
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E
TECNOLOGIAS

Efeito da fotobiomodulação sobre a fadiga do músculo deltóide médio

LUCAS GABRIEL BALDIVIA

Rio Claro
2021





UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – RIO CLARO



LUCAS GABRIEL BALDIVIA

EFEITO DA FOTOBIMODULAÇÃO SOBRE A FADIGA DO MÚSCULO DELTÓIDE MÉDIO

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Humano e Tecnologias.

Orientador: Prof Dr. Marcelo Tavella Navega

Co-orientador: Prof. Dra. Deborah Hebling Spinoso

**Rio Claro – SP
2021**

B177e Baldivia, Lucas Gabriel
 Efeito da fotobiomodulação sobre a fadiga do
 músculo deltóide médio / Lucas Gabriel Baldivia. -
 Rio Claro, 2021
 48 p. : tabs., fotos

 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual
 Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro
 Orientador: Marcelo Tavella Navega
 Coorientadora: Deborah Hebling Spinoso

 1. Desempenho. 2. Fototerapia. 3. Ativo. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp.
Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos
pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Efeito do laser de baixa intensidade, Cluster, sobre a fadiga do músculo deltóide médio

AUTOR: LUCAS GABRIEL BALDIVIA

ORIENTADOR: MARCELO TAVELLA NAVEGA

COORIENTADORA: DEBORAH HEBLING SPINOSO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em **DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS**, área: **Tecnologias nas Dinâmicas Corporais** pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. **MARCELO TAVELLA NAVEGA** (Participação Virtual)
Departamento de Fisioterapia e Terapia Ocupacional / UNESP - Faculdade de Filosofia e Ciências de Marília - SP

Profa. Dra. **NISE RIBEIRO MARQUES** (Participação Virtual)
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde / Centro Universitário Sagrado Coração - Bauru / SP

Prof. Dr. **LEONARDO COELHO RABELLO DE LIMA** (Participação Virtual)
Centro Universitário Salesiano São Paulo / Campus Liceu Salesiano - Campinas / SP

Rio Claro, 07 de outubro de 2021

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus pais, Sandra e José Roberto, ao meu irmão, Juninho, e à minha vó, Cida, sem vocês nada disso seria possível, obrigado por todo o esforço e sacrifício para que eu pudesse concluir mais essa etapa da minha vida. E a todos meus familiares que se foram e estão me guardando e acompanhando. Essa conquista é de todos vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por permitir e me capacitar para realizar essa etapa na minha formação; por dar a saúde e proteção em tempos difíceis pois sem isso nada seria possível; e por me guiar para solucionar todos os problemas que existiram durante essa jornada.

Aos meus pais, Sandra e José Roberto, por sempre dar o suporte e apoio necessário para eu ir em busca dos meus sonhos, serem meu porto seguro para todos os momentos, tenho muito orgulho e admiração por vocês, são minhas referências. Sou muito grato de ser filho de vocês, obrigado por todos ensinamentos e educação.

Ao meu irmão, Juninho, por todo incentivo, força e suporte durante minha trajetória, você é uma referência para mim e me espelho muito em você, obrigado por sempre estar acreditando e me incentivando a ser melhor a cada dia. Agradeço também à minha vó, Cida, por sempre estar na torcida e me apoiando em tudo, obrigado por todas orações e força.

Aos meus amigos que participaram direta e indiretamente do meu mestrado, sempre dispostos a ajudar no que era possível, incentivando, as conversas e as distrações para aliviar as tensões geradas pelo trabalho que é a realização do mestrado e do dia a dia.

Aos meus orientadores, Marcelo Navega e Deborah Hebling, sem vocês nada disso seria possível, obrigado por todos os ensinamentos, por acreditarem em mim, pela confiança, pelas dicas e conversas sobre minha carreira. Saiba que tenho vocês como exemplo como profissionais. Obrigado a minha colega de mestrado, Sara Cavazotti, que realizou as coletas de dados da pesquisa junto comigo.

Aos professores participantes da banca, Prof. Dr. Leonardo e Profa. Dra. Nise, pela disponibilidade para auxiliar na elaboração dessa dissertação de mestrado. Obrigado por dividir o conhecimento e todos os ensinamentos, minha admiração e exemplo de profissionais.

Aos voluntários que aceitaram o convite e se disponibilizaram para participar da pesquisa, obrigado por acreditarem no meu trabalho e pela confiança, sem vocês essa pesquisa não seria possível.

Ao Centro de Estudo de Educação e Saúde (CEES) local onde as coletas foram feitas e aos funcionários que trabalham no centro por sempre estarem dispostos a ajudar.

À Profa. Dra. Cristiane Pedroni por disponibilizar o equipamento da fototerapia durante as coletas. E não poderia deixar de agradecer a Profa. Dra. Flávia Navega que despertou o meu interesse para realização do mestrado.

RESUMO

Introdução: O laser é um recurso terapêutico que vem sendo utilizado para retardar o início ou resistir aos efeitos de fadiga e exaustão muscular devido sua ação na diminuição do estresse oxidativo, melhora da função mitocondrial e estimulação da síntese de ATP pela cadeia respiratória. Entretanto, a eficácia da utilização desse recurso, bem como o modo de aplicação para melhora e/ou manutenção do desempenho muscular ainda são escassas. **Objetivo:** Investigar o efeito da fototerapia na função muscular do músculo deltóide médio, em homens saudáveis fisicamente ativos, aplicada antes e após o protocolo de fadiga muscular. **Método:** Foi realizado um estudo duplo-cego, no qual participaram dessa pesquisa 40 homens saudáveis, fisicamente ativos (24 anos \pm 3). Os voluntários foram separados aleatoriamente em quatro grupos: grupo que obteve a irradiação do laser antes do protocolo de fadiga (Grupo 1), o grupo placebo, onde não ligou o equipamento do laser, antes do protocolo de fadiga (Grupo 2) e os grupos que realizaram a irradiação e o placebo depois do protocolo de fadiga, Grupo 3 e Grupo 4, respectivamente. A coleta de dados foi realizada em dois dias. No primeiro dia foi determinado o valor de 10RM de abdução do ombro. No segundo dia, foi realizado o teste de contração isométrica máxima de abdução do ombro, protocolo de fadiga e a aplicação do laser Cluster, com intensidade de 15J em um único ponto do músculo deltóide médio, de acordo com as especificações de cada grupo. Foram coletados os dados do pico de torque abdutor por meio do dinamômetro manual. Para análise estatística, foi aplicado o teste Anova Medidas Repetidas considerando o nível de significância de $p < 0,05$. **Resultados:** Verificou que os grupos apresentaram redução do torque articular, o grupo 1 apresentou redução de 8,6% ($p=0,005$), o grupo 3 de 8% ($p=0,045$) e o grupo 4, por sua vez, de 14,1% ($p=0,0001$). Já o grupo 2 apresentou redução de 7,7%, mas não apresentou diferença significativa ($p=0,065$). Apresentou também a diferença significativa de condição relacionado à aplicação do laser antes e depois do protocolo de fadiga ($p=0,0001$).

Palavra-Chave: Fototerapia; desempenho; ativos.

ABSTRACT

Introduction: Laser is a therapeutic resource that has been used to delay the onset or resist the effects of fatigue and muscle exhaustion due to its action in reducing oxidative stress, improving mitochondrial function and stimulating ATP synthesis by the respiratory chain. However, the effectiveness of using this resource, as well as the mode of application to improve and/or maintain muscle performance, are still scarce. **Objective:** To investigate the effect of phototherapy on the muscle function of the middle deltoid muscle, in physically active healthy men, applied before and after the muscle fatigue protocol. **Method:** A double-blind study was carried out, in which 40 healthy, physically active men (24 years \pm 3). The volunteers were randomly divided into four groups: the group that obtained laser irradiation before the fatigue protocol (Group 1), the placebo group, which did not turn on the laser equipment, before the fatigue protocol (Group 2) and the groups who underwent irradiation and placebo after the fatigue protocol, Group 3 and Group 4, respectively. Data collection was carried out in two days. On the first day, the 10RM value of shoulder abduction was determined. On the second day, the maximum isometric contraction test of shoulder abduction, fatigue protocol and the application of the Cluster laser, with an intensity of 15J in a single point of the middle deltoid muscle, were performed, according to the specifications of each group. Data on the peak abductor torque were collected using a manual dynamometer. For statistical analysis, the Repeated Measures Anova test was applied considering the significance level of $p < 0.05$. **Results:** It was found that the groups presented a reduction in joint torque, group 1 presented a reduction of 8.6% ($p = 0.005$), group 3 of 8% ($p = 0.045$) and group 4, in turn, of 14.1 % ($p = 0.0001$). Group 2 showed a reduction of 7.7%, but no significant difference ($p = 0.065$). There was also a significant difference in condition related to laser application before and after the fatigue protocol ($p = 0.0001$).

Key word: Phototherapy; performance; active.

