



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

**EFEITOS IMEDIATOS DA LASERTERAPIA SOBRE O DESEMPENHO  
NEUROMUSCULAR APÓS FADIGA MUSCULAR INDUZIDA  
ENSAIO CLÍNICO CONTROLADO, RANDOMIZADO E CEGO**

**RODRIGO MARCEL VALENTIM DA SILVA**

**Natal/RN  
2012**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**

**EFEITOS IMEDIATOS DA LASERTERAPIA SOBRE O DESEMPENHO  
NEUROMUSCULAR APÓS FADIGA MUSCULAR INDUZIDA  
ENSAIO CLÍNICO CONTROLADO, RANDOMIZADO E CEGO**

**RODRIGO MARCEL VALENTIM DA SILVA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Fisioterapia.

Orientador: Prof. Dr. Jamilson Simões Brasileiro

Natal/RN

2012

S586e

Silva, Rodrigo Marcel Valentim da.

Efeitos imediatos da laserterapia sobre o desempenho neuromuscular após fadiga muscular induzida: ensaio clínico controlado, randomizado e cego / Rodrigo Marcel Valentim da Silva. – Natal, 2013.

70f.

Orientador: Prof. Dr. Jamilson Simões Brasileiro.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia. Centro de Ciências da Saúde. Universidade Federal

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

**EFEITOS IMEDIATOS DA LASERTERAPIA SOBRE O DESEMPENHO  
NEUROMUSCULAR APÓS FADIGA MUSCULAR INDUZIDA  
ENSAIO CLÍNICO CONTROLADO, RANDOMIZADO E CEGO**

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jamilson Simões Brasileiro

Presidente – UFRN

Prof. Dr. José Jamacy de Almeida Ferreira

Membro externo à instituição – UFPB

Prof. Dr. Wouber Héricksen de Brito Vieira

Membro interno à Instituição – UFRN

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia:  
Prof. Dr. Jamilson Simões Brasileiro

## EPÍGRAFE

“A maior necessidade do mundo é a de homens; homens que não se comprem nem se vendam; homens que no íntimo da alma sejam verdadeiros e honestos; homens que não temam chamar o erro pelo seu nome; homens, cuja consciência seja tão fiel ao dever como a bússola o é ao pólo; homens que permaneçam firmes pelo que é reto, ainda que caiam os céus”.

Ellen G. White

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus por ter traçado planos para minha vida a fim de chegar nessa nova etapa de crescimento acadêmico e profissional, dando-me perseverança, sabedoria e ânimo todos os dias.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pelos planos que tinha para a minha vida, dos quais estão sendo bem maiores do que um dia eu havia imaginado. Pude comprovar em minha vida que, “Tudo pode Aquele que me fortalece” (Filipenses 4:13). Compreendi que “as maiores vitórias do povo de Deus ou do cristão, em particular, não são aquelas ganhas pela inteligência ou capacidades humanas, riquezas ou talentos, mas são aquelas vencidas na sala de audiência de Deus, quando uma alma aflita, faz uso do braço forte da Oração”.

Aos meus pais e irmão, pela minha formação social e construção do caráter, incentivo e compreensão, contribuindo de maneira primordial para a realização dos meus objetivos.

Aos meus amigos e irmãos da Igreja Adventista do Sétimo Dia, os quais me mostraram o caminho a Cristo e me ofereceram exemplos para minha vida espiritual e acadêmica, que desde a tenra infância, despertou o meu interesse para o estudo, educação e leitura, permitindo meu desenvolvimento físico, mental e espiritual.

Aos meus amigos e colegas da base de pesquisa do Laboratório de Performance Neuromuscular (LAPERNA), que durante esses dois anos puderam me dar o prazer de conviver e desenvolver laços de amizade: Manuele Jardim, Liane Brito, Daniel Tezoni, Caio Alano, Francisco Loochs, Araken Oliveira, entre outros.

Em especial agradeço a minha colega de orientação, Manuele Jardim, que pacientemente contribuiu muito com sua espetacular inteligência e raciocínio rápido, sempre instigando com suas colocações e pensamento, permitindo assim que eu aprendesse muito com ela. À Liane Brito que sempre tal atenciosa e colaborativa, esteve lado a lado em todas as etapas de minha pesquisa.

Aos meus colegas e amigos de profissão, os quais têm uma parcela de incentivo e companheirismo. Em especial aos amigos Leandro Costa, Márcio Souza, Patrícia Froes Meyer.

Aos meus colegas e amigos da turma de Mestrado em Fisioterapia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, permitindo que eu conhecesse



pessoas muito especiais, das quais levo experiências e relacionamentos inesquecíveis.

A todos os professores que puderam partilhar seu conhecimento comigo contribuindo para a solidificação dos conceitos éticos e profissionais da fisioterapia, sempre incentivando a formação de bons profissionais para a comunidade. Em especial aos professores do programa de pós-graduação em fisioterapia que contribuíram no desenvolvimento de um raciocínio crítico e científico, ajudando-me a tornar-me um bom professor e pesquisador na área da fisioterapia.

Agradeço em especial ao Professor Wouber Héricksen, que contribuiu de maneira importantíssima com seus conhecimentos de laserterapia para a melhor fundamentação científica desse trabalho.

Ao meu Orientador, Professor Jamilson Simões Brasileiro, por ter sido um exemplo de dedicação, trabalho, eficiência, compreensão e inteligência durante esses dois anos de convívio, permitindo o meu desenvolvimento ao longo desse tempo, favorecendo o surgimento de uma admiração profunda e sincera. Agradeço pela sua enorme contribuição na minha formação como mestre em fisioterapia. Obrigado pela confiança depositada sobre mim e por instigar-me a utilizar o meu potencial.

Agradeço a todos os amigos formados durante esse período na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, criando um ambiente saudável e agradável, transformando esse lugar em um novo lar, cercado de receptividade, companheiros e carinho.

Obrigado

**Rodrigo Marcel Valentim da Silva**

## SUMÁRIO

Lista de figuras.....	x
Lista de tabelas.....	xi
Resumo.....	xii
Abstract.....	xiii
1. Introdução.....	14
1.1 Justificativa.....	19
1.2 Objetivos.....	20
1.2.1 Geral.....	20
1.2.2 Específicos.....	20
1.3 Hipóteses.....	21
1.3.1 $H_0$ .....	21
1.3.2 $H_1$ .....	21
2. Materiais e Métodos.....	22
2.1 Delineamento e local da pesquisa.....	23
2.2 Aspectos éticos.....	23
2.3 Caracterização dos participantes e amostragem.....	23
2.4 Instrumentos.....	24
2.5 Procedimentos .....	26
2.5.Registro da Atividade Eletromiográfica.....	28
2.5.2 Avaliação Isocinética.....	29
2.5.3 Intervenção.....	30
2.5.4 Protocolo de Intervenção.....	32
2.6 Fluxograma .....	34
2.7 Análise dos Dados.....	35
3. Resultados.....	36
4. Discussão .....	42
4.1. Eletromiografia .....	43
4. 2 Dinamometria.....	44
4. 3 Efeitos da Laserterapia.....	46
6. Conclusões e Sugestões.....	49
7. Referências.....	51
Anexos	
Apêndice	

## Lista de Figuras

Figura 1 - Instrumentos utilizados na pesquisa.....	25
Figura 2 - Posicionamento dos eletrodos de eletromiografia sobre os músculos bíceps braquial.....	29
Figura 3 - Posicionamento do Voluntário sobre o dinamômetro isocinético. ....	30
Figura 4 - Procedimentos para aplicação da Laserterapia.....	31
Figura 5 - Comparação dos valores de RMS normalizado antes e após os protocolos experimentais.....	38
Figura 6 - Comparação dos valores de Fmed inicial e final os protocolos experimentais.....	38
Figura 7 -Comparação dos valores do Pico de Torque antes e após os protocolos.....	39
Figura 8 - Comparação dos valores do Pico de Torque Normalizado pelo Peso Corporal antes e após os protocolos experimentais.....	40
Figura 9 - Comparação dos valores de Potência Média antes e após os protocolos experimentais.....	40

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Análise Descritiva de Normalidade das Características Antropométricas (Altura, Idade, Peso, IMC).....	20
Tabela 2 - Distribuição dos grupos e protocolos.....	24
Tabela 3 - Análise da Homogeneidade das Características Antropométricas (Altura, Idade, Peso, IMC).....	24
Tabela 4 - Parâmetros da Laserterapia de Baixa Potência .....	28
Tabela 5 - Valores da Média e Desvio Padrão iniciais e análise comparativa entre os grupos do estudo para as variáveis do RMS normalizado, Fmed, PT, PT/BW, Pot Med e Ind Fad.....	34

## Resumo

O objetivo desse estudo foi investigar os efeitos imediatos da laserterapia sobre o desempenho neuromuscular em sujeitos saudáveis, após um protocolo de fadiga muscular. Trata-se de um ensaio clínico, controlado, randomizado e cego, no qual participaram 80 voluntários de ambos os gêneros, ativos, com faixa etária entre 18 à 28 anos. Inicialmente os voluntários realizaram uma avaliação inicial (AV1), utilizando a eletromiografia do bíceps braquial, associado à avaliação por dinamometria isocinética, com 5 contrações concêntricas (60°/s) para flexão de cotovelo. Os sujeitos foram alocados randomicamente em 4 grupos: o G1 (n=20), controle, G2 (n=20), placebo, o G3 (n=20), laser pré-fadiga e o G4 (n=20), laser pós-fadiga. O protocolo de fadiga muscular possuía incluiu 30 contrações isocinéticas concêntricas (120°/s). Foi utilizado um laser de 808 nm, potência de 100 mW, energia total de 20 J, aplicado no ventre do músculo bíceps braquial. Após as intervenções os voluntários realizaram uma avaliação final (AV2). Foi aplicado o teste de Anova two-way, com *post-hoc* de Turkey, com nível de significância de 5%. Não existiu diferença significativa na avaliação eletromiográfica. Na avaliação dinamométrica observou-se uma queda do Pico de Torque, Pico de torque normalizado pelo peso corporal ( $p < 0,001$ ) e Potência média ( $p < 0,05$ ), entre as avaliações inicial e final no grupo controle. Observou-se diferença significativa entre o controle e os demais grupos, em relação ao pico de torque ( $p < 0,05$ ), pico de torque pelo peso corporal ( $p < 0,001$ ) e potência média ( $p < 0,05$ ). Assim, a laserterapia de baixa intensidade não alterou o desempenho neuromuscular após a fadiga nesses sujeitos.

**Palavras-chave:** Terapia a Laser de Baixa Intensidade; Exercício; Eletromiografia; Dinamômetro de Força Muscular.

## **Abstract**

The aim of this study was to investigate the immediate effects of laser therapy on neuromuscular performance in healthy subjects after a muscle fatigue. This is a clinical trial, controlled, randomized, blinded, attended by 80 volunteers of both genders, healthy, with ages between 18 to 28 years. Initially the volunteers performed an initial evaluation (EV1) using electromyography in the biceps muscle, associated with assessment in isokinetic dynamometry with 5 concentric contractions (60 °/s) for elbow flexion. The subjects were randomly allocated into 4 groups: G1 (control, n = 20), G2 (placebo, n = 20), G3 (pre-fatigue laser, n = 20), and G4 (post fatigue laser, n = 20). The muscular fatigue protocol had 30 concentric isokinetic contractions (120 °/s). We used a 808 nm laser, power of 100 mW, applied at the belly of the biceps muscle. After the speeches the volunteers performed a final evaluation (EV2). Test was applied to two-way ANOVA with post hoc Turkey, with a significance level of 5%. There was no significant difference in electromyographic evaluation. In dynamometric evaluation showed a drop in peak torque, peak torque normalized to body weight ( $p < 0.001$ ) and average power ( $p < 0, 05$ ) between the initial and final evaluations in control. Among the groups there was a significant difference between the control and the other groups in relation to peak torque ( $p < 0.05$ ), peak torque to body weight ( $p < 0.001$ ) and average power ( $p < 0.05$ ). Therefore, the low intensity laser therapy does not alter the immediate neuromuscular performance after fatigue.

**Keywords:** Laser Therapy Low-Level; Exercise; Electromyography; Muscle Strength Dynamometer.

## **1 INTRODUÇÃO**

A fadiga muscular é considerada a incapacidade do músculo esquelético de gerar níveis suficientes de força contrátil ou de manter esses níveis ao longo do tempo para realização de atividades funcionais<sup>(1)</sup>. Esse processo pode ocorrer devido à saturação do sistema metabólico das células, o qual não gera a quantidade de energia para a manutenção da contratilidade muscular. Durante o exercício, a demanda energética muscular eleva-se, sendo necessária uma maior quantidade de Trifosfato de Adenosina (ATP) para suprir as necessidades no mecanismo de contração muscular<sup>(2-3)</sup>.

De todos os possíveis aspectos relacionados com a bioenergética celular, acredita-se tradicionalmente que o acúmulo de íons  $H^+$ , subproduto da respiração celular, seja responsável pelos efeitos fisiológicos da fadiga. No entanto, essa visão sobre o rendimento muscular está sendo complementada por recentes achados, nos quais se verifica que o mecanismo é mais complexo e envolve outros processos bioquímicos<sup>(4)</sup>.

A atividade metabólica muscular libera como subprodutos espécies reativas de oxigênio (ERO's), também conhecidos como radicais livres, os quais promovem ao longo do exercício um fenômeno abrangente denominado estresse oxidativo. A liberação de ERO's altera a atividade redox dos processos bioquímicos, além de favorecer as lesões das organelas celulares, assim como promover danos no RNA mensageiro e no DNA das fibras musculares. Como alternativa a essa ação lesiva dos radicais livres, o organismo utiliza um aglomerado de enzimas antioxidantes que os minimiza ou neutraliza<sup>(5-7)</sup>. A descompensação desse equilíbrio químico provoca a incapacidade do músculo de manter o controle das quantidades de ERO's na fibra muscular, dificultando a oxidação de substratos, limitando a produção de energia pela célula<sup>(6-7)</sup>.

