



**FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE**

**MIGUEL FERNANDES DE ABREU**

**AÇÃO DA IRRADIAÇÃO LASER DE BAIXA  
FREQUÊNCIA (LLLT) SOBRE OS MECANISMOS  
CELULARES ENVOLVIDOS NA REPARAÇÃO DE  
TECIDO NERVOSO PERIFÉRICO**

**Miguel Fernandes de Abreu**

**AÇÃO DA IRRADIAÇÃO LASER DE BAIXA  
FREQUÊNCIA (LLLT) SOBRE OS MECANISMOS  
CELULARES ENVOLVIDOS NA REPARAÇÃO DE  
TECIDO NERVOSO PERIFÉRICO**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Fisioterapia da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, como requisito parcial a obtenção do grau de bacharel em Fisioterapia.

Profº Orientador: Dr. Diego Santos Fagundes

**Miguel Fernandes de Abreu**

**AÇÃO DA IRRADIAÇÃO LASER DE BAIXA FREQUÊNCIA  
(LLLT) SOBRE OS MECANISMOS CELULARES  
ENVOLVIDOS NA REPARAÇÃO DE TECIDO NERVOSO  
PERIFÉRICO**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em  
Fisioterapia, da Faculdade de Educação e Meio  
Ambiente como requisito parcial à obtenção do grau  
de Bacharel em Fisioterapia

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Diego Santos Fagundes

FAEMA - Faculdade de Educação e Meio Ambiente

---

Prof<sup>a</sup>. Ms. Neide Garcia Ribeiro

FAEMA - Faculdade de Educação e Meio Ambiente

---

Prof<sup>a</sup>. Ms. Bruna Maria da Silva Azevedo Leonel.

FAEMA - Faculdade de Educação e Meio Ambiente

Ariquemes, 07 de dezembro de 2011

Aos meus amados pais, Rodolpho Oscar de Abreu e Luiza Fernandes Romeiro Abreu pelo carinho incondicional, pelo apoio, pela compreensão, confiança, por terem abraçado o meu projeto e por todo amor dedicado a mim.

Pela demonstração clara e incondicional da figura da família, sem a qual não seria possível a concretização desse sonho.

“A eles confesso o meu amor, meu carinho e meu coração aberto, como sempre fui”.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu Deus, Senhor onipotente que me manteve vivo durante essa caminhada, que andou a minha frente nas batalhas, que “abriu os mares para que eu passasse em seco, que andou ao meu lado nas alegrias e me carregou no colo nas adversidades”.

Aos meus amados pais, Rodolpho Oscar de Abreu e Luiza Fernandes Romeiro Abreu, pelo grande amor demonstrado por mim, por serem os meus melhores amigos, por terem me proporcionado o privilégio de tê-los como pais, por serem o meu grande orgulho, referências de vida que me estimularam a transpor os obstáculos. Sou eternamente grato pela maneira como me educaram e até hoje me ensinam por serem os pais incríveis que são e sempre serão.

Aos meus sogros, José Caitano de Lucena e Marlene Pinheiro de Lucena que torceram por mim e ainda me presentearam com minha amada esposa, Edilene, pela qual agradeço todos os dias a Deus por permitir que ela entrasse em minha vida e me desse três bênçãos, nossos filhos, Tibério, Aline e Gabriel.

Ao meu irmão, que sempre me ajudou nos momentos difíceis e, sob a sua turrônica, nunca negou apoio aos meus intentos.

Aos meus cunhados e cunhadas, sobrinhos e sobrinhas que compreenderam os momentos de mau humor e sorriram comigo nos momentos de alegria.

Aos meus mestres que colaboraram imensamente para minha formação, a coordenadora do curso, Professora Mestre Neide Garcia Ribeiro e, especialmente ao meu orientador, Dr. Diego Santos Fagundes, pelas poucas, porém preciosas orientações durante a confecção deste trabalho.

Aos funcionários da FAEMA, do Centro de Reabilitação Belmira Araujo, dos Lares dos Idosos, Hospital Regional de Ariquemes, Hospital da Criança de Ariquemes, Creche Moranguinho, Posto Canaã, GIMA, UBS do Setor 06 de Ariquemes, que disponibilizaram seu espaço para meu crescimento acadêmico.

Ao meu mestre e grande amigo Humberto Sanches Chocair, pelo incentivo, pelos conselhos nos momentos adversos, pela amizade incondicional, pela confiança depositada em mim e pelas críticas construtivas que me ajudaram a crescer.

*“A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará ao seu tamanho original”.*

***Albert Einstein***

## RESUMO

O Sistema nervoso dos mamíferos é muito complexo composto pelo Sistema Nervoso Central (SNC) e Sistema Nervoso Periférico (SNP). Os nervos periféricos são alvo constante de lesões traumáticas e metabólicas que podem comprometer as funções motoras e resultar em complicações irreversíveis. As lesões mais comuns ocorrem por esmagamento, distensões, rupturas completas resultantes de avulsão que mesmo com tratamentos modernos e inovadores de reconstrução, a regeneração morfológica e funcional dificilmente ocorre por completo. Essas lesões podem resultar em uma neuropraxia, uma axoniotmese ou até uma neurotmese que é a lesão nervosa de maior gravidade. Nas últimas décadas pesquisas tem demonstrado que a LLLT é um recurso com fins terapêuticos utilizado pela fisioterapia apresentando efeitos antiinflamatório, analgésico, estimulante celular e modulador na regeneração de tecidos biológicos, com o objetivo de melhorar a capacidade funcional das estruturas anatômicas deficitárias. Este estudo tem como objetivo descrever os mecanismos desencadeados pela irradiação da luz *LASER* de baixa frequência a nível celular responsáveis pela regeneração tecidual nervosa. Para se chegar a esses resultados, realizou-se uma revisão de Literatura específica, relativa e atual sobre a Ação da LLLT na Regeneração dos Nervos Periféricos nos bancos de dados da BVS (Biblioteca Virtual em Saúde), Pubmed (*U.S. National Library of Medicine National Institutes Health*), Livros da Biblioteca Julio Bordignon da Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA, em Ariquemes/RO. Apesar das controvérsias, verificou-se que a maioria das pesquisas com LLLT apontam resultados positivos na regeneração dos nervos periféricos destacando as aplicações efetuadas no modo contínuo.

**Palavras-chave:** Regeneração Nervosa; Terapia a *LASER* de Baixa Frequência; Fenômenos Fisiológicos Celulares; Efeitos da Irradiação

## ABSTRACT

The nervous system of mammals is very complex consisting of the Central Nervous System (CNS) and Peripheral Nervous System (PNS). Peripheral nerves are the constant target of traumatic injuries that can impair motor function and result in irreversible complications. The most common injuries occur by crushing, sprains, ruptures resulting from complete avulsion that even with modern treatments and innovative reconstruction, the morphological regeneration and functional occurs hardly at all. These injuries can result in a neuropraxia, an axonotmesis or even neurotmesis that is a nerve injury is more severe. In recent decades research has shown that LLLT is a feature used for therapeutic purposes by physiotherapy featuring anti-inflammatory effects, analgesic, stimulant cells and modules in the regeneration of biological tissues, with the aim of improving the functional capacity of the anatomy deficit. Delineate the mechanisms triggered by irradiation of laser light at low-frequency cell responsible for nervous tissue regeneration.. To achieve these results, we carried out a review of relevant literature on relative and actual about the Action of LLLT on Regeneration of Peripheral Nerves in the databases of the VHL (Virtual Health Library), PubMed (U.S. National Library of Medicine National Institutes Health), Julio Bordignon Books Library of the Faculty of Education and the Environment - Faema in Ariquemes / RO. Despite the controversies, it is concluded that most studies show positive results with LLLT in the regeneration of peripheral nerves highlighting the applications made in continuous mode.

**Keywords:** Nerve Regeneration, Laser Therapy of Low Frequency, Phenomena Cell Physiological, Effects of Irradiation.

## LISTA DE FIGURAS (CONDICIONADO)

Figura 1- Esquema representativo de um neurônio e suas principais estruturas.....	17
Figura 2 - Esquema representativo da sinapse.....	18
Figura 3 - Esquema de corte transverso representativo dos revestimentos do nervo. .....	19
Figura 4 - Tipos de Lesões nervosas: A= Neuropraxia; B= Axoniotmese e C= Neurotmese.....	20
Figura 5 - Esquema do processo de Degeneração: A) cromatólise; B) Degeneração retrograda; C) Degeneração Walleriana; D) Macrófago e E) Músculo. ....	23

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AsGaAl	Arseneto de Gálio e Alumínio
AsGaIn	Arseneto de Gálio e Índio
ADP	Difosfato de Adenosina
ATP	Adenosina Trifosfato
BVS	Biblioteca Virtual em Saúde
cm <sup>2</sup>	Centímetros Quadrados
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
Decs	Descritores Controlados em Ciência da Saúde
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
Er:YAG	Érbio: Ítrio-Alumínio- Granada
FAEMA	Faculdade de Educação e Meio Ambiente FAEMA
GaAs	Arseneto de Gálio
HeNe	Hélio-Neônio
Ho:YAG	Hólmio: ítrio-Alumínio- Granada
IFC	Índice Funcional do Ciático
J	Joule
J/cm <sup>2</sup>	Joules por Centímetro Quadrado
LLLT	<i>LASER</i> de Baixa Frequência
MHz	Mega Hertz
mW	Miliwatts
n. ciático	Nervo ciático
Nd:YAG	Neodímio: ítrio-alumínio- granada
Nm	Nanômetro

Op	Operatório
pH	Potencial Hidrogeniônico
Pubmed	U.S. National Library of Medicine National Institutes Health
RNA	Ácido Ribonucleico
S	Segundos
SNC	Sistema Nervoso Central
SNP	Sistema Nervoso Periférico
W	Watts
W/cm <sup>2</sup>	Watts por Centímetro Quadrado

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>14</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>15</b>
<b>4 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>16</b>
4.1 NEUROANATOMIA DO SISTEMA NERVOSO .....	16
4.2 TIPOS DE LESÕES NERVOSAS .....	20
4.3 REGENERAÇÃO NERVOSA .....	22
4.4 HISTÓRIA DO <i>LASER</i> .....	23
4.4.1 Tipos de <i>LASER</i> .....	25
4.4.2 Bases Físicas da Radiação <i>LASER</i> .....	26
4.4.3 Dosagens da LLLT .....	27
4.4.4 Técnicas de Aplicação da LLLT .....	28
4.4.5 Indicações e Contra Indicações da LLLT .....	29
4.4.6 Mecanismos de Interação da LLLT com o Tecido Nervoso e Efeitos Neuro-Biológicos .....	30
4.5 DESCRIÇÃO DOS ACHADOS CIENTÍFICOS RELACIONADOS COM A IRRADIAÇÃO LLLT SOBRE O TECIDO NERVOSO.....	32
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>38</b>

## INTRODUÇÃO

O Sistema nervoso dos mamíferos é composto pelo Sistema Nervoso Central (SNC) e Sistema Nervoso Periférico (SNP) (AFIFI, 2007; SERPA, 2007; TILLVTZ; SILVA, 2009).

Os nervos periféricos são alvo constante de lesões traumáticas que podem comprometer as funções sensitivas e motoras de membros resultando em déficits sensitivos e motores (GRECCO et al., 2003; KOKA; HADLOCK, 2000) alterando suas propriedades mecânicas e neuroquímicas com possibilidades de gerar complicações irreversíveis (GONÇALVES et al., 2010; MARCOLINO et al., 2010).

As lesões mais comuns ocorrem por esmagamento, distensões, rupturas completas resultantes de avulsão que mesmo com tratamentos modernos e inovadores de reconstrução, a regeneração morfológica e funcional dificilmente ocorre por completo (MONTE RASO et al., 2004).

