

Universidade do Vale do Paraíba
Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica

Elessandro Váguino de Lima

**FOTOBIMODULAÇÃO EM CÉLULAS MUSCULARES E NA ARTICULAÇÃO
GLENOUMERAL EM SIMULAÇÃO DA PUXADA EM TÉCNICAS DE JUDÔ.**

**PHOTOBIMODULATION IN MUSCLE CELLS AND GLENOHUMERAL JOINT IN
SIMULATION OF PULLING IN JUDO TECHNIQUES**

São José dos Campos, SP
2023

Elessandro Váguino de Lima

**FOTOBIMODULAÇÃO EM CÉLULAS MUSCULARES E NA ARTICULAÇÃO
GLENOUMERAL EM SIMULAÇÃO DA PUXADA EM TÉCNICAS DE JUDÔ.**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade do Vale do Paraíba, como complementação dos créditos necessários para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof. Dr. Newton Soares da Silva

São José dos Campos, SP
2023

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE DIVULGAÇÃO DA OBRA

Ficha catalográfica

Lima, Elessandro Váguino de
Fotobiomodulação em células musculares e na articulação
glenoumeral em simulação da puxada em técnicas de judô /
Elessandro Váguino de Lima; orientador, Newton Soares da Silva.
- São José dos Campos, SP, 2023.
1 CD-ROM, 80 p.

Tese (Doutorado) - Universidade do Vale do Paraíba, São José
dos Campos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica.

Inclui referências

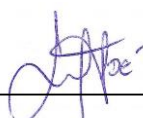
1. Engenharia Biomédica. 2. cultura de células. 3. células
musculares. 4. fadiga muscular. 5. LED. I. Silva, Newton Soares
da , orient. II. Universidade do Vale do Paraíba. Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Biomédica. III. Título.

Eu, Elessandro Váguino de Lima, autor(a) da obra acima referenciada:

Autorizo a divulgação total ou parcial da obra impressa, digital ou fixada em
outro tipo de mídia, bem como, a sua reprodução total ou parcial, devendo o
usuário da reprodução atribuir os créditos ao autor da obra, citando a fonte.

Declaro, para todos os fins e efeitos de direito, que o Trabalho foi elaborado
respeitando os princípios da moral e da ética e não violou qualquer direito de
propriedade intelectual sob pena de responder civil, criminal, ética e
profissionalmente por meus atos.

São José dos Campos, 6 de Setembro de 2023.



Autor(a) da Obra

Data da defesa: 15 / 06 / 2023

ELESSANDRO VÁGUINO DE LIMA

**“FOTBIOMODULAÇÃO EM CÉLULAS MUSCULARES E NA ARTICULAÇÃO
GLENOUMERAL EM SIMULAÇÃO DA PUXADA EM TÉCNICAS DE JUDÔ.”**

Tese aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba – Univap, pela seguinte banca examinadora:

| | |
|---------------------------|----------------------------------|
| Juliana Ferreira Strixino | <i>Juliana Ferreira Strixino</i> |
| Newton Soares da Silva | <i>Newton Soares da Silva</i> |
| Mário Oliveira Lima | <i>Mário Oliveira Lima</i> |
| Emerson Franchini | <i>Emerson Franchini</i> |
| Martha Simões Ribeiro | <i>Martha Simões Ribeiro</i> |

Prof.ª Dr.ª Lúcia Vieira

Diretora do IP&D – Univap

São José dos Campos, 15 de junho de 2023.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos que anseiam pelo conhecimento, sem pretensão da qualidade impecável do produto final, mas com a convicção de entregar tudo o que foi possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas oportunidades na vida.

Agradeço à minha família, mãe Maria, pai Joel e irmã Eleane, pelos ensinamentos, base e estrutura que influenciaram minha trajetória nos campos profissional e emocional. Minha mãe que ensina pelo olhar e minha irmã que ensina pelo exemplo.

Agradeço minha filha Giovanna por fazer com que eu procure ser melhor e servir de exemplo para sua formação.

Agradeço à minha esposa, Mariana Duque, que me incentivou a iniciar esse caminho, e me inspira todos os dias. Com ela fica mais leve.

Agradeço ao Prof. Dr. Newton, orientador desse trabalho, que assumiu esse desafio comigo e se manteve firme, mesmo nos momentos difíceis. Um homem de valor.

Agradeço às pessoas que me deram a oportunidade para chegar até o presente momento.

Muito obrigado!

A fotobiomodulação possui inúmeras aplicações em organismos vivos por meio de diferentes fontes de luz, demonstrando utilização potencial para salvar vidas; Deus em sua infinita bondade e misericórdia irradia luz para salvar almas.

RESUMO

Pesquisas com fotobiomodulação tem apresentado resultados positivos no desempenho muscular, além de modular atividades a nível celular. Os objetivos da pesquisa foram: verificar o comportamento em células musculares C2C12, a partir da irradiação com LED; analisar o efeito da fotobiomodulação no torque e na fadiga muscular. Tanto as células musculares quanto o músculo deltoide, foram irradiados com LED *Sportllux Advanced Pro*, intercalados no comprimento de onda vermelho ($660\pm 20\text{nm}$) infravermelho ($850\pm 20\text{nm}$), simultaneamente. O tempo de exposição à irradiação foi de 600s. Para o ensaio de viabilidade as células foram incubadas com 100 μL de solução de Cristal Violeta (CV); a atividade mitocondrial foi avaliada pelo ensaio colorimétrico MTT; o ensaio de fluorescência de núcleo (marcador DAPI) e citoesqueleto (marcador rodamina faloidina) foi realizado para estudar o citoesqueleto com base na alteração nos filamentos de actina. Os resultados da irradiação no estudo *in vitro* demonstraram: sinergismo da irradiação LED com indução na proliferação de células; efeito significativo ($p\leq 0,05$) na cultura de células; aumento significativo ($p\leq 0,05$) na atividade mitocondrial e viabilidade celular. A microscopia de fluorescência apresentou alinhamento dos componentes do citoesqueleto das células após a irradiação. Para analisar o desempenho muscular no estudo clínico, participaram 14 judocas masculinos. O protocolo consistiu em abdução e adução oblíqua da articulação glenoumeral no dinamômetro isocinético. Os participantes realizaram 8 séries do movimento com a seguinte dinâmica: uma série de 5 repetições na velocidade angular de $90^\circ/\text{s}$; 4 séries de 10 repetições na velocidade angular de $240^\circ/\text{s}$; 3 séries de 5 repetições na velocidade angular de $90^\circ/\text{s}$. O intervalo de recuperação entre as 7 primeiras séries foi de 10s, e entre a 7ª e a 8ª série de 600s. Os participantes foram submetidos a três condições com intervalo de uma semana entre elas: sem aplicação de LED (No-LED), Grupo Controle; com aplicação de LED desligado (LED-Off), Grupo Placebo; com aplicação de LED ligado (LED-On), Grupo Irradiado. Os atletas foram avaliados quanto à percepção subjetiva de esforço após cada série do protocolo e antes do início da última série do protocolo, quanto à percepção subjetiva de recuperação. O atleta teve sua concentração de lactato dosada em 3 momentos: imediatamente, após 300s e após 600s do término da 7ª série do protocolo. Os resultados apontaram que houve instalação gradual de fadiga entre as séries em sequência, porém sem diferença significativa ($p>0,05$) entre os grupos com ou sem irradiação; houve aumento gradual da percepção de esforço com a dinâmica entre as séries, porém sem diferença significativa ($p>0,05$) nas condições com ou sem irradiação entre os grupos; a concentração de lactato aumentou após as 7 séries com relação aos valores de repouso, mas sem apresentar diferença significativa ($p>0,05$) entre os grupos controle, placebo ou irradiado. A conclusão foi de que houve influência no comportamento das células musculares C2C12 para o estudo *in vitro*; para o estudo *clínico* a fotobiomodulação pelo dispositivo LED não apresentou diferença significativa em nenhum dos parâmetros analisados.

Palavras-chave: LED; cultura de células; células musculares; fadiga muscular; torque.

PHOTOBIMODULATION IN MUSCLE CELLS AND GLENOHUMERAL JOINT IN SIMULATION OF PULLING IN JUDO TECHNIQUES

ABSTRACT

Research with photobiomodulation has shown positive results in muscle performance and modulating activities at the cellular level. The objectives of the research were: to verify the behavior in C2C12 muscle cells, from irradiation with LED; to analyze the effect of photobiomodulation on the torque and muscle fatigue. Both the muscle cells and the deltoid muscle were irradiated with LED Sportlux Advanced Pro intercalated LEDs, in the red wavelength ($660\pm 20\text{nm}$) and in the infrared wavelength ($850\pm 20\text{nm}$) at the same time. The exposure time to irradiation was 600s. For the viability assay, the cells were incubated with 100 μL of Crystal Violet (CV) solution; mitochondrial activity was assessed by colorimetric MTT assay; nucleus (DAPI marker) and cytoskeleton (rhodamine phalloidin marker) assay was performed to study the cytoskeleton based on a change in actin filaments. The irradiation results in the in vitro study demonstrated: a synergism of LED irradiation with induction of cell proliferation; a significant effect ($p < 0.05$) on the cell culture; a significant increase ($p < 0.05$) in mitochondrial activity and cell viability. Fluorescence microscopy showed the alignment of cytoskeletal components cells after irradiation. To analyze the muscular performance in the clinical study, 14 male judokas participated. The protocol consisted of abduction and oblique adduction of the glenohumeral joint using an isokinetic dynamometer. The participants performed 8 series of the movement with the following dynamics: a series of 5 repetitions at an angular velocity of $90^\circ/\text{s}$; 4 sets of 10 repetitions at an angular velocity of $240^\circ/\text{s}$; 3 sets of 5 repetitions at an angular speed of $90^\circ/\text{s}$. The recovery interval between the first 7 sets was 10s and between the 7th and 8th sets of 600s. The participants were submitted to three conditions with an interval of one week between them: without application of LED (No-LED), Control Group; with the application of LED off (LED-Off), Placebo Group; with the application of LED on (LED-On), Irradiated Group. The athletes were evaluated regarding the subjective perception of effort after each series of the protocol and before the start of the last series of the protocol, regarding the subjective perception of recovery. The athlete had his lactate concentration measured in 3 moments: immediately, after 300s, and after 600s at the end of the 7th series of the protocol. The results showed that there was a gradual installation of fatigue between series in sequence, but without significant difference ($p > 0.05$) between the groups with or without irradiation; there was a gradual increase in the perception of exertion with the dynamics between the sets, however without significant difference ($p > 0.05$) in the conditions with or without irradiation between the groups; the lactate concentration increased after the 7 sets in relation to the resting values, but without showing significant difference ($p > 0.05$) between the control, placebo or irradiated groups. The conclusion was that there was an influence on the behavior of C2C12 muscle cells for the in vitro study; for the clinical study, photobiomodulation by the LED device did not present a significant difference in any of the parameters analyzed.

Keywords: LED; cell culture; muscle cells; muscle fatigue; torque.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Articulação glenoumeral e movimento de simulação da puxada no judô. . | 21 |
| Figura 2: Puxada (abdução oblíqua glenoumeral) para o desequilíbrio no judô..... | 22 |
| Figura 3: Isocinético Byodex System 3..... | 28 |
| Figura 4: Dispositivo para irradiação LED Sportllux Advanced PRO da fabricante Cosmedical®. | 29 |
| Figura 5: Lactímetro portátil, fita código e fita diagnóstico para dosar concentração de lactato após esforço e após recuperação..... | 30 |
| Figura 5: Simulação da puxada do judô no dinamômetro isocinético – movimento de abdução oblíqua glenoumeral..... | 33 |
| Figura 7: Puxada básica no judô para o desequilíbrio do oponente executada pelo atleta de <i>judogi</i> branco posicionado à direita. | 34 |
| Figura 8: Irradiação com dispositivo LED no músculo deltoide. | 38 |
| Figura 9: Músculo deltoide. A – Promovendo abdução; B – posição neutra em adução. | 39 |
| Figura 10: Torque para o movimento de abdução e adução – dado descartado. | 45 |
| Figura 11: Série 1 de abdução (pico de dados positivos) e adução (pico de dados negativos) com 5 repetições a 90°/s sem LED (controle – dia 1) – dados brutos. Cada sequência de dados alternados (positivos e negativos) equivale a uma repetição. ... | 46 |
| Figura 12: Série 1 de abdução (pico de dados positivos) e adução (pico de dados negativos) com 5 repetições a 90°/s com LED desligado (placebo – dia 2) – dados brutos. Cada sequência de dados alternados (positivos e negativos) equivale a uma repetição. | 47 |
| Figura 13: Série 1 de abdução (pico de dados positivos) e adução (pico de dados negativos) com 5 repetições a 90°/s com LED ligado (irradiação – dia 3) – dados brutos. Cada sequência de dados alternados (positivos e negativos) equivale a uma repetição. | 48 |
| Figura 14: Série 1 de abdução e adução com 5 repetições a 90°/s com irradiação (dia 3) – dados normalizados..... | 48 |
| Figura 15: Torque médio dos 14 participantes da abdução oblíqua glenoumeral nas condições sem LED, com LED desligado e com irradiação, nas 8 séries do protocolo (10s de intervalo entre as 7 primeiras séries e 600s de intervalo entre a 7ª e 8ª séries - velocidade angular de 90 e 240°/s), sem diferença significativa ($p>0,05$) nas três condições..... | 50 |
| Figura 16: Torque médio dos 14 participantes da adução oblíqua glenoumeral nas condições sem LED, com LED desligado e com irradiação, nas 8 séries do protocolo (10s de intervalo entre as 7 primeiras séries e 600s de intervalo entre a 7ª e 8ª séries - velocidade angular de 90 e 240°/s), sem diferença ($p>0,05$) significativa nas três condições..... | 51 |
| Figura 17: Regressão linear para o torque médio, entre 14 participantes, de abdução oblíqua glenoumeral entre as séries dois a cinco, com intervalo de 10s entre elas, na velocidade angular de 240°/s..... | 52 |
| Figura 18: Regressão linear para o torque médio, entre 14 participantes, de adução oblíqua glenoumeral entre as séries dois a cinco, com intervalo de 10s entre elas, na velocidade angular de 240 graus por segundo. | 53 |
| Figura 19: Variação média da concentração sanguínea de lactato em repouso e pós esforço de 7 participantes, sem diferença significativa ($P>0,05$) nas condições sem e com irradiação. Houve alta correlação ($r=0,95$) em cada momento de coleta entre os participantes. | 54 |

| | |
|--|----|
| Figura 20: Variação média da PSE entre as séries 1 a 7 e da PSRec entre as séries 7 e 8, de 7 participantes, com alta correlação ($r=0,95$) da percepção relatadas, porém sem diferença significativa ($p>0,05$) nas condições sem e com irradiação. | 55 |
| Figura 21: Linhagem de células C2C12 sendo irradiadas..... | 56 |
| Figura 22: Atividade mitocondrial avaliada pelo teste colorimétrico MTT ($p<0,001$) e viabilidade celular pelo Cristal Violeta ($p<0,002$). | 57 |
| Figura 23: Análise do Citoesqueleto marcado com Rodamina Faloidina, Fluorescência com DAPI (núcleo) e Imagem de microscopia por fluorescência Leica DMLB (fotografia Leica MDS-30). A – Linhagem de células controle (400x); B – Linhagem de células controle (1000x); C – Linhagem de células irradiadas (400x); D Linhagem de células irradiadas (1000x)..... | 58 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Escala de Percepção Subjetiva de Esforço de Borg | 30 |
| Tabela 2: Sequência de dados integrais do Torque registrado no dinamômetro a cada 10ms – valores positivos equivalem à fase de abdução e negativos à fase de adução (margem de erros e ruído destacados em amarelo)..... | 49 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 14 |
| 2 OBJETIVOS | 17 |
| 2.1 Objetivo Geral | 17 |
| 2.2 Objetivos Específicos | 17 |
| 3 REVISÃO DE LITERATURA | 19 |
| 3.1 Judô | 19 |
| 3.1.1 Pegada e puxada para o desequilíbrio no judô | 20 |
| 3.1.2 Articulação glenoumeral e a puxada no judô | 21 |
| 3.2 Fotobiomodulação | 22 |
| 3.2.1 Fotobiomodulação em tecidos biológicos | 23 |
| 4 MATERIAIS E MÉTODOS – ESTUDO CLÍNICO | 25 |
| 4.1 Desenho Experimental Clínico | 25 |
| 4.1.1 Teste de Puxada no Judô | 25 |
| 4.2 Amostra Estudo Clínico | 26 |
| 4.2.1 Participantes Judocas | 26 |
| 4.2.1.1 Critérios de Inclusão dos Participantes | 26 |
| 4.2.1.2 Critérios de Exclusão dos Participantes | 26 |
| 4.3 Local De Estudo Clínico | 26 |
| 4.4 Aspectos Éticos Da Pesquisa Clínico | 27 |
| 4.5 Materiais Do Estudo Clínico | 27 |
| 4.5.1 Dinamômetro Isocinético | 27 |
| 4.5.2 Tratamento com Fotobiomodulação | 28 |
| 4.5.3 Avaliação da Concentração de Lactato Sanguíneo dos Judocas | 29 |
| 4.5.4 Avaliação da Percepção Subjetiva de Esforço dos Judocas | 30 |
| 4.5.5 Avaliação da Percepção Subjetiva de Recuperação dos Judocas | 31 |
| 4.6 Grupos de Estudo para o Movimento de Adução/Abdução Oblíqua Clínico | 31 |
| 4.7 Procedimentos Experimentais Clínico | 32 |
| 4.7.1 Recrutamento dos participantes | 32 |
| 4.7.2 Protocolo de puxada dos participantes judocas | 33 |
| 4.7.3 Percepção Subjetiva de Esforço e Percepção Subjetiva de Recuperação | 36 |
| 4.7.4 Lactato sanguíneo | 36 |

| | |
|---|-----------|
| 4.7.5 Procedimento de Irradiação do Músculo Deltoide | 38 |
| 4.8 Riscos e Benefícios no Teste Abdução Oblíqua no Estudo Clínico | 39 |
| 4.8.1 Riscos | 39 |
| 4.8.2 Benefícios | 40 |
| 4.8.3 Benefício Individual | 40 |
| 4.9 Análise dos Dados Clínico | 40 |
| 4.9.1 Análise do Teste no Dinamômetro | 40 |
| 5 MATERIAIS E MÉTODOS – ESTUDO IN VITRO | 42 |
| 5.1 Desenho Experimental In Vitro | 42 |
| 5.1.1 Ensaio in vitro de Células Musculares C2C12 | 42 |
| 5.1.2 Linhagem Celular | 42 |
| 5.1.3 Grupo Experimental | 42 |
| 5.2 Local de Estudo In Vitro | 43 |
| 5.3 Procedimentos de Teste de Irradiação Celular | 43 |
| 5.3.1 Ensaio da Atividade Mitocondrial | 43 |
| 5.3.2 Ensaio da Viabilidade Celular | 43 |
| 5.3.3 Ensaio de Florescência para Núcleo e Citoesqueleto Celular | 44 |
| 5.4 Análise de Dados In Vitro | 44 |
| 5.4.1 Análise do Teste de Irradiação Celular | 44 |
| 6 RESULTADO | 45 |
| 6.1 Resultados do Estudo Clínico | 45 |
| 6.1.1 Variação do torque no movimento de abdução oblíqua | 46 |
| 6.2 Resultados do Estudo In Vitro | 55 |
| 6.2.1 Fotobiomodulação em linhagem de células musculares C2C12 | 55 |
| 7 DISCUSSÃO | 59 |
| 7.1 Estudo Clínico | 59 |
| 7.2 Estudo In Vitro | 62 |
| 7.3 Estudo Clínico e Estudo In Vitro | 63 |
| 8 CONCLUSÃO | 65 |
| REFERÊNCIAS | 66 |
| APÊNDICE A: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO | 73 |
| APÊNDICE B: CURRÍCULOS DOS PESQUISADORES | 77 |
| APÊNDICE C: APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA | 78 |
| ANEXO A: ESCALA ADAPTADA DE BORG | 81 |

1 INTRODUÇÃO

O judô foi criado em 1882 por Jigoro Kano com adaptações a partir do *ju-jutsu* antigo. Um dos objetivos de Kano foi desenvolver uma modalidade de luta com princípios filosóficos a fim de aprimorar corpo e mente. Posteriormente, com a expansão do judô para o mundo e como modalidade competitiva, a base de treinamento passou gradualmente a necessitar de base científica a fim de levar o atleta à alta *performance* competitiva a fim de aprimorar os fundamentos da luta.