LISTA DE FIGURA

Figura 1: Fluxograma	30
Figura 2: Teste de 10 RM	31
Figura 3: Teste de Fadiga Muscular	32
Figura 4: Dinamometria	34
Figura 5: Fotobiomodulação	35

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Dados para caracterização da amostra referente à idade, peso, altura e índice de massa corporal (IMC)	37
Tabela 2. ANOVA medidas repetidas	37
Tabela 3. Valores de média e desvio padrão do torque abductor do ombro	38

SUMÁRIO

CONTEXTUALIZAÇÃO	12
REFERÊNCIAS	19
ARTIGO CIENTÍFICO	21
RESUMO	22
INTRODUÇÃO	24
MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1. Sujeitos	27
3.2. Procedimentos da Coleta	28
3.3. Teste de 10 repetições máximas	29
3.4. Protocolo de Fadiga	31
3.5. Avaliação do Torque Articular de Abdução do Ombro	32
3.6. Protocolo da Fototerapia	33
3.7. Análise Estatística	35
RESULTADOS	36
DISCUSSÃO	38
CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	42
ANEXO 1	45
ANEXO 2	46
ANEXO 3	47

CONTEXTUALIZAÇÃO

O músculo deltoide é composto por três porções, porção anterior (ou fibras claviculares), porção lateral ou média (ou fibras acromiais) e a porção posterior (ou fibras espinhais). É um músculo triangular tendo sua origem na espinha da escápula e ao terço lateral da clavícula, sua inserção e na lateral do corpo do úmero na tuberosidade deltóidea. Sua função é realizar o movimento de abdução de ombro após 15°, onde a porção média é a principal responsável por gerar esse movimento e as porções anterior e posterior são responsáveis por estabilizar o braço (ELZANIE A, VARACALLO M, 2021).

Um papel importante do músculo deltoide é realizar a estabilização do ombro ao carregar um peso para evitar o deslocamento inferior da articulação glenoumeral. Outro papel importante é ao sofrer uma ruptura de manguito rotador o deltoide assume uma função compensatória para evitar a perda de movimento de abdução de ombro (DYRNA et al., 2018).

A fadiga muscular, normalmente, se refere à um déficit motor, uma percepção ou declínio na função mental, diminuição gradual na capacidade de gerar força do músculo ou o ponto final de uma atividade sustentada. A sua medição se dá por uma redução na força muscular, exaustão da função contrátil ou mudanças na atividade da eletromiografia. Devido essa variedade de fatores, que são consequências de diferentes mecanismos fisiológicos, pesquisadores utilizam uma definição para fadiga muscular focada na redução da capacidade do músculo gerar força ou potência, induzida por exercício, independente da

tarefa ser sustentada ou não (BIGLAND-RITCHIE, WOODS, 1984; SØGAARD et al., 2006).

A fadiga muscular ocorre devido ao uso excessivo da musculatura em exercícios de alta intensidade ou por uma contração muscular repetida, podendo ocasionar também uma diminuição do seu desempenho. Sendo assim, a fadiga muscular ocorre devido a diversas teorias e evidências científicas, dentre elas estão o aumento de fosfato inorgânico, difosfato de adenosina (ADP), Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ e lactato, a debilidade de fontes de energia dentre elas a fosfocreatina e glicogênio, e maior concentração ou produção de espécies reativas de oxigênio e nitrogênio durante a atividade física (FERRARESI; HAMBLIN; PARIZOTTO, 2012).

A síntese da adenosina trifosfato (ATP) é uma fonte de energia para que ocorra uma contração muscular, sendo fornecidas por meio do metabolismo aeróbio (oxidativas) ou anaeróbio (lático ou alático) (FERRARESI; HAMBLIN; PARIZOTTO, 2012). Uma organela importante para a obtenção dessa fonte de energia é a mitocôndria, responsável por produzir ATP através da respiração celular, existindo três mecanismos: a glicólise, o ciclo de Krebs e fosforilação oxidativa (FERRARESI et al., 2015). Os metabolismos estão ligados ao tipo de treino realizado, tendo o metabolismo aeróbio relação com exercícios de baixa intensidade ou resistência, e o metabolismo anaeróbio está associado ao exercício de alta intensidade ou de força (FERRARESI; HAMBLIN; PARIZOTTO, 2012). Adaptações específicas no tecido muscular e ajustes bioquímicos devido aos diferentes tipos de exercícios físicos, permite uma melhora do desempenho físico decorrentes dessas mudanças estruturais (WESTERBLAD; BRUTON; KATZ, 2010).

Costa et al, (2018), realizaram um estudo sobre fadiga muscular, pico de torque e elasticidade dos músculos quadríceps e isquiotibiais. O teste de fadiga muscular foi realizado através de 50 repetições, com intervalo a cada 10 repetições e testado o pico de torque nesse intervalo. Havia dois grupos: Alongamento e Controle. Observou-se que ambos os grupos tiveram queda no pico de torque da musculatura extensora de joelho após cada intervalo. Já para musculatura flexora, o alongamento gerou uma fadiga mais rápida do que no grupo controle, apresentando a queda no pico de torque no quarto intervalo.

Sendo assim, o torque articular ou momento angular é a força exercida por grupos musculares que varia através do arco de movimento, em consequência do braço de alavanca que se altera ao longo da amplitude do movimento. Tendo a resistência oferecida variada conforme a força efetuada em cada ponto da amplitude articular (PUHL et al., 1988).

O pico de torque, por sua vez, representa o ponto de maior torque na amplitude de movimento. Sendo a distância do ponto de aplicação da força ao centro de rotação do eixo de movimento, multiplicado pelo resultado da força aplicada em um ponto ($T = F \times d$; medida em newton metro) resulta no torque. A velocidade angular de movimento e o torque são inversamente proporcionais. Portanto, quanto maior o torque, menor é a velocidade angular (TERRERI; GREVE; AMATUZZI, 2001).

A variabilidade do pico de torque durante sua manutenção, do ponto de vista fisiológico, depende da variabilidade de disparo de unidades motoras. O aumento do recrutamento de unidade motora permite uma maior ativação muscular, sendo visto essa maior ativação muscular em músculos não fadigados (NIEDERER et al, 2019).

O uso terapêutico da luz para tratar várias condições patológicas e lesões musculoesqueléticas é denominado fototerapia. Pesquisas apontam resultados promissores da capacidade da fototerapia modular os processos fisiológicos associados a lesão e cura. A fototerapia associada à essas modulações são denominadas fotobiomodulação, que abrange o uso da luz para induzir alterações bioquímicas no tecido de forma estimulante ou inibitória (BORSA, LARKIN, TRUE, 2013).

A fototerapia, terapia com laser de baixa potência, permite várias aplicações na área da saúde. Dentre elas, temos o uso para tratamento da dor, aceleração da reparação tecidual e tendinopatias (ENWEMEKA et al., 2004).

Além disso, a terapia com laser tem sido utilizada para prevenir ou reduzir a fadiga muscular devido os benefícios na aceleração das mudanças metabólicas e estruturais do músculo (FERRARESI; HAMBLIN; PARIZOTTO, 2012). A fototerapia permite esse benefício por meio de um mecanismo de ação que gera um aumento da atividade do citocromo C oxidase na cadeia de transporte de elétrons ocasionando uma melhora do metabolismo mitocondrial e aumento da síntese de ATP; permite também uma melhor defesa contra o estresse oxidativo e redução de espécies reativas de oxigênio; e aumenta a proliferação e diferenciação das células musculares estimulando assim o reparo muscular mais rápido (FERRARESI et al., 2015).

Além disso, a aplicação de laser para desempenho muscular tem apontado efeitos positivos de acordo com recentes estudos, evidenciando uma proteção contra danos musculares ocasionados pelo exercício; aumento da

carga de trabalho, torque e número de repetições em testes de esforço máximo (FERRARESI et al., 2015).

Uma das pesquisas pioneiras envolvendo à fototerapia, segundo Goegey et al, (2008), realizou um estudo piloto com aplicação de laser, comprimento de onda 808 nanômetros (nm) em modo pulsado, por 5 minutos em baixa energia e 10 minutos em alta energia antes da fadiga muscular por meio de eletroestimulação neuromuscular de quadríceps femoral. Foi encontrada significância estatística no grupo laser em relação ao grupo controle, pois observou-se menor percentual de fadiga muscular. Em contrapartida não obteve diferença significativa entre os grupos irradiados com a fototerapia (GORGEY; WADEE; SOBHI, 2008).

Ferraresi et al., (2011) realizaram um estudo para verificar o uso crônico da fototerapia, os voluntários receberam a irradiação duas vezes na semana durante 12 semanas, sendo aplicado, imediatamente, após o treino. Utilizou-se o laser cluster com 6 diodos de 808 nm. O quadríceps femoral foi irradiado em sete pontos durante 10s cada e para o programa de treinamento físico a carga estabelecida foi referente a 80% de uma repetição máxima (1RM). O grupo laser apresentou aumento significativo na média do pico de torque dos músculos extensores no dinamômetro isocinético; e o mesmo obteve uma porcentagem maior de 1RM em relação ao grupo treinado sem aplicação do laser e o grupo controle após o protocolo de treinamento (FERRARESI et al., 2011).

