

**UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA  
INSTITUTO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO**

**Sidney Kazuyuki Sato**

**“Efeito do laser de arseneto de gálio (AsGa-904 nm) na tolerância e  
limiar de dor avaliado através da algometria de pressão”**

**São José dos Campos-SP**

**2006**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**SIDNEY KAZUYUKI SATO**

**“Efeito do laser de arseneto de gálio (AsGa-904 nm) na tolerância e limiar de dor avaliado através da algometria de pressão”**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia da Universidade do Vale do Paraíba, como complementação dos créditos necessários para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica.

**Orientador: Prof. Dr. Landulfo Silveira Júnior**

**São José dos Campos-SP**

**2006**

S266e

Sato, Sidney Kazuyuki

Efeito do laser de arseneto de gálio (AsGa-904 nm) na tolerância e limiar de dor avaliado através da algometria de pressão / Sidney Kazuyuki Sato. São José dos Campos, 2006.

1 disco laser, color

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba, 2006.

1. Terapia laser de baixa intensidade 2. Lasers de Arseneto de Gálio  
3. Limiar da Dor I. Silveira Junior, Landulfo, Orientador II. Título

CDU: 616

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, por processo fotocopiadores ou transmissão eletrônica, desde que citada a fonte.

Assinatura do aluno: 

Data: 11/12/2006

**“EFEITO DO LASER DE ARSENETO DE GÁLIO (AsGa-904nm) NA TOLERÂNCIA E LIMIAR  
DE DOR AVALIADO ATRAVÉS DA ALGOMETRIA DE PRESSÃO”**

Sidney Kazuyuki Sato

Banca Examinadora:

Prof. Dr. **MARCIO MAGINI** (UNIVAP)

Prof. Dr. **LANDULFO SILVEIRA JUNIOR** (UNIVAP)

Prof. Dr. **ALBERT SCHIAVETO DE SOUZA** (UCDB)

Prof. Dr. Marcos Tadeu Tavares Pacheco

Diretor do IP&D – UniVap

***Dedico esta dissertação a todos aqueles que me ajudaram a não desistir de chegar até aqui... Especialmente você, Marina.***

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Professor Landulfo Silveira Júnior pelos ensinamentos transmitidos ao longo do curso e pelo apoio nesta fase difícil.

Aos meus colegas de mestrado, pela troca de informações e apoio mútuo.

Ao Coordenador do Curso de Fisioterapia do ICG Prof. José Celso Rocha Martins Júnior por ter permitido a condução desta pesquisa no laboratório da Instituição.

À Professora Maristela Ferreira de Lima pelas suas dicas nesta dissertação.

Aos acadêmicos Rosilene Silva e Robson Vilhalba do curso de fisioterapia do ICG que me ajudaram muito na coleta dos dados.

À técnica de laboratório Lucimar por ter sido sempre muito solícita e pela organização impecável do laboratório onde ocorreu esta pesquisa.

À Professora Juliana Maria Silva de Rezende Valle pelo apoio e amizade, mesmo a distância.

A todos os acadêmicos, funcionários e professores do ICG que participaram como voluntários nesta pesquisa.

A todos os funcionários do IPD-UNIVAP especialmente a Dona Ivone, Valéria e Rúbia.

Aos professores Márcio Magini (UNIVAP) e Albert Schiaveto (UCDB) pelas correções e sugestões nesta dissertação.

A todos os professores da UNIVAP.

Aos meus pais *in memoriam*.

“Efeito do laser de arseneto de gálio (AsGa-904 nm) na tolerância e limiar de dor avaliado através da algometria de pressão”

## RESUMO

O uso da terapia laser de baixa potência no alívio da dor é motivo de controvérsias dentro da fisioterapia. Os objetivos desta pesquisa foram avaliar o efeito do laser de baixa potência de 904 nm (AsGa) em indivíduos saudáveis utilizando a algometria de pressão e também, avaliar a existência de uma equivalência intra-individual e inter-individual nos valores de algometria nos sujeitos pesquisados. Os indivíduos foram distribuídos em dois grupos, laser ativo e laser placebo sendo submetidos aos experimentos. Foram realizadas medidas de algometria nos indivíduos de todos os grupos. Concluiu-se que o efeito do laser sobre o limiar de dor foi eficaz, enquanto que o mesmo não ocorreu em relação à tolerância dolorosa; além disso, verificou-se a viabilidade do uso da algometria para avaliar objetivamente os casos de dor.

**Palavras-chave:** laser de AsGa, terapia com laser de baixa potência , algometria, dor.

## **ABSTRACT**

The use of laser therapy in pain relief is still controversy in physical therapy. The aim of this research was to evaluate the low level laser effect (904 nm- AsGa) in healthy individuals using pressure algometry and also to evaluate the existence of an intraindividual and an interindividual equivalence in algometry values in the individuals. The individuals were divided in two groups, active laser and sham laser and they were submitted to the experiments. Algometry measures were performed in all individuals of all groups. We concluded that laser effect over pain threshold was effective while the same did not occur related to painful tolerance; besides, we have verified the viability of algometry use to objective evaluate pain cases.

**Key-words:** AsGa laser, Low level laser therapy, algometry, pain.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Algômetro de pressão.....	25
Figura 2-Laboratório de recursos terapêuticos.....	42
Figura 3-Medida do limiar de dor na tíbia.....	45
Figura 4-Medida da tolerância à dor no músculo deltóide.....	46
Figura 5-Irradiação laser sobre a tíbia.....	47
Figura 6-Irradiação laser sobre o deltóide.....	47
Figura 7-Laser, algômetro e óculos de proteção para o laser.....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Médias e desvios padrão para o limiar de dor à pressão nos dois grupos antes da irradiação laser.....	51
Tabela 2-Médias e desvios padrão para o limiar de dor à pressão entre a tíbia direita e esquerda dos indivíduos antes da irradiação laser.....	52
Tabela 3-Médias e desvios padrão observados antes e após a irradiação do laser ativo na tíbia direita.....	53
Tabela 4-Médias e desvios padrão observados antes e após a irradiação do laser placebo na tíbia direita.....	54
Tabela 5-Médias e desvios padrão observados nos grupos laser ativo e laser placebo na tíbia direita.....	55
Tabela 6-Médias e desvios padrão para a tolerância à dor à pressão nos dois grupos antes da irradiação laser.....	56
Tabela 7-Médias e desvios padrão para a tolerância à dor à pressão entre o deltóide direito e esquerdo dos indivíduos antes da irradiação laser.....	57
Tabela 8-Médias e desvios padrão observados antes e após a irradiação do laser ativo no deltóide direito.....	58
Tabela 9-Médias e desvios padrão observados antes e após a irradiação do laser placebo no deltóide direito.....	59
Tabela 10-Médias e desvios padrão observados nos grupos laser ativo e laser placebo no músculo deltóide.....	60

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1-Distribuição dos valores de algometria, médias e desvios padrão quanto ao limiar de dor à pressão na tíbia direita para os indivíduos dos dois grupos analisados.....	51
Gráfico 2-Distribuição dos valores de algometria, médias e desvios padrão quanto ao limiar de dor à pressão na tíbia direita e esquerda.....	52
Gráfico 3-Distribuição dos valores de algometria, médias e desvios padrão antes e após a aplicação do laser ativo na tíbia direita.....	53
Gráfico 4-Distribuição dos valores de algometria, médias e desvios padrão antes e após a aplicação do laser placebo na tíbia direita .....	54
Gráfico 5-Distribuição dos valores de algometria, médias e desvios padrão nos grupos laser ativo e laser placebo irradiados na tíbia.....	55
Gráfico 6-Distribuição dos valores de algometria, médias e desvios padrão quanto à tolerância à dor no músculo deltóide direito para os indivíduos dos dois grupos analisados.....	57
Gráfico 7-Distribuição dos valores de algometria, médias e desvios padrão quanto a tolerância à dor à pressão no músculo deltóide direito e esquerdo.....	58
Gráfico 8-Distribuição dos valores de algometria, médias e desvios padrão antes e após a aplicação do laser ativo no deltóide direito.....	59
Gráfico 9-Distribuição dos valores de algometria, médias e desvios padrão antes e após a aplicação do laser placebo no músculo deltóide direito.....	60
Gráfico 10-Distribuição dos valores de algometria, médias e desvios padrão nos grupos laser ativo e laser placebo irradiados no músculo deltóide.....	61

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AlGaInP:	Alumínio Gálio Índio e Fósforo
AsGa:	Arseneto de Gálio
AsGaAl:	Arseneto de Gálio e Alumínio
cm:	Centímetro
cm <sup>2</sup> :	Centímetro quadrado
Ca <sup>2+</sup> :	Íons cálcio
CO <sub>2</sub> :	Dióxido de carbono
DNA:	Ácido desoxirribonucléico
DORT:	Distúrbio Ósteomuscular Relacionado ao Trabalho
EAV:	Escala Analógica Visual
F:	Freqüência
Hb:	Hemoglobina
HbO <sub>2</sub> :	Dioxihemoglobina
He-Ne:	Hélio Neônio
Hz:	Hertz
J:	Joule
J/cm <sup>2</sup> :	Joule por centímetro quadrado
Kg/cm <sup>2</sup> :	Kilograma por centímetro quadrado
LASER:	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
Lb:	Libra
LTBP:	Laser Terapia de Baixa Potência
m/s:	Metro por segundo
µm:	Micrômetro
mW:	Miliwatt
mW/cm <sup>2</sup> :	Miliwatt por centímetro quadrado
nm:	Nanômetro
ns:	Nanosegundo
SNC:	Sistema Nervoso Central
UV:	Ultravioleta
W:	Watt

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO.....	15
CAPÍTULO 2- REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 Sistemas sensoriais periféricos.....	17
2.1.1 Mecanorreceptores.....	19
2.1.2 Nociceptores.....	20
2.1.3 Fotorreceptores.....	22
2.2 Algometria de Pressão.....	25
2.3 Laser .....	29
2.3.1 A natureza física da radiação laser.....	30
2.3.2 Interação laser tecido biológico.....	31
2.3.3 Laser de baixa potência e dor.....	33
CAPÍTULO 3 - OBJETIVO GERAL.....	40
3.1 Objetivos específicos.....	40
CAPÍTULO 4- CASUÍSTICA E MÉTODOS.....	41
4.1 Procedimentos experimentais.....	42
4.2 A técnica de medida através da algometria de pressão.....	45
4.3 A técnica de irradiação laser.....	46

4.4 Tratamento estatístico.....	49
<b>CAPÍTULO 5- RESULTADOS.....</b>	<b>50</b>
5.1 Análise estatística do limiar de dor na tíbia.....	50
5.2 Análise estatística da tolerância à dor no músculo deltóide.....	56
<b>CAPÍTULO 6- DISCUSSÃO .....</b>	<b>62</b>
<b>CAPÍTULO 7- CONCLUSÃO .....</b>	<b>71</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>72</b>
<b>APÊNDICE A-Ficha de avaliação para triagem dos voluntários.....</b>	<b>79</b>
<b>APÊNDICE B- Termo de consentimento livre e esclarecido.....</b>	<b>81</b>
<b>APÊNDICE C- Autorização para a realização da pesquisa pela Instituição.....</b>	<b>83</b>
<b>APÊNDICE D- Especificações técnicas do laser de AsGa-904 nm.....</b>	<b>84</b>
<b>APÊNDICE E- Especificações técnicas do algômetro de pressão.....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXO A-Parecer do Comitê de Ética.....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXO B- Relatório de calibração do laser.....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXO C-Certificado de calibração do algômetro.....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXO D-Termo de garantia de manutenção do Laser.....</b>	<b>90</b>

## CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO

A Laser Terapia de Baixa Potência (LTBP) é aplicada clinicamente desde o final dos anos de 1960 e princípio dos anos de 1970 (BAXTER, 2003) com resultados conflitantes quanto à sua eficácia no alívio da dor, como relatado nos trabalhos de Altan *et al* (2005); Basford *et al* (1998); De Bie *et al* (1998); Gur *et al* (2002) e Sharma *et al* (2002).

Segundo Aires (1999), a natureza subjetiva da dor torna complexa a sua investigação experimental, bem como sua abordagem clínica. Na literatura são citados métodos de mensuração deste fenômeno sensitivo como as escalas analógicas visuais (EAV), os questionários de dor e a algometria de pressão (FERRANTE *et al*, 2005).

Segundo Marques *et al* (2005), a algometria é um método objetivo de se medir o limiar de dor num ponto específico do corpo através do algômetro. Este aparelho mede a pressão aplicada na superfície corporal no momento em que o estímulo começa a gerar dor no indivíduo.

A algometria tem sido aplicada na avaliação dos efeitos de drogas analgésicas e antiinflamatórias como mostram os trabalhos de Egan *et al* (2004); Kern *et al* (2004); Tucker *et al* (2005); para comparar o efeito de diversos tratamentos de fisioterapia segundo Edwards e Knowles (2003), e para caracterizar a dor nos indivíduos com doenças ocupacionais de acordo com Poletto *et al* (2004).

O uso da algometria pode ser associado a outros métodos de avaliação da dor, como as escalas semântica e numérica e a palpação manual como descrito por Poletto *et al* (2004).

Pretendeu-se com esta pesquisa avaliar o efeito imediato do laser de baixa potência de Arseneto de Gálio (AsGa) com comprimento de onda de 904nm, na tolerância e limiar de dor em indivíduos saudáveis usando como instrumento de avaliação a algometria de pressão.

A revisão de literatura para esta dissertação abordou os aspectos relacionados à fisiologia dos receptores de pressão e dor, uma vez que estas estruturas anatômicas estão diretamente relacionadas com a identificação do limiar e da tolerância dolorosas. Abordaram-se também os mecanismos de ativação dos receptores de luz em função da estimulação laser usada nesta pesquisa.

No capítulo 2.2 sobre a algometria, foram relatados os artigos na literatura onde este instrumento de avaliação foi empregado de forma clínica, em estudos randomizados controlados.

O capítulo 2.3 sobre laser englobou o histórico, os princípios físicos, a interação laser-tecido e estudos clínicos envolvendo o uso desta terapêutica no controle da dor do sistema músculoesquelético.

## CAPÍTULO 2 - REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Sistemas Sensoriais Periféricos

Os receptores sensoriais são estruturas nervosas anatômicas que recebem estímulos provenientes do ambiente, conduzindo-os até ao Sistema Nervoso Central (SNC) onde são interpretados, produzindo respostas fisiológicas do organismo como, por exemplo, o fechar dos olhos frente a um estímulo luminoso intenso. De acordo com Aires (1999); Berne *et al* (2000); Douglas (2002); Ganong (2000) e King (1999), estes receptores são específicos para estímulos mecânicos, luminosos, térmicos ou de dor.

Willis e Grossman (1981) apud Berne *et al* (2000) classificam os receptores sensoriais em: especiais; relacionados à visão, audição, paladar, olfato e equilíbrio; superficiais; referentes ao tato, pressão, vibração, calor, frio e dor; profundos; ligados à posição, cinestesia, pressão e dor profundas e viscerais, relacionados à fome, náusea, distensão e dor visceral.

De acordo com Berne *et al* (2000) a sensação de toque e pressão é captada pelos denominados *mecanorreceptores* e é obtida através de um estímulo mecânico constante aplicado à pele. Ganong (2000) conceitua a pressão como o tato mantido ou prolongado.

A sensação de vibração ou trepidação resulta das oscilações de objetos em contato com a pele e se origina da ativação simultânea de múltiplos mecanorreceptores, através de estímulos de curta duração, levando a descarga sincronizada entre muitas fibras aferentes (GILMAN, 2002).

Aires (1999) relata a importância da quantidade de receptores sensoriais ativados em relação à intensidade de uma pressão aplicada na pele, afirmando que

pressões mais intensas recrutam mais neurônios, além de provocar um aumento na frequência de descarga dos neurônios já ativos.

As sensações dolorosas são captadas pelos nociceptores ou terminações nervosas livres e atingem o SNC através das fibras A delta mielinizadas, possuindo de 2 a 5 $\mu$ m de espessura com uma velocidade de condução de 12 a 30m/s. As fibras C, não mielinizadas, possuem espessura de 0,4 a 1,2 $\mu$ m e conduzem os impulsos nervosos numa velocidade de 0,5 a 2m/s. A dor rápida é transmitida através das fibras nervosas do tipo A delta enquanto que a dor lenta utiliza as fibras do tipo C. Craig e Rollman (1999) relatam que essas fibras possuem limiar elevado, significando que precisam de estímulos de intensidade alta para ser estimuladas.