A associação desses diferentes fatores durante o exercício extenuante promove a fadiga neuromuscular, gerando implicações relevantes para o desempenho atlético e funcional após o exercício extenuante. Dentre essas alterações, observa-se um declínio dos níveis de força muscular, além disso, do ponto de vista neural, observa-se um retardo do tempo de latência neuromuscular, o que predispõe o músculo a lesão, durante a realização de movimentos rápidos ou bruscos<sup>(8-10)</sup>. Por outro lado, a fadiga muscular provoca alterações do controle motor,



principalmente da precisão na execução dos movimentos e na capacidade proprioceptiva, ocasionando uma instabilidade do sistema osteomioarticular<sup>(11-12)</sup>.

A fisioterapia utiliza alguns recursos que podem modular o desempenho neuromuscular após a fadiga, tais como a cinesioterapia, a eletroterapia e a fototerapia. Dentre os recursos fototerápicos, tem sido observada a utilização da Terapia de Laser de Baixa Intensidade (LLLT), sobre o metabolismo energético, de modo que este recurso seria capaz de modular eventos fotoquímicos e fotofísicos nas mitocôndrias. A LLLT promoveria um efeito bioestimulador, incrementando a síntese de ATP, conseqüentemente favorecendo a ativação do transporte ativo da célula pelo sistema da bomba sódio/potássio, a síntese de proteínas e de mediadores químicos no núcleo celular<sup>(13-14)</sup>.

Sugere-se que nas células que recebem a irradiação do LLLT, ocorrem alterações estruturais no sistema mitocondrial, as quais promovem a formação de mitocôndrias “gigantes” a partir da fusão das membranas de mitocôndrias vizinhas e menores, de tal forma que estas seriam capazes de proporcionar altos níveis de energia a partir da respiração celular<sup>(15-16)</sup>. Nos sistemas bioenergéticos das células, a luz laser sensibiliza fotoreceptores, chamados de cromóforos, que formam parte das vias bioquímicas celulares, regulando componentes da cadeia respiratória (alterando seu potencial redox), convertendo a energia eletromagnética do laser em energia química da célula. Dentre as mudanças que esse processo causaria, podemos destacar que as alterações do potencial redox dos carreadores das vias metabólicas promovem a aceleração da cadeia respiratória, bem como a promoção da ativação ou inibição enzimática<sup>(17)</sup>.

Um mecanismo químico baseado na ativação e/ou mudança do potencial redox de componentes da cadeia respiratória mitocondrial (citocromo C oxidase e NADH desidrogenase) parece ser crucial na determinação desse efeito sobre a bioenergética<sup>(18)</sup>. A atuação da LLLT reduziria a formação de Ero's, através da modulação de enzimas como catalase, superóxido trasmutase, óxido nítrico sintase o que promoveria o prolongamento da atividade bioquímica da fibra muscular durante o exercício<sup>(19-20)</sup>.

Alguns estudiosos, afirmam que o estado fisiológico da célula é um fator determinante da resposta muscular frente à estimulação laser, de modo que a efetividade tende a ser ótima quando o tecido biológico encontra-se em condições

de estresse oxidativo, como por exemplo, diante de lesão tecidual ou atividade física vigorosa<sup>(17, 21)</sup>.

Sendo assim, a ação do LLLT ocorreria através da mediação das atividades enzimáticas, aumento do fluxo de elétrons na cadeia respiratória e consequentemente aumento da taxa de respiração mitocondrial e síntese de ATP<sup>(22-24)</sup>. Além disso, ocasionaria a anulação dos efeitos dos radicais livres retardando e minimizando o estresse oxidativo do exercício<sup>(25-26)</sup>. Acredita-se que a associação desses efeitos possa modular a fadiga.

No entanto, apesar dos resultados in vivo de muitos desses efeitos da LLLT<sup>(27-29)</sup>, poucos estudos abordam seus efeitos clínicos sobre o desempenho humano, bem como quanto à forma adequada de aplicação e os parâmetros eficazes. Estudos em animais têm demonstrado importantes efeitos do LLLT sobre o RNA mensageiro e na produção de fatores de crescimento muscular e angi vascular, bem como modulando a ação de mediadores inflamatórios<sup>(26, 30)</sup>. Além disso, a LLLT atua de maneira significativa sobre a atividade enzimática de animais antes e após a realização de exercícios aeróbios, através da dosagem de marcadores da fadiga (Creatina Kinase- CK, Lactato Desidrogenase- LDH) e do processo de fosforilação oxidativa (Citrato Sintase- CS)<sup>(31-33)</sup>.

Em seres humanos alguns estudos têm apresentado significativos efeitos da LLLT sobre a atividade enzimática pós-fadiga, no entanto pouco se pode afirmar sobre os reais efeitos sobre o desempenho neuromuscular. Poucos estudos utilizaram avaliações dinamométricas ou eletromiográficas, a fim de verificar o desempenho. A maioria dos estudos utiliza como parâmetro de análise: repetições máximas, número total de repetições, tempo de exercício, entre outros métodos menos precisos de verificação de força e desempenho<sup>(34-37)</sup>.

Por outro lado, outra grande controvérsia seria a dosimetria e o momento ideal necessário para verificação dos efeitos propostos. Alguns estudos demonstram que a aplicação da LLLT promoveria resultados imediatos com a aplicação pré-exercício sobre o desempenho, devido principalmente a modulação de enzimas e ao aumento do fluxo circulatório<sup>(38-40)</sup>. Entretanto, outro linha de estudo aborda a necessidade de um evento prévio (lesão ou exercício), para otimizar a ação da fototerapia, sendo assim a LLLT deveria ser aplicado após um protocolo de exercício. Além disso, os efeitos propostos seriam mais bem verificados com a

aplicação crônica sobre o tecido muscular para promoção da adaptação do sistema mitocondrial e bioquímico<sup>(17, 41-42)</sup>.

No entanto, alguns autores,<sup>(43)</sup> observaram que a aplicação da LLLT em um grupo de ratos submetidos a um protocolo de fadiga através de eletroestimulação, apresentou uma elevação do pico de força máxima após 12 horas do início da aplicação. No entanto, nas primeiras 6 horas após aplicação não foi observada diferença entre os grupos tratados e controle, indicando um possível retardo dos efeitos da laserterapia.

Alguns estudos têm verificado a variação de efeitos promovidos pelos diferentes comprimentos de onda, sugerindo-se que a radiação infravermelha teria um maior poder de penetração sobre os tecidos musculares, sendo que nesse comprimento de onda, poderíamos verificar uma maior atuação sobre os fotoreceptores mitocondriais<sup>(44)</sup>. Além disso, o comprimento de onda infravermelho promoveria ativação de complexos bioquímicos da cadeia respiratória, como o da enzima citocromo oxidase<sup>(45)</sup>

Portanto, essas respostas fisiológicas promovidas pela interação entre o LLLT e o tecido muscular sobre o desempenho após a fadiga, estão bem fundamentadas do ponto de vista bioquímico e metabólico, no entanto poucos estudos destacam os efeitos imediatos da laserterapia sobre o desempenho neuromuscular após fadiga, através da análise eletromiográfica e dinamométrica.

## 1.1 Justificativa

A utilização da LLLT sobre a fadiga muscular tem sido recentemente fonte de estudos, visto que demonstra possíveis efeitos sobre o sistema bioenergético das fibras musculares. No entanto, poucos estudos abordam a aplicabilidade desses efeitos no desempenho neuromuscular após a fadiga. Observa-se uma falta de consenso quanto aos momentos ideais para aplicação do laser, se antes ou depois do exercício, bem como os parâmetros adequados, tais como comprimento de onda da radiação, potência, irradiância e fluência adequada. Do mesmo modo, poucos estudos abordam a utilização de métodos mais precisos para avaliação do sistema neuromuscular, tais como: a eletromiografia e dinamometria isocinética, visto que a maior parte dos estudos realizados apresenta métodos menos precisos para a avaliação do desempenho muscular.

Assim, têm-se discutido quais os efeitos imediatos da laserterapia sobre o desempenho neuromuscular em sujeitos saudáveis submetidos a um protocolo de fadiga muscular, envolvendo as variáveis dinamométricas, bem como a atividade elétrica do músculo, através da eletromiografia. As avaliações dessas variáveis tornam-se importantes do ponto de vista clínico e funcional, visto que podem direcionar a realização de atividades desportivas e laborais.

Considerando os aspectos apresentados, esse estudo se propõe a investigar os efeitos do LLLT sobre o desempenho neuromuscular do músculo bíceps braquial após fadiga induzida, buscando responder a esse questionamento e fundamentar a utilização ou não uso dessa modalidade de fototerapia sobre as atividades neuromuscular e sua conseqüente ação sobre o desempenho.

## **1.2 - Objetivos**

### **1.2.1 - Geral**

Investigar os efeitos da laserterapia sobre o desempenho neuromuscular em sujeitos saudáveis ativos submetidos a um protocolo de fadiga muscular.

### **1.2.2 - Específicos**

Comparar os efeitos imediatos da laserterapia sobre o desempenho neuromuscular após fadiga, em relação à atividade eletromiográfica, através dos valores de Roots Mean Square normalizado (RMS norm) e da Frequência Mediana (Fmed) antes e após a aplicação dos protocolos experimentais;

Verificar os efeitos imediatos da laserterapia sobre o desempenho neuromuscular após fadiga nas variáveis dinamométricas tais como, Pico de Torque (PT), Pico de Torque normalizado pelo Peso Corporal (PT/BW), Potência Média (Pot Med), Índice de Fadiga (Ind Fad), antes e após a aplicação dos protocolos experimentais;

Observar as alterações nas variáveis dinamométricas e eletromiográficas, antes e após a aplicação do protocolo de fadiga.

### **1.3 - Hipóteses**

#### **1.3.1 - H0 (Hipótese Nula)**

A laserterapia de baixa intensidade não interfere nas variáveis eletromiográficas e dinamométricas de sujeitos saudáveis ativos, após fadiga muscular induzida no músculo bíceps braquial.

#### **1.3.2 - H1 (Hipótese Verdadeira)**

A laserterapia de baixa intensidade interfere nas variáveis eletromiográficas e dinamométricas de sujeitos saudáveis ativos, após fadiga muscular induzida no músculo bíceps braquial.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

## **2.1 - Delineamento e Local da Pesquisa**

Trata-se de um estudo do tipo ensaio clínico controlado, randomizado e cego, no qual foram investigados os efeitos da laserterapia sobre o desempenho neuromuscular pós-fadiga induzida.

O estudo foi realizado no Laboratório de Análise de Performance Neuromuscular (LAPERNE) do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

## **2.2 - Aspectos Éticos**

Este projeto foi submetido à Avaliação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (CEP-UFRN), tendo sido aprovado conforme o Protocolo 154.011. A presente pesquisa contempla os aspectos éticos baseados na Resolução 196/96, do Conselho Nacional de Saúde e na Declaração de Helsinki. Todos os voluntários concordaram em participar voluntariamente do estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE (Apêndice 1) que continha informações sobre os propósitos, riscos e benefícios da pesquisa.

## **2.3 - Caracterização da População e Amostra**

Participaram deste estudo 80 sujeitos saudáveis considerados ativos ou muito ativos de acordo com o Questionário IPaq - curto (Anexo 1). Dentre os critérios de inclusão dessa amostra, os sujeitos deveriam ser de ambos os gêneros, na faixa etária de 18-28 anos, sem dor na região do ombro, cotovelo ou mão, sem ter sofrido nenhum tipo de lesão no membro superior avaliado nos últimos 6 meses.

Seriam excluídos do estudo voluntários que apresentassem dor durante a avaliação, quando algum dado não fosse registrado adequadamente, ou quando ocorresse a desistência do voluntário durante a realização de algumas das etapas da pesquisa, no entanto nesse estudo não foi excluído nenhum voluntário.



As características antropométricas da população e a normalidade dos dados foram demonstradas na Tabela 1.