Essas lesões podem resultar em uma neuropraxia simples, que se recupera em algumas semanas, uma axoniotmese que se não tratada rapidamente pode afetar os movimentos e gerar problemas nas atividades de vida diária ou até uma neurotmese, que, segundo a literatura, só tem recuperação através de procedimento cirúrgico (BRUGGEMANN et al., 2008; BURNETT E ZAGER, 2004; MARCOLINO et al., 2010).

As células nervosas, denominadas neurônios, possuem em sua estrutura um segmento denominado axônio, que ao se associar a outros axônios dão origem ao nervo, ou fibra nervosa e, juntamente com os dendritos são responsáveis pela transmissão dos impulsos elétricos (AFIFI, 2007; SERPA, 2007).

O sistema nervoso possui uma capacidade de regeneração que, logo após uma lesão nervosa inicia-se a degeneração walleriana na porção distal à lesão e degeneração retrógrada na porção proximal (BUERGER et al., 2003; AFIFI, 2007; OLIVEIRA, 2008; SILVA; CAMARGO, 2010) e se desencadeiam várias alterações no corpo celular, tanto em âmbito estrutural quanto funcional, denominadas cromatólise (AFIFI, 2007; MUELLER, 2008; SIQUEIRA 2007).

Nas últimas décadas, pesquisas tem demonstrado que a *LASER* de Baixa Frequência (LLLT) é um recurso com fins terapêuticos utilizado pela fisioterapia (BORATO et al., 2008; GONÇALVES et al., 2010), apresentando efeitos

antinflamatório, analgésico, no trofismo celular e modulador na regeneração de tecidos biológicos. (MOREIRA, 2008).

Os aparelhos *LASER* podem trabalhar no modo pulsado e no modo contínuo, seus efeitos podem ser térmicos a alta frequência, geralmente utilizados em processos cirúrgicos e não térmicos, de baixa frequência, com fins terapêuticos (OLIVEIRA, 2006).

A LLLT consegue interagir com vários tipos de tecidos biológicos (MOREIRA, 2008; VIEIRA, 2006)

Sendo amplamente utilizado terapêuticamente na reparação de lesões no tecido muscular, tecido ósseo, tecido epitelial, tecido nervoso e outras estruturas (GONÇALVES et al., 2010; LOW, 2001). É diferente da luz comum por ser coerente monocromático e colimado (KITCHEN, 2003; LOW, 2001; MENDONÇA, 2009; ROCHA, 2004). A literatura suporta duas técnicas de aplicação da LLLT (KAHN, 2001), a conhecer: (i) a pontual e (ii) por varredura (LOW, 2001; KITCHEN, 2003; MENDONÇA, 2009).

A LLLT pontual é uma técnica utilizada entre cientistas, acadêmicos e nas clínicas (ANDRAUS, 2009) e está indicado para o tratamento de lesões abertas, úlceras de decúbito, úlceras diabéticas, lacerações, incisões, dor crônica e aguda e déficits de amplitude de movimento articular (KAHN, 2001) e suas principais contra indicações são a aplicação direta nos olhos, em gestantes, tecidos neoplásicos, hemorragias, placa epifisária, gânglios simpáticos e nervo vago (KAHN; LOW, 2001; MENDONÇA, 2009).

Por se tratar de um recurso ainda pouco estudado e com muita controvérsia (MENDONÇA, 2009), em relação a sua eficácia no que se referem aos mecanismos da regeneração nervosa (BORATO et al., 2008; OLIVEIRA, 2006), buscar-se-á nesta revisão bibliográfica documentos científicos que tragam maior compreensão acerca das reações celulares desencadeadas pelo LLLT.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

- Descrever os mecanismos desencadeados pela irradiação da luz *LASER* de baixa frequência a nível celular responsáveis pela regeneração tecidual nervosa.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Redigir a neuro-histo-fisiologia;
- Conceituar e classificar o LLLT,
- Identificar, descrever e explicar os mecanismos que perpassam a interação da LLLT com a neuro-histo-fisiologia, ressaltando quais estruturas celulares sofrem maior interferência sob irradiação pela LLLT.

### 3 METODOLOGIA

Estudo exploratório descritivo e transversal de revisão da literatura específica, relativa e atual sobre os mecanismos desencadeados pela irradiação da luz *laser* a nível celular responsáveis pela regeneração tecidual nervosa.

Como estratégia para a busca de referencial bibliográfico disponível em plataformas indexadas digitais (BVS (Biblioteca Virtual em Saúde), Pubmed (*U.S. National Library of Medicine National Institutes Health*)) utilizou-se Descritores Controlados em Ciência da Saúde (DeCS): Regeneração Nervosa/*Nerve Regeneration/Regeneración Nerviosa*; Terapia a *laser* de Baixa Frequência/*Laser Therapy Low Level/Terapia Laser de Baja Frecuencia*; Fenômenos Fisiológicos Celulares/*Cell Physiologica Phenomenon/Fenomeno Fisiológico Celular*; Efeitos da Irradiação/*Efects of Irradiation/ Efectos de la Irradiación*.

Outras fontes bibliográficas foram consultadas como obras literárias disponíveis na Biblioteca Julio Bordignon da Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA, em Ariquemes/RO.

Os critérios de inclusão estabelecidos para esta pesquisa foram publicações na íntegra com acesso livre; nos idiomas Português, Inglês e Espanhol com data de publicação entre os anos de 1999 a 2011. Os critérios de exclusão assumidos foram artigos duplicados ou encontrados em mais de uma fonte indexadora.

Foram recuperados 186 artigos em plataformas indexadoras pré-estabelecidas que abordassem a temática proposta, mas apenas 53 (28,40%) artigos atenderam os critérios de inclusão. Utilizou-se de maneira a complementar o referencial teórico 5 obras literárias pertinentes aos assuntos abordados neste estudo.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 NEUROANATOMIA DO SISTEMA NERVOSO

Segundo Mahmud (2005), deve-se considerar que o sistema nervoso central (SNC) e o sistema nervoso periférico (SNP) constituem um tecido contínuo com muitas funções e ambos interagem entre si, sendo que nenhuma outra estrutura do corpo contenha tantas conexões quanto o Sistema Nervoso.

O Sistema Nervoso dos mamíferos é muito complexo e divide-se basicamente em Sistema Nervoso Central (SNC) e Sistema Nervoso Periférico (SNP), de forma que o SNC é composto pelo encéfalo e pela medula nervosa espinhal, sendo o encéfalo constituído pelo cérebro, cerebelo, tronco encefálico e a medula nervosa espinhal e o SNP pelos nervos espinhais, nervos cranianos, gânglios e receptores (AFIFI, 2007; SERPA, 2007).

A célula nervosa ou neurônio é formada por um corpo celular, também chamado de pericárdio (AFIFI, 2007) ou ainda por Soma (CHAVES, 2007), e no interior do corpo celular que o núcleo e as organelas encontram-se dispostos, acentuando-se que o corpo celular é responsável por funções extremamente relevantes para a sobrevivência da célula como o armazenamento do material genético e produção de proteínas e de outras moléculas, ou seja, o corpo celular tem as mesmas funções de quaisquer outras células tendo como grande diferencial anatômico os anexos a ela ligados que são os dendritos e os axônios visualizada na representação esquemática do neurônio na figura 1 (AFIFI, 2007; CHAVES, 2007; MUELLER, 2008).

Os dendritos são vários processos que se originam no corpo celular sendo responsáveis pelo envio e captação dos impulsos elétricos enviados por outros neurônios aos quais se encontram associados (ANNUNCIATO, 2007; CHAVES, 2007; NOVAK, 2007; SERPA, 2007), sendo que os impulsos elétricos sempre partem no sentido dendrito-axônio (SERPA, 2007). Os estímulos aferentes são recebidos nos dendritos por meio de receptores denominados neurotransmissores que provocam variações no potencial elétrico do neurônio através da abertura ou fechamento de canais iônicos, permitindo ou impedindo o trânsito de íons específicos (AFIFI, 2007; CHAVES, 2007).

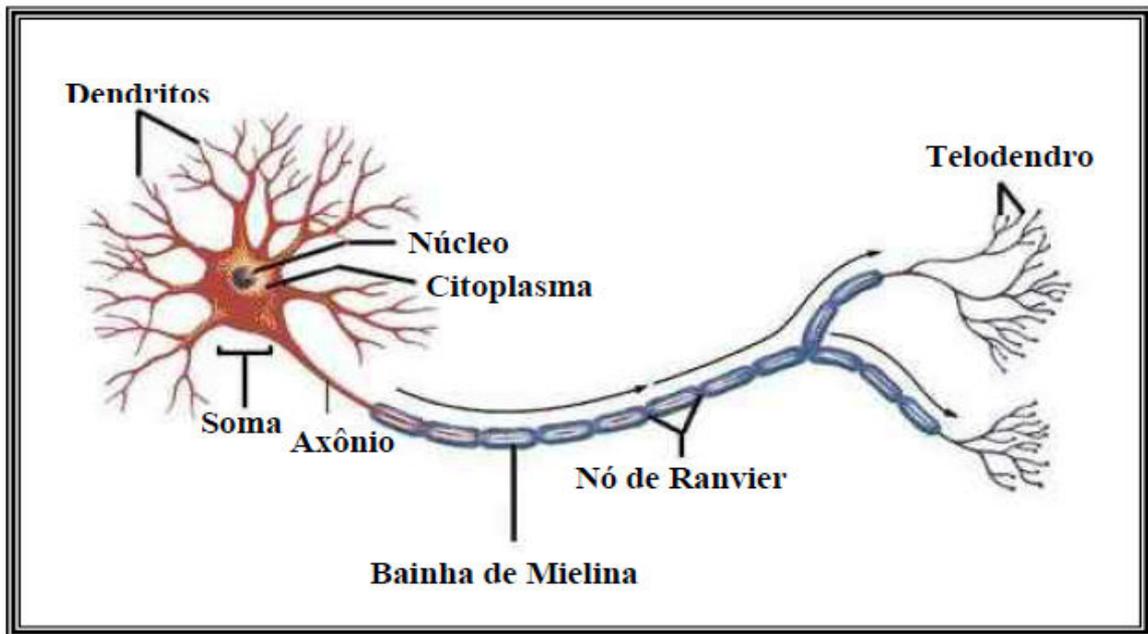


Figura 1- Esquema representativo de um neurônio e suas principais estruturas.  
 Fonte: Adaptado de Serpa (2007)

O axônio é o outro seguimento ou processo que compõe a célula nervosa, sendo bem mais longo e fino que o dendrito, podendo atingir o comprimento de um metro e vinte ou até mais (AFIFI, 2007) e, ao contrário dos dendritos, que são vários (CHAVES; SERPA, 2007), apenas um axônio está ligado ao corpo celular, sendo por ele que transitam os estímulos eferentes e aferentes, que são definidos como potencial de ação, que se dirigem a outros neurônios (SERPA, 2007). Os axônios se mantêm uniformes em toda sua extensão podendo liberar ramificações colaterais em região proximal (AFIFI, 2007) e, possui em sua extremidade uma grande quantidade de terminais axonais, denominados telodendros (AFIFI, 2007; CANDIOTTO, 2008), que aumentam o campo de comunicação entre os neurônios e, ao final destes telodendros ficam os botões terminais, muito próximos das extremidades de outros neurônios, porém, não chegando a se tocar, apesar da proximidade e, esta quase conexão é chamada sinapse representada na figura 2 (CANDIOTTO, 2008).

Sinapses são sinais que os neurônios pré- sinápticos transmitem através dos axônios para os neurônios pós- sinápticos que captam esses sinais através dos dendritos, axônios ou o soma. Estas podem ser: (i) Elétricas, passando em altíssima velocidade do neurônio pré para o pós- sináptico. (ii) Químicas, interação entre o neurônio pré-sináptico através do botão terminal interage com uma área específica

no neurônio pós-sináptico que contêm receptores para neurotransmissores e canais iônicos. (LOPES et al., 1999).