Os mecanorreceptores e os nociceptores são os principais receptores sensoriais do sistema músculo-esquelético, estando distribuídos por toda a superfície corporal e em tecidos fibrosos como os músculos (BERNE *et al*, 2000; GANONG, 2000).

Aires (1999) e Martin (2005) conceituam o termo adaptação como a resposta de um neurônio sensorial para um estímulo de duração constante. Em relação a este conceito, existem dois tipos de receptores: os de adaptação lenta que são adequados para sinalizar a duração do estímulo e respondem de forma contínua a uma estimulação persistente e os receptores de adaptação rápida que respondem prontamente, constituindo detectores transitórios, sendo capazes de identificar o início e o fim de um estímulo apenas.

O campo receptivo é uma zona periférica localizada na superfície corporal a partir de onde se iniciam potenciais de ação que vão estimular um determinado neurônio localizado no SNC. Como exemplo, a palma da mão possui um campo receptivo bem delimitado, conseguindo identificar objetos de diferentes formas

através do tato (AIRES, 1999; BERNE *et al*, 2000; DOUGLAS, 2002; GANONG, 2000). Os campos receptivos pequenos permitem um maior grau de discriminação, ou seja, seu tamanho está inversamente relacionado com a capacidade de discriminação. Segundo Craig e Rollman (1999), existem receptores de adaptação lenta e rápida com campos receptivos de tamanhos variados.

### **2.1.1 Mecanorreceptores**

Os receptores mecânicos relacionados ao tato, pressão ou vibração da pele e tecidos fibrosos são excitados através de deformações físicas e sua classificação se baseia de acordo com a morfologia e com a intensidade do estímulo a que são submetidos, podendo ser diferenciados da seguinte maneira:

- **Corpúsculos de Meissner:** são estimulados através da deformação do epitélio, através de toques de baixa intensidade, captando o tato ou pressão leve. Estão localizados entre a derme e a epiderme e são classificados como receptores de adaptação lenta, possuindo campos receptivos pequenos, sendo adaptados para encontrar resolução espacial baseado no pequeno tamanho do campo, ou seja, respondendo apenas a forças locais (MACEFIELD, 2005). Dominy, Hoffmann e Montag (2004) referem que os corpúsculos de Meissner respondem também a estímulos vibratórios detectando a fricção ou deformação na superfície externa da epiderme.
- **Corpúsculos de Pacini:** segundo Ganong (2000), estão localizados na pele, músculos, articulações e tecidos subcutâneos. São receptores de adaptação lenta com campos receptivos grandes (MARTIN, 2005), sendo ativados por pressões deformantes da pele ou mucosa, respondendo também a estímulos vibratórios de acordo com Ganong (2000) e Gilman (2002).

- Discos de Merkel: estão localizados entre a epiderme e a derme sendo classificados como receptores de adaptação lenta, possuindo campo receptivo pequeno, apropriados para o tato fino e respondem à estimulação de intensidade constante (AIRES, 1999; GANONG, 2000; GILMAN, 2002; MACEFIELD, 2005; MARTIN, 2005). Os discos de Merkel também respondem à pressão e são capazes de identificar texturas segundo Gilman (2002).
- Terminações de Ruffini: apresentam conexões com o epitélio e são ativados pelo toque-pressão. Estão localizados no tecido subcutâneo apresentando campo receptivo grande e são receptores de adaptação lenta (GANONG, 2000; GILMAN, 2002; MACEFIELD, 2005), sensíveis ao estiramento da pele (HOGERVORST, 1998). Representam um dos principais terminais sensitivos para o sentido de posição corporal e dos membros no espaço, existindo em grande quantidade nas mãos e próximos às articulações (MARTIN, 2005).

### **2.1.2 Nociceptores**

O termo nocicepção relaciona-se com a sensação identificada como dor. Gold, Stucky e Zhang (2001) definem um estímulo nociceptivo como aquele que pode produzir uma lesão no tecido.

Os nociceptores são capazes de captar sensações subjetivas e objetivas de dor (DOUGLAS, 2002), sendo muito heterogêneos em relação à quantidade de neurotransmissores (bradicinina, prostaglandinas, glutamato, etc.), tipos de canais iônicos (sódio, potássio, cálcio), velocidade de condução nervosa (lenta e rápida) e a capacidade de se sensibilizarem durante processos inflamatórios, lesivos e doenças (GOLD; STUCKY; ZHANG, 2001).

Segundo Douglas (2002) e Ganong (2000), os receptores de dor são ativados por estímulos lesivos ao organismo, sendo estes não específicos, se comparado aos demais receptores (receptores de frio, calor, tácteis). Por exemplo, um frio intenso ou uma pressão forte localizados sobre um ponto do corpo pode gerar dor sem serem específicos para os estímulos dolorosos.

Os nociceptores são estimulados pela presença de processos inflamatórios e estímulos dolorosos, atuando também como mecanorreceptores de limiar elevado, ou seja, têm a capacidade de responder a pressões intensas. Douglas (2002) relata que quando um estímulo passa a ser lesivo, acaba estimulando qualquer tipo de terminação sensitiva, seja um mecanorreceptor ou termorreceptor, respondendo então como uma terminação nervosa livre e sendo interpretado pelo sistema nervoso como uma sensação de dor.

Segundo Martin (2005), as terminações nervosas livres possuem campos receptivos de tamanho pequeno, o que facilita a discriminação da dor na superfície corporal quanto à sua intensidade e localização.

De acordo com Berne *et al* (2000), os nociceptores polimodais do tipo C são capazes de responder a estímulos mecânicos, térmicos e químicos (processos inflamatórios gerando aumento da acidez local no tecido) de natureza agressiva, ou seja, capazes de lesar o organismo.

Segundo Brand e Hogervorst (1998), os receptores do tipo C representam 70% de todos os nociceptores, apresentando duas classes, uma contendo uma variedade de neuropeptídeos de ação vasoativa como a substância P e o peptídeo relacionado ao gene da calcitonina (fator de crescimento do nervo) e a outra classe, que contém poucos peptídeos, expressando um grupo de carboidratos. Discute-se ainda as especificidades destas duas classes de nociceptores em tipos específicos

de dor (GOLD; STUCKY; ZHANG, 2001). Mac Dermott, (2005) relata a participação do glutamato no bloqueio periférico da dor e afirma que a substância P atua apenas como moduladora deste processo.

De acordo com Mac Dermott (2005); Dubner e Gold (1999) uma vez que o nociceptor é ativado, através de um estímulo lesivo, surge um potencial de ação nas terminações livres, excitando os canais de sódio da membrana celular e permitindo a entrada deste íon e a saída do neurotransmissor glutamato que constitui um amino ácido excitatório que transmite a dor. O potencia de ação deflagrada nas terminações nervosas livres é transmitido pelas vias aferentes até o corno dorsal da medula espinhal e posteriormente aos centros nervoso superiores (tálamo e córtex cerebral), sendo interpretado pelo organismo como um sinal de dor. Os canais de sódio se alteram após lesão tecidual ou nervosa e isto varia de acordo com os tipos de agressão tecidual, induzindo diferentes mudanças na expressão destes canais iônicos que vão mediar os processos inflamatórios e de dor juntamente com outras substâncias como as prostaglandinas, a histamina e a bradicinina.

Segundo Inoue *et al* (1999), o fato das terminações nervosas livres estarem localizadas a distância de seus corpos celulares que estão no gânglio da raiz dorsal, possibilita que o local de ação de vários agentes farmacológicos possa concentrar seus efeitos nas terminações nervosas livres, o que gera novas possibilidades terapêuticas, como o laser de baixa potência, atuando em nível periférico e com menos efeito sistêmico.

### **2.1.3 Fotorreceptores**

O processo de interação laser-tecido é mediado por uma atividade fotorreguladora, exercida através de moléculas fotorreceptoras ou cromóforos

presentes nas proteínas, nos ácidos nucléicos e em substâncias extracelulares (BAXTER, 2003; KARU, 2000; KITCHEN; DYSON, 2003). Segundo estes autores, estas moléculas são capazes de absorver radiações eletromagnéticas em determinados comprimentos de onda mediando reações químicas nos tecidos.

Na pele, os cromóforos mais importantes no espectro visível e no infravermelho próximo são a hemoglobina (Hb) do sangue e a melanina. A melanina é um dos cromóforos mais importantes no corpo humano. Ela absorve todo o espectro visível e as radiações ultravioletas (UV). A hemoglobina presente nos eritrócitos é outro importante cromóforo juntamente com a mioglobina e absorvem fortemente a luz nos comprimentos de onda de 400 a 700nm (KOMAROV *et al*, 2000 apud CARNEVALLI, 2001). Outros cromóforos biológicos importantes são a água, lipídeos e os fosfolipídeos, principal componente das membranas celulares.

Buense, Duarte e Kobata (2006) relatam que o ácido desoxirribonucléico (DNA) é o cromóforo mais importante para a resposta fotobiológica na radiação UV do tipo B (UVB). Outros cromóforos para a UVB citados por estes autores são o Triptofano, 7-deidrocolesterol, ácido urocânico, piridolina (colágeno) e desmosina (elastina). Os Co-fatores NAD e FAD são cromóforos para a radiação UV do tipo A (UVA).

Segundo Karu (2000), o laser é absorvido pelos cromóforos, tais como os citocromos e citocromo oxidase. Estas moléculas possuem grupos protéicos e ligações químicas que tem a capacidade de reduzir-se ou oxidar-se, o que resulta na ativação da cadeia respiratória da mitocôndria sob a ação do laser e facilita o influxo de íons cálcio ( $Ca^{2+}$ ) o que resulta na ativação e ou proliferação celular.

O citocromo oxidase é uma proteína de membrana que é a enzima terminal da cadeia respiratória em células eucarióticas, desempenhando um papel central na

energia celular. Esta proteína absorve a luz nos comprimentos de onda de 800 a 830nm, tornando a cadeia respiratória o ponto de partida de qualquer efeito de fotoindução através do laser infravermelho. Uma comparação do espectro de ação para a proliferação celular após a fotoirradiação levou Karu a sugerir que o citocromo oxidase é um fotorreceptor primário da luz, sendo detectável *in vivo* pela espectroscopia no infra vermelho próximo (JANISCH; KOUTNA; VESELSKA, 2003). Segundo Whelan *et al* (2003), os citocromos mitocondriais são fotorreceptores para a luz no vermelho e infravermelho próximo (700-900nm).

## 2.2. ALGOMETRIA DE PRESSÃO

O limiar de dor à pressão é definido como a mínima pressão que leva à dor no tecido músculo-esquelético. A tolerância à dor é o ponto onde um estímulo que origine pressão dolorosa não pode ser mais suportado.

A ativação do limiar e da tolerância à dor à pressão está relacionada à magnitude da intensidade do estímulo aplicado onde, segundo Berne *et al* (2000), “um estímulo mecânico fraco aplicado na pele, pode ativar somente mecanorreceptores, enquanto um estímulo forte pode ativar tanto mecanorreceptores como nociceptores”, gerando dor à pressão.

A algometria é uma técnica que tem sido utilizada para quantificar o limiar de dor através do relato de dor à pressão dos pacientes, juntamente com as escalas visuais analógicas (EVA) segundo Altan *et al* (2005); Ferrante *et al* (2005) e Hou *et al* (2002).

O algômetro de pressão ou dolorímetro (Instrutherm<sup>®</sup> mod DD-020) (Figura 1) é um dispositivo hidráulico do tipo dinamômetro aplicado na superfície corporal através de uma ponteira metálica. Um estímulo doloroso é produzido ao se pressionar a ponteira de metal de 1cm de diâmetro na pele da face ântero medial da tíbia (EGAN *et al*, 2004).



Figura 1: algômetro de pressão

Os efeitos analgésicos de drogas como o Remifentanil foram avaliados usando a algometria de pressão. Esta droga é um opióide usado clinicamente em muitos países como adjunto a anestesia geral e também como um agente analgésico pós-anestesia em unidades de terapia intensiva (EGAN *et al*, 2004).

Em estudo onde o objetivo foi investigar se a injeção de toxina botulínica nos pontos-gatilho era eficaz em pacientes com dores miofasciais da região cervical e ombro, foram usados como instrumentos de avaliação às escalas analógicas visuais e o limiar de dor medido pela algometria de pressão (FERRANTE *et al*, 2005).

Kern *et al* (2004), em trabalho para analisar a interação farmacodinâmica entre as drogas Propofol e Remifentanil em voluntários, mediu a resposta analgésica usando a algometria aplicada à tíbia dos pacientes. O algômetro utilizado foi construído pelos próprios pesquisadores e consistia de um pistão de 1cm de diâmetro aplicado na superfície anterior da tíbia. A pressão liberada por este pistão era aumentada manualmente até que produzisse um nível de dor que o sujeito considerasse intolerável até um máximo de 60 libras (Lb). Além da algometria de pressão os autores usaram também a estimulação elétrica como forma de induzir a dor.

Tucker *et al* (2005), em trabalho sobre dor experimental para investigar a potencialização dos efeitos analgésicos da ketamina em humanos, utilizaram várias metodologias para induzir a dor; como estimulação elétrica, estímulos térmicos e pressão através da algometria.

Edwards e Knowles (2003) utilizaram o algômetro de Fischer, além do questionário abreviado de dor McGill para comparar o efeito de uma técnica de acupuntura conhecida como agulhamento superficial e o alongamento ativo no tratamento da dor miofascial.

Ozcan *et al* (2004) compararam os limiares de dor à pressão, força no aperto, destreza e pressão do toque em mãos dominantes e não dominantes de voluntários usando apenas um algômetro.

A algometria de pressão também foi aplicada para caracterizar a dor quanto à intensidade, presente nos casos de distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT) como na pesquisa de Poletto *et al* (2004), onde foram avaliadas 134 trabalhadoras de linha de montagem industrial que se queixavam de dor em função de DORT. Além da algometria de pressão, foram usadas neste estudo, as escalas semântica e numérica para avaliação da dor e o exame através da palpação manual. Os resultados desta pesquisa, após análise estatística, sugeriram a utilização de testes provocativos de dor como a palpação manual ou a algometria de pressão, associados a métodos de relato da sensação dolorosa para caracterizar a dor nos indivíduos com doenças ocupacionais.

Bjordal, Martins e Iversen (2006) estudaram a resposta antiinflamatória do laser de baixa potência na tendinite de Aquiles, e usaram como instrumentos de avaliação a palpação manual e a algometria para medir o limiar de dor. Realizaram três avaliações com o algômetro, utilizando-se a média destas avaliações para fins de análise estatística. A ponteira usada neste trabalho era de 1cm<sup>2</sup> e metálica e o procedimento consistiu em aumentar-se gradualmente a força até a maior dor local no tendão referida pelos pacientes.

Em trabalho de Baraniuk *et al* (2004), onde se objetivou verificar o nível de peptídeos opióides no líquido cefalorraquidiano de pacientes com fibromialgia e dores lombares crônicas, foram usados testes de palpação manual e exames do limiar de dor nos pontos sensíveis, através de um algômetro manual com ponteira de borracha de 1cm<sup>2</sup> em contato com a pele.

Em trabalho de Marques *et al* (2005), aplicou-se a algometria de pressão para comparar indivíduos saudáveis, e pacientes com fibromialgia, avaliando-se a correlação entre o limiar de dor e a qualidade de vida em 178 mulheres. Observou-se que os pontos mais sensíveis em indivíduos saudáveis também correspondiam aos dos pacientes com fibromialgia.

Ishitani *et al* (2005) avaliaram a atividade cerebral em resposta à dor orofacial de 20 indivíduos saudáveis, através do registro do eletroencefalograma usando a algometria de pressão como método de indução de dor a fim de caracterizar a relação entre dor e alterações das funções cerebrais. Os autores dividiram estes pacientes em dois grupos: um com limiar de dor alto e outro com limiar baixo. Observaram que a atividade eletroencefalográfica após a estimulação com a algometria foi maior no grupo de limiar baixo, ou seja, naqueles indivíduos altamente sensíveis à dor.

Hou *et al* (2002), através da algometria de pressão e da escala visual analógica, avaliaram o efeito imediato de várias modalidades de tratamento fisioterápico na dor miofascial do músculo trapézio superior. Os tratamentos avaliados foram a crioterapia, terapias manuais, exercícios e a eletroestimulação. Através das medidas obtidas na algometria, os autores estudaram o limiar e a tolerância à dor.