Alguns fundamentos como quedas, movimentação, puxadas para promoção do desequilíbrio do oponente, são frequentemente incrementados durante a prática e explorados cientificamente a fim de gerar dados e informações para intervenção na preparação de atletas.

Um dos fundamentos de grande relevância do judô é o *kumi-kata* (pegada) (BONITCH-GÓNGORA *et al.*, 2012), pois o judô, enquanto luta, possui dentre suas características, primariamente o objetivo de projetar o oponente ao solo, necessitando de contato com o *Judogi* (uniforme utilizado no judô) do adversário, e a partir dessa pegada é buscado o desequilíbrio do oponente antes de efetuar uma técnica de projeção.

Normalmente há uma dominância de pegada do lado direito ou esquerdo, determinada pela mão que segura na gola do *Judogi* (mão direita na gola é para destros e vice-versa), e esse lado de dominância pode resultar em assimetria da musculatura (BURDUKIEWICZ *et al.*, 2020), sendo necessário um equilíbrio no planejamento do treino considerando o lado dominante e o contralateral, além da razão entre agonista e antagonista de acordo com a literatura (SILVA *et al.*, 2021; BITTENCOURT *et al.*, 2023), que apresenta bases biomecânicas e apontam os graus de liberdade articulares e sua mobilidade característica, reduzindo risco de lesão no sistema musculoesquelético a partir da intervenção no treinamento.

A dominância da pegada da manga que efetua a puxada para o desequilíbrio do oponente no judô, geralmente é oposta ao lado de dominância da pessoa, ou seja, atletas que puxam preferencialmente com o membro superior esquerdo, são destros.

A partir da pegada, e de acordo com a técnica de projeção, busca-se o desequilíbrio do oponente através da puxada, o que pode envolver a abdução oblíqua da articulação glenoumeral. Há diferentes tipos de pegada no *Judogi* do oponente que são permitidas, mas seja qual for o tipo que o atleta aprimorou, esta deverá ser

empregada de forma rápida e precisa, e após o contato com o *Judogi* a preensão manual deverá ser forte e resistente para que a puxada para o desequilíbrio do adversário possa ser efetiva.

De acordo com Honorato *et al.* (2020), judocas apresentam valores superiores de força de preensão manual em relação a sujeitos não treinados. Quanto maior a adaptação do atleta a essas exigências, melhor o domínio desse importante fundamento e mais próximo de alcançar o sucesso.

Ribeiro, Tierra-Criollo e Martins (2006), analisaram, dentre outras variáveis, o torque gerado a partir da simulação da puxada no judô através do dinamômetro isocinético após simulação de combate, porém, não encontraram redução no torque, mesmo que os atletas tenham sido submetidos ao estresse das lutas.

A fadiga é frequentemente observada e relatada pelos atletas durante as lutas no treino e na competição. A pegada e conseqüentemente a puxada são fundamentos em que o atleta pode ter seu desempenho diminuído. Kons *et al.* (2018) apresentaram resultados que corroboram com essa afirmação em que houve diminuição no desempenho de *Kumi-kata* (pegada no *Judogi*) em competição de judô sob condição de fadiga.

Uma das formas que tem sido observadas para reduzir a fadiga musculoesquelética é o uso de protocolos de aplicação de fontes de luz (fotobiomodulação) como o Laser de baixa potência e o LED (*Light Emitting Diode*), com intuito fundamental de aumento do fluxo sanguíneo local, levando à mais rápida dispersão de metabólitos que levam a queda de desempenho, além de promover a recuperação muscular. Trabalhos envolvendo fotobiomodulação tem mostrado resultados promissores no desempenho de força ou redução da fadiga muscular (BARBOSA *et al.*, 2017; FERRARESI; HUANG; HAMBLIN, 2016; PALMA *et al.*, 2020).

A fotobiomodulação pode desencadear respostas distintas com aplicação clínica ou *in vitro* e atingir diferentes estruturas, superficiais a profundas, objetivando e alcançando diferentes respostas. Em um estudo, o tratamento com o dispositivo LED Sportllux sobre a superfície da pele de paciente com ferida (Lesão por pressão que é definida como uma região da pele lesionada profundamente) apresentou resultados positivos no processo de cicatrização (GIROTTO; SÁ; SOUSA, 2022).

A aplicação da fotobiomodulação a nível celular pode modular a proliferação de fibroblastos, síntese de colágeno e procolágeno, a angiogênese, e melhorar o metabolismo energético nas mitocôndrias (YU; NAIM; LANZAFAME, 1994). Durante

o processo da fotobiomodulação, as células irradiadas, absorvem a luz pela cadeia respiratória (FROIO *et al.*, 2017), ativando a enzima Citocromo C Oxidase na mitocôndria e na membrana citoplasmática, tendo como um dos resultados aumento da síntese da adenosina trifosfato (ATP), nas mitocôndrias. Outro efeito é o aumento e modulação na síntese de DNA e RNA, que afeta a proliferação e expressão gênica celular (mitose, apoptose, inflamação, metabolismo energético).

Durante o esforço físico o tratamento com fotobiomodulação no sistema musculoesquelético, pode ser aplicado para fins regenerativos, anti-inflamatórios, analgésicos e de relaxamento muscular (COSTA *et al.*, 2016, TSUK *et al.*, 2020). Porém, de acordo com o protocolo aplicado ou de outras variáveis como calibração do dispositivo, tipo de tecido irradiado, tempo de irradiação, área irradiada, etc., pode não ocorrer resultado significativo na *performance* (AZUMA *et al.*, 2021; DUTRA *et al.*, 2020; FORSEY *et al.*, 2023).

O desenvolvimento do tema do trabalho se justificou a partir do intuito de confrontar resultados de diferentes estudos e compará-los, envolvendo os estudos clínico e *in vitro* realizados nessa pesquisa, a fim de ampliar o conhecimento científico sobre a fotobiomodulação e sua aplicação para alcançar diferentes objetivos, sejam a nível celular ou muscular.

A hipótese do estudo partiu do pressuposto que com o tratamento de fotobiomodulação a partir do dispositivo de manta com LED Sportlux Advanced PRO, tanto a nível celular quanto no sistema musculoesquelético, promovendo interferência com resposta positiva para melhora da *performance*.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral dessa pesquisa foi de analisar o efeito da fotobiomodulação por meio da irradiação com manta de LED-650/850nm: clínico – no torque e fadiga muscular por meio do dinamômetro isocinético, na fase de abdução oblíqua da articulação glenoumeral em simulação da puxada do judô para o desequilíbrio do oponente na aplicação de técnicas de arremesso; *in vitro* – no comportamento de células musculares C2C12, referente a viabilidade, a atividade mitocondrial e os componentes do citoesqueleto.

2.2 Objetivos Específicos

Clínico

- Verificar a influência da irradiação com LED no torque na simulação da puxada do judô (abdução oblíqua glenoumeral);
- Verificar a influência da irradiação com LED na recuperação da fadiga induzida pela simulação de repetição de puxadas no judô;
- Avaliar a dinâmica da percepção subjetiva de esforço nas três condições durante o protocolo de puxada no judô: sem manta de LED (No-LED), com aplicação da manta de LED desligada (LED-Off) e com irradiação de LED (LED-On);
- Relacionar o comportamento da percepção subjetiva de esforço com a percepção subjetiva de recuperação ao final do teste;
- Verificar a variação na concentração de lactato sanguíneo após estresse físico estimulado pela puxada do judô no dinamômetro isocinético nas condições sem e com irradiação LED;

In vitro

- Verificar a viabilidade em células musculares C2C12 após a irradiação com LED;

- Analisar a atividade mitocondrial de células musculares C2C12 após irradiação de LED;
- Analisar o comportamento dos componentes do citoesqueleto de células musculares C2C12 após irradiação com LED.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Judô

O Judô foi criado em 1882 por Jigoro Kano, mestre praticante do *Ju-jutsu* antigo que decidiu aprimorar suas técnicas, criar novas e eliminar outras mais lesivas. Inicialmente a nova arte era conhecida como Kano *Ju-jutsu* e posteriormente em 1882 o mestre criou a nova terminologia: judô – caminho suave. A partir da primeira participação do judô nas Olimpíadas de 1964 (MALLIAROPOULOS; CALLAN; PLUIM, 2013), inicia sua consolidação como esporte competitivo.

O judô competitivo da classe adulta é disputado de forma intermitente com duração de 4 minutos (podendo haver prorrogação). A dinâmica ocorre com alternância de tempos de luta de 20 a 30 segundos aproximadamente e de pausa de 5 a 10 segundos (MARCON *et al.*, 2010), com característica fisiológica de intensidade elevada, revelando a importância da potência e capacidade anaeróbia para o desempenho de judocas (FRANCHINI *et al.*, 2011).

Os sistemas de transferência de energia são importante para permitir que o atleta de judô realize diferentes ações durante o combate: sistema anaeróbio alático pode ser requerido para disponibilizar energia no momento da aplicação de uma técnica de arremesso, que deve ser desferida contra o oponente em alta intensidade (com força e velocidade); o sistema anaeróbio láctico providencia a energia necessária para manutenção do esforço vigoroso durante toda a luta; o sistema aeróbio promove ao judoca a capacidade de manter o esforço nas lutas que se prorrogam e durante a recuperação mais rápida do atleta entre um combate e outro na competição (FRANCHINI *et al.*, 2013).

Conforme exposto no parágrafo anterior, durante o treinamento, deve-se ter atenção ao incremento de diferentes capacidades físicas e fisiológicas para a melhor *performance* do judoca na competição.

Diferentes tipos de treinamento de judô podem levar ao desenvolvimento de diferentes valências, com características aeróbias ou anaeróbias, conforme apontado no trabalho de Franchini *et al.* (2013), no entanto, o perfil fisiológico predominante em situações específicas de combate na competição no judô é a anaeróbia láctica, já que são encontradas elevadas concentrações de lactato após as lutas (LASKOWSKI *et al.*, 2012; TORRES-LUQUE *et al.*, 2016).

O judoca necessita do desenvolvimento da força, resistência, potência, flexibilidade, agilidade, etc., em proporções distintas de acordo com suas características técnica, tática ou física. Atletas mais leves tendem a ser mais ágeis e os mais pesados, mais fortes. Atletas mais técnicos, podem ter menor exigência física por serem capazes de executar o gesto esportivo com maior proficiência mecânica, enquanto atletas mais táticos, podem depender do desenvolvimento de capacidades condicionantes no treinamento. No entanto, as características físicas e fisiológicas específicas da modalidade são determinantes para o ótimo desempenho.

O atleta necessita desenvolver todas as características técnicas, táticas e físicas, mas ao mesmo tempo observa-se que nem sempre um atleta mais técnico alcança o melhor resultado.

Independente das características do judoca e da categoria de peso em que disputa é importante criar estratégias para o melhor desempenho no combate e uma melhor recuperação entre uma luta e outra, uma vez que o atleta chega a disputar de 5 a 8 lutas em uma competição, com intervalos variando de 10 a 15 minutos em média entre uma luta e outra (ORSSATTO *et al.*, 2019).

3.1.1 Pegada e puxada para o desequilíbrio no judô

A pegada (*Kumi-kata*) no uniforme de luta de judô (*Judogi*) tem sido instrumento de investigação em diferentes estudos (BONITCH-GÓNGORA *et al.*, 2012; HONORATO *et al.*, 2020; TAVARES JÚNIOR *et al.*, 2023). A partir do *Kumi-kata* o judoca tem o intuito de: dominar e conduzir o oponente; perceber sua movimentação e alteração de pressão na pegada adversária para antecipar um ataque; aplicar uma técnica ou se esquivar para defender e contra-atacar.

Uma das funções básicas do *kumi-kata* é de realizar a puxada para buscar o desequilíbrio do oponente e aplicar uma técnica de arremesso (IMAMURA *et al.*, 2006). O movimento da puxada é realizado pela articulação glenoumeral em plano oblíquo (entre os planos horizontal, frontal e sagital), compreendendo um movimento de abdução oblíqua.

Durante o combate, um dos componentes que podem ser submetidos a condições de fadiga é o *kumi-kata*, sendo importante considerar formas de treinamento e recuperação para melhorar ou manter a performance desse fundamento.

3.1.2 Articulação glenoumeral e a puxada no judô

A articulação glenoumeral é formada pela cabeça do úmero e a cavidade glenóide (LIPPERT, 2003) (Fig. 1).

Figura 1: Articulação glenoumeral e movimento de simulação da puxada no judô.



Fonte: Adaptado de Anatomia... (2023) e Faça Fisioterapia (2016).

Os músculos superficiais responsáveis pelos movimentos dessa articulação são: trapézio, deltóide, Redondo maior, latíssimo do dorso, serrátil anterior e peitoral maior (HAMILL; KNUTZEN, 2008), dependendo da ação envolvida e do movimento executado. De forma geral esses músculos são envolvidos na puxada (abdução oblíqua glenoumeral – Fig. 1), para gerar o desequilíbrio do oponente durante o treinamento de técnicas de arremesso e no combate do judô.

Figura 2: Puxada (abdução oblíqua glenoumeral) para o desequilíbrio no judô.



Fonte: Judocon (2023).

3.2 Fotobiomodulação

A fotobiomodulação é compreendida como a utilização de fontes de luz a um sistema biológico com o objetivo de modular respostas específicas dependendo de diversas variáveis (tipo de dispositivo, potência irradiada, etc.). Dois exemplos de dispositivos utilizados para a fotobiomodulação são o laser de baixa potência ou o diodo emissor de luz (LED) nos espectros de luz visível e infravermelho para aplicações em tecidos biológicos vivos (LIPKO, 2022).

Os primeiros estudos científicos utilizando como ferramenta a fotobiomodulação ocorreram no final da década de 1960 inicialmente com irradiação por meio de laser. A irradiação com luz é utilizada para cicatrização de feridas, redução de dor e de processos inflamatórios, produção de fatores de crescimento, além de afetar o metabolismo celular, e para fins estéticos (YEH; WU; CHENG, 2010). Sua aplicação pode ser direcionada a células, a tecidos, em animais e em humanos (HEISKANEN; HAMBLIN, 2018).

O LED é um diodo semicondutor positivo-negativo que emite luz invisível. Um potencial elétrico aplicado ao semicondutor causa separação de elétrons na seção negativa e lacunas na seção positiva (HEISKANEN; HAMBLIN, 2018). De acordo com os autores quando esses fatores se combinam, levam à emissão de luz (eletroluminescência) promovendo o que se estabelece como fotobiomodulação. Os mesmos autores ainda apontam que uma das vantagens do uso de LED em comparação ao laser é de possuir maior banda espectral, sendo capaz de irradiar uma área mais abrangente, logicamente, dependendo do dispositivo, como aqueles dispostos paralelamente em formato de manta de LEDs.

Cada fóton (energia luminosa transmitida), dependendo do comprimento de onda, dispende uma carga de energia pela irradiação dos LEDs.

Os dispositivos de LED podem ter diferentes comprimentos de onda e cores utilizadas: azul (comprimento de onda de 400- 470nm), verde (comprimento de onda de 470-550nm), vermelho (comprimento de onda de 630-700nm) e infravermelho (comprimento de onda de 700-1200nm). O LED que utiliza o arseneto de gálio emite radiações infravermelhas. Dopando-se com fósforo, a emissão pode ser vermelha ou amarela (dependente da concentração).

3.2.1 Fotobiomodulação em tecidos biológicos

Ao longo dos anos, os estudos demonstraram que moléculas celulares podem absorver diferentes comprimentos de onda de luz. Evidências científicas (KARU; PYATIBRAT; AFANASYEVA, 2004; KARU *et al.*, 2005; KARU, 2010) tem demonstrado que a fotobiomodulação a partir da irradiação nos comprimentos de onda vermelho e infravermelho tem receptores primários na mitocôndria e na membrana citoplasmática, e ativam a enzima Citocromo C Oxidase (proteína que catalisa a etapa final na cadeia de transporte de elétron), resultando uma variedade de efeitos bioquímicos dentre eles o aumento da síntese de energia (adenosina trifosfato - ATP) (KARU *et al.*, 2005).

De acordo com Froio *et al.* (2017), células musculares absorvem a luz irradiada pela cadeia respiratória, ativando receptores na mitocôndria e estimulando maior síntese de ATP. O ATP produzido é responsável por fornecer energia para as diversas funções celulares (SILVA *et al.*, 2009), dentre elas as ações musculares isométricas (estáticas), isotônicas (dinâmicas) e isocinéticas (com resistência controlada por um

dispositivo elétrico / mecânico) (LIPPERT, 2003). As ações musculares isotônicas (LIPPERT, 2003), e isocinéticas (SHINZATO; BATISTELLA, 1996), são divididas em fases de ação concêntrica e de ação excêntrica.

O tratamento com fotobiomodulação no sistema muscular pode promover efeitos regenerativos e de relaxamento muscular (TSUK *et al.*, 2020), além de ganho de força, fadiga muscular (ALMEIDA *et al.*, 2020), e resistência a fadiga muscular (ALMEIDA *et al.*, 2020; STAMBOROWSKI *et al.*, 2021), fatores importantes para melhora de *performance* atlética e para a recuperação pós exercício. A maior disponibilidade de energia em virtude da fotobiomodulação resulta em melhora do desempenho muscular.

A irradiação de LED no comprimento de onda vermelho e no comprimento de onda infravermelho podem produzir efeitos positivos no desempenho atlético, já que LED vermelho pode melhorar o processo metabólico (YEH; WU; CHENG, 2010), e infravermelho pode promover maior tolerância ao esforço máximo, maior potência muscular, e reduzida fadiga no sistema músculo esquelético (PAOLILLO, 2011). Porém, faz-se necessário compreender as variáveis que podem interferir na resposta à irradiação como: potência e energia total despendida; densidades de potência e de energia; comprimento de onda; projeção do feixe de luz; características do tecido a ser irradiado; características e tipo do dispositivo (laser, LED, etc.) (ZEIN; SELTING; HAMBLIN, 2018).

Recentemente uma revisão sistemática concluiu que a o tratamento com fotobiomodulação aplicada antes do exercício, pode apresentar variabilidade de doses e de comprimentos de onda, porém, de forma geral, melhora o desempenho muscular e diminui os níveis de marcados inflamatórios e de fadiga (OLIVEIRA *et al.*, 2023).

4 MATERIAIS E MÉTODOS – ESTUDO CLÍNICO

O presente protocolo de estudo consistiu em uma análise transversal de caráter descritivo de aspectos de desempenho da Puxada para o Desequilíbrio na luta de judô (estudo clínico), a partir da irradiação com LED.

4.1 Desenho Experimental Clínico

4.1.1 Teste de Puxada no Judô

A pesquisa foi realizada com judocas masculinos de 18 a 35 anos com o intuito de verificar o desempenho da simulação de Puxada do judô em condições de fadiga. Os participantes foram submetidos a aplicação de um dispositivo de LED-650nm/850nm em formato de manta sobre o músculo deltoide, a fim de verificar sua influência no torque e fadiga muscular na puxada no dinamômetro isocinético.