Um estudo realizado por Vieira et al., (2012) a fim de verificar o efeito do cluster, seis diodos de 808 nm, em um treinamento físico na bicicleta ergométrica de baixa intensidade, no limiar anaeróbico, com protocolo realizado para o treinamento físico de três vezes na semana durante nove semanas consecutivas

tendo cinco pontos de aplicação no quadríceps femoral irradiado por 10s identificou que o grupo irradiado foi o único que apresentou diminuição do índice de fadiga dos extensores de joelho avaliado por meio do dinamômetro isocinético.

Outro estudo realizado por Ferraresi et al., (2012) a fim de verificar as modulações na expressão gênica do músculo humano geradas pela fototerapia, cluster com seis diodos de 808 nm, dois grupos, total de dez homens, um com aplicação de laser e outro sem, foram analisados em relação as alterações na carga de teste de 1RM e modulação da expressão gênica no tecido muscular por meio da biópsia do músculo vasto lateral antes e depois do programa de treinamento e identificou a modulação da expressão gênica em todo genoma humano através de microarranjo. Também foram encontrados: aumento significativo na carga no teste de 1RM; aumento significativo dos componentes celulares da biogênese mitocondrial (PGC1-alfa), síntese de proteínas e hipertrofia muscular (mTOR) e do fator de crescimento vascular endotelial (VEGF) na angiogênese, apenas no grupo irradiado comparado com o grupo controle, sem irradiação. O grupo laser obteve uma diminuição do componente celular dos genes MuRF1 (responsável pela degradação de proteínas e atrofia muscular) e o IL-1 β (referente a inflamação) comparado com o grupo sem laser (FERRARESI et al., 2012).

Nesse sentido, esse trabalho objetiva analisar o efeito da fotobiomodulação na capacidade de retardar a fadiga do músculo deltóide médio, por meio do torque articular de abdução de ombro. A hipótese do estudo é que a aplicação do laser cluster ocasionará a manutenção da função muscular, observado pela manutenção dos valores de torque articular de abdução do ombro. Além disso,

acredita-se que não haverá diferença ao aplicar o laser antes ou após o protocolo de fadiga para manutenção do torque abductor de ombro. Estudos que busquem relacionar outras musculaturas de membro superior com aplicação de laser de baixa intensidade podem contribuir para melhor compreensão da ação desse recurso fototerapêutico na fadiga muscular e sua aplicabilidade. Sendo o músculo deltóide importante na estabilização da articulação do ombro, um dos principais responsáveis pela realização da abdução de ombro e sua ativação compensatória ao romper o manguito rotador. Portanto, a fotobiomodulação teria um papel importante para a potencialização das funções do músculo deltóide médio.

REFERÊNCIAS

1. ELZANIE A, VARACALLO M. Anatomia, Ombro e Membro Superior, Músculo Deltóide. **StatPearls**. 2021.
2. DYRNA F.; KUMAR N.S.; OBOPIWE E.; SCHEIDERER B.; COMER B.; NOWAK M.; ROMEO A.A.; MAZZOCCA A.D.; BEITZEL K. Relationship Between Deltoid and Rotator Cuff Muscles During Dynamic Shoulder Abduction: A Biomechanical Study of Rotator Cuff Tear Progression. **Am J Sports Med**. v. 46, n. 8, p. 1919-1926, 2018.
3. BIGLAND-RITCHIE B.; WOODS J.J. Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue. **Muscle Nerve**. V. 7, p. 691–699, 1984.
4. SØGAARD K., GANDEVIA S.C., TODD G., PETERSEN N.T., TAYLOR J.L. The effect of sustained low-intensity contractions on supraspinal fatigue in human elbow flexor muscles. **The Journal of physiology**. v. 573, Pt 2, p. 511-23, 2006.
5. BARNETT A. Using recovery modalities between training sessions in elite athletes: does it help? **Sports Medicine**, v. 36, p. 781– 796, 2006.
6. BORSA P.A.; LARKIN K.A.; TRUE J.M. Does phototherapy enhance skeletal muscle contractile function and postexercise recovery? A systematic review. **Journal of Athletic Training**, v. 48, p. 57-67, 2013.
7. AVNI D.; LEVKOVITZ S.; MALTZ L.; ORON U. Protection of skeletal muscles from ischemic injury: low-level laser therapy increases antioxidant activity. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 23, p. 273– 277, 2005.
8. XU X.; ZHAO X.; LIU T.C.; PAN H. Low-intensity laser irradiation improves the mitochondrial dysfunction of C2C12 induced by electrical stimulation. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 26, p. 197– 202, 2008.
9. SILVEIRA P.C.; SILVA L.A.; FRAGA D.B.; FREITAS T.P.; STRECK E.L.; PINHO R. Evaluation of mitochondrial respiratory chain activity in muscle healing by low-level laser therapy. **Journal Photochemistry and Photobiology B**, v. 95, p. 89–92, 2009.
10. TULLBERG M.; ALSTERGREN P.J.; ERNBERG M.M. Effects of low-power laser exposure on masseter muscle pain and microcirculation. **Pain**, v. 105, p. 89– 96, 2003.
11. ALLEN D.G.; LAMB G.D.; WESTERBLAD H. Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. **Physiological Reviews**, v. 88, p. 287–332, 2008.

12. BARONI B.M.; LEAL JUNIOR E.C.; GEREMIA J.M.; DIEFENTHAELER F.; VAZ M.A. Effect of light-emitting diodes therapy (LEDT) on knee extensor muscle fatigue. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 28, p.653–658, 2010.
13. BORSA P.A., LARKIN K.A., TRUE J.M. Does phototherapy enhance skeletal muscle contractile function and postexercise recovery? A systematic review. **J Athl Train**. v. 48, n. 1, p. 57-67, 2013.
14. FERRARESI C.; HAMBLIN M.R.; PARIZOTTO N.A. Low-level laser (light) therapy (LLLT) on muscle tissue: performance, fatigue and repair benefited by the power of light. **Photonics Lasers Med**, v. 4, p. 267–286, 2012.
15. FERRARESI, C.; KAIPPERT, B.; AVCI, P.; HUANG, Y. Y.; DE SOUSA, M. V.; BAGNATO, V. S.; PARIZOTTO, N. A.; HAMBLIN, M. R. Low-level laser (light) therapy increases mitochondrial membrane potential and ATP synthesis in C2C12 myotubes with a peak response at 3-6 h. **Photochem Photobiol**, v. 91, n. 2, p. 411-6, 2015.
16. WESTERBLAD H.; BRUTON J.D.; KATZ A. Músculo esquelético: metabolismo energético, tipos de fibras, fadiga e adaptabilidade. **Exp Cell Res**, v. 316, n. 18, p. 3093–9, 2010.
17. ENWEMEKA C.S.; PARKER J.C.; DOWDY D.S.; HARKNESS E.E.; SANFORD L.E.; WOODRUFF L.D. **Photomed Laser Surg**, v. 22, p. 323–329, 2004.
18. GORGEY A.S.; WADEE A.N.; SOBHI N.N. The effect of low-level laser therapy on electrically induced muscle fatigue: a pilot study. **Photomed Laser Surg**, v. 26, n. 5, p. 501–6, 2008.
19. FERRARESI C, DE BRITO OLIVEIRA T, DE OLIVEIRA ZAFALON L, DE MENEZES REIFF R.B, BALDISSERA V, DE ANDRADE PEREZ S.E, MATHEUCCI E, JÚNIOR, PARIZOTTO N.A. Effects of low level laser therapy (808 nm) on physical strength training in humans. **Lasers Med Sci**, v. 26, n. 3, p. 349–58, 2011.
20. VIEIRA W.H, FERRARESI C, PEREZ S.E, BALDISSERA V, PARIZOTTO N.A. 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**, v. 27, n. 2, p. 497–504, 2012.
21. PUHL W; NOACK W; SCHARF H.P; SEDUNKO F. Isokinetisches Muskeltraining in Sport und Rehabilitation. **Perimed Fachbuch – Verlagsgesellschaft mbH**. Erlangen, 1988.
22. TERRERI A. S. A. P; GREVE J. M. D; AMATUZZI M.M. Avaliação isocinética no joelho do atleta. **Rev Bras Med Esporte**, v. 7, n. 5, p.170-174, 2001.

2. ARTIGO CIENTÍFICO –

Artigo elaborado segundo as normas da Revista Lasers in Medical Science

Efeito da fotobiomodulação sobre a fadiga do músculo deltóide médio

Lucas Gabriel Baldivia¹, Sara Geraldo Cavazotti², Deborah Hebling Spinoso³, Marcelo Tavella Navega⁴

1. Mestrando de Fisioterapia pela Universidade Estadual Paulista Campus de Rio Claro – UNESP.
2. Mestranda de Fisioterapia pela Universidade Estadual Paulista Campus de Rio Claro – UNESP.
3. Doutora em Fisioterapia pelo Programa de Pós-graduação em desenvolvimento Humano e Tecnologias pela Universidade Estadual Paulista, UNESP, Rio Claro, SP, Brasil.
4. Livre-docente em Fisioterapia Musculoesquelética. Departamento de Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Estadual Paulista, UNESP, Marília, SP, Brasil.

