redução do sangramento e limitação da destruição do epitélio de bolsas periodontais<sup>7</sup>. A indocianina verde pode funcionar mesmo na ausência de oxigênio<sup>7</sup>. O azul de toluidina também é um fotosensibilizador muito usado na PDT.

#### 5.2.4. Comparação dos resultados do laser e da PDT com diferentes métodos

##### Resultados do laser

A utilização do laser no tratamento da PI tem sido amplamente estudada<sup>10</sup>. Os lasers com base em érbio têm efeitos positivos no processo de cicatrização, sem causar danos térmicos adversos, sendo eficazes no desbridamento dos tecidos peri-implantares doentes, na redução bacteriana e na remoção de cálculo numa abordagem não-cirúrgica<sup>10</sup>. São capazes de remover camadas de óxido bacterianamente infiltradas em implantes sem danificar a superfície do implante ou o osso de suporte adjacente<sup>10</sup>.

O laser Er,Cr:YSGG, em conjunto com desbridamento mecânico (DM), demonstrando ser mais eficaz do que o laser díodo mas tem resultados parecidos ao DM, em termos de melhoria da perda de aderência (CAL), diminuição do índice de sangramento (BOP)<sup>10</sup>. O laser Er,Cr:YSGG em conjunto com o DM obteve resultados significativamente melhores para a profundidade da bolsa (PD), índice de placa (PLI) e os níveis de MMP-9 comparado com o laser díodo + DM e DM isolado<sup>22</sup>. Schwarz *et al.* observou melhorias significativas nos valores médios de índice de sangramento (BOP), perda de aderência (CAL) e profundidade de bolsa (PD) após tratamento com laser ER:YAG (ERL) em conjunto com DM mas sem diferenças significativas com um tratamento que combina curetas de plástico, bolinhas de algodão e solução salina estéril (CPS) com DM<sup>8,14</sup>. No entanto, o grupo CPS teve melhores resultados de BOP e CAL.<sup>14</sup>

Contudo, o laser ERL apresenta alta capacidade bactericida e eficácia na remoção de biofilmes de placa<sup>8</sup>.

Além disso, o laser Nd:YAG tem mostrado resultados promissores no tratamento da peri-implantite, pois é capaz de remover o epitélio ulcerado sem danificar o tecido conectivo saudável, o que promove a nova fixação<sup>3</sup>. No entanto, a irradiação com laser díodo não parece ter benefícios clínicos adicionais<sup>20</sup>, não sendo detetada diferença estatisticamente significativa nos resultados clínicos (BOP, PD, CAL e PLI), radiográficos (perda óssea marginal e perda óssea radiográfica) e microbiológicos<sup>9,11,20</sup>. No entanto, Strauss & *al.* obtiveram valores de sangramento, perda óssea radiográfica e profundidade da bolsa

significativamente reduzidas no grupo desse laser em comparação com o grupo que recebeu só o desbridamento mecânico (DM)<sup>3</sup>.

Os resultados gerais não conferem um benefício superior do laser em comparação com as outras métodos avaliados, mas o seu uso não é contraindicado<sup>23</sup>. Ao contrário dos lasers diodo, os lasers Nd:YAG, Er:YAG e Er,Cr:YSGG são os mais promissores<sup>3,10,14,24</sup>.

### Resultados da PDT

A terapia fotodinâmica (PDT) tem se mostrado um tratamento eficaz para a peri-implantite. A PDT demonstrou melhorar os parâmetros clínicos, imunológicos e radiográficos, inclusive em pacientes com T2DM, bem como reduzir a inflamação e a infecção nas áreas peri-implantares<sup>1,4</sup>. PDT também demonstrou inibir a adesão do lipopolissacarídeo ao implante e inibir o crescimento bacteriano no biofilme. Além disso, a PDT estimula o sistema imunológico, ativando macrófagos e contribuindo para a remissão dos sintomas<sup>4</sup>.