Todos os participantes apresentaram atestado de aptidão cardiológica, previamente a participação, o que já é um procedimento exigido para participação em treinamentos e competições de judô pela equipe competitiva a que estão vinculados.

Os atletas participantes da pesquisa foram avaliados quanto a sua percepção subjetiva de esforço através de escala adaptada de Borg. Os atletas foram submetidos à aplicação de dispositivo de LED-650nm/850nm a fim de observar o comportamento na abdução da articulação glenoumeral sob aspectos de fadiga e no desempenho de força. O dinamômetro isocinético foi utilizado para analisar o torque e a fadiga na simulação da puxada no judô e verificar possível redução de desempenho devido ao esforço. Todos os participantes foram submetidos a três dias de avaliação: a) sem aplicação da manta de LED (No-LED, utilizado como controle); b) com aplicação da manta de LED desligada (LED-Off, utilizado como placebo) e pela irradiação com LED (LED-On).

A aplicação da manta de LED-Off e LED-On tiveram duração padrão de 600s, conforme instrução do fabricante.

Os dados obtidos foram compilados em uma planilha eletrônica para análise dos resultados nas diferentes situações No-LED, LED-Off e LED-On.

4.2 Amostra Estudo Clínico

4.2.1 Participantes Judocas

Foram recrutados judocas masculinos com idade de 18 a 35 anos.

4.2.1.1 Critérios de Inclusão dos Participantes

Cada participante teve que se adequar aos seguintes critérios:

- ser atleta de judô, de nível no mínimo nacional, e estar enquadrado na faixa etária proposta, de 18 a 35 anos;
- assinar o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE);
- estar saudável e sem lesão no sistema musculoesquelético;
- ter atestado médico de aptidão para a prática esportiva.

4.2.1.2 Critérios de Exclusão dos Participantes

Foram excluídos de participar dessa pesquisa:

- quem estivesse fazendo uso de algum tipo de medicamento;
- quem estivesse acometido por algum tipo de lesão aguda ou crônica na articulação glenoumeral;
- quem não fosse atleta de nível no mínimo nacional;
- aquele que não estivesse enquadrado na faixa etária estabelecida;
- aquele que não apresentasse condição de saúde pela avaliação cardiológica de aptidão ao esforço físico (o acesso a esta informação está condicionado à autorização expressa do participante no TCLE após sua assinatura, e somente a partir desse procedimento pôde ser critério para excluir o participante a fim de preservar sua integridade física).

4.3 Local De Estudo Clínico

O estudo para analisar a simulação da puxada no judô foi realizado no Laboratório de Biodinâmica (bloco 7), onde se encontra o dinamômetro Isocinético,

pertencente ao Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IP&D) da Universidade do Vale do Paraíba (Univap), sito à Avenida Shishima Hifumi, 2911, Bairro Urbanova, São José dos Campos - SP.

4.4 Aspectos Éticos Da Pesquisa Clínico

O projeto envolvendo seres humanos foi submetido à análise do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade do Vale do Paraíba através da Plataforma Brasil e aprovado CAAE 52797721.4.0000.5503 em 21 de dezembro de 2021.

O estudo foi conduzido de acordo com a resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS). Todos os participantes foram previamente esclarecidos e orientados sobre os procedimentos. Após aceitação plena assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE A), e ficaram cientes que podiam deixar de participar do estudo a qualquer etapa da pesquisa sem nenhum prejuízo, contrangimento ou penalidade, pois a participação foi voluntária.

O recrutamento dos participantes foi agendado junto ao responsável técnico pela Equipe de Judô de São José dos Campos, e foi de forma individual.

4.5 Materiais Do Estudo Clínico

4.5.1 *Dinamômetro Isocinético*

Para obter as variáveis de torque, potência e trabalho total do movimento de abdução oblíqua glenoumeral, foi utilizado o Dinamômetro Isocinético Biodex Multi-Join System 3, da Biodex Medical Systems Inc (figura 3).

Figura 3: Isocinético Byodex System 3.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.5.2 Tratamento com Fotobiomodulação

Para o tratamento de Fotobiomodulação foi utilizado um dispositivo de LED da marca Sportllux Advanced PRO (fabricante *Cosmedical*® Every Eletroeletrônica Imp. Exp. Ltda, Mauá, São Paulo, Brasil) (Figura 4) de 650nm/850nm (em formato de manta), com potência total de 2112 mW (8 mW de potência por LED X 264 LEDs), equipamento cedido pela empresa para a realização dos testes, não havendo conflito de interesse para sua utilização.

A manta é composta por 264 diodos de LED terapêuticos, sendo 132 no comprimento de onda vermelho ($660\pm 20\text{nm}$) e 132 no comprimento de onda infravermelho ($850\pm 20\text{nm}$), com irradiação de $9,02\text{ mW/cm}^2$. O tempo de exposição à irradiação foi de 600s (padrão indicado pelo fabricante), totalizando a fluência de $5,4\text{ J/cm}^2$. A dimensão total da placa é de 375cm^2 (15 cm de altura por 25 cm de comprimento), porém, a área (A) de irradiação é de 234cm^2 (12 cm de altura por 19,5 cm de comprimento), com LEDs intercalados em cada comprimento de onda da fabricante *Cosmedical*®. O tratamento pela irradiação com os dois comprimentos de onda é simultâneo, não havendo possibilidade de irradiação somente com um deles (vermelho ou infravermelho).

Figura 4: Dispositivo para irradiação LED Sportllux Advanced PRO da fabricante Cosmedical®.



Fonte: Sportllux (2022).

A densidade de potência e fluência foram calculados de acordo com a fórmula: densidade de potência - (8 mW de potência por LED X 264 LEDs) / área de irradiação = 9,02 mW/cm²; fluência - (9,02mW/cm² X tempo) = 9,02 X t(s) = 9,02 X 0,600 = 5,4 J/cm². Esse dispositivo tem sido utilizado em estudos recentes com resultados que sugerem sua eficácia em diferentes aplicações (GIROTTO; SÁ; SOUZA, 2022; LIMA; PACHECO-SOARES; SILVA, 2022; GARCEZ *et al.*, 2021; SUPINO; PACHECO-SOARES; SILVA, 2021; TRAVERZIM *et al.*, 2021).

4.5.3 Avaliação da Concentração de Lactato Sanguíneo dos Judocas

A concentração de lactato foi verificada e registrada através da coleta de sangue da polpa do dedo dos participantes, por meio de tiras reagentes *BM-Lactate*® da *Roche Diagnostics*® *Cobas*, onde foram inseridas no equipamento Lactímetro Portátil *Accutrend*® *Plus* (figura 5). O equipamento é utilizado e aceito como fidedigno em pesquisas na dosagem da concentração de lactato sanguíneo durante o esforço físico (BALDARI *et al.*, 2009; OZIMEK *et al.*, 2022).

Figura 5: Lactímetro portátil, fita código e fita diagnóstico para dosar concentração de lactato após esforço e após recuperação.



Fonte: Accutrend® Plus (2022).

4.5.4 Avaliação da Percepção Subjetiva de Esforço dos Judocas

A tabela 1 apresenta dados para a percepção subjetiva de esforço que foi registrada a partir da Escala de Borg (1982 *apud* FOSTER *et al.*, 2001), válida para avaliar o esforço percebido durante avaliações e treinamentos em diferentes tipos de exercícios e para diferentes grupos etários (ARCENIO, 2019; FRANCHINI *et al.*, 2016; LEA *et al.*, 2021; LOPES *et al.*, 2020; MORISHITA *et al.*, 2018). Quanto maior o número (de 0 a 10) relatado pelo participante, maior a sensação de fadiga do mesmo.

Tabela 1: Escala de Percepção Subjetiva de Esforço de Borg (continuação...).

| Classificação | Descritor |
|---------------|-------------------|
| 0 | Nenhuma |
| 0,5 | Muito, muito leve |
| 1 | Muito leve |
| 2 | Leve |
| 3 | Moderada |
| 4 | Pouco intensa |

Tabela 1: Escala de Percepção Subjetiva de Esforço de Borg (conclusão).

| | |
|----|----------------------|
| 5 | Intensa |
| 6 | - |
| 7 | Muito intensa |
| 8 | - |
| 9 | Muito, muito intensa |
| 10 | Máxima |

Fonte: Borg (1982 *apud* FOSTER *et al.*, 2001).

4.5.5 Avaliação da Percepção Subjetiva de Recuperação dos Judocas

A percepção subjetiva de recuperação foi adaptada da Escala de Borg (1982 *apud* FOSTER *et al.*, 2001), com score de 0 a 10 para avaliar a recuperação percebida durante avaliações e treinamentos (tabela 1). Quanto menor o número (de 0 a 10) relatado pelo participante, maior a sensação de recuperação do mesmo após intervalo de recuperação.

4.6 Grupos de Estudo para o Movimento de Adução/Abdução Oblíqua Clínico

Participaram deste estudo 21 atletas de judô, dos quais após análise, sete foram descartados por inconsistência nos dados coletados pelo dinamômetro. A caracterização do grupo foi: sexo masculino com faixa etária de 18 a 35 anos, nível mínimo competitivo nacional, da Equipe de Judô de São José dos Campos. O grupo de estudo foi composto pelos 14 atletas, os quais participaram de 3 protocolos (em condições diferentes), quanto à irradiação ou não com LED. Os atletas foram submetidos a testes de força e fadiga no dinamômetro isocinético, e tiveram o músculo deltoide irradiado pelo dispositivo de LED para verificar a influência no desempenho e na recuperação muscular.

Os mesmos atletas participaram em três dias de teste, sendo uma das coletas como controle sem aplicação da manta de LED:

- Condição 1 – controle (No-LED) – sem aplicação de manta de LED;
- Condição 2 – placebo (LED-Off) – com aplicação de manta de LED desligada;
- Condição 3 – tratado (LED-On) – com irradiação com manta de LED.

4.7 Procedimentos Experimentais Clínico

4.7.1 Recrutamento dos participantes

O recrutamento dos atletas foi feito pelo pesquisador junto ao responsável técnico da equipe de judô de São José dos Campos, e precisaram se adequar aos critérios de inclusão para participar da pesquisa.

Ao responsável técnico pela equipe de judô foi solicitada autorização prévia, por escrito, para que os atletas vinculados à entidade e que se enquadrassem nos critérios estabelecidos na pesquisa pudessem ser convidados e esclarecidos sobre o estudo para um possível recrutamento.

O convite aos atletas foi feito de forma individual. Àqueles que se interessaram em participar da pesquisa, uma reunião foi agendada no Centro de Treinamento da Equipe de Judô em sala reservada e individualmente com o possível participante a fim de ser previamente esclarecido e orientado sobre os objetivos da pesquisa e os procedimentos a que seriam submetidos por meio da apresentação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido que foi lido pelo pesquisador o qual sanou qualquer dúvida que surgiu. O resultado dessa reunião foi confidencial, evitando constrangimento em caso de aceite ou não em participar da pesquisa.

Os participantes foram esclarecidos que sua participação seria voluntária e após assinarem o termo de consentimento, poderiam a qualquer momento e em qualquer etapa da pesquisa, encerrar a participação sem nenhum ônus, prejuízo, penalidade ou constrangimento. Sua identidade e imagem foram mantidos sob sigilo. Somente o pesquisador teria acesso aos dados da pesquisa, os quais seriam referenciados por código (letras e números), evitando exposição do participante.

Após aceitação plena, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido em duas vias, sendo que o participante ficou com uma via e a outra com o pesquisador.

Os registros das variáveis analisadas foram feitos pelo mesmo pesquisador que orientou os participantes a não praticarem nenhum tipo de exercício físico no dia da coleta de dados.

4.7.2 Protocolo de puxada dos participantes judocas

O protocolo consistiu em movimento de abdução e adução oblíqua da articulação glenoumeral no dinamômetro isocinético (Figura 6). O movimento realizado foi de ação concêntrica tanto na fase de abdução quanto na de adução. O Dinamômetro Isocinético é um instrumento eletromecânico que fornece velocidade angular fixa pré-determinada, ou seja, constante, e com resistência variável conforme a força aplicada no movimento (DAVIES, 1987 *apud* FILLIPIN; VIEIRA; LOBO DA COSTA, 2006; DROUIN *et al.*, 2004).

Figura 6: Simulação da puxada do judô no dinamômetro isocinético – movimento de abdução oblíqua glenoumeral.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A amplitude articular utilizada foi de 40° partindo da posição que se executa a pegada básica na manga antes do início da puxada para o desequilíbrio no judô (Figura 7). Para verificar a angulação da amplitude articular atingida foi utilizado um goniômetro e comparado com a amplitude registrada no dinamômetro. A amplitude foi escolhida em virtude da semelhança com a amplitude assumida durante o treinamento de puxada.

Os atletas realizaram aquecimento específico de puxada do judô (Figura 7) com auxílio de outro participante, sendo 5 séries de 10 repetições com o braço esquerdo. Todos os atletas que tiveram seus dados analisados eram destros, logo o membro avaliado foi o contralateral (esquerdo), pois para a puxada do desequilíbrio no judô, utiliza-se o lado oposto do dominante. Os atletas foram questionados quanto ao lado dominante e o de preferência para a puxada.

Nota: a puxada do judô é um dos fundamentos de grande relevância, já que é a partir dela que se busca o desequilíbrio do oponente para aplicação de técnicas de queda e arremesso.

Figura 7: Puxada básica no judô para o desequilíbrio do oponente executada pelo atleta de *judogi* branco posicionado à direita.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após aquecimento, o participante aguardou 600s (seiscentos segundos) antes de iniciar o protocolo de análise do torque e de resistência no isocinético. Esse tempo foi utilizado para aplicação do LED ligado (irradiação), do LED desligado (placebo) ou sem uso do LED (controle), em dias diferentes, com intervalo de 7 dias entre eles. O primeiro dia foi sem utilização do LED (dia 1 – No-LED), o segundo dia com aplicação do LED desligado (dia 2 – LED-Off) e o terceiro dia com aplicação do LED ligado (dia

3 – LED-On). Os participantes não tinham o conhecimento se o LED estava ligado ou desligado nas sessões do segundo e terceiro dias de teste. Vale ressaltar que na aplicação da manta de LED-Off (desligado), nenhum dos atletas demonstrou alguma percepção ou teceu algum comentário, logo não percebendo que a manta permaneceu desligada nessa condição.

Nas três coletas de simulação da puxada do judô no dinamômetro as quais foram submetidos (abdução e adução oblíqua da articulação glenoumeral), os participantes realizaram 8 séries com a seguinte dinâmica: uma série de 5 repetições na velocidade angular de $90^{\circ}/s$, mais 4 séries de 10 repetições na velocidade angular de $240^{\circ}/s$, mais 3 séries de 5 repetições na velocidade angular de $90^{\circ}/s$. Da 1ª à 7ª série o intervalo de recuperação foi de 10s entre elas, e entre a 7ª e 8ª séries o intervalo de recuperação foi de 600s, para que nesse intervalo houvesse a irradiação com LED, a aplicação do LED desligado ou somente recuperação sem aplicação de LED, procedimentos para análise posterior.

A velocidade angular de $90^{\circ}/s$ foi determinada para que pudesse ser observado maior tensão gerada pelos músculos envolvidos no movimento (estímulo de força – 5 repetições), enquanto a velocidade angular de $240^{\circ}/s$ foi escolhida para que gerasse maior fadiga (estímulo de resistência – 10 repetições).

As 7 séries foram escolhidas para que gerasse queda do desempenho gradual do atleta, já que o intervalo de 10s entre elas era insuficiente para a recuperação completa do músculo envolvido e analisado no teste (deltoide). A primeira série de força, foi comparada com a 6ª e a 7ª séries, também de força. Após os 600s de intervalo do término da 7ª foi realizada a 8ª série (de força), a fim de comparar com a 1ª série, a qual o participante se encontrava descansado. Outro parâmetro de comparação foi entre as séries 2 a 5, a fim de verificar se realmente ocorreria redução gradual do desempenho, também devido ao intervalo de recuperação ser parcial (somente 10s entre elas).

O tempo total do protocolo entre as séries 1 a 7 foi de 110s, sendo 50s de esforço e 60s de intervalo, divididos da seguinte forma:

- a) 5 rep a $90^{\circ}/s$ = 10s de esforço
10s intervalo
- b) 10 rep a $240^{\circ}/s$ = 5s de esforço
10s intervalo
- c) 10 rep a $240^{\circ}/s$ = 5s de esforço

- 10s intervalo
- d) 10 rep a $240^\circ/s = 5s$ de esforço
10s intervalo
- e) 10 rep a $240^\circ/s = 5s$ de esforço
10s intervalo
- f) 5 rep a $90^\circ/s = 10s$ de esforço
10s intervalo
- g) 5 rep a $90^\circ/s = 10s$ de esforço

4.7.3 Percepção Subjetiva de Esforço e Percepção Subjetiva de Recuperação

Os atletas foram avaliados quanto à percepção subjetiva de esforço (PSE), após cada série do protocolo de fadiga (entre as séries 1 a 7), e quanto à percepção subjetiva de recuperação (PSRec) ao final do teste (antes de iniciar a série 8). Quanto maior a classificação maior o esforço e quanto menor a classificação menor o esforço ou maior a recuperação (tabela 1). A figura utilizada para a PSE e PSRec, com imagens ilustrativas pode ser observada no anexo C.

4.7.4 Lactato sanguíneo

A concentração de lactato foi verificada em 4 momentos: antes do início do teste, imediatamente ao término da 7ª série do protocolo de fadiga, 300s e 600 segundo de recuperação (antes de iniciar a 8ª série). Sete participantes escolhidos aleatoriamente tiveram sua concentração de lactato dosada, pela coleta de uma gota de sangue da polpa do dedo.

Cada um dos 14 participantes participou das 3 sessões, com intuito de analisar as variáveis comparando os resultados das três condições entre si. As variáveis analisadas foram: torque; fadiga muscular; percepção subjetiva de esforço; percepção subjetiva de recuperação; lactato sanguíneo.

O diagrama 1 apresenta o protocolo que foi desenvolvido:

Diagrama 1: Protocolo de teste no dinamômetro isocinético e variáveis analisadas (PSE – Percepção Subjetiva de Esforço; PSR – Percepção Subjetiva de Recuperação; Lactato; Irradiação LED).

| | | | | |
|---|------------------------|-----------------|---|--|
| AQUECIMENTO: 5X10 REPETIÇÕES – PUXADA DO JUDÔ | | | 600s de intervalo - (No-LED; LED-Off; LED-On) | |
| 1ª SÉRIE | TESTE DE FORÇA 1 | 5 REP – 90°/s | PSE | |
| | | | 10s de intervalo | |
| 2ª SÉRIE | TESTE DE RESISTÊNCIA 1 | 10 REP – 240°/s | PSE | |
| | | | 10s de intervalo | |
| 3ª SÉRIE | TESTE DE RESISTÊNCIA 2 | 10 REP – 240°/s | PSE | |
| | | | 10s de intervalo | |
| 4ª SÉRIE | TESTE DE RESISTÊNCIA 3 | 10 REP – 240°/s | PSE | |
| | | | 10s de intervalo | |
| 5ª SÉRIE | TESTE DE RESISTÊNCIA 4 | 10 REP – 240°/s | PSE | |
| | | | 10s de intervalo | |
| 6ª SÉRIE | TESTE DE FORÇA 2 | 5 REP – 90°/s | PSE | |
| | | | 10s de intervalo | |
| 7ª SÉRIE | TESTE DE FORÇA 3 | 5 REP – 90°/s | PSE | |
| | | | 600s de intervalo - (No-LED, LED-Off ou LED-On) | |
| | | | PS-Recuperação – pós 600s intervalo | |
| 8ª SÉRIE | TESTE DE FORÇA 4 | 5 REP – 90°/s | Lactato 1 – imediatamente pós série 7 | |
| | | | Lactato 2 – pós 300s intervalo | |
| | | | Lactato 3 – pós 600s intervalo | |

Nota: O protocolo foi executado pelo mesmo participante em 3 sessões, com uma semana de intervalo entre elas e nas condições: primeiro dia No-Led, segundo dia LED-Off (desligado) e terceiro dia LED-On (irradiação).

