

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SETES LAGOAS  
GRUPO CIODONTO**

**SILVIO VASQUES VENTURELI SILVA**

**FOTOTERAPIA LASER E LED COM VISTA À  
IMPLANTODONTIA: REVISÃO DE LITERATURA**

**SÃO JOSÉ DOS CAMPOS – SÃO PAULO**

**2016**

SILVA, S.V.V.

PDT com vista à Implantodontia

29f

Orientador: Alexandre Greca Diamantino

Monografia – FACSET / CIODONTO Faculdade de Tecnologia de Sete Lagoas/ MG – Unidade dos José dos Campos/SP.

Especialização Em Implantodontia

1.Introdução 2. Preposição 3. Revisão de Literatura 4. Discussão 5. Conclusão 6.Referências

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SETES LAGOAS**  
**GRUPO CIODONTO**

**SILVIO VASQUES VENTURELI SILVA**

**FOTOTERAPIA LASER E LED COM VISTA À**  
**IMPLANTODONTIA: REVISÃO DE LITERATURA**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Implandotontia Faculdade de Tecnologia de Sete Lagoas / Grupo CIODONTO – São José dos Campos/SP, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Especialista.

Orientador: Prof. Ms. Alexandre Greca Diamantino.

Data da Defesa: \_\_/\_\_/\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Julgamento \_\_\_\_\_ Assinatura \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Julgamento \_\_\_\_\_ Assinatura \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Julgamento \_\_\_\_\_ Assinatura \_\_\_\_\_

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta monografia primeiramente a Deus, minha família, namorada e a todos os professores que me apoiaram, me passaram um pouco do seu conhecimento e experiência.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos os meus amigos e companheiros de classe, que tão prontamente me ajudaram quando precisei. Agradeço também em especial ao MS. JOÃO BATISTA GIFONI VIEIRA, que com toda sua experiência e calma e dedicação. Ensinando- me e apoiando em tudo, um verdadeiro amigo.

## **RESUMO**

O presente trabalho tem como objetivo geral fazer uma revisão bibliográfica acerca da utilidade da fototerapia Laser e LED com vista na implantodontia, para verificar quais as contribuições, benefícios, e auxiliar os profissionais e acadêmicos na área da odontologia com a literatura respeito. A técnica aplicada a esta pesquisa foi a de coleta de dados bibliográficos, no qual foi consultado o acervo existente nas bibliotecas de onde foram escolhidos os autores que tem conhecimento aprofundado sobre o tema.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fototerapia, Laser, LED e Implante.

**ABSTRACT**

This work has as main objective to make a literature review about phototherapy utility Laser and LED view in implantology, to check what the contributions, benefits, and help professionals and academics in the field of dentistry with about literature. Applied to this research technique was the collection of bibliographic data, which was obtained from the existing acquis in the libraries where the authors who have in-depth knowledge were chosen on the subject.

**KEYWORDS:** Phototherapy, Laser, LED and Implant.

## LISTA DE ABREVIATURAS

TGF- $\beta$  = *Transformation Growth Factor Beta*

PDGF = *Platelet-derived Growth Factor*

PDT= *Photodynamic therapy = terapia fotodinâmica*

BMPs = *Bone Morphogenetic Proteins = Proteínas Morfogenéticas Ósseas*

HA = Hidroxiapatita

$\beta$ -TCP =  $\beta$ -fosfato tricálcico

FBML = Fotobiomodulação Laser

FTL-IVP = Fototerapia Laser na Faixa do Infravermelho

LED = *Light Emitting Diode*

CO<sub>2</sub> = *Dióxido de Carbono*

TFD = Terapia Fotodinâmica



**LISTA DE FIGURAS**

- FIGURA 1** - Mecanismo da terapia fotodinâmica nas células bacterianas (MAROTTI, 2008).....
- FIGURA 2** - Maneira de Aplicação (TAKASAKI ET AL ,2009,P 9).....

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2.</b>	<b>PREPOSIÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>3.</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>14</b>
	3.1 CONCEITOS BÁSICOS.....	14
	3.2 TERAPIA A LASER DE BAIXA INTENSIDADE.....	18
	3.3 LED.....	20
	3.4 AGENTE FOTOSENSIBILIZANTES OU CORANTES.....	21
	3.5 MECANISMO DE AÇÃO.....	21
	3.6 TÉCNICA DA APLICAÇÃO DA TERAPIA FOTODINÂMICA.....	22
<b>4.</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>24</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>27</b>
<b>6.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>28</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A Terapia fotodinâmica (PDT), conhecida também por terapia de fotorradiação, fototerapia ou fotoquimioterapia, que foi usada na terapia médica no ano de 1904 como um “inativador” fomentado por luz para células, micro-organismos ou moléculas. A terapia fotodinâmica engloba a junção de uma luz visível, normalmente por meio de um diodo laser e um fotossensibilizador. Elemento este que é capaz de fazer a absorção da luz através de um comprimento de onda específica e modifica-lo para energia útil. Cada elemento não é ofensivo por si só, mas no momento em que são combinados são capazes de gerar efeitos citotóxicos letais, sendo capaz também de serem seletivamente destruidores celulares. A junção destes dois elementos não tóxicos (corante e luz) em um local oxigenado produz danos e total destruição de microrganismos (CHRISTODOULIDES N *et al.*, 2008).