Quando combinado com o desbridamento mecânico, a PDT melhora os parâmetros peri-implantares, como profundidade de sondagem, nível clínico de inserção, índice de placa e índice de sangramento muito mais do que o desbridamento mecânico quando aplicado isoladamente<sup>2</sup>.

De acordo com Ohba *et al*, no estudo realizado em 2020, não houve eventos adversos associados a PDT, e a PDT foi eficaz na redução da inflamação e infecção nas áreas peri-implantares<sup>4</sup>.

O desbridamento cirúrgico mecânico (DM) e o enxerto ósseo seguidos por várias sessões de PDT foram mais eficazes do que o tratamento com DM exclusivo na estabilização da altura da crista óssea em pacientes com peri-implantite<sup>5</sup>.

Albaker *et al*. não encontraram mudanças significativas nos resultados do índice de placa (PLI), índice de sangramento (BOP), profundidade de bolsa (PD) e perda óssea marginal (MBL)

entre os grupos com única aplicação de aPDT acoplado com OFD e OFD exclusivamente, mas obtiveram resultados bastante similares<sup>13</sup>.

A PDT foi considerada um método menos prejudicial e mais eficaz de descontaminação da superfície do implante<sup>4,12</sup>.

Uma pesquisa clínica, realizada por Labban *et al* em 2021, durante um período de seis meses, observou que a PDT com indocianina verde melhorou os marcadores clínicos e radiográficos e reduziu a carga microbiana significativamente mais do que o desbridamento mecânico isoladamente<sup>7</sup>.

Rakašević *et al* num estudo de curto prazo revelou que tanto a PDT quanto o gel de clorexidina a 1% melhoraram significativamente os resultados clínicos e microbiológicos<sup>12</sup>.

A PDT e a terapia mecânica resultaram numa alta percentagem de redução de bactérias anaeróbicas, no entanto, a PDT reduziu significativamente os sintomas clínicos da inflamação peri-implantar, resultando numa redução considerável nos níveis de sangramento e exsudatos, quando comparado ao método cirúrgico tradicional<sup>15</sup>.

Schär *et al*, compararam a adjução de administração local de drogas ou a PDT, após um desbridamento mecânico com curetas de titânio, seguido de um polimento com glicina em pó. Os dois tratamentos obtiveram resultados similares em termos de inflamação da mucosa, profundidade de bolsa e sem ganhos de inserção clínica (CAL) para relatar<sup>16</sup>.

#### **5.2.5. Eficácia do laser**

Alguns estudos indicam que a terapia laser, principalmente quando se utiliza o laser de Er,Cr:YSGG, pode ser uma opção de tratamento eficaz para a peri-implantite tanto em nível clínico quanto molecular<sup>10,22</sup>. Quando comparado ao uso exclusivo da limpeza mecânica convencional, esse laser tem mostrado maiores benefícios no tratamento de implantes (mandibulares aparafusados unitários)<sup>10</sup>.

O tratamento cirúrgico da peri-implantite via retalhos de acesso melhora todos os parâmetros clínicos investigados, porém o uso de laser díodo não parece ter um efeito favorável adicional<sup>20</sup>. Além disso, quando comparado apenas com a limpeza convencional, o uso de laser díodo não teve nenhum efeito positivo adicional na cicatrização peri-implantar<sup>9</sup>. A sua integração na terapia mecânica não cirúrgica não parece melhorar os resultados<sup>22</sup>.

No entanto, o tratamento com laser ND:YAG foi comprovado por Strauss *et al.* para dar vantagens adicionais, como uma maior redução na profundidade de bolsa e aumento do nível ósseo<sup>3</sup>.

Vale ressaltar que outros fatores além do método de desbridamento/descontaminação da superfície podem afetar a estabilidade a longo prazo dos resultados clínicos obtidos após terapia cirúrgica combinada para peri-implantite avançada e que o método de descontaminação da superfície, seja ERL ou CPS, não teve efeito na terapia cirúrgica reconstrutiva/regenerativa combinada para peri-implantite avançada<sup>8,14</sup>.