4.7.5 Procedimento de Irradiação do Músculo Deltoide

A irradiação com LED (LED-On) foi feita em um dos grupamentos musculares responsáveis pela abdução oblíqua glenoumeral, o músculo deltoide (Figura 8), pelo tempo de 600s após aquecimento e após 7ª série do protocolo, conforme diagrama 1.

Figura 8: Irradiação com dispositivo LED no músculo deltoide.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: O músculo deltoide (figura 9) é um dos responsáveis pelo movimento de abdução oblíqua glenoumeral, ação que se assemelha à puxada para o desequilíbrio do oponente no judô (HELM *et al.*, 2018; MOSER *et al.*, 2013).

Figura 9: Músculo deltoide. A – Promovendo abdução; B – posição neutra em adução.



Fonte: Deltoide (2023); Músculos..., [2013].

4.8 Riscos e Benefícios no Teste Abdução Oblíqua no Estudo Clínico

Diferentes protocolos de avaliação ou de treinamento com tratamento de fotobiomodulação para melhora do desempenho ou mais rápida recuperação podem trazer riscos e benefícios aos participantes.

4.8.1 Riscos

Houve um possível risco de lesão aguda pelo esforço que os participantes foram submetidos. Para reduzir o risco o participante realizou aquecimento específico de puxada antes do início da coleta. Além disso, o movimento realizado é semelhante ao que os atletas realizam durante o treinamento, o que reduz ainda mais o risco de lesão, por já estarem adaptados ao movimento proposto.

Pôde haver risco no decorrer da pesquisa quanto ao sigilo dos dados dos participantes. Para diminuir esse risco os participantes foram registrados por meio de códigos (letras e números), e somente o pesquisador teve acesso a esses dados para mantê-los em sigilo, preservando as informações pessoais e imagem dos participantes.

4.8.2 Benefícios

A verificação da influência da fotobiomodulação no desempenho da força e na recuperação da fadiga no movimento de puxada no judô pode contribuir ao meio científico para maior compreensão sobre a utilização de recursos tecnológicos na *performance* de atletas judocas, ou para outras modalidades. A partir da irradiação com LED pode ocorrer mais rápida reabsorção de metabólitos resultantes do estresse físico, aumento da atividade mitocondrial, resultando maior síntese de energia, favorecendo a recuperação muscular (maior força, potência e/ou resistência muscular).

Como benefício coletivo os resultados desse estudo deverão ser submetidos para publicação em revista científica da área.

Sendo assim foi um estudo que poderá ser utilizado como referência para futuras pesquisas envolvendo a aplicação da fotobiomodulação no rendimento esportivo.

4.8.3 Benefício Individual

Aos participantes submetidos ao teste e que apresentaram algum tipo de desequilíbrio muscular em seus resultados, registrados no dinamômetro, foi indicado que participem de programa de treinamento de força a fim de minimizar tal desequilíbrio, reduzindo a chance de lesões na articulação avaliada.

4.9 Análise dos Dados Clínico

4.9.1 Análise do Teste no Dinamômetro

Foi verificada a influência da aplicação de LED (LED-On – Grupo Irrradiado) no desempenho da força, resistência e fadiga na simulação da puxada do judô e comparada às condições de LED-desligado (LED-Off – Grupo Placebo) e sem aplicação de LED (No-LED – Grupo Controle). Os dados foram organizados em planilha eletrônica da *Microsoft Excel*. Após compilação dos dados, foi utilizado o programa Past 4.03 para o tratamento estatístico, onde a normalidade dos dados foi verificada através do teste de Shapiro-Wilk, e as análises foram realizadas com o teste

t pareado para normalidade e teste de Wilcoxon para dados não normais, considerando o nível de significância $p=0,05$.

Foi utilizada também o método de correlação de Pearson para analisar o comportamento da variação de lactato em repouso e pós esforço entre os participantes, e para analisar a relação entre a Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) e Percepção Subjetiva e Recuperação (PSRec).

5 MATERIAIS E MÉTODOS – ESTUDO IN VITRO

O presente protocolo de estudo consistiu em uma análise transversal de caráter descritivo de aspectos do comportamento em células musculares C2C12 (*in vitro*), a partir da irradiação com LED.

5.1 Desenho Experimental *In Vitro*

5.1.1 Ensaio *in vitro* de Células Musculares C2C12

Estudo *in vitro* por método hipotético-dedutivo com abordagem quantitativa a partir de tratamento estatístico (PEREIRA *et al.*, 2018).

5.1.2 Linhagem Celular

Foi utilizado para a pesquisa *in vitro* linhagem celular C2C12 (ATCC CRL – 1772), que se diferencia rapidamente, formando miotubos contráteis e produção de proteínas musculares. As células cultivadas em frascos de 25 cm² a 37°C sob 5% CO₂ em DMEM (meio – *Dulbecco's modified Eagles medium* – Thermo Fisher Scientific, Gibco, Waltham, Massachusetts, EUA), suplementado com 10% de soro fetal bovino (FBS) (Thermo Fisher Scientific, Gibco, Waltham, MA, EUA) e 1% penicilina e estreptomicina (Thermo Fischer Scientific, Invitrogen, Waltham, MA, EUA).

5.1.3 Grupo Experimental

As células C2C12 foram divididas em dois grupos: grupo controle, não irradiado e grupo irradiado por 24 horas, ambos cultivados em DMEM com corante, suplementados em 10% FBS. Na irradiação foi utilizado o aparelho Sportlux Ultra (Figura 6). Cada grupo foi composto por uma placa com 24 poços que foram irradiados.

5.2 Local de Estudo *In Vitro*

O estudo da análise da resposta celular (células musculares C2C12), foi realizado no laboratório de Biologia Celular / Dinâmica de Compartimentos Celulares, pertencente ao Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IP&D) da Universidade do Vale do Paraíba (Univap), sito à Avenida Shishima Hifumi, 2911, Bairro Urbanova, São José dos Campos - SP.

5.3 Procedimentos de Teste de Irradiação Celular

As células foram irradiadas com o dispositivo de diodos emissores de luz (LED), *Sportlux Advanced PRO* (Fig. 1), composto por 264 LEDs. Cada LED individual possui 8 mW de potência, emitindo em 660 ± 20 nm (132 LEDs) e 850 ± 20 nm (132 LEDs), e cobrindo uma área de 234 cm². A densidade de potência da luz emitida foi de 9,02 mW/cm², e o tempo de exposição foi de 600s, totalizando a fluência de 5,4 J/cm².

Foram realizados ensaios de: viabilidade em que as células foram incubadas com 100 µL de solução de Cristal Violeta (CV); atividade mitocondrial avaliado pelo método colorimétrico MTT; fluorescência de núcleo (DAPI) e citoesqueleto (rodamina faloidina) foi realizado com base na alteração nos filamentos de actina.

5.3.1 Ensaio da Atividade Mitocondrial

Para verificação da atividade mitocondrial foi utilizado método colorimétrico MTT. Após o tratamento, 100 µL de solução MTT (5mg/ml) foram adicionados em incubados por 2h a 37°C em CO₂ a 5%. Após esse período, as células forma incubadas com 200 µL de DMSO (dimetilsulfóxido) por 30 minutos sob agitação e a absorbância foi medida a 570 nm (espectrofotômetro *SpectraCount – Packard*). Todo esse processo foi realizado na ausência de luz. A análise foi executada 24h depois de todo o processo.

5.3.2 Ensaio da Viabilidade Celular

Para análise da viabilidade celular foi usado um protocolo adaptado: as células aderidas foram incubadas por 4 minutos com 100 µL de de solução Cristal Violeta em

temperatura ambiente. Após a incubação a placa foi lavada com água para retirar excesso de corante e 200 µL de solução de eluição SDS (dodecil sulfato de sódio) foram adicionados para incubação por 1 hora antes da leitura dos dados usando espectrofotômetro *SpectraCount – Packard 570 nm*. Todo esse processo foi realizado na ausência de luz.

5.3.3 Ensaio de Florescência para Núcleo e Citoesqueleto Celular

Os corantes foram adquiridos na *Molecular Probes*. Com intervalo de 24 horas após irradiação das células, foram marcadas com corantes fluorescente nas seguintes condições: células fixadas em paraformaldeído em solução tampão PHEM (60 nM Pipes, 20 nM Hepes, 10 nM Egta, 5 nM MgCl₂), por 10 minutos à temperatura ambiente. Após fixação as células foram coradas com DAPI a 300 nM por 10 min. Após coloração as células foram marcadas com Rodamina Faloidin (1:100) por 1 hora, para analisar o citoesquelto com base na alteração nos filamentos de actina, então as lamínulas foram lavadas na ausência de luz PHEM e montadas, posteriormente, em lâminas com galato de n-propillae analisados em microscópio de fluorescência (Leica DMLB com sistema fotográfico Leica MPS-30 e Microscópio Confozal ZEISS LMS700).

5.4 Análise de Dados *In Vitro*

5.4.1 Análise do Teste de Irradiação Celular

Para a análise dos dados foi utilizado o software de análise estatística *GraphPad Prism®* versão 6.0. Os dados foram comparados pelo teste-t não pareado (e teste-t para amostras independentes) com o nível de significância de $p \leq 0,05$, método que compara as médias de dois grupos independentes ou não relacionados para determinar se há a diferença significativa entre eles.

6 RESULTADO

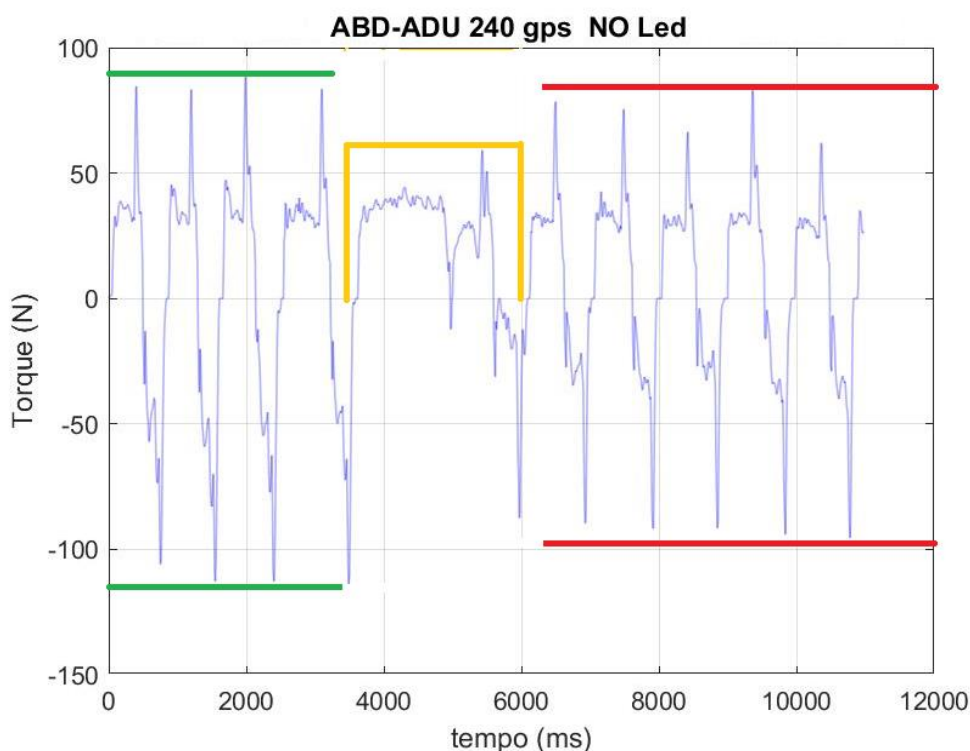
6.1 Resultados do Estudo Clínico

A seleção dos participantes foi de 25 atletas judocas masculinos de 18 a 35 anos. No decorrer das coletas, 3 atletas se desligaram da equipe e um se lesionou durante o treinamento com sua equipe. Logo, o total de participantes foi de 21.

Na figura 10 pode se observar uma amostra com erro de registro de dado, destacada em amarelo. Em verde, observam-se 4 repetições iniciais na fase de abdução (valor positivo) e adução (valor negativo) com um comportamento. Na quinta repetição houve alteração desse comportamento, e da sexta à décima o padrão de movimento foi restabelecido, porém atingindo um torque inferior às 4 primeiras repetições, principalmente na fase de adução.

Durante a análise dos dados, por intermédio do programa Matlab, alguns registros foram normalizados e outros com maior margem de erro, tiveram que ser descartados, totalizando 7 amostras, portanto, o grupo amostral analisado foi de 14 participantes. Os dados normalizados ou descartados foram estabelecidos através do teste de Shapiro-Wilk.

Figura 10: Torque para o movimento de abdução e adução – dado descartado.

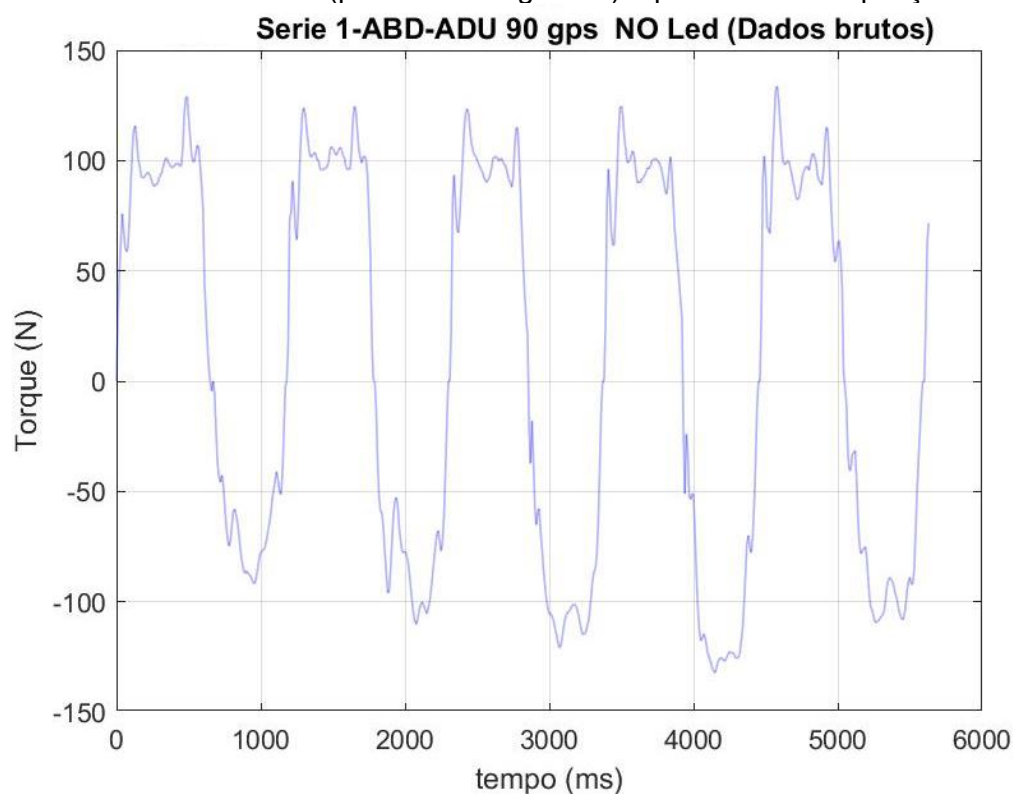


Fonte: Elaborado pelo autor.

6.1.1 Variação do torque no movimento de abdução oblíqua

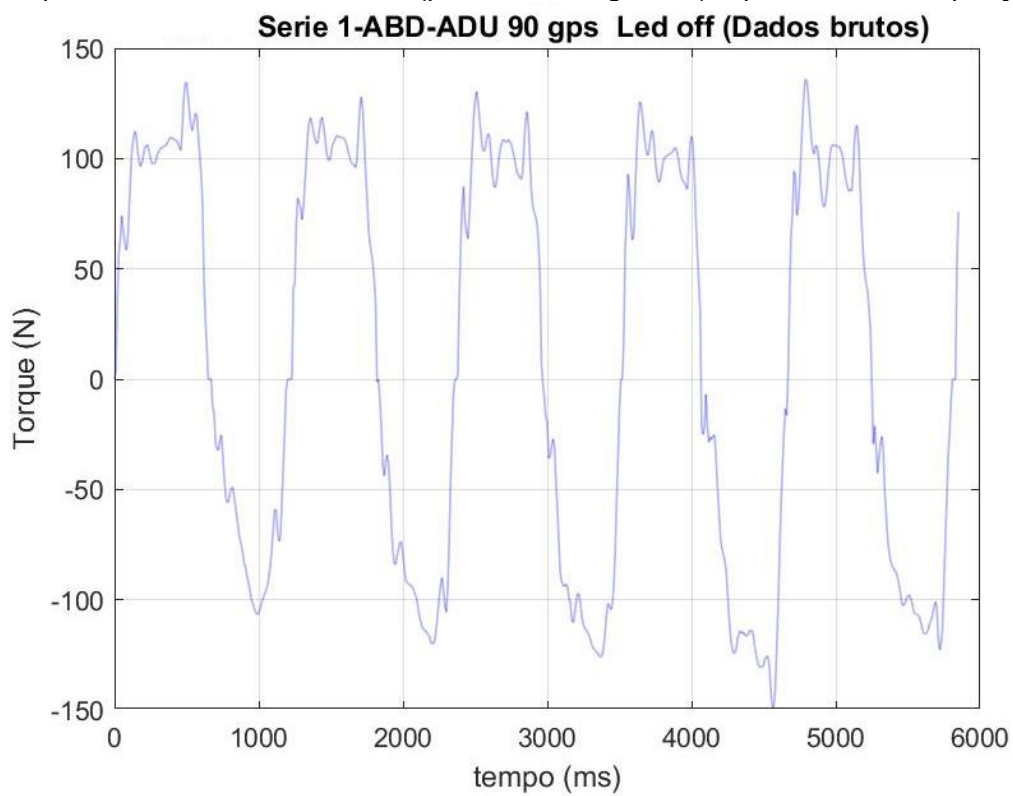
As figuras 11, 12 e 13 são amostras de dados brutos de um participante na velocidade angular de $90^\circ/s$ (5 repetições), nas condições de irradiação (LED-On), sem irradiação (No-LED) e com LED desligado (LED-Off). A figura 14 apresenta os mesmos dados da figura 13, porém normalizados. A normalização dos dados é necessária para reduzir margem de erro e ruídos oriundos do registro de dados no dinamômetro a partir da dinâmica do teste executado (Tabela 2).

Figura 11: Série 1 de abdução (pico de dados positivos) e adução (pico de dados negativos) com 5 repetições a $90^\circ/s$ sem LED (controle – dia 1) – dados brutos. Cada sequência de dados alternados (positivos e negativos) equivale a uma repetição.



