

Matteo Donato

**Tecnologia Laser em Medicina Dentária - Opções de tratamento
em tecidos duros dentários**

Universidade Fernando Pessoa

Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2017

Matteo Donato

**Tecnologia Laser em Medicina Dentária - Opções de tratamento
em tecidos duros dentários**

Universidade Fernando Pessoa
Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2017

Matteo Donato

**Tecnologia Laser em Medicina Dentária - Opções de tratamento
em tecidos duros dentários**

Trabalho apresentado à Universidade Fernando
Pessoa como parte dos requisitos para obtenção
do grau de Mestre em Medicina Dentária.

(Matteo Donato)

RESUMO

A finalidade principal da odontologia reside no tratamento de lesões da cavidade oral preservando o máximo possível de estruturas saudáveis. Para cumprir os princípios da medicina dentária minimamente invasiva é necessário tirar o máximo proveito dos conhecimentos e das tecnologias disponíveis, nomeadamente do Laser.

O laser, utilizado de forma adequada, é capaz de assegurar o diagnóstico precoce e o tratamento quase atraumático da cárie dentária, permitindo também a regeneração de tecidos.

O objectivo deste estudo é analisar a informação publicada sobre as aplicações desta tecnologia nos tecidos duros dentários, destacando as vantagens e desvantagens quando comparada com os métodos convencionais. Para tal foi efetuada uma pesquisa com critérios objectivos em bases de dados cientificamente validadas.

Há algum consenso na utilização do laser na abordagem da hipersensibilidade dentinária e na remoção selectiva de tecido cariado. Serão necessários mais estudos para poder comprovar a sua eficácia noutras funcionalidades.

ABSTRACT

The main purpose of dentistry is to treat lesions of the oral cavity preserving as much as possible of healthy structures. In order to comply with the principles of minimally invasive dental medicine it is necessary to take full advantage of the available knowledge and technologies, such as Laser.

The laser, used properly, is capable of ensuring the early diagnosis and almost atraumatic treatment of dental caries, also allowing tissues regeneration.

The goal of this study is to analyze the information published about the applications of this technology in hard dental tissues, highlighting advantages and disadvantages when compared with conventional methods. For this purpose a research was carried out with objective criteria in scientifically validated databases.

There is some consensus on using lasers to approach tooth hypersensitivity and selective removal of carious tissue. Further studies will be needed to be able to prove their effectiveness in other features.

DEDICATÓRIA

A minha família.

AGRADECIMENTOS

Neste momento de alegria e grande satisfação, um agradecimento especial é devido à minha família que me permitiu alcançar um objetivo tão importante. Ao meu pai Francesco, pelo seu apoio contínuo e a confiança extrema constantemente mostrada, a minha mãe Rosa, por me fazer sentir em casa no dia a dia mesmo a milhares de quilômetros de distância, ajudando me a superar as muitas dificuldades e os momentos mais difíceis. Ao meu irmão Armando, para ser o melhor irmão que eu nunca poderia ter desejado, meu confidente e ponto de referência nos momentos de alegria e tristeza, para ser meu companheiro de brincadeiras, para estar sempre presente.

A todos os meus amigos e colegas, que cada dia se tornaram uma parte cada vez mais integral da minha vida, representando a minha atual segunda família. Obrigado pelo apoio contínuo e carinho mostrado nestes cinco anos, o que fizeram esta experiência única e memorável.

Por fim e não menos importante, à minha orientadora, Dr. Lilita Teixeira, pela sua paciência e disponibilidade, bem como a extrema preparação e seriedade que tornaram possível a criação deste trabalho.

Um sincero agradecimento também a todos os professores, pelos conhecimentos científicos e as experiências transmitidas, e a todos os funcionários que contribuíram para o meu crescimento, tanto como profissional que como homem.

ÍNDICE

I.	INTRODUÇÃO	1
	1. Materiais e Métodos	2
II.	DESENVOLVIMENTO	3
	1. Princípios de funcionamento e componentes do Laser	3
	2. Acção do Laser sobre os tecidos biológicos	4
	3. Tipos de Lasers utilizados em Medicina Dentária	5
	4. Aplicações do Laser nos tecidos duros dentários	6
	i. Diagnóstico de cárie (DIAGNOdent®)	6
	ii. Laser na remoção de lesões cariosas e preparos cavitários	7
	iii. Adesão	8
	iv. Hipersensibilidade dentinária	9
	v. Regeneração pulpar	11
III.	DISCUSSÃO	13
IV.	CONCLUSÃO	15
V.	BIBLIOGRAFIA	16
VI.	ANEXOS	20

ABREVIATURAS E SIGLAS

λ	Comprimento de onda
μm	micrómetro
Ar	Árgon
CO ₂	Dióxido de Carbono
DO	Densidade Óptica
DPSCs	Dental Pulp Stem Cells
Er	Érbio
EUA	Estados Unidos da América
Ga-As	Arseniato de Gálio
Ga-As-Al	Arseniato de Gálio e Alumínio
HeNe	Hélio-Néon
Ho	Hólmio
Hz	Hertz
IV	Infravermelho
J	Joule
LASER	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
LED	Light Emitting Diode
LF	Fluorescência Induzida por Laser
LLLT	Low Level Laser Therapy
m	metro
MD	Medicina Dentária
mJ	milijoule

mm	milímetro
Nd	Neodímio
nm	nanómetro
PBMT	Photobiomodulation Therapy
pps	pulso por segundo
QLF	Quantitative Laser Fluorescence
ROS	Reactive Oxygen Species
SEM	Scanning Electron Microscope
TGF-β1	Transforming Growth Factor β -1
UV	Ultravioleta
W	Watt
YAG	Ítrio-Alumínio-Granada
YAP	Ítrio-Alumínio-Perovskita
YSGG	Ítrio-Escândio-Gálio-Granada

I. INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, especialmente nos últimos anos, a medicina dentária (MD) tem passado por uma rápida e contínua evolução graças às técnicas cada vez menos invasivas que tendem a preservar o máximo possível das estruturas orais, restabelecendo ao mesmo tempo a função e a estética dos pacientes. Para atingir estes objectivos, o médico dentista utiliza novas tecnologias para melhorar a qualidade dos tratamentos, cada vez mais perto da perfeição, reflectindo o que é o conceito de medicina dentária minimamente invasiva (Murdoch-Kinch e McLean, 2003).

Entre os muitos sistemas operacionais que permitem este tipo de abordagem, a fotoablação por luz laser representa uma das técnicas em maior desenvolvimento. A aplicação da tecnologia laser na medicina remonta aos anos 60, quando foram produzidos os primeiros lasers e foram percebidas as aplicações e as propriedades típicas destes dispositivos na área médica (Pirastu, 2000). Na MD a utilização do laser é cada vez mais frequente no tratamento de lesões dos tecidos duros e tecidos moles e a sua utilização está presente em praticamente todas as especialidades odontológicas: na dentística operatória, com a polimerização de compósitos e preparos cavitários, nas cirurgias intra-orais, coagulação e sutura, na endodontia como um grande auxiliar da antisepsia e na desinfecção de canais radiculares, na periodontia para a raspagem de superfícies radiculares e desinfecção de bolsas e na prótese, para soldadura de pânticos (Siqueira et al., 2015). Mais especificamente, nos tecidos duros dentários, os lasers são utilizados para o corte, remoção de cárie de uma forma selectiva, mantendo dentina e esmalte saudável, apresentando vantagens que incluem a diminuição das vibrações, pouco ruído, e a possibilidade de serem usados sem anestesia (Murdoch-Kinch e McLean, 2003). As muitas aplicações do laser na medicina dentária, o seu rápido desenvolvimento, os benefícios para médicos dentistas e pacientes, juntamente com o interesse para as novas tecnologias na área médica, levaram à escolha deste tema. Este trabalho teve como objectivo estudar o uso do laser em medicina dentária discutindo as suas aplicações na correcção de defeitos e doenças dos tecidos duros, os seus princípios de funcionamento, a interacção com os tecidos biológicos, indicações, contra-indicações, vantagens e desvantagens em comparação com as actuais técnicas utilizadas.

1. Materiais e Métodos

Efectuou-se uma revisão bibliografia, seleccionando informações científicas devidamente publicadas, nos motores de pesquisa online da *MEDLINE/Pubmed*, *Science Direct*, *B-on* e *Google Scholar* no período entre Novembro de 2016 e Março de 2017 considerando também livros que abordassem o tema. Foram escolhidos artigos e livros em língua inglesa, portuguesa e italiana publicados nos últimos 20 anos. No total foram encontrados cerca de 300 artigos, dos quais foram seleccionados 51 para a elaboração desta tese.

As palavras-chave utilizadas na pesquisa foram: *laser functioning*, *minimally invasive dentistry*, *odontologic laser*, *hard tissues*, *dental caries*, *diagnodent*, *tooth hypersensitivity*.

II. DESENVOLVIMENTO

1. Princípios de funcionamento e componentes do Laser

O acrónimo LASER, traduzido como amplificação de luz por emissão estimulada de radiação, resume em poucas palavras um sistema complexo e fascinante que revolucionou inteiramente o mundo da física (Romagnoli et al., 2008).

A luz é uma radiação electromagnética que existe sob forma de partículas que se propagam em ondas com velocidade constante cuja unidade básica de energia é chamado de fóton (Convissar, 2015). De um ponto de vista óptico, a luz é descrita como uma onda sinusoidal caracterizada pelo *comprimento de onda* (distância entre dois picos - λ), *frequência* (número de oscilações por unidade de tempo - Hz) e *amplitude* (altura do pico em relação ao valor médio) (Figura 1, anexo) (Romagnoli et al., 2008).

