



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

RUBENS BATISTA DOS SANTOS JUNIOR

**EFEITO DA FOTOBIMODULAÇÃO NO DESEMPENHO
INTERMITENTE DE ATLETAS DE *BRAZILIAN* JIU-JITSU**

Londrina
2022

RUBENS BATISTA DOS SANTOS JUNIOR

**EFEITO DA FOTOBIMODULAÇÃO NO DESEMPENHO
INTERMITENTE DE ATLETAS DE *BRAZILIAN* JIU-JITSU**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Educação Física Associado UEM-UEL da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à qualificação para obtenção do título de Doutor em Educação Física.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Solange de Paula Ramos

Coorientador: Prof. Dr. Braulio Henrique Magnani Branco

Londrina
2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Santos Junior, Rubens B..

Efeito da fotobiomodulação no desempenho intermitente de atletas de Brazilian Jiu-Jitsu / Rubens B. Santos Junior. - Londrina, 2022.
98 f.

Orientador: Solange de Paula Ramos.

Coorientador: Bráulio Henrique Magnani Branco.

Tese (Doutorado em Educação Física) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Educação Física e Esportes, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2022.

Inclui bibliografia.

1. Terapia com luz de baixa intensidade - Tese. 2. Artes marciais - Tese. 3. Desempenho esportivo - Tese. 4. Recurso ergogênico - Tese. I. de Paula Ramos, Solange. II. Magnani Branco, Bráulio Henrique. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Educação Física e Esportes. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. IV. Título.

CDU 796

RUBENS BATISTA DOS SANTOS JUNIOR

**EFEITO DA FOTOBIMODULAÇÃO NO DESEMPENHO
INTERMITENTE DE ATLETAS DE *BRAZILIAN* JIU-JITSU**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Educação Física Associado UEM-UEL da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à qualificação para obtenção do título de Doutor em Educação Física.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof. Dra. Solange de Paula
Ramos
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof^a. Dr^a. Bianca Miarka
Universidade Federal do Estado do Rio de
Janeiro - UNIRIO

Prof. Dr. Donizete Cicero Xavier de Oliveira
Universidade Federal do Triângulo Mineiro -
UFMT

Prof. Dr. Fernando Diefenthaler
Universidade Federal de Santa Catarina -
UFSC

Prof. Dr. Rodolfo André Dellagrana
Universidade Estadual de Ponta Grossa -
UEPG

Londrina, 18 de fevereiro de 2022.

Aos meus filhos, Valentina e Bernardo, à
minha esposa, Roberta, e à minha mãe,
Lindanor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me abençoado e ouvido o meu clamor quando eu fraquejei e pensei em desistir de tudo. Neste momento, a minha fé em Ti me manteve de pé.

Agradeço a minha orientadora, Prof^a Dr^a Solange de Paula Ramos por ter aceitado me conduzir por esta caminhada e por toda a contribuição ao longo dessa tão importante etapa da minha formação profissional.

Agradeço imensamente ao meu amigo e coorientador, Prof. Braulio Henrique Magnani Branco, que abriu as portas do Laboratório Interdisciplinar de Intervenção em Promoção da Saúde (LIIPS/UNICESUMAR) e que contribuiu sobremaneira para que eu conduzisse as coletas de dados desta tese. Muito obrigado pelos treinos, conversas, risadas e puxões de orelha.

Agradeço aos colegas Débora, Eduardo, Fabiano, Mateus e Willian, pois sem vocês a realização desse trabalho não teria sido possível. Tenham a certeza de que essa tese e o meu possível diploma tem o DNA de vocês. De coração eu os agradeço.

Aos colegas do grupo de pesquisa GERART, agradeço pelos momentos divididos ao longo dessa caminhada e pela troca de experiências.

Ao querido amigo, Vinicius Marcondes, agradeço pela gentileza em ter me dado guarida e ter cedido a sua casa para que eu pousasse durante as coletas de dados em Maringá. Ainda, pelos momentos descontraídos de conversa e pelos treinos (nunca esquecerei aquele *Tai-Otoshi*).

Agradeço a todos os professores que de alguma forma contribuíram com a minha formação ao longo deste processo.

Agradeço a minha esposa, Roberta Cristina de A. Araújo dos Santos, por sempre estar ao meu lado e torcendo pelo meu sucesso, por cuidar tão bem da nossa família e por entender os meus momentos de ausência. Agradeço todos os dias a Deus por ter me abençoado com você como minha esposa. Muito obrigado!

Agradeço a minha mãe, Lindanor Celina, por servir de exemplo, por sempre acreditar em mim e por todo apoio ao longo desta caminhada.

Por fim, agradeço aos atletas e treinadores de jiu jitsu que se disponibilizaram em participar do estudo e cederam gentilmente um pouco do seu tempo. Obrigado por contribuir conosco e com a ciência do esporte.

“Faz o que é correto e tenha fé em Deus,
que tudo vai dar certo!”

Eduardo Kobra

SANTOS JUNIOR, Rubens Batista. **Efeito da fotobiomodulação no desempenho intermitente de atletas de *Brazilian jiu-jitsu***. 2022. 98 f. Tese (Doutorado em Educação Física associado UEM/UEL) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

RESUMO

A fotobiomodulação (PBM) é o tratamento que utiliza a luz de baixa potência em comprimentos de onda do vermelho ao infravermelho próximo, promovendo efeitos biológicos nos tecidos irradiados. Estudos sugerem que a PBM pode ser utilizada como uma possível estratégia ergogênica visando promover efeitos adicionais no desempenho físico. Entretanto, os efeitos da terapia no desempenho de atletas de *Brazilian jiu-jitsu* (BJJ) em protocolos de exercícios intermitentes de alta intensidade e curta duração para membros inferiores e no desempenho intermitente em testes que avaliam a demanda específica da modalidade não foram investigados. A presente tese de doutorado teve como objetivo verificar o efeito da PBM no desempenho intermitente de atletas de BJJ em diferentes testes físico-motores genéricos e específicos. Para tanto, foram realizados dois estudos caracterizados como ensaios clínicos, randomizados, cruzados e duplo-cego. No estudo 1, onze atletas de BJJ do sexo masculino foram submetidos a três sessões de testes de Wingate repetidos (3 x 30s com intervalo de 3 min entre as séries), nas quais receberam de forma randomizada PBM (630nm) com dose de 6 Joules (J) (4,5 J/cm²), 12 J (9,1 J/cm²) ou 0 J (placebo; PLA) em 17 pontos em cada membro inferior. Foram avaliados o desempenho nas séries de testes de Wingate e o comportamento da frequência cardíaca (FC) e da percepção subjetiva de esforço (PSE). Diferenças no desempenho, FC e PSE entre os tratamentos foram determinadas com análise de variância de duas vias (ANOVA two-way), com post hoc de Bonferroni. As diferenças foram consideradas estatisticamente significantes se $p < 0,05$. No estudo 2, dez atletas de BJJ do sexo masculino foram submetidos a três sessões de teste de flexão de barra dinâmica com o quimono (TBD). Em cada sessão foram realizadas três séries com intervalo de descanso passivo de 3 min. Os atletas receberam de forma randomizada tratamento com PBM (630 nm) com dose de 24 J (a24 J ou b24 J) ou 0 J (PLA) em 10 pontos em cada hemitorço na porção superior do corpo. Foram analisados o desempenho em cada série (Rep), o desempenho total da sessão (Rept), a força de prensão manual (FPM), a PSE e FC. ANOVA two-way, com post-hoc de Bonferroni, foi utilizada para comparar os efeitos dos diferentes tratamentos no desempenho nas séries do TBD, na FPM, na FC e na PSE. Ainda, foi utilizado ANOVA one-way para comparar a percepção subjetiva de recuperação (PSR) e Rept entre os tratamentos. As diferenças foram consideradas estatisticamente significantes se $p < 0,05$. No estudo 1, não foram encontradas diferenças entre os tratamentos no desempenho nas séries de Wingate ($p > 0,05$). Além disso, não houve diferença significativa entre as condições para FC e PSE. Já no estudo 2, não foram encontradas diferenças entre os tratamentos no desempenho no TBD nas séries 1, 2 e 3 e nem no desempenho total da sessão ($p > 0,05$). Além disso, não houve diferença significativa entre as condições para FPM, FC e PSE. Em conclusão, os resultados encontrados na presente tese demonstram que: (1) a PBM com diferentes doses de energia não foi efetiva em promover aumento no desempenho intermitente de alta intensidade de membros inferiores, (2)

a PBM não promoveu melhoria na resistência de força dinâmica e na força isométrica máxima de membros superiores e (3) a PBM não influenciou as respostas de carga interna em atletas de BJJ.