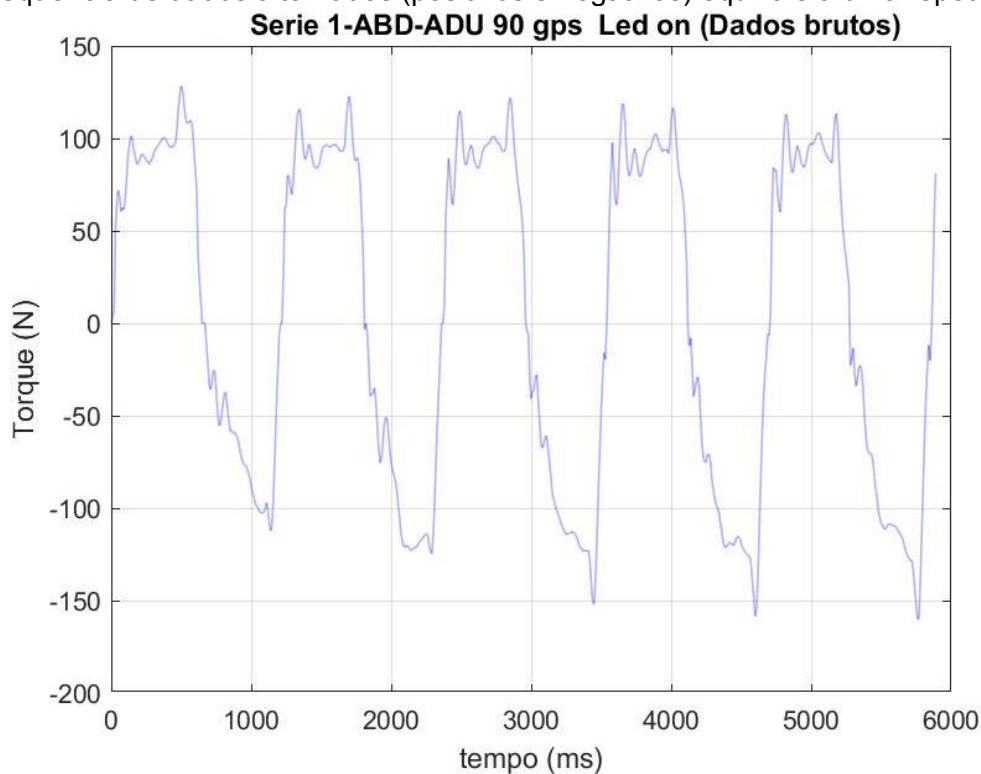
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 12: Série 1 de abdução (pico de dados positivos) e adução (pico de dados negativos) com 5 repetições a 90°/s com LED desligado (placebo – dia 2) – dados brutos. Cada sequência de dados alternados (positivos e negativos) equivale a uma repetição.



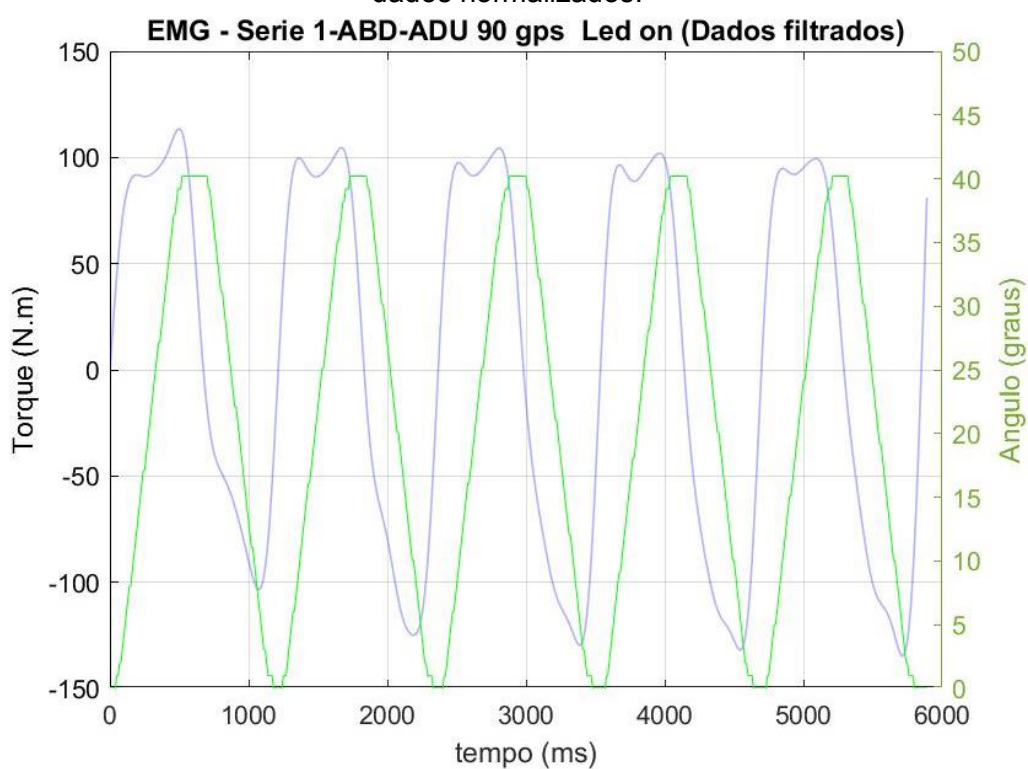
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 13: Série 1 de abdução (pico de dados positivos) e adução (pico de dados negativos) com 5 repetições a $90^\circ/s$ com LED ligado (irradiação – dia 3) – dados brutos. Cada sequência de dados alternados (positivos e negativos) equivale a uma repetição.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 14: Série 1 de abdução e adução com 5 repetições a $90^\circ/s$ com irradiação (dia 3) – dados normalizados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 2: Sequência de dados integrais do Torque registrado no dinamômetro a cada 10ms – valores positivos equivalem à fase de abdução e negativos à fase de adução (margem de erros e ruído destacados em amarelo).

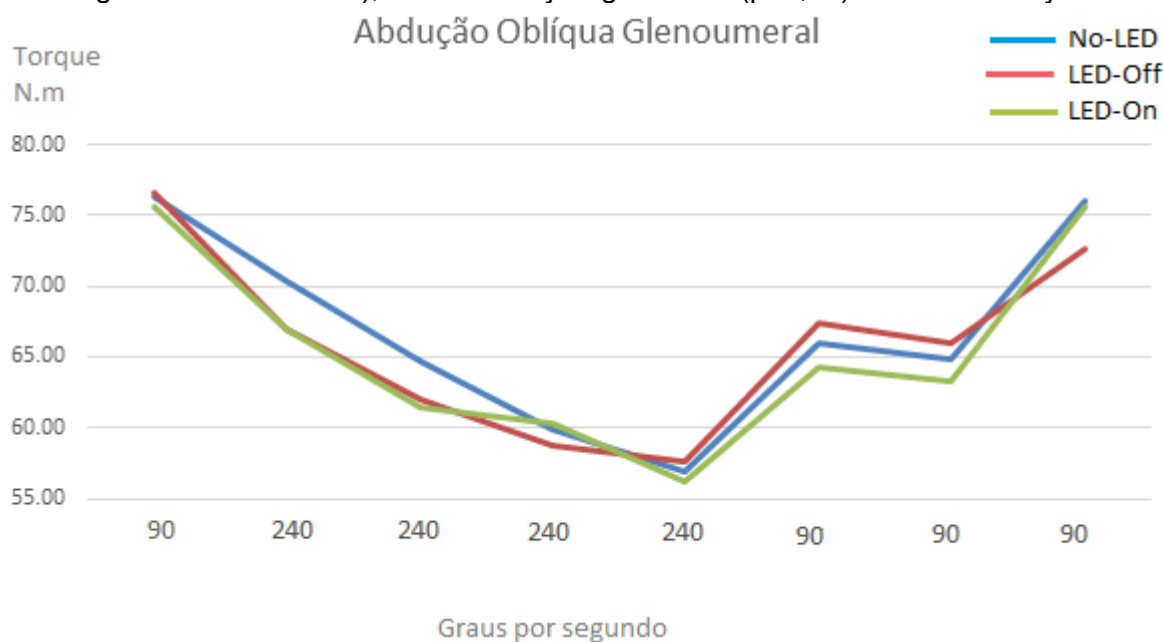
| SET - 1 (ABD-ADU - 90 graus/s) | | | | |
|--------------------------------|--------|----------|------------|----------|
| TIME | TORQUE | POSITION | POS (ANAT) | VELOCITY |
| mSec | N-M | Degrees | Degrees | DEG/SEC |
| 0 | 0.0 | 134.7 | 0 | 0.0 |
| 10 | 28.9 | 134.7 | 0 | 1.3 |
| 20 | 43.7 | 134.7 | 0 | 5.3 |
| 30 | 48.8 | 134.9 | 0 | 12.5 |
| 40 | 65.2 | 135.1 | 1 | 20.8 |
| 50 | 65.4 | 135.4 | 1 | 32.0 |
| 60 | 59.1 | 135.8 | 1 | 45.7 |
| 70 | 58.9 | 136.4 | 2 | 57.6 |
| 80 | 55.6 | 137.1 | 3 | 69.2 |
| 90 | 60.2 | 137.9 | 3 | 79.6 |
| 100 | 65.4 | 138.8 | 4 | 89.4 |
| | | | | |
| 1630 | 112.0 | 173.6 | 39 | 48.1 |
| 1640 | 105.0 | 174.0 | 40 | 37.2 |
| 1650 | 88.5 | 174.2 | 40 | 28.0 |
| 1660 | 73.6 | 174.4 | 40 | 20.2 |
| 1670 | 67.0 | 174.6 | 40 | 13.7 |
| 1680 | 62.4 | 174.7 | 40 | 10.6 |
| 1690 | 55.7 | 174.8 | 40 | 8.2 |
| 1700 | 45.7 | 174.8 | 40 | 6.1 |
| 1710 | 33.4 | 174.9 | 40 | 3.5 |
| 1720 | -23.3 | 174.9 | 40 | 2.3 |
| 1730 | -4.5 | 174.9 | 40 | 0.7 |
| 1740 | -2.0 | 174.9 | 40 | -2.3 |
| 1750 | -14.4 | 174.8 | 40 | -11.3 |
| 1760 | -34.6 | 174.6 | 40 | -21.6 |
| 1770 | -40.5 | 174.2 | 40 | -35.0 |
| 1780 | -47.9 | 173.7 | 39 | -54.9 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

As figuras 15 e 16 apresentam os resultados do torque médio alcançado pelos participantes nas oito séries nos movimentos de abdução e adução, respectivamente. As séries um, seis, sete e oito foram de 5 repetições a 90°/s, e da série dois à série

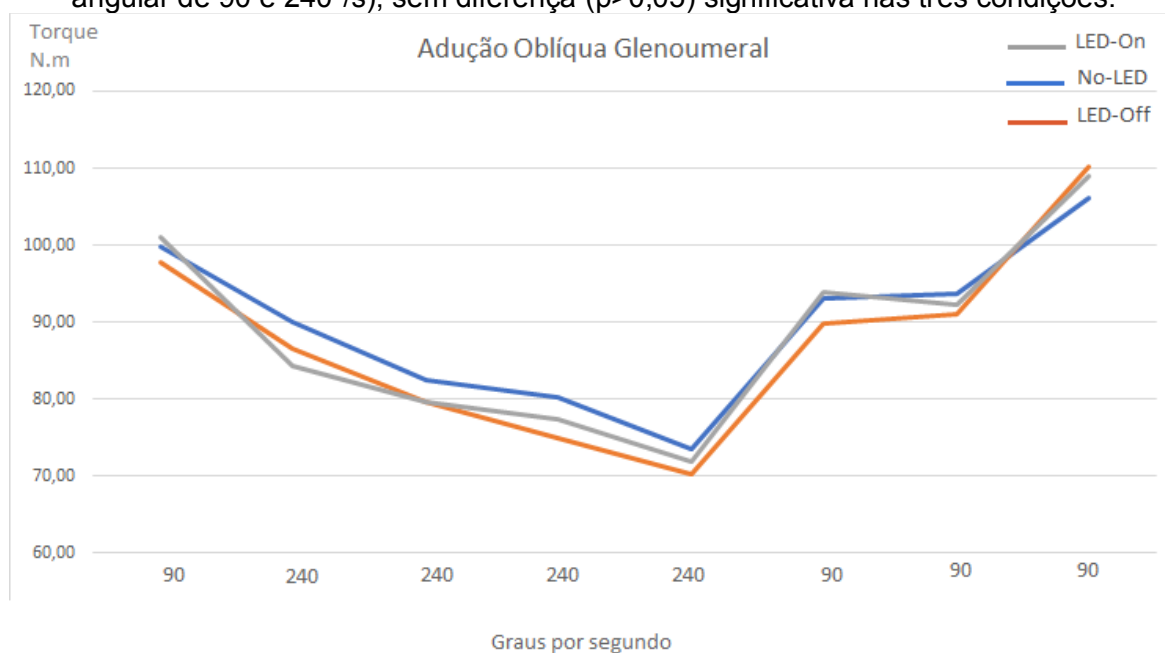
cinco foram de 10 repetições a 240°/s. Houve diferença no torque médio gerado entre as séries, demonstrando que o protocolo foi suficiente para indução de fadiga. Porém, a média do torque entre os grupos, não apontou diferença significativa nas condições de irradiação com LED, sem irradiação ou com a aplicação da manta desligada (placebo), para abdução ou adução.

Figura 15: Torque médio dos 14 participantes da abdução oblíqua glenoumeral nas condições sem LED, com LED desligado e com irradiação, nas 8 séries do protocolo (10s de intervalo entre as 7 primeiras séries e 600s de intervalo entre a 7ª e 8ª séries - velocidade angular de 90 e 240°/s), sem diferença significativa ($p > 0,05$) nas três condições.



Fonte: Elaborado pelo autor.

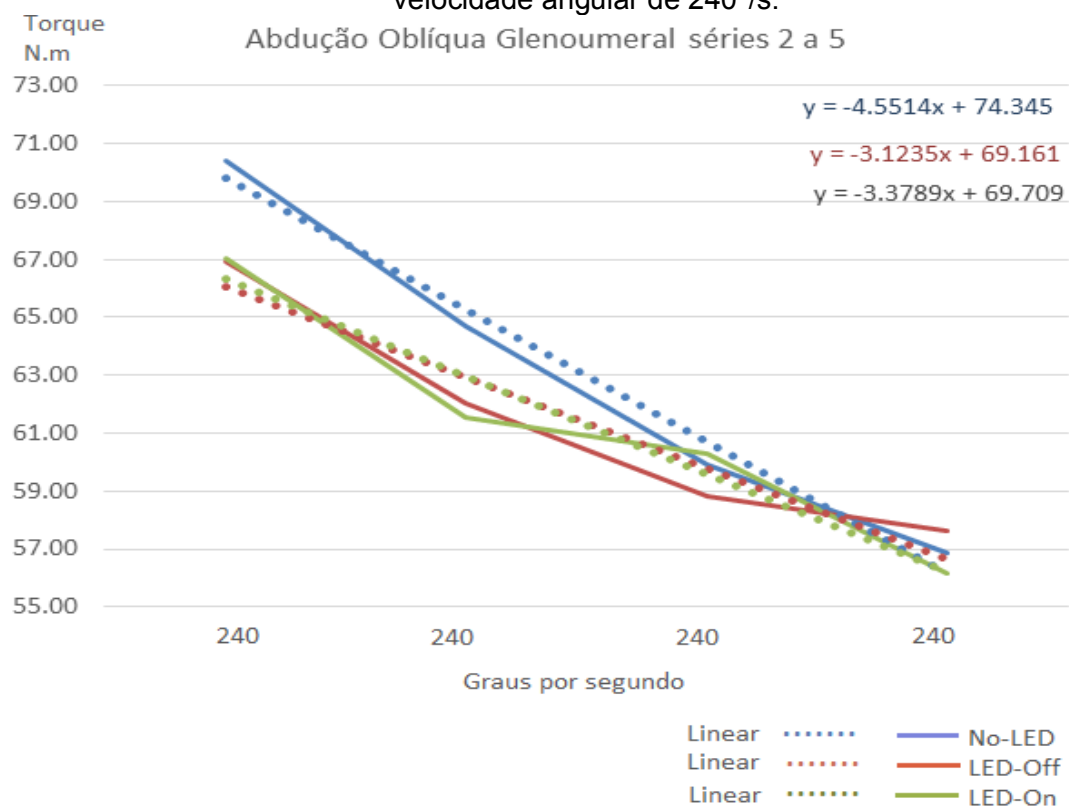
Figura 16: Torque médio dos 14 participantes da adução oblíqua glenoumeral nas condições sem LED, com LED desligado e com irradiação, nas 8 séries do protocolo (10s de intervalo entre as 7 primeiras séries e 600s de intervalo entre a 7ª e 8ª séries - velocidade angular de 90 e 240°/s), sem diferença ($p > 0,05$) significativa nas três condições.



Fonte: Elaborado pelo autor.

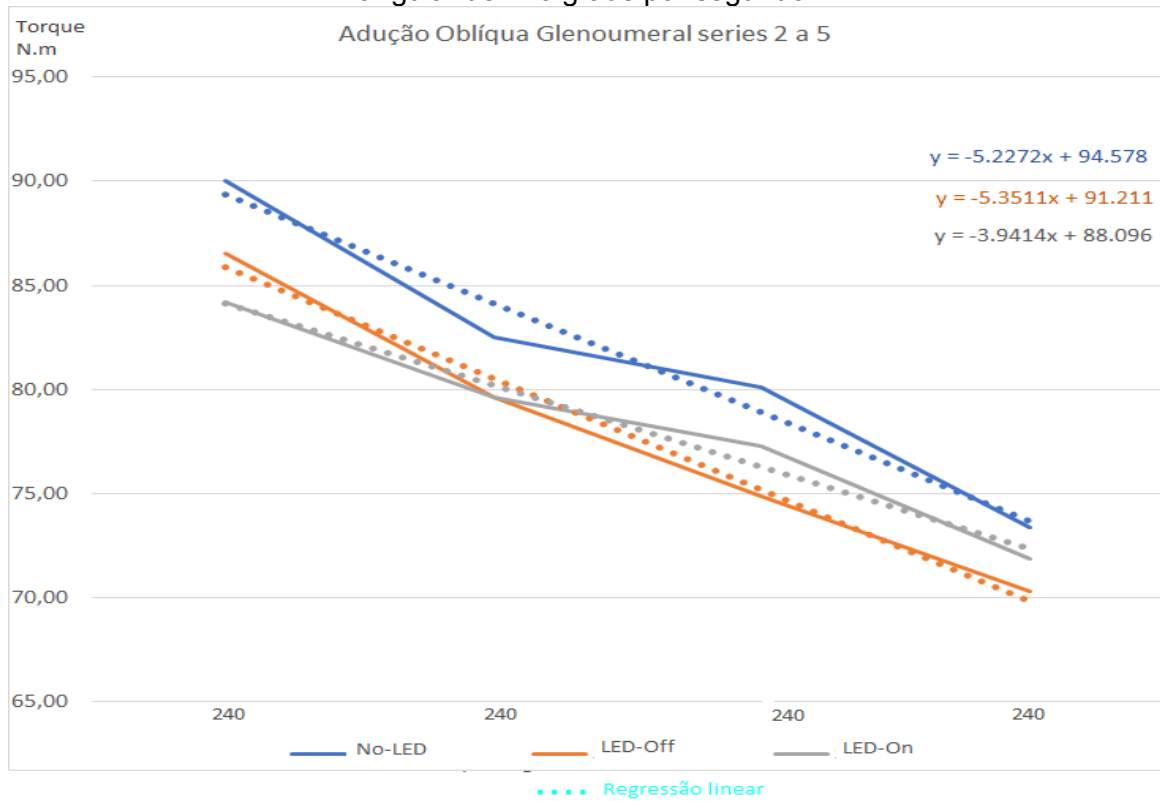
Os resultados da análise demonstraram também o comportamento do grupo no movimento de abdução, apenas para as séries dois, três, quatro e cinco, considerando as mesmas condições de irradiação por LED, e realizada uma regressão linear para cada variação. Embora a inclinação angular das retas com irradiação de LED serem menores que a condição sem irradiação, não foi encontrada diferença significativa ($p > 0,05$) entre as condições, tanto para o movimento de abdução quanto para o de adução (Fig. 17 e 18, respectivamente).