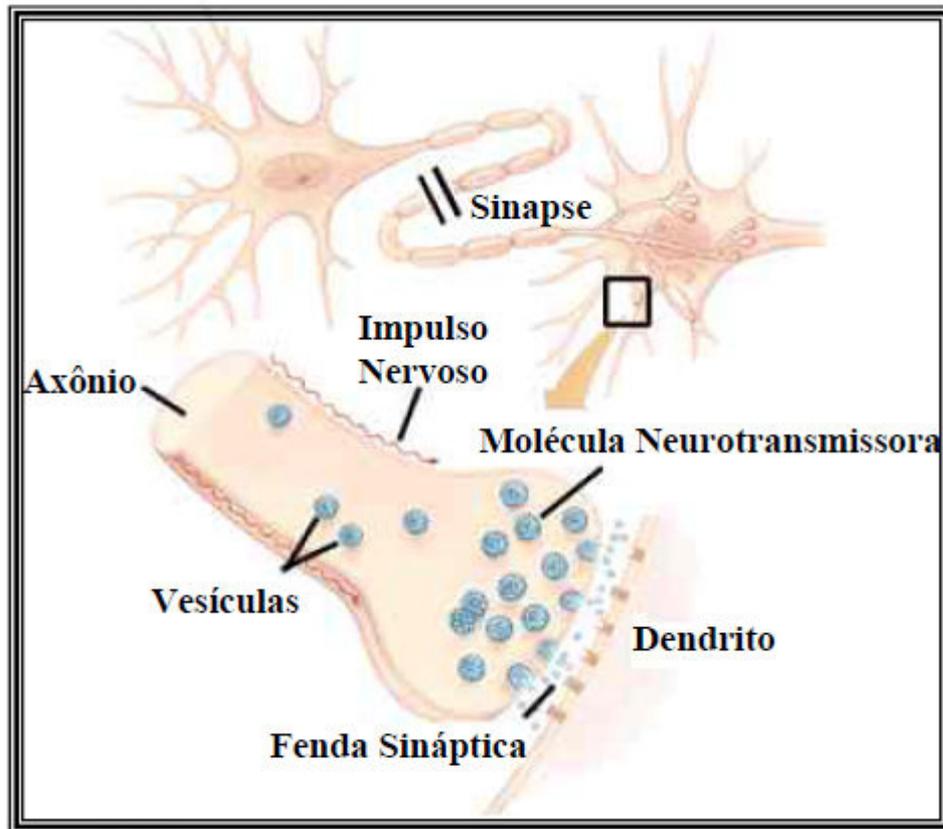


Figura 2 - Esquema representativo da sinapse  
Fonte: Adaptado de Serpa (2007)

Os axônios podem ser encontrados no organismo dos mamíferos nas formas mielínicas ou amielínicas sendo que, tanto os axônios mielínicos quanto os axônios amielínicos são embainhados por células de Schwann no SNP e por oligodendrócitos no SNC (AFIFI, 2007; MUELLER; OLIVEIRA, 2008).

A bainha de mielina dos axônios possui intervalos regulares ao longo do eixo axonal (SILVA, 2009), constituído de canais de sódio e outras alterações iônicas que atuam na condução do impulso elétrico, denominado potencial de ação, que transita por um axônio mielínico, saltando de um a outro nodo, conhecido como nodo de Ranvier, sendo que esse deslocamento saltatório aumenta a velocidade do potencial de ação (AFIFI, 2007; MUELLER, 2006; VIOTT, 2006).

O conjunto de vários axônios (fibras nervosas) forma o que se denomina por nervo, podendo este variar de diâmetro e, em geral, são compostos de fibras nervosas mistas, sensitivas e motoras, porém existem nervos de características

exclusivamente sensitivas e/ou motoras (AFIFI, 2007). Sendo assim, os nervos são estruturas altamente especializadas na condução de impulsos elétricos para o SNC, conhecidos como impulsos aferentes e para o SNP, denominados impulsos eferentes (AFIFI, 2007; SERPA, 2007). Três camadas distintas denominadas **epineuro**, **perineuro** e **endoneuro** circundam o nervo, sendo estas compostas de tecido conjuntivo, tendo como função proteger os axônios nela contidos (SILVA, 2009), sendo que cada uma dessas camadas tem características individuais com suas peculiaridades como pode ser observado na figura 3 (OLIVEIRA, 2008).

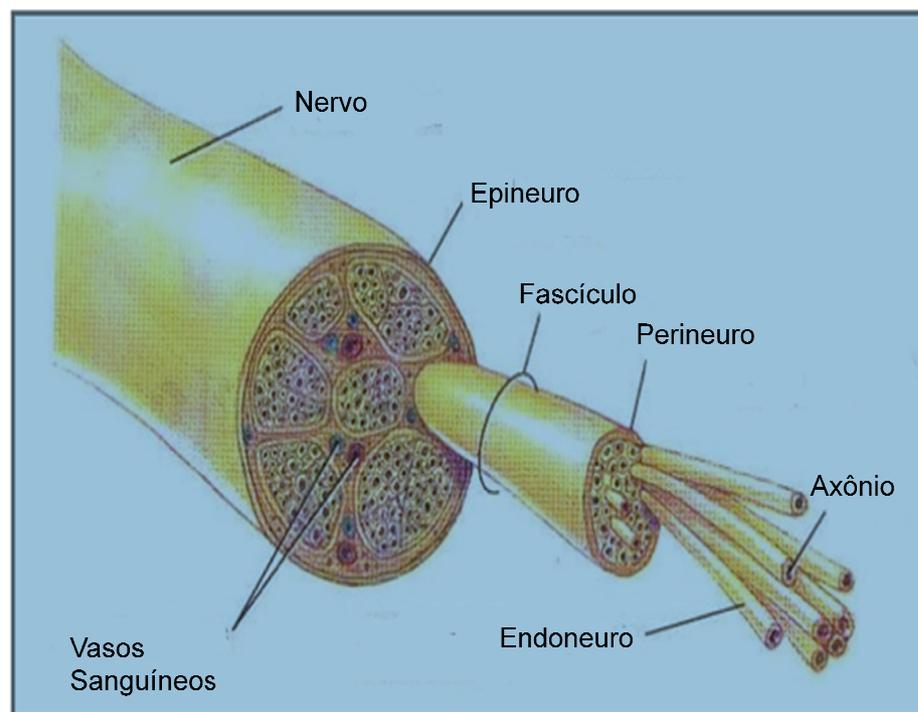


Figura 3 - Esquema de corte transverso representativo dos revestimentos do nervo.

Fonte: Oliveira (2006)

O nervo é revestido por três camadas: (i) Epineuro: Funciona como uma barreira impermeável (VIOTT, 2008), composta de tecido areolar, espesso, contendo vasos sanguíneos e linfáticos (MUELLER, 2008; SILVA, 2009); (ii) Perineuro: Constituído por tecido conjuntivo e fibroblastos dispostos em camadas concêntricas separando os fascículos individualmente, proporcionando elasticidade e resistência às tensões. (AFIFI, 2007; MUELLER; OLIVEIRA, 2008; SILVA, 2009). Nele são encontradas fibras de colágeno tipo I em sua camada externa e tipo III em sua camada interna e também fibras elásticas (MUELLER, 2008; OLIVEIRA, 2008); (iii) Endoneuro: Envolve individualmente cada axônio contendo matriz celular e

extracelular rica em glicoproteínas produzidas pelos fibroblastos ou células de Schwann que lubrificam os axônios durante os movimentos do corpo, fazendo também a manutenção iônica das fibras nervosas favorecendo a condução dos impulsos nervosos na realização das sinapses (AFIFI, 2007; VIOTT, 2008).

#### 4.2 TIPOS DE LESÕES NERVOSAS

As lesões que podem ocorrer no SNP são classificadas de acordo com a gravidade e o nível onde ocorrem, sendo que essas classificações são definidas de diferentes formas de acordo com Seddon (1943): (i) Neuropraxia, (ii) Axoniotmese e (iii) Neurotmese (Figura 4) (AFIFI, 2007; SIQUEIRA, 2007).

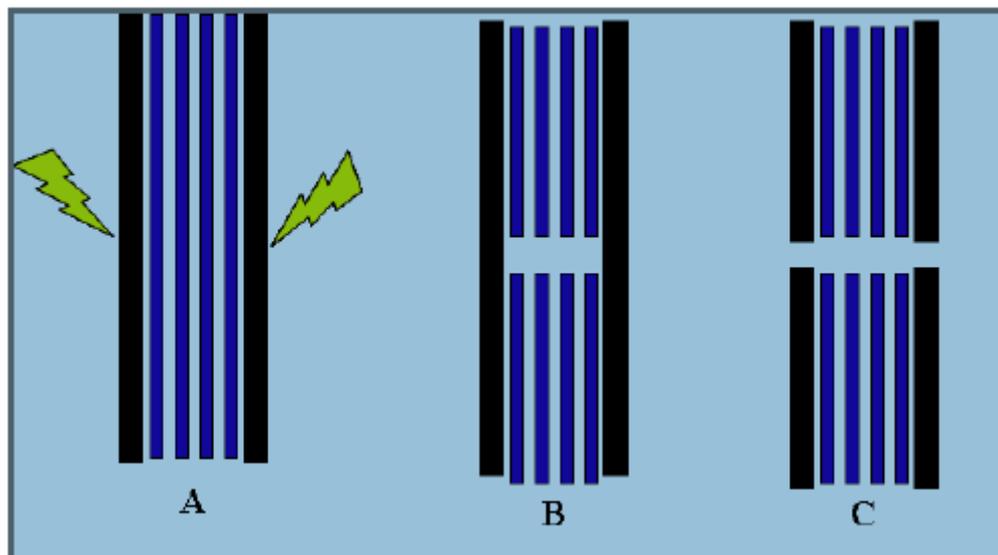


Figura 4 - Tipos de Lesões nervosas: A= Neuropraxia; B= Axoniotmese e C= Neurotmese.

Fonte: Belchior (2006)

A neuropraxia é uma lesão nervosa leve, na qual ocorre um bloqueio temporário (SILVA, 2009) e reversível da condução nervosa não envolvendo a descontinuidade nervosa e sem ocorrência de degeneração Walleriana (OLIVEIRA, 2006). A axoniotmese é um tipo de lesão que resulta em interrupção completa do axônio no nível da lesão (OLIVEIRA, 2006; TILLVTZ; SILVA, 2009), seguida de degeneração Walleriana no segmento distal a lesão (MAHMUD, 2005; SIQUEIRA, 2007). Não há danos para as células de Schwann e a regeneração nervosa dependerá da distância do órgão terminal e do grau de desorganização nervosa

(SIQUEIRA, 2007). A neurotmese consiste na interrupção total do nervo, causado por secção, com perda total das funções impossibilitando desta forma a regeneração do nervo. Tem sintomas similares à axoniotmese, com paralisia flácida, arreflexia, alterações vasomotoras, sudomotoras e tróficas. Geralmente o prognóstico é cirúrgico. As extremidades podem até formar brotos, mas estes não atingem o órgão efector (BRUGGEMANN, 2008; LIANZA, 2007).

Outra classificação das lesões, descritas por Sunderland (1951), ressaltando-se que esta classificação é pouco utilizada (SIQUEIRA, 2007), subdivide em lesão do tipo I, tipo II, tipo III, tipo IV e tipo V que também são classificadas de acordo com a gravidade da lesão. (OLIVEIRA, 2006).

A lesão do tipo I, descrita por Sunderland é equivalente a neuropraxia e, por lesionar apenas a bainha de mielina preservando o axônio e a regeneração nervosa ocorre em algumas semanas ou meses (MUELLER, 2008; OLIVEIRA, 2006; OLIVEIRA, 2008).