A utilização de lasers e LEDs de produção de luz foi o próximo passo na evolução tecnológica da terapia de luz. A terapia LED aumentou depois dos bons resultados apresentados pela terapia laser na evolução do reparo ósseo em muitos modelos como defeitos ósseos críticos em fêmur de ratos (2mm), fraturas produzidas e associadas com implantes de biomateriais, entretanto ainda existe escassos relatos sobre a utilização da terapia LED neste processo, essencialmente em ocasiões de sua associação aos biomateriais. Experiências ao nível celular realçaram que tanto a luz coerente como a não coerente, nas mesmas extensões de onda, intensidade e período de irradiação, fomentam efeitos biológicos parecidos. Os bons resultados da utilização do LED em muitas áreas comprovam essa afirmativa (LOPES CB *et al.*, 2010).

A competência que a terapia laser possui, depende do comprimento de onda da radiação incidente, de modificar o comportamento celular sem aquecimento. A dispersão da luz laser no tecido é bastante complicada, porque esse fenômeno sofre influencia dos componentes do tecido. A consequência da terapia laser no osso ainda é questionável, com pesquisas anteriores apresentando resoluções variadas ou conflitantes. É provável que o efeito da terapia Laser sobre a regeneração óssea irá depender, não unicamente da porção total de irradiação, mas também sobre o período e maneira de irradiação (PINHEIRO ALB; GERBI MEM, 2006).

A PDT é capaz de promover a diminuição de bactérias viáveis de bolsas de pacientes que possuíam periodontite crônica e de controlar o micro-organismo

periodontal, diminuindo assim a necessidade da utilização de antimicrobianos (PINHEIRO ALB *et al.*, 2010).

O presente trabalho tem como objetivo fazer uma revisão de literatura a fim de verificar a aplicabilidade da fototerapia laser e LED na implantodontia. Objetivando melhoras no processo de regeneração e manutenção óssea e osseointegração.

## **2. PREPOSIÇÃO**

O presente trabalho tem como objetivo fazer uma revisão de literatura a fim de verificar a aplicabilidade da fototerapia laser e LED na implantodontia. Objetivando melhoras no processo de regeneração e manutenção óssea e osseointegração.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 CONCEITOS BÁSICOS

Pinheiro ALB; Gerbi MEM, (2006) verificaram que o procedimento de cicatrização de uma fratura é um dos mais relevantes na reparação do corpo humano, já que se converte não em uma cicatriz, mas sim na reconstrução do tecido lesionado próximo do idêntico à sua aparência original. O reparo abrange complicações de homeostase celular que estão entre os mais importantes na biologia. Para dar início a reparação, o coágulo sanguíneo, primeiramente auxilia como fonte de células de sinalização que possuem a competência de dar início as cascatas de eventos celulares que são preocupantes ao processo de reparo. A degranulação de plaquetas no coágulo propicia moléculas sinalizadoras, assim como elemento de alteração de crescimento (*transformation growth factor* beta - TGF- $\beta$ ) e elemento de crescimento que se deriva de plaquetas (*platelet-derived growth factor* - PDGF), que são relevantes para se regular a proliferação e se diferenciar células tronco mesenquimais. Ademais, certas destas citocinas ou moléculas de sinalização são capazes de estarem interligadas e outros processos assim como a quimiotaxia, a angiogênese, que também têm a capacidade de servir como elementos de competência e progressão de várias das respostas celulares.

Junqueira LC; Carneiro J, (2008) demonstraram que o perióstio e o endóstio adjacentes à área com ruptura dão resposta com uma vigorosa proliferação, concebendo um tecido abundante em células osteoprogenitoras que formam um colar em volta da área fraturada e se embrenha entre as extremidades ósseas danificadas. Nesse colar conjuntivo, assim como no conjuntivo que está localizado entre as extremidades ósseas rompidas, aparece o tecido ósseo imaturo, tal como pela ossificação endocondral de mínimos pedaços de cartilagem que ali estão se formando, assim como também por ossificação intramembranosa. São capazes, pois, ser detectadas na localidade de reparação, ao mesmo instante em que as áreas de cartilagem, áreas de ossificação intramembranosa e áreas de ossificação endocondral. Para os ossos mais compridos, verifica-se uma ossificação endocondral, mecanismo responsável, essencial para sua constituição e

crescimento. Ossos estes, em que as células mesenquimatosas indeterminadas começam um procedimento de proliferação, condensação e diferenciação em condroblastos que, condensam matriz cartilaginosa e evoluem para condrócitos, constituindo cartilagem hialina com a aparência do futuro osso. A evolução deste processo é realizada de maneira a aparecer, depois de algum tempo, um calo ósseo que abrange a extremidade dos ossos fragmentados. O calo ósseo é formado por tecido ósseo imaturo que agrega de maneira provisória às extremidades do osso fraturado. Qualquer um dos processos de ossificação de base, o tecido ósseo primeiramente decorrente é sempre de tipo primário ou imaturo, sendo trabecular nada organizado e irregular, em contrapartida ao que se observa no tecido ósseo, habitualmente verificado no osso maduro, determinado por uma estrutura lamelar organizada.

Romano PR, (1997) nas etapas posteriores do reparo, compreende-se que a remodelação óssea fisiológica, a reabsorção osteoclástica antecede a neoformação osteoblástica, no decorrer deste processo, os artifícios de formação óssea são estimulados para sobrepor qualquer tecido ósseo que foi reabsorvido. Desta forma, o procedimento de formação, constantemente segue este processo de reabsorção. Além do mais, a formação de novo osso acontece somente nas localidades que se resignam a reabsorção prévia. Determinados fatores são capazes de serem detectadas na junção onde a superfície reabsorvida se depara com a superfície neoformada, uma linha de regressão, observada histologicamente como linhas basofílicas. A constituição destas linhas, acontecem de maneira irregular no osso que passou por neoformação e de um jeito regular no osso com aparência normal (maduro), sendo capaz de ter peculiaridade relevante para avaliar o grau de maturação óssea. Entretanto, por causa da variedade de fatores implicados, tanto locais quanto sistêmicos, celulares e moleculares, este procedimento pode ser prejudicado pela minimização do suprimento sanguíneo, instabilidade mecânica, grande propagação de outros tecidos locais, condição sistêmica da pessoa, etc. Essas peculiaridades fazem do processo de reparo alvo de pesquisas constantes, no esforço de superar as dificuldades naturais e, ainda, maximizar a qualidade do osso neoformado e fomentar a finalização do processo de reparo ósseo de fraturas.