Os trabalhos relatados acima mostraram a viabilidade do uso da algometria de pressão como forma de se avaliar objetivamente as dores do aparelho músculo-esquelético e também como método de indução de dor em pesquisas experimentais.

## 2.3. LASER

O acrônimo LASER significa “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation”, ou seja, Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação.

A possibilidade da emissão estimulada de uma radiação foi teorizada por Einstein, em 1917, em seu trabalho “Zur Quantum Theorie der Strahlung” (A teoria quântica da radiação) sendo que a aplicação inicial deste fenômeno ocorreu com a amplificação de microondas, descrita por Townes em 1951 (GOLDMAN, 1990; MAILLET, 1987).

Maiman, em 1960, no Hughes Laboratories, Estados Unidos, construiu o primeiro laser da história tendo como meio ativo o rubi. Este laser trabalhava na faixa de 694 nm (GOLDMAN, 1990).

Dez anos antes, em 1950, Brossel e Kastler aperfeiçoaram a técnica do bombeamento óptico, método usado até hoje para ativar lasers de estado sólido e outros (MAILLET, 1987).

Goldman, em 1961, fundou na Universidade de Cincinnati o primeiro laboratório de laser, iniciando-se as primeiras experiências com animais (PIMENTA, 1990).

Patel, em 1963, construiu o laser de Hélio-Neônio (He-Ne) e no ano seguinte, o laser de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e as primeiras aplicações desta forma de radiação ocorreram nos casos de descolamento da retina.

Os lasers de baixa potência começaram a ser pesquisados em fins dos anos de 1960 por Mester e sua equipe, nos casos de cicatrização tecidual utilizando uma fonte de laser He-Ne (BAXTER, 2003).

Atualmente, pesquisa-se também o uso do laser como ferramenta diagnóstica, nos casos de detecção precoce de lesões neoplásicas (OLIVO *et al*, 2003; REISS, 2001; SCOTT *et al*, 2000; SILVEIRA JR *et al*, 2004).

### **2.3.1 A natureza física da radiação laser**

A luz emitida pelo laser apresenta as seguintes propriedades: monocromaticidade, ou seja, existe um comprimento de onda específico ou cor para cada tipo de laser; coerência, onde as ondas da luz laser oscilam de forma ordenada (em fase), ou seja, ocorre um alinhamento de suas ondas eletromagnéticas no tempo e no espaço, e a propriedade conhecida como colimação, que se refere ao paralelismo e a não divergência significativa de seus raios mesmo a longas distâncias. A luz ordinária de uma lâmpada, ao contrário, é do tipo não coerente, ou seja, suas ondas não oscilam em fase e há grande divergência de seus raios de luz (BAXTER, 2003; BOULNOIS, 1987; GUIRRO; GUIRRO, 2002; ROCCIA, 1983; WELCH; TORRES; CHEONG, 1989).

As propriedades citadas acima tornam possível ao laser operar com uma alta concentração de energia, possibilitando seu uso como instrumento cirúrgico (uso do laser de alta potência para cortes e ablação de tecidos), terapêutico, no controle de inflamação, dores e processos cicatriciais (GUIRRO; GUIRRO, 2002) e diagnóstico (detecção de lesões neoplásicas) (SILVEIRA JR *et al*, 2004).

Relacionado à propriedade coerência, Baxter (2003) relata que ainda se discute sua importância clínica. Colls (1984) afirma que a coerência não influencia nos resultados terapêuticos sobre os tecidos biológicos. Para Hode (2005), a coerência não é perdida se a luz laser é difusamente espalhada no tecido, afirmando que ela é apenas reduzida e ainda, relata que a luz coerente tem mostrado ser

relevante apenas para tecidos volumosos. Segundo Karu (2000) o alívio da dor e o efeito curativo em úlceras superficiais podem ser obtidos tanto utilizando a luz coerente como a não coerente.

Uma fonte de luz pode emitir fótons de forma espontânea ou estimulada. Na primeira, acontece de forma incoerente, não existindo relação de fase ou de polarização (direcionamento do feixe de luz) nas emissões dos fótons, além disso, a radiação é multidirecional como ocorre em fontes de luz não laser (BAXTER, 2003; MAILLET, 1987). A emissão estimulada corresponde à mudança de um elétron de um nível menor de energia para um de maior energia, retornando posteriormente para um nível energético menor e ocorrendo isto, ondas eletromagnéticas são emitidas, porém, agora estimuladas segundo Maillet (1987) e Minertag (1990).

### **2.3.2 Interação laser tecido- biológico**

O processo de interação laser-tecido é de natureza complexa podendo ser separado em mecanismos fotoquímicos, fototérmicos ou fotomecânicos e envolver organelas, tecidos e células. O mecanismo fotoquímico refere-se ao efeito de bioestimulação através do laser de baixa potência, sem que haja geração de calor. Na reação fototérmica, o laser ao ser absorvido, é convertido em calor, resultando em vaporização da água presente nos tecidos através do laser de alta potência e o mecanismo fotomecânico, ocorre nos processos de ablação, ou seja, a ruptura do tecido por ondas de choque, o que possibilita a remoção de carcinomas teciduais (DANHOF, 2000; REISS, 2001; WELCH; TORRES; CHEONG, 1989).

Goldman (1990) relata que a pele foi utilizada desde o princípio nos estudos envolvendo a interação laser-tecido no homem, onde foi investigada a ação dos

diversos sistemas laser nos cromóforos da pele e demais estruturas do corpo humano.

Os efeitos biológicos induzidos pelo laser dependem da resposta dos tecidos à energia luminosa quanto aos fenômenos conhecidos como reflexão, absorção, espalhamento e transmissão (BAXTER, 2003; COLLS, 1984; DANHOF, 2000; PIMENTA, 1990) descritos a seguir.

A reflexão ocorre quando parte da luz incide na superfície da pele e retorna em direção da fonte emissora. Quando um feixe laser incide sobre um tecido, a reflexão resultante é de apenas 3% da luz incidente. O restante penetra no tecido, onde ocorre a absorção e o espalhamento (NASCIMENTO, 2001; WELCH; TORRES; CHEONG, 1989).

A absorção acontece quando um fóton incidente é absorvido por um cromóforo e assim, causando um efeito fotobiológico que, no caso dos lasers de baixa potência traduz-se por alterações químicas nas células e tecidos e com lasers de alta potência, ocorre a dissipação da luz absorvida na forma de calor (BAXTER, 2003). O grau de absorção depende de seu coeficiente e da densidade do meio. Através da absorção, ambas as intensidade da radiação e a transmissão no meio tecidual diminuem. Conseqüentemente, quanto mais radiação é absorvida nas camadas teciduais iniciais, menores são seus efeitos de transmissão em tecidos profundos. A capacidade de absorção da pele é considerável, portanto a radiação não penetra muito profundamente, o que varia também de acordo com o laser utilizado, pois, segundo Danhof (2000) a absorção é uma função do comprimento de onda e dos cromóforos. O tecido humano contém uma rica rede de vasos sanguíneos cutâneos contendo Hb e dioxihemoglobina (HbO<sub>2</sub>), cromóforos com forte

absorção no UV e nas regiões do espectro visível (ASIMOV; ASIMOV; GISBRECHT, 1999).

O espalhamento refere-se a uma mudança na direção de propagação dos fótons ao atravessar os tecidos, ocorrendo em função da variabilidade no índice de refração dos componentes teciduais com respeito à água. Este fenômeno ocorre quando o meio é heterogêneo como nos tecidos biológicos (BAXTER, 2003; DANHOF, 2000). De acordo com Asimov; Asimov e Gisbrecht (1999), a derme contém colágeno, que causa forte espalhamento da luz incidente. A radiação laser que incide na pele é parcialmente refletida pela epiderme, parcialmente espalhada pelo colágeno da derme e parcialmente absorvida pelos pigmentos de melanina, HbO<sub>2</sub> e Hb.

De acordo com Kassak et al (2006), as enzimas são os alvos principais em estudos dos efeitos do laser na estabilidade e função das biomembranas e alterações nas atividades enzimáticas podem refletir mudanças nas condições intra e extracelulares.

### **2.3.3 Laser de baixa potência e dor**

A utilização do laser de baixa potência iniciou-se no final dos anos de 1960 em trabalhos realizados por Mester e Mester que envolviam a cicatrização de tecidos (BAXTER, 2003). Esta classe de lasers opera com potências de 2 a 30mW em contraste com os lasers de alta potência que atingem os 100W (GUIRRO e GUIRRO, 2002).

Atualmente, na fisioterapia, os lasers de baixa potência trabalham com os seguintes comprimentos de onda: 632,8 nm (He-Ne) que está em desuso devido a

seu alto custo; 830nm (AsGaAl), 660nm (AlGaInP) e 904nm (AsGa), todos lasers semicondutores de custo mais baixo.

Diversos estudos clínicos têm investigado a ação do laser de baixa potência no controle da dor como os relatados a seguir.

Segundo Roccia (1983), a ativação de prostaglandinas e prostaciclina pelo laser é responsável pelos efeitos inerentes a estas substâncias: vasodilatação, gerando aumento significativo da circulação e levando a diminuição da dor, aumento da permeabilidade da membrana celular e reequilíbrio da pressão osmótica. Estes efeitos estão relacionados com a capacidade do laser de baixa potência em produzir um efeito antiinflamatório.

Pimenta (1990) relata que a ação antiálgica do laser ocorre desde os receptores periféricos até o estímulo no SNC. O estímulo doloroso, após ser captado na periferia pelas terminações nervosas livres leva ao aparecimento dos metabólitos intermediários láctico e pirúvico, gerando a estabilização da membrana celular por hiperpolarização e diminuindo o efeito álgico da bradicinina e prostaglandinas em nível dos receptores.

De acordo com Veçoso (1993), o efeito analgésico do laser de baixa potência baseia-se na interferência da mensagem elétrica, onde a radiação laser atua sobre o processo de transmissão do estímulo nervoso que representa a dor, neste caso, estabilizando o potencial de membrana e dificultando a inversão de polaridade, o que resulta em uma menor sensação dolorosa. Ainda de acordo com este autor, o laser estimula a liberação de Beta endorfina, facilita a liberação de substâncias algógenas através do aumento da circulação e evita a redução do limiar de excitabilidade dos receptores dolorosos. Todos estes fatores contribuem para a analgesia induzida pelo laser.

Mackler *et al* (1989) observaram os efeitos da irradiação He-Ne sobre a resistência da pele e dor em 24 pacientes com pontos-gatilhos na região cervical e lombar onde observaram uma diminuição significativa na dor seguido ao tratamento laser com três sessões consecutivas.

No estudo de Beckerman *et al* (1992) do tipo meta-análise, os autores concluíram que nenhuma relação podia ser demonstrada entre a dosimetria empregada e a eficácia da laserterapia, embora o efeito analgésico do laser para distúrbios músculo-esqueléticos pareceu, na média, ser melhor do que o de tratamentos placebo.

Em um experimento clínico, Brosseau *et al* (2005) examinaram a eficácia do laser ativo versus o laser placebo no alívio da dor na osteoartrite das mãos e concluíram que a laserterapia de baixa intensidade não foi melhor que o placebo em reduzir a dor, enrijecimento matinal ou na melhora funcional dos pacientes tratados.

Alcântara Farias (2005), com o objetivo de analisar o efeito do laser de baixa potência na dor muscular de 14 pacientes com desordens têmporomandibulares, submeteu 8 indivíduos ao laser e 6 ao placebo, utilizou um laser de AsGaAl de 830nm, de forma pontual, com densidade de energia de 30 J/cm<sup>2</sup> e com potência de 80mW. As irradiações foram realizadas 3 vezes por semana com intervalos de 2 dias entre cada aplicação. Observou-se melhora clínica no grupo tratado com laser em relação àqueles que fizeram parte do grupo placebo. Houve também uma diminuição de sensibilidade dolorosa, com melhora da abertura de boca e das funções mastigatórias.

Chow e Barnsley (2005), através de revisão sistemática da literatura, pesquisaram o efeito da terapia laser de baixa potência no tratamento da dor

cervical, concluindo que existem evidências limitadas para o uso do laser infravermelho em dores agudas e crônicas na região corporal pesquisada.

Colls (1984) relata que o efeito analgésico do laser depende da patologia tratada, existindo sintomatologias que cedem de forma rápida desde a primeira sessão, decrescendo de forma proporcional ao número de sessões. Em outros casos, o efeito analgésico não aparece até a terceira ou quarta sessão.

De Bie *et al* (1998), em estudo clínico com seguimento de um ano, avaliaram o efeito do laser de baixa potência associado a um protocolo de tratamento padrão em 217 pacientes com entorses laterais agudas do tornozelo. Neste estudo, os autores utilizaram dosimetrias de  $5\text{J}/\text{cm}^2$ ,  $0,5\text{J}/\text{cm}^2$  e  $0\text{J}/\text{cm}^2$  (placebo) comparando seus efeitos quanto à dor e função articular. O protocolo de tratamento consistiu em 12 sessões com laser de 904nm durante 4 semanas associado a exercícios. Os resultados mostraram não haver diferença estatisticamente significativa em relação ao parâmetro dor, embora o grupo placebo tenha apresentado discretamente menos dor, o que sugere a influência do efeito placebo atribuído ao laser de baixa potência. Os autores concluíram que as dosimetrias laser empregadas não foram eficazes no tratamento das entorses de tornozelo.

Basford *et al* (1998) avaliaram o efeito da laserterapia de baixa potência em 32 indivíduos com fascíte plantar com mais de um mês de duração. No protocolo foi usado um aparelho laser de 30 mW, 830 nm de comprimento de onda, diodo infra-vermelho, AsGaAl, emissão contínua, foco de  $0,3\text{ cm}^2$  e intensidade de  $955\text{mW}/\text{cm}^2$ . Os sujeitos foram tratados três vezes por semana durante quatro semanas. As doses empregadas foram de 1J (sic) por sessão na origem do calcâneo, na fásia plantar e, 2J (sic) por sessão ao longo do arco plantar, totalizando 12J (sic) na origem da fásia e 24J (sic) sobre a banda fascial. Os

critérios analisados foram dores, sensibilidade à palpação, consumo de medicação e uso de órteses. Ao final do estudo, nenhuma diferença significativa foi encontrada entre os grupos nos critérios analisados, nem durante o tratamento ou no seguimento que durou um mês. Os autores concluíram que o laser infravermelho nos parâmetros estudados não foi eficaz no tratamento da patologia em questão.

O trabalho de Gur *et al* (2002) sobre a aplicação da laserterapia de baixa potência no tratamento de 40 pacientes com fibromialgia sugeriu que o laser pode ser usado como terapia única, ou associado a outras condutas analgésicas. Os autores realizaram um estudo utilizando um laser de AsGa durante duas semanas e foram avaliados os aspectos relativos à fibromialgia. A irradiação laser consistiu em aplicações de 3 min em cada ponto sensível com uma densidade de energia de 2 J/cm<sup>2</sup> em cada ponto. O laser usado apresentava 20 W de saída máxima por pulso, 904nm, largura de pulso máxima de 200ns, 2800Hz de frequência e 11,2mW de potência média com diâmetro do foco de 1cm<sup>2</sup>. Tanto no grupo experimental como no grupo placebo, houve melhoras significativas em todos os parâmetros clínicos avaliados, com exceção dos distúrbios do sono, fadiga e sensibilidade da pele no grupo placebo.

Ribeiro (2003) analisou o efeito do laser de 904nm na dor de 56 indivíduos portadores de disfunção têmporomandibular. Os sujeitos receberam 8 sessões de laser, 2 vezes por semana, durante quatro semanas. Utilizaram-se três grupos experimentais, com o primeiro submetido a 4J/cm<sup>2</sup> em pontos pré-definidos; o segundo, recebeu uma densidade de 8 J/cm<sup>2</sup> nos mesmos pontos e o terceiro grupo constituiu o placebo. Observou-se que a maior eficácia quanto ao alívio da dor ocorreu no primeiro grupo, submetido a 4 J/cm<sup>2</sup>.