**Tabela 1** - Análise Descritiva de Normalidade das Características Antropométricas (Altura, Idade, Peso, IMC).

	<b>Média/ Desvio Padrão</b>	<b>Teste de KS</b>	<b>P valor</b>
<b>Altura (m)</b>	1,68 ± 0,87	0,71	0,68
<b>Idade (anos)</b>	23,31 ±2,68	1,12	0,15
<b>Peso (kg)</b>	67,65±13,76	1,29	0,06
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	23,61± 3,65	1,09	0,72

**Legenda:** Teste de KS: Teste de Kolmogorov-Smirnov.

## 2.4 Instrumentos

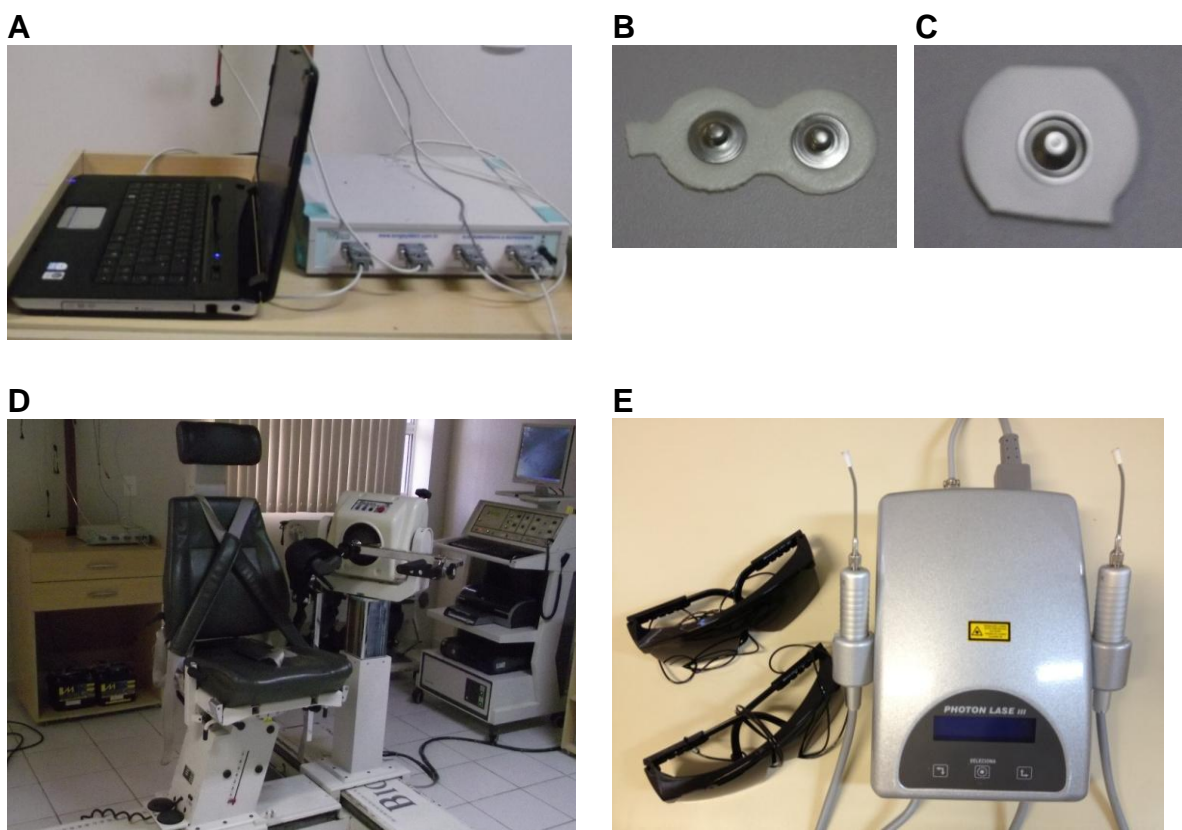
Com a finalidade de proporcionar a captação do sinal elétrico do músculo foi utilizado um módulo condicionador de sinais (MCS 1000) de 4 canais (EMG System do Brasil<sup>®</sup>) e um conversor analógico digital- A/D (CAD, 12/36-60K) com resolução de 12 bits. O equipamento tem uma razão de rejeição de modo comum (RRMC) > 80 Db, com frequência de amostragem configurada em 2000 Hz e o sinal foi filtrado entre 20 e 500 Hz (Figura 1-A). Como o ganho programado no conversor foi de 50 vezes e nos eletrodos de 20 vezes nos eletrodos, os sinais foram amplificados 1000 vezes. O eletromiógrafo foi alimentado por uma bateria externa e conectado a um notebook, o qual recebeu o sinal e o armazenou (Figura 1-A). O software EMG Lab (EMG system do Brasil<sup>®</sup>) foi utilizado para análise digital dos sinais, o qual calcula a frequência mediana a partir da Transformada Rápida de Fourier (FFT).

Ainda para a análise eletromiográfica foram utilizados eletrodos de superfície ativos (Figura 1-B), simples diferenciais, composto por um sistema Ag/AgCl associado a um gel condutor, de configuração bipolar, com dimensão de 4 cm x 2,2 cm de área adesiva e 1 cm de área condutora, separados por uma distância inter-eletrodo de 2 cm (Noraxon<sup>®</sup>, USA). Além disso, foi utilizado um eletrodo de referência de configuração monopolar (Figura 1-C), composto por um sistema

Ag/AgCl associado a um gel condutor, com diâmetro de 3,8 cm de área adesiva e 1 cm de área condutora ( Noraxon®,USA).

Para a avaliação isocinética foi utilizado um dinamômetro isocinético computadorizado (marca Biodex Multi-Joint System 3, Biodex Biomecal System Inc, New York, USA). O equipamento é constituído por uma cadeira ajustável, uma unidade de recepção de força conectado a um braço de alavanca e de uma unidade de controle, com um monitor que oferece feedback visual e auditivo ao voluntário durante a execução dos testes (Figura 1-D).

Para a aplicação da LLLT foi utilizado o equipamento de laser da marca DMC, modelo Photon Laser III, com potência de 100 mW e canetas de aplicação pontual (Single-Diode Laser) com comprimento de onda de 808 nm (infravermelho). Acompanhando o equipamento foram utilizados dois óculos para proteção do globo ocular durante a irradiação do equipamento (Figura 1-E).



**Figura 1:** Instrumentos utilizados na pesquisa. **A:** Sistema de eletromiografia de superfície que foi utilizado no estudo (Módulo Condicionador de sinais de 4 canais - EMG System do Brasil Ltda- interfaciado com um notebook). **B:** Eletrodo de Superfície para o músculo bíceps braquial. **C:** Eletrodo de Referência. **D:** Sistema de dinamometria Isocinética que foi utilizado no estudo (modelo *Multi-joint System 3 Pro* da marca *Biodex*). **E:** Laser Photo Laser III, marca DMC.

## 2.5 - Procedimentos

Após a aprovação pelo CEP-UFRN, foi realizado um estudo piloto a fim de definir os procedimentos desenvolvidos na pesquisa, bem como para treinamento dos pesquisadores quanto a suas respectivas funções durante as coletas.

Em seguida, a pesquisa foi iniciada, de modo que primeiramente os voluntários preencheram a ficha de avaliação geral (Apêndice 2) contendo os dados antropométricos (peso, altura, idade, IMC, entre outras informações relevantes a realização dos protocolos) e do Ipaq-Curto ( Anexo 1), e em seguida fizeram a leitura do TCLE, no qual foram esclarecidos de todos os procedimentos experimentais. Logo após, os voluntários foram alocados randomicamente em um dos quatro grupos do experimento, para isso cada um foi classificado com um tipo de cor: amarela, vermelha, verde e azul, separados pelo site: [www.randomization.com](http://www.randomization.com), as quais corresponderam a cada um dos protocolos da pesquisa, servindo como uma forma de cegamento para o pesquisador 1, quanto ao protocolo aplicado pelo pesquisador 2.

Os procedimentos foram divididos de maneira que o pesquisador 1 desconhecessem os procedimentos de intervenção, visto que esse foi responsável pelas avaliações eletromiográficas e isocinéticas, tanto iniciais quanto finais. O pesquisador 2, por sua vez, foi responsável pela intervenção, correspondente ao protocolo de cada grupo, com o pesquisador 1 ausente do laboratório durante a realização da intervenção. Desde modo a codificação das cores ficou a critério do pesquisador 2. Para garantia do cegamento, o pesquisador 2 não informou ao pesquisador 1, em momento nenhum, quais procedimentos eram realizados com os voluntários, sendo que essa informação foi revelada apenas após a análise estatística realizada pelo pesquisador 1.

Os voluntários foram divididos em 4 grupos distintos (Tabela 2):

**Tabela 2-** Distribuição dos grupos e protocolos.

<b>GRUPO</b>	<b>PROCEDIMENTO</b>	<b>PROCOLO</b>	<b>N</b>
<b>G1</b>	CONTROLE	Sem Intervenção	20
<b>G2</b>	PLACEBO	Simulação da Aplicação do Laser antes do Protocolo de Fadiga	20
<b>G3</b>	LASERTERAPIA PRÉ-FADIGA	Aplicação do Laser antes do Protocolo de Fadiga Induzida	20
<b>G4</b>	LASERTERAPIA PÓS-FADIGA	Aplicação do Laser após o Protocolo de Fadiga Induzida	20

**Legenda:** N: Tamanho da amostra.

Para a garantia da homogeneidade entre os diferentes grupos, foi feita a comparação entre as características antropométricas dos grupos, com as variáveis: altura, idade, peso, índice de massa corporal (IMC), observando-se que não existia diferença significativa entre eles, conforme visualizado na Tabela 3.

**Tabela 3-** Análise da Homogeneidade das Características Antropométricas (Altura, Idade, Peso, IMC).

	<b>Controle</b>	<b>Placebo</b>	<b>Laser Pré</b>	<b>Laser Pós</b>	<b>P valor</b>
<b>Altura (m)</b>	1,66±0,07	1,69±0,09	1,69±0,94	1,70±0,08	0,62
<b>Idade (anos)</b>	23,2±2,50	23,45±2,87	23,05±2,92	23,55±2,58	0,93
<b>Peso (Kg)</b>	67,20±13,30	67,25±14,57	68,57±10,10	68,35±19,11	0,98
<b>IMC (Kg/m<sup>2</sup>)</b>	23,96±3,04	23,38± 4,07	23,76± 2,72	23,33± 4,68	0,93

**Legenda:** Foi utilizado o teste de Anova one-way.

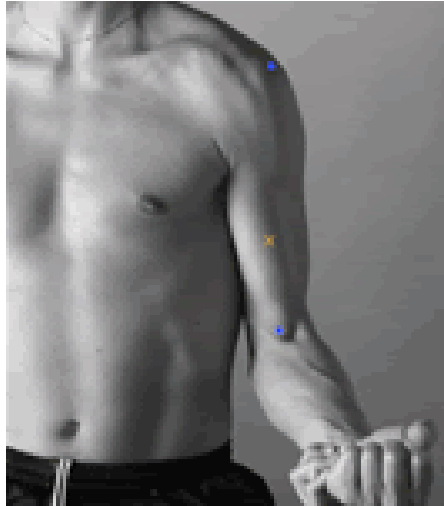
Inicialmente os voluntários realizaram um protocolo de aquecimento para MMSS. O protocolo consistia em exercícios ativo-livres para flexão e extensão de cotovelo e ombros, em 2 séries de 30 repetições com intervalo de 60 s. Em seguida, todos os voluntários foram submetidos aos procedimentos avaliativos, constituídos de uma avaliação inicial (AV-1), e uma avaliação final (AV-2) após a realização dos protocolos propostos.

A avaliação inicial (AV-1) consistiu na análise da atividade eletromiográfica do músculo bíceps braquial, do MS dominante dos voluntários, investigando os valores de RMS (Roots Mean Square) e Fmed (Frequência Mediana). Simultaneamente foi realizada a análise no dinamômetro isocinético do Pico de Torque (PT), Pico de Torque Normalizado pelo Peso Corporal (PT/BW), Potência média (Pot Med), e Índice de Fadiga (Ind Fad).

### **2.5.1. Registro da Atividade Eletromiográfica**

Para registro da atividade eletromiográfica do músculo bíceps braquial foi realizada inicialmente a tricotomia e limpeza da área da superfície da pele utilizando álcool a 70 %. Em seguida, os eletrodos foram posicionados em pontos pré-determinados conforme as recomendações do SENIAM (Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles), sendo fixados com utilização de fita adesiva micropore e reforçada com tiras de velcro, para evitar o deslocamento durante a realização dos procedimentos.

Portanto, o eletrodo de superfície foi posicionado a  $2/3$  da distância entre o acrômio medial e a fossa cubital na linha articular do cotovelo, enquanto o eletrodo de referência foi posicionado na parte posterior do acrômio (Figura 2).



**Figura 2:** Posicionamento dos eletrodos de eletromiografia sobre os músculos bíceps braquial.

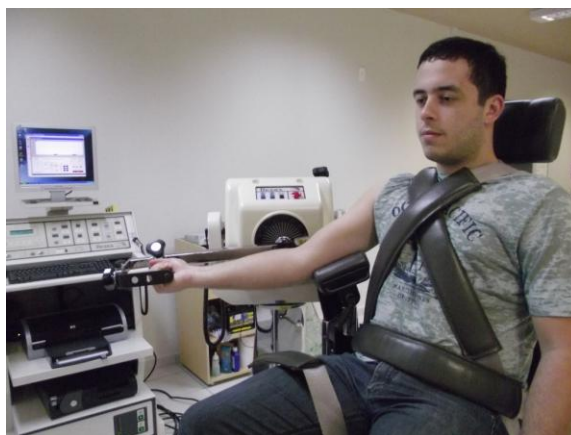
### **2.5.2 - Avaliação Isocinética**

Após a devida calibração do dinamômetro isocinético, os voluntários eram posicionados na posição para avaliação de cotovelo. A cadeira do dinamômetro a 0°, com TITL a 0° e dinamômetro a 30° (Figura 3). Após isso, os voluntários foram fixados com cintos no corpo do voluntário, na região do cotovelo homolateral, cinturas torácica, pélvica, MMII e na região do cotovelo permitindo o movimento articular. O eixo de rotação do dinamômetro foi alinhado ao epicôndilo lateral do úmero (eixo de rotação anatômico do cotovelo) e o braço de alavanca foi ajustado na parte distal do MS avaliado, mantendo o antebraço na posição supina e o punho na posição neutra (Figura 3).

Durante a realização da avaliação isocinética os voluntários foram orientados a utilizarem o apoio lateral para o MS contralateral para evitar movimentos compensatórios, além disso, cada voluntário foi orientado a realização do máximo de força muscular durante a execução das avaliações. Os pesquisadores incentivavam verbalmente os voluntários com frases enfáticas, tais como: “Força, Vai, Máximo de força!”. Tal comando era realizado de maneira padronizada pelo mesmo pesquisador em cada avaliação, com o mesmo timbre e intensidade de voz. Antes da realização de cada avaliação os voluntários realizaram um teste para compreensão e familiarização com os movimentos a serem avaliados.