Carvalho PSP *et al.* (2004) demonstrou que o processo de reparo ósseo é complicado e de longo tempo, abrangendo inúmeras reações que são dependentes do organismo, do estado do indivíduo e de elementos externos. Em algumas situações, alguns destes elementos impossibilitam o reparo adequado de uma fratura óssea, e o profissional, médico ou cirurgião-dentista, tem que fazer uso de técnicas e materiais que possibilitem, reciprocamente, reconduzir o reparo ao seu natural desenvolvimento ou substituir o tecido ósseo em ocasiões mais graves. Os biomateriais são compostos ou substâncias de proveniência natural ou sintética, mais utilizadas com a ressalva dos fármacos e quimioterápicos. Mostram ser biocompatíveis, e que são capazes de substituir, de maneira transitória ou definitiva, tecidos que integram os órgãos dos seres vivos, fomentando reações químicas e biológicas promissoras à função deles. O tratamento desta situação dispõe como padrão-ouro os enxertos ósseos autólogos, fundado no enxerto de fragmentos ósseos próprios, metais, como por exemplo, as ligas de titânio e as biocerâmicas. A vantagem essencial do enxerto autólogo se embasa na existência de células osteogênicas e fatores osteoindutores fundamentais que existem no osso humano. Entretanto, por causa da dificuldade em se conseguir este material, a quantidade restrita e elevada morbidade do paciente, é necessário o desenvolvimento e o uso de outros materiais.

Burchardt H, (1983) observou que a biologia dos enxertos ósseos e seus substitutos devem ser feitas a partir da percepção de algumas características como a biocompatibilidade, competência em fomentar a osteogênese, osteoindução e osteocondução. A osteogênese é a competência para, a partir de elementos celulares no interior do enxerto que sobrevive ao transplante, instigar a neoformação óssea na localidade enxertada. A osteoindução é fundamental na neoformação óssea por meio do recrutamento ativo de células-tronco mesenquimais do tecido contíguo, que se transformam em osteoblastos. Este processo é auxiliado pela existência de elementos de crescimento por dentro do enxerto, tal como as proteínas morfogenéticas ósseas (BMPs – *Bone Morphogenetic Proteins*). Na osteocondução, o enxerto de uma estrutura, serve como um arcabouço para auxiliar na revascularização da região receptora com resultante de entrada de elementos celulares que estimulam a neoformação óssea. Elementos fisiológicos motivam a taxa, quantidade e integridade de reparação óssea e incorporação do enxerto.



Moore WR *et al.* (2001) relatou que inúmeros materiais artificiais têm sido utilizados para substituir os enxertos autólogos, objetivando reduzir a morbidade dos procedimentos e impedindo dois procedimentos cirúrgicos concomitantes. Enxertos ósseos sintéticos dispõem, no máximo, de duas das quatro peculiaridades de um material adequado do enxerto ósseo. Estes substitutos sintéticos ou aloplásticos adequadamente devem ser biocompatíveis, ocasionar pouca fibrose, suportar remodelação e fomentar a constituição de novo osso. Sob o ponto de vista mecânico, deve possuir uma resistência e módulo de elasticidade similar a do osso cortical/esponjoso que irá ser substituído. Os materiais sintéticos para apresentarem as propriedades citadas devem ter na sua composição o cálcio, silício ou alumínio.

Stein RS *et al.* (2009) as biocerâmicas originárias do fosfato de cálcio estão sendo muito analisadas como substitutos ósseos, essencialmente pela sua extraordinária biocompatibilidade, bioatividade e peculiaridades de osteocondução. A mais usada a biocerâmica de fosfato de cálcio ou hidroxiapatita (HA) e o  $\beta$ -fosfato tricálcico ( $\beta$ -TCP). A HA, é regular no fluido corporal, à medida que o  $\beta$ -TCP é muito instável. A dissolução peculiar relevante para a absorção/incorporação de materiais usados como substitutos ósseos, assim como *in vivo* e *in vitro* é dependente da composição, cristalinidade, e de seu pH. Entretanto, vários estudos têm apresentado que a dissolução da HA no corpo humano depois do enxerto é mínima para conseguir os resultados almejados na neoformação óssea. Modificando-se sua composição (como a adição de  $\beta$ -TCP) e seu mecanismo de fabricação, seria capaz de ser alterada a velocidade de reabsorção da HA, que pode indicar uma melhora da incorporação do implante para o organismo. A HA sintética é elaborada em formato de cerâmica ou não cerâmica, porosa ou sólida, apresentada em blocos ou grânulos. O formato cerâmico trata-se ao fato dos cristais de HA serem aquecidos entre 700 e 1300 °C para produzir uma estrutura altamente cristalina. Não só o tratamento de defeitos ósseos utilizando biomateriais na odontologia, como em outras áreas, outros métodos estão sendo pesquisados e desenvolvidos, para muitos tipos de enxertos, associando com a fototerapia.