Sharma *et al* (2002) estudaram o efeito do laser de 830nm (AsGaAl) na tenossinovite de De Quervain avaliado pelo exame de ultrassom. Foram submetidas ao experimento 28 pacientes. Os critérios clínicos avaliados foram: dores, sensibilidade à pressão, força de preensão e pinça. O laser usado neste trabalho apresentava de 30 a 40mW de potência, diâmetro do feixe de 4mm e as doses empregadas variaram de 2 a 4J/cm<sup>2</sup>. O regime de trabalho foi no modo contínuo e um máximo de 10 tratamentos foram realizados por paciente. Observou-se a redução nos diâmetros ântero-posteriores e médio-laterais relacionados à espessura do tendão e melhoras clínicas nos critérios mencionados acima. Os autores sugeriram, que a laserterapia de baixa potência pode ser benéfica no tratamento deste tipo de tenossinovite.

Em estudo de Altan *et al* (2005) envolvendo o laser de AsGa (904nm), cujo objetivo foi avaliar o efeito deste recurso sobre a síndrome miofascial da região cervical, 53 pacientes de ambos os sexos foram alocados em dois grupos. Um dos grupos foi submetido ao tratamento laser com os seguintes parâmetros : frequência de 1000 Hz por dois minutos em cada ponto da musculatura da região cervical, uma vez ao dia, durante 10 dias, num período de 2 semanas. O laser empregado operava com frequências de 5 a 7000 Hz e potências máximas de 27 e 50 W foram usadas. Um outro grupo foi utilizado como placebo. Todos os pacientes envolvidos nesta pesquisa foram orientados a realizar exercícios isométricos e de alongamento no lar durante o curso do tratamento. Os instrumentos utilizados para avaliação do experimento foram: a dor medida pela escala visual analógica, a algometria, e a amplitude de movimento do pescoço medida pela goniometria. Como resultados, os autores não observaram superioridade do laser de AsGa sobre os exercícios no tratamento da dor miofascial, embora parâmetros como a mobilidade e a rigidez

muscular e mesmo a dor induzida e espontânea tenham diminuído ou desaparecido tanto no grupo irradiado quanto no grupo placebo. Os autores sugerem que os resultados foram melhores na dor aguda que na dor crônica.

Ceylan, Hizmetli e Silig (2004), estudaram o efeito do laser infravermelho em pontos-gatilhos de 46 pacientes com síndrome de dor miofascial, através da observação de excreção de serotonina em urina de 24 horas. Os pacientes foram divididos em grupos placebo e laser ativo. A terapia laser ocorreu uma vez ao dia durante 10 dias consecutivos, usando-se um laser com comprimento de onda de 904nm, 3 min em cada ponto gatilho, frequência de 4000Hz, largura de pulso de 200ns e dosimetria de 1,44J em cada ponto. Os autores observaram que o laser empregado aumentou a excreção urinária de serotonina e 5-hidroxitriptamina (substância precursora da serotonina). O aumento na excreção destas substâncias contribuem em parte na redução da dor e desta forma, concluíram os autores, que a radiação laser infravermelha foi mais eficaz que o tratamento placebo.

A literatura pesquisada mostrou controvérsias quanto ao efeito analgésico dos lasers de baixa potência, o que justifica ainda a necessidade de mais pesquisas clínico experimentais pelos profissionais que trabalham rotineiramente com este recurso.

## **CAPÍTULO 3-OBJETIVO GERAL**

- Avaliar os efeitos do laser de arseneto de gálio (AsGa) em 904nm no limiar e tolerância à dor em indivíduos saudáveis através de uma única irradiação laser com dosimetria fixa.

### **3.1-OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Verificar se existe equivalência inter-individual dos valores obtidos pela algometria de pressão para o limiar e para a tolerância à dor.
- Verificar através da algometria se existe equivalência intra-individual para o limiar e para a tolerância à dor comparando-se o lado direito com o lado esquerdo dos indivíduos.

## **CAPÍTULO 4- CASUÍSTICA E MÉTODOS**

Participaram voluntariamente desta pesquisa 17 indivíduos entre acadêmicos, funcionários e professores do Instituto Campo Grande de Ensino Superior-ICGES/MS na faixa etária de 21 a 50 anos. O modelo escolhido para este estudo foi do tipo ensaio clínico aleatório, onde os sujeitos foram escolhidos aleatoriamente e foram distribuídos em grupos de tratamento e controle, comparando-se posteriormente estes grupos.

Os voluntários foram convidados a participar deste trabalho através de uma palestra geral e, posteriormente, de forma individual para os não presentes na palestra.

Todos os indivíduos que atenderam ao chamado para esta pesquisa foram submetidos a uma triagem quanto aos critérios de inclusão/não-inclusão através de um questionário próprio (Apêndice A).

Os critérios de inclusão foram indivíduos de ambos os sexos na faixa etária de 21 a 50 anos, saudáveis.

Os critérios de não-inclusão foram os seguintes: presença de qualquer lesão cutânea nas regiões pesquisadas, dor muscular localizada, histórico de fragilidade capilar, anormalidades vasculares periféricas, neuropatias periféricas, traumas recentes e mulheres gestantes ou que estivessem fazendo uso de medicação foto-sensibilizante como drogas dermatológicas, bem como indivíduos que estivessem fazendo uso de alguma medicação analgésica ou anti-inflamatória nas últimas 48 horas previamente à coleta dos dados.

Os sujeitos admitidos para o estudo receberam informações detalhadas sobre os procedimentos. Foram também informados que poderiam estar fazendo parte do grupo placebo.

O termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice B) foi apresentado e lido para cada um dos voluntários e, ao final, foram esclarecidas todas as dúvidas surgidas.

Todos os sujeitos compreenderam os termos do consentimento, autorizando e participando de forma livre e voluntária deste estudo.

Esta pesquisa dividiu-se em duas etapas que ocorreram em dias diferentes: a triagem inicial dos voluntários e posteriormente a realização dos experimentos.

#### **4.1 Procedimentos experimentais**

Todos os procedimentos foram realizados no laboratório de recursos terapêuticos (Figura 2) do Instituto Campo Grande de Ensino Superior-ICGES, no período compreendido entre 18h00min e 21h00min. A temperatura local foi registrada entre 25 e 28° C durante os dias em que ocorreu a coleta dos dados. No ambiente havia dois ventiladores que ficaram ligados durante os experimentos em função do calor que fazia em Campo Grande no período.



**Figura 2: Laboratório de recursos terapêuticos**

Previamente ao início dos experimentos, cada indivíduo foi distribuído nos grupos experimentais: grupo A (laser ativo) ou grupo B (laser placebo) através de sorteio simples.

A tíbia e o músculo deltóide foram escolhidos pela facilidade de localização, através das referências anatômicas, e fácil identificação destas estruturas.

Antes dos procedimentos, solicitou-se que o voluntário permanecesse deitado por 10 min para que o mesmo relaxasse.

Durante este tempo foi explicada a natureza deste estudo e dadas orientações quanto ao experimento. Também neste período, foram feitos testes para simular a tomada das medidas de algometria em outras regiões do corpo até que o voluntário compreendesse o teste real. O mesmo avaliador executou todas as algometrias e as irradiações laser.

Os sujeitos foram informados dos grupos laser ativo e laser placebo, mas não sabiam a que grupo pertenciam, nem dos parâmetros de irradiação empregados, pois, estavam deitados e não tinham campo visual sobre o painel do equipamento laser e nem sobre o mostrador do algômetro. Além disso, o laser utilizado não oferece nenhum tipo de sensação cutânea, tornando impossível ao voluntário saber se estavam sofrendo irradiação real ou placebo.

Todos os indivíduos dos grupos A e B foram avaliados com o algômetro de pressão sendo anotados o valor médio de três medições sucessivas e seqüenciais, em intervalo de 7 segundos aproximadamente. Estas medições iniciais serviram para os propósitos descritos nos objetivos específicos desta dissertação. Logo em seguida à avaliação inicial pela algometria, foram realizados os procedimentos descritos abaixo de acordo com cada grupo.

Grupo A (laser ativo): voluntários submetidos a uma irradiação laser com dosimetria fixa de  $4\text{J}/\text{cm}^2$  aplicada na região da superfície ântero medial da tíbia direita, localizada a 7,5cm do tornozelo, no ponto exato onde foram feitas as medidas iniciais de algometria, usando como referência a marcação através do lápis demográfico. Objetivou-se avaliar o efeito do laser no limiar de dor a pressão e foi feita também uma irradiação dos mesmos  $4\text{J}/\text{cm}^2$  no músculo deltóide fibras médias em seu ponto médio no braço direito, também no ponto exato onde previamente foram realizadas as algometrias iniciais, visando avaliar o efeito do laser na tolerância à dor.

Grupo B (laser placebo): voluntários submetidos à irradiação laser com dose de  $0\text{J}/\text{cm}^2$  seguindo o mesmo protocolo descrito para o grupo A.

A tíbia e o deltóide esquerdos foram usados como controle, tomando-se apenas as medidas de algometria, sem irradiação laser.

Cada experimento levou aproximadamente 20 minutos. Os testes foram realizados com os sujeitos deitados em decúbito dorsal, membros superiores estendidos ao lado do corpo e membros inferiores também estendidos, em posição confortável e relaxada.

Imediatamente após os procedimentos envolvendo o laser ativo e o laser placebo, foram realizadas novas medidas de algometria de pressão para comparação dos resultados. Neste caso, foi tomada apenas uma medida de algometria na tíbia e no deltóide, em função da sensibilidade local presente devido às algometrias iniciais. Este valor foi considerado para comparação com os valores iniciais da algometria.

Segue a descrição das técnicas utilizadas:

## 4.2 A técnica de medida através da algometria de pressão

O aparelho foi ajustado para que as medidas fossem expressas em kg. O algômetro utilizado (Instrutherm® mod DD-020) possui uma resolução de 0,01 kg e capacidade de sobrecarga (faixa máxima) de 30 kg.

Os pontos avaliados foram localizados através das referências anatômicas e pela palpação manual e, uma vez localizados, marcados com um lápis demográfico sobre a pele para exatidão dos procedimentos.

O algômetro de pressão possui ponteira metálica de 1cm<sup>2</sup> onde foi aplicada uma força e velocidades constantes contra a superfície da face ântero-medial da tíbia e músculo deltóide fibras médias, de forma perpendicular à pele do indivíduo.

Para medir o limiar de dor à pressão na tíbia (Figura 3), o voluntário foi orientado para sinalizar verbalmente o momento exato quando a pressão exercida pela ponteira do algômetro começasse a provocar dor local, quando então finalizou-se a tomada da medida e anotou-se o valor mostrado pelo algômetro.



Figura 3: Medida do limiar de dor na tíbia

A medida da tolerância à dor (Figura 4) ocorreu da seguinte maneira: O voluntário foi orientado a sinalizar verbalmente ao examinador, a dor máxima suportada em seu braço (músculo deltóide) através da pressão exercida pela ponteira do algômetro quando finalizou-se o teste, e anotou-se o valor constante no mostrador do algômetro.



**Figura 4: Medida da tolerância à dor no músculo deltóide**

O aparelho utilizado dispõe de um controle que permite que os valores constantes no mostrador digital sejam travados no maior pico de compressão; ou no caso, o instante exato informado pelo sujeito, o que possibilitou a exatidão dos valores medidos em cada algometria realizada.

### **4.3 A técnica de irradiação laser**

A técnica de irradiação laser (LIV M 904-KLD Biosistemas®) (Figura 5; Figura 6) tanto nos grupo A (laser ativo) como no grupo B (placebo) foi a pontual por

contato direto, perpendicular sobre a pele do voluntário exatamente sobre o ponto onde foi feita a algometria inicial.



**Figura 5: Irradiação laser sobre a tíbia**



**Figura 6: Irradiação laser sobre o deltóide**

Todos os pacientes e o examinador usaram óculos (Figura 7) de proteção com a densidade óptica adequada para o laser de AsGa (904 nm).



**Figura 7: Laser, algômetro e óculos de proteção para o laser.**

O aparelho laser e o algômetro de pressão foram devidamente calibrados antes do início da pesquisa, pelas empresas fabricantes destes equipamentos conforme certificados de calibração (Anexos B e C).

#### **4.4 Tratamento estatístico**

A análise dos dados foi realizada no programa estatístico GraphPad InStat<sup>®</sup> para o cálculo das médias, desvios padrão e testes de normalidade conforme descrito em resultados. Apesar do número reduzido de indivíduos, o teste de normalidade pelo método Kolmogorov e Sminorv atestou a normalidade dos dados em todos os grupos analisados. Os gráficos foram elaborados usando o programa GraphPad Prism 4<sup>®</sup>.

## **CAPÍTULO 5- RESULTADOS**

Atenderam ao chamado para esta pesquisa, 21 indivíduos, porém, 4 destes não se enquadraram nos critérios de inclusão em função dos seguintes motivos: presença de lesões cutâneas (1 caso), histórico de fragilidade capilar (1 caso), histórico de fragilidade capilar associado à dor muscular (1 caso) e 1 indivíduo que fazia tratamento com analgésicos e antiinflamatórios em função de um quadro de epicondilite no cotovelo. Analisou-se, portanto, o resultado de 17 indivíduos cuja idade variou de 21 a 50 anos, sendo 10 homens e 7 mulheres.

O período de coleta dos dados iniciou-se em 15 de setembro de 2006 após aprovação do protocolo de pesquisa pelo Comitê de Ética da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP) conforme anexo A, finalizando em 04 de outubro de 2006 com todos os sujeitos (n=17) completando os experimentos propostos.

### **5.1 Análise estatística do limiar de dor na tíbia**

Os objetivos desta análise foram:

- a) Comparar os valores médios das algometrias da tíbia direita dos sujeitos dos grupos A e B para observar se existe equivalência inter-individual (entre os indivíduos);
- b) Comparar os valores médios das algometrias intra-individuais (mesmo indivíduo) em relação a tíbia direita e esquerda para se observar a existência de uma equivalência entre os lados;
- c) Comparar os valores de algometria antes e após a irradiação com o laser para verificar o efeito deste no limiar de dor na tíbia direita.

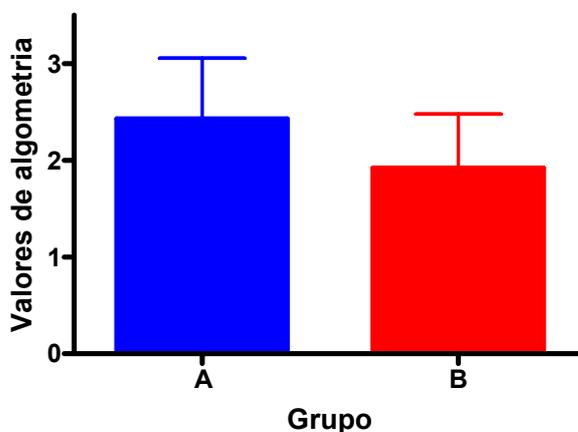
Deste modo:

a) Foi analisada inicialmente se havia equivalência dos valores médios de algometria relacionados ao limiar de dor na tíbia direita entre os indivíduos do Grupo A e do Grupo B, antes da irradiação laser, através do teste t não pareado onde não se observou diferença estatisticamente significativa entre os grupos ( $p=0,09$ ). A tabela 1 apresenta o resumo estatístico quanto às médias e desvios padrão observados.

**Tabela 1: Médias e desvios padrão para o limiar de dor à pressão nos dois grupos antes da irradiação laser**

Parâmetros	n	média	desvio padrão
Grupo A	9	2,42	0,62
Grupo B	8	1,92	0,55

Uma análise gráfica mostrando a distribuição dos valores de algometria, médias e desvios padrão quanto ao limiar de dor à pressão é apresentada a seguir:



**Gráfico 7: Distribuição dos valores de algometria, médias e desvios padrão quanto ao limiar de dor à pressão na tíbia direita para os indivíduos dos dois grupos analisados.**

Concluiu-se, que o limiar de dor na tíbia entre o grupo A e o grupo B não variou estatisticamente, mostrando equivalência sensitiva entre os grupos.

b) Posteriormente, verificou-se se havia equivalência dos valores médios de algometria obtidos para o limiar de dor entre as tíbias direita e esquerda de todos os

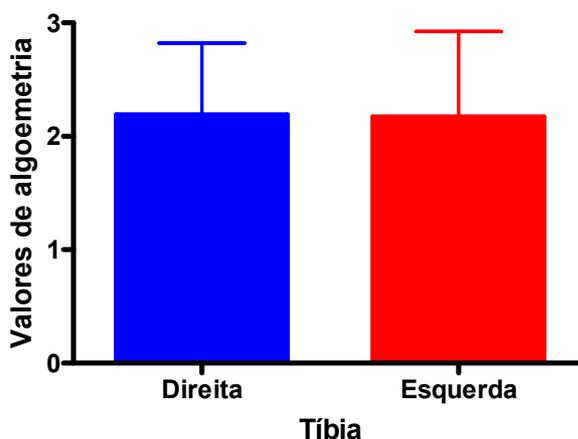
sujeitos (Grupo A e Grupo B) através do teste t pareado que não mostrou diferença estatisticamente significativa ( $p=0,75$ ).