Palavras-chave: terapia com luz de baixa intensidade; artes marciais; desempenho esportivo; recurso ergogênico; teste de esforço.

SANTOS JUNIOR, Rubens Batista. **Effect of photobiomodulation on the intermittent performance of Brazilian jiu-jitsu athletes.** 2022. 98 p. Thesis (Doctorate in Physical Education associated with UEM/UEL) – State University of Londrina, Londrina, 2021.

ABSTRACT

Photobiomodulation (PBM) is the treatment that uses low-power light in wavelengths from red to near infrared, promoting biological effects in irradiated tissues. Studies suggest that PBM can be used as a possible ergogenic strategy to promote additional effects on physical performance. However, the effects of therapy on the performance of Brazilian jiu-jitsu (BJJ) athletes in high-intensity, short-duration intermittent exercise protocols for the lower limbs and on intermittent performance in tests that assess the specific demand of the modality were not investigated. The present doctoral thesis aimed to verify the effect of PBM on the intermittent performance of BJJ athletes in different generic and specific physical-motor tests. To this end, two studies characterized as clinical, randomized, crossover and double-blind trials were carried out. In study 1, eleven male BJJ athletes underwent three sessions of repeated Wingate tests (3 x 30s with a 3-min interval between sets), in which they randomly received PBM (630nm) with a dose of 6 Joules (J) (4.5 J/cm²), 12 J (9.1 J/cm²) or 0 J (placebo; PLA) in 17 points on each lower limb. The performance in the series of Wingate tests and the behavior of the heart rate (HR) and the rating of perceived exertion (RPE) were evaluated. Differences in performance, HR and RPE between treatments were determined with two-way analysis of variance (two-way ANOVA), with Bonferroni's post-hoc. Differences were considered statistically significant if $p < 0.05$. In study 2, ten male BJJ athletes underwent three sessions of dynamic kimono push-up test (TBD) sessions. In each session, three sets were performed with a passive rest interval of 3 min. Athletes randomly received treatment with PBM (630 nm) with a dose of 24 J (a24 J or b24 J) or 0 J (PLA) at 10 points in each hemibody in the upper body. Performance in each set (Rep), total session performance (Rept), handgrip strength (HGS), RPE and HR were analyzed. Two-way ANOVA, with Bonferroni's post hoc, was used to compare the effects of different treatments on performance in the TBD sets, on HGS, HR and RPE. Furthermore, one-way ANOVA was used to compare the subjective perception of recovery (PRS) and Rept between treatments. Differences were considered statistically significant if $p < 0.05$. In study 1, no differences were found between treatments in performance in the Wingate series ($p > 0.05$). Furthermore, there was no significant difference between the conditions for HR and RPE. In study 2, no differences were found between treatments in performance in TBD in series 1, 2 and 3, nor in the total performance of the session ($p > 0.05$). In addition, there was no significant difference between the conditions for HGS, HR and RPE. In conclusion, the results found in the present thesis demonstrate that: (1) PBM with different energy doses was not effective in promoting an increase in high-intensity intermittent performance of lower limbs, (2) PBM did not promote improvement in strength resistance dynamics and maximal isometric strength of upper limbs and (3) PBM did not influence internal load responses in BJJ athletes.

Keywords: low-level light therapy; martial arts; sports performance; ergogenic aid; exercise test.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Desenho experimental das sessões do estudo.....	23
Figura 2 - Pontos de irradiação nos membros inferiores.....	24
Figura 3 - Desenho experimental das sessões de TBD.	30
Figura 4 - Pontos de irradiação nos membros superiores.	31
Figura 5 - Desenho experimental das sessões de teste.....	40
Figura 6 - Pontos de irradiação nos membros inferiores.....	41
Figura 7 - Desempenho anaeróbio nos três testes de Wingate em atletas de BJJ.	46
Figura 8 - Desempenho em velocidade e RPM máximos e médios nos três testes de Wingate em atletas de BJJ.	48
Figura 9 - Indicadores de fadiga nos três testes de Wingate em atletas de BJJ.	50
Figura 10 - Medidas de carga interna em atletas de BJJ ao longo da sessão de testes de Wingate.	51
Figura 11 - Desenho experimental das sessões de TBD.	60
Figura 12 - Pontos de irradiação nos membros superiores.	61
Figura 13 - Desempenho no TBD.....	65
Figura 14 - Comportamento da força de preensão manual ao longo da sessão de testes da mão direita (A) e esquerda (B).	66
Figura 15 - Comportamento da frequência cardíaca (A) e da percepção subjetiva de esforço (B) na sessão de teste.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dosimetria de PBM para membros inferiores.....	25
Tabela 2 - Dosimetria de PBM para membros superiores.....	32
Tabela 3 - Dosimetria de PBM para membros inferiores.....	42
Tabela 4 - Dosimetria de PBM para membros superiores.....	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

~	Aproximadamente
ATP	adenosina trifosfato
BJJ	Brazilian jiu-jitsu
CCI	Coefficiente de correlação intraclasse
CCO	Citocromo c-oxidase
cm ²	Centímetros quadrados
FC	Frequência cardíaca
F _{exp}	Força explosiva
FPM	Força de preensão manual
IF	Índice de fadiga
J	Joule
J/cm ²	Joule por centímetro quadrado
kg	Quilogramas
LASER	Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação
LED	Diodos emissores de luz
mW	Miliwatt
mW/cm ²	Miliwatt por centímetro quadrado
nm	Nanômetro
PBM	Fotobiomodulação
P _{drop}	<i>Power drop</i>
PLA	Placebo
P _{média}	Potência média
P _{pico}	Potência pico
PSE	Percepção subjetiva de esforço
PSR	Percepção subjetiva de recuperação
Rep	Quantidade de repetições executadas em cada série de teste de barra
Rep _t	Somatória das repetições executadas na sessão de teste de barra
RPM	Rotações por minuto
RPM _{máx}	Rotações por minuto máxima
RPM _{média}	Rotações por minuto média
SJ	Salto com agachamento

TBD	Teste de barra dinâmica com quimono
TP_{pico}	Tempo até a P_{pico}
$V_{\text{máx}}$	Velocidade máxima
$V_{\text{média}}$	Velocidade média
Δ	Percentual de redução

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	20
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	20
3	MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1	ESTUDO 1	21
3.1.1	Abordagem Experimental do Problema	21
3.1.2	Participantes	21
3.1.3	Desenho Experimental	22
3.1.4	Fotobiomodulação (PBM)	24
3.1.5	Teste de Salto com Agachamento (SJ)	25
3.1.6	Teste de Wingate de Membros Inferiores	26
3.1.7	Frequência Cardíaca (FC)	26
3.1.8	Percepção Subjetiva de Esforço (PSE)	26
3.1.9	Análise Estatística	27
3.2	ESTUDO 2	28
3.2.1	Abordagem Experimental do Problema	28
3.2.2	Participantes	28
3.2.3	Desenho Experimental	29
3.2.4	Fotobiomodulação (PBM)	30
3.2.5	Teste de Flexão dinâmica na Barra com Quimono (TBD)	32
3.2.6	Força de Preensão Manual (FPM)	33
3.2.7	Frequência Cardíaca (FC)	33
3.2.8	Percepção Subjetiva de Recuperação (PSR) e de Esforço (PSE)	34
3.2.9	Análise Estatística	34
4	RESULTADOS	35
4.1	ARTIGO 1: PBM E DESEMPENHO INTERMITENTE DE ALTA INTENSIDADE DE MEMBROS INFERIORES DE ATLETAS DE BJJ	35
4.2	ARTIGO 2: PBM E DESEMPENHO DE RESISTÊNCIA DE FORÇA DINÂMICA E FORÇA ISOMÉTRICA MÁXIMA DE MEMBROS SUPERIORES EM ATLETAS DE BJJ	55

5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
	REFERÊNCIAS	71
	APÊNDICES	78
	APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	79
	APÊNDICE B – RELATÓRIO DE AVALIAÇÕES FÍSICAS DOS ATLETAS DE BJJ PARTICIPANTES DO ESTUDO	81
	APÊNDICE C – ARTIGO SUPLEMENTAR ADVINDO DOS DADOS COLETADOS EM ESTUDO PILOTO	85
	ANEXOS	97
	ANEXO A - CARTA DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA	98