### 3.2 TERAPIA A LASER DE BAIXA INTENSIDADE

Segundo Pinheiro ALB *et al.* (2010) a absorção da luz laser pelos tecidos biológicos tem a capacidade de redundar em quatro processos: fotoquímico, fototérmico, fotomecânico e fotoelétrico. Por conta do elevado número de consequências clínicas que esses processos produzem, eles podem ser resignados em concordância com a sua manifestação clínica. Dentro do conjunto dos efeitos fotoquímicos pode-se integrar a biomodulação, que é a consequência da luz laser sobre processos moleculares e bioquímicos que habitualmente acontecem nos tecidos, como na cicatrização de feridas e no reparo ósseo. A competência que a terapia laser possui, depende do comprimento de onda da radiação. Pode haver modificação no comportamento celular na falta de aquecimento relativo do laser que incide sobre os tecidos. A disseminação da luz laser no tecido é bastante complexa, porque esse fenômeno sofre influencia dos componentes do tecido. As consequências da fototerapia laser no osso ainda são questionáveis, com pesquisas anteriores apresentando resoluções variadas ou conflitantes. É provável que o efeito da fototerapia laser sobre a regeneração óssea irá depender, não unicamente da porção total de irradiação, mas também sobre o período e forma de irradiação.

De acordo com Lopes CB, *et al.* (2010) foi apresentado em muitas pesquisas, *in vitro* e *in vivo*, que a fotobiomodulação laser (FBML) no nível celular, fomenta o fotorreceptor citocromo-C-oxidase, originando o aumento do metabolismo e geração de energia, ampliando o metabolismo oxidativo mitocondrial. Dando início a uma enormidade de reações celulares que articulam o comportamento biológico, como a angiogênese, macrófagos e linfócitos; a propagação de fibroblastos e síntese de colágeno; diferenciação de células mesenquimais em osteoblastos, entre outros agilizando assim o processo de reparação óssea.

Segundo estudos de Gerbi MEMM *et al.* (2004) a TLBI na faixa do infravermelho sobre o processo do reparo ósseo é a mais recomendada, por causa da sua capacidade de penetração no tecido, no instante em que é comparada com terapia laser emitida no espectro visível da luz. Suas conclusões apontam que a área óssea irradiada com TLBI promove aumento da proliferação dos osteoblastos, deposição de colágeno e neoformação óssea. Conhece-se que esse efeito estimulante sobre o

osso acontece no decorrer da etapa inicial da proliferação de fibroblastos e osteoblastos, assim como no decorrer da etapa inicial de diferenciação de células mesenquimais. A propagação fibroblástica e o crescimento de suas atividades foram verificados antecipadamente em indivíduos irradiados e culturas de células, sendo este o elemento motivador pela enorme acumulação de fibras de colágenas observadas dentro do osso irradiado

Braun *et al.* (2008), averiguaram a efetividade em conjunto com a terapia fotodinâmica (PDT) em periodontite crônica. Eles selecionaram 30 pacientes com periodontite crônica e em todos foram realizadas as raspagens e alisamentos radiculares com curetas manuais e aparelhos ultrassônicos. A realização da PDT foi através de um diodo laser de 660nm de 100mW e o corante usado foi o cloreto de fenotiazina no decorrer de 3 minutos e ativado por laser no decorrer de mais 1 minuto. Os resultados apresentaram que a relação do fluxo fluido sulcular não foi diferentes, no contexto estatístico, e entre os dois grupos, minimizou depois do tratamento e conservou ainda menor depois de 3 meses. Também existiu uma minimização dos valores da profundidade de sangramento e ganho de inserção clínica nos dois grupos com impacto sobre os sítios tratados com PDT mais elevados. Nesta pesquisa os autores apresentaram que os resultados clínicos do tratamento periodontal não cirúrgico de periodontite crônica foram maximizados com a utilização de PDT.

Heinrich A *et al.* (2008) mencionou que as terapias com laser estão sendo utilizadas para o tratamento da periimplantite. Muitos autores mencionam ter alcançado excelentes resultados na ocasião em que usam esta modalidade de tratamento. No contexto do tratamento da periimplantite fazendo uso dos lasers, muitos pesquisadores averiguaram e asseguraram a utilização de técnica com o objetivo de descontaminação da superfície de um implante, por possuir como resultado um efeito letal aos micro-organismos. Entretanto, algumas variedades de lasers de alta intensidade mais usados dentro da Odontologia (Nd:YAG, Ho:YAG, Er:YAG e CO<sub>2</sub>) são capazes de fomentar derretimento, rachaduras e crateras nas variadas superfícies de implantes. O laser de CO<sub>2</sub> causou modificações superficiais nas superfícies através de condicionamento ácido, revestida por hidroxiapatita e por spray de plasma de titânio.

### 3.3 LED

Whelan HT, (2003) LED é a abreviação da língua inglesa, para *Light Emitting Diode*, que em português possui o significado de diodo emissor de luz. Esta forma de emissão é discrepante dos Lasers, que fornecem emissão estimulada e amplificada de radiação. A utilização dos LEDs como fontes de luz veio a ser o passo seguinte na prosperidade tecnológica na terapia com luz. Primeiramente, se concedia os efeitos do laser à coerência, mas foi apresentado que fontes não coerentes como os LEDs também conseguiam resultados parecidos aos obtidos com laser.

Weiss RA *et al.* (2005) Pesquisas apresentam que a terapia LED promoveu aceleração do processo de reparo, com existência de osso neoformado maduro com a existência de trabeculado ósseo e vigorosa destituição colagênica. Essas peculiaridades, são vistas em várias pesquisas onde foram usadas fototerapia laser com parâmetros parecidos e métodos de avaliação que englobaram a análise histológica por microscopia de luz e espectroscopia Raman. Parece possível que os resultados promissores do LED são semelhantes àqueles do laser. É provável que o mecanismo envolvido seja semelhante, com a absorção da luz pelo citocromo-C oxidase existente na membrana mitocondrial. Apesar do aumento das realizações bem sucedidas da terapia LED em várias áreas, sua utilização no reparo ósseo e associado ao enxerto de biomateriais necessitam serem melhores pesquisadas.