Na lesão do tipo II o endoneuro encontra-se preservado, comparando-se a axoniotmese de Seddon. Na lesão do tipo III, o perineuro está preservado e na lesão nervosa do tipo IV, apenas o epineuro encontra-se íntegro, sendo que, tanto na lesão do tipo II, tipo III e tipo IV, acontecerá a degeneração do axônio (AFIFI, 2007; MUELLER, 2008).

A lesão do tipo V equivale-se a neurotmese de Seddon e é a mais grave das lesões nervosas, requerendo intervenção cirúrgica, pois ocorre a descontinuidade do nervo descritas no Quadro 1 (AFIFI, 2007; ANDRAUS, 2009; MUELLER, 2008).

<b>SEDDON (1943)</b>	<b>SUNDERLAND (1951)</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DA LESÃO</b>
Neuropraxia	Grau I	Disfunção – regeneração espontânea
Axoniotmese	Grau II	Lesão parcial – axônio
Axoniotmese	Grau III	Lesão parcial – axônio+ endoneuro (fibra)
Axoniotmese	Grau IV	Lesão parcial – axônio + endoneuro + perineuro (Fascículo)
Neurotmese	Grau V	Lesão completa – axônio + epineuro+ perineuro + endoneuro (nervo)

Fonte: Criação do autor da monografia

## QUADRO 1- Definições dos Tipos de Lesões nervosas segundo Seddon (1943) e Sunderland (1951)

A possibilidade de se classificar com precisão o tipo de lesão axonotmética através da classificação sugerida por Sunderland, baseando-se em dados clínicos ou exames eletromiográficos é mínima. Geralmente se classifica o tipo de lesão através de exame histológico da lesão nervosa (SIQUEIRA, 2007).

### 4.3 REGENERAÇÃO NERVOSA

Logo após uma lesão nervosa sucede um processo de degradação dos axônios caracterizada por vários eventos, a saber: (i) Em sua porção distal, acontece a decomposição dos restos do axônio e da bainha de mielina, perdendo sua continuidade com o soma do neurônio denominada como degeneração Walleriana em reconhecimento a Augustus Waller, que a descreveu em 1852 (AFIFI, 2007); (ii) No segmento proximal, desencadeia-se a degeneração retrógrada, caracterizada pela fagocitose das estruturas do axônio lesionado através dos macrófagos e das células de Schwann (BUERGER et al., 2003; OLIVEIRA, 2008); (iii) Ao mesmo tempo o corpo celular entra em estado de cromatólise, ou seja, o corpúsculo de Nissl se dissolve, o núcleo celular se desloca para a periferia aumentado de volume, ocorre ainda o edema celular (OLIVEIRA, 2008; REIS et al., 2008; SILVA; CAMARGO, 2010); (iv) Durante esse evento, os dendritos se retraem e ocorre uma desorganização ou até a ruptura do retículo endoplasmático rugoso, do complexo de Golgi e dos ribossomos proporcionando o aumento da quantidade de Ácido Desoxirribonucleico (DNA) e Ácido Ribonucleico (RNA), a célula entra em um processo metabólico intenso produzindo axoplasma que irá penetrar pelo tubo endoneural distal, com uma velocidade de 1,5 a 4 milímetros por dia (mm/dia) (AFIFI, 2007; BUERGER et al., 2003; OLIVEIRA, 2008; REIS et al., 2008; SILVA; CAMARGO, 2010).

Nos processos de degeneração Walleriana e retrógrada os macrófagos e as Células de Schwann fagocitam as estruturas deixando o tubo endoneural preparado para receber o citoplasma gerado pelo soma durante a regeneração nervosa (MUELLER, 2008; REIS, 2006; REIS et al., 2008; SILVA; CAMARGO, 2010).

Após a fagocitose os macrófagos retornam aos capilares e as células de Schwann, através de seus citoplasmas desenvolvem cordões lineares denominados “bandas de Bungner (AFIFI, 2007; REIS, 2006; REIS et al., 2008; SIQUEIRA 2007) ou colunas de células de Schwann que servem de guia para os brotos axonais durante a reinervação (SIQUEIRA 2007).

A regeneração do axônio tem seu início poucas horas após a lesão sendo que 2 a 3 brotos surgem de cada axônio se dirigindo até o órgão alvo, mediados por fatores tróficos que são secretados pelas células de Schwann conforme explicação demonstrada na figura 5 (AFIFI, 2007; MUELLER, 2008; SIQUEIRA 2007).

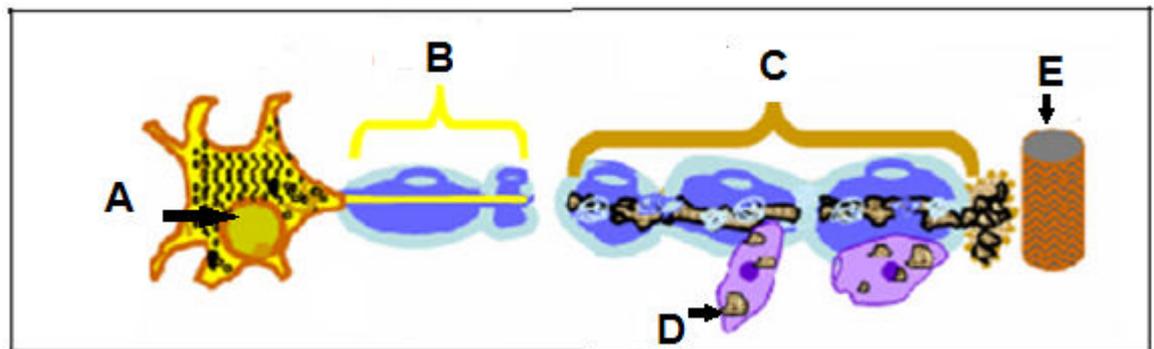


Figura 5 - Esquema do processo de Degeneração: A) cromatólise; B) Degeneração retrograda; C) Degeneração Walleriana; D) Macrófago e E) Músculo.

Fonte: Adaptado de Reis (2006)

#### 4.4 HISTÓRIA DO LASER

A denominação *LASER* é um acrônimo de amplificação da luz por emissão estimulada de radiação *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (LLLT) (CORRÊA, 2003; KAHN, 2001; MENDONÇA, 2009).

Na verdade, a denominação *LASER*, tem sua origem na abreviação de *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, teoria esta creditada ao físico Albert Einstein, que utilizou pela primeira vez o termo emissão estimulada em seu artigo “*Zur Quantum Theories der Strahlung*”, publicado em 1916 (CORRÊA, 2003; ROCHA, 2004; VIEIRA, 2006).

O uso da luz com fins terapêuticos data desde a antiguidade sendo que os gregos, romanos e egípcios utilizavam esse recurso. (KAHN, 2001). Atualmente a

maioria das pesquisas sobre a luz *LASER* vem da Europa e que, somente na última década os americanos vêm acrescentando resultados de suas pesquisas (FERREIRA, 2006; KAHN, 2001; MENDONÇA, 2009).

A história da construção do primeiro aparelho data do ano de 1960, Theodore Maiman, cientista norte americano, fabricou o aparelho, em Malibu, nos Estados Unidos da América, com comprimento de onda de 694,3 nanômetros (nm), tendo uma barra de rubi como material ativador, tornando-se precursor de grandes avanços científicos e tecnológicos (ANDRAUS, 2009; BOURGUIGNON et al., 2005).

Uma das características particulares da luz *laser* que a diferenciam das demais luzes é que possui um feixe de luz concentrado, que pode ser direcionado especificamente para um determinado ponto, ao contrário das outras luzes que se dispersam pelo espaço em várias direções (BRUGNERA JR, 2003 apud FRONZA, 2009).

A LLLT começou a ser utilizado no processo de regeneração tecidual nervosa periférica inicialmente em 1980, encontrando vários relatos que divergem sobre o assunto (MENDONÇA, 2009) e, somente na última década vem recebendo maior atenção e destaque por parte da comunidade científica (SOUZA, 2008).

A LLLT é um dos recursos físicos que tem sido utilizado pela fisioterapia entre outras especialidades da comunidade científica na última década no tratamento de lesões teciduais (SOUSA, 2008), porém, ainda é muito controverso o resultado da ação da LLLT sobre os tecidos moles (ANDRAUS; BARBIERI; MAZZER, 2010, BASFORD apud FERREIRA, 2008; BORATO et al., 2008; ENDO et al., 2008).

A LLLT utilizada na fisioterapia caracteriza-se por um feixe de luz com capacidades especiais que consegue interagir com vários tipos de tecidos biológicos (MOREIRA, 2008; VIEIRA, 2006), destacando-se a capacidade bioenergética que incrementa a capacidade respiratória e a síntese de adenosina trifosfato (ATP), atuando de forma a estimular modificações mitocondriais (MOREIRA, 2008; NAKAJIMA, 2009), agindo eficazmente como antiinflamatório, analgésico, estimulante celular no processo de regeneração e cicatrização de vários tecidos biológicos (FERREIRA, 2006).

A LLLT objetiva a melhora da capacidade funcional de estruturas anatômicas deficitárias (GONÇALVES et al., 2010). Na prescrição da LLLT o objetivo terapêutico permeia a reparação de lesões no tecido muscular, tecido ósseo, tecido epitelial, tecido nervoso e muitas outras estruturas (LOW, 2001). Como evento esmiúço desta

reparação podemos citar a neovascularização, sendo esta a provável contribuinte da regeneração nervosa (BUERGER et al., 2003).

#### 4.4.1 Tipos de *LASER*

Conforme a substância radioativa contida nos aparelhos é que se nomeiam o tipo de *laser*, substâncias estas que podem ser encontradas em forma de cristais sólidos como o Rubi sintético, Neodímio: ítrio-alumínio-granada (Nd:YAG), Hólmio: ítrio-alumínio-granada (Ho: YAG) e Érbio: ítrio-alumínio-granada (Er: YAG), Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), sendo estes classificados como *laser* de alta potência e são utilizados em cirurgias para seccionar, coagular ou vaporizar tecidos aos quais possuem efeito térmico e potência superior a 500 miliwatts (mW) (BOURGUIGNON FILHO, 2005; KITCHEN, 2003; LOW, 2001; MENDONÇA, 2009).

Os compostos por gases, tais como o Hélio-Neônio (HeNe), ou com semicondutores diodos, o Arseneto de Gálio (AsGa), Arseneto de Gálio e Alumínio (AsGaAl) e Arseneto de Gálio e Índio (AsGaIn), são classificados como *laser* de baixa potência, por não apresentarem efeito térmico e sim efeitos biomodeladores e sua potência máxima é de 500 mW (KAHN, 2001; KITCHEN, 2003; LOW, 2001; MENDONÇA, 2009).

O *LASER* de HeNe surgiu na década de 70 e emite ondas em torno de 630 nm e o espectro de luz emitido por ele é visível. Apesar de trabalhar em modo contínuo também pode ser pulsado, tendo potência de 10 mW, com capacidade de penetração nos tecidos entre 6 e 10mm, de acordo com sua potência. Na década de 80 surgiu o *LASER* com diodo semicondutor de AsGa, com comprimento de onda de 904nm e espectro de luz infravermelha, trabalhando geralmente no modo pulsado, com maior capacidade de penetração nos tecidos, penetrando entre 30 e 50 mm (BOURGUIGNON FILHO et al., 2005; KITCHEN, 2003; LOW, 2001; MENDONÇA, 2009; SÁNCHEZ, 2009).

Outro *LASER* de baixa Frequência é o diodo semicondutor de AsGaAl, com luz invisível estando no espectro infravermelho, com comprimento de onda de 660 a 904 nm. A maioria dos aparelhos trabalha no modo contínuo e tem a capacidade de penetração no tecido entre 20 e 30 mm e sua potência podem ser utilizadas em até 40 mW (KITCHEN, 2003; LOW, 2001; MENDONÇA, 2009).