1 INTRODUÇÃO

O Brazilian jiu-jitsu (BJJ) é um esporte de combate de domínio, que pode ser praticado tanto com a utilização de quimono como sem quimono (no-gi), no qual os combates com quimono apresentam estrutura temporal na relação de esforço e pausa de 6:1, com esforços de alta e baixa intensidade na razão de até 1:11 (ANDREATO et al., 2016). Em virtude da natureza intermitente das ações motoras durante o combate, o metabolismo anaeróbio desempenha um papel determinante, o que requer dos atletas alta potência e capacidade anaeróbia de membros inferiores e superiores (ANDREATO et al., 2017; DIAZ-LARA et al., 2015), geralmente sendo avaliadas através do teste de Wingate para membros inferiores (ANDREATO et al., 2021; DEL VECCHIO et al., 2007) e superiores (ANDREATO et al., 2021). Além disso, as lutas podem durar até 10 min, fazendo com que os atletas também necessitem desenvolver níveis elevados de aptidão aeróbia (ANDREATO et al., 2017; JONES; LEDFORD, 2012). Nesta perspectiva, ambas as vias de produção de energia, anaeróbia e aeróbia, são fundamentais para o sucesso esportivo no BJJ. Ainda, é importante que o atleta desenvolva níveis elevados de resistência de força dinâmica e força isométrica máxima em membros superiores, pois é fundamental que os lutadores mantenham a pegada no quimono do adversário para dominá-lo e consigam exercer as inúmeras ações dinâmicas de flexão e extensão de cotovelo, ao puxar e empurrar o oponente durante a aplicação de técnicas de projeção, de raspagem ou de passagem de guarda, ao longo do combate (ANDREATO et al., 2017, 2015), sendo que os testes de flexão na barra dinâmico e isométrico com pegada no quimono são específicos para avaliar essas demandas em atletas de BJJ (SILVA et al., 2012).

De fato, no BJJ as rotinas de treinamento periodizado são voltadas para desenvolver cronicamente as variáveis determinantes para o pico de desempenho atlético, como força, potência, resistência à fadiga e habilidades técnico-táticas (CAMPOS et al., 2020; JAMES, 2014). Entretanto, estratégias que promovam efeitos aditivos agudos no desempenho aeróbio e anaeróbio, na capacidade de produção de força, no aumento da resistência à fadiga e na aceleração da recuperação nos momentos de pausa, podem representar uma vantagem competitiva para atletas de BJJ (DIAZ-LARA et al., 2016; LOPES-SILVA et al., 2021). Diante disto, a fotobiomodulação (PBM), que é um método lícito e que não promove prejuízos à

saúde do atleta, pode ser um método ergogênico de aplicabilidade no BJJ, uma vez que estudos pré-clínicos e clínicos demonstraram aumento de desempenho físico aeróbio e anaeróbio em testes físico-motores (FERRARESI; HUANG; HAMBLIN, 2016), que incluem as demandas físicas do BJJ.

A PBM consiste na irradiação de tecidos vivos com luz de baixa potência (até 1000 mW) em comprimentos de onda do vermelho ao infravermelho próximo (600 a 1100 nm) (HAMBLIN, 2018; KARU, 2008), podendo ser administrada com equipamentos que emitem luz originária de *LASER* (amplificação da luz por emissão estimulada de radiação), de diodos emissores de luz (LED) ou pela combinação de ambos (DE MARCHI et al., 2017; LEAL-JUNIOR; LOPES-MARTINS; BJORDAL, 2019).

O *LASER* apresenta características monocromáticas (vermelho ou infravermelho), enquanto que o LED é uma luz policromática, podendo apresentar diferentes tonalidades de cores (azul, âmbar, vermelho, infravermelho e violeta). Além disso, a principal diferença entre elas é que a luz emergente do *LASER* é coerente e colimada. Entretanto, a luz produzida por ambas é absorvida e produz ação biomoduladora nos fotorreceptores dos tecidos biológicos (KARU, 1999).

De forma aguda, a PBM proporciona algumas interações com os tecidos biológicos quando um fóton de luz interage com um átomo ou uma molécula nas células vivas (HAMBLIN, 2018). A nível celular, a PBM promove eventos fotoquímicos e fotofísicos que desencadeiam mudanças no metabolismo mitocondrial. Sugere-se que a PBM produz efeitos biológicos que potencializam a ação da enzima citocromo c-oxidase (CCO) da cadeia de transporte de elétrons mitocondrial, aumentando a capacidade de produção de adenosina trifosfato (ATP) (HAMBLIN, 2018; HAYWORTH et al., 2010). Além disso, outros mecanismos que podem estar envolvidos com o efeito ergogênico e redução de fadiga pela PBM incluem um possível efeito sobre o recrutamento de unidades motoras (LANFERDINI et al., 2018a; TOMA et al., 2018), a dissociação do óxido nítrico no complexo IV mitocondrial e o aumento na recaptção de cálcio intracelular (DE FREITAS; HAMBLIN, 2016).

O aumento da atividade da cadeia de transporte de elétrons pode favorecer o desempenho de atividades aeróbicas, bem como a ressíntese de fosfocreatina (PCr) e o desempenho em atividades intermitentes de alta intensidade (ALLEN; LAMB; WESTERBLAD, 2008; GLAISTER, 2005). A maior disponibilidade de energia

pode promover o retardo no aparecimento de sinais de fadiga ou acelerar o processo de recuperação durante a pausa entre esforços intermitentes. Desta forma, a PBM poderia contribuir para o aumento do desempenho em modalidades esportivas que requerem tanto o metabolismo aeróbio quanto anaeróbio, em ações intermitentes de alta intensidade, como o BJJ (ANDREATO et al., 2017; DIAZ-LARA et al., 2015; JULIO; FRANCHINI, 2021; LOPES-SILVA; FRANCHINI, 2021).

Estudos com PBM e o exercício físico têm apresentado resultados controversos. Em alguns deles foi verificado efetividade da PBM em promover aumento no desempenho e/ou atenuar os indicadores de fadiga (ANTONIALLI et al., 2014; DE ALMEIDA et al., 2012; DE ARAÚJO et al., 2017; DE MARCHI et al., 2019; DE OLIVEIRA et al., 2017; DELLAGRANA et al., 2018a, 2018b; DORNELLES et al., 2019; FOLLMER et al., 2018; HEMMINGS; KENDALL; DOBSON, 2017; LANFERDINI et al., 2018a, 2018b, 2021; LEAL JUNIOR et al., 2008, 2009b; PINTO et al., 2016; ROSSATO et al., 2016, 2018; TOMAZONI et al., 2019; VASSÃO et al., 2020), enquanto que outros falharam em encontrar efeitos positivos (ABREU et al., 2020; AZUMA et al., 2021; DE CARVALHO et al., 2020; DELLAGRANA et al., 2020; DOS REIS et al., 2014; DUTRA et al., 2020, 2021; HIGASHI et al., 2013; LEAL JUNIOR et al., 2009c; MALTA et al., 2016; ORSSATTO et al., 2019, 2020; SANTOS et al., 2020; TEIXEIRA; MEZZAROBA; MACHADO, 2021).

As discrepâncias metodológicas entre os estudos, no que tange aos parâmetros relacionados à PBM (tipo de equipamento, comprimento de onda, fluência, densidade, momento de aplicação do tratamento e tempo entre a aplicação e o início do exercício), ao sexo e nível de aptidão física dos avaliados (homens ou mulheres; destreinados ou treinados) e protocolo de exercícios utilizados, podem estar relacionados à estas respostas controversas. No entanto, alguns parâmetros relacionados à fonte de luz (*LASER* ou LED), dose (20 a 60 J para pequenos grupos musculares e 60 a 300 J para grandes grupamentos musculares, levando-se em consideração a “janela terapêutica – curva Arndt-Schultz), potência (10 a 200 mW por diodo) e comprimento de onda (640 a 950 nm) são recomendados para o uso da técnica visando a melhora no desempenho atlético (FERRARESI, 2020; LEAL-JUNIOR; LOPES-MARTINS; BJORDAL, 2019; VANIN et al., 2018).

De fato, poucos estudos avaliaram o efeito da PBM em atletas de esportes de combate (DE ARAÚJO et al., 2017; FOLLMER et al., 2018; ORSSATTO et al., 2019). Estes avaliaram as respostas da PBM sobre o desempenho em testes para

membros inferiores (ORSSATTO et al., 2019) e membros superiores (DE ARAÚJO et al., 2017; FOLLMER et al., 2018). No trabalho de De Araújo et al. (2017), foi avaliado o efeito da PBM, crioterapia e recuperação passiva na recuperação da força isométrica máxima de preensão manual entre combates simulados de BJJ. A PBM foi aplicada no intervalo entre os combates. Não foram identificadas diferenças na força isométrica máxima de preensão manual entre os tratamentos, mas a PBM apresentou tamanho de efeito moderado na variação percentual da força isométrica máxima de preensão manual antes e após o período de recuperação, quando comparado com a recuperação passiva. O resultado sugere que a PBM foi associada com maior recuperação da força isométrica máxima de preensão manual entre combates, em comparação à recuperação passiva. O estudo desenvolvido por Follmer et al. (2018) avaliou o efeito da PBM no desempenho muscular dos músculos flexores de cotovelo em atletas de BJJ e indivíduos fisicamente ativos. A PBM foi eficiente em atenuar a fadiga independentemente do nível de treinamento, sugerindo efeito ergogênico da PBM em melhorar a força de flexores de cotovelo em atletas de BJJ. Orssatto et al. (2019) avaliaram o efeito da aplicação prévia da PBM na fadiga e dano muscular em atletas de judô submetidos a um protocolo de saltos com contramovimento (10 x 10 saltos). Não foram observadas diferenças entre PBM e placebo no pico de potência, pico de velocidade e pico de força, sugerindo que a PBM não produziu efeitos na fadiga de membros inferiores após um protocolo de saltos verticais.