ENDEREÇO:

Universidade Estadual Paulista – Rua Vinte e Quatro a 1515, CEP:13506-000 - Rio Claro, SP – Brasil.

Autor correspondente:

Lucas Gabriel Baldivia

lucas.baldivia@gmail.com

RESUMO

O objetivo do estudo é investigar o efeito da fototerapia na função muscular do músculo deltóide médio, em homens saudáveis fisicamente ativos, aplicada antes e após o protocolo de fadiga muscular. Foi realizado um estudo duplo-cego, no qual participaram dessa pesquisa 40 homens saudáveis, fisicamente ativos (24 anos \pm 3). Os voluntários foram separados em quatro grupos: grupo irradiado antes do protocolo de fadiga (Grupo 1), o grupo placebo, equipamento desligado, antes do protocolo de fadiga (Grupo 2) e os grupos que realizaram a irradiação e o placebo depois do protocolo de fadiga, Grupo 3 e Grupo 4, respectivamente. A coleta de dados foi realizada em dois dias. No primeiro dia foi determinado o valor de 10RM de abdução do ombro. No segundo dia, foi realizado o teste de contração isométrica máxima de abdução do ombro, protocolo de fadiga e aplicação do laser Cluster, com intensidade de 15J em um único ponto do músculo deltóide médio, de acordo com as especificações de cada grupo. Para análise estatística, foi aplicado o teste Anova Medidas Repetidas considerando o nível de significância de $p < 0,05$. Verificou que todos os grupos apresentaram diferença significativa em relação ao torque abductor de ombro, exceto o grupo placebo antes do protocolo de fadiga. Apresentou também diferença significativa de condição relacionado à aplicação do laser antes e depois do protocolo de fadiga. O laser de baixa intensidade não manteve a função do músculo deltoide médio em relação ao torque articular de abdução de ombro de homens fisicamente ativos.

Palavra-Chave: Fototerapia; desempenho; ativos.

ABSTRACT

The aim of the study is to investigate the effect of phototherapy on the muscle function of the middle deltoid muscle, in physically active healthy men, applied before and after the muscle fatigue protocol. A double-blind study was carried out, in which 40 healthy, physically active men (24 years \pm 3). The volunteers were divided into four groups: group irradiated before the fatigue protocol (Group 1), the placebo group, equipment turned off, before the fatigue protocol (Group 2) and the groups that underwent irradiation and placebo after the fatigue, Group 3 and Group 4, respectively. The collection was carried out in two days. On the first day, he determined the 10RM value of shoulder abduction. On the second day, he performed the maximum isometric contraction test of shoulder abduction, using a manual dynamometer, fatigue protocol and the application of the Cluster laser, intensity of 15J in a single point of the middle deltoid muscle, according to the specifications of each group. For statistical analysis, the Repeated Measures Anova test was applied considering the significance level of $p < 0.05$. It was found that all groups showed a significant difference in relation to shoulder abductor torque, except for the placebo group before the fatigue protocol. It also showed a significant difference in condition related to laser application before and after the fatigue protocol. Low-intensity laser did not maintain the function of the middle deltoid muscle in relation to shoulder abduction joint torque in physically active men.

Keyword: Phototherapy; performance; active.

INTRODUÇÃO

Diversos agentes eletrofísicos são utilizados por fisioterapeutas, tendo intuito de melhorar a recuperação entre as sessões de treinamento, evitar lesões musculoesqueléticas e, portanto, melhorar o desempenho do indivíduo [1]. Entre eles, a fotobiomodulação é utilizada para tratar diversas patologias e lesões musculoesqueléticas. A luz emitida gera alterações bioquímicas no tecido, dentre essas permite benefícios para distúrbios musculoesqueléticos agudos e crônicos que consistem em controle da dor, aumento da circulação sanguínea e melhora no reparo tecidual. Sendo assim, a terapia com laser avolumou na última década [2].

Alguns efeitos atribuídos à aplicação de laser de baixa intensidade são a diminuição do estresse oxidativo [3], melhora da função mitocondrial [4] e estimulação da síntese de ATP, pela cadeia respiratória mitocondrial [5] e a microcirculação [6]. Isso demonstra que esses efeitos podem ter relação com a fadiga musculoesquelética e recuperação muscular.

Estudos recentes, tanto em animal quanto em humanos, exploraram o uso de laser terapia sobre efeito protetor à fadiga, sendo a capacidade de retardar o início ou resistir aos efeitos de fadiga e exaustão muscular. A fadiga muscular prejudica a força muscular e o controle motor ocasionando a redução da capacidade de o músculo exercer sua função no período designado [7].

Em contrapartida, alguns estudos não apresentaram eficácia da fototerapia nesse quesito. Isso se deve a divergências em questões de parâmetros do laser, sendo eles o comprimento de onda de luz, potência de luz, tempo de irradiação, dose total administrada sobre o tecido alvo, e aos testes realizados para avaliação do desempenho e fadiga muscular [8].

Um estudo realizado por Leal Junior et al. [9], analisou o uso de laser de baixo intensidade no músculo bíceps braquial de atletas de vôlei. Observou que o grupo com aplicação do laser obteve maior resistência à fadiga do que o grupo que realizou tratamento placebo. Dongmei Wang e Xingtong Wang, [10], realizaram uma meta-análise a fim de verificar o efeito do laser comparado ao grupo placebo em diversas variáveis, dentre elas a contração voluntária máxima, pico de força e quantidade de repetições, e nenhuma dessas variáveis apresentou diferença significativas. Portanto, os autores sugeriram mais pesquisas nessa área.

Indivíduos que utilizam movimentos acima da cabeça requerem integração entre a estabilidade e mobilidade do ombro juntamente com o controle neuromuscular [11]. Onde um distúrbio em um desses fatores pode gerar uma lesão no ombro causada por fadiga muscular e sobrecarga [12]. Um estudo realizado por Gaudet et al. verificou que através do movimento de rotação interna e externa em uma série de 50 repetições ocasionou uma diminuição do pico de torque e diminuição da frequência mediana, um indicador de fadiga, dos músculos peitoral, deltóide médio, superior, trapézio médio e inferior, e o infraespinhal [13].

Neste sentido, movimentos acima da cabeça são recorrentes em diversas modalidades esportivas e baixos níveis de fadiga muscular permite uma melhora do desempenho. O presente estudo busca relacionar outras musculaturas de membro superior, o deltóide médio, com aplicação de laser de baixa intensidade para melhor compreensão da ação desse recurso fototerapêutico na fadiga muscular e sua aplicabilidade. O objetivo do estudo foi analisar o efeito da fotobiomodulação na capacidade de retardar a fadiga do músculo deltoide

médio, por meio do torque articular de abdução de ombro. A hipótese desse estudo é que a aplicação do laser cluster ocasionará a manutenção da função muscular, observado pela manutenção dos valores de torque articular de abdução do ombro. Além disso, acredita-se que não haverá diferença na aplicação do laser antes ou após o protocolo de fadiga para manutenção do torque abductor de ombro.

MATERIAL E MÉTODOS

Ensaio clínico randomizado duplo cego, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Filosofia e Ciências – CEP/FFC/UNESP sob o número de parecer 4.262.522. Todos os critérios éticos foram seguidos respeitando a Resolução do Conselho Nacional de Saúde – CNS Nº 466/12 – sobre Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisas Envolvendo Seres Humanos, e as recomendações do Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição.

3.1. Sujeitos

Os participantes receberam todas as informações pertinentes do projeto, resguardo da privacidade, consentimento sobre a sua participação na pesquisa e a utilização dos dados para fins científicos, e foram convidadas a assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, confirmando a anuência.

Participam da pesquisa 40 homens saudáveis, com idade entre 18 a 30 anos (24 ± 3), e ativos de acordo com os critérios estabelecidos pelo Questionário Internacional de Atividade Física – versão curta (IPAQ). Foram estabelecidos os critérios de exclusão: o indivíduo com amplitude de movimento para membro superior dominante reduzida, patologias relacionadas à articulação do ombro, como capsulite adesiva, síndrome do impacto, tendinite, bursite e instabilidade, possuir cirurgia na articulação do ombro, alteração musculoesquelética relacionada a membro superior dominante e contra-indicações da fototerapia, como neoplasias, regiões fotossensíveis e estrutura metálica.