No geral, o uso da terapia a laser no tratamento da peri-implantite continua sendo uma área de pesquisa e desenvolvimento em curso, dependente muito do tipo de laser usado e do protocolo adotado.

### **5.2.6. Eficácia da terapia fotodinâmica (PDT)**

A PDT tem demonstrado bons resultados no tratamento da peri-implantite, particularmente quando usado em conjunto com o desbridamento mecânico<sup>5,6,15,19</sup>. A PDT juntamente com o DM melhorou as medidas clínicas como PD, PLI e BOP em pacientes com peri-implantite<sup>2</sup>. Além disso, a PDT pode preceder o DM isolado em termos de nível de perda de aderência<sup>2</sup>.

A aPDT é uma terapia viável para a peri-implantite e que pode melhorar os parâmetros clínicos e microbiológicos quando usada repetidamente<sup>4</sup>. Demonstrou ter um bom tratamento pós-operatório. No entanto, a resolução total da inflamação não tem sido frequentemente obtida apenas com a PDT, e a eficácia da PDT permanece restrita<sup>5,15,16</sup>.

Como resultado, novos tratamentos combinados incorporando aPDT e técnicas de descontaminação provavelmente serão desenvolvidos no futuro<sup>4</sup>.

A PDT também demonstrou ser benéfica na descontaminação das superfícies dos implantes e dos tecidos peri-implantares circundantes como terapia adjuvante à cirurgia, particularmente em situações com sintomas peri-implantares graves<sup>12</sup>. No entanto, em comparação com a terapia cirúrgica, a PDT não resultou na redução substancial do total de bactérias anaeróbias nas superfícies ásperas dos implantes dentários<sup>15</sup>. Mas uma eliminação boa ou mesmo completa de bactérias anaeróbicas foi alcançada<sup>12,15</sup>.

Embora a PDT adjuvante tenha reduzido a inflamação clínica peri-implantar, não promoveu consideravelmente a regeneração óssea sem defeitos ósseos peri-implantares<sup>5</sup>. Além disso, a eficácia de uma única aplicação de aPDT como adjuvante ao desbridamento de retalho aberto (OFD) na melhoria dos parâmetros peri-implantares clínicos e radiográficos é limitada<sup>13</sup>.

O desbridamento mecânico não cirúrgico com aPDT adjuvante provou ser tão eficaz quanto o tratamento antimicrobiano e o uso adjuvante de microesferas de minociclina no tratamento da peri-implantite precoce na redução da inflamação da mucosa.<sup>6,15,19</sup> No entanto, nem esferas de minociclina nem a PDT resolveram completamente a inflamação.<sup>15</sup>

Além disso, em pacientes fumadores submetidos à aPDT adjuvante, não foram identificadas alterações significativas nos biomarcadores ósseos biológicos<sup>18</sup>.

### 5.3. Limitações

Quando usado em conjunto com o desbridamento mecânico, a terapia fotodinâmica mostrou-se promissor em melhorar os resultados para pacientes com peri-implantite<sup>2</sup>.

A PDT, entretanto, não pode substituir totalmente as técnicas mecânicas e cirúrgicas, devendo ser considerados outros critérios como a localização e o tipo de implante, a superfície, o tipo de cimento, o comprimento de onda do laser e o agente fotossensibilizante para estabelecer o perfil de segurança<sup>2,4</sup>.

Além disso, limitações do estudo como pequeno número de amostras<sup>1,4,6,10,13,22</sup>, curtos intervalos de acompanhamento<sup>5,10,12,18,22</sup> e ausência de avaliação de alguns dados<sup>18,22</sup>, podem alterar a avaliação dos aspetos clínicos, radiográficos, e marcadores imunológicos<sup>1</sup>. Além disso, ao empregar o laser de diodo, o risco de geração de calor e dano potencial aos tecidos duros e moles peri-implantares deve ser considerado<sup>9,11</sup>.

Finalmente, a atividade unidirecional da fibra do laser e a morfologia da deficiência óssea peri-implantar podem restringir a aplicação uniforme da luz na superfície do implante<sup>15</sup>.