As ondas electromagnéticas são classificadas de acordo com os valores de comprimento de onda, constituindo assim o espectro electromagnético. Ondas eletromagnéticas com comprimento de onda maior (frequência menor) são classificadas como: infravermelhos (IV), microondas e ondas rádio. Ondas eletromagnéticas com comprimento de onda menor (frequência maior) são classificadas como: ultravioleta (UV), raios-x, e raios gama. A luz IV é uma onda que causa a vibração molecular entre as moléculas do tecido provocando efeitos térmicos, enquanto que a luz UV interage com o tecido sem desenvolver calor (Figura 2, anexo) (Frova, 2012).

A luz laser difere da luz pontual nas seguintes características: *amplificação*, *coerência*, *monocromaticidade*, e *unidirecionalidade*. É uma luz *amplificada*, como descrito na sua definição, devido ao processo de cascata que ocorre no interior da cavidade de ressonância e da unidade emissora. *Coerente*, ou seja, com todos os raios em fase: embora na emissão espontânea cada fóton é emitido de modo aleatório em relação aos outros, na emissão estimulada cada fóton tem a mesma fase do fóton que o induziu. *Monocromática* porque todos os fótons tem o mesmo comprimento de onda. *Unidirecional* devido ao facto que os emissores de laser só permitirem a saída dos fótons unicamente numa direção, ao contrário de qualquer lâmpada (Sanz, 2014).

Os principais constituintes que permitem o funcionamento do sistema de laser, são: o *meio ativo*, a *cavidade óptica*, a *fonte de energia* ou *mecanismo de bombeamento* e o *sistema de refrigeração*. O meio ativo é constituído por um material que, quando estimulado, emite energia de luz sob a forma de fótons e pode ser líquido, gasoso (CO₂, Argon) ou sólido (YAG,

que pode estar associado a diferentes iões, tais como neodímio, érbio e hólmio) (Covani et al., 2004). Em geral os lasers são chamados de acordo com o nome do material do meio ativo (Convissar, 2015). O meio ativo é estimulado pelo mecanismo de bombeamento que, para garantir a actividade do laser, tem que criar uma população de átomos excitados cujo número de átomos com energia mais elevada seja maior do que o número de átomos excitados num nível de energia mais baixo. Esta condição, chamada “inversão de população”, é conseguida através da criação de uma cavidade óptica ressonante formada por dois espelhos paralelos nas extremidades opostas do meio. Desta forma, os fótons estimulados pela fonte de energia externa batem no espelho e ressaltam no meio ativo, estimulando a libertação de novos fótons. Destes dois espelhos, um é totalmente reflector e o outro pode ser parcialmente passado pelo feixe de fótons que geram o raio laser. Uma vez que não é um processo completamente eficiente, uma parte da energia é dissipada em forma de calor, tornando-se necessário um sistema de refrigeração (Figura 3, anexo). De acordo com a natureza das moléculas que compõem o meio ativo, obtemos diferentes comprimentos de onda do feixe laser que vão determinar as suas propriedades e o tipo de interacção com a matéria (Covani et al., 2004).

2. Acção do Laser sobre os tecidos biológicos

A absorção da energia produzida pelo laser nos tecidos determina os efeitos biológicos, os quais dependem das características do tecido e das propriedades do laser (Romagnoli et al., 2008). Os processos físicos que ocorrem dependem das características da radiação de cada tipo de laser: *comprimento de onda, duração do impulso, potência utilizada, ângulo de incidência e distância entre a fonte e o tecido*. Baixa potência em intervalos longos têm um efeito bioestimulante, enquanto alta potência por curtos intervalos de tempo têm um poder ablativo e destrutivo da matéria. *A resposta biológica* do tecido depende principalmente das características funcionais e metabólicas do tecido alvo. Os principais componentes que afetam a absorção são: *água, hemoglobina, melanina e outros pigmentos* (Covani et al., 2004).

Por exemplo, os lasers Nd:YAG têm uma grande afinidade com a melanina e menos interacção com a hemoglobina. Comprimentos de onda maiores interagem maioritariamente com água e com a hidroxiapatite (Er:YAG) (Figura 4, anexo) (Gupta e Kumar, 2011).

Outro fator muito importante a considerar é o tamanho da superfície atingida ou “*spot*”, que está relacionado com a quantidade de energia em cada mm^2 de tecido, determinando a *densidade de energia* ou *fluência*. Existe uma relação inversa entre o tamanho do spot e a

fluência: quanto menor for o tamanho do ponto, maior será a fluência (Figura 5, anexo) (Convissar, 2015). Quando interage com os tecidos, a luz laser pode ser refletida na superfície (*reflexão*), ou emergir após a penetração no tecido (*transmissão*). Outros fenômenos que podem ocorrer são a ampla disseminação no tecido (*difusão* ou *scattering*) ou a transferência de energia para o tecido irradiado (*absorção*). (Saydjari et al., 2016). Os processos, que seguem a absorção pelos tecidos do feixe de laser, podem ser divididos em cinco tipos:

1. *Processos fotofísicos*: radiação laser utilizada com densidade e potência muito baixas, para fins de diagnóstico. A monocromaticidade do laser é usada para excitar um cromóforo específico.

2. *Processos fotoquímicos*: absorção de luz laser sem qualquer efeito térmico, causando alterações físicas e químicas que alteram a estrutura molecular do tecido.

3. *Processos fototérmicos*: conversão da energia eletromagnética em energia térmica ou calor, que leva à vaporização dos tecidos. Os efeitos variam de acordo com a temperatura (Covani et al., 2004). Os efeitos fototérmicos são determinados a partir de uma temperatura de cerca 45°C, chegando a 1000°C. A ablação dos tecidos ocorre substancialmente a partir de 100°C, com a transformação do seu conteúdo em vapor da água (Tabela 1, anexo) (Romagnoli et al., 2008).

4. *Processos fotomecânicos*: obtidos usando impulsos de curta duração e de potência muito elevada sobre superfícies muito pequenas, causando um rápido aquecimento da superfície dentária induzindo a destruição mecânica do tecido irradiado.

5. *Processos fotoablativos*: fotodissociação direta de ligações intramoleculares o que provoca uma fotodecomposição dos tecidos com limitação espacial evitando, assim, o efeito térmico e necrose dos tecidos circundantes (Covani et al., 2004).

Muito importante é a escolha do comprimento de onda correto de acordo com o tratamento proposto e os efeitos que queremos produzir (Romagnoli et al., 2008).

3. Tipos de Lasers utilizados em Medicina Dentária

O que mais caracteriza o sistema laser é o meio ativo, cuja estimulação provoca a emissão de uma radiação com um comprimento de onda muito preciso e definido, e que é diferente em cada sistema. Os lasers utilizados em MD podem ser classificados de várias formas em relação ao seu meio ativo, dependendo do seu comprimento de onda, da forma de emissão das

radiações ou outros critérios, mas talvez a forma mais comum de classificá-los depende da sua potência. Existem assim dois grandes grupos de lasers (Covani et al., 2004):

- *Laser de baixa potência*: são utilizados, principalmente, para a sua acção bioestimulante, analgésica e anti-inflamatória. Os mais utilizados são de arseneto de gálio (GaAs), arseneto de gálio e alumínio (GaAsAl) e de hélio-néon (HeNe).

- *Laser de alta potência*: também chamados HILT - *High Intensity Laser Treatment* (Marotti et al., 2010) produzem efeitos físicos visíveis, e são usados como substitutos do bisturi convencional ou dos instrumentos rotatórios. Os principais são os de Argon, Diodo, Nd:YAG, Nd:YAP, Ho:YAG, Er,Cr:YSGG, Er:YAG, e CO₂ (España-Tost et al., 2004).

Além do seu nível de potência, os lasers podem ser classificados de acordo com o seu comprimento de onda (λ): *lasers near infrared* (810, 940, 980 e 1064 nm) são utilizados na terapia de tecidos moles pela sua alta afinidade óptica para os pigmentos de hemoglobina e melanina e utilizados também para a descontaminação bacteriana em Endodontia e Periodontia; *lasers medium infrared* (Erbium 2780 e 2940 nm), amplamente absorvidos pela água e a hidroxiapatite, são muito utilizados para o tratamento de tecidos moles e tecidos duros (Olivi et al., 2008).

Outra forma de classificar os lasers tem a ver com a modalidade de libertação de energia: *modo pulsado* (um obturador mecânico cria períodos alternados de energia que permitem o arrefecimento intermitente dos tecidos), *modo contínuo* (aumento constante do calor tecidular não existindo relaxamento térmico) ou de *ação combinada* (quase-contínuos lasers) (Deppe e Horch, 2007).

4. Aplicações do Laser nos tecidos duros dentários

i. Diagnóstico de cárie (DIAGNOdent®)

Os sistemas de diagnóstico para uma correcta e precoce detecção das lesões cariosas são muitos. Além do exame visual, pouco fiável para a detecção de cáries em sulcos e fissuras oclusais dos dentes molares, conhecidas como "cáries ocultas", estão presentes métodos auxiliares de diagnóstico que incluem radiografias bitewing e a utilização de corantes, permitindo assim a realização de preparos cavitários o mais conservadores possível (Chu et al., 2010). Entre os sistemas mais inovadores, consideramos aqueles que usam a *fluorescência induzida por laser* (LF), utilizando, como método de diagnóstico, uma consequência do

princípio da absorção de luz, devido à interação da radiação electromagnética com as moléculas das substâncias duras do dente - isto constitui o *fenômeno da fluorescência* (Romagnoli et al., 2008). Existem dois sistemas diferentes baseados na fluorescência laser: *Quantitative Laser Fluorescence* (QLF), com fonte de energia representada por um laser de argon com λ de 488 nm, e DIAGNOdent® (KaVo Dental, Biberachl Riss, Germany), que utiliza um laser de diodo com λ de 655 nm (Lussi et al., 2004).