Os voluntários foram divididos em quatro grupos aleatoriamente: grupo que obteve a irradiação de laser de baixa intensidade antes do protocolo de fadiga denominou-se como Grupo 1. Já o grupo placebo, onde não ligou o

equipamento do laser, antes do protocolo de fadiga denominou-se Grupo 2. Os grupos que realizaram o protocolo da fototerapia depois do protocolo de fadiga denominaram-se como Grupo 3 e Grupo 4, sendo, respectivamente, o grupo que obteve a irradiação do laser e o grupo placebo onde equipamento permaneceu desligado. O fluxograma ilustra a distribuição dos voluntários.

A divisão dos voluntários foi randomizada e igualmente divididos entre os grupos através de sorteio por meio de papel onde o examinador sorteava o papel que compreendia o nome do grupo, ao atingir o número de dez voluntários no grupo o papel do respectivo grupo era retirado do sorteio. Trata-se de um estudo duplo-cego, onde cegou-se o voluntário e o responsável pela análise estatística.

3.2. Procedimentos da Coleta

Os procedimentos para a coleta foram realizados em dois dias, com intervalo de no mínimo 48 horas. No primeiro dia foi realizado o teste de dez repetições máximas (10RM) (item 3.3). No segundo dia realizou-se a avaliação do torque articular de abdução de ombro (item 3.6), em seguida foi realizado o teste de fadiga muscular de deltoide médio (item 3.5) e o protocolo da fototerapia (item 3.7), podendo essa ordem ser invertida dependendo do grupo que o voluntário estivesse alocado. Posteriormente, os voluntários foram reavaliados para o torque articular de abdução de ombro (item 3.6).

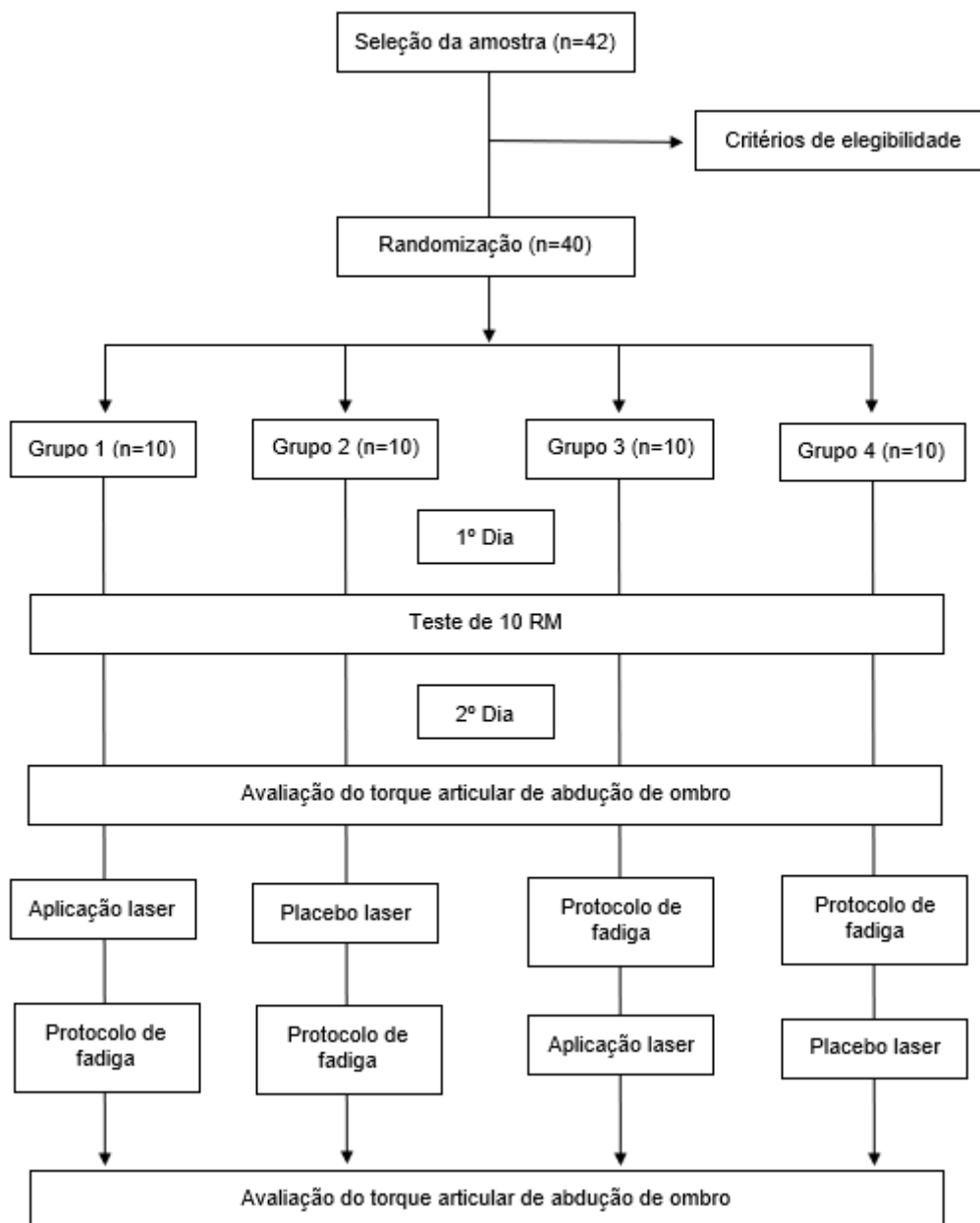


Figura 1. Fluxograma da coleta

3.3. Teste de 10 repetições máximas

O teste de dez repetições máximas (10RM) foi realizado no primeiro dia. O voluntário foi posicionado com abdução de ombro a 90 graus, flexão de cotovelo a 90 graus e punho neutro, conforme ilustra a figura 2. Para esse teste, o voluntário foi instruído a realizar o movimento de abdução de ombro até 90° com a carga estipulada. O indivíduo realizava dez repetições e ao chegar na

décima primeira repetição não era possível realizá-la, por não atingir a angulação de 90° ou o voluntario não manter o ritmo de realização do movimento, dentro de 60 batidas por minuto estabelecida por um metrônomo. Utilizou um halter, peso de 2,5 kg, e anilhas de diferentes pesos para atingir a carga de 10 RM. Caso na primeira tentativa o peso estipulado não fosse o correto, um novo teste era realizado com uma diferente carga e o voluntário permanecia em repouso durante cinco minutos. No mesmo dia adotou-se o limite de cinco repetições para determinar a carga de 10 RM, caso não fosse estabelecida a carga o voluntário era convidado para um novo dia de coleta para evitar uma influência de fadiga muscular induzida pelas três tentativas. O indivíduo realizou o teste sentado em uma cadeira com encosto, teve o tronco estabilizado por velcro em forma de cinto de três pontos e adotou 90° de flexão de joelho e quadril [14] [15] [16].



Figura 2. Teste de 10 RM.

3.4. Protocolo de Fadiga

A fim de verificar o processo de fadiga, o voluntário realizou a abdução repetitiva do ombro até 90°, momento de maior ativação de deltoide médio, com carga de 80% de dez repetições máxima [17] e postura igual ao teste de 10 RM. Adotou uma postura de 90° de flexão de cotovelo e manteve a posição neutra de punho. A frequência de repetições foi controlada por um metrônomo com 60 batidas por minuto, sendo interrompido o teste se não realizado nesse intervalo ou não realizando o movimento na angulação determinada [18]. Durante esse teste, foi registrado o número de repetições para atingir a fadiga muscular.



Figura 3. Teste de fadiga muscular do deltóide.

3.5. Avaliação do Torque Articular de Abdução do Ombro

Para avaliação do torque articular de abdução do membro superior utilizou o dinamômetro Lafayette Manual Muscle Test System (Lafayette Instruments, Lafayette, IN, USA).

O voluntário foi posicionado sentado em uma cadeira com 90° de flexão de joelho e quadril com o tronco estabilizado por velcro em forma de cinto de três pontos. Para a aferição do pico de torque de abdução de ombro o membro superior dominante do voluntário permaneceu à 90° de abdução de ombro e de flexão de cotovelo com o dinamômetro posicionado na região de epicôndilo lateral do úmero estabilizado por um velcro fixado perpendicular ao solo em uma estrutura fixa no chão, realizou-se, dessa maneira, uma contração isométrica mantida por cinco segundos, tempo de aferição do equipamento. O voluntário foi instruído a “empurrar o equipamento para cima” a fim de obter o pico de torque [16]. O examinador realizou a estabilização lateral do dinamômetro com suas mãos, sem aplicar nenhum tipo de força, apenas para evitar uma queda ou rotação do equipamento.

O membro superior não testado permaneceu em repouso junto ao corpo. Realizou-se um comando verbal “força” durante o tempo de aferição do equipamento. Inicialmente, os voluntários foram familiarizados com uma contração submáxima do teste, adotou um intervalo de um minuto entre a familiarização e a avaliação. A avaliação foi composta por três contrações máximas de abdução do ombro, com intervalo de um minuto entre as contrações.



Figura 4. Avaliação do torque articular de abdução do ombro.