A tabela 2 apresenta um resumo estatístico quanto às médias e desvios padrão observados.

**Tabela 2: Médias e desvios padrão para o limiar de dor à pressão entre a tíbia direita e esquerda dos indivíduos antes da irradiação laser**

Parâmetros	n	média	desvio padrão
Tíbia D	17	2,18	0,63
Tíbia E	17	2,17	0,75

O gráfico 2 a seguir mostra o comportamento, relacionado ao limiar de dor à pressão, quanto aos valores de algometria, as médias e desvios padrão entre as medidas das tíbias direita e esquerda dos indivíduos antes da irradiação laser.



**Gráfico 8: Distribuição dos valores de algometria, médias e desvios padrão quanto ao limiar de dor à pressão na tíbia direita e esquerda.**

Concluiu-se que o limiar de dor na tíbia não variou entre o lado direito e o esquerdo, mostrando equivalência sensitiva intra-individual nas medidas entre a tíbia direita e a esquerda dos sujeitos avaliados.

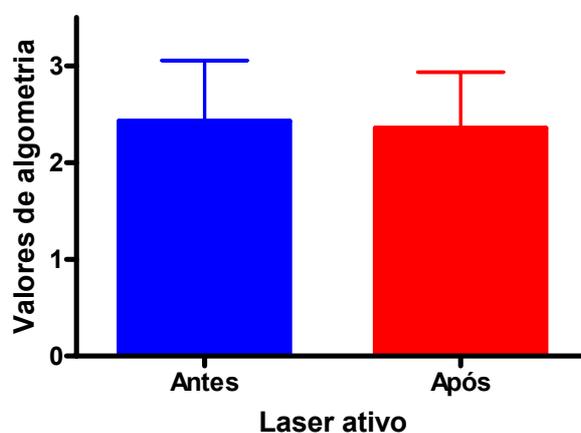
c) Em relação à análise do efeito do laser ativo no limiar de dor na tíbia direita, foi verificado através do teste t pareado, que não houve diferença estatisticamente significativa nos valores de algometria antes e após a irradiação laser ( $p = 0,52$ ). A

tabela 3 apresenta a seguir, um resumo estatístico quanto às médias e desvios padrão observados antes da irradiação e após a irradiação do laser ativo.

**Tabela 3: Médias e desvios padrão observados antes e após a irradiação do laser ativo na tíbia direita.**

Parâmetros Laser ativo	n	média	desvio padrão
Antes	9	2,42	0,62
Após	9	2,35	0,57

O gráfico 3 a seguir mostra a distribuição dos valores de algometria, as médias e desvios padrão observadas antes e após a irradiação com o laser ativo.



**Gráfico 3: Distribuição dos valores de algometria, médias e desvios padrão antes e após a aplicação do laser ativo na tíbia direita.**

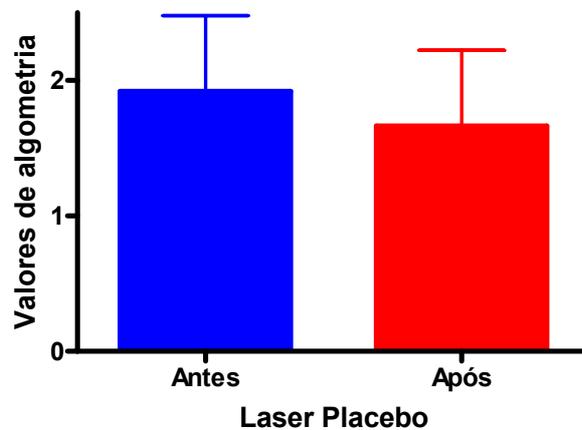
Embora os resultados não tenham mostrado significância estatística, podemos inferir que o laser ativo foi eficaz no sentido de se preservar os valores de algometria observados entre os momentos antes e após a aplicação.

Quanto ao efeito do laser placebo antes e após a irradiação, foi verificado, através do teste t pareado que houve diferença considerada estatisticamente muito significativa ( $p = 0,05$ ). A tabela 4 apresenta a seguir, um resumo estatístico quanto às médias e desvios padrão observados antes e após a irradiação do laser placebo.

**Tabela 4: Médias e desvios padrão observados antes e após a irradiação do laser placebo na tíbia direita.**

Parâmetros	n	média	desvio padrão
Laser placebo			
Antes	8	1,92	0,55
Após	8	1,66	0,55

O gráfico 4 a seguir mostra a distribuição dos valores de algometria, as médias e desvios padrão observadas antes e após a irradiação com o laser placebo.



**Gráfico 4: Distribuição dos valores de algometria, médias e desvios padrão antes e após a aplicação do laser placebo na tíbia direita.**

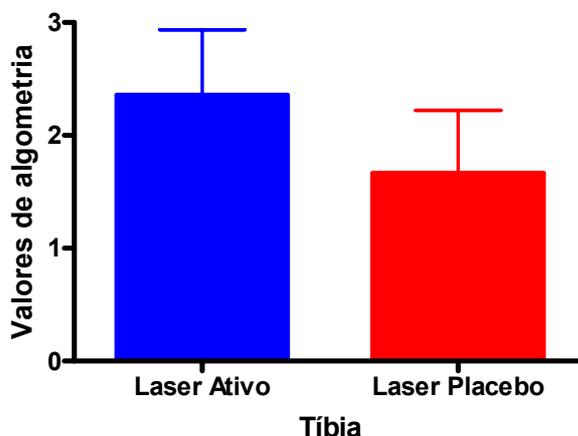
Os resultados acima mostram que os indivíduos submetidos ao laser placebo (aparelho desligado) apresentaram maior sensibilidade após as realizações das medidas de algometria, pois não se beneficiaram do efeito analgésico do laser.

Na comparação entre o laser ativo e o laser placebo na tíbia, verificou-se através do teste t não pareado que houve diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos analisados ( $p=0,02$ ). A tabela 5 apresenta a seguir, um resumo estatístico quanto às médias e desvios padrão observados entre o laser ativo e o laser placebo irradiados na tíbia:

**Tabela 5: Médias e desvios padrão observados nos grupos laser ativo e laser placebo na tíbia direita.**

Parâmetros	n	média	desvio padrão
Laser ativo	9	2,35	0,57
Laser placebo	8	1,66	0,55

O gráfico 5 a seguir mostra a distribuição dos valores de algometria, as médias e desvios padrão observadas entre os grupos laser ativo e laser placebo irradiados na tíbia:



**Gráfico 5: Distribuição dos valores de algometria, médias e desvios padrão nos grupos laser ativo e laser placebo irradiados na tíbia.**

Os resultados acima mostraram a eficácia do laser ativo sobre o laser placebo no limiar de dor na tíbia.

## 5.2 Análise estatística da tolerância à dor no músculo deltóide

Os objetivos desta análise foram:

a) Comparar os valores médios das algometrias do músculo deltóide direito dos sujeitos dos grupos A e B para observar se existe equivalência inter-individual (entre os indivíduos);

b) Comparar os valores médios das algometrias intra-individuais (mesmo indivíduo) em relação ao deltóide direito e esquerdo para se observar a existência de uma equivalência entre os lados;

c) Comparar os valores de algometria antes e após a irradiação com o laser para verificar o efeito deste na tolerância à dor no deltóide direito.

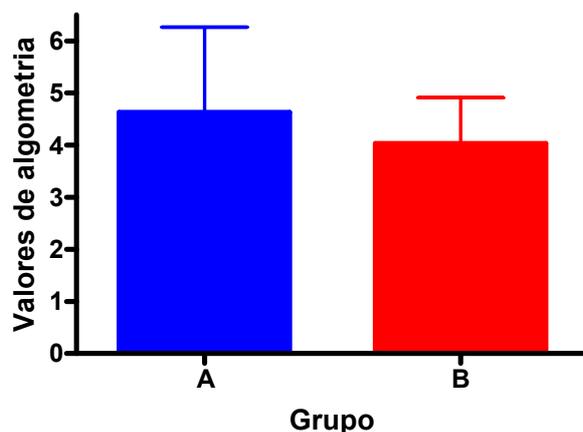
Deste modo:

a) Em relação à análise do músculo deltóide do braço, inicialmente foi analisada se havia equivalência dos valores médios de algometria relacionados à tolerância à dor no deltóide direito entre os indivíduos do Grupo A e do Grupo B, antes da irradiação laser, através do teste t não pareado onde não se observou diferença estatisticamente significativa entre os grupos ( $p= 0,37$ ). A tabela 6 apresenta o resumo estatístico quanto às médias e desvios padrão observados.

**Tabela 6: Médias e desvios padrão para a tolerância à dor à pressão nos dois grupos antes da irradiação laser**

Parâmetros	n	média	desvio padrão
Grupo A	9	4,62	1,63
Grupo B	8	4,03	0,87

Uma análise gráfica mostrando a distribuição dos valores de algometria, médias e desvios padrão quanto a tolerância à dor à pressão é apresentada a seguir:



**Gráfico 6:** Distribuição dos valores de algometria, médias e desvios padrão quanto a tolerância à dor no músculo deltóide direito para os indivíduos dos dois grupos analisados.

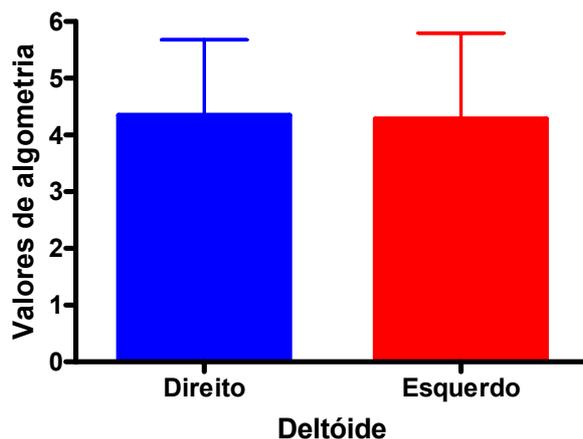
Concluiu-se, que a tolerância à dor no músculo deltóide entre o grupo A e o grupo B não variou estatisticamente, mostrando equivalência sensitiva entre os grupos analisados.

b) Posteriormente, verificou-se se havia equivalência dos valores médios de algometria obtidos para a tolerância à dor entre o deltóide direito e esquerdo de todos os sujeitos (Grupo A e Grupo B) através do teste t pareado que não mostrou diferença estatisticamente significativa ( $p=0,68$ ). A tabela 7 a seguir, apresenta um resumo estatístico quanto às médias e desvios padrão observados.

**Tabela 7: Médias e desvios padrão para a tolerância à dor à pressão entre o deltóide direito e esquerdo dos indivíduos antes da irradiação laser**

Parâmetros	n	média	desvio padrão
Deltóide D	17	4,34	1,33
Deltóide E	17	4,28	1,51

O gráfico 7 a seguir, mostra o comportamento, relacionado a tolerância à dor à pressão, quanto aos valores de algometria, as médias e desvios padrão entre as medidas do músculo deltóide direito e esquerdo dos indivíduos antes da irradiação laser.



**Gráfico 7: Distribuição dos valores de algometria, médias e desvios padrão quanto a tolerância à dor à pressão no músculo deltóide direito e esquerdo.**

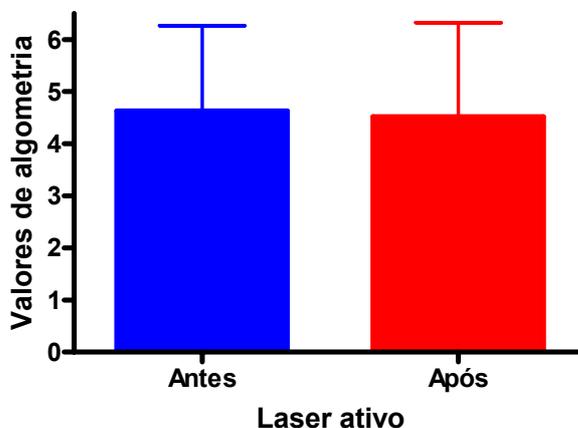
Concluiu-se que a tolerância à dor no músculo deltóide não variou entre o lado direito e o esquerdo, mostrando equivalência sensitiva intra-individual nas medidas entre o deltóide direito e esquerdo dos sujeitos avaliados.

c) Em relação à análise do efeito do laser ativo na tolerância à dor no músculo deltóide direito, foi verificado através do teste t pareado não haver diferença estatisticamente significativa nos valores de algometria antes e após a irradiação laser ( $p = 0,29$ ). A tabela 8 apresenta a seguir, um resumo estatístico quanto às médias e desvios padrão observados antes e após a irradiação do laser ativo.

**Tabela 8: Médias e desvios padrão observados antes e após a irradiação do laser ativo no deltóide direito.**

Parâmetros Laser ativo	n	média	desvio padrão
Antes	9	4,62	1,63
Após	9	4,52	1,80

O gráfico a seguir, mostra a distribuição dos valores de algometria, as médias e desvios padrão observadas antes e após a irradiação com o laser ativo.



**Gráfico 8: Distribuição dos valores de algometria, médias e desvios padrão antes e após a aplicação do laser ativo no deltóide direito.**

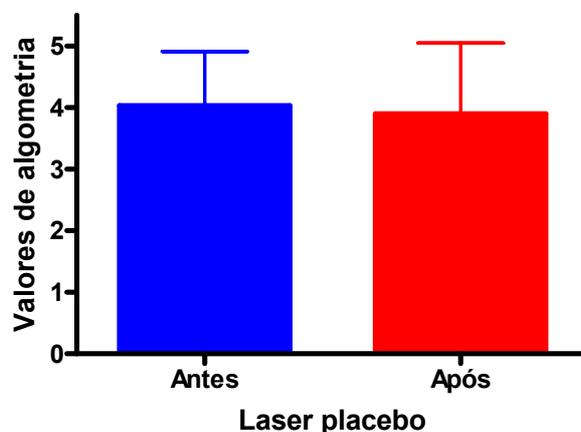
Embora os resultados não tenham mostrado significância estatística, podemos inferir que o laser ativo foi eficaz no sentido de se preservar os valores de algometria observados entre os momentos antes e após a irradiação no músculo deltóide.

Quanto ao efeito do laser placebo antes e após a irradiação, foi verificado, através do teste t pareado que não houve diferença estatisticamente significativa ( $p=0,54$ ). A tabela 9 apresenta a seguir, um resumo estatístico quanto às médias e desvios padrão observados antes e após a irradiação do laser placebo.

**Tabela 9: Médias e desvios padrão observados antes e após a irradiação do laser placebo no deltóide direito.**

Parâmetros	n	média	desvio padrão
Laser placebo			
Antes	8	4,03	0,87
Após	8	3,89	1,15

O gráfico 9 a seguir mostra a distribuição dos valores de algometria, as médias e desvios padrão observadas antes e após a irradiação com o laser placebo.



**Gráfico 4: Distribuição dos valores de algometria, médias e desvios padrão antes e após a aplicação do laser placebo no músculo deltóide direito.**

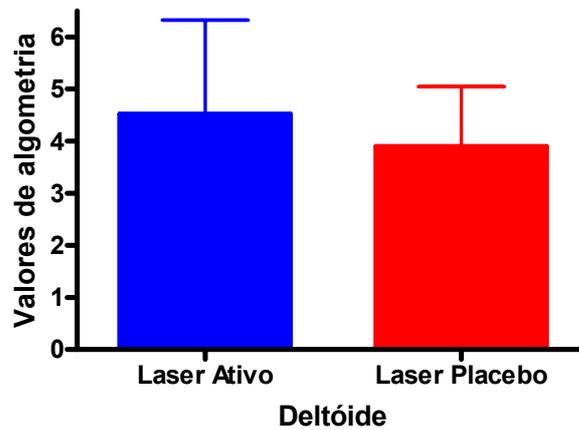
Os resultados acima mostram que não houve influencia do efeito placebo nos valores de algometria neste grupo de indivíduos.