Diamantino AG, *et al.* (2011) a fototerapia é capaz de modular o metabolismo celular do tecido ósseo, por conseguinte, acelerar a reparação. O efeito desta terapia no reparo de defeitos monocorticais óssea em fêmures de ratos Wistar machos. Os resultados mostraram a eficiência da terapia do diodo emissor de infravermelhos, porque a quantidade de componentes minerais analisados por  $\mu$ XRF e as características morfológicas do osso cortical e trabecular, demonstrado pelas imagens SEM, mostraram reparação óssea melhorada nos grupos irradiados em comparação com os seus grupos de controle correspondentes em todas as fases.

Pinheiro ALB *et al.* (2013) a utilização da fototerapia LED aumentou depois dos bons resultados apresentados pela terapia laser na evolução do reparo ósseo em muitos modelos como defeitos ósseos críticos em fêmur de ratos (2mm), fraturas

produzidas e associadas com implantes de biomateriais, entretanto ainda existe escassos relatos sobre a utilização da terapia LED neste processo, essencialmente em ocasiões de sua associação aos biomateriais. Experiências ao nível celular realçaram que tanto a luz coerente como a não coerente, com mesmo comprimento de onda, intensidade e período de irradiação, fomentam efeitos biológicos parecidos. Os bons resultados da utilização do LED em muitas áreas comprovam essa afirmativa. O crescimento de colágeno depois a irradiação com LED foi elencada em culturas de fibroblastos, e em espécies humanos onde também se observou que a minimização da colagenase na cicatrização tecidual em modelos de queimadura de terceiro grau, e em lesões bolhosas em humanos. Existem afirmações de que a luz gerada pelos LEDs, no mesmo comprimento de ondas bio-estimulatórios de pesquisas anteriores com o laser tem efeitos bioquímicos semelhantes.

### **3.4 Agentes Fotossensibilizantes ou corantes**

Andersen R *et al.* (2007) pesquisaram a eliminação de micro-organismos através do tratamento fotodinâmico. Vários corantes foram averiguados, tais como os azuis, roxos, marrons, verdes entre outras cores complementares aos comprimentos de onda de lasers. As bactérias também são capazes de serem mortas através da luz visível na existência de um corante fotossensibilizante. Vários corantes possuem inerente efeito anti-bactericida, entretanto, somente no decorrer da irradiação fotodinâmica verificou efeito bactericida. Há diversos compostos que apresentam propriedades fotossensibilizantes e, sendo assim, é de extrema importância optar por um composto que resulte em certos critérios, assim como: propriedade de ligação seletiva, coloração mínima da mucosa, elevado rendimento quântico de radicais livres, prolongada história de utilização segura e demonstração de eficiência contra patógenos segmentados. No instante em que os primeiros relatórios apresentaram propriedades de absorção de luz e fluorescência de diversos corantes, ficou muito evidente que a excitação do corante através da luz produz ação destrutiva no sistema biológico.

### **3.5 Mecanismo de Ação**

Segundo Raghavendra M *et al.* (2009) a PDT engloba três elementos:

fotossensibilizador, luz e oxigênio. No instante em que um fotossensibilizador sofre irradiação através de luz com um comprimento de onda específico, é acometido por uma transição a partir de um estado fundamental de baixa energia para um estado excitado oxigênio singlete. Logo após isto, o fotossensibilizador é capaz de voltar ao estado fundamental, possuindo a emissão de fluorescência ou também é capaz de sofrer uma transição para um estado de alta energia para estado tripleto. O estado tripleto é capaz de sofrer reação com o oxigênio endógeno para gerar o oxigênio singlete entre outros tipos de radicais, levando a resultar uma destruição bem veloz e seletiva no tecido alvo. Ao se usar o oxigênio, o tratamento é denominado como consumo de oxigênio fotoquímico. O estado tripleto sofre também uma reação com as biomoléculas através de dois mecanismos: A reação tipo I – engloba a transferência eletrônica de hidrogênio de uma forma direta do fotossensibilizador gerando íons ou remoção eletrônica de hidrogênio através de uma substância com o objetivo de gerarem radicais livres. Esses radicais sofrem uma veloz reação com o oxigênio, causando a geração de espécies extremamente reativas de oxigênio (superóxido, radicais hidroxila, peróxido de hidrogênio). A reação tipo II – gera o oxigênio eletronicamente excitado - oxigênio singlete.