Figura 17: Regressão linear para o torque médio, entre 14 participantes, de abdução oblíqua glenoumeral entre as séries dois a cinco, com intervalo de 10s entre elas, na velocidade angular de 240°/s.



Fonte: Elaborado pelo autor.

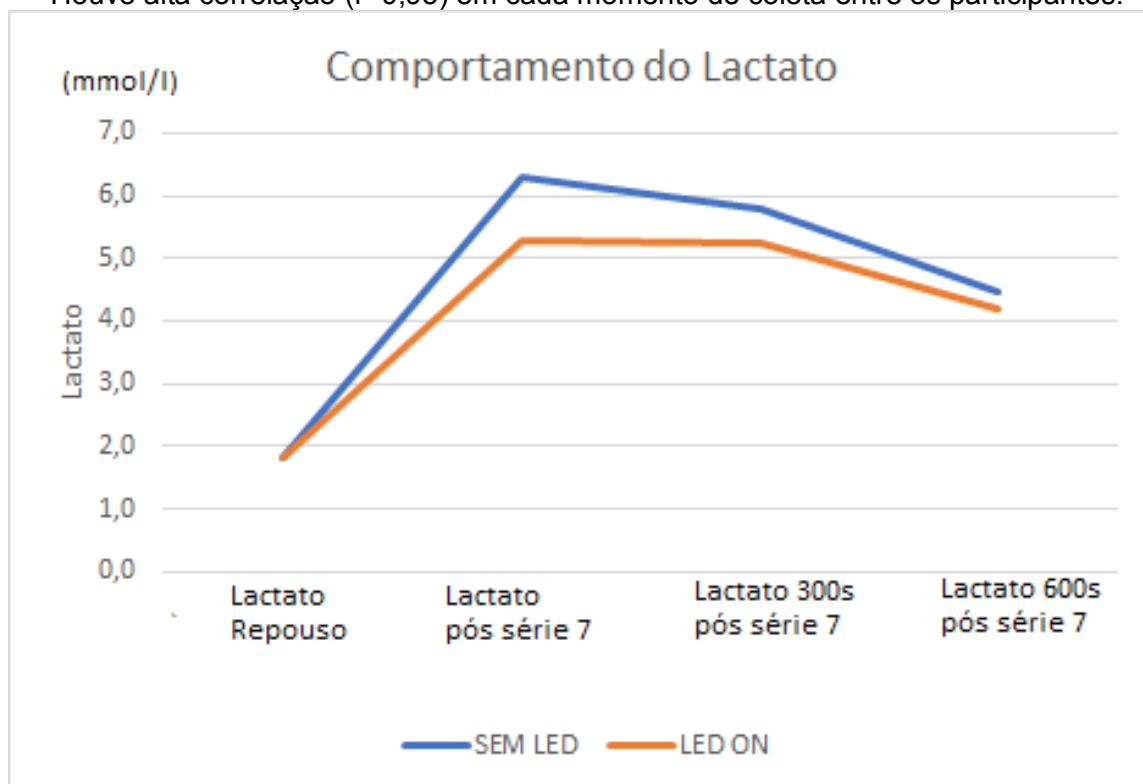
Figura 18: Regressão linear para o torque médio, entre 14 participantes, de adução oblíqua glenoumeral entre as séries dois a cinco, com intervalo de 10s entre elas, na velocidade angular de 240 graus por segundo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi verificado o comportamento do lactato sanguíneo ao longo de quatro momentos, como mostrado no gráfico, onde foi obtida elevada correlação $r = 0,95$, mas não houve diferença significativa entre as séries sem irradiação e com irradiação LED (Fig. 19), embora a linha de tendência com irradiação tenha ficado um pouco abaixo.

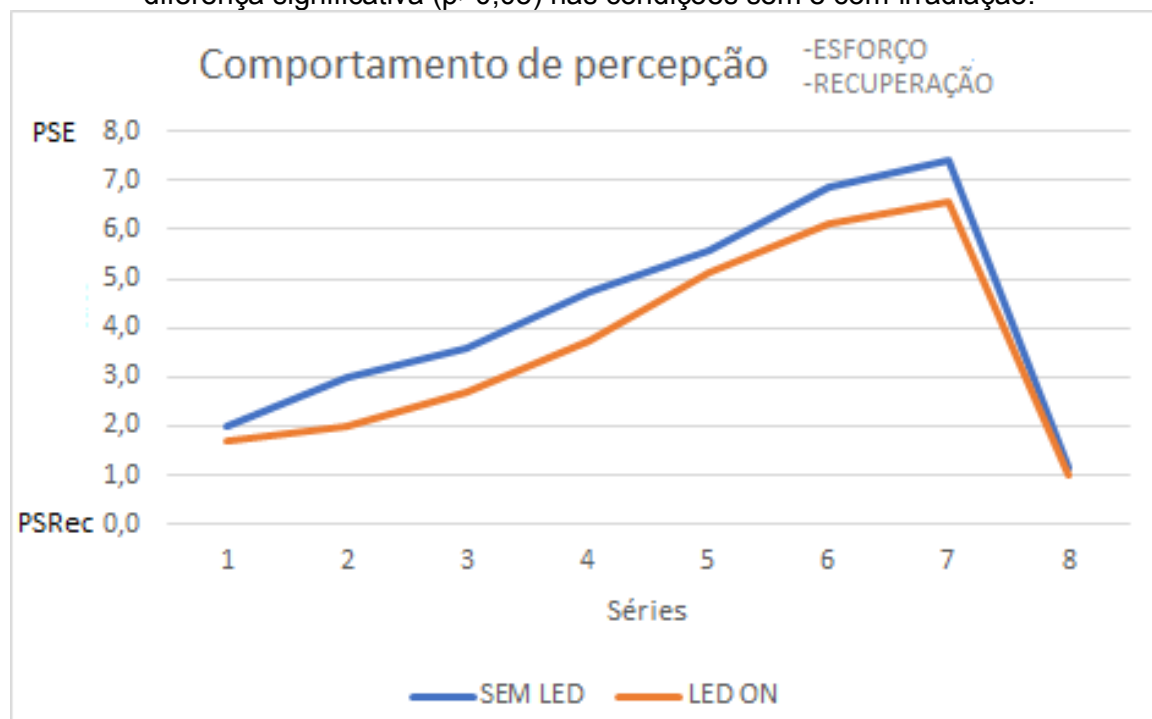
Figura 19: Variação média da concentração sanguínea de lactato em repouso e pós esforço de 7 participantes, sem diferença significativa ($P>0,05$) nas condições sem e com irradiação. Houve alta correlação ($r=0,95$) em cada momento de coleta entre os participantes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na figura 20 pode ser observado o comportamento da percepção de esforço (PSE) e de recuperação (PSRec) ao longo das 8 séries, demonstrando alta correlação $r = 0,95$, porém, não houve diferença significativa entre as séries sem irradiação e com irradiação LED. Mesmo sem diferença significativa, pode-se observar uma leve tendência com menor percepção de esforço para o grupo irradiado.

Figura 20: Variação média da PSE entre as séries 1 a 7 e da PSRec entre as séries 7 e 8, de 7 participantes, com alta correlação ($r=0,95$) da percepção relatadas, porém sem diferença significativa ($p>0,05$) nas condições sem e com irradiação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

6.2 Resultados do Estudo *In Vitro*

6.2.1 Fotobiomodulação em linhagem de células musculares C2C12

Células C2C12 foram dispostas em duas placas (grupo controle e irradiado) com 24 poços cada placa. Células foram irradiadas com dispositivo LED (Figura 21) a fim de verificar sua influência sobre a atividade mitocondrial, a viabilidade, e os componentes do citoesqueleto celular.

Figura 21: Linhagem de células C2C12 sendo irradiadas.

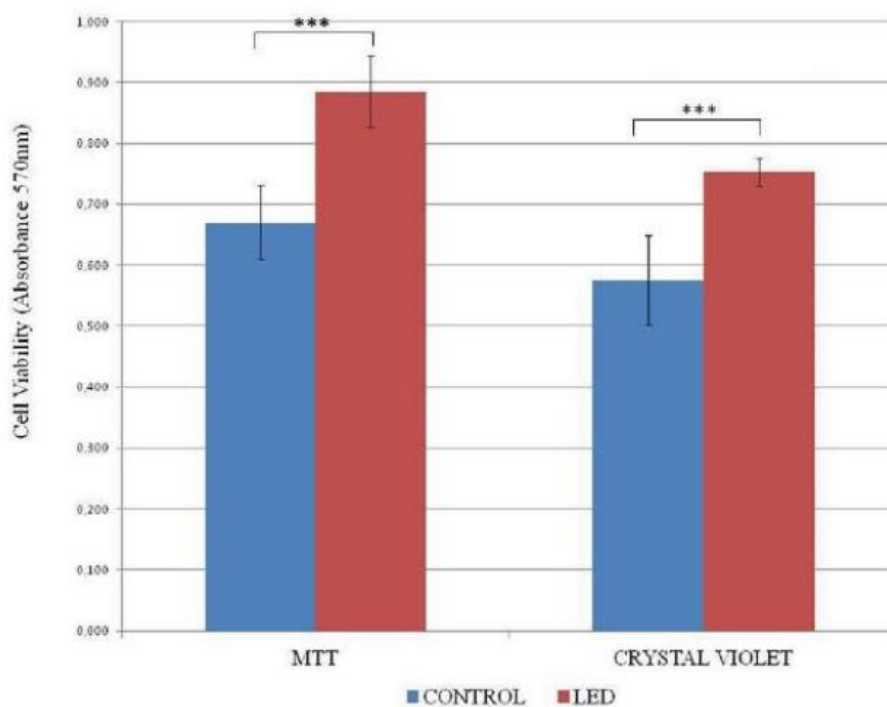


Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados do ensaio MTT para atividade mitocondrial, e cristais de Formazan para quantificar a viabilidade celular mostraram diferença significativa na comparação entre o grupo irradiado com o grupo controle (Figura 22 - MTT), com aumento significativo na atividade mitocondrial de 32% ($p < 0,001$), o que pode sugerir otimização no desempenho de células musculares com maior síntese de energia.

Na figura 8 pode ser observado que as células C2C12 tiveram aumento significativo ($p < 0,002$) de 30% após irradiação pelo dispositivo LED com relação às células não irradiadas. As células aderentes se desprendem das placas de cultura durante morte celular, o que resulta na redução da coloração de cristal violeta, sendo possível quantificar a viabilidade celular.

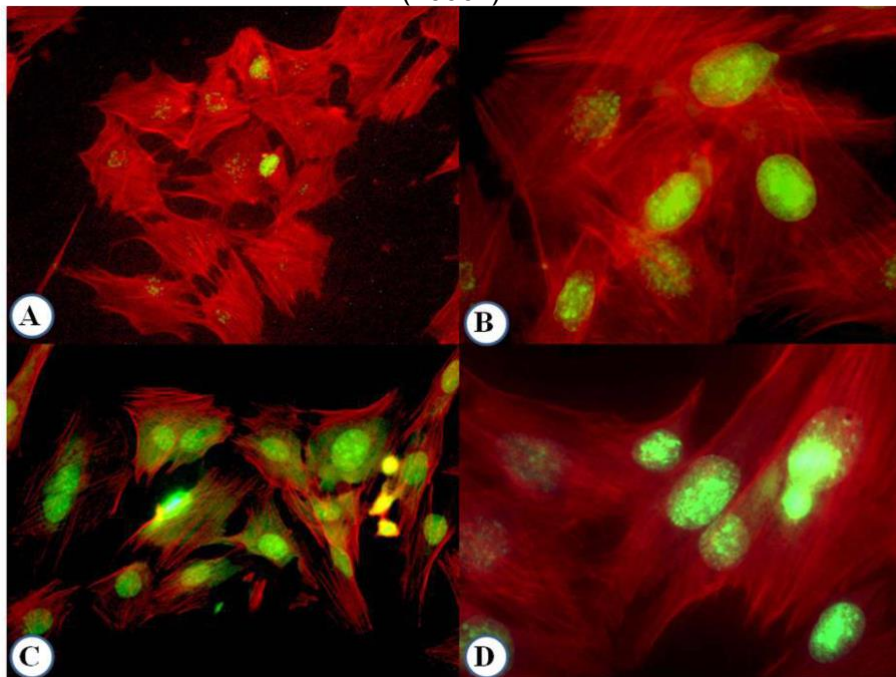
Figura 22: Atividade mitocondrial avaliada pelo teste colorimétrico MTT ($p < 0,001$) e viabilidade celular pelo Cristal Violeta ($p < 0,002$).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para avaliação do Citoesqueleto (corado com Rodamina Faloidina), e fluorescência para o Núcleo (corado com DAPI), com base na alteração nos filamentos de actina, foram observados resultados positivos através da irradiação pelo dispositivo LED conforme observados no MTT e Cristal Violeta (Figura 23). Quando se observa os filamentos não tratados com irradiação, estes se apresentam mais desalinhados (figura 23 A e 23 B), quando comparados com o melhor alinhamento e organização dos filamentos de actina nas células irradiadas (Figura 23 C e 23 D).

Figura 23: Análise do Citoesqueleto marcado com Rodamina Faloidina, Fluorescência com DAPI (núcleo) e Imagem de microscopia por fluorescência Leica DMLB (fotografia Leica MDS-30). A – Linhagem de células controle (400x); B – Linhagem de células controle (1000x); C – Linhagem de células irradiadas (400x); D Linhagem de células irradiadas (1000x).



Fonte: Elaborado pelo autor.

7 DISCUSSÃO

7.1 Estudo Clínico

Uma das funções básicas do *kumi-kata* é de realizar a puxada para promover o desequilíbrio do oponente e aplicar uma técnica de arremesso (IMAMURA *et al.*, 2006). Uma forma de avaliar o desempenho muscular, dentre outros o da puxada para promover o desequilíbrio do oponente durante a luta, é por meio do dinamômetro isocinético.

Este estudo buscou averiguar a variação do torque em condição de fadiga na simulação da puxada para o desequilíbrio e a influência da irradiação com LED sobre o desempenho no teste. Observou-se que houve redução do torque médio no decorrer do teste, já que o protocolo era sequencial (sete séries) com 10s de intervalo, observado entre as séries 1, 6 e 7 (90°/s), e entre as series 2 a 5 (240°/s).

O estudo de Ribeiro, Tierra-Criollo e Martins (2006), não demonstrou alteração no torque sob condições de fadiga promovida pela luta de judô comparado aos níveis de repouso, diferente do encontrado nesse trabalho que apresentou redução do torque causado pelas séries em sequência com pouco tempo de recuperação entre elas. A diferença entre os resultados se deu, possivelmente, devido aos diferentes protocolos aplicados entre os estudos.

Marcondes *et al.* (2019) avaliaram o desempenho muscular da articulação glenoumeral de atletas de judô de elite. Os movimentos propostos para a articulação do ombro foram: flexão e extensão, rotação interna e externa, e abdução e adução, e utilizaram o dinamômetro isocinético para as avaliações. Além da diferença de objetivos entre os trabalhos, uma das análises foi feita para o movimento de abdução e adução, porém no plano horizontal. Neste trabalho foi escolhido o movimento de abdução oblíqua da articulação do ombro (plano oblíquo), já que é o movimento mais próximo das características da puxada voltadas para promover o desequilíbrio do oponente. Outro aspecto relevante foi que no trabalho dos pesquisadores acima, os participantes não foram submetidos ao esforço físico, logo não teve objetivo de induzir qualquer situação de fadiga, como feito neste estudo, mas de avaliar a proporção entre movimentos da articulação do ombro em fases concêntricas de ação muscular. Sugere-se, portanto, estudos que avaliem a performance muscular com características de movimentos de forma mais específica.

Evidências científicas (KARU; PYATIBRAT; AFANASYEVA, 2004; KARU *et al.*, 2005; KARU, 2010), tem demonstrado que a fotobiomodulação a partir da irradiação nos comprimentos de onda vermelho e infravermelho tem receptores primários na mitocôndria, apresentando dentre outros efeitos, o aumento da síntese de energia (ATP) (KARU *et al.*, 2005). Com maior disponibilidade de energia sugere-se uma melhor performance muscular. Nesse trabalho foi verificada a influência de irradiação com LED no torque no movimento de abdução oblíqua. Diferente do preconizado em outro estudo (KARU *et al.*, 2005), que demonstrou maior síntese de energia pela aplicação de LED, neste trabalho não houve diferença significativa no torque com o uso da irradiação, comparado à condição sem irradiação.

O resultado apresentado entre as condições com ou sem irradiação não demonstrou diferença significativa, diferente dos resultados encontrado em outros estudos, os quais demonstraram que a irradiação de LED no comprimento de onda vermelho pode melhorar o processo metabólico (YEH; WU; CHENG, 2010), e no comprimento de onda infravermelho pode promover maior tolerância ao esforço máximo, maior potência muscular, e reduzida fadiga no sistema músculo esquelético (PAOLILLO, 2011). Todas essas capacidades foram avaliadas nesse estudo, mas os resultados não apresentaram diferença, possivelmente pelo fato de diferentes metodologias obterem resultados distintos.

Sugere-se que esse resultado possa ter sido em virtude do tempo de intervalo para irradiação. Embora o tempo de irradiação tenha indicação padrão do fabricante (600s), pode ter sido relativamente longo, fazendo com que mesmo sem irradiação a recuperação tenha sido semelhante. O tratamento com o dispositivo LED Sportllux, já obteve resultados positivos em outros estudos (GIROTTO; SÁ; SOUSA, 2022; LIMA; PACHECO-SOARES; SILVA, 2022; GARCEZ *et al.*, 2022; SUPINO; PACHECO-SOARES; SILVA, 2021), porém para diferentes aplicações da que foi proposta neste estudo.

Pesquisas com intuito de verificar diferentes tempos de irradiação podem fazer parte de outros estudos. Por ex. tempos de recuperação/irradiação parciais para efeito de comparação (200s, 400s e 600s).

Sugere-se que o efeito das séries em sequência que induziu fadiga muscular pode ser a base para validação de protocolos específicos para aplicações em diferentes estudos a fim de: variar o tempo de recuperação para verificar respostas

distintas, inclusive no tratamento com fotobiomodulação com diferentes dispositivos (LED ou laser), etc.

Uma das formas de avaliar o estímulo físico é por meio da PSE. Neste estudo foi verificado aumento nos valores da PSE no decorrer do protocolo. Esses resultados apontam que a indução de fadiga, já observada pela redução gradual do torque médio entre os grupos com a sequência dos estímulos, também foi observada pela maior percepção de esforço relatada pelos participantes. Porém, ao analisar entre grupos, com e sem irradiação LED, não foi observada diferença significativa, demonstrando que a irradiação não favoreceu melhor desempenho na PSE, porém, sugere-se tempos diferentes de irradiação ou resuperação sem irradiação, a fim de verificar se os resultados se mantem semelhantes. A PSRec também apresentou comportamento semelhante com e sem irradiação, sugerindo que a fotobiomodulação não promoveu melhor recuperação.

O lactato sanguíneo é uma substância que se torna mais presente com o aumento do esforço físico. Essa resposta aponta que uma maior demanda metabólica está ocorrendo, resultado de um aumento da produção de energia pela via glicolítica. Um dos objetivos foi induzir o aumento da concentração de lactato pelo esforço da simulação da puxada no judô, já que são encontradas elevadas concentrações de lactato durante os combates, caracterizando o judô como predominantemente anaeróbio láctico. Evidente que as outras vias (anaeróbia aláctica e aeróbia) também são relevantes para a competição de judô, porém, faz-se necessário o incremento da resistência anaeróbia para suportar o estresse físico da competição.