#### 4.4.2 Bases Físicas da Irradiação *LASER*

É imprescindível que se entenda os mecanismos de formação da luz antes que se compreenda as características físicas da luz *laser*. É uma forma de energia eletromagnética transmitida por partículas de energia que percorrem o espaço em forma de ondas e que são chamadas de prótons (SÁNCHEZ, 2007).

Essas ondas têm como unidade de medida o nm e essa luz somente é visível quando se encontra no espectro entre 440 nm (violeta) e 700 nm (Vermelho) (MENDONÇA, 2009). Comprimentos menores que 440 nm apresentam luz ultravioleta e com comprimento maior que 700 nm a luz infravermelha, que faz parte do espectro óptico apesar de não ser visível (MENDONÇA, 2009; SÁNCHEZ, 2007).

Por ser uma luz diferente da luz comum, a luz *LASER* precisa conter substância radioativa capaz de absorver energia de uma fonte externa provocar mudanças em sua configuração subatômica e emitir fótons (KITCHEN, 2003; LOW, 2001; MENDONÇA, 2009).

A menor parte dessa substância é o átomo que é formado por prótons e nêutrons no núcleo e tem ao seu redor elétrons, dispostos em camadas orbitais com diferentes níveis de energia, geralmente em níveis baixos de energia quando estão na órbita de substâncias radioativas (KITCHEN, 2003; LOW, 2001; MENDONÇA, 2009). Ao absorver energia necessária para ir a um orbital com nível de energia mais elevado, o elétron se muda para esse orbital, ficando em estado de excitação, porém permanece lá por pouco tempo, devido à instabilidade da estrutura, retornando ao seu orbital de origem, liberando o excesso de energia em forma de fóton fenômeno conhecido como emissão espontânea (KITCHEN, 2003; LOW, 2001; MENDONÇA, 2009; ROCHA, 2004).

Ao se ligar o aparelho o fenômeno da geração espontânea se inicia, gerando uma descarga elétrica promovendo assim que os elétrons mudem constantemente de órbita e emitam fótons que, ao se chocarem com os elétrons vizinhos permitem que esse elétron mude de órbita e, ao retornar ao estado de repouso, libere outro fóton idêntico ao que foi absorvido. Esse processo pode se repetir inúmeras vezes. O aparelho possui em seu interior dois espelhos, sendo um refletor total e o outro semi-refletor que possibilitam a multiplicação da emissão estimulada por reflexão e desta forma, parte da luz emitida e amplificada saia por meio do espelho semi-refletor (KITCHEN, 2003; LOW, 2001; MENDONÇA, 2009; ROCHA, 2004).

Os aparelhos com substância radioativa de diodo como o AsGa, AsGaAl e AsGaIn possuem funcionamento diferenciado da maioria dos outros aparelhos, possuindo pólos positivos e negativos numa espécie de “sanduíche”, e a irradiação é emitida pelas laterais desse “sanduíche” em um comprimento de onda entre 630nm e 780 nm(GIGO-BENATO, 2010; MENDONÇA, 2009).

A luz *LASER* difere da luz comum por ser **coerente** (grifo meu), de forma que todos os fótons são emitidos no mesmo comprimento de onda, as quais caminham em sincronia no tempo e no espaço, sem que os fótons colidam, evitando perda de energia e cheguem ao tecido com a mesma carga de energia emitida pelo aparelho enquanto a luz comum emite vários comprimentos de onda que partem desordenadamente em várias direções, sem sincronia (CORRÊA, 2003; KITCHEN, 2003; LOW, 2001; ROCHA, 2004; SÁNCHEZ, 2007; VIEIRA, 2006), **monocromático** (grifo meu), ou seja, por possuir apenas um comprimento de onda e uma única cor e, **colimado** (grifo meu), tendo os feixes de luz emitidos paralelamente, na mesma direção, permitindo que a luz seja direcionada para um mesmo ponto com mínima dispersão, com um foco de pequeno diâmetro sem perda de intensidade conforma a distância (KITCHEN, 2003; LOW, 2001; ROCHA, 2004).

#### 4.4.3 Dosagens da LLLT

Faz-se necessário descrever com detalhes todos os parâmetros de aplicação da LLLT para que se obtenha a dose ideal do tratamento, e para que se possa atingir a dose ótima de irradiação, a saber: o comprimento de onda em “nm”, a energia em “J” emitida ao tecido, à área do feixe em “cm<sup>2</sup>”, potência do pico em “mW”, potencia média em “W” caso de aplicação pulsada, tempo de aplicação em “s” e densidade de potência em joules por centímetro quadrado (J/cm<sup>2</sup>) (LOW, 2001; BOURGUIGNON FILHO et al., 2005; FUKUDA, 2007; GIGO-BENAT, 2010; KITCHEN, 2003; MALFATTI, 2007; MENDONÇA, 2009).

O *LASER* pode ser contínuo potência emitida ininterruptamente ou pulsado, com emissões de raio periodicamente interrompidas durante a aplicação e proporcionando uma potência menor que a do aparelho (KAHN, 2001; MENDONÇA, 2009).

Em qualquer aparelho, independentemente dos modos, a dosagem sempre será expressa em J/cm<sup>2</sup> e, para se calcular o tempo de exposição a radiação tem

que se considerar a potencia de emissão do *LASER*, a área a ser irradiada e a densidade de energia desejada (VIEIRA, 2006; MENDONÇA, 2009) o tempo é igual a densidade de energia multiplicada pela área de aplicação e o resultado dividido pela potência de emissão (MENDONÇA, 2009). A LLLT, mesmo em baixas potências pode lesionar a retina humana devido ao intenso brilho da radiação (CORRÊA, 2003).

Para cada objetivo a se alcançar com a LLLT recomendam-se a utilização de determinados parâmetros para que se consigam obter os resultados esperados como: a seleção correta do comprimento de onda, a densidade de energia, a potência, o modo de aplicação, se pulsado ou contínuo, o conhecimento das características do tecido biológico. A escolha correta desses parâmetros esta diretamente vinculada aos resultados da terapia (FRONZA, 2009).

Atualmente a maioria dos aparelhos de LLLT contêm um seletor de densidade de potência que calcula o tempo de aplicação automaticamente a partir da dose indicada (ALVES et al., 2010).

#### **4.4.4 Técnicas de Aplicação da LLLT**

Existem duas técnicas de aplicação da LLLT, pontual e varredura, que podem ser utilizadas de forma combinada ou individual sendo que a aplicação pontual é geralmente utilizada para tratamento em pequenas áreas lesionadas enquanto a aplicação por varredura é utilizada em lesões de maior amplitude (MENDONÇA, 2009).

Os equipamentos atuais de LLLT são equipados com uma sonda (KAHN, 2001), com o formato parecido com uma caneta (LOW, 2001; KITCHEN, 2003; MENDONÇA, 2009) e um pequeno orifício em sua extremidade por onde é emitido o feixe de luz *laser*, e a ponta da sonda atua como um diferencial de resistência, denominado ohímetro adequado para localizar pontos de baixa resistência (KAHN, 2001).

A LLLT pontual é a técnica mais utilizada entre cientistas, acadêmicos e clínicas de saúde (ANDRAUS, 2009) e a caneta ou sonda deve ficar sempre perpendicular em relação à área a ser tratada, técnica utilizada para evitar a redução de energia enviada ao tecido, aumentando a eficácia do tratamento (LOW, 2001;

MENDONÇA, 2009), usando-se como base de cálculo a secção transversal do feixe ou a área útil da sonda (ANDRAUS, 2009).

Na técnica de varredura cobre-se toda a extensão da lesão de forma lenta e contínua em movimentos de vai e vem (ANDRAUS, 2009), próximos ao tecido lesionado (LOW, 2001), a uma distância de 0,5 cm entre tecido e a caneta (MENDONÇA, 2009).

Sempre que se for utilizar a LLLT deve-se limpar a área a ser tratada com álcool com o objetivo de retirar qualquer material que venha absorver irradiação ou impedir a absorção por parte do tecido (LOW, 2001).

#### **4.4.5 Indicações e Contra Indicações da LLLT**

Na prática clínica a LLLT está indicada para o tratamento de lesões abertas, úlceras de decúbito, úlceras diabéticas, lacerações, incisões, dor crônica e aguda e déficits de amplitude de movimento articular (KAHN, 2001; KITCHEN, 2003) e para combater inflamações, edemas e na regeneração e cicatrização de tecidos nervosos, ósseos, além de osteoartrites, osteoartroses, lipodistrofia ginóide (MENDONÇA, 2009).

As principais contra indicações são a aplicação direta nos olhos, por quaisquer motivos (KAHN, 2001; KITCHEN, 2003; LOW, 2001), sendo que se recomenda uso de óculos protetores (LOW, 2001).

Apesar de não se poder afirmar a contra indicação da LLLT em gestantes se tem dúvidas sobre a ação da LLLT sobre os esteróides no corpo humano (KAHN, 2001), além de não se ter certeza se há ou não riscos para a mãe ou o feto, tornando-se um ato de prudência a não aplicação sobre o útero (KITCHEN, 2003).

Também é contra indicado a aplicação em tecidos neoplásicos, hemorragias, placa epifisária, gânglios simpáticos, nervo vago (KAHN; LOW, 2001; MENDONÇA, 2009) pacientes com epilepsia (KITCHEN, 2003) e pacientes naturalmente fotossensíveis ou temporariamente sensíveis por efeito medicamentoso (KAHN, 2001).

#### 4.4.6 Mecanismo de Interação da LLLT com os Tecidos e Efeitos Biológicos

A radiação da LLLT tem a capacidade de penetrar nos tecidos biológicos a qual depende do comprimento de onda, do tipo de tecido e do ângulo de incidência (LOW, 2001).

De acordo com as pesquisas os efeitos fisiológicos e biológicos da LLLT se concentram principalmente em três áreas, estudo celular, estudos *in vivo* e *in vitro* de diferentes espécies de animais e estudos em seres humanos saudáveis que se disponibilizam espontaneamente para essas pesquisas (KITCHEN, 2003).

A energia *LASER* aplicada nos tecidos biológicos provoca alterações denominadas: (i) efeito primário, (ii) secundário ou (iii) terapêutico (SALGADO, 2002), os efeitos primários são bioquímicos, bioelétricos e bioenergéticos enquanto os efeitos secundários são estímulos a microcirculação e ao trofismo celular (CORRÊA, 2003; KITCHEN; LOW, 2001). Pesquisas sugerem que o efeito bioquímico desencadeado pela LLLT incrementa a produção de ATP e controlem a produção de ácido aracdônico que transforma a prostaglandina em prostaciclina, que explica seu efeito antiinflamatório e antiedematoso, aumento da produção de histamina e outras substâncias relacionadas ao estímulo da dor como a endorfina circulante (CORRÊA, 2003; FERREIRA, 2006; OLIVEIRA, 2009) provocam variação no pH intra e extracelular, agem como estimulante na síntese de DNA e RNA (NAKAJIMA, 2009) e alteram ainda as reações enzimáticas normais na síntese de ATP e no bloqueio de enzima ciclooxygenase (KITCHEN, 2003; MENDONÇA, 2009; SALGADO, 2002).

Em relação aos efeitos terapêuticos, estes podem ser explicados pelas alterações fisiológicas em células excitáveis tais como a proliferação dos fibroblastos em células humanas, destacando ainda uma vasodilatação local e angiogênese (SALGADO, 2002).

Quando a radiação luminosa atinge o tecido biológico pode ser absorvida, refletida, transmitida ou dispersada, sendo que o principal parâmetro de interação entre o *laser* e o tecido é a absorção, da qual depende a quantidade energética enviada aos tecidos e, conseqüentemente o efeito nele desencadeado. Conforme a energia dos fótons a radiação poderá ser transferida para a molécula produzindo efeitos fotoquímicos, fotofísicos, fototérmicos e fotoelétricos (NAKAJIMA, 2009; REIS, 2006; REIS et al., 2008; SALGADO, 2002).