3.6. Protocolo da Fototerapia

Imediatamente antes ou após a execução do protocolo de fadiga realizou a aplicação do laser, dependendo da randomização. O equipamento utilizado foi da marca Antares® (IBRAMED, Amparo, SP, Brasil) com a utilização do Cluster LASER infravermelho com 4 diodos com comprimento de onda 808 nm com potência de saída de 120mW, emissão em modo contínuo, energia do ponto único foi de 15J, tendo uma densidade de energia por diodo de 214,2 J/cm² e densidade de potência de 428,57 mW/cm². A aplicação foi realizada em contato com a pele do sujeito, em um único ponto do ombro do voluntário, sobre o ventre do músculo deltoide médio do membro superior dominante. O laser cluster foi posicionado perpendicular ao local de aplicação. O mesmo procedimento foi adotado para o grupo placebo, no entanto sem ligar o aparelho. A aplicação do

laser ocorreu de forma aguda, onde os protocolos seguintes à aplicação ocorreram de maneira imediata.

O equipamento do laser emite sons durante sua aplicação. Dessa maneira, todos os voluntários utilizaram um fone de ouvido (“headphone”) com uma música de sua escolha que fosse confortável para aumentar o volume no máximo, para não escutarem nenhum som externo. Uma venda foi utilizada para a proteção visual. Dessa maneira, o voluntário foi cegado em relação ao grupo que pertencia, conforme mostra a figura 5.



Figura 5. Aplicação do laser Cluster no músculo deltóide médio.

3.7. Análise Estatística

A análise estatística será realizada por meio do software PASW *statistics* 18.0® (SPSS). Após verificação da normalidade e homogeneidade dos dados adotou o teste estatístico ANOVA medidas repetidas para comparação das variáveis entre os grupos. Em todos os testes estatísticos adotou-se o nível de significância de $p < 0,05$.

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os dados referentes as características da amostra. Não houve diferença significativa na idade ($p=0,635$) e nas variáveis antropométricas massa corporal ($p=0,945$), estatura ($p=0,55$) e índice de massa corporal (IMC) ($p=0,682$).

Tabela 1. Dados para caracterização da amostra referente à idade, peso, altura e índice de massa corporal (IMC)

	Grupo 1 (n=10)	Grupo 2 (n=10)	Grupo 3 (n=10)	Grupo 4 (n=10)	p
Idade (anos)	23,5 ± 2,76	23,1 ± 2,64	23,7 ± 2,79	24,8 ± 3,79	0,635
Massa corporal (kg)	80,3 ± 13,43	76,8 ± 14,83	78,7 ± 10,32	78,24 ± 12,63	0,945
Estatura (m)	1,76 ± 0,07	1,75 ± 0,08	1,79 ± 0,09	1,79 ± 0,09	0,550
IMC (kg/m ²)	26,03 ± 4,13	24,96 ± 3,11	24,47 ± 2,46	24,46 ± 3,25	0,682

Valores de média±desvio padrão. Grupo 1: aplicação de laser antes da fadiga; Grupo 2: placebo antes da fadiga; Grupo 3: aplicação de laser depois da fadiga; Grupo 4: placebo depois da fadiga; ** $p<0,05$

Em relação a comparação entre os grupos e as condições avaliadas, o teste ANOVA Medidas Repetidas mostrou efeito apenas entre condições pré e pós fadiga ($p=0,0001$), não havendo efeito de grupos e não houve interação entre grupo e condição, conforme mostra a tabela 2.

Tabela 2. Teste ANOVA medidas repetidas

	p
Grupo	0,852
Condição	0,0001**
Grupo + Condição	0,474

Legenda: **= $p<0,05$.

Para a comparação intergrupos, houve diferença estatística para a comparação do pico de torque abductor do ombro antes e após o protocolo de fadiga, ocorrendo uma redução de 8,6% ($p=0,005$) no grupo 1, o grupo 3 apresentou uma redução de 8% ($p=0,045$), o grupo 4, por sua vez, obteve uma

redução de 14,1% ($p=0,0001$). Já o grupo 2 apresentou redução de 7,7%, mas não apresentou diferença significativa ($p=0,065$).

Tabela 3. Valores de média e desvio padrão do torque abductor do ombro

	Pico de Torque Inicial (kgf.Kg ⁻¹)	Pico de Torque Final (kgf.Kg ⁻¹)	p
Grupo 1	0,257±0,016	0,235±0,016	0,005**
Grupo 2	0,276±0,021	0,255±0,016	0,063
Grupo 3	0,253±0,024	0,233±0,025	0,045**
Grupo 4	0,27±0,012	0,232±0,015	0,0001**

Valores de média±desvio padrão e índice de significancia. Grupo 1: grupo irradiado antes; Grupo 2: grupo placebo antes; Grupo 3: grupo irradiado depois; Grupo 4: grupo placebo depois.

Kgf.Kg-1= quilograma força/ massa corporal; **= $p<0,05$.

DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo analisar o efeito agudo da fotobiomodulação, antes e depois do protocolo de fadiga, sobre a função muscular de deltoide médio em homens ativos fisicamente. Os achados desse estudo refutam a hipótese inicial que o laser seria capaz de manter a função do músculo deltóide, por meio da manutenção dos valores de pico de torque abductor de ombro.

Esse achado corrobora com Santos et al. [19] que também não encontraram diferença significativa no desempenho de exercício de alta intensidade e intermitente, indicadores fisiológicos e oxigenação muscular de jogadoras amadoras de futsal com aplicação de fotobiomodulação. O laser utilizado foi um cluster de 69 diodos com parâmetros de comprimento de onda misto, 660 nm e 850 nm, dose total de energia de 200 J em cinco pontos de cada membro inferior. Dessa maneira, o autor justifica essa discrepância nos resultados devido, principalmente, à disparidade dos parâmetros da fotobiomodulação, a população estudada (idade, nível de treinamento) e diferentes tipos de exercícios para análise [19].

Por outro lado, em dois estudos, Leal Junior e colaboradores [20][21] encontraram redução dos níveis de lactato sanguíneo, creatina quinase e a proteína C reativa apresentaram menor concentração no grupo que teve a aplicação da fototerapia comparado com o grupo controle (placebo). Essa diferença com nossos achados, pode ser justificada pela metodologia do estudo tanto em relação à dosagem do laser, no presente estudo 15 J e no estudo deles 60 J. quanto nas variáveis analisadas [22][21]. Intensidade maior do laser pode ter ocasionado alterações à nível mitocondrial, permitindo uma melhora na

produção de energia para o músculo. Além disso, marcadores bioquímicos podem ser mais sensíveis para detectar alterações no processo de fadiga em relação ao pico de torque, alteração à nível celular ocasionado pela fotobiomodulação e a necessidade de um tempo resposta para atuação [23].

A fotobiomodulação é um recurso de grande variabilidade, sendo alguns deles o equipamento, parâmetros de aplicação, comprimento de onda, momentos de aplicação e entre outros fatores. Vanin et al, 2018 [24] realizaram uma revisão sistemática (39 estudos) e verificaram essa variedade presente nos estudos de fotobiomodulação, tais como laser de baixa intensidade, terapia de diodo emissor de luz ou os dois combinados apresentaram efeitos positivos, o comprimento de onda de 655 nm a 950 nm e uma dose de energia de 20 J a 60 J para grupos musculares menores apresentaram maiores efeitos positivos.

O presente estudo é o primeiro a relacionar o efeito agudo do laser no músculo deltoide médio, sendo importante para verificar o benefício da fotobiomodulação em relação a função muscular de outras musculaturas. O músculo deltóide tem uma importante função de abdução de ombro depois de 15°, sendo o deltoide médio o principal responsável por esse movimento, e também é um dos principais responsáveis por realizar a estabilização da articulação glenoumeral [25].

Os resultados obtidos através desse estudo mostram que a aplicação do laser de maneira aguda não interferirá na melhora da função do músculo deltóide médio, visto que a fotobiomodulação não foi capaz de evitar a queda do pico de torque de abdução de ombro.

Estudos futuros devem ser realizados para verificar a dosagem ideal e tempo resposta da fotobiomodulação e como avaliação de marcadores bioquímicos para facilitar a identificação de respostas à nível celular.

LIMITAÇÕES DO ESTUDO

As limitações do presente estudo são o número amostral baixo, 10 voluntários em cada grupo e a não padronização de uma dosagem para aplicação do laser em diferentes musculaturas.

CONCLUSÃO

A aplicação aguda de fotobiomodulação não foi capaz de manter torque de abdução de ombro, mostrando assim que não houve influência na função muscular de deltoide médio em homens fisicamente ativos.