Na comparação entre o laser ativo e o laser placebo sobre o músculo deltóide direito, verificou-se através do teste t não pareado que não houve diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos analisados ( $p=0,41$ ). A tabela 10 apresenta a seguir, um resumo estatístico quanto às médias e desvios padrão observados entre o laser ativo e o laser placebo irradiados sobre o músculo deltóide:

**Tabela 10: Médias e desvios padrão observados nos grupos laser ativo e laser placebo no músculo deltóide.**

Parâmetros	n	média	desvio padrão
Laser ativo	9	4,52	1,80
Laser placebo	8	3,89	1,15

O gráfico 10 a seguir mostra a distribuição dos valores de algometria, as médias e desvios padrão observadas entre os grupos laser ativo e laser placebo irradiados no músculo deltóide:



**Gráfico 10: Distribuição dos valores de algometria, médias e desvios padrão nos grupos laser ativo e laser placebo irradiados no músculo deltóide.**

Concluí-se através dos resultados acima que o laser não foi eficaz no aumento da tolerância à dor no músculo deltóide.

## CAPÍTULO 6- DISCUSSÃO

O presente trabalho analisou o efeito do laser de arseneto de gálio com comprimento de onda de 904nm sobre o limiar e a tolerância à dor na tíbia e no músculo deltóide respectivamente, ambos do lado direito, em dois grupos de voluntários. O grupo A (laser ativo) foi tratado com dose de 4J/cm<sup>2</sup> e o grupo B foi submetido a 0J/cm<sup>2</sup> (laser placebo). A tíbia e o deltóide esquerdos dos dois grupos foram usados como controle, sendo realizadas apenas as medidas de algometria. Os objetivos do trabalho foram avaliar o efeito do laser no limiar de dor na tíbia D e na tolerância à dor no músculo deltóide D, avaliar a equivalência dos valores obtidos pela algometria de pressão entre os indivíduos (equivalência inter-individual) e, avaliar a equivalência dos valores de algometria no mesmo indivíduo (intra-individual) em relação ao lado direito e esquerdo avaliados.

Para Douglas (2002), todos os receptores sensitivos apresentam limiar de excitabilidade elevado, necessitando, portanto de estímulos de intensidade forte para deflagrarem um potencial de ação e serem interpretados pelo SNC. Nesta pesquisa, observou-se que a algometria foi eficaz em estimular os mecanorreceptores e os nociceptores na obtenção dos limiares e tolerância à dor na tíbia e músculo deltóide dos sujeitos avaliados.

Ganong (2000) refere que os receptores podem responder a outros estímulos não específicos. Porém, o limiar para essas respostas inespecíficas é mais elevado. Podemos citar como exemplo, um estímulo de pressão que é captado pelos mecanorreceptores, porém, sendo interpretado como estímulo de dor caso as pressões se elevem acima do limiar perceptivo. Este fato foi observado na prática

quando, ao se iniciar a algometria, os sujeitos sentiam apenas uma pressão sobre a pele e, à medida que a pressão era aumentada, esta se transformava em dor.

De acordo com Aires (1999), o limiar perceptivo é a menor intensidade de um estímulo exigida para que ele seja detectado, diferindo do limiar referente ao receptor sensorial individual, sendo mais alto, pois ocorre por somação espacial para que o estímulo possa ser percebido.

Baseado nos autores acima, foi estudado o efeito do laser sobre a dor mínima (limiar) e a máxima (tolerância) em indivíduos saudáveis, ou seja, sem queixas algicas nas regiões pesquisadas.

A análise estatística demonstrou existir uma equivalência para os limiares sensitivos na tíbia entre os indivíduos pesquisados. O mesmo aconteceu com o músculo deltóide considerando-se a tolerância à dor. Esses resultados concordam com o trabalho de Fischer (1987) apud Nussbaum e Downes (1998) que verificou que o limiar de dor à pressão é reproduzível entre indivíduos.

O fato da sensibilidade de uma região corporal em sujeitos saudáveis apresentar uma equivalência torna possível uma comparação com aqueles que possuam algum distúrbio músculo-esquelético, permitindo um diagnóstico mais objetivo dos processos algicos.

Piovesan *et al* (2001) relatam que, além de caracterizar certo grupo de pacientes, o estabelecimento dos limiares de percepção dolorosa auxilia também na compreensão de padrões algicos.

No estudo de Fischer, foram calculados os limiares de dor à pressão através da média de duas medidas tomadas nos lados contra laterais do corpo e foi examinada a distribuição dos valores envolvendo nove músculos saudáveis.

Downes e Nussbaum (1998) avaliaram os limiares de dor à pressão no músculo bíceps braquial, testando a confiabilidade de medidas repetidas de algometria em sujeito saudáveis em três dias consecutivos. Investigaram também a confiabilidade desses limiares registrada entre examinadores e investigaram o número de medidas necessárias para se obter uma melhor estimativa desses valores. Concluíram que as medidas foram confiáveis em cada avaliação dentro do mesmo dia e, diariamente, em três dias consecutivos. Observaram também que as medidas aferidas por um examinador (avaliação intra-examinador) foram mais confiáveis que as medidas tomadas entre examinadores (avaliação inter-examinador).

Nesta dissertação, teve-se como base os trabalhos de Bjordal, Martins e Iversen (2006); Edward e Knowles (2003); Ferrante *et al* (2005); Ozcan *et al* (2004), onde fez-se três medidas iniciais de algometria e posteriormente, a média dessas medidas. Ishitani *et al* (2005); Rolke *et al* (2005) e Tucker (2005) usaram a média de cinco medidas de algometria.

Os autores acima mencionados não estabeleceram um padrão quanto ao número de medidas a serem tomadas durante a algometria, porém, referem que ao se realizar várias medidas, reduz-se a variabilidade observada no mesmo indivíduo (intra-individual) e aumenta-se a confiabilidade das mesmas.

Jensen *et al* (1986); Ohrbach e Galé (1989) apud Maquet *et al* (2004) relatam grande variabilidade inter-individual nos limiares de dor à pressão que foram achados em indivíduos saudáveis, o que está em desacordo com esta dissertação.

Segundo Hou *et al* (2002); Ishitani *et al* (2005); Ozcan *et al* (2004) e Solomon, *et al* (2003), um mesmo examinador deve realizar todas as medidas de algometria a

fim de se reduzir uma possível variação inter-examinadores. Nesta dissertação todas as medidas algométricas foram realizadas pelo pesquisador.

Uma possível variação intra-examinador durante as aferições de medida pode ser questionada. Porém, tal variação depende muito do domínio da técnica de algometria tal como acontece no exame de palpação manual. Nesta pesquisa, o examinador realizou vários testes com o algômetro de pressão dias antes do início da coleta dos dados para o domínio no manejo do aparelho.

Procurou-se investigar também se o limiar de dor na tíbia direita equivalia ao da tíbia esquerda dos mesmos sujeitos, onde foi observado que existiu para estes, uma equivalência para os limiares de dor à pressão entre as tíbias direita e esquerda de cada um dos sujeitos avaliados, não ocorrendo variabilidade intra-individual, portanto.

Da mesma forma, em relação ao músculo deltóide, foram analisados os valores obtidos na algometria para a tolerância à dor no deltóide direito e esquerdo de todos os sujeitos envolvidos na pesquisa. A comparação entre o deltóide direito e o esquerdo mostrou quanto aos valores obtidos na algometria, uma equivalência entre os lados, ou seja, não houve variação intra-individual quanto à tolerância à dor no músculo deltóide.

OZCAN *et al* (2004) relatam a importância de se identificar as possíveis diferenças na sensibilidade à dor entre os lados direito e esquerdo do corpo visando estabelecer quais diferenças são típicas para se obter medidas confiáveis que possam fornecer uma linha de base para ser usada para o diagnóstico e tratamento de disfunções músculo-esqueléticas.

De acordo com Maquet *et al* (2004), valores idênticos obtidos sobre o lado contralateral do corpo provaram a reprodutibilidade dos limiares de dor à pressão em sujeitos saudáveis. O objetivo destes autores foi verificar a equivalência dos limiares de dor à pressão em 18 diferentes locais com pontos dolorosos, em grupo controle com indivíduos normais e em pacientes com fibromialgia a fim de se estabelecer valores normais de limiares de dor para melhorar o diagnóstico e a abordagem terapêutica na fibromialgia em nível de pesquisa e clínica.

Rolke *et al* (2005) em estudo semelhante, notaram diferenças significativas nos limiares de dor à pressão de acordo com o tipo de tecido, membro superior ou inferior analisado e o aparelho de algometria usado. Não encontraram, porém, diferenças intra-individuais entre o lado do corpo avaliado ou nos limiares entre locais simétricos.

Os estudos acima corroboram os resultados encontrados nesta dissertação e encontram sua base na neurofisiologia sugerindo mais pesquisas quanto à sensibilidade dos hemisférios direito e esquerdo como discutido no trabalho de Ozcan *et al* (2004).

A eficácia do laser observada, comparando-se os valores de algometria na tíbia antes e após a irradiação, mostrou que no grupo placebo o limiar de dor após a irradiação foi estatisticamente menor, sugerindo uma maior sensibilidade dos sujeitos após as medidas sucessivas de algometria e também pelo fato deste grupo não ter se beneficiado do efeito analgésico do laser. Este achado é corroborado por Hogewed *et al* (1992) apud Schuhfried; Korpan e Moser (2000) que observaram que o limiar de dor por pressão, pode ser influenciado pela sensibilização dos nociceptores através de medidas aferidas rapidamente, uma após a outra como ocorreu nesta pesquisa.

Segundo Battie e Giesbrecht (2005), o aumento da sensibilidade do nociceptor é marcado por disparos espontâneos dos potenciais de ação, aumento da sensibilidade à estimulação mecânica e um limiar de disparo mais baixo com a ativação de nociceptores previamente quiescentes, contribuindo para a sensibilização periférica ao aumentar a quantidade de descargas neuronais de uma área de lesão em resposta à estimulação lesiva ao organismo.

Nesta pesquisa, no grupo submetido ao laser ativo, o limiar de dor à pressão na tíbia não se alterou estatisticamente, o que sugere a influência do laser, corroborando os trabalhos de Colls (1984) e Veçoso (1993) que relatam que o laser evita a redução do limiar de excitabilidade dos receptores dolorosos, o que se manifestou nesta pesquisa por uma manutenção dos valores iniciais de algometria previamente à irradiação laser.

A análise estatística mostrou a eficácia do laser ativo sobre o laser placebo no limiar de dor na tíbia. Este resultado é corroborado pelos trabalhos de Alcântara Farias (2005), Beckerman *et al* (1992), Ceylan, Hizmetli e Silig (2004) e Ribeiro (2003) quanto ao efeito analgésico proporcionado pelo laser de baixa potência.

A densidade energética usada nesta pesquisa baseou-se no preconizado pelo fabricante do aparelho laser, pois os parâmetros citados na literatura variam muito, principalmente em relação à potência de saída dos aparelhos, tornando difícil uma generalização e padronização de protocolos e mesmo uma comparação referente ao fator dose com a literatura.

O trabalho de King *et al* (1990) investigou o efeito da estimulação laser no limiar de dor experimentalmente induzida também com uma única irradiação como ocorreu neste estudo, entretanto, usaram um laser de He-Ne, em grupos

experimentais e controle. O grupo experimental mostrou um aumento estatisticamente significativo no limiar de dor sugerindo a eficácia deste tipo de laser.

Korpan, Moser e Schuhfried (2000), visando avaliar o efeito de uma única irradiação de laser He-Ne em dor experimental induzida por estímulos mecânicos e elétricos em 32 indivíduos saudáveis, não encontrou diferenças nas medidas entre os grupos laser e placebo e o braço contra lateral. Não houve significância estatística entre o tratamento laser e o laser placebo nos dois casos de dor induzida quanto ao limiar de dor. Em comparação ao braço contra lateral, não foi encontrado nenhum efeito no limiar de dor mecânica pela estimulação laser ou laser placebo.

No presente estudo, relacionado à eficácia do laser na tolerância à dor, verificou-se ao se comparar os valores de algometria no deltóide antes e após o laser ativo, antes e após o laser placebo e na comparação entre o laser ativo e o laser placebo, que não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos pesquisados, o que se manifestou clinicamente por uma manutenção dos valores iniciais de algometria (laser ativo) corroborado pelos trabalhos de Colls (1984) e Veçoso (1993), ausência da influência do efeito placebo (laser placebo), e a não eficácia do laser no aumento da tolerância à dor no músculo deltóide (laser ativo x laser placebo), corroborado pelos trabalhos de Basford *et al* (1998), Brosseau *et al* (2005 e De Bie *et al* (1998). Pode-se considerar o fato dos receptores de pressão no músculo deltóide estar localizados mais profundamente do que aqueles na tíbia (subcutâneos), o que pode ter inibido ou diminuído a ação do laser pelo menos de acordo com a dose empregada nesta pesquisa.

O Trabalho de Bjordal, Iversen e Martins (2006) foi um dos poucos encontrados na literatura pesquisada onde foi investigada a ação do laser de baixa potência na tendinite de Aquilles. Utilizaram a algometria de pressão como método

de avaliação. No trabalho destes autores, foi usado também um laser de AsGa 904nm de comprimento de onda. Houve uma pequena, mas não significativa diminuição na média do limiar de dor a pressão do começo do experimento até imediatamente antes do tratamento. A aplicação do algômetro causou um aumento de sensibilidade na área tratada (tendão de Aquiles), provavelmente em parte devido às aplicações repetidas do algômetro. Este fato também ocorreu no grupo B desta pesquisa em relação à tíbia.

O trabalho de Solomon *et al* (2003) mostrou que recursos terapêuticos fisioterápicos envolvendo estímulos elétricos e calor usados clinicamente no tratamento da dor falharam em produzir um efeito quando usados separadamente. Quando administrados em conjunto, produziram um efeito analgésico, elevando o limiar de dor por ação sinérgica das modalidades terapêuticas envolvidas. No estudo destes autores, todos os tratamentos foram dados previamente ao estímulo doloroso, enquanto que em condições clínicas eles são usados para o tratamento de dores já existentes.

Existe a necessidade, através de mais pesquisas clínicas de se estabelecer protocolos que englobem as mais diversas situações clínicas no uso do laser; pelo menos em fisioterapia, devido à grande diversidade de especificações técnicas entre os vários tipos de laser de baixa potência e fabricantes, já que no mercado existem aparelhos laser cuja potência de saída varia de 5 a 50mW o que pode influenciar na resposta terapêutica de um tratamento.

Sugere-se que futuros trabalhos clínico experimentais na investigação do laser de baixa potência como recurso analgésico contemplem outras densidades energéticas além da que foi utilizada nesta pesquisa, bem como difundir o uso da algometria entre os fisioterapeutas como método de diagnóstico associado a outras

formas de avaliação do fenômeno dor conhecidas e cientificamente aceitas por profissionais nas diversas áreas da saúde.

## **CAPÍTULO 7. CONCLUSÃO**

Baseados nos resultados obtidos, nos parâmetros do laser utilizados (densidade energética de  $4\text{J}/\text{cm}^2$ ,  $904\text{nm}$  de comprimento de onda) e na amostra empregada, pode-se inferir que, na comparação entre o laser ativo e o laser placebo, houve eficácia na tíbia, o mesmo não ocorrendo em relação ao efeito deste sobre o aumento da tolerância à dor no músculo deltóide, sugerindo que a densidade energética empregada tenha sido insuficiente para esta região em questão e adequada para a tíbia.

A algometria como técnica para a quantificação objetiva de dores mostrou-se adequada, tanto para a determinação do limiar de dor como para a tolerância à dor. É um método seguro e de fácil manuseio. Nesta pesquisa foi observada uma equivalência sensitiva inter-individual e intra-individual nos grupos pesquisados. Tal fato em termos clínicos pode ajudar na elaboração de escalas comparativas de sensibilidade e dor que podem ajudar os profissionais de saúde a estabelecer um padrão de dor em indivíduos saudáveis e a posterior comparação com sujeitos com distúrbios do aparelho locomotor.

Nesta pesquisa, concluiu-se também que o algômetro utilizado foi eficaz em estimular os mecanorreceptores e os nociceptores servindo como método seguro de se induzir e medir a dor no sistema músculoesquelético.

## REFERÊNCIAS

AIRES, M.M. **Fisiologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999, p.211-227.