Os estudos com PBM desenvolvidos com atletas de BJJ não avaliaram outras variáveis que também são importantes para o sucesso esportivo, como potência e capacidade anaeróbia de membros inferiores e resistência de força dinâmica e força isométrica máxima de membros superiores em protocolos intermitentes. Neste sentido, os efeitos da PBM no desempenho de atletas de BJJ, em protocolos de exercícios intermitentes para membros inferiores e superiores, ainda são desconhecidos.

Estratégias de estimulação aguda que promovam melhorias adicionais no desempenho e atrasem o aparecimento de sinais de fadiga são importantes no meio esportivo, pois podem significar o sucesso na modalidade. Portanto, verificar os efeitos da PBM no desempenho de atletas de BJJ, em protocolos de exercícios envolvendo ações intermitentes relacionadas à potência e capacidade anaeróbia de membros inferiores e resistência de força dinâmica membros superiores, apresenta

significativa importância para o estabelecimento da terapia como recurso ergogênico para atletas de BJJ, levando-se em consideração a possibilidade da terapia em promover efeitos adicionais no desempenho, além daqueles produzidos pelo treinamento periodizado, dado o que tem-se verificado nos estudos com outras modalidades esportivas.

2 OBJETIVOS

Verificar o efeito da fotobiomodulação no desempenho anaeróbio intermitente e na resistência de força de membros superiores de atletas de BJJ.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Verificar o efeito de diferentes doses de energia por ponto de aplicação (6 J e 12 J) no desempenho anaeróbio intermitente em teste de Wingate para membros inferiores.

Determinar o efeito da PBM no desempenho no teste de flexão de barra dinâmico com quimono.

Determinar o efeito da PBM na resistência a fadiga de membros superiores.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Visando alcançar o objetivo proposto, foram desenvolvidos dois estudos. Neste sentido, para um melhor entendimento, os procedimentos metodológicos de cada estudo serão apresentados separadamente:

Estudo 1: EFEITOS DA FOTOBIMODULAÇÃO NO DESEMPENHO ANAERÓBIO INTERMITENTE DE ALTA INTENSIDADE DE MEMBROS INFERIORES EM ATLETAS DE BRAZILIAN JIU-JITSU.

Estudo 2: EFEITOS DA FOTOBIMODULAÇÃO NO DESEMPENHO DE ATLETAS DE BRAZILIAN JIU-JITSU NO TESTE DE BARRA DINÂMICO COM QUIMONO.

3.1 ESTUDO 1

3.1.1 Abordagem Experimental do Problema

O presente estudo é um ensaio clínico cruzado, randomizado e duplo-cego, para verificar o efeito da PBM com diferentes doses de energia no desempenho anaeróbio de atletas de BJJ. Todos os participantes foram submetidos a três sessões de teste de forma randomizada, na qual receberam tratamento placebo (PLA), ou irradiação com 6 J ou 12 J por ponto, previamente aos testes. Para avaliação do desempenho, fadiga e carga interna, foram realizadas três séries de teste de Wingate para membros inferiores, com 3 min de recuperação passiva entre cada série. O teste de Wingate é validado, apresenta alta reprodutibilidade e grande aplicabilidade na avaliação do desempenho anaeróbio láctico e alático (BAR-OR, 1987; BOGDANIS et al., 1998; OZKAYA et al., 2018), sendo empregado na avaliação de atletas de BJJ (ANDREATO et al., 2021; DEL VECCHIO et al., 2007).

3.1.2 Participantes

Participaram do estudo 11 atletas de BJJ do sexo masculino (idade: $28,7 \pm 8,3$ anos; estatura: $1,76 \pm 0,1$ m; massa corporal: $84,8 \pm 9,96$ kg; massa gorda: 19,0

$\pm 8,97$ %; massa magra: $46,1 \pm 5,0$ %; tempo de prática: $7,4 \pm 2,9$ anos), graduados de faixa azul a faixa preta e competidores de nível estadual (3), nacional (2) e internacional (6).

O tamanho da amostra foi calculado baseado no estudo de Molina Correa et al. (2020), que analisou o efeito da PBM em variáveis de desempenho no teste de Wingate, utilizando dose de 6 J aplicadas nos mesmos pontos de irradiação deste estudo e utilizando o mesmo equipamento comercial. Para obtenção de um poder estatístico de 80%, com um erro tipo alfa máximo de 5%, em teste tipo cruzado, seriam necessários 5 participantes (G Power versão 3.1.9.7).

Os voluntários foram previamente informados sobre os procedimentos do estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido para participar da pesquisa, que foi aprovada pelo comitê de ética da Universidade Cesumar (Unicesumar) (CAAE: 44916721.7.0000.5539).

Antes do início das avaliações foi realizada uma anamnese com os voluntários para análise de elegibilidade, na qual foram registrados dados relativos à idade, experiência prévia na prática de BJJ, rotinas de treino e condições de saúde. Foram incluídos atletas que estavam realizando pelo menos três sessões semanais de treinamento específico da modalidade por um período não inferior a 3 meses. Não foram incluídos no estudo voluntários tabagistas, portadores de doenças crônicas e lesões musculoesqueléticas ou que estavam em processo de perda de peso para competir. Após a anamnese, os participantes realizaram avaliações antropométricas e foram familiarizados com todos os procedimentos do estudo. A coleta de dados foi realizada entre os meses de abril e junho de 2021.

3.1.3 Desenho Experimental

Os participantes foram orientados a não realizar exercícios físicos intensos ou extenuantes nas 24 horas que antecederam os testes. Ainda, foram orientados a não ingerir bebidas e alimentos contendo cafeína e suplementos alimentares com ação ergogênica nas 6 horas anteriores as avaliações. Antes do início da primeira sessão de testes, os atletas foram aleatorizados para qual tipo de tratamento receberiam em cada uma das três sessões (PLA, 6 J ou 12 J) por meio de sorteio aleatório usando a função “aleatorioentre” do *software* Microsoft Excel (Microsoft

Corporation, Albuquerque, NM, EUA). A administração da PBM foi realizada antes dos testes de saltos verticais e de Wingate para membros inferiores.

A randomização foi realizada por um pesquisador que ficou responsável pela aplicação da PBM e que não participou de nenhuma outra etapa do estudo. A ordem dos tratamentos foi revelada após a conclusão do estudo.

Além disso, cada participante realizou as três sessões de testes no mesmo horário do dia, em temperatura ambiente de $\sim 25^{\circ}$ C e com 48 horas de intervalo entre as sessões. Este intervalo entre as sessões foi estabelecido para reduzir a interferência da fase de periodização do treinamento dos atletas e levando-se em consideração que a PBM parece não apresentar efeitos cumulativos duradouros no desempenho muscular (DE CARVALHO et al., 2020; MOLINA CORREA et al., 2020).

Após a PBM, os atletas realizaram um aquecimento padronizado e em seguida realizaram o teste de salto com agachamento (SJ). Ao final do último SJ, foi permitido um período de recuperação de 5 min. Posteriormente, os atletas realizaram um aquecimento específico para o teste de Wingate e, após 3 min de descanso, realizaram três testes de Wingate para membros inferiores com intervalo de 3 min entre os testes. Ainda, foram coletadas a percepção subjetiva de esforço (PSE) e frequência cardíaca (FC) (Figura 1). Além disso, ao final de cada sessão de avaliação, os participantes foram questionados sobre a percepção em relação a qual tratamento receberam para a confirmação da efetividade do cegamento do avaliado.