## 6. Conclusões

Dos artigos selecionados para esta revisão sistemática integrativa da literatura sobre o tema “Eficácia da terapia fotodinâmica e do laser no tratamento da peri-implantite”, resultaram as seguintes conclusões:

- A aplicação do laser no tratamento da peri-implantite é bastante controversa. Os estudos revelam que o laser tem interesse terapêutico. No entanto, vários estudos concluem que o uso do laser não traz nenhum benefício ao tratamento final em comparação com outros métodos terapêuticos mais convencionais. Além disso, a alta temperatura do laser pode representar um perigo que, desde que seja bem empregue, pode ser controlado. Contudo, a grande variedade de lasers e as suas diferenças fazem com que não exista uma conclusão padrão sobre todos os lasers, mas sim sobre os diferentes tipos de laser, sendo os lasers de érbio os mais promissores e o laser de diodo o menos conclusivo.

- Embora a PDT seja considerada um tratamento promissor como terapia adjuvante para a peri-implantite, mas a resolução completa da inflamação ainda é um desafio. A PDT acaba por ser eficaz na melhoria dos parâmetros clínicos e microbianos, mas a eficácia da PDT isoladamente é limitada. Deste modo, espera-se que terapias combinadas que incluam PDT e procedimentos de descontaminação sejam desenvolvidas no futuro para melhorar os resultados em pacientes com peri-implantite.
- O fotosensibilizador tem um papel muito importante no sucesso da PDT. O bom conhecimento e uso são importantes para maximizar as chances de sucesso da terapia fotodinâmica. Não há consenso sobre o benefício de qualquer fotosensibilizador em particular, portanto, mais estudos seriam valiosos para confirmar a suas especificidades e o seu papel no tratamento da peri-implantite com a PDT.
- Por fim, no tratamento da peri-implantite, a terapia fotodinâmica e o laser demonstraram um interesse mais do que certo no seu uso. A eficácia foi comprovada muitas vezes, mas suas superioridades ainda precisam ser demonstradas. São necessários mais estudos ao longo prazo sobre este tema.

## 7. Bibliografia

1. Ahmed P, Bukhari IA, Albaijan R, Sheikh SA, Vohra F. The effectiveness of photodynamic and antibiotic gel therapy as an adjunct to mechanical debridement in the treatment of peri-implantitis among diabetic patients. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 2020;32:102077.
2. Wang H, Li W, Zhang D, Li W, Wang Z. Adjunctive photodynamic therapy improves the outcomes of peri-implantitis: a randomized controlled trial. *Aust Dent J* 2019;64(3):256–262.
3. Strauss G, Goteiner D, Murawski K, Singer S, Drew H, Sullivan A. Laser-Assisted Therapy for the Treatment of Peri-implantitis. Part I. Clinical Outcomes. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2021;41(4):563–568.
4. Ohba S, Sato M, Noda S, Yamamoto H, Egahira K, Asahina I. Assessment of safety and efficacy of antimicrobial photodynamic therapy for peri-implant disease. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 2020;31:101936.
5. ALHarthi SS, Alamry NZ, BinShabaib MS. Effect of multiple sessions of photodynamic therapy on bone regeneration around dental implants among patients with peri-implantitis. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 2022;37:102612.
6. Almohareb T, Alhamoudi N, Deeb M Al, et al. Clinical efficacy of photodynamic therapy as an adjunct to mechanical debridement in the treatment of peri-implantitis with abscess. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 2020;30:101750.
7. Labban N, Shibani N Al, Al-Kattan R, Alfouzan AF, Binrayes A, Assery MK. Clinical, bacterial, and inflammatory outcomes of indocyanine green-mediated photodynamic therapy for treating periimplantitis among diabetic patients: A randomized controlled clinical trial. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 2021;35:102350.
8. Schwarz F, John G, Mainusch S, Sahm N, Becker J. Combined surgical therapy of peri-implantitis evaluating two methods of surface debridement and decontamination. A two-year clinical follow up report. *J Clin Periodontol* 2012;39(8):789–797.
9. Arlsan V, Karabuda ZC, Arlcl SV, Topçuoğlu N, Külekçi G. A Randomized Clinical Trial of an Adjunct Diode Laser Application for the Nonsurgical Treatment of Periimplantitis. *Photomed Laser Surg* 2015;33(11):547–554.
10. Kang P, Sanz-Miralles E, Li J, Linden E, Momen-Heravi F. Efficacy of Er,Cr:YSGG Laser Application in Nonsurgical Treatment of Peri-implantitis: A Human Randomized Controlled Trial. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2023;43(1):e1–e9.