Nesse estudo, houve aumento da concentração de lactato após esforço comparado aos valores de repouso. Porém, ficou próximo ao limiar anaeróbio (aproximadamente 4mmol de lactato), diferente das elevadas concentrações encontradas na luta. Independente dos valores alcançados nesse estudo, não houve diferença significativa entre os grupos com ou sem irradiação. Suge-se maior esforço induzido pelo protocolo, a fim de aumentar a concentração de lactato acima do limiar anaeróbio e averiguar se pode haver maior resposta da fotobiomodulação.

Estudo de De Marchi *et al.* (2022), apontou que a fotobiomodulação pode melhorar o processo oxidativo resultando no incremento do desempenho físico e reduzindo a fadiga os os danos musculares causados pelo exercício de alta intensidade. Tal resultado não foi encontrado nesse estudo, possivelmente pelo motivo de que o esforço não gerou estresse metabólico de alta intensidade.

Já outro estudo (FLORES *et al.*, 2023), assim como o apresentado nesses resultados, não demonstraram melhora da *performance* anaeróbia em ciclistas por meio da fotobiomodulação, tampouco melhorou o desempenho físico em judocas (ORSSATTO *et al.*, 2019).

7.2 Estudo *In Vitro*

A irradiação com dispositivo LED induziu efeito significativo na cultura de células C2C12. A viabilidade celular e atividade mitocondrial foram maiores significativamente após a irradiação. A fluorescência de microscopia mostrou um melhor alinhamento dos componentes do citoesqueleto das células C2C12 após a irradiação.

A viabilidade, proliferação e citotoxicidade celular são observadas pelo ensaio MTT, usado para medir a atividade metabólica celular. Este ensaio colorimétrico é baseado na redução de um sal de tetrazólio amarelo em cristais roxos de formazan por células metabolicamente ativas (VISTICA *et al.*, 1991).

Nesse estudo *in vitro*, houve aumento da atividade mitocondrial. A resposta celular a partir da irradiação é determinada pela absorção de energia pelas moléculas presentes nas mitocôndrias, sendo a Citocromo C Oxidase presente no complexo IV da cadeia mitocondrial a principal, que converte fótons em sinais que estimulam processos celulares, modulando vias de sinalização, produção de espécies reativas de oxigênio, ATP, Ca²⁺ e outros eventos metabólicos nas células (YU; NAIM; LANZAFAME, 1994; SOMMER, 2019), resultando em aumento na síntese de ATP, e aumento na atividade da creatina quinase quando o músculo gastrocnêmio de ratos é irradiado (AVNI *et al.*, 2005).

Os resultados da viabilidade celular com o ensaio Crystal Violeta corroboram com os encontrados por Turrioni *et al.* (2015), e Li, Leu e Wu (2010), os quais demonstraram em seus experimentos aumento do número de células após a irradiação com LED, o que parece estar relacionada à ativação do citocromo C oxidase, que aumenta os níveis na cadeia respiratória e de ATP (FROIO *et al.*, 2017).

Os resultados *in vitro* do presente estudo demonstraram que o sinergismo da irradiação do LED (660nm e 850nm) induziu a proliferação de células C2C12, o que pode-se sugerir que a irradiação pode promover recuperação mais rápida de lesões esportivas no sistema muscular.

Ricci *et al.* (2009) investigaram os efeitos da fotobiomodulação com laser na morfologia da célula endotelial, concluindo seus efeitos na organização do citoesqueleto endotelial.

Os resultados do presente estudo *in vitro* mostraram também alinhamento dos componentes do citoesqueleto em relação à célula não irradiada. Essa organização dos componentes do citoesqueleto contribui para maior força de contração muscular. A principal função do citoesqueleto é providenciar à célula sua forma e resistência mecânica à deformação (ALBERTS *et al.*, 2008). Um exemplo de ação realizada pelo citoesqueleto é a contração muscular, promovida por grupos de células especializadas agindo em sincronia. Os microfilamentos são os principais componentes presentes no citoesqueleto, que são compostos da proteína celular mais abundante conhecidos como filamentos de actina (COOPER, 2000).

Essa melhor organização do citoesqueleto observada no estudo *in vitro* não corroborou com o estudo clínico, já que não houve diferença significativa no torque. Alberts *et al.* (2008) sugerem maior força de contração pelo melhor alinhamento do citoesqueleto da célula, fator promovido pela fotobiomodulação, resultado não encontrado no estudo clínico desse trabalho.

7.3 Estudo Clínico e Estudo *In Vitro*

A melhora do desempenho atlético por meio da fotobiomodulação tem sido objeto de estudo na literatura (BARBOSA *et al.*, 2017; DUTRA *et al.*, 2022; GARCEZ *et al.*, 2021; LI *et al.*, 2023).

No estudo *in vitro* dessa pesquisa houve aumento da viabilidade celular o que pode representar maior síntese de ATP por meio da fotobiomodulação. No estudo clínico, esperava-se melhora do desempenho ou maior recuperação muscular, como encontrado no estudo de Correa *et al.* (2022).

Resultados apresentados por uma revisão sistemática (OLIVEIRA *et al.*, 2023) demonstraram melhora da contração voluntária máxima, melhor consumo de oxigênio, aumento do tempo para atingir exaustão e fadiga resultando em mais resistência muscular, e diminuição dos níveis de creatina quinase (CK), menor estresse oxidativo e redução do volume de marcadores sanguíneos de fadiga, principalmente quando irradiado antes do exercício. Estas respostas não corroboraram com os resultados do estudo clínico mesmo os participantes tendo sido irradiados antes e após o protocolo.

Sugere-se, porém, que as respostas positivas da fotobiomodulação do estudo *in vitro* estão em concordância com a revisão apresentada por Oliveira *et al.* (2023).

A hipótese era de que maior síntese de ATP pudesse resultar no melhor desempenho ou melhor recuperação com menos acúmulo de lactato por maior disponibilidade de energia, como ocorreu no estudo *in vitro*, porém, isso não ocorreu, assim como no estudo de Flores *et al.* (2023), que analisaram o desempenho anaeróbico de ciclistas e não encontraram efeito positivo pela fotobiomodulação.

O protocolo do estudo clínico consistiu em movimento isolado da puxada, talvez não promovendo esforço semelhante ao que ocorre durante o treinamento, o qual o atleta é submetido, combinando a puxada com movimentos rápidos e fortes dos membros inferiores para aproximação e suspensão do oponente, e por vezes finalizando com um arremesso. O movimento mais isolado pode não ter sido suficiente para gerar a fadiga pretendida, já que os atletas estão acostumados a treinos extenuantes, logo não levando o atleta próximo à exaustão, não apresentando diferença nas condições com ou sem irradiação.

Outros estudos se fazem necessários a fim de verificar o efeito da fotobiomodulação em estudos clínicos ou *in vitro*, modificando a metodologia a fim de determinar padrões mais consistentes para o uso da fotobiomodulação.

8 CONCLUSÃO

Estudo clínico

O estímulo gerado pelo dinamômetro gerou fadiga, já que houve queda gradual no rendimento durante as 7 séries na simulação da puxada do judô no dinamômetro. Entre a sétima e oitava séries, em que houve 600s de intervalo, os participantes retornaram aos valores médios de torque, comparado à primeira série, mas sem diferença significativa nos protocolos com e sem irradiação e na condição placebo.

Os resultados não demonstraram diferença no desempenho do esforço nas condições de irradiação com LED, sem LED (controle) e com LED desligado (placebo).

A PSE apresentou aumento gradual entre as 7 séries de estímulo e a PSRec apresentou tempo suficiente para que retornassem aos valores próximo do início e demonstrou correlação elevada em seu comportamento. Porém, sem diferença significativa nas condições com ou sem irradiação com LED.

O lactato sanguíneo apresentou aumento significativo quando foram comparados os valores de repouso com o momento pós esforço. O comportamento médio da concentração do lactato apresentou comportamento com alta correlação. Porém, a análise estatística não apresentou diferença na concentração de lactato sanguíneo, entre os protocolos com ou sem irradiação.

A hipótese de que a fotobiomodulação melhoraria o desempenho musculoesquelético no torque não foi encontrado neste protocolo com a metodologia empregada.

Estudo *In vitro*

Os resultados demonstraram aumento significativo na atividade mitocondrial, sugerindo otimização no desempenho de células musculares podendo resultar maior síntese de energia.

Os resultados quanto à viabilidade celular mostraram diferença significativa na comparação entre o grupo irradiado com o grupo controle.

Quanto ao comportamento dos componentes do citoesqueleto de células musculares C2C12 após irradiação com LED foi observado melhor alinhamento e organização dos filamentos de actina.

REFERÊNCIAS

ACCUTREND® Plus. Disponível em: <https://www.corporate.roche.pt/pt/produtos-e-servicos/solucoes-diagnostico/point-of-care/autocontrolo/accutrend--plus.html>. Acesso em: 29 out. 2022.

ALBERTS, B. *et al.* **Molecular Biology of the Cell**. 5th. ed. [s.l]: Garland Science, 2008.

ALMEIDA, J. N. *et al.* Effects of photobiomodulation on muscle strength in post-menopausal women submitted to a resistance training program. **Lasers in Medical Science**, v. 35, n. 2, p. 355-363, 2020.

ANATOMIA do ombro: o ombro. **Dr. Diogo Bader**, 2023. Disponível em: . Acesso em: 14 jan. 2023.

ARCENIO, L. L. Use of ratings of perceived exertion in national journals of physical activity. **Rev Bras Fisiol Exerc**, v. 18, n. 1, p. 23-31, 2019.

AVNI, D. *et al.* Protection of skeletal muscles from ischemic injury: low-level laser therapy increases antioxidant activity. **Photomed Laser Surg.**, v. 23, p. 273-277, 2005.

AZUMA, R. H. E. *et al.* Photobiomodulation therapy at 808nm does not improve biceps brachii performance to exhaustion and delayed-onset muscle soreness in young adult women; a randomized, controlled, crossover trial. **Frontiers in Physiology**, v. 12, p. 1-9, 2021.

BALDARI, C. *et al.* Accuracy, reliability, linearity of Accutrend and Lactate Pro versus EBIO plus analyzer. **European Journal of Applied Physiology**, v. 107, n. 1, p. 105-111, 2009.

BARBOSA, R. *et al.* Effect of Low-Level Laser therapy and strength training protocol on hand grip by dynamometry. **Journal of Lasers in Medical Sciences**, v. 8, n. 3, p. 112-117, 2017.

BITTENCOURT, N. F. N. *et al.* Lesões articulares prévias são associadas ao desempenho muscular de jogadores de voleibol? **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 58, n. 1, 2023.

BONITCH-GÓNGORA, J. G. *et al.* The effect of lactate concentration on the Handgrip strength during judo bouts. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 7, p. 1863-1871, 2012.

BURDUKIEWICZ, A. *et al.* Asymmetry of musculature and hand grip strength in bodybuilders and martial artists. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v. 17, p. 1-11, 2020.

COOPER, G. M. "Actin, Myosin, and Cell Movement". *In: The Cell: A Molecular Approach*. 2nd. ed. Sunderland (MA): Sinauer Associates; 2000.

CORREA, M. J. C. *et al.* Ergogenic Effects of Photobiomodulation on Performance in the 30-Second Wingate Test: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled, Crossover Study. **J Strength Cond Res.**, v. 36, n. 7, p. 1901-1908, 2022.

COSTA, M. S. S. *et al.* Characteristics and prevalence of musculoskeletal injury in professional and non-professional ballet dancers. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 20, n. 2, 2016.

DE MARCHI, T. *et al.* Can Photobiomodulation Therapy (PBMT) Minimize Exercise-Induced Oxidative Stress? A Systematic Review and Meta-Analysis. **Antioxidants (Basel)**. V. 11, n. 9, 2022.

DELTOIDE: origem, inserção e ação. **Ciência do treinamento**. Disponível em: <https://cienciadotreinamento.com.br/deltoide-origem-insercao-e-acao-video/>. Acesso em: 15 mar. 2023.

DROUIN, J. M. *et al.* Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. **Eur J Appl Physiol**, v. 91, p. 22-29, 2004.

DUTRA, Y. M. *et al.* Acute Photobiomodulation by LED Does Not Alter Muscle Fatigue and Cycling Performance. **Med Sci Sports Exerc**, v. 52, n. 11, p. 2448-2458, 2020.

DUTRA, Y. M. *et al.* Deconstructing the Ergogenic Effects of Photobiomodulation: A Systematic Review and Meta-analysis of its Efficacy in Improving Mode-Specific Exercise Performance in Humans. **Sports Med**. V. 52, n. 11, p.2733-2757, 2022.

FAÇA FISIOTERAPIA. Anatomia, fisiologia e biomecânica do ombro. **Faça Fisioterapia**, 2016. Disponível em: <http://www.facafisioterapia.net/2016/05/anatomia-fisiologia-e-biomecanica-do.html>. Acesso em: 20 fev. 2023.

FERRARESI, C; HUANG, Y; HAMBLIN, M. R. Photobiomodulation in human muscle tissue: an advantage in sports performance? **J Biophotonics**, v. 9, n. 11-12, p. 1273-1299, 2016.

FILIPPIN, N. T; VIEIRA, W. H. B; COSTA, P. H. L. Reliability of isokinetic measurements of hip adductors and abductors. **Brazilian Journal of Physical Education and Sport**, v. 20, n. 2, p. 131-139.

FLORES, L. J. F. *et al.* Photobiomodulation does not improve anaerobic performance in well-trained cyclists. **Lasers Med Sci**. v. 38, n. 1, 2023.

FORSEY, J. D. *et al.* Whole-body photobiomodulation improves post-exercise recovery but does not affect performance or physiological response during maximal anaerobic cycling. **Lasers in Medical Science**, v. 38, n. 111, p. 1-10, 2023.

FOSTER, C. *et al.* A new approach to monitoring exercise training. **Journal of Strength and Condition Research**, v.15, p.109-115, 2001.

FRANCHINI, E. *et al.* Physiological Profiles of Elite Judo Athletes. **Sports Med**, v. 41, n. 2, p. 147-166, 2011.

FRANCHINI, E. *et al.* The physiology of judo-specific training modalities. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 0, n. 0, p. 1-8, 2013.

FRANCHINI, M. *et al.* Use of the CR100 scale for session rating of perceived exertion in soccer and its interchangeability with the CR10. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 11, n. 3, p. 388–392, 2016.

FROIO, J. L. *et al.* Acute effect of low-power laser in fatigue of biceps brachii of volleyball athletes. **Acute effect of low-power laser in fatigue of biceps brachii of volleyball athletes**, v. 23, n. 6, p. 431–435, 2017.

GARCEZ, A. *et al.* Effects of photobiomodulation on sport performance in swimming para-athletes – a case series. **Research in Sports Medicine**, p. 1-6, 2021.

GIROTTI, P. R; SÁ, E. C; SOUSA, A. G. Uso da fotobiomodulação para cicatrização de lesão por pressão em paciente em cuidados paliativos exclusivos: relato de caso. **Health Residencies Journal**, v. 3, n. 15, p. 37-49, 2022.

HAMILL, J; KNUTZEN, K. M. **Biomecânicas do movimento humano**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2008.

HEISKANEN, V; HAMBLIN, M. R. Correction: Photobiomodulation: lasers vs. light emitting diodes? **Photochem. Photobiol. Sci.**, v. 17, p. 1003-1017, 2018.

HELM, N. *et al.* Effects of judo-specific resistance training on kinetic and electromyographic parameters of pulling exercises in judo athletes. **Sportverl Sportschad**, v. 32, n. 2, p. 134-142, 2018.

HONORATO, R. C. *et al.* Differences in handgrip strength-endurance and muscle activation between Young male judo athletes and untrained individuals. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, p. 1-10, 2020.

IMAMURA, R. T. *et al.* A three-dimensional analysis of the center of mass for three different judo throwing techniques. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 5 (CSSI), p. 122-131, 2006.

JUDOCON. Uma verdadeira história de sucesso. Disponível em: <https://judocon.com.br/nossa-historia/>. Acesso em: 30 fev. 2023.

KARU, T. I; PYATIBRAT, L. V; AFANASYEVA, N. I. A Novel Mitochondria1 Signaling Pathway Activated by Visible-to-near Infrared Radiation. **Photochemistry and Photobiology**, v. 80, p. 366-372, 2004.

- KARU, T. I. *et al.* Absorption measurements of a cell monolayer relevant to phototherapy: Reduction of cytochrome c oxidase under near IR radiation. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 81, p.98-106, 2005.
- KARU, T. I. Multiple Roles of Cytochrome c Oxidase in Mammalian Cells Under Action of Red and IR-A Radiation. **IUBMB Life**, v. 62, n. 8, p. 607-610, 2010.
- KONS, R. L. *et al.* Effect of official judo matches on handgrip strength and perceptual responses. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v. 14, n. 1, p. 93-99, 2018.
- LASKOWSKI, R. *et al.* Lactate concentration during one-day male judo competition: A case study. **Archives Of Budo. Science Of Martial Arts**, v.8, n.1, p. 50-57, 2012.
- LEA, J. W. D. *et al.* Validity and reliability of the 'isometric exercise scale' (IES) for measuring ratings of perceived exertion during continuous isometric exercise. **Scientific Reports**, p. 11-20, 2021.
- LI, B. M. *et al.* The Effects of Photobiomodulation on Knee Function, Pain, and Exercise Tolerance in Older Adults: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. **Arch Phys Med Rehabil**. S0003-9993, n. 23, 2023.
- LI, W. T; LEU, Y. C; WU, J. L. Red-light light-emitting diode irradiation increases the proliferation and osteogenic differentiation of rat bone marrow mesenchymal stem cells. **Photomed Laser Surg**, v. 28, p. 157-165, 2010.
- LIMA, E; PACHECO-SOARES, C; SILVA, N. S. Photobiomodulation assay of muscle cells C2C12 after irradiation with LED device. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 6, 2022.
- LIPPERT, L. S. **Cinesiologia clínica para fisioterapeutas**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.
- LIPKO, N. B. Photobiomodulation: Evolution and Adaptation. **Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery**, v. 40, n. 4, 2022.
- LOPES, P. B. *et al.* A systematic review of validity and reliability of perceived exertion scales to older adults. **Rev Psico del Deport / Journ of Sport Psychol**, v. 29, n. 4, p. 74-89, 2020.
- MALLIAROPOULOS, N; CALLAN, M; PLUIM, B. Judo, the gentle way. **Br. J. Sports Med.**, v. 47, n. 18, p. 1137, 2013.
- MARCON, G. *et al.* Structural analysis of action and time in sports: judo. **Journal of Quantitative Analysis in Sport**, v. 6, n. 4, p. 1-13, 2010.
- MARCONDES, F. B. *et al.* Shoulder isokinetic performance in healthy professional judo athletes: normative data. **Acta Ortop Bras**, v. 27, n. 6, p. 308-312, 2019.

MORISHITA, S. *et al.* Relationship between the rating of perceived exertion scale and the load intensity of resistance training. **Strength Cond J**, v. 40, n. 2, p. 94–109, 2018.

MOSER, T. *et al.* The deltoid, a forgotten muscle of the shoulder. **Skeletal Radiol**, v. 42, p. 1361-1375, 2013.

MÚSCULOS do membro superior: músculo deltoide. **Epifiseproximal**, [2013]. Disponível em: <https://epifiseproximal.files.wordpress.com/2013/11/mc3basculo-deltc3b3ide.jpg>. Acesso em: 15 mar. 2023.

OLIVEIRA, A. F. S. S. *et al.* A fotobiomodulação melhora o desempenho e a recuperação muscular? Uma revisão sistemática. **Rev Bras Med Esporte**, v. 29, 2023.

ORSSATTO, L. B. D. R. *et al.* Photobiomodulation Therapy Does Not Attenuate Fatigue and Muscle Damage in Judo Athletes: A Randomized, Triple-Blind, Placebo-Controlled Trial. **Front Physiol**, v. 26, n. 10, p. 1-11, 2019.