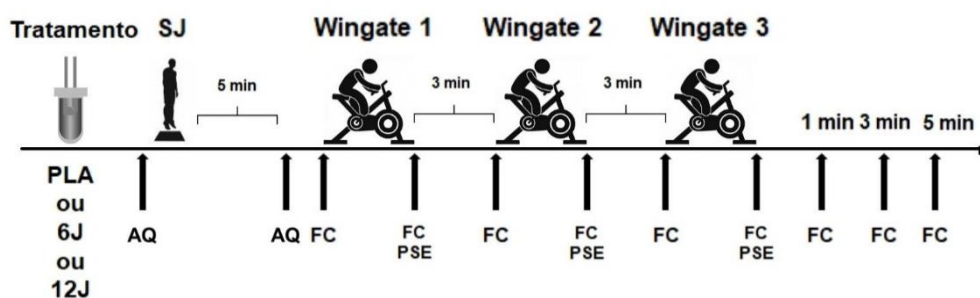


Figura 1 - Desenho experimental das sessões do estudo.

PLA: tratamento placebo; 6 J: fotobiomodulação com dose de 6 Joules por ponto; 12 J: fotobiomodulação com dose de 12 Joules por ponto; SJ: salto com agachamento; AQ: aquecimento; FC: frequência cardíaca; PSE: percepção subjetiva de esforço.

3.1.4 Fotobiomodulação (PBM)

A PBM foi aplicada imediatamente antes do aquecimento inicial, com os diodos posicionados perpendicularmente à musculatura selecionada, com os participantes deitados sobre uma maca. Foram irradiados 17 pontos em cada membro inferior (9 pontos no quadríceps, 4 pontos nos isquiotibiais e 4 pontos no gastrocnêmio; figura 2).

Foram utilizados dois equipamentos de PBM (Bios Therapy II, Bios Equipamentos Médicos, São José dos Campos, São Paulo, Brasil). As especificações do aparelho e da aplicação são apresentadas na tabela 1.

De acordo com o tratamento administrado, em cada ponto de aplicação o equipamento permaneceu ligado por 40 s (12 J), ligado nos 20 primeiros s e desligado nos 20 últimos s (6 J) ou desligado por 40 s (placebo – PLA). Assim, todas as sessões foram realizadas nas mesmas condições de tempo e posições. Para o cegamento dos voluntários, em todas as sessões foi solicitado que durante a aplicação da PBM eles utilizassem um óculos opaco, que vendava os olhos, e fones de ouvido emitindo músicas para não perceberem a identificação de emissão sonora ou de luz do aparelho. O equipamento foi mantido em posição estacionária, o mais próximo possível da superfície da pele, para o participante não perceber os pontos de irradiação ou qualquer vibração do aparelho em funcionamento.



Figura 2 - Pontos de irradiação nos membros inferiores.

Tabela 1 - Dosimetria de PBM para membros inferiores.

Parâmetro	Especificação
Comprimento de onda	LED 630 nm
Frequência de saída	Contínua
Potência de saída	300 mW
Tamanho do feixe	1,32 cm ²
Densidade de Potência	230 mW/cm ²
Total de energia por ponto	
Placebo	0
6 J	6 J
12 J	12 J
Densidade de energia por ponto	
Placebo	0
6 J	~4,5 J/cm ²
12 J	~9,1 J/cm ²
Tempo irradiado/desligado por ponto	
Placebo	0/40 s
6 J	20/20 s
12 J	40/0 s
Total de pontos de aplicação	17 pontos separados 7 cm (ambos os lados do corpo)
Área total de irradiação da sonda	24,4 cm ²
Estimativa de área irradiada	334 cm ²
Total de energia por membro	
Placebo	0 J
6 J	102 J por hemisfério
12 J	204 J por hemisfério
Modo de aplicação	Estacionário. ~0,5 cm cima da superfície da pele.

LED: diodos emissores de luz.

3.1.5 Teste de Salto com Agachamento (SJ)

Após um aquecimento para membros inferiores padronizado, que constava de corrida estacionária e saltos verticais, foram realizados três SJ, com intervalos de 10 segundos entre cada tentativa. Os atletas foram instruídos a permanecer em uma posição estática com os joelhos flexionados a um ângulo de ~90° e com as mãos no quadril e, ao comando do avaliador, saltar verticalmente o mais alto possível (BOSCO; LUHTANEN; KOMI, 1983). A altura do SJ foi avaliada através do tempo de voo do avaliado, com a utilização de um tapete de contato conectado a um *software* de computador (Jump System Pro, CEFISE, Nova Odessa, Brasil). O melhor de cada um dos três SJ foi registrado para fins estatísticos. Os testes apresentaram um coeficiente de correlação intraclasse (CCI) de 0,99.

3.1.6 Teste de Wingate de Membros Inferiores

Os testes de Wingate foram realizados em um cicloergômetro (CEFISE, Biotec 2100, Nova Odessa, Brasil), iniciando com um aquecimento específico (5 séries de 30 s (20 s a 70 rpm e 10 s a 100 rpm), com 100 W). O primeiro teste de Wingate teve início 3 min após o aquecimento específico. Foram realizados três testes de Wingate de membros inferiores, com carga de 7,5% relativa à massa corporal do avaliado e partindo da velocidade zero. Entre cada teste, foi permitido um intervalo de descanso passivo de 3 min. O protocolo foi preconizado levando-se em consideração a relação das ações de alta e baixa intensidade em um combate de BJJ (~1:11) (ANDREATO et al., 2016), e a influência do tempo de recuperação no desempenho em testes de Wingate (HARBILI, 2015). Foram avaliados a potência pico (P_{pico}) absoluta (W) e relativa (W/kg), a potência média ($P_{\text{média}}$) absoluta (W) e relativa (W/kg), a velocidade máxima ($V_{\text{máx}}$) e média ($V_{\text{méd}}$), as rotações por minutos máximas ($\text{RPM}_{\text{máx}}$) e média ($\text{RPM}_{\text{médio}}$) e o índice de fadiga (IF). Ainda, foram calculados o tempo (s) até a P_{pico} (TP_{pico}), Força Explosiva (F_{exp}) ($F_{\text{exp}} = P_{\text{pico}}$ dividido pelo TP_{pico}) e o *Power Drop* ($P_{\text{drop}} =$ diferença entre a P_{pico} e a potência ao final do teste).

3.1.7 Frequência Cardíaca (FC)

As medidas de FC foram realizadas imediatamente antes e após cada série de Wingate, com o avaliado sentado no cicloergômetro, e nos minutos 1, 3 e 5 após a última série do teste na sessão. Para análise da FC, foi utilizado um cardiófrequencímetro portátil (Polar FT1, Polar Electro, Kempele, Finlândia).

3.1.8 Percepção Subjetiva de Esforço (PSE)

A PSE foi coletada imediatamente após cada teste de Wingate, com o uso da escala de percepção de esforço de 15 pontos de Borg (BORG, 1998).

3.1.9 Análise Estatística

A normalidade dos dados foi verificada com o teste de Shapiro-Wilk. Os dados foram expressos pela média e desvio padrão. A esfericidade dos dados foi analisada pelo teste de Mauchly e quando o pressuposto de esfericidade foi violado a correção Greenhouse-Geisser foi aplicada.

A análise de variância de uma via (ANOVA *one-way*) foi utilizada para verificar o efeito dos tratamentos no desempenho no SJ. A análise de variância de duas vias (ANOVA *two-way*) foi utilizada para identificar efeitos (tratamento x momento) no desempenho nos testes de Wingate (1°, 2° e 3°), na FC e na PSE. O teste *post-hoc* de Bonferroni foi utilizado nas comparações entre os tratamentos no SJ e nos testes de Wingate quando foi detectado significância das variáveis no teste ANOVA *one-way* e *two-way*. As diferenças foram consideradas estatisticamente significantes se $p < 0,05$. A análise dos dados foi realizada com o *software* Prisma GraphPad, versão 8.0.1 (GraphPad Software, La Jolla, CA).

O percentual de redução entre séries (Δ) foi determinado para os índices de desempenho e fadiga. O tamanho de efeito de Cohen ($< 0,19$ = efeito trivial; $> 0,2$ = efeito pequeno; $> 0,5$ = efeito médio; $> 0,8$ = efeito grande) foi utilizado nas comparações entre sessões do teste de salto e Δ entre séries do teste de Wingate.

3.2 ESTUDO 2

3.2.1 Abordagem Experimental do Problema

O presente estudo caracteriza-se por um ensaio clínico randomizado, cruzado e duplo-cego, a fim de verificar o efeito da PBM no desempenho de atletas de BJJ no TBD. Os participantes realizaram três sessões de teste de forma randomizada, na qual receberam a dose de 0 Joule (placebo - PLA) em uma sessão ou 24 Joules por ponto (PBM) em duas sessões (a24 J e b24 J), 10 min antes dos testes. A reprodutibilidade do efeito da PBM foi avaliada nas sessões 24 J.