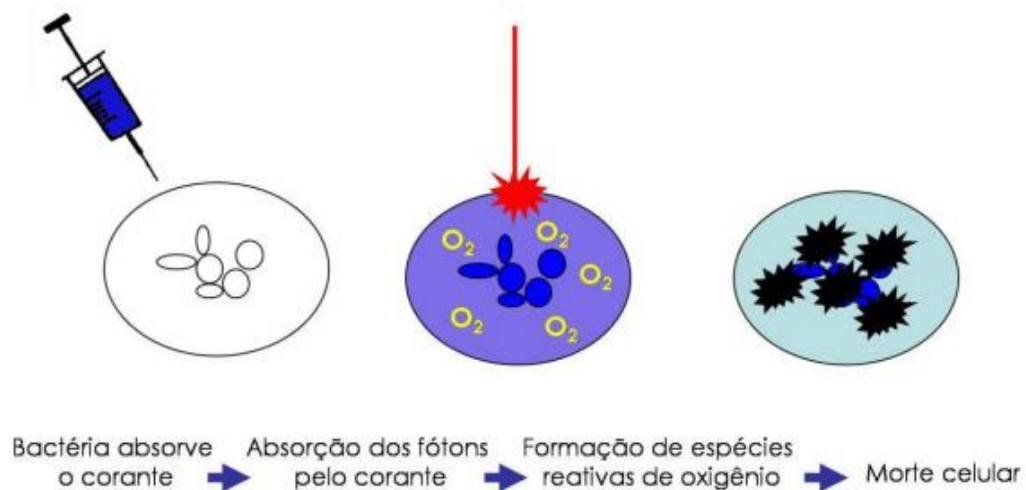


Figura 1: Mecanismo da terapia fotodinâmica nas células bacterianas. (MAROTTI, 2008)

### 3.6 TÉCNICA DE APLICAÇÃO DA TERAPIA FOTODINÂMICA

Christodoulides N *et al.* (2008); Marotti J. (2008); Paiva DL (2007) apresentam um mecanismo de dano tecidual /celular, que dependem tanto da tensão de oxigênio

assim como da concentração do fotossensibilizador. Suas reações possuem como objetivo as mitocôndrias, lisossomos, membranas celulares e núcleos das células tumorais. O fotossensibilizador realiza a indução do apoptose em mitocôndrias e necrose dos lisossomos e membranas celulares. No decorrer da exposição à luz os sensibilizantes que se localizam nas mitocôndrias são capazes de induzir a apoptose sendo que os sensibilizantes que se localizam nos lisossomos e membranas celulares são capazes de resultar na necrose. Os produtos citotóxicos, normalmente não são capazes de realizar uma migração quando o oxigênio singlete é menor do que 0,02 micrômetros depois de sua formação, sendo assim a aplicação local do PDT foi o ideal por não apresentar qualquer perigo às moléculas distantes, células ou organismos. Por causa da migração reduzida de oxigênio singlete a partir do local de sua constituição por consequência de sua vida curta, as localidades de lesão celular inicial da terapia fotodinâmica estão estritamente associadas com a localidade do fotossensibilizador. Desta maneira, a reação acontece na dimensão de um espaço limitado, resultando a uma resposta localizada e sendo abalizado como ideal na aplicação de locais distantes, não prejudicando quaisquer moléculas, células ou órgãos. Observando que o principal agente citotóxico que se responsabiliza pelos efeitos biológicos do processo de foto-oxidação é o oxigênio singlete. Sendo assim, o processo da terapia fotodinâmica antimicrobiana normalmente é mediada por uma reação tipo II, que se abaliza como a via essencial de danos às células microbianas.

Takasaki *et al.* (2009) descreveu que a reação Inicia-se com o debridamento mecânico com curetas manuais dos sítios periodontais doentes (A, B), o fotossensibilizador é introduzido na parte interior da bolsa periodontal ou peri-implantar através de seringa (C), e todo o excesso de corante é retirado através de spray de água e logo após uma fibra óptica é introduzida de modo direto na bolsa (D). O oxigênio aparece e vários outros radicais reativos que são letais para as bactérias são gerados ali, levando ao resultado de uma desinfecção fotoquímica da bolsa periodontal com cicatrização local (E) maximizada.

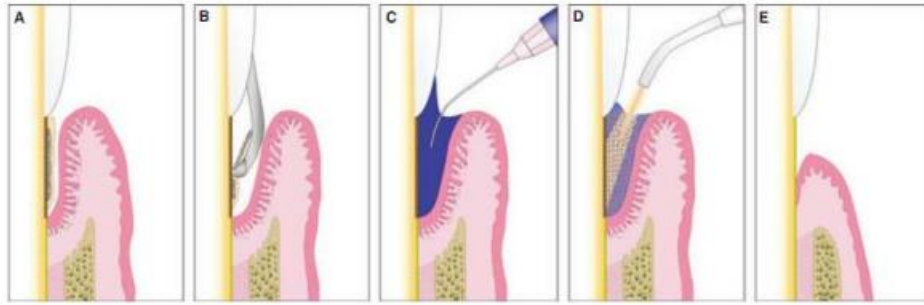


Figura 2: Maneira de Aplicação. (TAKASAKI et al ,2009,p 9).

#### 4. DISCUSSÃO

Pinheiro ALB e Gerbi MEM (2006), Junqueira LC e Carneiro J. (2008), Romano PR (1997) e Carvalho PSP, *et al.* (2004) descrevem que processo de cicatrização de uma fratura que além da degranulação de plaquetas, TGF— $\beta$ , PDGF e homeostase celular que estão entre os mais importantes na biologia. Que dá início à reparação. Com o auxílio da PDT, contribui significativamente por aumentar o fluxo sanguíneo local minimizando o tempo da reparação óssea.