O DIAGNOdent® utiliza um método óptico quantitativo para detectar perda mineral (Lussi et al., 2001). A superfície do dente é iluminada por uma luz vermelha com um comprimento de onda de 655 nm produzida por um laser de diodo e transmitida através de uma fibra óptica que induz fluorescência na porção mineralizada do dente. A radiação fluorescente, correlacionada com o grau de desmineralização da estrutura, assim como com a presença de bactérias, é reflectida para o fotocondutor e processada por uma fotocélula que emite um resultado numérico e acústico diferente, dependendo da extensão da cárie (Figura 6, anexo) (Chu et al. 2010). Uma das maiores vantagens deste sistema é a possibilidade de detectar precocemente um processo de cárie ainda não visível radiograficamente e seguir a progressão de uma lesão suspeita sem ser invasivo (Castilho et al., 2016). O DIAGNOdent® pode ser útil como instrumento clínico preditivo, mas com uma adequada formação, o exame visual pode proporcionar resultados semelhantes sem a necessidade de equipamento adicional (Attrill e Ashley, 2001).

ii. Laser na remoção de lesões cariosas e preparos cavitários

Os procedimentos mais comuns para a remoção de tecidos duros dentários afetados pela cárie incluem o uso de instrumentos de corte rotativo e brocas. A precisão destes equipamentos, no entanto, foi posta em causa devido à quantidade excessiva de tecido saudável removido juntamente com o esmalte e dentina afetadas (Banerjee et al., 2000).

Na actualidade os lasers mais utilizados nestes tecidos, preservando ao máximo as estruturas saudáveis, são o ErCr:YSGG (2780 nm) e Er:YAG (2940 nm) com comprimentos de onda bem absorvidos pela água e pela hidroxiapatite existentes em diferentes percentagens nos tecidos dentários. A sua aplicação é segura em preparações de cavidades, apresentando várias vantagens para a odontologia restauradora, tais como a precisão, a selectividade de lesões de cárie, uma menor condutibilidade térmica à polpa, para além da ausência de vibrações e uma menor necessidade de recorrer à utilização de anestésicos (Olivi et al., 2008).

A extrema selectividade do laser preserva integralmente o tecido saudável do dente, actuando exclusivamente na cárie. São utilizados comprimentos de onda que actuam sobre os tecidos com uma percentagem mais elevada de água, componente proteica e pigmentos em relação ao esmalte e dentina, possuindo, conseqüentemente, uma maior densidade óptica (Figura 7, anexo) (Harris et al., 2002). Outra importante vantagem é a redução da carga bacteriana em comparação com os métodos tradicionais resultando numa menor dor pós-operatória e uma redução das cáries recidivantes. Estudos demonstram uma redução significativa das espécies de bactérias associadas à cárie (*Streptococcus mutans*) quando o laser é utilizado (Convissar, 2015). Normalmente os lasers de érbio são utilizados com frequência de 25 Hz, para não desidratar excessivamente os tecidos, com uma potência que varia entre 2-4 W com base na sensibilidade do paciente e com refrigeração composta por 60-90% de ar e 50-75% de água (Covani et al., 2004). Independentemente da técnica utilizada, a preparação da cavidade tem de respeitar alguns princípios básicos: ter um desenho que garanta a retenção mecânica da restauração, fornecer um substrato apropriado ao material restaurador e respeitar e manter a vitalidade pulpar. Quanto à concepção de uma cavidade preparada com laser podem-se notar diferenças substanciais em relação aos preparos feitos de forma tradicional, sendo a remoção do tecido com o laser extremamente selectiva para a substância desmineralizada. O desenho da cavidade vai seguir a forma da cárie resultando assim com paredes e fundo irregulares (Olivi et al., 2008).

iii. Adesão

Na odontologia conservadora o conceito de adesão é extremamente importante e fundamental para aumentar a longevidade das restaurações e melhorar a sua estética (Bahrololoomi et al., 2015). Há muitos estudos que tentam demonstrar o potencial do laser Er:YAG em odontologia e a sua capacidade de aumentar a adesão dos materiais restauradores à superfície dentária. A energia emitida pelo laser é absorvida pelas moléculas de água presentes na componente orgânica da dentina (especialmente colagénio e fluido intratubular) causando um repentino sobreaquecimento com conseqüente vaporização da água e um aumento rápido da pressão que causa várias micro-explosões resultantes na destruição não uniforme da estrutura do dente (Ramos et al., 2004). De acordo com Vissuri et al. (1996) e Groth et al. (2001), o laser é capaz de fornecer boas microrretenções para os materiais adesivos graças as porosidades criadas no esmalte e na dentina, semelhantes àquelas obtidas através da utilização

do ácido ortofosfórico (Torres et al., 2011). O fundo da cavidade resultante da micro-craterização é irregular, que embora aumentando fisicamente a área da superfície de adesão para o compósito, ao mesmo tempo torna mais difícil a adaptação ao fundo (Figura 8, anexo). Alguns autores aconselham a aplicação de uma camada fina de compósito *flow* para criar uma interface mais uniforme entre o adesivo e o compósito, tendo também uma função de amortecedor de cargas mastigatórias (Olivi et al., 2008). Observando os preparos com microscópio eletrônico, muitos estudos têm comparado as duas técnicas analisando a superfície dentinária. A superfície tratada com o laser apresenta a exposição dos túbulos dentinários sem produção de *smear layer*, que está presente em grandes quantidades nos preparos feitos com instrumentos rotativos, influenciando a escolha do sistema adesivo mais adequado e a necessidade do condicionamento ácido (Sattabanasuk et al., 2006).

Martinez-Insua et al. (2000), demonstraram que o condicionamento ácido após o uso de laser Er:YAG apresenta muitas vantagens enquanto a superfície do esmalte e dentina tratadas com laser exibem numerosas micro-fracturas que tornam a adesão menos eficaz. A aplicação de sistemas adesivos tradicionais, e especialmente sistemas self-etching, aumentam a homogeneidade do preparo e conseqüentemente a adesão do material restaurador (Torres et al., 2011). De acordo com Ceballos et al. (2001), não há diferenças estatisticamente significativas entre o uso ou não do ácido, porque em ambos os casos, a porosidade das superfícies tem características muito semelhantes (Groth et al., 2001).

Muitos estudos não consideram vantajoso o uso de lasers no aumento da adesão em comparação com sistemas adesivos tradicionais, no entanto, deve-se considerar que para obter o máximo resultado deste sistema é necessária uma técnica impecável e um excelente conhecimento do aparelho. O tipo de superfície resultante após a aplicação do laser, e portanto o tipo de sistema adesivo a ser utilizado, depende de muitos factores como a potência do feixe, o tempo de exposição e a distância da superfície. Tudo isto faz com que, por vezes, que os resultados obtidos nos vários estudos sejam contraditórios (Shirani et al., 2014).

iv. Hipersensibilidade dentinária

Nos últimos anos têm sido propostos novos métodos para o tratamento da hipersensibilidade dentinária que prevêm o uso de lasers e de gel de flúor. Os lasers, que interagem com os tecidos, provocam diversos tipos de reacções de acordo com o comprimento de onda, fluência e propriedades ópticas do tecido alvo.

Numerosos estudos demonstraram que a acção foto-biomoduladora do laser sobre a dentina exposta provoca a produção de uma grande quantidade de dentina terciária causando a obliteração fisiológica dos túbulos dentinários (Ladalaro et al., 2004). Lasers de baixa intensidade promovem alterações no potencial elétrico da membrana celular, ativando as bombas de Na^+ e K^+ , provocando um aumento da síntese da adenosina trifosfato (ATP), a libertação de endorfinas e o bloqueio da despolarização das fibras C aferentes, não permitindo que a informação de dor chegue ao sistema nervoso central. Lasers de alta intensidade, através da irradiação direta da dentina, têm o objetivo de obliterar os túbulos dentinários promovendo a dissolução e a ressolidificação dos cristais de hidroxiapatita da dentina alterando a morfologia da camada sobre o tecido alvo, denominada *melting*, que produz um selamento até 4,0 μm de profundidade dentro dos túbulos dentinários eliminando a sensibilidade dolorosa por um tempo prolongado. Os lasers mais estudados para o tratamento da hipersensibilidade são o Nd:YAG, lasers de érbio, de diodo e CO_2 (Costa et al., 2016).

Em geral, muitas vantagens podem ser observadas a partir do uso dos lasers em conjunto com os fluoretos. A utilização única de flúor provoca um aumento da resistência da dentina contra a descalcificação causada por ácidos. Muitos estudos tem mostrado que os efeitos de dessensibilização do flúor estão relacionados com a sua precipitação dentro dos túbulos dentinários, bloqueando mecanicamente a transmissão de estímulos. Os resultados obtidos com a aplicação de flúor, no entanto, são visíveis após múltiplas aplicações (Bartold, 2006). Caso contrário, os lasers, actuando directamente sobre a dentina, criam uma barreira de protecção alterando a morfologia do tecido garantindo resultados imediatos. Comparados individualmente, análises estatísticas a longo prazo não demonstram diferenças significativas entre a radiação laser e fluoretos no tratamento da hipersensibilidade. No entanto, a sua utilização em conjunto revelou resultados surpreendentes que mostram a oclusão de mais de 90% dos túbulos dentinários que permanece estável ao longo do tempo. A formação química de fluoreto de cálcio (CaF_2), obtido através da aplicação exclusiva de flúor para a obliteração dos túbulos, torna-se eficaz e estável apenas depois de várias aplicações, também dependendo da diversidade dos diâmetros dos túbulos. Por outro lado o laser, actua ao nível neuronal da polpa. A dessensibilização é, por conseguinte, mais rápida, com efeito analgésico imediato, sendo capaz de estimular, se for utilizado dentro dos parâmetros corretos, funções celulares fisiológicas (Corona et al., 2003). O uso combinado dos lasers e fluoretos é essencial para ultrapassar os limites dos dois sistemas. O laser ajuda a diminuir o calibre dos túbulos que torna a aplicação das vernizes de flúor mais estável e duradoura produzindo um efeito

cumulativo das duas terapias fornecendo uma diminuição gradual da sensação dolorosa (Lan et al., 1999).