3.2.2 Participantes

Participaram do estudo 10 atletas de BJJ do sexo masculino (idade: $25,3 \pm 7,5$ anos; estatura: $1,73 \pm 0,1$ m; massa corporal: $75,6 \pm 10,7$ kg; massa gorda: $15,7 \pm 5,4$ %; massa magra: $47,6 \pm 2,9$ %; tempo de prática: $5,7 \pm 2,8$ anos) com graduações variando da faixa azul à faixa preta, competidores de nível estadual (2), nacional (2) e internacional (6), que estavam realizando pelo menos três sessões semanais de treinamento específico da modalidade por um período não inferior a 3 meses, que não apresentavam lesão musculoesquelética ou articular e que não estavam em processo de perda de peso corporal para competir.

Para a realização do cálculo amostral foi utilizado um estudo com atletas de voleibol que apresentaram aumento do número de repetições em exercício de flexões-extensões de cotovelo quando submetidos a PBM em relação aos sujeitos não tratados (LEAL JUNIOR et al., 2008). Para obtenção de um poder estatístico de 80%, com $\alpha < 0,05$, foi identificada a necessidade de sete voluntários. Considerando 20% de perdas amostrais, foram convidados 10 atletas para os testes (G Power versão 3.1.9.7).

Os voluntários foram previamente informados sobre os procedimentos do estudo e assinaram um termo de consentimento para participar da pesquisa, que foi aprovada pelo comitê de ética da Universidade Cesumar (Unicesumar) (CAAE: 44916721.7.0000.5539).

3.2.3 Desenho Experimental

Na semana anterior às sessões de avaliação, os atletas foram submetidos à uma anamnese para coleta de dados de idade, condições de saúde, lesões musculoesqueléticas e articulares, tabagismo, consumo de suplementos, tempo de experiência na prática de BJJ e rotinas de treino. Adicionalmente, os atletas foram previamente familiarizados com todos os procedimentos do estudo. A coleta de dados foi realizada entre os meses de junho e agosto de 2021.

Os participantes foram orientados a não realizar exercícios físicos intensos ou extenuantes nas 24 horas que antecederam as sessões de avaliação. Eles também foram orientados a não ingerir bebidas e alimentos contendo cafeína e suplementos alimentares com ação ergogênica nas 6 horas anteriores as avaliações. Antes do início da primeira sessão de testes, os atletas foram randomizados para qual tipo de tratamento receberiam em cada sessão (PLA ou PBM). O sorteio foi realizado usando a função “aleatorioentre” do *software* Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Albuquerque, NM, EUA), por um pesquisador que ficou responsável pela aplicação do tratamento e que não participou de nenhuma outra etapa, como aplicação de testes, coleta de dados e análise estatística. As informações sobre em qual sessão determinado tratamento foi realizado foram reveladas após a conclusão dos testes e tabulação de dados.

No início de cada sessão de testes, anteriormente a administração do tratamento, os avaliados indicavam a percepção do seu estado de recuperação. Os testes físicos iniciaram 10 min após a administração do tratamento (PLA ou PBM). Como a amostra do estudo foi composta por atletas, foi estabelecido um intervalo entre 48 e 72 horas para a realização dos testes, visando evitar interferência da/na preparação física dos atletas e, ainda, baseado no fato de que a PBM parece não produzir efeitos cumulativos duradouros no desempenho muscular (DE CARVALHO et al., 2020; MOLINA CORREA et al., 2020). Além disso, cada atleta realizou as sessões de testes individualmente e no mesmo horário. A figura 3 representa o desenho experimental de cada sessão de avaliação.

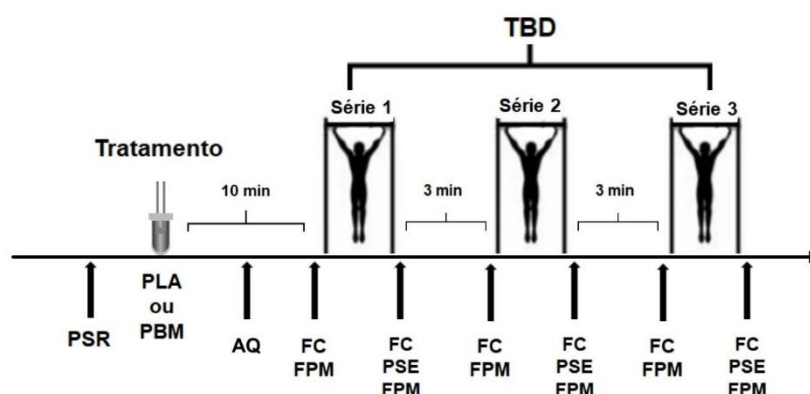


Figura 3 - Desenho experimental das sessões de TBD.

TBD: teste de barra dinâmica com quimono; PSR: percepção subjetiva de recuperação; PLA: tratamento placebo; PBM: fotobiomodulação; AQ: aquecimento; FC: frequência cardíaca; FPM: teste de força de prensão manual; PSE: percepção subjetiva de esforço.

3.2.4 Fotobiomodulação (PBM)

A PBM foi aplicada no início de cada sessão de testes. Com os participantes deitados sobre uma maca, o aparelho foi posicionado perpendicularmente ao ponto anatômico na musculatura selecionada e foi mantido a ~0,5 cm acima da superfície da pele para que o participante não percebesse o acionamento do aparelho ou qualquer vibração sobre a pele. Os pontos de irradiação foram definidos levando-se em consideração as musculaturas mais envolvidas no exercício de barra dinâmica com o quimono (SNARR et al., 2017), sendo 2 pontos na face anterior do braço, 3 pontos na face anterior do antebraço, 1 ponto na face anterior da mão, 1 ponto na região posterior do Deltoide, 1 ponto na região medial do Trapézio e 2 pontos no Latíssimo do dorso (Figura 4).

Foram utilizados dois equipamentos de PBM (Bios Therapy II, Bios Equipamentos Médicos, São José dos Campos, São Paulo, Brasil). As especificações do aparelho e da aplicação são apresentadas na tabela 2.

O tratamento PLA foi realizado nas mesmas condições de tempo e pontos anatômicos da condição PBM, porém com o aparelho desligado. Para o cegamento dos voluntários, foi solicitado que durante a aplicação eles utilizassem um óculos opaco, que vendava os olhos, e fones de ouvido emitindo músicas para que não percebessem a emissão sonora ou de luz do aparelho em funcionamento.

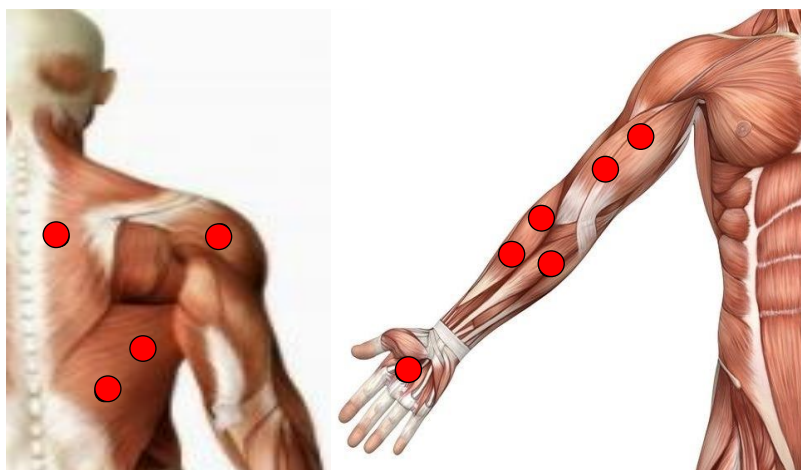


Figura 4 - Pontos de irradiação nos membros superiores.

Tabela 2 - Dosimetria de PBM para membros superiores.

Parâmetro	Especificação
Comprimento de onda	LED 630 nm
Frequência de saída	Contínua
Potência de saída	300 mW
Tamanho do feixe	1,32 cm ²
Densidade de potência	230 mW/cm ²
Total de energia por ponto	
Placebo	0 J
PBM	24 J
Densidade de energia por ponto	
Placebo	0 J/cm ²
PBM	18,2 J/cm ²
Tempo irradiado/desligado por ponto	
Placebo	0/80 s
PBM	80/0 s
Total de pontos de aplicação	10 pontos separados 7 cm em ambos os lados do corpo
Área total em contato com a sonda	24,4 cm ²
Estimativa de área irradiada	334 cm ²
Total de energia por hemisfério	
Placebo	0 J
PBM	240 J
Modo de aplicação	Estacionária. ~0,5 cm acima da pele.

LED: diodos emissores de luz.