Burchardt H, (1983) relatou que em processos de formação óssea em enxertos, a biocompatibilidade se faz necessária a qual fomentará a osteogênese, osteoindução e osteocondução, promovendo a neoformação óssea na localidade enxertada. Este processo é auxiliado pelas BMPs. Elementos fisiológicos motivam a taxa, quantidade e integridade de reparação óssea e incorporação do enxerto. Moore WR *et al*, (2001) fala sobre enxertos ossos sintéticos que também devem ser compatíveis e ocasionar pouca fibrose, suportar remodelação, e fomentar a constituição de novo osso, deve possuir resistência mecânica, modo de elasticidade similar ao do osso cortical/esponjoso e devem ter na sua composição o cálcio, silício ou alumínio. Stein RS, *et al.* (2009) relatou que as biocerâmicas originárias do fosfato de cálcio estão sendo muito analisadas como substitutos ósseos, essencialmente pela sua extraordinária biocompatibilidade, bioatividade e peculiaridades de osteocondução, sendo a mais usada a biocerâmica de fosfato de cálcio ou hidroxiapatita (HA) e o  $\beta$ -fosfato tricálcico ( $\beta$ -TCP). Não só o tratamento de defeitos ósseos utilizando biomateriais na odontologia, como em outras áreas, outros métodos estão sendo pesquisados e desenvolvidos, para muitos tipos de enxertos, associando com a fototerapia. Suas conclusões apontam que a área óssea



irradiada com FTL-IVP apresenta um crescimento da proliferação dos osteoblastos, deposição de colágeno e neoformação óssea.

Gerbi MEMM *et al.* (2004) e Lopes CB *et al.* (2010) estudando o processo de reparo ósseo a fototerapia laser próximo a faixa do infravermelho (FTL-IVP) é a mais recomendada pelo motivo da sua maior capacidade de penetração no tecido. Suas conclusões apontam que a área óssea irradiada com FTL-IVP apresenta um crescimento da proliferação dos osteoblastos, deposição de colágeno e neoformação óssea. Devido ao efeito estimulante sobre o tecido ósseo que acontece na etapa inicial da proliferação de fibroblastos e osteoblastos, e diferenciação de células mesenquimais.

Sigusch *et al.* (2005), Andersen R *et al.* (2007) e Raghavendra M *et al.* (2009) que o PDT e fotossensibilizantes em conjunto com uma luz laser (662nm) obtiveram melhores resultados, tais como vermelhidão e sangramento à sondagem. Existindo também uma supressão muito relevante de *Porphyromonas gingivalis*.

Nas pesquisas clínicas de Pinheiro ALB *et al.* (2010), constatou a capacidade da PDT na diminuição de bactérias viáveis de bolsas de pacientes que possuíam periodontite crônica. Coletaram estas bactérias antes e depois da raspagem e também depois da terapia fotodinâmica. Verificaram uma diminuição de 81,24% de bactérias depois da raspagem, assim como cerca de 95,90% depois da terapia fotodinâmica. Concluíram que é possível a utilização da PDT depois da raspagem radicular, com o objetivo de controlar o micro-organismo periodontal e diminuindo a utilização de antimicrobianos. Em uma pesquisa clínica foi averiguado por Braun A *et al.* (2008) e Takasaki *et al.* (2009) que a efetividade da PDT, em conjunto com corante cloreto de fenotiazina em periodontite crônica após raspagem com curetas e uso de aparelhos ultrassônicos, existiu uma minimização dos valores da profundidade, sangramento e houve ganho de inserção clínica com os sítios tratados.

Heinrich A *et al.* (2008) menciona que muitos autores têm alcançado excelentes resultados no tratamento da periimplantite através do laser, com o objetivo de descontaminação da superfície do implante por possuir um efeito letal para os micro-organismos.

Whelan HT (2003); Pinheiro ALB *et al.* (2013) relatam que a utilização da fototerapia LED tem alcançado bons resultados na reparação óssea, quanto aos implantes osseointegrados e aos biomateriais. Diamantino AG, *et al.* (2011)

relatam que no caso de enxerto ósseo, a terapia com laser pode melhorar a cicatrização de feridas, porque logo após a implantação de enxerto na área receptora, as células são alimentadas por difusão e, em 5 a 7 dias de iniciar o processo de angiogénese e revascularização. Entretanto diz Weiss RA *et al* (2005) que apesar do aumento das realizações bem sucedidas da fototerapia LED em várias áreas, sua utilização no reparo ósseo e associado a enxerto de biomateriais necessita ser melhor pesquisada.

Christodoulides N *et al.* (2008); Marotti J (2008) utilizaram em suas pesquisas a PDT mais agentes fotossensibilizadores químicos sobre tumores. Estes componentes químicos possuem a capacidade de fomentar danos extremos a micro-organismos através da oxidação irreversível de estruturas celulares. O trabalho seletivo da PDT, por não prejudicar as células saudáveis, é uma das mais relevantes características deste tratamento. No que se refere a descontaminação da superfície de implantes, não existe ainda uma consonância na literatura no contexto de qual parâmetro de irradiação seria o melhor para uma maior descontaminação bacteriana. Em seu trabalho, Paiva DL (2007) também confirma que a junção de uma fonte de luz de baixa intensidade em conjunto com um corante está sendo analisada por muitos pesquisadores. Esta junção é conhecida como terapia fotodinâmica (TFD), e compreende-se pela ação conjunta de um agente fotossensibilizante e uma fonte de luz com o objetivo da morte celular. Estes tratamentos vêm apresentando ótimos resultados no contexto da redução de micro-organismos. Sem qualquer tipo de resistência, não é invasiva, sendo capaz de ser utilizada por quantas vezes for preciso. Sendo assim, a associação de procedimentos cirúrgicos associados a utilização da TFD é capaz de tornar-se uma proposta de tratamento extremamente eficiente.

## **5. CONCLUSÃO**

A fototerapia com Laser e LED tem sido um ótimo coadjuvante para tratamentos na odontologia como em periodontites, periimplantites, descontaminação da superfície de implantes, enxertos ósseos e reparação óssea, contribuindo, portanto de maneira positiva na Implantodontia.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSEN, R.; LOEBEL, N.; HAMMOND, D. Treatment of periodontal disease by photodisinfection compared to scaling and root planning. *J. Clin. Dent.*, London, v.18, p.1-5, 2007.