No tecido biológico a luz é absorvida pela água, pela hemoglobina pela melanina e por outras substâncias e, durante esse processo acontece a reflexão, evento este em que a luz é refletida ocorrendo perda de parte dessa luz, se espalhando pelo tecido diminuindo sua potência e atravessando todo o tecido biológico chamada de transmissão (FERREIRA, 2006; OLIVEIRA, 2009; SALGADO, 2002).

A monocromaticidade da LLLT tem a capacidade de modificar o comportamento da célula sem necessariamente produzir calor, razão pela qual é denominado por terapia de baixa intensidade, primeiramente chamado de bioestimulante, porém, por apresentar efeito inibitório sobre a ação celular, sua terminologia foi alterada para biomodulador (REIS, 2006; REIS et al., 2008).

Na dissertação de mestrado de Andraus (2009), faz-se menção ao uso da LLLT como estimulante à cicatrização e regeneração de vários tecidos, tais como: o tecido muscular, ósseo, cutâneo e nervoso sendo que, em relação a este último, ainda existem controvérsias em relação a sua eficácia devido à falta de evidências concretas sobre os benefícios e o pouco conhecimento dos mecanismos de interação entre LLLT e tecido nervoso periférico.

Pesquisas realizadas com comprimento de onda de 632, 8 nm da LLLT pode estimular as estruturas intracelulares e suas funções e, na célula humana as mitocôndrias produzem DNA, RNA e outras substâncias metabólicas (KAHN, 2001).

Os efeitos da LLLT a nível celular estimulam a mitocôndria, a síntese de DNA e RNA, a aceleração do metabolismo, e o aumento da síntese protéica, as modificações no Potencial Hidrogeniônico (pH) intra e extra celular e, em células que apresentam momentaneamente ou permanentemente estresse funcional evidencia-se maior ação da LLLT (NAKAJIMA, 2009; ROCKIND et al., 2007 a; b; ROCHKIND 2009 a; b).

A LLLT atua inicialmente na absorção de luz pelos cromóforos onde esta localizado os citocromos da mitocôndria tem a função de converter difosfato de adenosina (ADP) em ATP que é a fonte de energia da célula e responsável por conduzir a síntese protéica, a replicação e motilidade da célula e a manutenção do potencial de membrana (ROCKIND et al., 2007 a; b; ROCHKIND 2009 a; b) e, devido a fotosensibilidade do citocromo a energia da LLLT é convertida em ATP após ser absorvida (BARBOSA et al., 2010; FERREIRA, 2006).

Pesquisas sugerem que a luz vermelha é absorvida pelos citocromos nas mitocôndrias e, como todas as células possuem citocromos podem ser estimuladas pela luz vermelha, que provavelmente afetam a permeabilidade de membrana celular (FERREIRA, 2006; LOW, 2001).

#### 4.5 DESCRIÇÃO DOS ACHADOS CIENTIFICOS RELACIONADOS COM A IRRADIAÇÃO LLLT SOBRE O TECIDO NERVOSO

A maioria dos estudos realizados com comprimento de onda de 904nm apresentam resultados positivos (80%) na recuperação Funcional do nervo periférico, excetuando o trabalho de Tomazini (2011) que utilizou o comprimentos de onda de 632, 8 nm além do 904 nm conforme encontram-se dispostos na tabela com principais características de cada pesquisa conforme demonstrado na Tabela 1

No entanto, nas pesquisas realizadas com comprimento de onda de 830 nm apresentam resultados satisfatórios na recuperação funcional do nervo periférico, alcançando uma eficácia relevante (100%) conforme tabela com principais características de cada pesquisa, exposto abaixo na tabela 2.

Corroborando com os estudos supracitados, os achados descritos pelos pesquisadores que utilizaram o comprimento de onda de 780 nm apresentaram resultados positivos na totalidade em relação ao índice funcional do nervo periférico conforme verifica-se na Tabela 3.

Em contra partida, nos estudos realizados com o comprimento de onda de 660 nm, boa parte dos trabalhos destacados nesta revisão bibliográfica apresentou resultados positivos (62,5%) em relação ao índice funcional do nervo periférico, reiterando a eficácia do tratamento com a LLLT como excelente alternativa terapêutica no tratamento das lesões nervosas periféricas, descritas na Tabela 4.

Autores	Espécie Animal	Tipo de nervo lesão reparação	Modelo experimental	Tipo de Laser	Densidade de Energia	Área de Feixe	Tempo de emissão	Protocolo de tratamento	Forma de Avaliação	Resultados Efeitos
Endo, 2002	Ratos Wistar	Esmagamento	n. ciático	AsGa 904 nm	4 J/cm <sup>2</sup>	0,07cm <sup>2</sup>	10 min	1º dia pós op. 10 dias consecutivos	Funcional	Positivo
Endo et al., 2008	Ratos Wistar	Esmagamento	n. ciático	AsGa pulsado 904 nm	J/cm <sup>2</sup>	0,07cm <sup>2</sup>	10 min	1º dia pós op. 10 dias consecutivos)	Funcional	Positivo
Tillvtz; Silva 2009	Ratos Wistar	Esmagamento	n. ciático	AsGa pulsado 904 nm	4 J/cm <sup>2</sup>	0,63cm <sup>2</sup>	32 s	1º dia pós op. 14 dias em um grupo e 21 dias no outro	Histológica qualitativa e quantitativa	Positivo
Câmara et al., 2011	Ratos Wistar	Esmagamento	n. ciático	AsGa 904 nm	4 J/cm <sup>2</sup>	-	32 s	1º dia pós op. (4 e 21 dias	Histopatológica	Positivo
Tomazini, 2011	camundongos Swiss,	Esmagamento	n. ciático	HeNe, AsGa pulsado 904 nm	3 J/cm <sup>2</sup> 3 J/cm <sup>2</sup>	0,02cm <sup>2</sup> e 0,01cm <sup>2</sup>	-	1º dia pós op. 21 dias consecutivos	Morfológica	Negativo

Tabela 1 - Principais características dos estudos pesquisados

Fonte: Criação do autor da monografia

Autor	Espécie Animal	Tipo de nervo lesão reparação	Modelo experimental	Tipo de Laser	Densidad e de Energia	Área de Feixe	Tempo de emissão	Protocolo de tratamento	Forma de Avaliação	Resultados Efeitos
Oliveira, 2006	Ratos Wistar	Esmagamento	n.ciático	AsGaAl contínuo 830 nm	79,1 J/cm <sup>2</sup>	0,01 cm <sup>2</sup>	2 min 24 s	1º dia pós op. por 21 dias consecutivos	Funcional	Positivo
Andraus, 2009	Ratos Wistar	Esmagamento	nervo fibular	AsGaAl contínuo 830 nm	140 J/cm <sup>2</sup>	-	40 s	24 h pós-op. por 21 dias consecutivos	Funcional	Positivo
Brito, 2010	Ratos Wistar	Esmagamento	n. ciático	AsGaAl contínuo 830 nm	4 J/cm <sup>2</sup>	-	-	Após cirurgia 3 vezes por semana em grupos de 14 dias e de 21 dias	Funcional	Positivo
Gonçalves et al., 2010	Ratos Wistar	Esmagamento	n. ciático	AsGa contínuo 830 nm	4 J/cm <sup>2</sup>	0,62 cm <sup>2</sup>	4 s	Pós op. por 7 e 14 dias em grupos distintos	Morfológico	Positivo
Marcolino et al., 2010	Ratos Wistar	Esmagamento	n. ciático	AsGaAl contínuo 830 nm	40 J/cm <sup>2</sup>	0,116 cm <sup>2</sup>	-	após a cirurgia por 21 dias consecutivos	Funcional	Positivo
Andraus et al., 2010	Ratos Wistar	Esmagamento	nervo fibular	AsGaAl contínuo 830 nm	140 J/cm <sup>2</sup>	-	40 s	1º dia pós op por 21 dias consecutivos	Funcional	Positivo

Tabela 2 Principais características dos estudos pesquisados

Fonte: Criação do autor da monografia.

Autor	Espécie Animal	Tipo de nervo lesão reparação	Modelo experimental	Tipo de Laser	Densidad e de Energia	Área de Feixe	Tempo de emissão	Protocolo de tratamento	Forma de Avaliação	Resultados Efeitos
Rochkind et al., 2007	Ratos Wistar	Tubulização PGA neurotubo (5mm)	n. ciático	Contínuo 780 nm	-	-	5 min por ponto (6 pontos) = 30 min	14 dias consecutivos	Funcional eletrofisiológico morfológico	Positivo
Rochkind et al., 2009	Ratos	In vitro	Culturas de células nervosas	Contínuo 780 nm	-	-	1, 4 e 7 min	1 hora após semeadura	Estatística	Positivo
Gigo-Benato, 2010	Ratos Wistar	Esmagamento e neurorafia termino-terminal	n. ciático	AsGaAl e AsGal contínuo 780 nm	10 J/cm <sup>2</sup>	0,04cm <sup>2</sup>	½ min, 1 min e 2 min	1º dia pós op por 10 dias consecutivos e 1º dia pós op por 10 dias consecutivos por mais 30 dias alternados	Morfométrica Histológica e Funcional	Positivo

Tabela 3 Principais características dos estudos pesquisados

Fonte: Criação do autor da monografia.

Autor	Espécie Animal	Tipo de nervo lesão reparação	Modelo experimental	Tipo de Laser	Tempo de emissão	Densidade de Energia	Área de Feixe	Protocolo de tratamento	Forma de Avaliação	Resultados Efeitos
Gigo-Benato, 2010	Ratos Wistar	Esmagamento e neurorrafia termino-terminal	n. ciático	AsGaAl e AsGaln contínuo 660 nm e 780 nm	½ min, 1 min e 2 min	10 J/cm <sup>2</sup>	0,04cm <sup>2</sup>	1º dia pós op por 10 dias consecutivos e 1º dia pós op por 10 dias consecutivos por mais 30 dias alternados	Morfométrica Histológica e Funcional	Positivo
Belchior, 2006	Ratos Wistar	Esmagamento	n. ciático	AsGaAl contínuo 660 nm	96,7 s	4 J/cm <sup>2</sup>	0,63 cm <sup>2</sup>	1º dia pós op. por 20 dias consecutivos	Funcional	Positivo
Reis, 2006	Ratos Wistar	Neurorrafia término-terminal	n. ciático	AsGaAl 660 nm	96,7 s	4 J/cm <sup>2</sup>	0,63 cm <sup>2</sup>	1º dia pós op. por 20 dias consecutivos	Funcional	Positivo
Reis et al., 2008	Ratos Wistar	Neurorrafia término-terminal	n. ciático	AsGaAl contínuo 660 nm	96,7 s	J/cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	1º dia pós op. por 20 dias consecutivos	Funcional Morfométrica	Negativo Positivo
Barbosa et al., 2010	Ratos Wistar	Esmagamento	n. ciático	AsGaAl contínuo 660 nm	20 s	10 J/cm <sup>2</sup>	0,06 cm <sup>2</sup>	após a cirurgia por 20 dias consecutivos	Funcional	Positivo

Tabela 4 Principais características dos estudos pesquisados

Fonte: Criação do autor da monografia

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. O tecido nervoso periférico é composto por células nervosas que contêm corpo celular, dendritos, axônio recoberto ou não por bainha de mielina e em sua extremidade estão os telodendros que, juntamente com os dendritos, captam e emitem os impulsos nervosos denominados sinapses.
2. O LLLT se caracteriza por ser uma luz de baixa frequência, com comprimentos de onda que variam entre 660nm a 904 nm, atuando no modo contínuo e pulsado, utilizado como recurso terapêutico pelos profissionais da área de saúde em especial pelos fisioterapeutas.
3. A LLLT influencia positivamente na regeneração do tecido nervoso periférico atuando a nível celular mais especificamente sobre a mitocôndria, aumentando a produção de ATP, acelerando o metabolismo, estimulando a replicação e motilidade da célula e auxiliando na manutenção do potencial de membrana.
4. Verificou-se através da literatura pesquisada que a maioria das pesquisas com LLLT apontam resultados positivos na regeneração dos nervos periféricos, melhorando sua capacidade funcional, destacando as aplicações efetuadas no modo contínuo, porém, não existe um padrão em relação aos parâmetros de aplicação não havendo definição quanto ao comprimento de onda, energia emitida, potência do pico, densidade de potência, modo e tempo de aplicação.
5. Sugerem-se novas pesquisas com fins de elucidar as possíveis influências da LLLT na regeneração dos nervos periféricos, de forma a auxiliar na composição de protocolos terapêuticos mais eficazes.