Em conclusão, o laser é um instrumento adequado para o imediato sucesso da redução da hipersensibilidade dentinária, especialmente em combinação com outros tratamentos, produzindo uma maior satisfação do paciente. Mais estudos serão no entanto necessários para confirmar estes resultados (Kara e Orbak, 2009).

v. Regeneração pulpar

A grande vantagem dos tratamentos laser, em comparação com métodos convencionais, é a *bio-estimulação* dos tecidos, entendida como o efeito que a luz polarizada é capaz de determinar por meio de eventos complexos ao nível biomolecular em culturas de células e tecidos (Romagnoli et al., 2008). O efeito bioestimulador, *photobiomodulation therapy* (PBMT), do laser produz melhorias na proliferação, migração e diferenciação celular, incluindo células estaminais dos tecidos dento-alveolares, tais como as células estaminais da polpa dentária (DPSCs) (Moreira et al., 2017). Os efeitos benéficos dos lasers nesta área são bem conhecidos, mas os mecanismos moleculares não são ainda totalmente compreendidos (Rizzi et al., 2016). Os mecanismos biomoleculares podem ser activados tanto pela luz polarizada não coerente (LED), com um efeito eficaz principalmente em culturas celulares finas e ao nível superficial, quer por luz coerente (laser) que tem uma maior eficácia ao nível do tecido com um consequente valor clínico. A interacção entre os fotões da luz polarizada e os cromóforos do tecido determina os chamados *mecanismos primários* que estão na base das reacções bioquímicas, as quais levam um aumento da atividade redox e de transferência de electrões na cadeia respiratória ao nível mitocondrial, causando um aumento na produção de ATP ao nível celular, ajudando a reparação dos tecidos. A energia física (fotões) é então transformada em energia química (ATP). Em consequência dos mecanismos primários são iniciados os *mecanismos secundários*, representados por um aumento da síntese proteica, incremento da atividade metabólica, aumento da produção e maturação do colagénio e dos fibroblastos e aumento do potencial de acção nas células nervosas, traduzindo tudo isto numa acção biostimulativa, anti-inflamatória e antibacteriana. Na terapia com laser de baixa intensidade (LLLT), os tecidos que respondem melhor, quando tratados com uma correta dose de radiações, são aqueles que se encontram num estado de hipóxia celular. Doses demais fracas são ineficazes enquanto que doses muito elevadas podem causar um efeito bio-

supressor (Romagnoli et al., 2008). A aplicação da LLLT promove a biomodulação e a proliferação de muitos tipos de células, tais como as da medula óssea, tecido cardíaco, tecido adiposo e ligamento periodontal. Mais especificamente, as células estaminais mesenquimais têm a capacidade de auto-renovação e desenvolvimento em tecidos compatíveis com a sua origem. Estas células são então isoladas a partir dos tecidos orais, tais como polpa dentária ou ligamento periodontal, permitindo subsequentemente uma regeneração mais fisiológica do complexo dentina-polpa (Zaccara et al., 2015). A PBMT através de laser baseia-se principalmente no recrutamento de células estaminais endógenas a partir de uma fonte natural (um coágulo sanguíneo), causando a libertação de factores de crescimento, com a consequente produção de um tecido semelhante ao pulpar fornecido de vasos e nervos (Moreira et al., 2017). Muitos estudos *in vitro* têm mostrado que a aplicação de LLLT induz espécies reactivas de oxigénio (ROS), dependendo da dose de radiação, que por sua vez induzem a produção do fator de crescimento transformante β -1 (TGF- β 1) que diferencia células estaminais dentárias humanas, possibilitando a regeneração de vários tipos de tecidos (Arany et al. 2014). Muitos investigadores estão interessados em esclarecer os efeitos do laser de baixa intensidade na cicatrização de feridas e regeneração de defeitos presentes nos tecidos como mucosa, osso, ou polpa dentária. Entre os muitos efeitos benéficos da LLLT estão presentes o alívio da dor e regeneração dos nervos cortados. A LLLT acelera a reparação da polpa promovendo a produção de dentina terciária aumentando e acelerando a diferenciação de odontoblastos. Este tipo de tratamento é ainda mais eficaz pela associação com factores de crescimento ou biomateriais (Kitamura et al., 2011). Especificamente, quando o complexo dentina-polpa sofre uma lesão, os odontoblastos, juntamente com o tecido pulpar subjacente, começam a mostrar diferenças significativas. Os odontoblastos mortos são substituídos por novas células diferenciadas semelhantes a odontoblastos que contribuem para a produção de novos tecidos mineralizados. Por exemplo, lasers como de arsenieto de gálio e alumínio (Ga-As-Al) são de tipo não-abrasivo e podem ser utilizados para acelerar o processo de mineralização do complexo pulpodentário depois da preparação das cavidades ou para o revestimento directo de exposições pulpares (Shigetani et al., 2016). Em geral tem sido demonstrado que a aplicação do laser de baixa intensidade com uma densidade de energia de 0,5 a 4,0 J/cm², com espectro visível e λ entre 600 e 700 nm, aumenta a taxa de proliferação celular de diferentes tipos de células. Densidades de energia muito altas podem danificar os fotorreceptores resultando numa redução do efeito biomodulador do laser (Zaccara et al., 2015). Uma ampla variedade de compostos químicos e físicos são actualmente utilizados ou a ser estudados quanto à sua capacidade de promover a regeneração dos tecidos.

De facto, o laser, para além de ser eficaz na criação de um campo operatório estéril (efeito descontaminante) e seco (efeito coagulante), fundamentais para a manutenção da vitalidade pulpar (Olivi et al., 2008), é também capaz de activar factores endógenos para a diferenciação de células estaminais dentárias, tornando-o uma ferramenta poderosa para a regeneração de tecidos duros da cavidade oral. A regeneração da dentina, no entanto, deve ser mediada através de uma correta utilização dos sistemas lasers, uma vez que quantidades excessivas de radiações, com conseqüente excesso de ROS e TGF- β 1 são potencialmente deletérias (Arany et al., 2014).

III. DISCUSSÃO

O desenvolvimento de novas tecnologias deve ser sempre considerado com abertura e senso crítico. Nestas circunstâncias, o laser pode e deve ser considerado como uma alternativa válida e/ou ferramenta complementar em numerosas terapias dentárias (Olivi et al., 2008).

A menor necessidade de medicação no pré e pós-operatório, a menor invasividade, a melhor resposta dos tecidos e a bio-modulação, tornam esta tecnologia uma perfeita representante dos objectivos futuros da odontologia, sempre menos invasiva e mais conservadora, apresentando como únicas desvantagens o custo do equipamento, as dificuldades de utilização e portanto a dificuldade de introdução na prática diária (Romagnoli et al., 2008).

A interacção da luz laser com os tecidos pode levar a resultados diferentes, dependendo de inúmeros factores relacionados com os parametros do laser, para além da capacidade e preparação do operador. Por estas razões, muitas vezes os resultados dos estudos são contraditórios, tornando necessárias mais investigações laboratoriais e clínicas (Henriques et al., 2008).

A utilização dos lasers na área da dentística engloba a sua aplicação no diagnóstico e na terapêutica de cáries. Equipamentos como o DIAGNOdent®, têm alguma precisão e fiabilidade, porém os resultados obtidos em muitos estudos mostram ser sobreponíveis aos obtidos através de um correto exame visual (Attrill, e Ashley, 2001). A principal vantagem do DIAGNOdent® consiste na detecção, com grande precisão, de lesões iniciais do esmalte, em comparação com o exame ICDAS tradicional que tem uma menor especificidade (Tabela 2, anexo) (Castilho et al., 2016).

Analisando os efeitos do laser na remoção da cárie dentária, muitos estudos não mostraram grandes vantagens em comparação com os instrumentos de corte rotativo de alta velocidade, apresentando níveis muito semelhantes de infiltração marginal na aplicação do material restaurador (Torres et al., 2011). No entanto, deve ser considerado que até hoje não há sistemas adesivos e compósitos otimizados para cavidades preparadas com laser. Os sistemas existentes atualmente no mercado, por causa das suas características biomecânicas, adaptam-se melhor a margens de cavidades lisas e regulares, mais facilmente obtidos através dos instrumentos tradicionais. De facto, muitas vezes, é necessário a aplicação de compósito fluido para uniformizar o fundo da cavidade e anular as microporosidades criadas pelo laser que, embora aumentando fisicamente a superfície de adesão, dificultam a adaptação dos sistemas adesivos existentes (Tabela 3, anexo) (Olivi et al., 2008).