REFERÊNCIAS

1. BARNETT A. Using recovery modalities between training sessions in elite athletes: does it help? **Sports Medicine**, v. 36, p. 781– 796, 2006.
2. BORSA P.A.; LARKIN K.A.; TRUE J.M. Does phototherapy enhance skeletal muscle contractile function and postexercise recovery? A systematic review. **Journal of Athletic Training**, v. 48, p. 57-67, 2013.
3. AVNI D.; LEVKOVITZ S.; MALTZ L.; ORON U. Protection of skeletal muscles from ischemic injury: low-level laser therapy increases antioxidant activity. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 23, p. 273– 277, 2005.
4. XU X.; ZHAO X.; LIU T.C.; PAN H. Low-intensity laser irradiation improves the mitochondrial dysfunction of C2C12 induced by electrical stimulation. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 26, p. 197– 202, 2008.
5. SILVEIRA P.C.; SILVA L.A.; FRAGA D.B.; FREITAS T.P.; STRECK E.L.; PINHO R. Evaluation of mitochondrial respiratory chain activity in muscle healing by low-level laser therapy. **Journal Photochemistry and Photobiology B**, v. 95, p. 89– 92, 2009.
6. TULLBERG M.; ALSTERGREN P.J.; ERNBERG M.M. Effects of low-power laser exposure on masseter muscle pain and microcirculation. **Pain**, v. 105, p. 89– 96, 2003.
7. ALLEN D.G.; LAMB G.D.; WESTERBLAD H. Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. **Physiological Reviews**, v. 88, p. 287–332, 2008.
8. DUTRA YM, CLAUS GM, MALTA ES, BRISOLA GMP, ESCO MR, FERRARESI C, ZAGATTO AM. Acute Photobiomodulation by LED Does Not Alter Muscle Fatigue and Cycling Performance. **Med Sci Sports Exerc.** 52(11):2448-2458, 2020. doi: 10.1249/MSS.0000000000002394.
9. LEAL JUNIOR E.C.; LOPES-MARTINS R.A.; VANIN A.A.; BARONI B.M.; GROSSELLI D.; DE MARCHI T.; IVERSEN V.V.; BJORDAL J.M. Effect of 830 nm low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. **Lasers Med Sci.** v. 24, n. 3, p. 425-31, 2009.
10. WANG D, WANG X. Efficacy of laser therapy for exercise-induced fatigue: A meta-analysis. **Medicine.** 98(38), 2019. doi:10.1097/MD.00000000000017201.
11. DALE R.B.; KOVALESKI J.E.; OGLETREE T; HEITMAN R.J.; NORRELL P.M. The effects of repetitive overhead throwing on shoulder rotator isokinetic work-fatigue. **N Am J Sports Phys Ther.** 2(2):74-80, 2007.

12. GAUDET S.; TREMBLAY J.; DAL MASO F. Evolution of muscular fatigue in periscapular and rotator cuff muscles during isokinetic shoulder rotations. **J. Sports Sci.** 36:2121–2128, 2018. doi: 10.1080/02640414.2018.1440513.
13. GAUDET S., TREMBLAY J., BEGON M. Muscle recruitment patterns of the subscapularis, serratus anterior and other shoulder girdle muscles during isokinetic internal and external rotations. **J. Sports Sci.** 36:985–993, 2018. doi: 10.1080/02640414.2017.1347697.
14. ALPERT S. W.; PINK M. M.; JOBE F. W.; MCMAHON P. J.; MATHIYAKOM W. Electromyographic analysis of deltoid and rotator cuff function under varying loads and speeds. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, v. 9, n. 1, p. 47–58, 2000.
15. ESCAMILLA R. F.; YAMASHIRO K.; PAULO L.; ANDREWS J. R. Shoulder Muscle Activity and Function in Common Shoulder Rehabilitation Exercises. **Sports Medicine**, v. 39, n. 8, p. 663–685, 2009.
16. CADOGAN A, LASLETT M, HING W, MCNAIR P, WILLIAMS M. Reliability of a new hand-held dynamometer in measuring shoulder range of motion and strength. **Manual Therapy**, v. 16, n. 1, p. 97-101, 2011.
17. WITTE P.B.; WERNER S.; TER BRAAK L.M.; Veeger H.E.; Nelissen R.G.; Groot J.H. The supraspinatus and the deltoid –not just two arm elevators. **Human Movement Science**; v. 33, p. 273–83, 2014.
18. ZANCA, G. G., MATTIELLO, S. M., & KARDUNA, A. R. Kinesio taping of the deltoid does not reduce fatigue induced deficits in shoulder joint position sense. **Clinical Biomechanics**, v. 30, n. 9, p. 903–907, 2015.
19. SANTOS I., LEMOS M. P., COELHO V., ZAGATTO A. M., MAROCOLO M., SOARES R. N., BARBOSA NETO O., MOTA. Acute Photobiomodulation Does Not Influence Specific High-Intensity and Intermittent Performance in Female Futsal Players. **Int J Environ Res Public Health**. v. 17, n. 19, p. 7253, 2020.
20. LEAL JUNIOR E.C.; LOPES-MARTINS R.A.; FRIGO L.; MARCHI T.; ROSSI R.P.; 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. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 40, p. 524–532, 2010.
21. LEAL JUNIOR E.C.; LOPES-MARTINS R.A.; FRIGO L.; DE MARCHI T.; ROSSI R.P.; DE GODOI V.; TOMAZONI S.S.; SILVA D.P.; BASSO M.; FILHO P.L.; DE VALLS CORSETTI F.; IVERSEN V.V.; BJORDAL J.M. 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**. V. 40, n. 8, p.524-32, 2010.
22. LEAL JUNIOR EC, LOPES-MARTINS RA, ROSSI RP, DE MARCHI T, BARONI BM, DE GODOI V, MARCOS RL, RAMOS L, BJORDAL JM. Effect of cluster

- multi-diode light emitting diode therapy (LEDT) on exercise-induced skeletal muscle fatigue and skeletal muscle recovery in humans. **Lasers Surg Med.** V. 41, n. 8, p. 572-7, 2009.
23. FERRARESI C.; HAMBLIN M.R.; PARIZOTTO N.A. Low-level laser (light) therapy (LLLT) on muscle tissue: performance, fatigue and repair benefited by the power of light. **Photonics Lasers Med**, v. 4, p. 267–286, 2012.
24. VANIN A.A.; VERHAGEN E.; BARBOZA S.D.; COSTA L.O.P.; LEAL-JUNIOR E.C.P. Photobiomodulation therapy for the improvement of muscular performance and reduction of muscular fatigue associated with exercise in healthy people: a systematic review and meta-analysis. **Lasers Med Sci.**v. 33, n. 1, p. 181-214, 2018.
25. KLARNER T.; BARSS T.S.; SUN Y.; KAUPP C.; ZEHR E.P. Preservation of common rhythmic locomotor control despite weakened supraspinal regulation after stroke. **Front Integr Neurosci.** v.95, n. 8, 2014.

ANEXO 1

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE

Termo de Esclarecimento

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a) da pesquisa sobre “EFEITO DO LASER DE BAIXO NÍVEL CLUSTER NAS VARIÁVEIS NEUROMUSCULARES DO DELTOIDE MÉDIO EM JOVENS” a ser realizada pelos pós-graduandos Sara Geraldo Cavazotti e Lucas Gabriel Baldivia sob a orientação do Professor Dr^o Marcelo Tavella Navega.

Caso participe, será aplicado o Laser de baixo nível *Cluster*, no centro especializado em reabilitação (CER), faz necessário que o participante seja um homem saudável de 18 a 30 anos de idade, ativo de acordo *Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ), versão curta*. Os critérios de exclusão serão o indivíduo possuir alguma patologia que limite a realização dos protocolos, como doenças degenerativas e histórico de cirurgia na articulação do ombro, e contraindicações da fototerapia, como neoplasias.

O tempo de coleta terá duração de 1h a 1h30, onde ocorrerá a aplicação do Laser *Cluster* e o teste de fadiga muscular do músculo deltoide médio, em seguida registrada a atividade eletromiográfica para a normalização dos dados. O local onde será aplicado a eletromiografia será limpo com álcool e, se necessário, a tricotomia para evitar possíveis interferências. Os eletrodos serão posicionados no músculo deltoide médio, com o voluntário sentado com encosto para estabilização do tronco, após será identificado o acrómio e epicôndilo lateral do cotovelo e posicionado o eletrodo na região de maior massa entre as proeminências ósseas citadas. O registro eletromiográfico acontecerá em ambiente silencioso, com luminosidade artificial e temperatura controlada. Para referência na redução dos ruídos durante a obtenção dos sinais, um eletrodo circular auto-adesivo, de três centímetros de diâmetro, será fixado em proeminência óssea da região do punho.

A fim de verificar o processo de fadiga, será realizado a abdução repetitiva do ombro até 90°, momento de maior ativação de deltoide médio, com carga de 80% de uma repetição máxima, com o voluntário posicionado sentado em uma cadeira. A frequência de repetições será controlada por um metrônomo com 30 repetições por minuto, sendo interrompido o teste se não realizado nesse intervalo. Todos voluntários terão os dados antropométricos (peso, altura, IMC) coletados, após serão submetidos ao protocolo e aplicação de laser.