Para início da avaliação, o sujeito foi orientado a realizar uma Contração Isométrica Voluntária Máxima (CIVM) de flexão de cotovelo, a uma angulação de 60°, durante 5 s, em 2 séries de intervalo de 60 s, para normalização do sinal eletromiográfico. A maior contração realizada pelo voluntário, dentre as duas isométricas, foi selecionada para correlacionar-se com o respectivo sinal eletromiográfico.

Em seguida, foram realizados os protocolos de avaliação no modo de contração isocinético, com contrações concêntricas máximas (CON-CON) para a flexão do cotovelo, com 5 repetições a uma velocidade angular de 60°/s. O maior torque para flexão do cotovelo foi selecionada para análise do sinal eletromiográfico. Os resultados foram registrados e armazenados nos computadores do EMG e Dinamômetro.

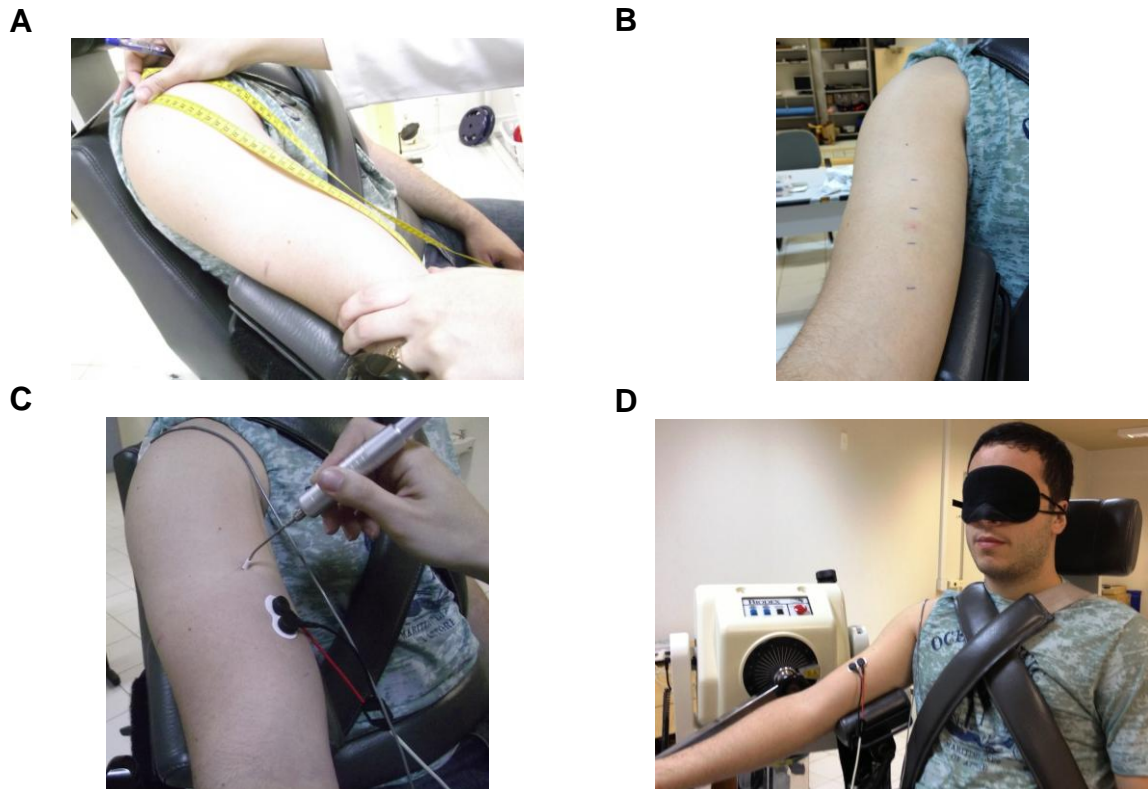


**Figura 3:** Posicionamento do Voluntário sobre o dinamômetro isocinético.

### **2.5.3 - Intervenção**

A LLLT foi aplicada no músculo bíceps braquial, do Membro Superior (MS) dominante dos voluntários, em quatro pontos sobre o ventre muscular do bíceps braquial. A delimitação dos pontos foi feita com uma fita métrica, cujo ponto inicial foi à linha articular do cotovelo e o ponto final foi o acrômio. A partir da linha articular do cotovelo foi delimitada uma distância, marcada nos pontos que se correspondem a 20 %, 30 %, 40 % e 50 % da distância total até o acrômio medial, de distal para

proximal, desde modo concentrando a aplicação na região do ventre muscular e sendo excluída a região tendinosa (Figura 04 A-B). Durante a aplicação o voluntário permaneceu com os olhos vendados (Figura 04 C-D). Os parâmetros utilizados na laserterapia estão descrita na Tabela 4.



**Figura 4:** A-B: Pontos de Aplicação do Laser experimental Pré e pós- fadiga muscular e placebo. C: O paciente era vendado durante os procedimentos. D: Aplicação do Laser.

**Tabela 4-** Parâmetros da Laserterapia de Baixa Intensidade

<b>Comprimento de Onda</b>	808 nm (Infravermelho)
<b>Modo de Emissão</b>	Contínuo
<b>Potência</b>	100 mw
<b>Diâmetro Spot</b>	0,06 cm
<b>Tamanho do Spot</b>	0,0028 cm <sup>2</sup>
<b>Densidade Potência (Irradiância)</b>	35,7 w/cm <sup>2</sup>
<b>Fluência ( Dose de Energia)</b>	1785,7 J/cm <sup>2</sup>
<b>Energia por Ponto</b>	5 J
<b>Número de pontos</b>	4
<b>Energia Total</b>	20 J
<b>Modo de Aplicação</b>	Manter a caneta do laser estacionada em contato com a pele, formando um ângulo de 90°.
<b>Tempo de Aplicação</b>	49 s em cada ponto

Fonte: (Leal Júnior *et al*,2009a; Leal Júnior *et al*, 2009b) <sup>(38)</sup> <sup>(35)</sup>.



#### 2.5.4 Protocolo de Intervenção

Após a avaliação inicial (AV1), o pesquisador 2 conduziu os procedimentos experimentais, nos diferentes grupos, os quais foram submetidos aos seguintes protocolos:

O G1 (n=20) foi denominado controle, o qual foi submetido à avaliação inicial (AV1), após isso não recebeu nenhuma intervenção, permanecendo em repouso por 4 minutos. Após esse período os voluntários foram submetidos a um protocolo de fadiga muscular induzida para o músculo bíceps braquial. O protocolo de fadiga realizado foi padronizado para todos os grupos e consistia da realização de 30 contrações concêntricas máximas para flexão e extensão do cotovelo, com velocidade angular de 120°/s. Em seguida, cada voluntário permaneceu 4 minutos em repouso e posteriormente foram submetidos à avaliação final (AV2).

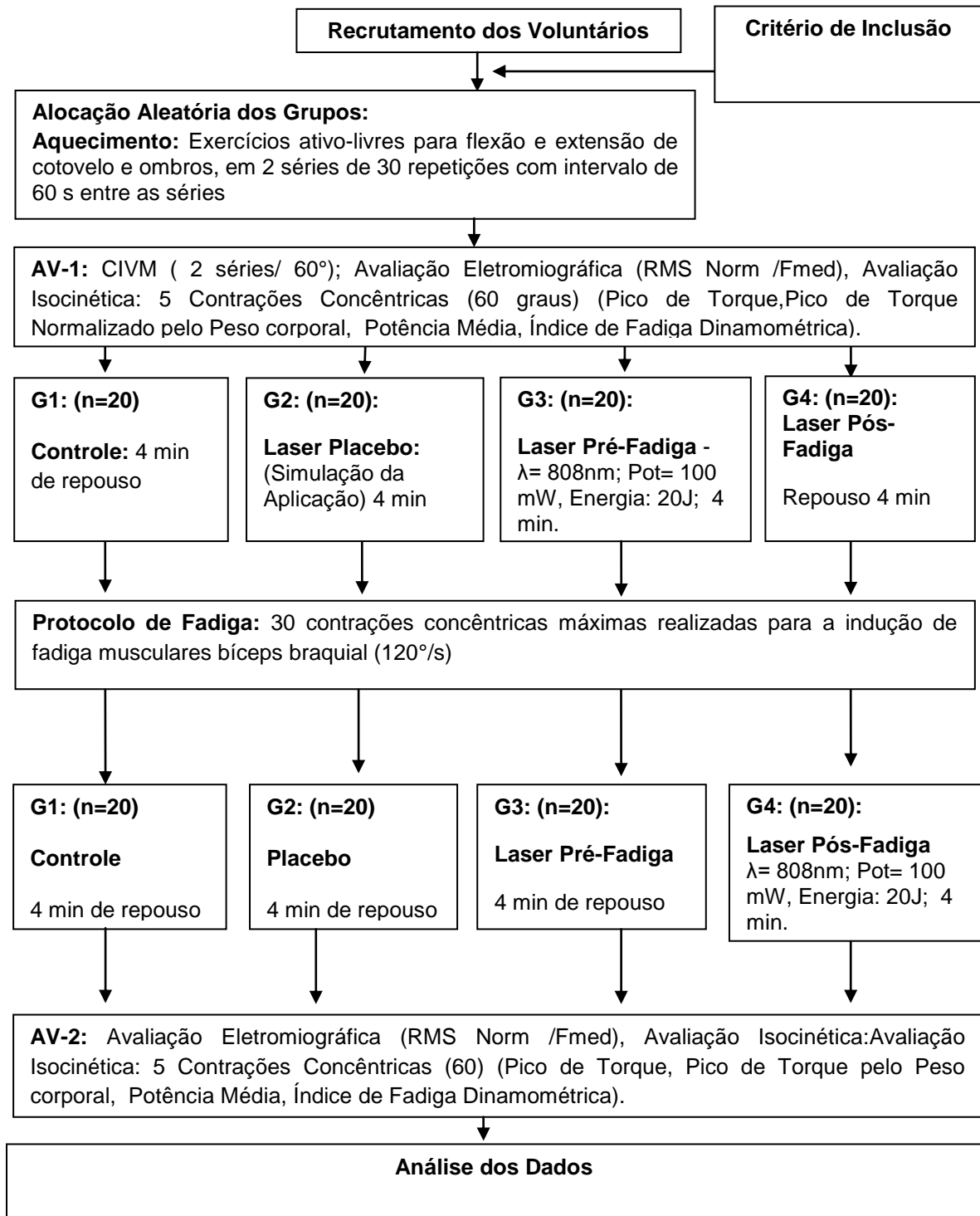
O G2 (n=20) foi denominado grupo placebo, no qual os voluntários após AV-1 foram submetidos ao protocolo de simulação da aplicação do laser pré-fadiga por aproximadamente 4 minutos, no entanto com o aparelho sem irradiar efetivamente a energia sobre o músculo. Após isso foi realizado a protocolo de fadiga muscular. Em seguida, os voluntários permaneceram por 4 minutos em repouso e posteriormente foram submetidos a uma reavaliação (AV2).

O G3 (n=20) foi denominado laser pré-fadiga, no qual os voluntários receberam a aplicação da laserterapia conforme o protocolo descrito acima, mas como o equipamento ligado por cerca de 4 minutos, com irradiação efetiva sobre o ventre muscular. Logo em seguida, os voluntários foram submetidos ao protocolo de fadiga. Na sequência, os voluntários permaneceram em repouso por cerca de 4 minutos e posteriormente foram reavaliados (AV2).

O G4 (n=20) realizou um protocolo de aplicação do laser pós-fadiga. Após a avaliação inicial (AV1), os voluntários permaneceram em repouso por 4 minutos. Em seguida foram submetidos a um protocolo de fadiga muscular. Após isso, cada voluntário recebeu a aplicação da laserterapia por cerca de 4 minutos. Logo em seguida os sujeitos foram reavaliados (AV2).

A avaliação final (AV2) foi realizada em todos os grupos, com a mesma instrumentação e protocolos da avaliação inicial (AV1).

## 2.6 Fluxograma



## 2.7 Análise dos Dados

A estatística descritiva e inferencial dos dados foi realizada através do programa SPSS 19.0 (Statistical Package for the Social Science- version 19.0). A normalidade dos dados foi observada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (KS). Para comparação entre os grupos aplicou-se o teste de Anova two-way, com *post hoc* de Turkey. Para as variáveis cujos dados da normalidade não foram paramétricos foi utilizado Teste de Kruskal-Wallis. Foi adotado o nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ).



A Tabela 5 apresenta os resultados das médias e desvios padrão das variáveis eletromiográficas e dinamométricas, antes das intervenções experimentais, observando-se a homogeneidade entre os grupos.

**Tabela 5:** Valores das Médias e Desvios Padrão iniciais e análise comparativa entre os grupos do estudo para as variáveis do RMS normalizado, Fmed, PT, PT/BW, Pot Med e Ind Fad.