BURCHARDT, H. The biology of bone graft repair. *Clinical Orthopaedics and Related Research* v. 174, p. 28-42, 1983.

BRAUN, A. ;DEHN,C. ;JEPSEN,S. Short-term clinical effects of adjunctive antimicrobial photodynamic therapy in periodontoal treatment : a randomized clinical trial. *J. Clin. Periodontol.*, Germany, v.35, p.877-884, 2008.

CHRISTODOULIDES, N. et al. Photodynamic therapy as on adjunct to non-surgical periodontal treatment: a randomized, controlled clinical trial. *J. Periodontol.*, v.79, n.9, p.1638-1644, Sept., 2008.

CARVALHO, P.S.P; BASSI, A.P.F; VIOLIN, L.A. Revisão e proposta de nomenclatura para os biomateriais. *Revista Implant News*, v. 1, n. 3, p. 255- 259, 2004.

DIAMANTINO AG *et al.* (2011) Evaluation of LED therapy at 945 nm on bone repair by micro x-ray fluorescence spectroscopy and scanning electron microscopy. *Medical Laser Applications and Laser-Tissue Interactions V, edited by Ronald Sroka, Lothar D. Lilge, Proc. of SPIE-OSA Biomedical Optics, SPIE Vol. 8092, 80921S © 2011 SPIE-OSA · CCC code: 1605-7422/11/\$18 · doi: 0.1117/12.890012.*

GERBI, M. E. M. M. Avaliação da eficácia do laser de 830-nm no reparo ósseo de feridas cirúrgicas associadas ou não a implante de proteínas morfogenéticas ósseas e membrana biológica. Tese (Doutorado em Odontologia – Área de concentração: Laser em Odontologia). Faculdade de Odontologia, Universidade Federal da Bahia – UFBA, Salvador, 2004.

HEINRICH A., DENGLER K., KOERNER T., HACZEK C., DEPPE H., STRITZKER B. Lasermodified titanium implants for improved cell adhesion. *Lasers Med Sci*;23 (1):55-8, 2008.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. *Histologia Básica*, 11. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 542p.

KOMERIK, N. et al. In vivo killing of *Phorphiromonasgingivalis* by toluidine blue-mediated photosensitization in an animal model. *Antimicrob. Agents Chemother.* v.47, n.3, p.932- 940, Mar., 2003.

LOPES, C. B.; PACHECO, M. T. T.; SILVEIRA JUNIOR, L.; et al. The effect of the association of near infrared laser therapy, bone morphogenetic proteins, and guided bone regeneration on tibial fractures treated with internal rigid fixation: A Raman spectroscopic study. *Journal of Biomedical Materials Research A*, v. 4, n. 4, p. 1257-63, 2010.

MAROTTI J. Descontaminação da superfície de implantes dentários por meio da terapia fotodinâmica (Dissertação de mestrado). São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2008.

MOORE, W. R.; GRAVES, S. E.; BAIN, G. I.; Synthetic bone graft substitutes. *ANZ Journal of Surgery*. V. 71, p. 354–361, 2001.

PAIVA D. L.; Terapia Fotodinâmica e Terapia a Laser de Alta Intensidade em controle Microbiológico em Reabilitação Oral: Implantes, Próteses, Biodispositivos Temporários ou Provisórios. Departamento de Física e Ciências dos Materiais. São Carlos, 2007.

PINHEIRO, A. L. B.; GERBI, M. E. M. M. Photoengineering of bone repair processes. *Photomedicine Laser Surgery*, v. 24, n. 2, p. 69–178, 2006.

PINHEIRO, A. L. B.; BRUGNERA JR, A.; ZANIN, F. A. A. Aplicação do Laser na Odontologia. São Paulo: Santos, 2010. 428 p.

PINHEIRO, A. L. B.; SANTOS, N. R. S.; OLIVEIRA, P. C.; et al. The efficacy of the use of IR laser phototherapy associated to biphasic ceramic graft and guided bone regeneration on surgical fractures treated with miniplates: a Raman spectral study on rabbits. *Lasers in Medical Science*, v. 28, n. 2, p. 513–518, 2013.

ROMANO, P. R.; CATON, J. G.; PUZAS, J. E. The reversal line may be a key modulator of osteoblast function: observations from an alveolar bone woundhealing model. *Journal of Periodontal Research*, v. 32, p. 143-147, 1997.  
o Paulo: Quintessence, 2004, cap.5, p.217-233.

SIGUSCH, B.W. et al. Efficacy of photodynamic therapy on inflammatory signs and two selected periodontopathogenic species in a beagle dog model. *J. Periodontol. Germany*, v.76, n.7, p.1100-1105, July, 2005.

STEIN, R. S.; SILVA, J. S.; SILVA, V. D. Comparative Study Of Bone Neoformation Using Autologous Grafting And Three Replacements: Bone Defects In Rats. *Revista Brasileira de Ortopedia*, v. 44, n. 4, p. 330-5, 2009.

TAKASAKI, A.A. Application of antimicrobial photodynamic therapy in periodontal anperi-implant diseases. *Periodontology 2000*, v.51, p.109-140, 2009.

WHELAN, H.T.; BUCHMANN, E.V.; DHOKALIA, A.; et al. Effect of NASA Light Emitting Diode Irradiation on Molecular Changes for Wound Healing in Diabetic Mice. *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery*, v. 21, n. 2, p. 67-74, 2003.

WEISS, R.A.; McDANIEL, D.H.; GERONEMUS, R.G.; et al. Clinical Experience with Light Emitting Diode (LED) Photomodulation. *Dermatologic Surgery*, v. 31, n. 9, p. 1199-1205, 2005.