Você poderá obter quaisquer esclarecimentos antes, durante ou após a realização da pesquisa. Ainda, você poderá não participar da pesquisa ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem que isso cause qualquer prejuízo a você. Pela sua participação no estudo, você não receberá qualquer valor em dinheiro, mas terá a garantia de que todas as despesas necessárias para a realização da pesquisa não serão de sua responsabilidade. Seu nome não aparecerá em qualquer momento do estudo, pois você será identificado com um número. Após ser esclarecido sobre a pesquisa e a sua participação como voluntário(a), e havendo uma confirmação livre e espontânea em aceitar a participar, você deverá assinar ao final deste documento, em duas vias. Uma das vias ficará com você e a outra via permanecerá com os pesquisadores responsáveis. Em caso de dúvida em relação a esse documento, você poderá procurar os pesquisadores responsáveis pela pesquisa pelo telefone: Sara Geraldo Cavazotti (18) 99744-9668 e e-mail: saracavazotti@gmail.com.

Termo de consentimento livre, após esclarecimento, eu _____, portador (a) do _____ li e/ou ouvi o esclarecimento acima e compreendi para que serve o estudo e qual procedimento a que serei submetido(a). A explicação que recebi esclarece os riscos e benefícios do estudo intitulado “EFEITO DO LASER DE BAIXO NÍVEL CLUSTER NAS VARIÁVEIS NEUROMUSCULARES DO DELTOIDE MÉDIO EM JOVENS” Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento, sem justificar minha decisão. Sei que meu nome não será divulgado, que não terei despesas e não receberei dinheiro por participar do estudo. Eu concordo em participar do estudo.

Marília, SP, ____ de _____ de 20 ____

Assinatura do Voluntário(a)

Pesquisador Responsável

ANEXO 2



CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE ATIVIDADE FÍSICA IPAQ

1. MUITO ATIVO: aquele que cumpriu as recomendações de:

- a) VIGOROSA: ≥ 5 dias/sem e ≥ 30 minutos por sessão
- b) VIGOROSA: ≥ 3 dias/sem e ≥ 20 minutos por sessão + MODERADA e/ou CAMINHADA: ≥ 5 dias/sem e ≥ 30 minutos por sessão.

2. ATIVO: aquele que cumpriu as recomendações de:

- a) VIGOROSA: ≥ 3 dias/sem e ≥ 20 minutos por sessão; **ou**
- b) MODERADA ou CAMINHADA: ≥ 5 dias/sem e ≥ 30 minutos por sessão; ou
- c) Qualquer atividade somada: ≥ 5 dias/sem e ≥ 150 minutos/sem (caminhada + moderada + vigorosa).

3. IRREGULARMENTE ATIVO: aquele que realiza atividade física porém insuficiente para ser classificado como ativo pois não cumpre as recomendações quanto à frequência ou duração. Para realizar essa classificação soma-se a frequência e a duração dos diferentes tipos de atividades (caminhada + moderada + vigorosa). Este grupo foi dividido em dois sub-grupos de acordo com o cumprimento ou não de alguns dos critérios de recomendação:

IRREGULARMENTE ATIVO A: aquele que atinge pelo menos um dos critérios da recomendação quanto à frequência ou quanto à duração da atividade:

- a) Frequência: 5 dias /semana **ou**
- b) Duração: 150 min / semana

IRREGULARMENTE ATIVO B: aquele que não atingiu nenhum dos critérios da recomendação quanto à frequência nem quanto à duração.

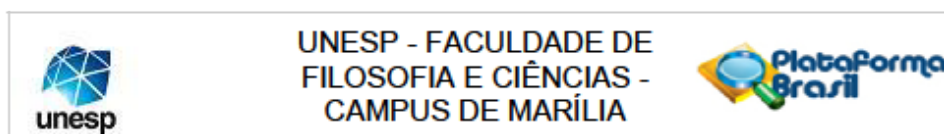
4. SEDENTÁRIO: aquele que não realizou nenhuma atividade física por pelo menos 10 minutos contínuos durante a semana.

Exemplos:

Indivíduos	Caminhada		Moderada		Vigorosa		Classificação
	F	D	F	D	F	D	
1	-	-	-	-	-	-	Sedentário
2	4	20	1	30	-	-	Irregularmente Ativo A
3	3	30	-	-	-	-	Irregularmente Ativo B
4	3	20	3	20	1	30	Ativo
5	5	45	-	-	-	-	Ativo
6	3	30	3	30	3	20	Muito Ativo
7	-	-	-	-	5	30	Muito Ativo

F = Frequência – D = Duração

ANEXO 3



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Efeito do laser de baixo nível Cluster nas variáveis neuromusculares do deltoide médio em jovens

Pesquisador: LUCAS GABRIEL BALDIVIA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 35988620.7.0000.5406

Instituição Proponente: Centro de Estudos da Educação e Saúde

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.262.522

Apresentação do Projeto:

Introdução: Diversos agentes eletrofísicos são utilizados por fisioterapeutas, tendo intuito de melhorar a recuperação entre as sessões de treinamento, evitar lesões musculoesquelética e, por tanto, melhorar o desempenho do indivíduo. A fototerapia emitida gera alterações bioquímicas no tecido gerando benefícios para distúrbios musculoesqueléticos agudos e crônicos que consiste em controle da dor, aumento da circulação sanguínea e melhora no reparo tecidual. **Objetivo:** Relacionar efeito da fototerapia com a capacidade de retardar a fadiga do músculo deltoide médio e seu efeito no desempenho neuromuscular do músculo deltoide médio. **Método:** Participarão da pesquisa homens saudáveis, na faixa etária de 18 e 30 anos, e ativos de acordo com os critérios estabelecidos pelo Questionário Internacional de Atividade Física – (IPAQ), versão curta. Os voluntários serão submetidos à avaliação neuromuscular, avaliação da fadiga muscular e aplicação de fototerapia por meio do cluster em deltoide médio. Os voluntários serão separados aleatoriamente em grupos e posteriormente será aplicado o procedimento referente ao seu grupo. Todos os voluntários serão submetidos a avaliação neuromuscular no início e ao final da coleta. Os grupos serão divididos em: grupo que receberá a aplicação do laser (GL) e grupo placebo (GP), tendo subdivisão nos mesmos, um terá aplicação do laser pré protocolo de fadiga (GL1) e outro pós protocolo de fadiga (GL2) e ocorrendo a mesma subdivisão no grupo placebo (GP1) e (GP2).

Endereço: Av. Hygino Muzzi Filho, 737
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 17.525-900
UF: SP **Município:** MARILIA
Telefone: (14)3402-1346 **E-mail:** cep.marilia@unesp.br



Objetivo da Pesquisa:

Os objetivos da pesquisa são:

Relacionar efeito da fototerapia com a capacidade de retardar a fadiga do músculo deltoide médio, assim como analisar eficiência neuromuscular após aplicação.

Observar o efeito da fototerapia quando aplicada antes e após o protocolo de fadiga do músculo deltoide médio.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O projeto não apresenta risco para a população estudada e os benefícios serão aqueles decorrentes dos resultados do estudo que certamente terão impacto positivo para a comunidade científica.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa será realizada dentro dos princípios éticos em pesquisa com seres humanos.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados toda documentação obrigatória solicitada.

Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Diante do exposto, o projeto "Efeito do laser de baixo nível Cluster nas variáveis neuromusculares do deltoide médio em jovens", CAAE 35988620.7.0000.5406 será realizado dentro dos princípios éticos.

Sugiro aprovação do projeto.

Considerações Finais a critério do CEP:

O CEP da FFC da UNESP de MARÍLIA, em reunião ordinária, após acatar o parecer do membro relator previamente aprovado para o presente estudo e atendendo a todos os dispositivos das resoluções 466/2012, 510/2016 e complementares, bem como ter aprovado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido como também todos os anexos incluídos na pesquisa, resolve APROVAR o projeto de pesquisa Efeito do laser de baixo nível Cluster nas variáveis neuromusculares do deltoide médio em jovens



UNESP - FACULDADE DE
FILOSOFIA E CIÊNCIAS -
CAMPUS DE MARÍLIA



Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Continuação do Parecer: 4.262.522

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1525264.pdf	02/08/2020 13:25:41		Aceito
Cronograma	Cronograma.docx	31/07/2020 15:33:08	LUCAS GABRIEL BALDIVIA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projetocep.docx	31/07/2020 15:32:21	LUCAS GABRIEL BALDIVIA	Aceito
Folha de Rosto	folharosto.pdf	31/07/2020 15:30:37	LUCAS GABRIEL BALDIVIA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	cees.pdf	30/07/2020 18:22:38	LUCAS GABRIEL BALDIVIA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_PDF.pdf	30/07/2020 16:01:12	LUCAS GABRIEL BALDIVIA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

MARILIA, 07 de Setembro de 2020

Assinado por:
SIMONE APARECIDA CAPELLINI
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Hygino Muzzi Filho, 737
Bairro: Campus Universitário
UF: SP **Município:** MARILIA
Telefone: (14)3402-1346

CEP: 17.525-900

E-mail: cep.marilia@unesp.br