11. Rocuzzo A, Klossner S, Stähli A, et al. Non-surgical mechanical therapy of periimplantitis with or without repeated adjunctive diode laser application. A 6-month double-blinded randomized clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 2022;33(9):900–912.
12. Rakašević D, Lazić Z, Rakonjac B, et al. Efficiency of photodynamic therapy in the treatment of peri-implantitis - A three-month randomized controlled clinical trial. *Srp Arh Celok Lek* 2016;144(9–10):478–484.
13. Albaker AM, ArRejaie AS, Arabiah M, et al. Effect of antimicrobial photodynamic therapy in open flap debridement in the treatment of peri-implantitis: A randomized controlled trial. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 2018;23:71–74.
14. Schwarz F, Hegewald A, John G, Sahm N, Becker J. Four-year follow-up of combined surgical therapy of advanced peri-implantitis evaluating two methods of surface decontamination. *J Clin Periodontol* 2013;40(10):962–967.
15. Bombeccari GP, Guzzi G, Gualini F, Gualini S, Santoro F, Spadari F. Photodynamic therapy to treat periimplantitis. *Implant Dent* 2013;22(6):631–638.
16. Schär D, Ramseier CA, Eick S, Arweiler NB, Sculean A, Salvi GE. Anti-infective therapy of peri-implantitis with adjunctive local drug delivery or photodynamic therapy: Six-month outcomes of a prospective randomized clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 2013;24(1):104–110.
17. Smeets R, Henningsen A, Jung O, Heiland M, Hammächer C, Stein JM. Definition, etiology, prevention and treatment of peri-implantitis - a review. *Head Face Med.* 2014 3;10:34.
18. Deeb M Al, Alresayes S, A Mokeem S, et al. Clinical peri-implant health and biological bone marker levels in tobacco users treated with photodynamic therapy. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 2020;31:101821.
19. Bassetti M, Schär D, Wicki B, et al. Anti-infective therapy of peri-implantitis with adjunctive local drug delivery or photodynamic therapy: 12-month outcomes of a randomized controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 2014;25(3):279–287.
20. Papadopoulos CA, Vouros I, Menexes G, Konstantinidis A. The utilization of a diode laser in the surgical treatment of peri-implantitis. A randomized clinical trial. *Clin Oral Investig* 2015;19(8):1851–1860.
21. Takasaki AA, Aoki A, Mizutani K, Schwarz F, Sculean A, Wang CY, Koshy G, Romanos G, Ishikawa I, Izumi Y. Application of antimicrobial photodynamic therapy in periodontal and peri-implant diseases. *Periodontol* 2000. 2009;51:109-40.

22. Alpaslan Yayli NZ, Talmac AC, Keskin Tunc S, Akbal D, Altindal D, Ertugrul AS. Erbium, chromium-doped: yttrium, scandium, gallium, garnet and diode lasers in the treatment of peri-implantitis: clinical and biochemical outcomes in a randomized controlled clinical trial. *Lasers Med Sci* 2022;37(1):665–674.
23. Malloa J, Lin G-H, Chan H-L, MacEachern M, Wang H-L. Clinical Outcomes of Using Lasers for Peri-Implantitis Surface Detoxification: A Systematic Review and MetaAnalysis. *J Periodontol* 2014;85(9):1194–1202.
24. Li L. The clinical efficacy of er:Yag lasers in the treatment of peri-implantitis: A systematic review and meta-analysis. *Ann Palliat Med* 2021;10(8):9002–9014.