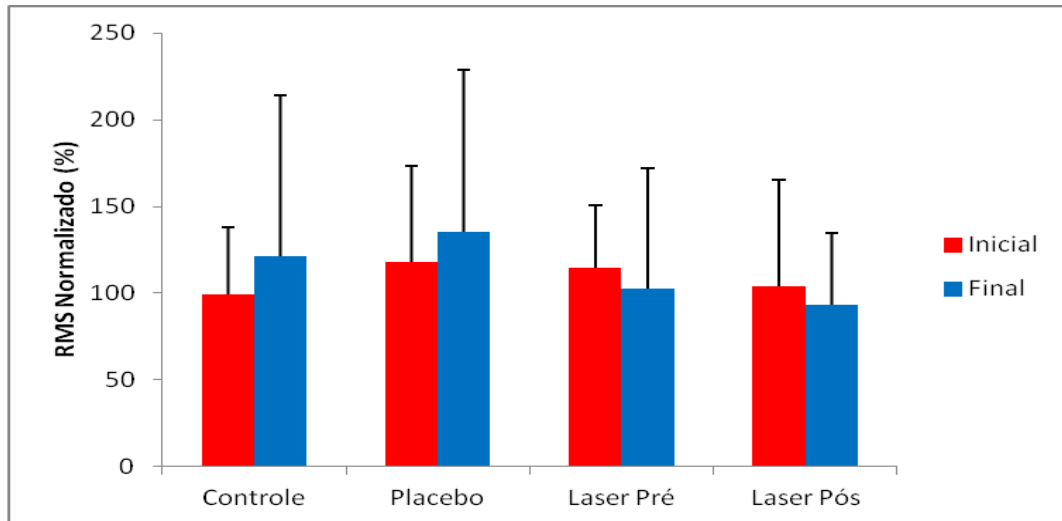
Variável	Controle (n=20)	Placebo (n=20)	Laser Pré (n=20)	Laser Pós (n=20)	P valor
<b>RMS norm</b>	99,18±38,57	117,90±55,73	114,44±36,55	103,63±61,17	0,49
<b>Fmed</b>	93,00±33,39	91,33±27,58	90,97±20,67	95,80±31,28	0,94
<b>PT</b>	35,07±13,91	34,28±14,73	35,24±15,38	34,26±15,68	0,99
<b>PT/BW</b>	47,54±14,97	50,10± 15,17	50,06± 17,03	48,80± 15,53	0,95
<b>Pot Med</b>	23,25±12,09	23,40±10,98	25,80±12,19	24,80±12,44	0,89
<b>Ind Fad</b> <sup>+</sup>	39,38±15,49	40,61±14,28	42,02±14,45	41,37±14,18	0,80

**Legenda:** Foi utilizado o teste de Anova two-way.\* O índice de fadiga apresentou uma distribuição não paramétrica ( $p < 0,001$ ), de acordo com o teste de KS. Sendo assim, para comparação entre os grupos foi utilizado o teste não-paramétrico de Kruskal- Wallis, com nível de significância de 5%.

Pode-se observar que entre os grupos não foi verificada variação significativa dos valores de RMS normalizado e Fmed, antes das intervenções, demonstrando a similaridade dos valores encontrados e conseqüentemente a homogeneidade entre os grupos. De modo análogo, na avaliação dinamométrica inicial (as variáveis PT, PT/BW, Pot Med), não foi verificada diferença significativa entre os grupos, logo, desse modo todos os sujeitos iniciaram os procedimentos com níveis de força semelhantes, demonstrando a homogeneidade da população.

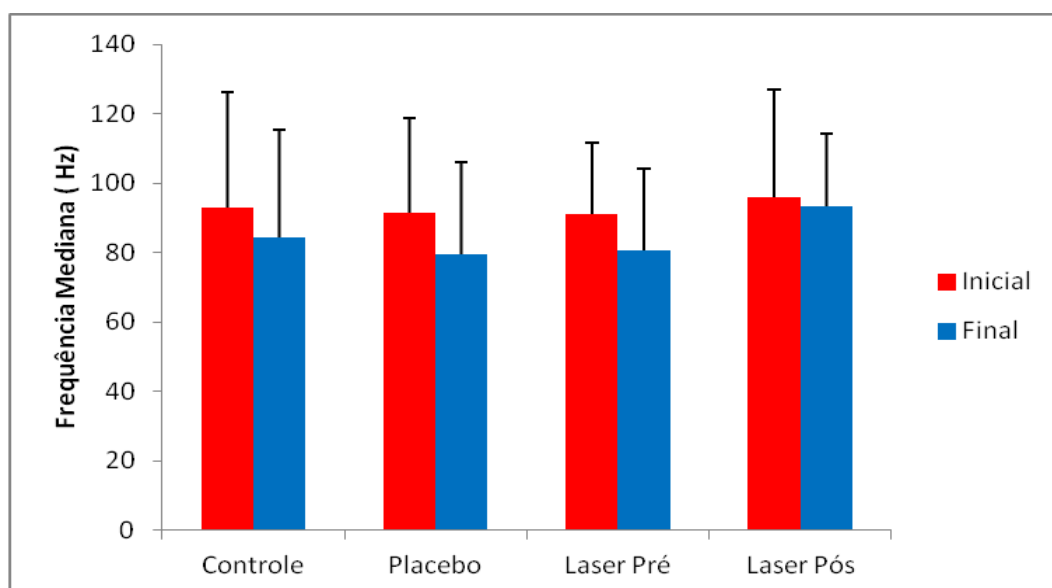
Na avaliação da variável Índice de Fadiga, observou-se que não existiu diferença entre os grupos do estudo. Assim, o protocolo aplicado gerou o mesmo nível de fadiga muscular no bíceps braquial em todos os grupos, sendo considerados homogêneos.

A análise das variáveis eletromiográfica de RMS normalizado estão apresentadas na Figura 5, demonstrando as médias e desvios padrão entre as avaliações inicial e final e entre os grupos.



**Figura 5:** Comparação dos valores de RMS normalizado antes e após os protocolos experimentais.

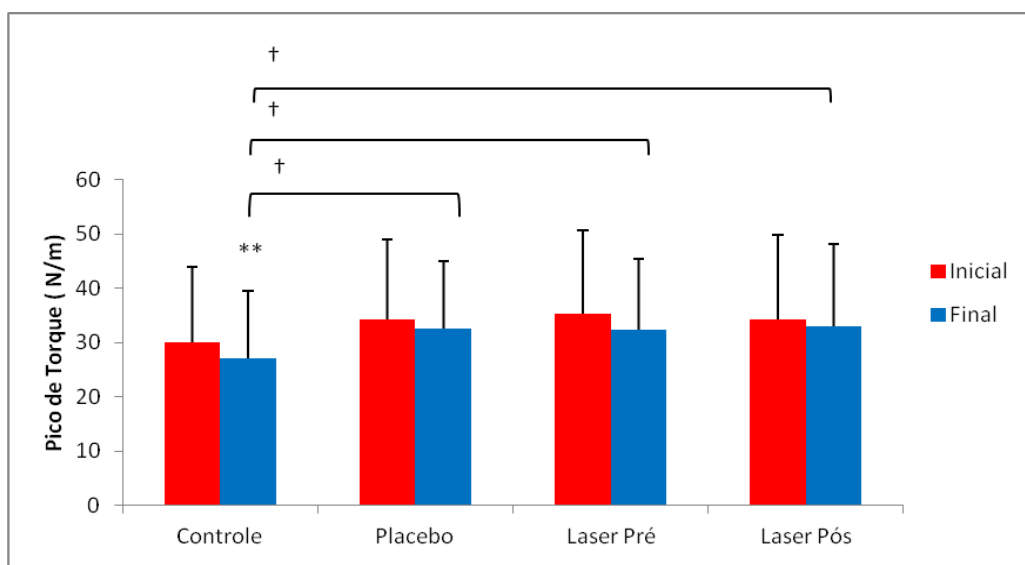
A Figura 6 demonstra as médias e desvios padrão da variável Fmed, em cada grupo do estudo, antes e após os protocolos de intervenções.



**Figura 6:** Comparação dos valores de Fmed inicial e final os protocolos experimentais.

Na análise das variáveis da RMS normalizada e Fmed após os protocolos de intervenção não foi verificada diferença entre os grupos controle, placebo, laser pré e laser pós, demonstrando que a aplicação da laserterapia não interfere de maneira significativa no recrutamento neural e na fadiga eletromiográfica do músculo bíceps braquial.

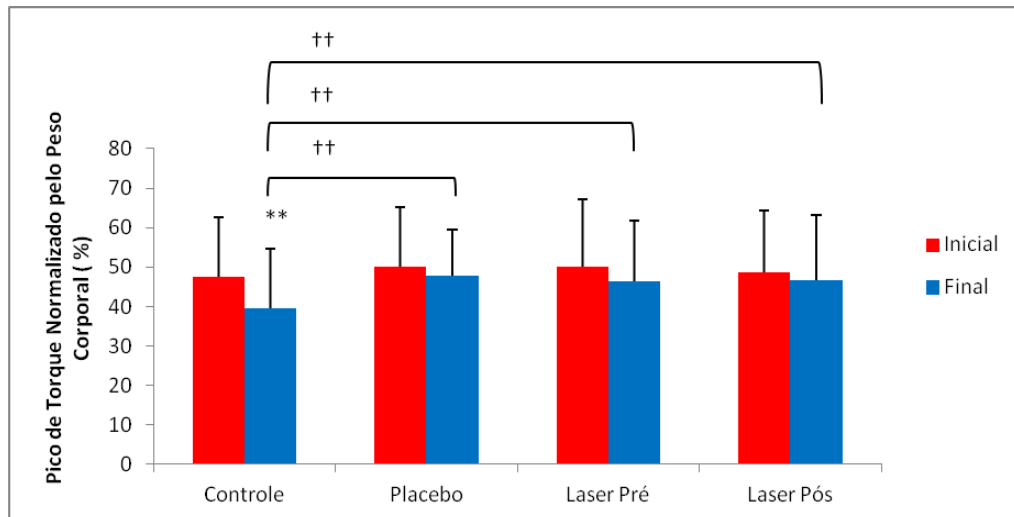
A Figura 7 apresenta os resultados obtidos na variável Pico de Torque, entre as avaliações e entre os diferentes protocolos de intervenção.



**Figura 7:** Comparação dos valores do Pico de Torque antes e após os protocolos. Legenda: \*\* Diferença estatística significativa ( $p < 0,001$ ) entre as avaliações inicial e final. † Diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ) em relação com o grupo controle.

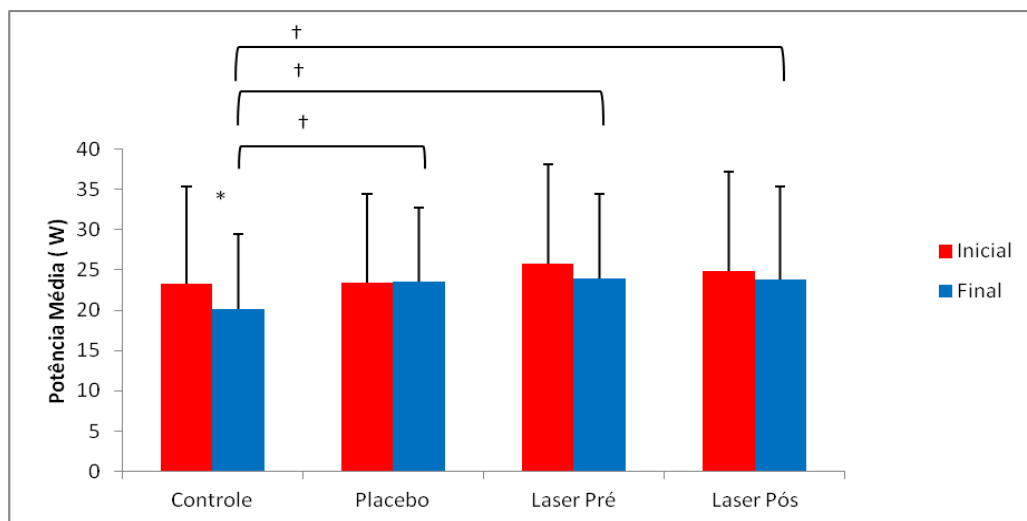


A Figura 8 apresenta os resultados da variável Pico de Torque Normalizado pelo Peso Corporal (PT/BW), entre as avaliações inicial e final e entre os grupos.



**Figura 8:** Comparação dos valores do Pico de Torque Normalizado pelo Peso Corporal antes e após os protocolos experimentais. Legenda: \*\* Diferença estatística significativa ( $p < 0,001$ ) entre as avaliações inicial e final. †† Diferença estatística significativa ( $p < 0,001$ ) em relação com o grupo controle.

A figura 9 apresenta os resultados da variável potência média, em relação as avaliações inicial e final e entre os grupos.



**Figura 9:** Comparação dos valores de Potência Média antes e após os protocolos experimentais. Legenda: \* Diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ) entre as avaliações inicial e final. † Diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ) em relação com o grupo controle.

De acordo com os resultados apresentados, pode-se constatar que na análise inicial e final intragrupo das variáveis, PT e PT/BW, observou-se uma queda significativa dessas variáveis no grupo controle ( $p < 0,001$ ). No entanto, nos demais grupos não foram verificadas diferenças entre as avaliações. A análise da variável potência média (Pot med) verificou-se um comportamento semelhante, ocorrendo uma queda significativa no grupo controle ( $p < 0,05$ ), enquanto nos demais grupos não foi observado uma alteração significativa.

De modo análogo, na comparação entre grupos das mesmas variáveis depois da intervenção foi verificado que existia diferença estatística significativa entre o grupo controle e os demais grupos, em relação ao pico de torque ( $p < 0,05$ ), pico de torque pelo peso corporal ( $p < 0,001$ ), potência média ( $p < 0,05$ ). Além disso, não foi verificada diferença entre os grupos placebo, laser pré e laser pós, em relação a nenhuma das variáveis.

## **4 DISCUSSÃO**

## 4.1 Eletromiografia

No presente estudo pode-se observar que não existiu diferença significativa nos valores do RMS normalizado e Fmed antes e depois dos protocolos experimentais, nem entre os grupos. Sendo assim, podemos afirmar que nesse estudo, a utilização da LLLT não influenciou a atividade eletromiográfica do músculo bíceps braquial após um protocolo de fadiga.