3.2.5 Teste de Flexão dinâmica na Barra com Quimono (TBD)

O TBD com pegada no quimono foi utilizado para a avaliação da resistência de força dinâmica dos atletas, em consonância com estudos prévios (FRANCHINI et al., 2011; SILVA et al., 2012). Um coeficiente de correlação intraclasse de 0,96 foi reportado em estudo anterior com atletas de BJJ (SILVA et al., 2012).

Antes do início do teste, os atletas realizaram um aquecimento padronizado para membros superiores, que consistia de exercícios de mobilidade, e após 5 min

iniciaram os testes de FPM e TBD. Em relação ao TBD, os atletas foram instruídos a realizar o maior número de repetições de flexão de cotovelo com a pegada no quimono que estava sobre a barra fixa. Os participantes iniciaram realizando a pegada no quimono, com os braços estendidos e sem contato dos pés com o solo. Em seguida, foram instruídos a realizar o máximo de repetições de flexão de braço com o queixo ultrapassando a altura da barra. Quando verificado que os avaliados não conseguiram realizar os movimentos adequadamente ou quando voluntariamente soltaram a pegada no quimono, o teste foi interrompido. Os procedimentos são similares aos adotados em estudos anteriores (FRANCHINI et al., 2011; SILVA et al., 2012). Em cada sessão (PLA ou PBM), foram realizadas três séries de TBD com um intervalo de 3 min entre cada série (LOPES-SILVA et al., 2021). Em cada uma das séries, o desempenho foi avaliado a partir da quantidade de repetições realizadas (Rep). Além disso, o desempenho total (Rep_t) foi estabelecido como a somatória de repetições realizadas na sessão.

3.2.6 Força de Preensão Manual (FPM)

Antes e após cada série de TBD, a FPM foi medida no membro superior direito e esquerdo. Para a realização das medidas foi utilizado o dinamômetro Takey - Mecânico Smedley (Cardiomed, São Paulo, Brasil). Os atletas foram instruídos a ficarem eretos, braços estendidos e antebraços em rotação neutra, sem contato com o corpo, e exercer força máxima durante 3 s (MATHIOWETZ et al., 1984). Foi realizada apenas uma tentativa em cada momento para cada um dos braços.

3.2.7 Frequência Cardíaca (FC)

As medidas de FC foram realizadas antes (Pré) e após (Pós) cada série de TBD. Nos momentos Pré, a FC foi coletada imediatamente antes da realização do teste de FPM, enquanto que nos momentos Pós, foi coletada imediatamente após o TBD. Para análise da FC, foi utilizado um cardiofrequencímetro portátil (Polar FT1, Polar Electro – Kempele, Finlândia).

3.2.8 Percepção Subjetiva de Recuperação (PSR) e de Esforço (PSE)

Em cada uma das sessões de avaliação, antes do início do tratamento com PBM ou PLA, foi aplicada a escala de percepção de recuperação (PSR) para assegurar que os avaliados estavam em condições similares de recuperação em todas as sessões (LAURENT et al., 2011). Além disso, a PSE foi coletada imediatamente após cada série de TBD com o uso da escala de percepção de esforço de 15 pontos de Borg (BORG, 1998).

3.2.9 Análise Estatística

A normalidade dos dados foi verificada com o teste de Shapiro-Wilk. Os dados com distribuição normal foram expressos pela média e desvio padrão. A esfericidade dos dados foi analisada pelo teste de Mauchly com a correção Greenhouse-Geisser, caso necessário.

Foi analisado o CCI entre as séries de TBD nas sessões a24 J e b24J. A análise de variância de duas vias com medidas repetidas (ANOVA *two-way*) foi utilizada para comparar os efeitos dos diferentes tratamentos no desempenho nas séries do TBD, na FPM, na PSE e na FC. O teste de Bonferroni foi utilizado como *post-hoc*. Ainda, foi utilizada análise de variância de uma via (ANOVA *one-way*), com *post-hoc* de Bonferroni, para comparar a PSR e Rep_t entre os tratamentos. As diferenças foram consideradas estatisticamente significantes se $p < 0,05$. A análise dos dados foi realizada com o *software* Prisma GraphPad, versão 8.0.1 (GraphPad Software, La Jolla, CA).

4 RESULTADOS

4.1 ARTIGO 1: PBM E DESEMPENHO INTERMITENTE DE ALTA INTENSIDADE DE MEMBROS INFERIORES DE ATLETAS DE BJJ

EFEITOS DA FOTOBIMODULAÇÃO NO DESEMPENHO ANAERÓBIO INTERMITENTE DE ALTA INTENSIDADE DE MEMBROS INFERIORES EM ATLETAS DE *BRAZILIAN JIU-JITSU*: ensaio clínico randomizado, cruzado e duplo-cego.

RESUMO

Introdução: A fotobiomodulação (PBM) apresenta efeitos ergogênicos em esforços anaeróbios, podendo promover melhora do desempenho esportivo. Entretanto, não há consenso sobre o uso e a dose de energia necessária para promover aumento do desempenho anaeróbio intermitente em atletas de esportes de combate. **Objetivo:** Verificar os efeitos da PBM com diferentes doses de energia no desempenho anaeróbio intermitente de alta intensidade em atletas de *Brazilian jiu-jitsu* (BJJ). **Métodos:** 11 atletas de BJJ do sexo masculino realizaram três sessões de testes de Wingate para membros inferiores. No início de cada sessão, de forma randomizada, cruzada e duplo-cego, os atletas receberam PBM com dose de 6 J ou 12 J ou placebo (PLA) em 17 pontos de cada membro inferior. Em cada sessão foram realizados o teste de salto vertical com agachamento (SJ) e três testes de Wingate, com 3 min de intervalo entre as séries. A frequência cardíaca (FC) foi coletada imediatamente antes e após cada teste de Wingate e nos minutos 1, 3 e 5 após a última série. **Resultados:** Não foram observadas diferenças entre os tratamentos na altura do SJ, nas variáveis de desempenho nos 3 testes de Wingate, na FC e na PSE ($p>0,05$; para todas as comparações). A sessão de teste de Wingate promoveu redução na capacidade anaeróbia na segunda e terceira séries de Wingate em todas as condições, indicando fadiga ($p<0,05$). **Conclusão:** Independentemente da dose de energia aplicada, o tratamento com PBM não produziu resposta ergogênica no desempenho intermitente de alta intensidade em atletas de BJJ.

Palavras-chave: Terapia com luz de baixa intensidade; Artes marciais; Desempenho esportivo; Teste de esforço.

INTRODUÇÃO

A fotobiomodulação (PBM) é a irradiação dos tecidos vivos com luz de baixa intensidade (até 1000 mW) em comprimentos de onda que variam do vermelho ao infravermelho próximo (600 a 1100 nm, respectivamente) (HAMBLIN, 2018; KARU, 2008). Sugere-se que a PBM produz efeitos biológicos que potencializam a ação da enzima citocromo c-oxidase (CCO) da cadeia de transporte de elétrons mitocondrial, aumentando a capacidade de produção de adenosina trifosfato (ATP) (HAMBLIN,

2018; HAYWORTH et al., 2010). Além disso, outros mecanismos que podem estar envolvidos com o efeito ergogênico e redução de fadiga pela PBM incluem um possível efeito sobre o recrutamento de unidades motoras (LANFERDINI et al., 2018a; TOMA et al., 2018), a dissociação do óxido nítrico no complexo IV mitocondrial e o aumento na recaptação de cálcio intracelular (DE FREITAS; HAMBLIN, 2016). Desta forma, a PBM poderia contribuir para o aumento do desempenho em modalidades esportivas que requerem tanto o metabolismo aeróbio quanto anaeróbio, em ações intermitentes de alta intensidade, como os esportes de combate (JULIO; FRANCHINI, 2021; LOPES-SILVA; FRANCHINI, 2021).

Ensaio clínico têm demonstrado que a PBM com diferentes doses de energia dentro de uma janela terapêutica (curva Arndt-Schultz), quando administrada previamente ao exercício, pode aumentar o desempenho muscular em exercícios repetidos de curta duração e retardar o aparecimento da fadiga muscular (FERRARESI; HUANG; HAMBLIN, 2016; LANFERDINI et al., 2018a; ROSSATO et al., 2018, 2020). Diante disto, a capacidade de melhorar o desempenho anaeróbio e promover a recuperação entre esforços repetidos de alta intensidade poderia promover importante vantagem competitiva em esportes de natureza intermitente, como o BJJ.