ALCÂNTARA FARIAS, V.H. **Análise da ação do Laser de Baixa Potência em pacientes com Dor Muscular portadores de Desordens Temporomandibulares empregando a Eletromiografia**.2005. 1 Disco laser. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2005

ALTAN, L.; BINGO, I.; AYKAC, M.; YURTKURAN, M. Investigation of the effect of GaAs laser therapy on cervical myofascial pain syndrome. **Rheumatol Int.**, v. 25, p.23-27, 2005.

ASIMOV, M.; ASIMOV, R.;GISBRECHT,A. The efficiency of laser radiation absorption by hemoglobin and oxyhemoglobin in the skin blood vessels. **Bulg J of Phys.**, v.26, n. 3/4, p.165-171, 1999.

BARANIUK, J.N.;WHALEN,G.; CUNNINGHAM,J.;CLAUW,D.J. Cerebrospinal fluid levels of opioid peptides in fibromyalgia and chronic low back pain. **BMC Musculoskel Disord**, v.5, p.48, 2004.

BASFORD, J.R.; MALANGA, G.A.; KRAUSE,D.A.; HARMSEN,W. S. A randomized controlled evaluation of low-Intensity laser therapy: plantar fasciitis .**Arch Phys Med Rehabil.** , v.79, p.249-254, 1998.

BATTIE, M.C.; GIESBRECHT, R.J.S A Comparison of Pressure Pain Detection Thresholds in People With Chronic Low Back Pain and Volunteers Without Pain. **Phys Ther.**, v. 85, n. 10, p.1085-1092, 2005.

BAXTER, D.Laserterapia de baixa intensidade. In: KITCHEN, S. **Eletroterapia: Prática baseada em evidências**. 11. ed. São Paulo: Manole, 2003. p.171-189.

BECKERMAN, H.; De BIE, R.A.; BOUTER, L.M.; De CUYPER, H.J.; OOSTENDORP, R. AB. The efficacy of laser therapy for musculoskeletal and skin disorders: A criteria-based meta-analysis of randomized clinical trials. **Phys Ther.**, v. 72, p. 483-491, 1992.

BERNE, R.M.; LEVY, M.N.; KOEPPEN, B.M.; STANTON, B.A. **Fisiologia**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.p.93-98, p.105-11.

BJORDAL, J.M.; IVERSEN, V.V.; MARTINS, R.A.B.L. A randomised placebo controlled trial of low level laser therapy for activated Achilles tendinitis with microdialysis measurement of peritendinous prostaglandin E2 concentrations. **Br J Sports Méd.**, v. 40, p.76-80, 2006.

BOULNOIS, J.L. Física do laser. In: MAILLET, H. **O Laser: Princípios e técnicas de aplicação**. São Paulo: Manole, 1987. p.13-103.

BRAND, R.A; HOGERVORST, T Current Concepts Review Mechanoreceptors in Joint Function. **J. Bone Joint Surg. Am.**, v.80, p.1365-1378, 1998.

BROSSEAU, L.; WELLS, G.; MARCHAND, S.; GABOURY, I.; STOKES, B.; MORIN, M.; CASIMIRO, L.; YONGE, K.; TUGWELL, P. Randomized controlled trial on low level laser therapy (LLLT) in the treatment of osteoarthritis (OA) of the hand. **Lasers in Surg and Med.**, v.36, p.210-219, 2005.

BUENSE, R.; DUARTE, I; KOBATA, C. Fototerapia. **An Bras Dermatol.**, v.81, n.1, p.74-82, 2006.

CARNEVALLI, C.M.M. **Efeito da radiação do diodo laser ( $\lambda = 830$  nm) em cultura de fibroblastos (CHO-K1)**. 2001. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2001.

CEYLAN, Y.; HIZMETLI, S.; SILIG, Y. The effects of infrared laser and medical treatments on pain and serotonin degradation products in patients with myofascial pain syndrome. A controlled trial. **Rheumatol Int.**, v. 24, p. 260-263, 2004.

CHOW, R.T.; BARNESLEY, L. Systematic review of the literature of low-level laser therapy (LLLT) in the management of neck pain. **Lasers in Surg and Med**, v. 37, p.46-52, 2005.

COLLS, J. **La Terapia Laser, Hoy**. Barcelona: Centro Documentacion Laser de Meditec, 1984. 164 p.

CRAIG, J.; ROLLMAN, G.B. Somesthesia. **Annu. Rev. Psychol.**, v. 50, p. 305-331, 1999.

DANHOF, G. Biological effects of the laser beam. In: SIMUNOVIC, Z, (Ed.) **Lasers in medicine and dentistry: basic science and up-to-date clinical application of Low Energy-Level Laser Therapy-LLLT**. Croatia: Vitagraf, 2000. p.127-150.

De BIE, R.A.; DE VET, H.C.W.; LENSSEN, T.F.; VAN DEN WILDENBER, F.A.J.M.; KOOTSTRA, G.; KNIPSCHILD, P.G. Low-level laser therapy in ankle sprains: A randomized clinical trial. **Arch Phys Med Rehabil.**, v. 79, p. 1415-20, 1998.

DOMINY, N.J.; HOFFMANN, J.N.; MONTAG, A.G. Meissner Corpuscles and Somatosensory Acuity: The Prehensile Appendages of Primates and Elephants. **The Anatomical Record**, v. 281A, n. part A, p. 1138-1147, 2004. Disponível em: <<http://artsci.wustl.edu/~hpontzer/Courses/Hoffman%20et%20al%202004%20Anat%20Rec%20Meissners%20Corpuscles.pdf>>. Acesso: em 08 nov. 2006.

DOUGLAS, C.R. **Tratado de fisiologia aplicado à saúde**. 5. ed. São Paulo: Robe Editorial, 2002. p.185-194.; 259-285.

DOWNES, L.; NUSSBAUM, E.L. Reliability of Clinical Pressure-Pain Algometric Measurements Obtained on Consecutive Days. **Phys Ther.**, v. 78, n. 2, p.160-169, 1998.

DUBNER, R.; GOLD, M. The neurobiology of pain. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA**, v. 96, p. 7627–7630, 1999. (Colloquium Paper). Disponível em: <<http://www.pnas.org>>. Acesso em: 08 nov.2006.

EDWARDS, J.; KNOWLES, N. Superficial Dry Needling and Active Stretching in the Treatment of Myofascial Pain –A Randomised Controlled Trial. **Acup In Med.**, v.21, n. 3, p.80-86, 2003.

EGAN, T.D.; KERN, S.E.; MUIR, K.T.; WHITE, J.. Remifentanil by bolus injection: a safety, pharmacokinetic, pharmacodynamic, and age effect investigation in human volunteers. **Br J. of Anaest.**, v.92, n. 3, p. 335-343, 2004.

FERRANTE, F.M.; BEARN, L.; ROTHROCK, R.; KING, L. Evidence against Trigger Point Injection Technique for the Treatment of Cervicothoracic Myofascial Pain with Botulinum Toxin Type A. **Anesthes.**, v.103, p.377-383, 2005.

GANONG, W. F. **Fisiologia Médica**. 19. ed. Rio de Janeiro: McGraw-Hill; Interamericana do Brasil, 2000. p.103-108.

GILMAN, S. Joint position sense and vibration sense: anatomical organisation and assessment. **J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.**; v.73, p. 473-477, 2002. Disponível em: <<http://www.jnnp.bmj.com>>. Acesso em: 08 Nov. 2006.

GOLD, M. S.; STUCKY, C.L.; ZHANG, XU. Mechanisms of pain. **PNAS**, v. 98. n. 21, p. 11845-11846, 2001. Disponível em: <<http://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas>>. Acesso em: 08 nov.2006.

GOLDMAN, L. História do laser em medicina. In: PIMENTA, L.H.M. **Laser em medicina e biologia**. São Paulo: Roca, 1990. p.1-3.

GUIRRO, E.; GUIRRO, R. **Fisioterapia dermatofuncional**. 3. ed. São Paulo: Manole, 2002. p. 209-222.

GUR, A. ;KARAKOC, K.N.; CQEVIK, R.;SARAC, J.; DEMIR, E.Efficacy of low power laser therapy in fibromyalgia: A single-blind, placebo-controlled trial. **Lasers Med Sci.**, v. 17, p.57-61, 2002.

HODE, L. The importance of the Coherence. **Photomed and laser surg.**, v. 23, n. 4, p.431-434, 2005.

HOU, C.R.; TSAI, L.C.; CHENG, K.F.; CHUNG, K.C.; HONG, C.Z. Immediate effects of various physical therapeutic modalities on cervical myofascial pain and trigger-point sensitivity. **Arch Phys Med Rehabil.**, v. 83, p.1406-1414, 2002.

INOUE, M.; SHIMOHIRA, I.; YOSHIDA, A.; ZIMMER, A.; TAKESHIMA, H.; SAKURADA, T.; UEDA, H. Dose-Related Opposite Modulation by Nociceptin/Orphanin FQ of Substance P Nociception in the Nociceptors and Spinal Cord. **JPET**, v. 291, p. 308-313, 1999. Disponível em: < <http://www.jpvet.org>>. Acesso em: 08 nov. 2006.

ISHITANI, N.; MASUMOTO, Y.; YOSHIHARA, T.; YAMASAKI, Y. Changes in electroencephalographic activities following pressure stimulation in humans. **Psychia and Clinil Neurosc.**, v. 59, p. 644-651, 2005.

JANISCH, R.; KOUTNA, M.; VESELSKA, R.EFFECTS OF LOW-POWER LASER IRRADIATION ON CELL PROLIFERATION.**Scrip Med (BRNO)**, v. 76, n. 3, p. 163-172, Jun, 2003.

KARU, T. Mechanims of low-power laser light action on cellular level. In: SIMUNOVIC, Z, (Ed.) **Lasers in medicine and dentistry**: basic science and up-to-date clinical application of Low Energy-Level Laser Therapy-LLLT. Croatia: Vitagraf, 2000. p.98-125.

KASSAK, P.; SIKUROVA, L.; KVASNICKA, P.; BRYSEWSKA, M.The Response of Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPase of Human Erythrocytes to Green Laser Light Treatment. **Physiol. Res.**, v. 55, p. 189-194, 2006

KERN, S.E.; XIE, G.; WHITE, J.L.; EGAN, T.D.. Opioid–Hypnotic Synergy. A Response Surface Analysis of Propofol–Remifentanyl Pharmacodynamic Interaction in Volunteers. **Anesthes.**, v. 100, p.1373-1381, 2004.

KING, A.J. Sensory experience and the formation of a computational map of auditory space in the brain. **Bio Essays**, v. 21, p.900-911, 1999.

KING, C.E.; CLELLAND, J.A.; KNOWLES, C.J.; JACKSON, J.R. Effect of Helium-Neon Laser Auriculotherapy on Experimental Pain Threshold. **Phys Ther.**, v. 70, n.1, January, p. 24-30, 1990.

KITCHEN, S.; DYSON, M. Tratamentos de baixa energia: nao-térmicos ou microtérmicos? In: KITCHEN, S. **Eletroterapia: Prática baseada em evidências**. 11. ed. São Paulo: Manole, 2003. p.107-112.

KORPAN, M.; MOSER, V.F.; SCHUHFRIED, O Helium–Neon Laser Irradiation: Effect on the Experimental Pain Threshold. **Lasers Med Sci.**, v. 15, p.169-173, 2000.

MACDERMOTT, A.B. Basic Mechanisms of Pain. Basic and Clinical Neurosciences. **28th Annual Postgraduate Review Course** December 3, 2005, through March 11, 2006. Disponível em: < <http://neuroscienceupdate.cumc.columbia.edu>>. Acesso em: 11 nov. 2006.

MACEFIELD, V.G. Physiological characteristics of low-threshold mechanoreceptors in joints, muscle and skin in human subjects. **Clin. Exper Pharm Physiol.**, v. 32, n. 1-2, p.13, 2005.

MACKLER, L.S.; BARRY, A.J.; PERKINS, A.I.; SOUCEK, M.D. Effects of helium-neon laser irradiation on skin resistance and pain in patients with trigger points in the neck or back. **Phys Ther.**, v. 69, n. 5, p. 336-341, 1989.

MAILLET, H. **O Laser: Princípios e técnicas de aplicação**. São Paulo: Manole, 1987. 538 p.

MAQUET, D.; CROISIER, J.L.; DEMOULIN, C.; CRIELAARD, J.M. Pressure pain thresholds of tender point sites in patients with fibromyalgia and in healthy controls. **Euro J. Pain**, v. 8, p.111-117, 2004.

MARQUES, A.P.; FERREIRA, E.A.G.; MATSUTANI, L.A.; PEREIRA, C.A.B.; ASSUMPÇÃO, A. Quantifying pain threshold and quality of life of fibromyalgia patients. **Clin Rheumatol.**, v. 24, p.266-271, 2005.

MARTIN, J. Anatomic Substrates of Somatic Sensation. **Bas and Clin Neurosc.** 28th Annual Postgraduate Review Course December 3, 2005, through March 11, 2006 p.1-21. Disponível em: < <http://neuroscienceupdate.cumc.columbia.edu> > .Acesso em: 08 nov. 2006.

MINTERTAG, J. Física aplicada do laser. In: PIMENTA, L.H.M. **Laser em medicina e biologia.** São Paulo: Roca, 1990.p. 5-11.

NASCIMENTO, O.F. **Determinação de parâmetros ópticos em tecido biológico ( $\mu\text{a}$ ,  $\mu\text{s}'$ ) na região do infravermelho próximo.** 2001. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2001.

OLIVO, M.; LAU, W.; MANIVASAGER,V.; TAN, P.H.; SOO, K.C.; CHENG, C. Macro-microscopic fluorescence of human bladder cancer using hypericin fluorescence cystoscopy and laser confocal microscopy. **Int J of Oncol.**, v. 23, p. 983-990, 2003.

OZCAN, A.; TULUM,Z.; PINAR,L.; BASKURT,F. Comparison of Pressure Pain Threshold, Grip Strength, Dexterity and Touch Pressure of Dominant and Non-Dominant Hands within and Between Right- and Left-Handed Subjects. **J Korean Med Sci.**, v.19, p.874-878, 2004.

PIMENTA, L.H.M. **Laser em medicina e biologia.** São Paulo: Roca, 1990.85 p.

PIOVESAN, E.J.; TATSUI, C.E.; KOWACS, P.A.; LANGE, M.C.; PACHECO, C.; WERNECK, L.C. Utilização da algometria de pressão na determinação dos limiares de percepção dolorosa trigeminal em voluntários sadios:Um novo protocolo de estudos. **Arq Neuropsiquiatr.**, v.59, n.1, p.92-96, 2001.

POLETTO, P.R.;GIL COURY,H.J.C.; WALSH,I.A.P.;MATTIELO-ROSA,S.M. Correlação entre métodos de auto-relato e testes Provocativos de avaliação da dor em indivíduos portadores de distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho.**Rev. bras. fisioter.**, v. 8, n. 3, p.223-229, 2004.

REISS, S.M. Unlocking the mysteries of Laser-Tissue Interaction. **Biophot Inter.**, July/August, p.40-45, 2001.

RIBEIRO, A.F. **Utilização do laser de baixa potência em indivíduos com quadro álgico que apresentam diagnóstico de disfunção temporomandibular.** 2003. 51 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2003.

ROCCIA, L. **Laserterapia**. Barcelona: Iberica Impressiones Generales, 1983.167 p.

ROLKE, R.; CAMPBELL, A.; MAGERL, W.; TREEDE, R.D. Deep pain thresholds in the distal limbs of healthy human subjects. **Euro J. Pain.**, v. 9, p.39-48, 2005.

SCOTT, M.A.; HOPPER, C.;SAHOTA, A.;SPRINGETT, R.; MCILROY, BW.; BOWN, S.G.; MACROBERT, A.J. Fluorescence Photodiagnosics and Photobleaching Studies of Cancerous Lesions using Ratio Imaging and Spectroscopic Techniques. **Lasers Med Sci** ,v. 15, p. 63–72, 2000.

SHARMA, R.; THUKRAL, A.; KUMAR, S.; BHARGAVA, S K. Effect of low level lasers in de Quervains tenosynovitis: Prospective study with ultrasonographic assessment. **Physiother.**, v.88, n. 12, p.730-734, 2002.