O valor de RMS é um das variáveis analisadas para investigação do desempenho, demonstrando o recrutamento de unidades motoras. Em termos teóricos quanto maior o RMS, maior é a ativação do músculo. A variável Fmed é o principal preditor de fadiga neural durante a atividade eletromiográfica. Durante a fadiga, ocorrem modificações no comportamento eletrofisiológico do músculo, indicando mudanças principalmente quando submetidos a contrações dinâmicas. Essas variáveis estão associadas à análise do aumento dos níveis de força e da resistência à fadiga, as quais são submetidas a diferentes efeitos surgidos durante a realização das contrações dinâmicas, tais como: alterações de temperatura muscular, da velocidade de condução das fibras nervosas, fluxo sanguíneo, concentrações iônicas e acúmulo de metabólitos dos processos de produção de energia<sup>(46)</sup>.

Estudos realizados anteriormente em animais indicaram que a aplicação da laserterapia em diferentes doses não influenciaria a atividade eletromiográfica do músculo gastrocnêmio, acreditando-se que a estimulação eletrofisiológica não é um mecanismo primário de aplicação da fototerapia<sup>(47)</sup>.

Observa-se uma redução da frequência mediana durante a fadiga, visto que ocorre alteração da taxa e do tempo de disparo das unidades motoras e modificação da amplitude do sinal eletromiográfico<sup>(48-49)</sup>. Nesse estudo verificou-se que a queda na Fmed não foi significativa em nenhum dos grupos após o protocolo de fadiga. Esse resultado pode ter ocorrido em função do tempo de repouso muscular após as contrações dinâmicas do músculo bíceps braquial. Esse tempo de repouso durou aproximadamente 4 minutos; desde modo, ocorreu uma melhora progressiva do comportamento neural do músculo, independente da aplicação do laser.

Logo após a realização de um protocolo de fadiga pode ocorrer à recuperação dos valores de frequência mediana em aproximadamente 5 minutos<sup>(50)</sup>. O intervalo de repouso proporciona a recuperação das fontes energéticas e possibilita a remoção de subprodutos da contração muscular, bem como o restabelecimento da atividade neural<sup>(51-52)</sup>.

## 4.2 Dinamometria

Na análise da dinamometria isocinética, observou-se que as variáveis PT, PT/BW e Pot med apresentaram uma queda significativa entre as avaliações inicial e final, apenas no grupo controle. Nos demais grupos: placebo, laser pré e laser pós-fadiga, não foi verificada essa diferença. Na comparação entre os grupos verificou-se uma queda significativa das mesmas variáveis, na comparação do grupo controle com os demais grupos, no entanto sem existir diferença entre os três outros.

Esse resultado demonstra uma provável ação do efeito placebo sobre os grupos do estudo, pois o fato de está acreditando no recebimento de uma intervenção melhoraria o desempenho muscular do voluntário. Esse efeito é visualizado há séculos na medicina, no entanto sua caracterização e comprovação só foram determinadas com a aplicação do método científico. Sugere-se que as mudanças no comportamento cognitivo ao acreditar no recebimento de efeitos sobre o tecido biológico sadio ou em caso de doenças favoreçam a alterações na atividade bioquímica e de neurotransmissores, o que promove a intensificação dos possíveis efeitos<sup>(53-54)</sup>.

O efeito placebo envolve um intrigado mecanismo de interação entre o cérebro e a mente, cujo funcionamento ainda não está claramente definido, no entanto pode-se observar que esse sistema motivacional, promove modificações bioquímicas e favorecem a alteração da resposta testada. Em virtude disso, a utilização de grupos placebos em estudos experimentais é de fundamental importância para a maior confiabilidade dos resultados obtidos<sup>(55)</sup>.

Esses resultados divergem dos achados de alguns estudos, os quais apresentam o aumento do pico de torque nos grupos submetidos à laserterapia imediatamente antes da realização do teste de força muscular quando comparados

ao placebo<sup>(56)</sup>. Outros pesquisadores verificaram que não existia diferença entre os grupos de LLLT de comprimento de onda vermelho e infravermelho, no entanto ambos apresentavam diferença significativa em relação ao placebo. Esse estudo foi realizado também sobre o músculo bíceps braquial utilizando um aparelho de laser semelhante ao adotado nessa pesquisa, no entanto observou-se um aumento do pico de torque medido em uma célula de força adaptada em um banco de Scott. Essa diferença entre resultados provavelmente ocorreu devido ao modelo metodológico realizado, visto que foi realizada a avaliação de força durante o protocolo de fadiga, não sendo investigados esses níveis de força após o exercício fatigante<sup>(57)</sup>.

Em outro estudo, a LLLT aplicada antes do exercício quando comparada a um grupo placebo, demonstrou uma atenuação da dor muscular tardia, e dos níveis séricos de LDH e CK, além de observar uma maior recuperação muscular visualizada através da contração isométrica máxima, realizada no dinamômetro isocinético. Esse resultado foi observado após os voluntários serem submetidos a um protocolo de 75 contrações excêntricas máximas realizadas no dinamômetro, com velocidade de 60°/s, no músculo quadríceps femoral, acompanhando os níveis de dor, alterações bioquímicas e da força muscular por 24 e 48 h após o Exercício<sup>(34)</sup>.

Outros estudos demonstram que além de CK e LDH, a aplicação da LLLT mantém nos padrões próximos aos valores basais, as concentrações de enzimas como CAT e SOD, o que não acontece no grupo placebo. No entanto, concomitantemente observou-se um aumento do tempo de realização do exercício aeróbio até a exaustão, bem como melhor rendimento do teste de corrida progressiva, com a mesma carga do grupo placebo. Assim, proporcionando um aumento no VO<sub>2</sub> máx avaliado no teste de esforço durante a corrida<sup>(19)</sup>.

Utilizando um equipamento de laser similar ao utilizado nessa pesquisa para aplicação da laserterapia no músculo bíceps braquial, um estudo observou um aumento do número de repetições para flexão do cotovelo, bem como apresentou um tempo de contração total maior. Esses resultados demonstraram uma melhora no desempenho do grupo muscular que recebeu a irradiação<sup>(38)</sup>.

Portanto, diversos estudos apresentam uma diferença significativa entre os grupos placebo e tratados, sendo esses resultados possivelmente justificados pelo modelo metodológico diferente do adotado nesse estudo. Nesse estudo foi analisado o desempenho muscular após 4 minutos de fadiga, enquanto a maioria dos estudos citados analisam o desempenho durante a fadiga. Na reprodução no grupo placebo dos procedimentos da laserterapia, com a simulação de sua irradiação, podem ter favorecido a um estímulo cognitivo dos voluntários e um melhor desempenho. Sendo assim, esse grupo não apresentou diferença em relação aos grupos que receberam a aplicação do laser.

### **4.3 Efeitos da Laserterapia**

A laserterapia de baixa intensidade não apresentou um comportamento bioestimulante que melhorasse o desempenho muscular imediato após sua aplicação. A justificativa para a igualdade de resultado entre os grupos placebo e laserterapia, pode está fundamentada nos princípios da fototerapia aplicada ao desempenho. Dentre esses princípios, a densidade mitocondrial tem demonstrado ser um fator relevante para efetividade da LLLT. Sugere-se que quanto maior a área de concentração mitocondrial, maior será o efeito da fototerapia sobre a atividade energética do músculo, atuando diretamente sobre as mitocôndrias e no sistema bioquímico específico<sup>(58)(13)</sup>.

No entanto, a laserterapia utilizada nesse estudo apresentava uma pequena área de emissão sobre o ventre muscular do bíceps braquial, devido à aplicação pontual, com utilização do single-diode laser. Outros equipamentos de laser possuem uma área de aplicação efetiva maior, com a utilização de clusters com vários spots de irradiação o que proporcionaria uma maior área mitocondrial de aplicação e conseqüentemente promoveria um maior efeito sobre a bioenergética das fibras musculares<sup>(19)</sup>. Apesar disso, observa-se que as aplicações pontuais são utilizadas com maior frequência nas intervenções clínicas atuais, do que aquelas com o uso de clusters.

Na comparação entre a aplicação do single-diode laser com um grupo que recebeu a aplicação de um cluster de ledterapia e seus respectivos grupos placebos,

foi observada uma melhora do desempenho na avaliação no cicloergômetro e nos níveis de CK, no grupo ledterapia quando comparados aos demais grupos<sup>(59)</sup>. A Ledterapia é uma modalidade de fototerapia de comportamento físico diferente, mas que devido à irradiação de um feixe divergente de luz, promoveria uma aplicação em uma área maior do tecido muscular. Em outro estudo, foi observado que a aplicação imediata da ledterapia sobre o músculo quadríceps promoveria uma menor redução do torque isométrico, quando comparado ao grupo placebo, após um protocolo de 30 contrações isocinéticas concêntricas máximas<sup>(60)</sup>. As propriedades divergentes, não coerentes e não colimadas da ledterapia promove os efeitos em uma maior área do tecido muscular, o que pode favorecer a atuação sobre os mecanismos bioenergéticos das fibras musculares<sup>(61)(40)(62)</sup>. Já a utilização da laserterapia utilizando o clustores, com suas características físicas específicas, promoveria um efeito significativo sobre o desempenho muscular<sup>(37)(56)</sup>.

Outro fator que influencia a densidade mitocondrial é o tipo de fibra muscular. Observa-se que músculos com predomínio de fibras do tipo I, também conhecidas como fibras de contração lenta apresentam um maior potencial oxidativo, em virtude de apresentarem uma maior densidade mitocondrial. Nesse estudo, foi utilizada a LLLT sobre o músculo bíceps braquial, cujo predomínio de fibras é do tipo II, de contração rápida, com perfil metabólico glicolítico, dessa forma, pode-se assumir que a porcentagem de mitocôndrias é inferior aos músculos com predomínio de fibra tipo I<sup>(63)</sup>. Portanto, esse músculo apresentou uma menor densidade mitocondrial, logo menor área efetiva de irradiação do laser. Sendo assim, essas características metabólicas do tipo de fibra predominante, podem influenciar a produção de energia e as variáveis de força, devido à presença de uma menor quantidade de mitocôndrias quanto comparado aos músculos com fibras do tipo I<sup>(64-65)</sup>.

Outro fator preponderante para a verificação dos efeitos da LLLT é o tipo de exercícios desenvolvidos, visto que nesse estudo foi realizado um modelo de exercício anaeróbio. Acredita-se que os melhores resultados do laser seriam na irradiação em músculo submetidos à realização de atividades aeróbias, com consequentemente minimização da fadiga<sup>(19, 31, 33)</sup>.

A modulação sobre o sistema mitocondrial oxidativo, pode ser um fator responsável pelos efeitos nos exercícios aeróbios favorecendo a melhora da performance de resistência (endurance) muscular. A sugestão desses efeitos já



estaria suportada pela verificação dos efeitos da fotoestimulação sobre enzimas marcadoras do processo oxidativo (Citrato-Sintetase, Lactato Desidrogenase), entre outros fatores, bem como na análise do  $VO_2$  máx<sup>(17)</sup>.

Diversos estudos sugerem que esse processo de modulação bioquímica e a melhora do desempenho no exercício aeróbio, confirmam esse efeito sobre a atividade mitocondrial<sup>(41)</sup>. Além disso, um provável efeito gênico sobre o RNA mensageiro, modulando a atividade das diferentes isoformas da enzima ciclooxigenase, favoreceria a melhora do desempenho e redução do dano muscular pós-exercício<sup>(66)</sup>.

No entanto, apesar da verificação desses efeitos sobre o sistema aeróbio, acredita-se que a LLLT também promova efeitos na realização de exercícios anaeróbios, devido à integração no funcionamento das vias energéticas aeróbias e anaeróbias<sup>(17, 42, 67)</sup>. No treinamento de força associado à laserterapia foi visualizada uma melhora no desempenho na avaliação isocinética, na medida das Repetições Máximas- RM e na perimetria muscular<sup>(42) (56)</sup>.

Outro fator relevante, para ser considerado é a aplicação imediata da laserterapia, a qual pode ser insuficiente para a verificação das hipóteses propostas nesse estudo. A ação biomodulatória do LLLT poderia ser mais evidente se um número maior de aplicações tivesse sido realizado. Alguns estudos têm visualizado a efetividade da aplicação de várias sessões de LLLT e seus efeitos crônicos no desempenho aeróbio e anaeróbio, promovendo a mudança no comportamento muscular, aumentando o rendimento e os níveis de força e resistência, com redução do dano muscular tardio<sup>(17) (68) (42)</sup>. Desse modo, a cronicidade desse mecanismo poderia promover uma adaptação do sistema bioenergético das células.

## **5. CONCLUSÃO E SUGESTÕES**

Pode-se observar nesse estudo que a utilização da laserterapia de baixa intensidade não promoveu efeitos significativos sobre o desempenho neuromuscular após a fadiga muscular induzida no músculo bíceps braquial. Observou-se que o comportamento neural não sofreu alteração significativa na análise eletromiográfica em nenhuma das possibilidades investigadas.

Verificou-se uma melhora no desempenho isocinético nos grupos de aplicação do laser e também no grupo placebo, quando comparados com o controle. Esse resultado pode ser justificado pela ação do efeito placebo, o qual incentivou a melhora do desempenho desses voluntários, que acreditavam está recebendo algum tipo de intervenção efetiva. Sendo assim, o estímulo cognitivo foi o responsável pela melhora do desempenho visualizado nesse estudo, e a laserterapia de baixa intensidade não promoveu alteração no comportamento eletromiográfico e dinamométrico.

Sugere-se, a realização de novos estudos com uma área de irradiação maior da laserterapia, utilizando clustores, bem como a aplicação em grupos musculares com predomínio de fibra do tipo I. Além disso, recomenda-se a realização de um número maior de aplicação da laserterapia, a fim de verificar os possíveis efeitos tardios sobre o desempenho neuromuscular.