## REFERÊNCIAS

AFFIFI, Adel K. **Neuroanatomia Funcional: Texto e Atlas- 2ª Edição**, São Paulo: Roca, 2007.

ALVES, Wellington dos Santos et al., **Terapia com Laser 670 nm no Tratamento da DPOC experimental em ratos**, 2010. Disponível em: < [www4.uninove.br/ojs/index.php/saude/article/view/2443/1838](http://www4.uninove.br/ojs/index.php/saude/article/view/2443/1838) >. Acesso em: 16 set. 2011.

ANDRAUS, Rodrigo Antonio Carvalho et al., A irradiação local com o laser de baixa potência acelera a regeneração do nervo fibular de ratos. **Acta Ortop. Bras.** 2010; 18(3); 152-7. 2010. Disponível em: < <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IscScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=549196&indexSearch=ID> > . Acesso em: 18 maio. 2011.

ANDRAUS, Rodrigo Antonio Carvalho, **Efeitos da Irradiação a LASER de Baixa Potência na Regeneração do Nervo Fibular Comum do Rato Submetido a Lesão por Esmagamento**, 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências Médicas) Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Disponível em: < [ww.teses.usp.br/teses/.../tde.../Dissertacao\\_Mestrado\\_Definitiva.pdf](http://ww.teses.usp.br/teses/.../tde.../Dissertacao_Mestrado_Definitiva.pdf) >. Acesso em: 05 jun. 2011.

ANNUNCIATO, Nelson F.; OLIVEIRA, CLAUDIA Eunice Neves, **La Influencia de La Terapia sobre los procesos plásticos Del sistema nervioso: teoria e investigación(I)**, Revista de Fisioterapia, vol. 06, nº 1, Junio, 2007. Disponível em: < [www.ucam.edu/revistafisio/numeros/...1.../REVFISIOVOL6N1.pdf](http://www.ucam.edu/revistafisio/numeros/...1.../REVFISIOVOL6N1.pdf) > - Espanha >. Acesso em: 23 jul. 2011.

BARBOSA, Rafael Inácio et al. **Efeito do laser de baixa intensidade (660 nm) na regeneração do nervo isquiático lesado em ratos**. *Fisioter Pesq.* [online]. 2010, vol.17, n.4, pp. 294-299. ISSN 1809-2950. Disponível em: < [http://www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?pid=S180929502010000400002&script=sci\\_arttext](http://www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?pid=S180929502010000400002&script=sci_arttext) >. Acesso em: 18 set. 2011.

BELCHIOR, Ana Carulina Guimarães **Estudo da Influência da Aplicação do Laser de Baixa Potência Arsenieto de Gálio e Alumínio (660 Nm) Sobre a Recuperação Funcional E Morfológica do Nervo Ciático de Ratos após Lesão por Esmagamento**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2006. Disponível em: < [biblioteca.univap.br](http://biblioteca.univap.br) > Acesso em: 07 jul. 2011.

BORATO, Emerson et al, **Avaliação Imediata da Dor e Edema em Lesão Muscular Induzida por Formalina Tratada com Laser 808 nm**, *Rev. Bras. Med. Esporte*- vol. 14 n 5- Set/Out, 2008. Disponível em:<[www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517)>. Acesso em: 15 set. 2011.

BOURGUIGNON FILHO, Aguimar De Matos et al., Utilização do Laser de Baixa Intensidade no Processo de Cicatrização Tecidual. Revisão de Literatura. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial*. V. 46, n 1, 2005. Disponível em:< [spemd.pt/uploads/rev/rev\\_pdf/46\\_1/artigo5.pdf](http://spemd.pt/uploads/rev/rev_pdf/46_1/artigo5.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2011.

BRITO, Ana Flora Souza de. **Diferentes Doses de Laser no Tratamento Neural após Compressão Experimental do Nervo Ciático de Ratos Submetidos a Hipocinesia dos Membros Pélvicos**. Dissertação (Magister Scientiae) Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2010. Disponível em:< <ftp://ftp.bbt.ufv.br/teses/medicina%20veterinaria/2010/235003f.pdf> >. Acesso em: 07 jul. 2011.

BRUGGMANN, Karin et al. **Fisioterapia em Neurologia**, Editora Santos, São Paulo, 2008.

BUERGER, C. et al. **Efeitos da laserterapia de baixa potência sobre os processos de regeneração do tecido nervoso periférico**, 2003. Disponível em: < [www.clinicaverri.com.br/\\_conteudo/regeneracaonervosperifericos.pdf](http://www.clinicaverri.com.br/_conteudo/regeneracaonervosperifericos.pdf) >. Acesso em 19 maio. 2011.

BURNETT, Mark G.; Zager, ERIC L. PATHOPHYSIOLOGY OF PERIPHERAL NERVE INJURY: A BRIEF REVIEW. **Neurosurg.Focus/Volume** 16/May, 2004. Disponível em: <[www.medscape.com/viewarticle/480071](http://www.medscape.com/viewarticle/480071) >. Acesso em: 23 jun. 2011.

BUSNARDO, Viviane L.; SIMÕES, Maria L.P.Biondo., **Os efeitos do laser hélio-neônio de baixa intensidade na cicatrização de lesões cutâneas induzidas em ratos**, 2010. Disponível em: <[www.scielo.br/pdf/rbfis/v14n1/08.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rbfis/v14n1/08.pdf) >. Acesso em: 12 abril. 2011.

CÂMARA, Cibele Nazaré da Silva et al., Histological analysis of low-intensity laser therapy effects in peripheral nerve regeneration in Wistar rats, **Acta Cirúrgica Brasileira** – Vol. 26 (1) 2011. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21271198>>. Acesso em: 25 set. 2011.

CANDIOTTO, Kleber Bez Birolo- **METÁFORAS E MODELOS DA MENTE: DAS TEORIAS DO SÉCULO XX À TEORIA MODULAR DE JERRY FODOR** O Estatuto

Epistemológico das Metáforas e Modelos em Filosofia Da Mente, Tese (Doutorado em Filosofia) Universidade Federal de São Carlos-UFSCar, 2008. Disponível em: <[www.btdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado.../1877.pdf](http://www.btdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado.../1877.pdf) >. Acesso em 23 jun. 2011.

CHAVES, Jeferson Figueiredo, **Síntese de estruturas bio-inspiradas baseada em redes de neurônios pulsantes**, Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática Computacional). Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2007. Disponível em: <[www.mmc.cefetmg.br/info/.../D033-JefersonFigueiredoChaves.pdf](http://www.mmc.cefetmg.br/info/.../D033-JefersonFigueiredoChaves.pdf) > Acesso em: 14 jul. 2011.

CORRÊA, Katren Pedroso, **VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO LASER DE BAIXA POTÊNCIA, AsGaAl, 830 nm, EM ÚLCERA DE PRESSÃO DE PACIENTE PORTADOR DE SEQUÉLA DE TRAUMATISMO RAQUIMEDULAR** Estudo de caso, 2003. Disponível em: <[www.unioeste.br](http://www.unioeste.br) >. Acesso em 16 set. 2011.

ENDO, Cristina et al., **LOW-POWER LASER THERAPY ACCELERATES PERIPHERAL NERVES' REGENERATION**, 2008. Disponível em: <[www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413...](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413...) > Acesso em 20 mai. 2011.

ENDO, Cristina, **Estudo dos efeitos do tratamento com laser num modelo experimental de lesão nervosa por esmagamento do nervo ciático em ratos**. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, São Paulo, 2002. Disponível em: <[www.teses.usp.br/disponiveis/82/82131/tde-07012003-094656/](http://www.teses.usp.br/disponiveis/82/82131/tde-07012003-094656/)>. Acesso em 26 set. 2011.

FERREIRA, Márcio Antonio. **Efeitos do laser de baixa intensidade no processo de cicatrização em ratos jovens e idosos**: estudo morfométrico e morfológico, 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) UNIVERSIDADE JOSÉ DO ROSÁRIO VELLANO- UNIFENAS. Disponível em: <[http://www.tede.unifenas.br/tde\\_busca/processaArquivo.php?codArquivo=22](http://www.tede.unifenas.br/tde_busca/processaArquivo.php?codArquivo=22)>. Acesso em 04 maio. 2011.

FRONZA, Bruna Rodrigues. **Efeito da laserterapia no funcionamento da glândula tireóide**: estudo em coelhos, Tese (Doutorado em Odontologia). Fac. de Odontologia, PUCRS. 2009. Disponível em: <[http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select\\_action=&co\\_obra = 175922](http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra = 175922) >. Acesso em 10 maio. 2011.

FUKUDA, Thiago Yukio; MALFATTI, CA Análise da dose do laser de baixa potência em equipamentos nacionais. **Rev. Bras. Fisioter**, São Carlos, v.12, n 1, p. 70-4, jan./fev. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbfis/v12n1/13.pdf> >. Acesso em: 10 set. 2011.

GIGO-BENATO, Davilene **Análise da Regeneração do Nervo Isquiático de Ratos em Lesões Moderadas e Graves sob ação do Laser de Baixa Intensidade**, 2010. Tese (Doutorado em Fisioterapia), Universidade Federal de São Carlos. Disponível em: <<http://www.academicoo.com/tese-dissertacao/analise-da-regeneracao-do-nervo-isquiatico-de-ratos-em-lesoes-moderadas-e- Graves-sob-acao-do-laser-de-baixa-intensidade>>. Acesso em: 09 jul. 2011.

GONÇALVES, Renata Batagini et al Efeito da aplicação do laser de baixa potência na regeneração do nervo isquiático de ratos. **Fisioterapia e Pesquisa**, São Paulo, v.17, n.1, p.34-9, jan/mar. 2010. Disponível em: <[www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?pid=S1809](http://www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?pid=S1809)>. Acesso em 03 mai.2011.

GRECCO, Marco Aurélio Sertório et al., Estudo da regeneração nervosa em nervos tibiais de ratos Wistar utilizando o Fluoro-Gold como marcador neuronal. **ACTA ORTOP BRAS** 11(4) - OUT/DEZ, 2003. Disponível em:<[www.scielo.br/pdf/aob/v11n4/17788.pdf](http://www.scielo.br/pdf/aob/v11n4/17788.pdf)>. Acesso em: 27 maio. 2011.

KAHN, Joseph. **Princípios e prática de eletroterapia**, 4 ed, Santos, São Paulo, SP, 2001.

KITCHEN, Sheila- **Eletroterapia: Prática baseada em evidências- Cap. 12 p. 171-187. 11 Ed., Manole, Barueri, São Paulo, 2003.**

KOKA, Rahul; HADLOCK, Tessa A. Qualification of Funtional Recovery Following Rat Sciatic Nerve Transection. **Experimental Neurology** 168, 192-195, 2001. Disponível em:<<http://www.idealibrary.com>>. Acesso em: 06 jul. 2011.

LOPES, Ana C. Polli et al., Aspéctos Moleculares da Transmissão Sináptica. **MEDICINA-** Ribeirão Preto 32: 167-188, abr./jun. 1999. Disponível em:<<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=272867&indexSearch=ID>>. Acesso em: 22 set. 2011.