No tratamento da hipersensibilidade dentária os benefícios dos lasers são inegáveis. Na maioria dos estudos efectuados, os sistemas laser para além de serem seguros para a polpa, demonstraram serem capazes de superar os resultados obtidos através métodos tradicionais (Kara e Orbak, 2009). Ao contrário de alguns tratamentos, como a aplicação de vernizes de flúor, que apresentam bons resultados mas transitórios, o laser apresenta resultados imediatos e duradouros ao longo do tempo, podendo ser utilizado como único tratamento para a obliteração dos túbulos dentinários, ou em associação com as técnicas convencionais para otimizar e potenciar os resultados (Tabela 4, anexo) (Corona et al., 2003).

Um efeito extremamente útil e promissor do laser é a biomodulação dos tecidos. Os complexos mecanismos que estão na base da proliferação celular induzida por laser não são ainda completamente compreendidos, sendo necessários estudos futuros para identificar os tipos de lasers e as características óptimas para promover a proliferação celular (Tabela 5, anexo) (Borzabadi-Farahani, 2016).

Com estas premissas pode-se afirmar que a tecnologia laser, relativamente nova na odontologia, mais cedo ou mais tarde passará a fazer parte do equipamento básico de um consultório dentário, como já acontece em países como os EUA (Romagnoli et al., 2008). No entanto, numerosos estudos são necessários para destacar as efetivas vantagens do uso dos lasers nos tecidos duros dentários porque hoje em dia muitas aplicações não tem vantagens reais em comparação com as técnicas convencionais (Torres et al., 2011). Além disso, a falta de protocolos específicos para as aplicações de laser sobre os tecidos dentários tornam o seu desenvolvimento ainda mais lento (Catão, 2005).

IV. CONCLUSÃO

A tecnologia laser, no tratamento dos tecidos duros dentários, pode ser usada para o diagnóstico de cárie, avaliando o risco de cáries de forma pontual e completa, medindo e monitorizando ao longo do tempo o grau de desmineralização; no tratamento de lesões de cárie, de pequenas ou grandes dimensões, garantindo um preparo extremamente conservador graças às propriedades selectivas da radiação que permite a eliminação unicamente do tecido infectado e preservação do tecido saudável. As áreas tratadas com o laser podem ser de facto descontaminadas resultando numa grande diminuição do risco de recidiva.

Em comparação com os instrumentos rotatórios convencionais, os lasers, para além de serem minimamente invasivos, não causam vibrações e ruído, muito frequentemente associados com a dor na psique dos pacientes. Isto promove uma melhor aceitação do tratamento que resulta também numa arma eficaz de marketing útil na ampliação do numero de pacientes, oferecendo, ao mesmo tempo, tratamentos de melhor qualidade, feitos em menor tempo, com maior satisfação do paciente. No entanto, é preciso considerar que atualmente não existem materiais adesivos e compósitos destinados unicamente a preparos feitos com o laser, consequentemente, não é possível utilizar plenamente o potencial destes sistemas nomeadamente na biomodulação dos tecidos.

Para cada tipo de laser que é utilizado é importante ter um conhecimento profundo das aplicações, do funcionamento e protocolo de atuação, sendo adequado e individualizado às necessidades de cada paciente, estabelecido depois de uma cuidadosa anamnese e um exame clínico minucioso.

As desvantagens destes sistemas residem no elevado custo dos equipamentos, na constante necessidade de manutenção e actualização e na dificuldade da sua introdução na prática clínica dada a falta de protocolos específicos de utilização. Talvez por estas razões, a aplicação do laser nos tecidos duros dentários está a sofrer uma evolução lenta no que diz respeito às aplicações já estabelecidas e bem estudadas sobre os tecidos moles na área cirúrgica.

Embora com um lento desenvolvimento, o laser torna-se um instrumento cada vez mais presente na prática clínica diária, sendo, como mostrado nesta revisão bibliográfica, uma ferramenta fundamental para o desenvolvimento da odontologia minimamente invasiva. Por estas razões, embora sejam necessários mais estudos, mais cedo ou mais tarde, esta tecnologia vai certamente tornar-se parte do equipamento básico de um consultório dentário.

V. BIBLIOGRAFIA

Ansari, M. A., Erfanzadeh, M. e Mohajerani, E. (2013). Mechanisms of laser-tissue interaction: II. Tissue thermal properties. *Journal of Lasers in Medical Sciences*, 4(3), p. 99.

Arany, P. R. *et alii.* (2014). Photoactivation of Endogenous Latent Transforming Growth Factor- β 1 Directs Dental Stem Cell Differentiation for Regeneration. *Science Translational Medicine*, 6(238), pp. 238-269.

Attrill, D. C. e Ashley, P. F. (2001). Diagnostics: Occlusal caries detection in primary teeth: a comparison of DIAGNOdent with conventional methods. *British Dental Journal*, 190(8), pp. 440-443.

Bahrololoomi, Z., Kabudan, M. e Gholami, L. (2015). Effect of Er:YAG Laser on Shear Bond Strength of Composite to Enamel and Dentin of Primary Teeth. *Journal of Dentistry (Tehran, Iran)*, 12(3), p. 163.

Banerjee, A., Watson, T. F. e Kidd, E. A. (2000). Conservative dentistry: dentine caries excavation: a review of current clinical techniques. *British Dental Journal*, 188(9), pp. 476-482.

Bartold, P. M. (2006). Dentinal hypersensitivity: a review. *Australian Dental Journal*, 51(3), pp. 212-218.

Borzabadi-Farahani, A. (2016). Effect of low-level laser irradiation on proliferation of human dental mesenchymal stem cells; a systemic review. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 162(9), pp. 577-582.

Castilho, L. S. *et alii.* (2016). Validation of DIAGNOdent laser fluorescence and the International Caries Detection and Assessment System (ICDAS) in diagnosis of occlusal caries in permanent teeth: an in vivo study. *European Journal of Oral Sciences*, 124(2), pp. 188-194.

Catão, M. H. (2005). Os benefícios do laser de baixa intensidade na clínica odontológica na estomatologia. *Revista Brasileira de Patologia Oral*, 3(4), pp. 214-218.

Chu, C. H., Lo, E. C. e You, D. S. (2010). Clinical diagnosis of fissure caries with conventional and laser-induced fluorescence techniques. *Lasers in Medical Science*, 25(3), pp. 355-362.

Convissar, R. A. (2015). *Principles and Practice of Laser Dentistry*. New York, Elsevier Health Sciences.

Corona, S. A. *et alii.* (2003). Clinical evaluation of low-level laser therapy and fluoride varnish for treating cervical dentinal hypersensitivity. *Journal of Oral Rehabilitation*, 30(12), pp. 1183-1189.

Costa, L. M. *et alii.* (2016). A utilização da laserterapia para o tratamento da hipersensibilidade dentinária. *Journal of Health Sciences*, 18(3), pp. 210-216.

Covani, U., Crespi, R. e Grassi, R. (2004). *Utilizzo Clinico del Laser in Odontoiatria*. Firenze, SEE.

Deppe, H. e Horch, H. (2007). Laser applications in oral surgery and implant dentistry. *Lasers in Medical Science*, 22(4), pp. 217-221.

España-Tost, A. J. *et alii.* (2004). Aplicaciones del láser en Odontología. *RCOE*, 9(5), pp. 497-511.

Frova, A. (2012). *Luce Colore Visione: Perché si Vede ciò che si Vede*. Milano, Bur.

Groth, E. B., Mercer, C. E. e Anderson, P. (2001). Microtomographic analysis of subsurface enamel and dentine following Er:YAG laser and acid etching. *The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*, 9(2), pp. 73-79.

Gupta, S. e Kumar, S. (2011). Lasers in Dentistry - An Overview. *Trends in Biomaterials & Artificial Organs*, 25(3), pp. 119-123.

Harris, D. M. *et alii.* (2002). Selective ablation of surface enamel caries with a pulsed Nd:YAG dental laser. *Lasers in Surgery and Medicine*, 30(5), pp. 342-350.

Hashim, N. T. *et alii.* (2014). Effect of the clinical application of the diode laser (810 nm) in the treatment of dentine hypersensitivity. *BMC Research Notes*, 7(1), p. 31.

Hennig, T. *et alii.* (1991). Caries selective ablation by pulsed lasers. *Optics, Electro-Optics, and Laser Applications in Science and Engineering*, 1424(5), pp. 99-105.

Henriques, Á. C. *et alii.* (2008). A laserterapia na odontologia: propriedades, indicações e aspectos atuais. *Odontologia Clínica - Científica*, 7(3), pp. 197-200.

Iranzo-Cortés, J. E., Terzic, S. e Almerich-Silla, J. M. (2017). Diagnostic validity of ICDAS and DIAGNOdent combined: an in vitro study in pre-cavitated lesions. *Lasers in Medical Science*, 32(3), pp. 543-548.

Kara, C. e Orbak, R. (2009). Comparative evaluation of Nd:YAG laser and fluoride varnish for the treatment of dentinal hypersensitivity. *Journal of Endodontics*, 35(7), pp. 971-974.

KAVO DIAGNOdent, (1999). *DIAGNOdent "Listening to caries"*. Biberach: KaVo.

Kimura, Y. *et alii.* (2000). Treatment of dentine hypersensitivity by lasers: a review. *Journal of Clinical Periodontology*, 27(10), pp. 715-721.

Kitamura, C. *et alii.* (2011). Regeneration approaches for dental pulp and periapical tissues with growth factors, biomaterials, and laser irradiation. *Polymers*, 3(4), pp. 1776-1793.

Ladalarado, T. *et alii.* (2004). Laser therapy in the treatment of dentine hypersensitivity. *Brazilian Dental Journal*, 15(2), pp. 144-150.

Lan, W. H., Liu, H. C. e Lin, C. P. (1999). The combined occluding effect of sodium fluoride varnish and Nd:YAG laser irradiation on human dentinal tubules. *Journal of Endodontics*, 25(6), pp. 424-426.