## **6. REFERÊNCIAS**

1. Westerblad H, Bruton JD, Katz A. Skeletal muscle: energy metabolism, fiber types, fatigue and adaptability. *Exp Cell Res*. 2010 Nov 1;316(18):3093-9.
2. Gilliam LA, St Clair DK. Chemotherapy-induced weakness and fatigue in skeletal muscle: the role of oxidative stress. *Antioxid Redox Signal*. 2011 Nov 1;15(9):2543-63.
3. Vecchiet J, Cipollone F, Falasca K, Mezzetti A, Pizzigallo E, Bucciarelli T, et al. Relationship between musculoskeletal symptoms and blood markers of oxidative stress in patients with chronic fatigue syndrome. *Neurosci Lett*. 2003 Jan 2;335(3):151-4.
4. Radak Z, Chung HY, Koltai E, Taylor AW, Goto S. Exercise, oxidative stress and hormesis. *Ageing Res Rev*. 2008 Jan;7(1):34-42.
5. Bottinelli R, Westerblad H. Reactive oxygen and nitrogen species in skeletal muscle: acute and long-term effects. *J Physiol*. 2011 May 1;589(Pt 9):2117-8.
6. Powers SK, Ji LL, Leeuwenburgh C. Exercise training-induced alterations in skeletal muscle antioxidant capacity: a brief review. *Med Sci Sports Exerc*. 1999 Jul;31(7):987-97.
7. Powers SK, Jackson MJ. Exercise-induced oxidative stress: cellular mechanisms and impact on muscle force production. *Physiol Rev*. 2008 Oct;88(4):1243-76.
8. Minshull C, Eston R, Rees D, Gleeson N. Knee joint neuromuscular activation performance during muscle damage and superimposed fatigue. *J Sports Sci*. 2012;30(10):1015-24.
9. Rahnama N, Reilly T, Lees A, Graham-Smith P. Muscle fatigue induced by exercise simulating the work rate of competitive soccer. *J Sports Sci*. 2003 Nov;21(11):933-42.

10. Small K, McNaughton L, Greig M, Lovell R. The effects of multidirectional soccer-specific fatigue on markers of hamstring injury risk. *J Sci Med Sport*. 2010 Jan;13(1):120-5.
11. Madigan ML, Pidcoe PE. Changes in landing biomechanics during a fatiguing landing activity. *J Electromyogr Kinesiol*. 2003 Oct;13(5):491-8.
12. James CR, Scheuermann BW, Smith MP. Effects of two neuromuscular fatigue protocols on landing performance. *J Electromyogr Kinesiol*. 2010 Aug;20(4):667-75.
13. Huang YY, Chen AC, Carroll JD, Hamblin MR. Biphasic dose response in low level light therapy. *Dose Response*. 2009;7(4):358-83.
14. Huang YY, Sharma SK, Carroll J, Hamblin MR. Biphasic dose response in low level light therapy - an update. *Dose Response*. 2011;9(4):602-18.
15. Bakeeva LE, Manteifel VM, Rodichev EB, Karu TI. [Formation of gigantic mitochondria in human blood lymphocytes under the effect of an He-Ne laser]. *Mol Biol (Mosk)*. 1993 May-Jun;27(3):608-17.
16. Manteifel VM, Karu TI. [Structure of mitochondria and activity of their respiratory chain in subsequent generations of yeast cells exposed to He-Ne laser light]. *Izv Akad Nauk Ser Biol*. 2005 Nov-Dec(6):672-83.
17. Vieira WH, Ferraresi C, Perez SE, Baldissera V, Parizotto NA. Effects of low-level laser therapy (808 nm) on isokinetic muscle performance of young women submitted to endurance training: a randomized controlled clinical trial. *Lasers Med Sci*. 2012 Mar;27(2):497-504.
18. de Lima FM, Albertini R, Dantas Y, Maia-Filho A, Castro-Faria-Neto HC, Franca C, et al. Low-Level Laser Therapy Restores the Oxidative Stress Balance in Acute Lung Injury Induced by Gut Ischemia and Reperfusion. *Photochem Photobiol*. 2012 Aug 10.

19. De Marchi T, Leal Junior EC, Bortoli C, Tomazoni SS, Lopes-Martins RA, Salvador M. Low-level laser therapy (LLLT) in human progressive-intensity running: effects on exercise performance, skeletal muscle status, and oxidative stress. *Lasers Med Sci.* 2012 Jan;27(1):231-6.
20. Buravlev EA, Zhidkova TV, Vladimirov YA, Osipov AN. Effects of laser and LED radiation on mitochondrial respiration in experimental endotoxic shock. *Lasers Med Sci.* 2012 Jul 14.
21. Karu TI, Afanas'eva NI, Kol'iakov SF, Piatibrat LV. [Change in the absorption spectrum of a monolayer of live cells under low-intensity laser irradiation]. *Dokl Akad Nauk.* 1998 May;360(2):267-70.
22. Karu TI. Mitochondrial signaling in mammalian cells activated by red and near-IR radiation. *Photochem Photobiol.* 2008 Sep-Oct;84(5):1091-9.
23. Karu TI. Multiple roles of cytochrome c oxidase in mammalian cells under action of red and IR-A radiation. *IUBMB Life.* 2010 Aug;62(8):607-10.
24. Karu TI, Piatibrat LV, Kalendo GS, Serebriakov NG. [Changes in the amount of ATP in HeLa cells under the action of He-Ne laser radiation]. *Biull Eksp Biol Med.* 1993 Jun;115(6):617-8.
25. Karu TI. [Molecular mechanism of the therapeutic effect of low-intensity laser irradiation]. *Dokl Akad Nauk SSSR.* 1986;291(5):1245-9.
26. Assis L, Moretti AI, Abrahao TB, de Souza HP, Hamblin MR, Parizotto NA. Low-level laser therapy (808 nm) contributes to muscle regeneration and prevents fibrosis in rat tibialis anterior muscle after cryolesion. *Lasers Med Sci.* 2012 Aug 17.
27. Freas W, Llave R, Hart JL, Kobayashi Y, Nagel J, Muldoon SM. Neurovascular effects of reactive oxygen intermediates produced by photoradiation. *Neuropharmacology.* 1992 Aug;31(8):809-15.

28. Karu TI. Effects of visible radiation on cultured cells. *Photochem Photobiol.* 1990 Dec;52(6):1089-98.
29. Karu TI, Kolyakov SF. Exact action spectra for cellular responses relevant to phototherapy. *Photomed Laser Surg.* 2005 Aug;23(4):355-61.
30. Casalechi HL, Leal-Junior EC, Xavier M, Silva JA, Jr., de Carvalho PD, Aimbire F, et al. Low-level laser therapy in experimental model of collagenase-induced tendinitis in rats: effects in acute and chronic inflammatory phases. *Lasers Med Sci.* 2012 Aug 28.
31. Lopes-Martins RA, Marcos RL, Leonardo PS, Prianti AC, Jr., Muscara MN, Aimbire F, et al. Effect of low-level laser (Ga-Al-As 655 nm) on skeletal muscle fatigue induced by electrical stimulation in rats. *J Appl Physiol.* 2006 Jul;101(1):283-8.
32. Sussai DA, Carvalho Pde T, Dourado DM, Belchior AC, dos Reis FA, Pereira DM. Low-level laser therapy attenuates creatine kinase levels and apoptosis during forced swimming in rats. *Lasers Med Sci.* 2010 Jan;25(1):115-20.
33. Vieira WHdB. Efeitos do Laser de Baixa Intensidade 780 nm sobre a performance muscular aeróbia de ratos em treinamento físico em esteira. [Dissertação]. São Paulo: Universidade Federal de São Carlos - UFscar, 2005..
34. Baroni BM, Leal Junior EC, De Marchi T, Lopes AL, Salvador M, Vaz MA. Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2010 Nov;110(4):789-96.
35. Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, Baroni BM, De Marchi T, Taufer D, Manfro DS, et al. Effect of 830 nm low-level laser therapy applied before high-intensity exercises on skeletal muscle recovery in athletes. *Lasers Med Sci.* 2009 Nov;24(6):857-63.
36. Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, de Almeida P, Ramos L, Iversen VV, Bjordal JM. Effect of low-level laser therapy (GaAs 904 nm) in skeletal muscle fatigue



and biochemical markers of muscle damage in rats. *Eur J Appl Physiol.* 2010 Apr;108(6):1083-8.

37. Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, Frigo L, De Marchi T, Rossi RP, de Godoi V, et al. Effects of low-level laser therapy (LLLT) in the development of exercise-induced skeletal muscle fatigue and changes in biochemical markers related to postexercise recovery. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010 Aug;40(8):524-32.

38. Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, Vanin AA, Baroni BM, Grosselli D, De Marchi T, et al. Effect of 830 nm low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. *Lasers Med Sci.* 2009 May;24(3):425-31.

39. Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, Dalan F, Ferrari M, Sbabo FM, Generosi RA, et al. Effect of 655-nm low-level laser therapy on exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. *Photomed Laser Surg.* 2008 Oct;26(5):419-24.

40. Leal Junior ECP, Baroni BM, Rossi RP, Godoi V, Marchi TD, Tomazoni SS, et al. A fototerapia com diodo emissor de luz (LEDT) aplicada pré-exercício inibe a peroxidação lipídica em atletas após exercício de alta intensidade: um estudo preliminar. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte.* 2011;17(1):8-12.

41. de Brito Vieira WH, dos Santos RV, Dias AN, Araujo FR, Auad MA, Parizotto NA. Efeitos do laser (808nm) sobre a performance muscular isocinética de mulheres jovens sob treinamento físico.(Dissertação).São Paulo: Universidade Federal de São Carlos-UFSCAR,2008.

42. Ferraresi C, de Brito Oliveira T, de Oliveira Zafalon L, de Menezes Reiff RB, Baldissera V, de Andrade Perez SE, et al. Effects of low level laser therapy (808 nm) on physical strength training in humans. *Lasers Med Sci.* 2011 May;26(3):349-58.

43. Ramos L, Leal Junior EC, Pallotta RC, Frigo L, Marcos RL, de Carvalho MH, et al. Infrared (810 nm) low-level laser therapy in experimental model of strain-induced skeletal muscle injury in rats: effects on functional outcomes. *Photochem Photobiol.* 2012 Jan-Feb;88(1):154-60.

44. Tafur J, Mills PJ. Low-intensity light therapy: exploring the role of redox mechanisms. *Photomed Laser Surg.* 2008 Aug;26(4):323-8.
45. Silveira PC, Silva LA, Fraga DB, Freitas TP, Streck EL, Pinho R. Evaluation of mitochondrial respiratory chain activity in muscle healing by low-level laser therapy. *J Photochem Photobiol B.* 2009 May 4;95(2):89-92.
46. Masuda K, Masuda T, Sadoyama T, Inaki M, Katsuta S. Changes in surface EMG parameters during static and dynamic fatiguing contractions. *J Electromyogr Kinesiol.* 1999 Feb;9(1):39-46.
47. Comelekoglu U, Bagis S, Buyukakilli B, Sahin G, Erdogan C. Electrophysiologic effect of gallium arsenide laser on frog gastrocnemius muscle. *Lasers Surg Med.* 2002;30(3):221-6.
48. Dimitrova NA, Arabadzhiev TI, Hogrel JY, Dimitrov GV. Fatigue analysis of interference EMG signals obtained from biceps brachii during isometric voluntary contraction at various force levels. *J Electromyogr Kinesiol.* 2009 Apr;19(2):252-8.
49. Dimitrova NA, Hogrel JY, Arabadzhiev TI, Dimitrov GV. Estimate of M-wave changes in human biceps brachii during continuous stimulation. *J Electromyogr Kinesiol.* 2005 Aug;15(4):341-8.
50. Shin HJK, J.Y. Measurement of trunk muscle fatigue during dynamic lifting and lowering as recovery time changes. *Int J Ind Ergonom.* 2007;37:6.
51. Willardson JM, Burkett LN. A comparison of 3 different rest intervals on the exercise volume completed during a workout. *J Strength Cond Res.* 2005 Feb;19(1):23-6.
52. Marshall PW, Robbins DA, Wrightson AW, Siegler JC. Acute neuromuscular and fatigue responses to the rest-pause method. *J Sci Med Sport.* 2012 Mar;15(2):153-8.

53. Andersen LO. A note on the invention, invisibility and dissolution of the placebo effect. *Gesnerus*. 2005;62(1-2):102-10.
54. Kamper SJ, Williams CM. The placebo effect: powerful, powerless or redundant? *Br J Sports Med*. 2012 Aug 14.
55. Andreou C, Bozikas VP. [The PLACEBO effect: Definition, theories of action, ethical considerations]. *Psychiatrike*. 2008 Apr;19(2):153-64.
56. Leal Junior ECP, Nassar FR, Tomazoni SdS, Bjordal JM, Lopes-Martins RÁB. Low-level laser therapy enhances muscular performance as measured by isokinetic dynamometry in humans. *Fisioterapia e Pesquisa*,. 2010 17(4):5.
57. de Almeida P, Lopes-Martins RA, De Marchi T, Tomazoni SS, Albertini R, Correa JC, et al. Red (660 nm) and infrared (830 nm) low-level laser therapy in skeletal muscle fatigue in humans: what is better? *Lasers Med Sci*. 2012 Mar;27(2):453-8.
58. Karu TI, Pyatibrat LV, Kolyakov SF, Afanasyeva NI. Absorption measurements of a cell monolayer relevant to phototherapy: reduction of cytochrome c oxidase under near IR radiation. *J Photochem Photobiol B*. 2005 Nov 1;81(2):98-106.
59. Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, Baroni BM, De Marchi T, Rossi RP, Grosselli D, et al. Comparison between single-diode low-level laser therapy (LLLT) and LED multi-diode (cluster) therapy (LEDT) applications before high-intensity exercise. *Photomed Laser Surg*. 2009 Aug;27(4):617-23.
60. Baroni BM, Leal Junior EC, Geremia JM, Diefenthaler F, Vaz MA. Effect of light-emitting diodes therapy (LEDT) on knee extensor muscle fatigue. *Photomed Laser Surg*. 2010 Oct;28(5):653-8.
61. Leal Junior EC, de Godoi V, Mancalossi JL, Rossi RP, De Marchi T, Parente M, et al. Comparison between cold water immersion therapy (CWIT) and light emitting diode therapy (LEDT) in short-term skeletal muscle recovery after high-

intensity exercise in athletes--preliminary results. *Lasers Med Sci.* 2011 Jul;26(4):493-501.