OZIMEK, M. *et al.* Acute Effects of Partial Range of Motion Resistance Training and Increases in Blood Lactate Impact Accuracy of Penalty Kicks in Soccer Players. **BioMed Research International**, v. 2022, p. 1-10, 2022.

PALMA, H. *et al.* Photobiomodulation Before Eccentric Fatigue Protocol in the Control of Pain and Muscle Damage Markers: A Double-Blind, Randomized Controlled Study. **Photobiomodul Photomed Laser Surg.**, v. 38, n. 12, p. 780-788, 2020.

PAOLILLO, F. R. **Efeitos da iluminação-LED (850nm) associada ao treinamento em esteira ergométrica em mulheres na pós menopausa**. 2011. 197f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

PEREIRA, A. S. *et al.* **Metodologia da pesquisa científica**. Santa Maria: UFSM, 2018.

RIBEIRO, S. R; TIERRA-CRIOLLO, C. J; MARTINS, R. A. B. L. Effects of diferente strengths in the judo fights, muscle electrical activity and biomechanical parameters in elite athletes. **Rev Bras Med Esporte**, v. 12, n. 1, p. 27-32, 2006.

RICCI, R. *et al.* Biomodulation with low-level laser radiation induces changes in endothelial cell actin filaments and cytoskeletal organization. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 95, p. 6–8, 2009.

SHINZATO, G.; BATISTELLA. Exercício isocinético – sua utilização para reabilitação e avaliação músculo-esquelética. **Âmbito Medicina Desportiva**, 1996.

SILVA, D. A. F. *et al.* Bioenergética do metabolismo celular: ATP e exercício físico. **Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício**, v. 8, n. 4, p. 2012-220, 2009.

SILVA, R. P. *et al.* Treinamento de resistência de flexores e extensores de joelho: existe relação entre o número de repetições semanais e equilíbrio de agonistas antagonistas? **Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício**, v. 20, n. 5, p. 519-531, 2021.

SOMMER, A. P. Revisiting the photon/cell interaction mechanism in low-level light therapy. **Photobiomodul Photomed Laser Surg**, v. 37, p. 336-341, 2019.

SPORTLLUX. **Sportllux advanced pro**. Disponível em: <https://www.sportllux.com.br/produtos/sportllux-advanced-pro>. Acesso em: 27 set. 2022.

STAMBOROWSKI, S. F. *et al.* The influence of photobiomodulation on the temperature of the brachial biceps during muscle fatigue protocol. **Lasers Med Sci.**, v. 36, n. 8, p. 1741-1749, 2021.

SUPINO, C; PACHECO-SOARES, C; SILVA, N. S. Effects of photobiomodulation on the growth of intestinal bacteria. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, 2021.

TAVARES JÚNIOR, A. C. *et al.* Correlation of the Handgrip Strength and Body Composition Parameters in Young Judokas. **Int J Environ Res Public Health**, v. 20, n. 3, 2023.

TORRES-LUQUE, G. *et al.* Physical and Physiological Characteristics of Judo Athletes: An Update. **Sports**, v. 4, n. 20, p. 1-12, 2016.

TRAVERZIM, M. A. *et al.* The Effect of Photobiomodulation on Analgesia During Childbirth: A Controlled and Randomized Clinical Trial. **Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery**, v. 39, n. 4, p. 265-271, 2021.

TSUK, S. *et al.* Does Photobiomodulation Therapy Enhance Maximal Muscle Strength and Muscle Recovery? **Journal of Human Kinetics**, v. 73, n. 1, p. 135–144, 2020.

TURRIONI, A. P. S. *et al.* Dose-responses of Stem Cells from Human Exfoliated Teeth to Infrared LED Irradiation. **Brazilian Dental Journal**, v. 26, p. 409-415, 2015.

VISTICA, V. T. *et al.* Tetrazolium-based assays for cellular viability: a critical examination of selected parameters affecting formazan production. **Cancer Res**, v. 51, p. 2515-2520, 1991.

YEH, N. G.; WU C. H.; CHENG T.A. Light-emitting diodes-their potential in biomedical applications. **Renew Sustain Energy Reviews**, v. 14, n.8, p. 2161-2166, 2010.

YU, W; NAIM, J. O; LANZAFAME, R. J. The effect of laser irradiation on the release of bFGF from 3T3 fibroblasts. **Photochemistry and Photobiology**, p. 167-170, v. 59, 1994.

ZEIN, R; SELTING, W; HAMBLIN, M. R. Review of light parameters and photobiomodulation efficacy: dive into complexity. **Journal of Biomedical Optics**, v. 23, n. 12, p. 1-17, 2018.

APÊNDICE A: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Dados de identificação

Título do Projeto: **FOTBIOMODULAÇÃO EM CÉLULAS MUSCULARES E NA ARTICULAÇÃO GLENOUMERAL EM SIMULAÇÃO DA PUXADA EM TÉCNICAS DE JUDÔ.**

Pesquisador Responsável: Prof. Me. Elessandro Váguino de Lima

Equipe executora: Prof. Dr. Newton Soares da Silva;

Profa. Dra. Mariana Aparecida do Nascimento Duque.

Instituição a que pertence o Pesquisador Responsável: **Universidade do Vale do Paraíba- Univap, IP&D – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento**

Telefones / E-mails para contato: (12) 98134-1282 - (12) 3947-1087 / dede@univap.br
– newton1105@outlook.com -

Nome do participante: _____

R.G. _____ Idade: ____ anos CÓDIGO _____

O Sr. está sendo convidado a participar do projeto de pesquisa que tem como tema Análise da força e resistência do músculo abductor do ombro na puxada do judô de responsabilidade do pesquisador Prof. Me. Elessandro Váguino de Lima. Este estudo tem por objetivo verificar a influência da aplicação de LED na recuperação e na melhora do desempenho da puxada para o desequilíbrio de atletas de judô. Esperamos que sejam identificados possíveis benefícios do uso de LED para melhorar a força e para a recuperação da fadiga na puxada. Os resultados deverão ser publicados em revista científica e/ou congresso da área servindo como base para futuras pesquisas envolvendo o melhor desempenho na puxada para o desequilíbrio no judô. Você terá uma avaliação sobre resistência e força de puxada, o que poderá servir de base para sua preparação para futuras competições dessa modalidade.

Sua participação consistirá em três coletas em dias distintos com intervalo de uma semana no Laboratório de Biodinâmica (bloco 7) da Universidade do Vale do Paraíba situada na Avenida Shishima Hifumi, 2911, UNIVAP – Bairro URBANOVA, São José dos Campos - SP. Você será registrado em código nos três grupos:

- Dia 1 – sem aplicação de LED;
- Dia 2 e 3 – com aplicação de LED.

O procedimento será o mesmo para todos, apenas diferindo quanto a utilização do LED. Antes de iniciar o teste você fará um aquecimento com puxada específica do judô com auxílio de um outro participante, sendo 5 séries de 10 puxadas para o lado esquerdo, com intervalo de 10 segundos entre as séries. Após o aquecimento você irá se posicionar sentado no equipamento e será medido o ângulo da realização do movimento, o qual consiste na simulação da puxada do judô, afastando seu braço lateralmente do corpo e retornando à posição inicial. Você fará o teste com o lado de preferência da puxada da manga do judô. Você fará 8 séries do movimento com a seguinte combinação: entre as séries da primeira até a 7ª, os intervalos serão de 10 segundos, e entre a 7ª e a 8ª série, o intervalo será de 10 minutos. A primeira série será de 5 repetições, da segunda até a 5ª será de 10 repetições e da 6ª série até a 8ª serão de 5 repetições novamente. As séries 1, 6, 7 e 8 são de 5 repetições, porém mais pesadas. As séries 2, 3, 4 e 5 são de 10 repetições, porém, mais leves. Nos intervalos entre as séries você irá responder sobre sua percepção de esforço (cansaço) com uma numeração de zero a dez, sendo zero (0) - nenhum esforço ou cansaço percebido, até dez (10) - máximo de esforço ou de cansaço percebido. Antes de iniciar a 8ª série, você irá responder sobre sua percepção de recuperação, ou seja, o quanto sente que recuperou nesse intervalo de descanso, com uma numeração de zero a dez, sendo dez (10) - não recuperou nada, e zero (0) - totalmente recuperado. A aplicação do LED será feita nos dias 2 e 3 após o aquecimento, antes de iniciar a primeira série, e nos dez minutos de descanso entre a 7ª e 8ª série.

No primeiro e no último dia de teste, também será coletada uma gota de sangue da polpa do dedo, que será colocada numa pequena fita e inserida em um equipamento portátil para verificar a concentração de lactato, que é uma substância presente no sangue que produzimos normalmente, mas que tem sua quantidade aumentada quando praticamos exercícios. Para esta coleta será feita a higienização da polpa do dedo e o material para o furo no dedo será descartável. Após o furo no dedo será feita a higienização novamente da polpa do dedo e oferecido o curativo tipo Band-Aid para evitar infecção. Esse pequeno furo no dedo é semelhante ao procedimento de verificação de glicemia ou teste de anemia antes de doação sangue. Todo o material utilizado na coleta será descartável e o pesquisador irá utilizar luvas cirúrgicas

descartáveis e deverá trocá-las a cada coleta, além da higienização das mãos com álcool em gel 70% pelo pesquisador e por você, participante da pesquisa. Durante toda a coleta o pesquisador e você utilizarão máscara de acordo com exigências do comitê de controle COVID19, a fim de evitar contágio da doença. Os dados obtidos serão salvos em computador de acesso liberado somente ao pesquisador, onde você será identificado por números e/ou letras, sem nenhum registro de fotos, mantendo o sigilo.

Durante sua participação pode ocorrer desconforto quanto ao cansaço, mesmo sendo o movimento semelhante ao que realiza durante o treinamento de judô. Para minimizar o desconforto do cansaço após o teste você poderá se recuperar deitado em uma maca no laboratório. No teste há risco de lesão, porém, isso será minimizado pela execução de aquecimento específico de puxada antes de realizar o teste. Você pode ficar apreensivo pelo furo no dedo, porém, o procedimento é instantâneo e só se tem a sensação de uma “picadinha” no dedo, e para reduzir o risco de contaminação os materiais utilizados serão descartáveis, assim como a luva utilizada pelo pesquisador e higienização das mãos.

Garantimos o sigilo e a confidencialidade das informações que você fornecer e a privacidade em sua participação na pesquisa. A qualquer momento, você pode se recusar a participar e se retirar da pesquisa, sem constrangimentos, penalidades ou qualquer prejuízo (caso esteja em acompanhamento ou tratamento, este permanece como está, nada muda). As informações e materiais obtidos não poderão ser utilizados para outra finalidade que não seja a desta pesquisa científica.

No caso de gastos decorrentes da participação nessa pesquisa (por exemplo, transporte e alimentação), você e seu acompanhante (caso tenha) serão imediatamente e integralmente ressarcidos. No caso de algum dano, imediato ou tardio, decorrente desta pesquisa, você também tem direito a ser indenizado pelo pesquisador, bem como a ter assistência gratuita, integral e imediata.

Sempre que desejar, você poderá entrar em contato para obter informações sobre a pesquisa, sobre sua participação ou outros assuntos relacionados à pesquisa, com o pesquisador responsável ou o orientador da pesquisa pelos telefones e e-mails (12) 98134-1282 - (12) 3947-1087 / dede@univap.br – newton1105@outlook.com. Você

também pode entrar em contato com o CEP – Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), corresponsável por garantir e zelar pelos direitos do participante da pesquisa, pelo telefone (12) 3947-1111, pelo e-mail cep@univap.br ou pessoalmente na Av. Shishima Hifumi, 2911, Urbanova – Bloco 11 – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento II, sala 33, de segunda a sexta-feira, das 08:00h às 12:00h.

Ao assinar esse termo de consentimento você autoriza o acesso à informação sobre sua condição de saúde pelo exame cardiológico, sendo um critério que poderá excluí-lo da pesquisa caso alguma alteração seja apontada pelo cardiologista, a fim de preservar sua integridade física.

Este termo está elaborado em duas vias, rubricadas em todas as suas páginas e assinadas, ao seu término, por você, participante da pesquisa e pelo pesquisador, sendo uma das vias entregue a você participante.

Eu, _____, fui informado e concordo em participar, voluntariamente, do projeto de pesquisa acima descrito.

São José dos Campos, _____ de _____ de _____

Nome e assinatura do participante

Elessandro Váguino de Lima

Testemunha

Testemunha

APÊNDICE B: CURRÍCULOS DOS PESQUISADORES

Os currículos do orientador, do aluno e assistente podem ser encontrados na plataforma *lattes*:

Orientador:

Prof. Dr. Newton Soares da Silva

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4559880584927578>

Equipe executora:

Elessandro Váguino de Lima

Aluno de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8343347842754813>

Equipe executora – assistente:

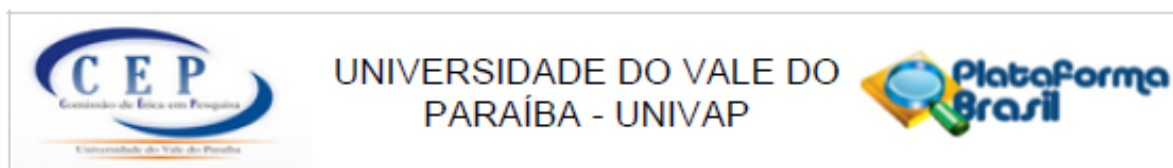
Mariana Aparecida do Nascimento Duque

Aluna de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica

Especialista em Biomecânica pela FMU

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2688853841788417>

APÊNDICE C: APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Fotobiomodulação na articulação glenoumeral em simulação da puxada em técnicas de judô no dinamômetro isocinético

Pesquisador: ELESSANDRO VAGUINO DE LIMA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 52797721.4.0000.5503

Instituição Proponente: FUNDACAO VALEPARAIBANA DE ENSINO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.172.919

Apresentação do Projeto:

A pesquisa realizada com judocas de 18 a 35 anos, com o intuito de verificar o desempenho da simulação de Puxada em condições de fadiga.

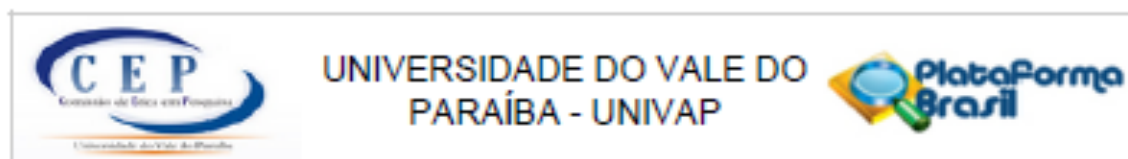
As informações elencadas nos campos apresentação do projeto, objetivo de pesquisa e avaliação dos riscos e benefícios foram retiradas do arquivo Informações Básicas do Projeto (formulário online da Plataforma Brasil).

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

O objetivo dessa pesquisa será de analisar o efeito da fotobiomodulação pela aplicação de manta de LED-650/850nm no torque e fadiga muscular nas fases de abdução e adução da articulação glenoumeral em simulação da puxada do judô no dinamômetro isocinético.

Endereço: Av. Shishima Hifumi, 2911 - Bloco 11 (IP&D), Sala 33
Bairro: Urbanova **CEP:** 12.244-000
UF: SP **Município:** SAO JOSE DOS CAMPOS
Telefone: (12)3947-1111 **Fax:** (12)3947-1149 **E-mail:** cep@univap.br



Continuação do Parecer: 5.172.919

selecionados, excluídos, retirados/descontinuados, concluintes (em cada centro, se for o caso, e no total). Ocorrendo participantes retirados/descontinuados, indicar principais razões disto. Ocorrendo "eventos sérios", indicar as condutas adotadas. Se houve pedido de indenização por danos causados por este estudo, indicar qual o dano e conduta tomada.

CEP-Univap - (12) 3947-1111

www.univap.br/cep

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

| Tipo Documento | Arquivo | Postagem | Autor | Situação |
|---|---|------------------------|----------------------------|----------|
| Informações Básicas do Projeto | PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1825929.pdf | 21/11/2021 15:41:05 | | Aceito |
| Projeto Detalhado / Brochura Investigador | Brochura_tese_Elessandro_21Novembro.pdf | 21/11/2021 15:30:11 | ELESSANDRO VAGUINO DE LIMA | Aceito |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | TCLE_21Novembro.pdf | 21/11/2021 15:22:01 | ELESSANDRO VAGUINO DE LIMA | Aceito |
| Outros | Carta_Resposta_21Novembro.pdf | 21/11/2021 15:15:41 | ELESSANDRO VAGUINO DE LIMA | Aceito |
| Cronograma | CRONOGRAMA_tese_Elessandro_21Novembro.pdf | 21/11/2021 15:09:11 | ELESSANDRO VAGUINO DE LIMA | Aceito |
| Outros | Escala_adaptada_de_Borg_21Novembro.pdf | 21/11/2021 11:49:53 | ELESSANDRO VAGUINO DE LIMA | Aceito |
| Folha de Rosto | folhaDeRostoDout_Elessandro17Outubro.pdf | 17/10/2021 18:10:05 | ELESSANDRO VAGUINO DE LIMA | Aceito |
| Orçamento | ORCAMENTO_tese_Elessandro.pdf | 25/09/2021 21:55:37 | ELESSANDRO VAGUINO DE LIMA | Aceito |
| Outros | autorizacao_participantes_pesquisa_Entidade.pdf | 25/09/2021 14:09:16 | ELESSANDRO VAGUINO DE LIMA | Aceito |

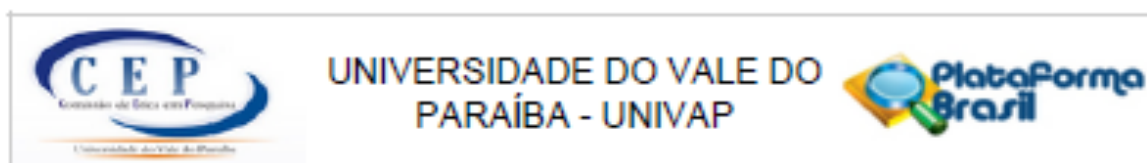
Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Av. Shishima Hiromi, 2911 - Bloco 11 (IP&D), Sala 33
 Bairro: Urbanova CEP: 12.244-000
 UF: SP Município: SAO JOSE DOS CAMPOS
 Telefone: (12)3947-1111 Fax: (12)3947-1149 E-mail: cep@univap.br



Continuação do Parecer: 5.172.919

SAO JOSE DOS CAMPOS, 16 de Dezembro de 2021













Assinado por:
Maurício Martins Alves
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Shishima Hifumi, 2911 - Bloco 11 (IP&D), Sala 33
Bairro: Urbanova CEP: 12.244-000
UF: SP Município: SAO JOSE DOS CAMPOS
Telefone: (12)3947-1111 Fax: (12)3947-1140 E-mail: cep@univap.br

ANEXO A: ESCALA ADAPTADA DE BORG

Código do Participante _____

Escala de Percepção Subjetiva de Esforço (Borg)

| Descritor | Classificação | Imagem de referência | Sensação de cansaço |
|-----------------------------|---------------|---|---------------------|
| Nenhuma a Muito, muito leve | 0 a 0,5 |  | |
| Muito leve | 1 |  | |
| Leve | 2 |  | |
| Moderada | 3 |  | |
| Pouco intensa | 4 |  | |
| Intensa | 5 |  | |
| - | 6 |  | |
| Muito intensa | 7 |  | |
| - | 8 |  | |
| Muito, muito intensa | 9 |  | |
| | |  | |
| Máxima | 10 |  | |

Fonte: Borg (1982 apud FOSTER *et al.*, 2001)

Instrução - Você deve dizer qual sua percepção de esforço/cansaço e o pesquisador irá assinalar com X em frente à imagem, de acordo com sua sensação.