Lussi, A. *et alii.* (2001). Clinical performance of a laser fluorescence device for detection of occlusal caries lesions. *European Journal of Oral Sciences*, 109(1), pp. 14-19.

Lussi, A., Hibst, R. e Paulus, R. (2004). DIAGNOdent: an optical method for caries detection. *Journal of Dental Research*, 83(1), pp. 80-83.

Marotti, J. *et alii.* (2010). High-intensity laser and photodynamic therapy as a treatment for recurrent herpes labialis. *Photomedicine and Laser Surgery*, 28(3), pp. 439-444.

Moreira, M. S. *et alii.* (2017). In vivo experimental model of orthotopic dental pulp regeneration under the influence of photobiomodulation therapy. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 166(1), pp. 180-186.

Murdoch-Kinch, C. A. e McLean, M. E. (2003). Minimally invasive dentistry. *The Journal of the American Dental Association*, 134(1), pp. 87-95.

Olivi, G., Iaria, G. e Genovese, M. D. (2008). Laser in Odontoiatria Estetica: basi scientifiche dell'utilizzo in Conservativa. *Cosmetic Dentistry*, 2, pp. 22-28.

Pirastu, A. (2000). Laser in Medicina. *Seminario Conclusivo, Corso di Ottica Quantistica*. Università di Pisa, aa, 1.

Ramos, R. P. *et alii.* (2004). Bonding of self-etching and total-etch systems to Er:YAG laser-irradiated dentin. Tensile bond strength and scanning electron microscopy. *Brazilian Dental Journal*, 15(SI), pp. 9-20.

Rizzi, M. *et alii.* (2016). Near-infrared laser increases MDPC-23 odontoblast-like cells proliferation by activating redox sensitive pathways. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 164(11), pp. 283-288.

Romagnoli, E. *et alii.* (2008). Laser: complemento o strumento d'elezione? *Il Dentista Moderno*, 4, pp. 36-56.

Sanz, I. (2014). Uso del láser en el tratamiento periodontal no quirúrgico. *RCOE*, 19(4), pp. 277-284.

Sattabanasuk *et alii.* (2006). Resin adhesion to caries-affected dentine after different removal methods. *Australian Dental Journal*, 51(2), pp. 162-169.

Saydjari, Y., Kuypers, T. e Gutknecht, N. (2016). Laser Application in Dentistry: Irradiation Effects of Nd:YAG 1064 nm and Diode 810 nm and 980 nm in Infected Root Canals - A Literature Overview. *BioMed Research International*, 1, pp. 1-10.

Schelle, F. *et alii.* (2014). Ultrashort pulsed laser (USPL) application in dentistry: basic investigations of ablation rates and thresholds on oral hard tissue and restorative materials. *Lasers in Medical Science*, 29(6), pp. 1775-1783.

Shigetani, Y. *et alii.* (2016). GaAlAs laser-induced pulp mineralization involves dentin matrix protein 1 and osteopontin expression. *Oral Diseases*, 22(5), pp. 399-405.

Shirani, F. *et alii.* (2014). Shear bond strength of resin composite bonded with two adhesives: Influence of Er:YAG laser irradiation distance. *Dental Research Journal*, 11(6), pp. 689-694.

Siqueira, M. *et alii.* (2015). A terapia com laser em especialidades odontológicas. *Revista Cubana de Estomatología*, 52(2), pp. 143-149.

Torres, C. R. *et alii.* (2011). Cavity Preparation with Er:YAG Laser or Rotary Instruments: Investigation of the Composite Resin Restorations Interface. *World Journal of Dentistry*, 2(2), pp. 83-87.

Yilmaz, H. G. *et alii.* (2011). Effectiveness of Er, Cr:YSGG laser on dentine hypersensitivity: a controlled clinical trial. *Journal of Clinical Periodontology*, 38(4), pp. 341-346.

Zaccara, I. M. *et alii.* (2015). Effect of low-level laser irradiation on proliferation and viability of human dental pulp stem cells. *Lasers in Medical Science*, 30(9), pp. 2259-2264.

Zaidi, I. *et alii.* (2016). Evaluation of different Diagnostic Modalities for Diagnosis of Dental Caries: An in vivo Study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 9(4), p. 320.

VI. ANEXOS

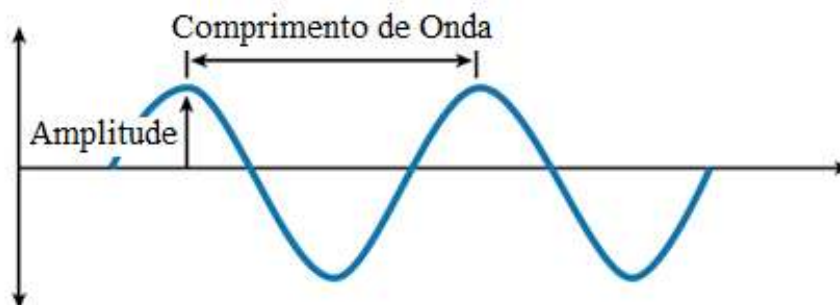


Figura 1 - Propriedades de uma onda eletromagnética (adaptado de Convissar, 2015).

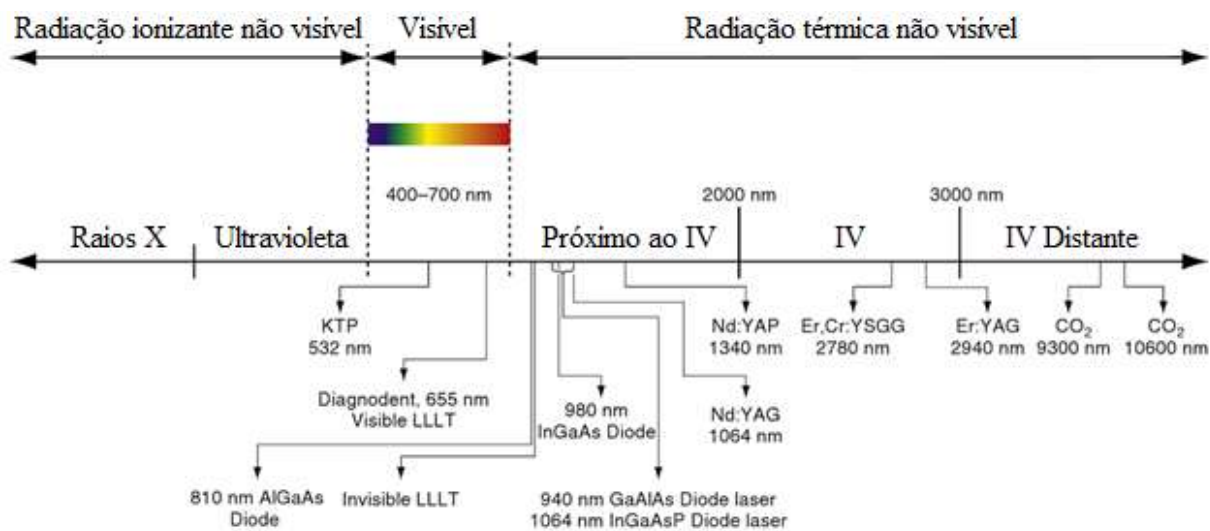


Figura 2 - Espectro eletromagnético com divisão entre a parte ionizante, parte visível, e parte não ionizante. Estão incluídos os comprimentos de onda dos principais laser actualmente utilizados em odontologia (adaptado de Convissar, 2015).

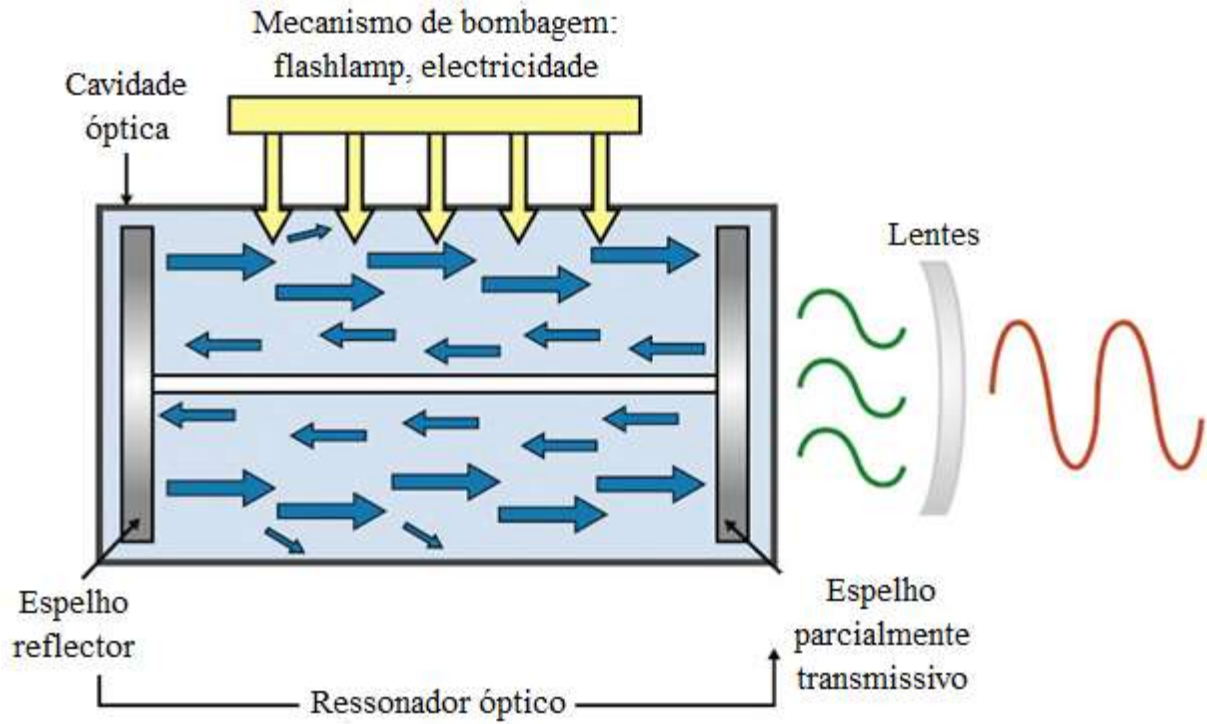


Figura 3 - Principais componentes do laser (adaptado de Convissar, 2015).