62. Paolillo FR, Corazza AV, Borghi-Silva A, Parizotto NA, Kurachi C, Bagnato VS. Infrared LED irradiation applied during high-intensity treadmill training improves maximal exercise tolerance in postmenopausal women: a 6-month longitudinal study. *Lasers Med Sci.* 2012 Mar 2.

63. Picard M, Hepple RT, Buelle Y. Mitochondrial functional specialization in glycolytic and oxidative muscle fibers: tailoring the organelle for optimal function. *Am J Physiol Cell Physiol.* 2012 Feb 15;302(4):C629-41.

64. Mattiello-Sverzut AC, Chimelli L, Moura MS, Teixeira S, de Oliveira JA. The effects of aging on biceps brachii muscle fibers: a morphometrical study from biopsies and autopsies. *Arq Neuropsiquiatr.* 2003 Sep;61(3A):555-60.

65. Tambovtseva RV. [Histochemical characteristics of the muscle fibers of the biceps and triceps brachii muscles in human ontogeny]. *Arkh Anat Gistol Embriol.* 1988 May;94(5):59-63.

66. de Almeida P, Lopes-Martins RA, Tomazoni SS, Silva JA, Jr., de Carvalho Pde T, Bjordal JM, et al. Low-level laser therapy improves skeletal muscle performance, decreases skeletal muscle damage and modulates mRNA expression of COX-1 and COX-2 in a dose-dependent manner. *Photochem Photobiol.* 2011 Sep-Oct;87(5):1159-63.


67. Tonkonogi M, Sahlin K. Physical exercise and mitochondrial function in human skeletal muscle. *Exerc Sport Sci Rev.* 2002 Jul;30(3):129-37.

68. Vieira W, Goes R, Costa F, Parizotto N, Perez S, Baldissera V, et al. Adaptation of LDH enzyme in rats undergoing aerobic treadmill training and low intensity laser therapy. *Revista Brasileira de Fisioterapia.* 2006;10(2):205-11.



## **ANEXOS**

## Anexo 1

	<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE</b> <b>CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE</b> <b>DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA</b> <b>PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA</b>
---	---

### QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA - IPAQ VERSÃO CURTA

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ Sexo: ( ) Feminino ( ) Masculino

Você trabalha de forma remunerada? ( ) Sim ( ) Não

As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física em uma semana, **última semana**. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são **MUITO** importantes. Por favor, responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo. Obrigado pela sua participação!

Para responder as questões lembre que:

- Atividades físicas **VIGOROSAS** são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar **MUITO** mais forte que o normal
- Atividades físicas **MODERADAS** são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar **UM POUCO** mais forte que o normal

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza **por pelo menos 10 minutos contínuos** de cada vez.

**1a.** Em quantos dias da última semana você **CAMINHOU** por pelo menos 10 minutos contínuos em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício?

\_\_\_\_\_ dias por **SEMANA** ( ) nenhum

**1b.** Nos dias em que você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou caminhando **por dia**?

\_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

**2a.** Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **MODERADAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que fez aumentar **moderadamente** sua respiração ou batimentos do coração (**POR FAVOR NÃO INCLUA CAMINHADA**)

\_\_\_\_\_ dias por **SEMANA** ( ) nenhum

**2b.** Nos dias em que você fez essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia**?

\_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

**3a.** Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **VIGOROSAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou cavoucar no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que fez aumentar **MUITO** sua respiração ou batimentos do coração.

\_\_\_\_\_ dias por **SEMANA** ( ) Nenhum

**3b.** Nos dias em que você fez essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia**?

\_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

Estas últimas questões são sobre o tempo que você permanece sentado todo dia, no trabalho, na escola ou faculdade, em casa e durante seu tempo livre. Isto inclui o tempo sentado estudando, sentado enquanto descansa, fazendo lição de casa visitando um amigo, lendo, sentado ou deitado assistindo TV. Não inclua o tempo gasto sentando durante o transporte em ônibus, trem, metrô ou carro.

**4a.** Quanto tempo no total você gasta sentado durante um **dia de semana**?

\_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

**4b.** Quanto tempo no total você gasta sentado durante em um **dia de final de semana**?

\_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

**RESULTADO:** \_\_\_\_\_



## CLASSIFICAÇÃO DO IPAQ

CATEGORIA	ATIVIDADES REALIZADAS
<b>Sedentário</b>	Não realiza nenhuma atividade física por pelo menos 10 minutos contínuos durante a semana;
<b>Insuficientemente Ativo</b>	<p>Prática atividades físicas por pelo menos 10 minutos contínuos por semana, porém de maneira insuficiente para ser classificado como ativo. Para classificar os indivíduos nesse critério, são somadas a duração e a frequência dos diferentes tipos de atividades (caminhadas + moderada + vigorosa). Essa categoria divide-se em dois grupos:</p> <p style="text-align: center;"><b>Insuficientemente Ativo A</b> – Realiza 10 minutos contínuos de atividade física, seguindo pelo menos um dos critérios citados: frequência – 5 dias/semana ou duração – 150 minutos/semana;</p> <p style="text-align: center;"><b>Insuficientemente Ativo B</b> – Não atinge nenhum dos critérios da recomendação citada nos indivíduos insuficientemente ativos A;</p>
<b>Ativo</b>	<p>Cumpra as seguintes recomendações:</p> <p>a) atividade física vigorosa = 3 dias/semana e = 20 minutos/sessão;</p> <p>b) moderada ou caminhada – = 5 dias/semana e = 30 minutos/sessão;</p> <p>c) qualquer atividade somada: = 5 dias/semana e = 150 min./semana;</p>
<b>Muito Ativo</b>	<p>Cumpra as seguintes recomendações: a) vigorosa – = 5 dias/semana e = 30 min./sessão; b) vigorosa – = 3 dias/semana e = 20 min./sessão + moderada e ou caminhada = 5 dias/semana e = 30 min./sessão.</p>

## APÉNDICE

## Apêndice 2



### UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

**TÍTULO DA PESQUISA:** Efeitos imediatos da laserterapia sobre a fadiga muscular induzida: Ensaio clínico controlado, randomizado e cego.

Este termo de consentimento pode conter palavras ou expressões não comumente utilizadas por você. Caso algum termo não esteja claro, por favor, nos informe, de forma que possamos esclarecer melhor. Nós estamos solicitando a sua colaboração ou de algum membro de sua família para desenvolvermos esta pesquisa.

**OBJETIVOS:** O (a) senhor (a) está sendo convidado (a) a participar, voluntariamente, de uma pesquisa que tem como objetivos investigar os efeitos da laserterapia de baixa potência no desempenho neuromuscular pós-fadiga induzida.

**PROCEDIMENTOS:** Você será inicialmente avaliado através de uma ficha de avaliação clínica em seguida serão investigados através de uma análise da atividade do músculo (no eletromiógrafo), da força e potência muscular (no dinamômetro isocinético). Após, isso você fará parte de um dos grupos do estudo. Todos os grupos serão submetidos a um protocolo de fadiga muscular induzida. Para isso, você realizará 30 contrações do músculo bíceps braquial. De acordo com o grupo que você for selecionado, você será submetido à aplicação do laser antes ou após a realização do referido protocolo. Em seguida, você será submetido a uma reavaliação com os mesmos parâmetros avaliados anteriormente.

Todos deverão participar por livre e espontânea vontade, pois não receberão pagamento para isto. Os procedimentos serão explicados anteriormente à sua realização; e qualquer indivíduo poderá, a qualquer momento, desistir de participar da pesquisa.

**RISCOS:** Os riscos envolvidos com sua participação serão mínimos, podendo ocorrer dores e desconforto muscular, que serão minimizados através das orientações.

**POSSÍVEIS BENEFÍCIOS:** Sua participação nessa pesquisa beneficiará a você e a sociedade, pois permitirá saber qual (s) o(s) efeitos da laserterapia no desempenho neuromuscular pós-fadiga muscular induzida, o qual (is) proporcionará uma melhora na realização das atividades físicas e funcionais.

**RESSARCIMENTO E INDENIZAÇÃO:** Se você voluntário tiver algum gasto que seja devido à sua participação na pesquisa, o mesmo será devidamente ressarcido pelo

pesquisador. Além disso, em qualquer momento, se você sofrer algum dano comprovadamente decorrente desta pesquisa, você terá direito a indenização.

**DECLARAÇÃO DE CONFIABILIDADE:** Os resultados deste estudo serão publicados parcialmente ou na íntegra em Congressos, Jornadas e Revistas Científicas para benefício da sociedade e da comunidade científica, com o objetivo de enriquecer o conhecimento sobre o assunto pesquisado.

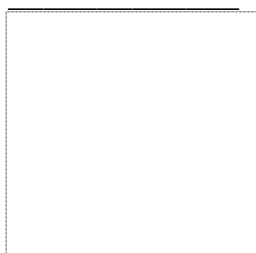
**CONFIDENCIALIDADE DA PESQUISA:** Os resultados da pesquisa serão divulgados sem a identificação dos indivíduos e serão cumpridas as exigências da Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde que trata sobre a Bioética.

Você ficará com uma cópia deste Termo e toda a dúvida que você tiver a respeito desta pesquisa, poderá perguntar diretamente para os pesquisadores responsáveis, no Departamento de Fisioterapia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN no Endereço: Av. Senador Salgado Filho, 3000. Caixa Postal 1524 - CEP: 59072-970 ou pelo telefone (84) 3342-2010

Dúvidas a respeito da ética dessa pesquisa poderão ser questionadas ao Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Onofre Lopes da UFRN: Av. Cordeiro de Farias s/n – Petrópolis – Natal/RN – CEP: 59010-180 – Fones (84) 3342-5027 / 3342-5050.

Eu, \_\_\_\_\_, declaro estar ciente e informado (a) sobre os procedimentos de realização da pesquisa, conforme explicitados acima, e aceito participar voluntariamente da mesma.

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data:



**PESQUISADORES:**

**MESTRANDO**

**Nome:** Rodrigo Marcel Valentim da Silva

**Endereço:** Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Av. Senador Salgado Filho, 3000. Caixa Postal 1524 - CEP: 59072-970.

**Contato:** (84) 9164-5644 **E-mail:** [marcelvalentim@hotmail.com](mailto:marcelvalentim@hotmail.com)

**PESQUISADOR RESPONSÁVEL:**

**Professor:** Prof.Dr.Jamilson Simões Brasileiro

**Endereço:** Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Av. Senador Salgado Filho, 3000. Caixa Postal 1524 - CEP: 59072-970.

**Contato:** (84) 3342-2010 **E-mail:** [brasileiro@ufrn.br](mailto:brasileiro@ufrn.br)



## Apêndice 2

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**

<b>FICHA DE AVALIAÇÃO</b>
---------------------------

Data da Avaliação (AV): \_\_\_\_\_ Grupo: \_\_\_\_\_

### 1. Identificação

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

Sexo: \_\_\_\_\_ Data de Nascimento: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_

Identidade: \_\_\_\_\_

Telefone(s): \_\_\_\_\_ E-mail: \_\_\_\_\_

Peso: \_\_\_\_\_ Altura: \_\_\_\_\_

### 2. Dados Clínicos

Membro Dominante: \_\_\_\_\_

(Lesões em MS dominante): ( ) Sim ( ) Não

Quanto Tempo: \_\_\_\_\_

Praticante de Atividade Física Regularmente: Sim ( ) Não ( ) Quantas vezes por semana: \_\_\_\_\_

Presença de dor na região do ombro, cotovelo ou mão no momento (que impeça ou dificulte a avaliação):

Sim ( ) Não ( )

### Observações:

---



---



---



---



---

## 1) AVALIAÇÃO ISOCINÉTICA:

<b>PICO DE TORQUE- PRÉ</b>	<b>PICO DE TORQUE- PÓS</b>
<b>PICO DE TORQUE (BW)- PRÉ</b>	<b>PICO DE TORQUE (BW)- PÓS</b>
<b>PICO DE TORQUE MÉDIO</b>	<b>PICO DE TORQUE MÉDIO</b>
<b>POTÊNCIA MÉDIA- PRÉ</b>	<b>POTÊNCIA MÉDIA - PÓS</b>
<b>TRABALHO TOTAL PRÉ</b>	<b>TRABALHO TOTAL PÓS</b>
<b>INDICE DE FADIGA PRÉ (%)</b>	<b>INDICE DE FADIGA PÓS (%)</b>
<b>INDICE DE FADIGA DURANTE O PROTOCOLO DE FADIGA</b>	

## 2) AVALIAÇÃO ELETROMIOGRÁFICA: ISOMÉTRICA:

<b>MAIOR CONTRAÇÃO</b>	<b>ISOMÉTRICA 1 ( ):</b>	<b>ISOMÉTRICA 2 ( ):</b>
<b>RMS</b>		

## CONCÊNTRICA:

<b>NÚMERO DA CONTRAÇÃO</b>	<b>( )</b>		<b>( )</b>	
<b>VARIÁVEIS</b>	<b>PRÉ</b>		<b>PÓS</b>	
	<b>Dado Bruto</b>	<b>Normalizado (%)</b>	<b>Dado Bruto</b>	<b>Normalizado (%)</b>
<b>RMS</b>				
<b>Fmed</b>				