LOW, John- **Eletroterapia Explicada** princípios e prática, Cap. 14, p. 389- 407. 1 Ed. bras., Manole, Barueri, São Paulo, 2001.

MAHMUD, Mahmud Ahmad Ismail, **tensão neural na síndrome do túnel do carpo: relação entre o teste de provocação de tensão neural e o estudo de condução nervosa em pacientes sintomáticos, encaminhados para eletrodiagnóstico**, 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências Médicas, Epdemiologia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: < [www.bibliotecadigital.ufrgs.br](http://www.bibliotecadigital.ufrgs.br)> Acesso em: 21 jul. 2011.

MARCOLINO, Alexandre Marcio et al.,- Low intensity laser (830 nm) na recover of the sciatic nerve in rats, **Acta ortop. Bras.**vol.18 n 4 São Paulo, 2010.Disponível em:<[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S141378522010000400007&script=sci\\_artt\\_ext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S141378522010000400007&script=sci_artt_ext)>. Acesso em: 18 set. 2011.

MENDONÇA, Gisele Bonifácio Mendes. **Efeitos Terapêuticos do Laser de Baixa Potência na Regeneração de Nervos Periféricos** (Revisão de Literatura), 2009. Disponível em: < [www.ufg.br/this2/uploads/files/66/Giselle\\_Mendonca\\_1c.pdf](http://www.ufg.br/this2/uploads/files/66/Giselle_Mendonca_1c.pdf)> . Acesso em 01 maio. 2011.

MONTE-RASO, Vanessa Vilela et al., **Can therapeutic ultrasound influence the regeneration of peripheral nerves?**, 2004. J Neurosci Methods., 2005. Disponível em:< <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15698658> >. Acesso em: 08 jun. 2011.

MOREIRA, Olga Sueli Marques **Efeito do laser de baixa Intensidade sobre a Regeneração do Músculo Esquelético Em Camundongos Através da Análise de Expressão Gênica com Branched de DNA (bDNA)**. Tese (Doutorado em Fisioterapia) Universidade Federal de São Carlos, 2008. Disponível em: < [http://www.btdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado//tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=1917](http://www.btdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1917)> Acesso em 30 abr. 2011.

MUELLER, Suzana Fabíola- **Regeneração axonal proveniente de nervo intacto para nervo parcialmente lesado utilizando neurorrafia término lateral**- trabalho experimental no plexo braquial de ratos, Tese (Doutorado em Bases Gerais da Cirurgia) Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Botucatu, São Paulo, 2008.Disponível em:<[www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/.../mueller\\_sf\\_dr\\_botfm.pdf](http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/.../mueller_sf_dr_botfm.pdf)>. Acesso em 12 jun. 2011.

NAKAJIMA, Edgar Kazuyoshi- **Avaliação da Eficácia do Laser em Baixa Intensidade de 808nm no Tratamento da Deficiência Neurosensorial pós Cirurgias Orais**. Dissertação (Mestrado em Lasers na Odontologia) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em:<<https://www.ipen.br/.../200905061154300>. ..>. Acesso em: 20 set. 2011.

NOVAK, Eduardo Murilo, **Estudo Histomorfométrico da Cicatrização e Regeneração em Nervos Isquiáticos de Ratos Submetidos A Deslizamento Epineural do Coto Distal e Sutura Microcirúrgica Término-Terminal**, Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2007. Disponível em: <<http://www.dspace.c3sl.ufpr.br>> Acesso em: 14 jul. 2011.

OLIVEIRA, Larissa Salgado- **Regeneração nervosa e recuperação funcional após eletroestimulação muscular e exercício de natação na fase aguda da axoniotmese**, Dissertação (Mestrado em Avaliação e Intervenção Fisioterapêutica) Universidade Metodista de Piracicaba, São Paulo, 2008. Disponível em: <<https://www.unimep.br/phpg/bibdig/aluno/down.php?cod=401>> Acesso em: 18 jul. 2011.

OLIVEIRA, Murilo Xavier **Efeitos da Terapia Led de Baixa Intensidade em Tendinite em Modelo Experimental**, Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, São Paulo, 2009. Disponível em: <[biblioteca.univap.br/dados/000002/000002D5.pdf](http://biblioteca.univap.br/dados/000002/000002D5.pdf)>. Acesso em: 21 jul. 2011.

OLIVEIRA, Tiago Henrique Soares. **Efeito da terapia com laser de 830 nm**, operando em baixa potência sobre o processo de reparação neuronal em ratos, Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, São Paulo, 2006. Disponível em: <[http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2009/anais/.../0697\\_0848\\_01.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2009/anais/.../0697_0848_01.pdf)>. Acesso em 15 maio. 2011.

REIS Filipe Abdalla **Análise da influência do laser de baixa potencia arsenieto de gálio e alumínio (660nm) sobre a recuperação funcional e morfológica do nervo ciático de ratos após lesão por neurotmese seguida de anastomose epineural**, Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, São Paulo, 2006. Disponível em: <[biblioteca.univap.br/dados/000001/000001BA.pdf](http://biblioteca.univap.br/dados/000001/000001BA.pdf)>. Acesso em: 03 abr. 2011.

REIS, Filipe Abdalla et al. **Effect of gallium-aluminum-arsenide laser therapy (660Nm) on recovery of the sciatic nerve in rats following neurotmesis lesion and epineural anastomosis: functional analysis**, Rev Bras Fisioter, São Carlos, v. 12, n. 3, p. 215-21, may/june 2008. Disponível em: <[www.scielo.br/pdf/rbfis/v12n3/en\\_a09v12n3.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rbfis/v12n3/en_a09v12n3.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2011.

ROCHA, Jose Carlos Tamatsu. **Terapia Laser, Cicatrização Tecidual e Angiogenese**, **Revista Brasileira em Promoção da Saude**, 17 (1) 44-48, 2004. Disponível em: <[redalyc.uaemex.mx/pdf/408/40817209.pdf](http://redalyc.uaemex.mx/pdf/408/40817209.pdf)>. Acesso em 15 maio.2011.

ROCHKIND, Shimon **Phototherapy in peripheral nerve injury: effects on muscle preservation and nerve regeneration**, **International Review of Neurobiology**. v.87,p.445-64, 2009b. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19682654>>. Acesso em: 23 set. 2011.

ROCHKIND, Shimon. et al., **Increase of Neuronal Sprouting and Migration Using 780 nm Laser Phototherapy as Procedure for Cell Therapy, Lasers in Surgery and Medicine** 41:277–281, 2009a. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19347939>>. Acesso em: 24 set. 2011.

ROCHKIND, Shimon. et al., Laser Phototherapy (780 Nm), a New Modality in Treatment of Long-Term Incomplete peripheral nerve injury: A Randomized Double-Blind Placebo-Controlled Study, **Photomedicine and Laser Surgery** Vol. 25, n 5, 2007b. Mary Ann Liebert, Inc p. 436-442. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17975958>>. Acesso em: 22 set. 2011.

ROCHKIND, Shimon. et al., Efficacy of 780-nm Laser Phototherapy on Peripheral Nerve Regeneration after Neurotube Reconstruction Procedure ( Double-Blind Randomized Study), **Photomedicine and Laser Surgery** Vol. 25, n 3, 2007a. Mary Ann Liebert, Inc p. 137-143. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17603852>>. Acesso em: 22 set. 2011.

SALGADO, José Fernando Mendes **Avaliação da Velocidade do Processo de Regeneração Óssea Primária, Conjugando a Técnica de Regeneração Óssea Guiada com Membrana de Colágeno Aniônico e Terapia Laser de Baixa Potência**. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, São Paulo, 2002. Disponível em: <[biblioteca.univap.br/dados/000000/00000002.pdf](http://biblioteca.univap.br/dados/000000/00000002.pdf)>. Acesso em: 09 mar. 2011.

SÁNCHEZ, Maria Elena Canales El láser de media potencia y sus aplicaciones em medicina. **Plasticidad e Restauración Neurológica**, Distrito Federal do México, v. 6, n. 1, p. 45-53, 2007. Disponível em: <[www.medigraphic.com/pdfs/.../prn071\\_2g.pdf](http://www.medigraphic.com/pdfs/.../prn071_2g.pdf)>. Acesso em: 11 Set. 2011.

SERPA, RENATA DE FARIA BARBOSA- **Análise multielementar de tecidos cerebrais através da microfluorescência de raios x e de fluorescência de raio x por reflexão total**, 2007. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Nuclear) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2007. Disponível em: <<http://www.nuclear.ufrj.br/DScTeses/Renata/tese.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2011.

SILVA, Andréia Maria **Regeneração nervosa e recuperação funcional após estimulação elétrica de alta voltagem**. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia, Área de concentração: Intervenção Fisioterapêutica) Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, São Paulo, 2009. Disponível em: <<https://www.unimep.br/phpg/bibdig/aluno/down.php?cod=531>>. Acesso em: 25 jul. 2011.

SILVA, Carolina Kruleske; CAMARGO, Edson Amaral. Mecanismos Envolvidos na Regeneração De Lesões Nervosas Periféricas. **Revista Saúde e Pesquisa**, v. 3, n. 1, p. 93-98, jan/abr. 2010. Disponível em: <[www.cesumar.br/pesquisa/periodicos/index.php/saudpesq/.../1392](http://www.cesumar.br/pesquisa/periodicos/index.php/saudpesq/.../1392)>. Acesso em: 09 mar. 2011.

SIQUEIRA, Rinaldo. Lesões nervosas periféricas: uma revisão **Rev Neurocienc**;15/3:226–233, 2007. Disponível em: <[www.revistaneurociencias.com.br/.../Pages%20from%20RN%2015%...](http://www.revistaneurociencias.com.br/.../Pages%20from%20RN%2015%...)>. Acesso em: 18 jul. 2011.

SOUSA, Fausto Fernandes de Almeida et al. Influência da irradiação do laser na regeneração nervosa em diferentes locais de tratamento, 2008. **Acta Ortop Bras**. 2009; 17(6):331-5 Disponível em: <[www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413...](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413...)>. Acesso em: 30 abr. 2011.

TILLVITZ, Carlise; Silva, Diego Sá Guimarães, **Análise Comparativa dos Efeitos da Laserterapia de Baixa Potência e Ultra-Som Terapêutico sobre os Processos de Regeneração Nervosa Periférica em Ratos Wistar**, 2009. Disponível em: <<http://www.unama.br>> Acesso em 12 maio. 2011.

TOMAZINI, Ana Paula Inoe, **Efeito do laser terapêutico de baixa potência no gânglio da raiz dorsal L5 de camundongos submetidos ao esmagamento do nervo ciático**, 2011. *Bras. J. Vet. Anim. Sci.*, São Paulo, v. 48, n 1, p. 54-61, 2011, Disponível em: <[www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?pid=S1413...script=sci...](http://www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?pid=S1413...script=sci...)> Acesso em: 18 set. 2011.

VIEIRA, Sandra Aparecida Luiz. **Efeito do laser de baixa potência na cicatrização de feridas cutâneas experimentais**, 2006. Dissertação (Mestrado em Promoção de Saúde)- Universidade de Franca, Franca, São Paulo. Disponível em: <[www.promocaodesaude.unifran.br/.../SANDRA\\_APARECIDA\\_LUIZ...](http://www.promocaodesaude.unifran.br/.../SANDRA_APARECIDA_LUIZ...)>. Acesso em: 15 set. 2011.

VIOTT, Aline de Marco- **Os nervos periféricos e suas alterações neoplásicas**. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2006. Disponível em: <[coralx.ufsm.br/ppgm/v/Aline\\_de\\_marco.pdf](http://coralx.ufsm.br/ppgm/v/Aline_de_marco.pdf)>. Acesso em 13 jun. 2011.