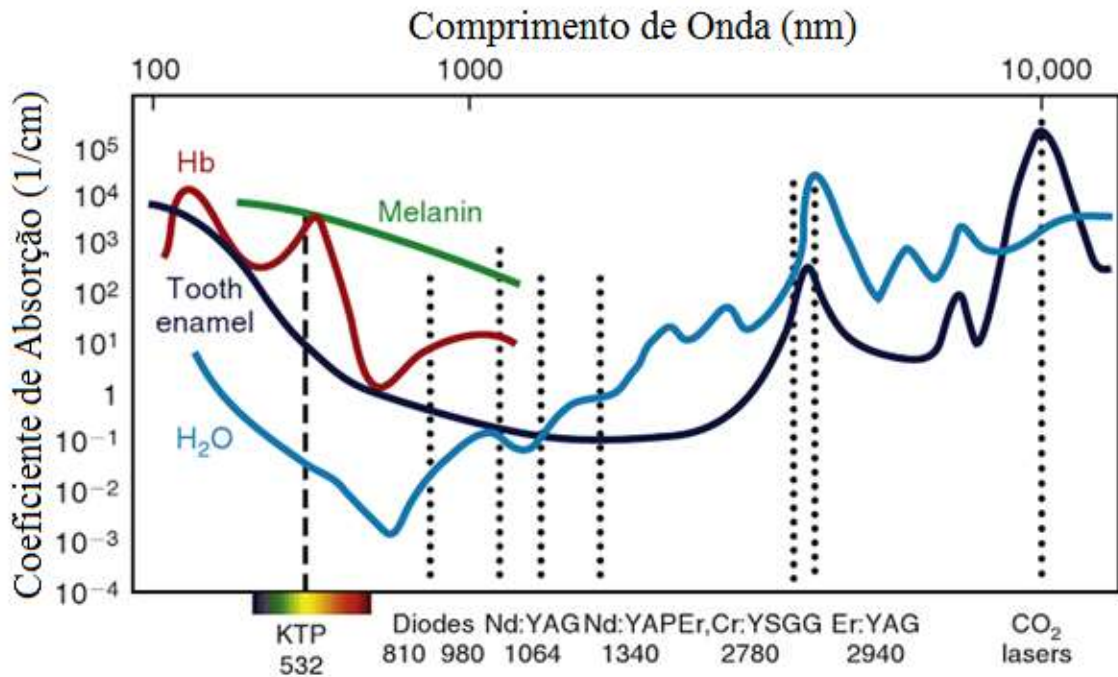


Figura 4 - Curvas de absorção aproximadas dos principais componentes orais (adaptado de Convissar, 2015).

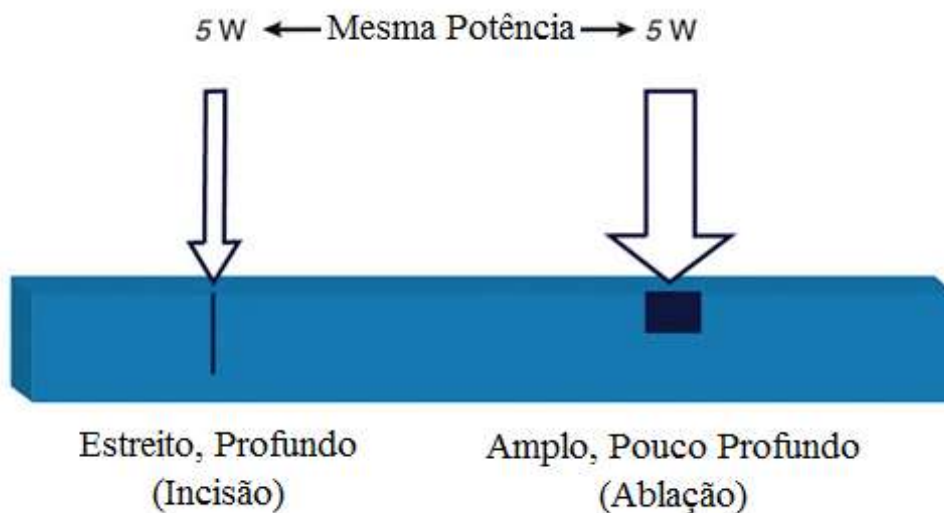


Figura 5 - Relação entre o tamanho da superfície atingida e a fluência (adaptado de Convissar, 2015).

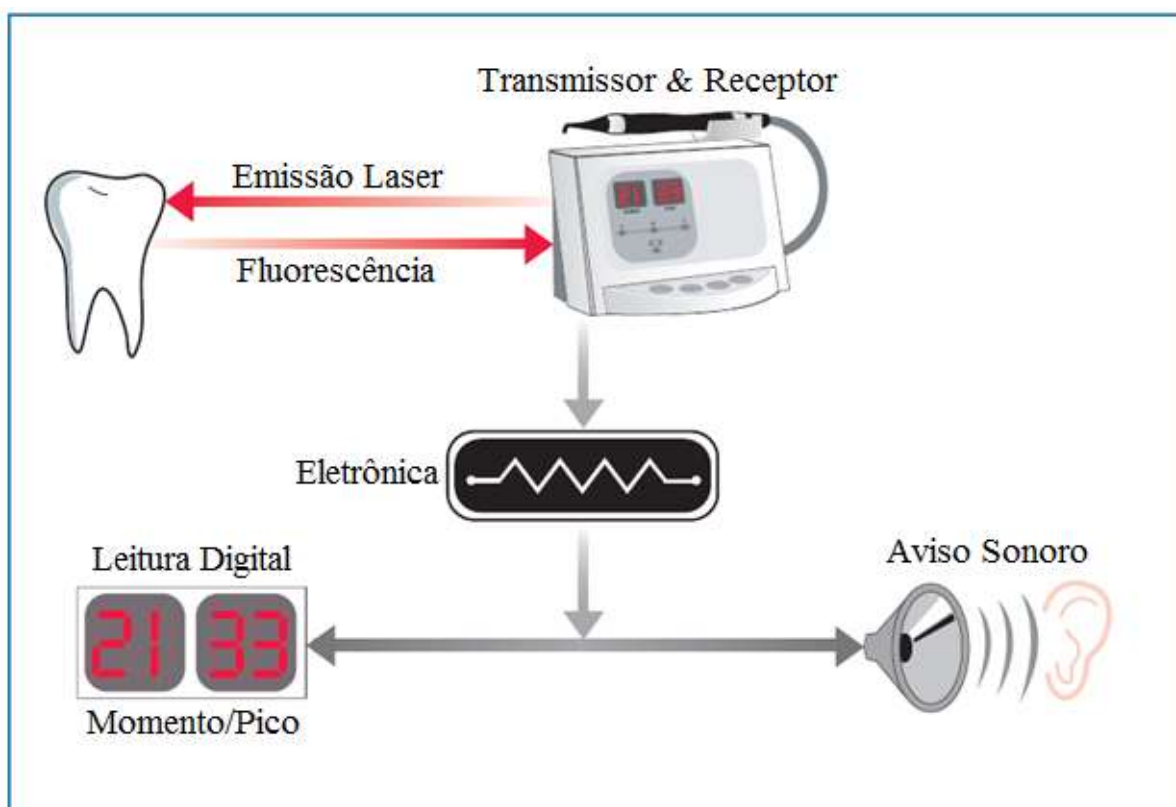


Figura 6 - Esquema de Funcionamento do DIAGNOdent® (adaptado de KAVO DIAGNOdent, 1999).

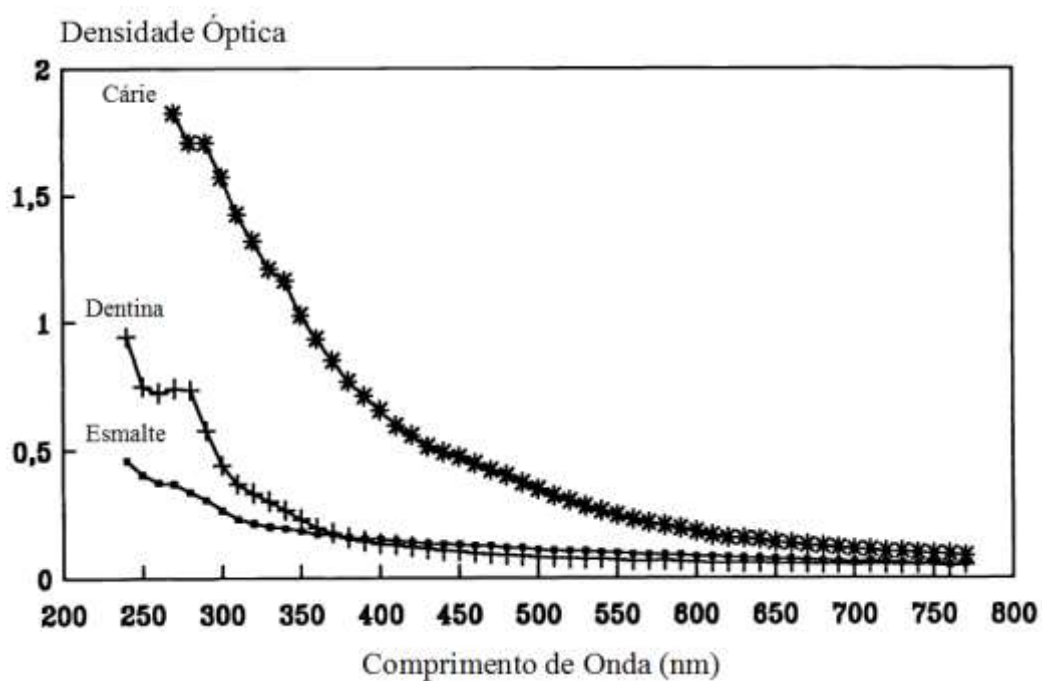


Figura 7 - Grau de absorção no esmalte, dentina e em lesões cariosas da luz laser emitida com diferentes comprimentos de onda (adaptado de Hennig et al., 1991).