SILVEIRA JUNIOR, L.; PALECKIS, L.G.P.; NICOLAU,R.A.; NOGUEIRA, G.V.; BUSANELLO, R.Z.; MARDEGAN, D.A.; FONSECA, S.M.; ZÂNGARO, R.A.; PACHECO, M.T.T. Detecção de lesões neoplásicas induzidas em mucosa oral de hamster utilizando espectroscopia de fluorescência. **Rev Assoc Med Bras.**, v. 50, n. 3, p.297-301, 2004.

SOLOMON, J.; SHEBSHACVICH, V.; ADLER, R.; VULFSONS, S.; ROSENBACH, A.; EISENBERG, E. The Effects of TENS, Heat, and Cold on the Pain Thresholds Induced by Mechanical Pressure in Healthy Volunteers. **Neuromod.**, v. 6, n. 2, p.102–107, 2003.

TUCKER, A.P.; KIM, Y.I.;NADESON,R.;GOODCHILD,C.S.. Investigation of the potentiation of the analgesic effects of fentanyl by ketamine in humans: a double-blinded, randomised, placebo controlled, crossover study of experimental pain. **BMC Anesthes.**, v.5, p.2, 2005.

VEÇOSO, M.C. **Laser em Fisioterapia**. São Paulo: Lovise, 1993. p.25-54.

WELCH, A.J.; TORRES, J.H.; CHEONG, W.F.Laser physics and laser-tissue interaction. **Texas Heart Inst J.**,v. 16, n.14, p. 1-9, 1989.

WHELAN, H.T.; EELLS, J.T.; HENRY,M.M.; SUMMERFELT, P.; WONG-RILEY,M.T.T.; BUCHMANN, E.V.; KANE, M. Therapeutic photobiomodulation for methanol-induced retinal toxicity. **PNAS**, v. 100, p. 3439-3444, 2003. Disponível em :<<http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas>>. Acesso em: 08 nov. 2006.

## **APÊNDICE A- Ficha de avaliação para triagem dos voluntários**

Nome: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ Sexo \_\_\_\_\_

Fone: \_\_\_\_\_

Profissão: \_\_\_\_\_

### **Avaliação física**

Alterações cutâneas na região do músculo deltóide D  sim  não  
Alterações cutâneas na região do músculo deltóide E  sim  não

Alterações cutâneas na região distal da tíbia D  sim  não  
Alterações cutâneas na região distal da tíbia E  sim  não

Dor muscular espontânea no músculo deltóide D  sim  não  
Dor muscular espontânea no músculo deltóide E  sim  não

Dor espontânea na região distal da tíbia D  sim  não  
Dor espontânea na região distal da tíbia E  sim  não

### **História de fragilidade capilar nas regiões pesquisadas**

sim  não

Anormalidades vasculares periféricas  sim  não

Neuropatias periféricas  sim  não

Traumas recentes nas regiões pesquisadas  sim  não

Gestante  sim  não

Realizando tratamento dermatológico com drogas fotossensibilizantes  
 sim  não

Fazendo uso de medicação analgésica/antiinflamatória nas últimas 48 horas?

sim  não

Eu,

RG \_\_\_\_\_

**Atesto a veracidade das informações acima**

\_\_\_\_\_  
**Pesquisador Responsável**

**Campo Grande, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2006**

## **APÊNDICE B- Termo de consentimento livre e esclarecido**

Eu, \_\_\_\_\_ portador do R.G \_\_\_\_\_, declaro estar ciente e consinto em participar como voluntário da pesquisa de mestrado intitulada **“Efeito do laser de AsGa (904 nm) na tolerância e limiar de dor avaliado através da algometria de pressão”** a ser realizada sob responsabilidade de Sidney Kazuyuki Sato. O trabalho consistirá de uma única sessão de aplicação laser e medição da dor à pressão com a utilização de um algômetro (aparelho que mede a dor à pressão) cujo objetivo é verificar se o laser é capaz de aumentar a tolerância e o limiar de dor do sistema músculo-esquelético.

O procedimento descrito acima não trará nenhum risco a sua saúde, apenas um desconforto mínimo ao se aplicar a pressão através do algômetro na sua pele e da mesma forma, o laser utilizado nesta pesquisa é totalmente indolor. Os resultados desta pesquisa, se confirmados, poderão ajudar as pessoas como você a serem melhor avaliadas quanto às dores do seu corpo pelos profissionais de saúde, constituindo este um benefício para a sociedade. O único método alternativo para verificar o limiar e a tolerância à dor é através do método conhecido como palpação manual sendo esta metodologia pouco precisa e subjetiva.

Não haverá nenhum custo para o você sendo que os procedimentos serão realizados nos laboratórios do Instituto Campo Grande de Ensino Superior (ICG).

Você será acompanhado durante todo o tempo do estudo pelo pesquisador responsável e seus auxiliares.

Declaro que fui informado pelo pesquisador que posso estar fazendo parte do grupo controle ou placebo.

Declaro ainda que fui informado que não receberei nenhum tipo de remuneração para participar desta pesquisa. O pesquisador ainda me informou que caso sofra algum tipo de dano físico, receberei do pesquisador a indenização devida mediante comprovação da relação de causa-efeito.

Autorizo a publicação dos resultados desta pesquisa, bem como a realização de fotografias com finalidade científica e didática, desde que resguardada minha identidade e privacidade durante todo o experimento.

Declaro que fui informado que posso desistir de participar desta pesquisa, anulando este termo de consentimento a qualquer momento sem que isto cause nenhum tipo de prejuízo a mim.

Autorizo de forma livre e voluntária a realização dos experimentos, e declaro que recebi explicações claras e simples sobre os métodos empregados antes e durante os procedimentos, tendo compreendido os propósitos deste estudo.

Assino este termo de consentimento em duas vias, ficando uma em meu poder e a outra arquivada pelo pesquisador responsável.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do voluntário

\_\_\_\_\_  
Pesq. Resp.: Sidney kazuyuki Sato

Campo Grande, \_\_\_\_\_, de \_\_\_\_\_ de 2006.

## APÊNDICE C- Autorização para a realização da pesquisa pela Instituição



**INSTITUTO CAMPO GRANDE DE ENSINO SUPERIOR**  
Rua 25 de dezembro, 924 - Centro - Campo Grande - MS  
www.icges.edu.br Tel/Fax :: (67) 384-6949

Eu Prof. José Celso Rocha Martins Junior, Coordenador do Curso de Fisioterapia do Instituto Campo Grande de Ensino Superior, autorizo a realização da pesquisa de mestrado do Prof. Sidney Kazuyuki Sato intitulada **“Efeito do Laser de AsGa (904nm) na tolerância e limiar de dor avaliado através da algometria de pressão”** a ser realizada no laboratório de eletro-termofototerapia desta Instituição.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'JCR', is written above a horizontal line.

Prof. José Celso Rocha Martins Junior  
Coord. do Curso de Fisioterapia

Campo Grande, 01 de agosto de 2006

## APÊNDICE D- Especificações técnicas do laser de AsGa-904 nm

Potência máxima de pico	45 W
Densidade de energia radiante pontual	0,07 J/cm <sup>2</sup>
Ajustável	1 a 10 Joules/cm <sup>2</sup>
Densidade de potência média	120 mW/cm <sup>2</sup>
Divergência do feixe laser	122/209 mrad
Emissor do laser	Diodo GaAs
Comprimento de onda	904 nm
Densidade de potência a 3,5 cm de profundidade	0,7 mW/cm <sup>2</sup>

Fonte: Manual do laser LIV M 904-KLD Biosistemas-1998

## APÊNDICE E- Especificações técnicas do algômetro de pressão

Display de cristal líquido	LCD de 5 dígitos
Escala	0 a 20.00 kg / 44.10 lb / 196.10 n
Mínima indicação	0.01 kg / 0.01 lb / 0.05 n
Precisão	± 0.5% + 2 dígitos
Resolução	0.01 kg / 0.01 lb / 0.05 n
Seleção de unidade	kg, lb e n
Tempo de resposta	Aprox. 0.8 seg.
Capacidade de sobrecarga	30 kg
Memória de pico	Congela a leitura máxima
Temperatura de operação	0 a 50°C
Umidade de operação	Máx. 80% RH
Alimentação	6 pilhas de 1,5V ou adaptador 9VDC 110/220V (opcional)
Dimensões	Peso: 208 x 82 x 37 mm / 551g

Fonte: Manual do algômetro Instrutherm mod DD-020-2006

## ANEXO A- Parecer do Comitê de Ética



UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA

### COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNIVAP

#### CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo n.º H137/2006/CEP, sobre “*Efeito do laser AsGa (904nm) na tolerância e limiar de dor avaliada através da algometria de pressão*”, sob a responsabilidade do Prof. Sidney Kazuyuki Sato, está de acordo com os Princípios Éticos, seguindo as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos, conforme Resolução n.º 196/96 do Conselho Nacional de Saúde e foi **aprovado** por esta Comissão de Ética em Pesquisa.

Informamos que o pesquisador responsável por este Protocolo de Pesquisa deverá apresentar a este Comitê de Ética um relatório das atividades desenvolvidas no período de 12 meses a contar da data de sua aprovação.

São José dos Campos, 13 de setembro de 2006

**PROF. DR. LANDULFO SILVEIRA JUNIOR**

Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa da Univap

## ANEXO B- Relatório de calibração do laser

	<b>KLD Biosistemas Equipamentos Eletrônicos Ltda</b>	<b>RELATÓRIO Nº :</b>  AR41844.
	Av. Europa, 610 - Amparo/SP CEP : 13.900-909	
	Cx. Postal 140 Fone (0xx19) 3807.9811	
	CGC : 52.072.600/0001-69 - I.E. 168.014.017-114 INTERNET: www.kld.com.br	

### RELATÓRIO

Cliente Solicitante(Razão Social): **SIDNEY KAZUYUKI SATO**

Endereço: **R: AMESTISTA, 216**

CEP.: **79052-170**

Cidade: **CAMPO GRANDE - MS**

#### Características do Equipamento

Descrição: **LIVM 904**

Nº. Identificação: **AR41844**

#### Padrões Utilizados na Calibração

Instrumento(s)	Marca/Modelo	Nº Identif.	Nº Cert.Calib.	Validade	Emitido por:
OSCIOSCÓPIO	TEKTRONIX - DIGITAL	BO37127	CCM08130/04	12/2006	CE/IME

#### Resultados Obtidos

1) **Potência de pico (saída):** Unidade: W Tolerância aceitável: +/- 30 %

Padrão	Medido
S/ Ponteira 45W	<b>36W</b>
C/ Ponteira 22W	<b>17W</b>

2) **Frequência de pulso:** Unidade: Hz Tolerância aceitável: +/- 20 %

Padrão	Medido
2000Hz	<b>2175Hz</b>

3) **Largura de pulso:** Unidade: ns Tolerância aceitável: +/- 20 %

Padrão	Medido
200ns	<b>210ns</b>



**KLD Biosistemas Equipamentos Eletrônicos Ltda**  
Av. Europa, 610 - Amparo/SP CEP : 13.900-909  
Cx. Postal 140 Fone (0xx19) 3807.9811  
CGC : 52.072.600/0001-69 - I.E. 168.014.017-114  
INTERNET: www.kld.com.br

**RELATÓRIO Nº :**  
AR41844.

Continuação

**Resultados Obtidos**

**3) Tempo de aplicação:**

Unidade: s

Tolerância aceitável: +/- 20 %

Posição	Padrão	Medido
1	7	7
2	14	14
3	21	22
4	28	29
5	35	36
6	42	44
7	49	51
8	56	59
9	63	64
10	70	73

Executado por: João Paulo de S.J.  
JOÃO PAULO / Lab. Ensaios

21/06/2006.

**Nota:** Os resultados apresentados neste documento tem significação restrita e se aplicam somente à amostra ensaiada.  
A sua reprodução total ou parcial, dependerá de prévia autorização do emitente.

# ANEXO C- Certificado de calibração do algômetro



## Certificado de Calibração

Nº 18253.G-06.06  
Folha 01/01

Contrante: Hiseg Com. Ass. Instrumentos de Medição Ltda.  
Solicitante: Sidney Kazayuki Sato  
Endereço: Rua Ametista, 216 – Coopharadio – Campo Grande/MS  
Item Calibrado: Dinamômetro Digital  
Marca: Instrutherm Modelo: DD-020  
Acessórios Conjugados: Não tem.  
OSC Nº 1631/06 Data da Calibração: 10/06/06

Nº de Código: 06050400128740  
Nº de Série: 111897

### Condições Ambientais Aplicáveis à Calibração

Temperatura Ambiente: 25,6±2°C Umidade Relativa do Ar: 68±7%

### Metodologia de Calibração

Procedimento de Calibração: PCG-004 rev. B

### Padrões Utilizados

Padrão de Trabalho	Certificado de Calibração	Validade do Padrão
CJ Massas Padrão Marte	ICRAM 014/04	05/2007

### Resultados Obtidos

Unidade de Medição: Kg  
Média de 03 medições

#### Tração [Kg]

Valor Verdadeiro Convencional (Kg)	Valor no Instrumento em Teste (Kg)	± Incerteza (Kg)
2	2,04	0,02
5	5,02	0,02
10	10,02	0,02
15	15,04	0,03
18	18,05	0,05

#### Compressão [Kg]

Valor Verdadeiro Convencional (Kg)	Valor no Instrumento em Teste (Kg)	± Incerteza (Kg)
2	2,04	0,02
5	5,00	0,02
10	10,03	0,03
15	15,02	0,03
18	18,03	0,05

### Incerteza de Medição

A incerteza expandida é calculada de acordo com procedimento PCG-003, baseada em uma incerteza padronizada combinada multiplicada pelo fator de cobertura  $k=1,96$  para um nível de confiança de 95%.

Os resultados apresentados no presente documento foram extraídos do certificado de Laboratório coligado e qualificado e referem-se exclusivamente ao item de serviço supra mencionado e nas condições de calibração referenciadas. O presente certificado somente pode ser reproduzido na sua forma e conteúdo integrais e sem alterações. Não pode ser utilizado para fins promocionais.

Data de Emissão: 13/06/06

Eng. Márcio C. de Oliveira  
Responsável Técnico

### Inter-Metro Serviços Especiais Ltda.

Rua Joaquim de Almeida, 223 - CEP 04050-010 - São Paulo - SP - Tel./Fax: (11) 5071-2764  
E-mail: inter-metro@inter-metro.com.br - http://www.inter-metro.com.br

## ANEXO D- Termo de garantia de manutenção do laser



### TERMO DE GARANTIA (Manutenção)

Nome do Cliente: SIDNEY KAZUYUKI SATO

Num.: AR4I844 Código: LIVM904 Data de Saída: 21 / 06 / 06

Todos os aparelhos que sofrem manutenção na Assistência Técnica nas instalações da **KLD BIOSISTEMAS**, estão cobertos por um período de 3 (três) meses da data efetiva da manutenção, **exclusivamente** para defeitos reparados e peças substituídas na manutenção. Nestes casos, a **KLD** promoverá a reparação adequada sem qualquer ônus, **desde que o aparelho seja entregue em suas instalações**.

Todo e qualquer problema ocorrido em virtude de manuseio inadequado, utilização incorreta ou semelhante, invalidará esta garantia. Não serão considerados como defeitos de manutenção os danos causados ao acabamento externo que prejudiquem a aparência sem atingir o funcionamento.

O prazo de garantia se encerrará **impreterivelmente 3 (três) meses** após a data indicada na **etiqueta de garantia** colocada junto ao aparelho, mesmo que, nesse período, não haja utilização do equipamento.

Esta garantia se extingue automaticamente, mesmo durante o prazo de vigência, se, ao ser enviado para conserto, forem detectados danos ocorridos por quedas, mau uso ou tentativa de reparação promovida por pessoas não autorizadas ou incompetentes.

#### **NOTA IMPORTANTE:**

**Diodos laser, ampolas (HeNe), válvulas termoiônicas e cristais de ultra-som**, que não foram substituídos na manutenção; **não serão cobertos** pela garantia de Assistência Técnica.

---

#### **KLD Biosistemas Equip. Eletrônicos Ltda**

Av. Europa, 610 – Jd Camand. - CEP 13900-909 – Cx. Postal 140 - Amparo / SP

PABX : (19) 3807.9811 Fax : 19.3807.9812

Home Page: [www.kld.com.br](http://www.kld.com.br) e-mail: [kld@kld.com.br](mailto:kld@kld.com.br)

CNPJ : 52.072.600/0001-69 I.E. : 168.014.017-114

Autorização de Funcionamento da Empresa no M.S. nº 1024523

---

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)