Figura 8 - Esmalte tratado com laser Er:YAG refrigerado com spray de água (200 mJ-20 Hz) (SEM 1800x) (adaptado de Covani et al., 2004).

TEMPERATURA	EFEITOS BIOLÓGICOS
37°C	Normal
45-50°C	Hipertermia, Redução da atividade enzimática, Imobilidade celular
60-80°C	Desnaturação de proteínas e colagénio; Coagulação
100°C	Vaporização, Decomposição térmica (ablação)
>100°C	Carbonização
>300°C	Fusão

Tabela 1 - Efeitos biológicos da luz laser com diferentes temperaturas (adaptado Ansari et al., 2013).

AUTORES	ANO	TIPO DE ESTUDO	CONCLUSÃO
Attrill e Ashley	2001	Estudo experimental <i>in vitro</i>	DIAGNOdent® pode ser útil como instrumento clínico preditivo, mas com uma formação adequada a inspeção visual pode oferecer resultados semelhantes sem a necessidade de equipamento adicional.
Chu et al.	2010	Estudo experimental <i>in vivo</i>	DIAGNOdent® em associação com o exame radiográfico apresenta resultados satisfatórios em comparação com o inspeção unicamente visual que tem uma especificidade baixa.
Castilho et al.	2016	Estudo experimental <i>in vivo</i>	DIAGNOdent® demonstra ter um desempenho semelhante aos métodos convencionais, apresentando no entanto, uma maior precisão na detecção de lesões incipientes do esmalte.
Zaidi et al.	2016	Estudo experimental	DIAGNOdent® resulta ser o sistema mais eficaz para a detecção de cáries oclusais apresentando a grande vantagem de quantificar o conteúdo mineral, melhorando o diagnóstico e tratamento das lesões onde o exame visual por si só não é suficiente.
Iranzo-Cortés et al.	2017	Estudo experimental <i>in vitro</i>	DIAGNOdent® demonstra ter uma maior sensibilidade e especificidade do que os critérios ICDAS. Ambos os sistemas são eficazes individualmente, mas recomenda-se a união dos dois métodos para refinar o diagnóstico.

Tabela 2 - Estudos publicados sobre a utilização do DIAGNOdent® no diagnóstico de cárie dentária.

AUTORES	ANO	TIPO DE ESTUDO	CONCLUSÃO
Sattabanasuk et al.	2006	Estudo experimental <i>in vitro</i>	Além de diferentes técnicas adesivas, os diferentes métodos de remoção de cárie afectam a adesão do compósito à dentina afectada por cárie. Deve-se considerar que até à data não existem sistemas adesivos específicos para os preparos feitos com o laser.
Olivi et al.	2008	Revisão da literatura	Em odontologia o laser de érbio, além de ter um elevado poder descontaminante, é capaz de realizar preparos cavitários precisos e minimamente invasivos, apresentando ao mesmo tempo um maior conforto psicológico para o paciente graças a ausência de contacto e a limitada utilização de anestésicos.
Torres et al.	2011	Estudo experimental <i>in vitro</i>	Preparos cavitários realizados com turbinas de alta velocidade e Er:YAG apresentam o mesmo resultado. Preparos com laser Er:YAG submetidos a condicionamento ácido e sistema adesivo convencional apresentam valores elevados de microinfiltração marginal, com significância estatística. Sistemas adesivos convencionais e self-etching apresentam os mesmos resultados em termos microinfiltração marginal.
Schelle et al.	2014	Estudo experimental <i>in vitro</i>	A aplicação do laser nos tecidos duros dentários tem uma boa taxa de ablação, mas os resultados podem ser melhorados. Em geral, este tipo de tecnologia tem um futuro promissor, mas precisa ainda de mais estudos.
Shirani et al.	2014	Estudo experimental <i>in vitro</i>	A irradiação com laser diminui a resistência de adesão em comparação com os métodos convencionais. No entanto, deve-se ter em consideração que os efeitos produzidos sobre o dente são diretamente proporcionais à distância de irradiação.
Bahrololoomi et al.	2015	Estudo experimental <i>in vitro</i>	O preparo cavitário feito por meio de laser reduz a resistência da ligação entre o dente e o compósito quando comparado com os preparos feitos com a turbina.

Tabela 3 - Estudos publicados sobre a remoção de lesões cáries com laser e adesividade dos materiais restauradores em superfícies dentárias tratadas com laser.

AUTORES	ANO	TIPO DE ESTUDO	CONCLUSÃO
Kimura et al.	2000	Estudo experimental	O laser apresenta excelentes resultados no tratamento da hipersensibilidade, no entanto, é necessário um conhecimento mais profundo dos mecanismos que estão atrás desta condição e do potencial dos sistemas laser para ser capaz de maximizar os resultados.
Corona et al.	2003	Estudo experimental <i>in vivo</i>	Lasers de baixa intensidade e vernizes de NaF apresentam resultados semelhantes no tratamento da hipersensibilidade dentinária cervical. No entanto, o uso de lasers mostra resultados significativamente melhores no tratamento de dentes com elevado grau de sensibilidade.
Ladalardo et al.	2004	Estudo experimental <i>in vivo</i>	Os níveis mais elevados de dessensibilização dentinária são encontrados em pacientes com idade entre 25 a 35 anos. O laser diodo de 660 nm é mais eficaz quando comparado com laser infravermelho de 830 nm.
Bartold	2006	Revisão da literatura	Lasers como de Nd:YAG e CO ₂ utilizados em combinação com vernizes de flúor mostram excelentes resultados. A combinação destas terapias provoca a obliteração de mais do 90% dos túbulos dentinários.
Kara e Orbak	2009	Ensaio clínico controlado randomizado prospectivo	Lasers como o Nd:YAG fornecem excelentes resultados na redução da hipersensibilidade dentinária aumentando a satisfação dos pacientes e reduzindo o tempo de tratamento.
Yilmaz et al.	2011	Ensaio clínico controlado	Uma única aplicação de laser de érbio demonstra ser uma rápida e eficaz solução terapêutica e que se mantém estável durante um período de cerca de três meses. Mais estudos são necessários para compreender os efeitos destes tipos de lasers ao nível molecular.
Hashim et al.	2014	Estudo experimental <i>in vivo</i>	Laser de diodo (810 nm) reduz consideravelmente a hipersensibilidade dentinária ao nível cervical, no entanto é necessária uma configuração óptima do instrumento para atingir o máximo dos resultados com tempos de exposição tais para não causar danos pulpares.

Tabela 4 - Estudos publicados sobre a ação do laser no tratamento da hipersensibilidade dentária.

AUTORES	ANO	TIPO DE ESTUDO	CONCLUSÃO
Kitamura et al.	2011	Revisão da literatura	O laser permite uma redução anterior da carga bacteriana, bem como a eliminação da inflamação. Em conjunto com a regeneração induzida por laser é importante aplicar moléculas anti-inflamatórias avaliando ao mesmo tempo a vitalidade do tecido pulpar resíduo.
Zaccara et al.	2015	Estudo experimental <i>in vitro</i>	Os efeitos benéficos sobre os tecidos dependem da configuração dos lasers. É importante utilizar os parâmetros certos para obter os melhores efeitos possíveis. Na LLLT parâmetros com potência de 30 mW, 660 nm de comprimento de onda, e 1,0 J/cm ² de densidade de energia mostram promover a proliferação celular máxima.
Borzabadi-Farahani	2016	Revisão da literatura	Para atingir resultados certos é necessário, estudos adicionais mais aprofundados para identificar as características ideais da LLLT para aumentar a proliferação celular e avaliar o seu impacto na senescência replicativa, bem como determinar a sua utilização em ambiente clínico.
Rizzi et al.	2016	Estudo experimental <i>in vitro</i>	A estimulação dos tecidos induzida por laser mostra um aumento da proliferação dos odontoblastos através de complexos mecanismos biológicos. No entanto, a exposição laser também pode resultar num bloqueio do crescimento celular devido a um aumento excessivo de radicais livres de oxigénio.
Shigetani et al.	2016	Estudo experimental	O laser (GaAlAs) induz a produção de fatores de crescimento da dentina promovendo a produção de dentina reparadora e consequente dentinogênese.
Moreira et al.	2017	Estudo experimental <i>in vivo</i>	O efeito bioestimulador do laser, influenciando os factores de crescimento das paredes do canal radicular e, consequentemente, as células estaminais e a diferenciação celular, ajuda a melhorar a qualidade dos tecidos dentários e sua regeneração.

Tabela 5 - Estudos publicados sobre a ação do laser na bioestimulação tecidual.