O efeito da PBM sobre a capacidade anaeróbia, alática e láctica, foi estudada em ensaios clínicos utilizando o teste de Wingate, demonstrando efeitos controversos (DENIS; O'BRIEN; DELAHUNT, 2013; LEAL JUNIOR et al., 2009a, 2009c; MOLINA CORREA et al., 2020; TELES et al., 2015). Não foram observados efeitos ergogênicos na potência pico e média em testes de Wingate em jogadores de voleibol irradiados (810 nm ou 660 e 850 nm) com 6 J (164,8 J/cm²) a 41,7 J (6 J/cm²) (dois pontos no músculo reto femoral) (LEAL JUNIOR et al., 2009a). Outro estudo também não mostrou efeito no trabalho total em teste de Wingate em atletas de voleibol e futebol irradiados com 30 J (1071,4 J/cm²) a 40 J (1428,5 J/cm²), 830nm, em 5 pontos no músculo reto femoral (LEAL JUNIOR et al., 2009c). Porém, os autores sugeriram que a PBM poderia ter efeito sobre a recuperação pós-exercício, devido redução dos níveis de creatina quinase e rápida remoção de lactato nos sujeitos irradiados (LEAL JUNIOR et al., 2009a, 2009c). Ainda, outro estudo avaliou o efeito da PBM (660 e 930 nm; 25,95 J em 4 pontos anteriores da coxa; 1,8 J/cm²) sobre a recuperação do desempenho de atletas de modalidades coletivas, no teste de Wingate, após indução de fadiga muscular (DENIS; O'BRIEN;

DELAHUNT, 2013). Não foi observado efeito sobre a remoção de lactato, potência pico e índice de fadiga, sendo que os autores concluíram que a PBM não foi eficiente para recuperação de desempenho após um esforço de alta intensidade (DENIS; O'BRIEN; DELAHUNT, 2013). Porém, estes estudos utilizaram pequenas áreas de irradiação (DENIS; O'BRIEN; DELAHUNT, 2013; LEAL JUNIOR et al., 2009a, 2009c) ou baixas doses de energia (DENIS; O'BRIEN; DELAHUNT, 2013). A administração de PBM em sujeitos fisicamente ativos, nos principais grupos musculares envolvidos no teste de Wingate, em densidade de energia de $3,9 \text{ J/cm}^2$, também não apresentou efeitos ergogênicos (TELES et al., 2015). Contudo, os autores demonstraram que o aquecimento prévio ao teste ou a combinação de uma manobra de potencialização pós-ativação e PBM resultaram no aumento da potência pico e relativa (TELES et al., 2015). Um estudo recente demonstrou que a PBM (6 J , $\sim 4,5 \text{ J/cm}^2$, 630nm) é capaz de melhorar o desempenho anaeróbio (potência pico e média) em sujeitos fisicamente ativos, quando administrada nos principais grupos musculares e associado a protocolo de aquecimento antes do teste de Wingate (MOLINA CORREA et al., 2020). Os resultados controversos dos estudos podem estar associados a diferentes áreas de irradiação, doses de energia e aptidão física dos voluntários e, ainda, não permitem esclarecer se existe efeito ergogênico da PBM sobre o desempenho anaeróbio e resistência à fadiga em atletas.

No Brazilian Jiu Jitsu (BJJ), o metabolismo anaeróbio desempenha papel determinante durante o combate em virtude da sua natureza intermitente com ações motoras que variam em esforços de alta e baixa intensidade, o que requer dos atletas alta capacidade e potência anaeróbia (ANDREATO et al., 2017). Além disso, as lutas de BJJ podem durar até 10 min necessitando que os atletas também desenvolvam níveis elevados de aptidão aeróbia (ANDREATO et al., 2017). A relação de esforço e pausa de 6:1, com esforços de alta e baixa intensidade na razão de até 1:11 (ANDREATO et al., 2016), e as ações musculares de potência e de força máxima sendo realizadas durante as lutas de BJJ sugerem que a utilização de recursos ergogênicos que aumentem a capacidade de produção de força, aumentem a resistência à fadiga e acelerem a recuperação nos momentos de pausa, podem promover vantagem competitiva. Neste sentido, a PBM poderia ser uma importante estratégia ergogênica para o desempenho das ações intermitentes de alta intensidade por atletas de BJJ, em virtude de ser um método não invasivo, de fácil administração, por não ser considerada doping e não promover efeitos

deletérios à saúde do atleta. Contudo, não há estudos avaliando o efeito da terapia no desempenho intermitente de alta intensidade em atletas de BJJ.

Considerando os possíveis efeitos ergogênicos da PBM, o objetivo do presente estudo foi verificar o efeito da PBM sobre o desempenho anaeróbio intermitente de alta intensidade de atletas de BJJ. A hipótese principal do estudo foi de que a PBM poderia melhorar o desempenho em testes de Wingate repetidos, independentemente da dose de energia aplicada, quando comparado com a situação placebo. A hipótese secundária do estudo foi de que a PBM poderia reduzir a fadiga e acelerar a recuperação entre intervalos de testes de Wingate, mantendo maiores níveis de desempenho anaeróbio em testes sucessivos, quando comparado à condição placebo.

MÉTODOS

Abordagem experimental do problema

O presente estudo é um ensaio clínico cruzado, randomizado e duplo-cego, para verificar o efeito da PBM com diferentes doses de energia no desempenho anaeróbio de atletas de BJJ. Os participantes foram submetidos a três sessões de teste de forma randomizada, na qual receberam tratamento placebo (PLA), ou irradiação com 6 J ou 12 J por ponto, previamente aos testes. Para avaliação do desempenho, fadiga e carga interna, foram realizadas três séries de teste de Wingate para membros inferiores, com 3 min de recuperação passiva entre cada série. O teste de Wingate é validado, apresenta alta reprodutibilidade e grande aplicabilidade na avaliação do desempenho anaeróbio láctico e alático (BAR-OR, 1987; BOGDANIS et al., 1998; OZKAYA et al., 2018).

Participantes

Participaram do estudo 11 atletas de BJJ do sexo masculino (idade: $28,7 \pm 8,3$ anos; estatura: $1,76 \pm 0,1$ m; massa corporal: $84,8 \pm 9,96$ kg; massa gorda: $19,0 \pm 8,97$ %; massa magra: $46,1 \pm 5,0$ %; tempo de prática: $7,4 \pm 2,9$ anos), graduados de faixa azul a faixa preta e competidores de nível estadual (3), nacional (2) e internacional (6).

O tamanho da amostra foi calculado baseado no estudo de Molina Correa et al. (2021), que analisou o efeito da PBM em variáveis de desempenho no teste de Wingate, utilizando dose de 6 J aplicadas nos mesmos pontos de irradiação deste estudo, utilizando o mesmo equipamento comercial. Para obtenção de um poder estatístico de 80%, com um erro tipo alfa máximo de 5%, em teste tipo cruzado, seriam necessários 5 participantes (G Power versão 3.1.9.7).

Os voluntários foram previamente informados sobre os procedimentos do estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido para participar da pesquisa, que foi aprovada pelo comitê de ética da Universidade Cesumar (Unicesumar) (CAAE: 44916721.7.0000.5539).

Antes do início das avaliações foi realizada uma anamnese com os voluntários para análise de elegibilidade, na qual foram registrados dados relativos à idade, experiência prévia na prática de BJJ, rotinas de treino e condições de saúde. Foram incluídos atletas que estavam realizando pelo menos três sessões semanais de treinamento específico da modalidade por um período não inferior a 3 meses. Não foram incluídos no estudo voluntários tabagistas, portadores de doenças crônicas e lesões musculoesqueléticas ou que estavam em processo de perda de peso para competir. Após a anamnese, os participantes realizaram avaliações antropométricas e foram familiarizados com todos os procedimentos do estudo. A coleta de dados foi realizada entre os meses de abril e junho de 2021.

Desenho experimental

Os participantes foram orientados a não realizar exercícios físicos intensos ou extenuantes nas 24 horas que antecederam os testes. Ainda, foram orientados a não ingerir bebidas e alimentos contendo cafeína e suplementos alimentares com ação ergogênica nas 6 horas anteriores as avaliações. Antes do início da primeira sessão de testes, os atletas foram aleatorizados para qual tipo de tratamento receberiam em cada uma das três sessões (PLA, 6 J ou 12 J) por meio de sorteio aleatório usando a função “aleatorioentre” do *software* Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Albuquerque, NM, EUA). A administração da PBM foi realizada antes dos testes de saltos verticais e de Wingate para membros inferiores.

A randomização foi realizada por um pesquisador que ficou responsável pela aplicação da PBM e que não participou de nenhuma outra etapa do estudo. A ordem dos tratamentos foi revelada após a conclusão do estudo.

Além disso, cada participante realizou as três sessões de testes no mesmo horário do dia, em temperatura ambiente de $\sim 25^{\circ}\text{C}$ e com 48 horas de intervalo entre as sessões. Este intervalo entre as sessões foi estabelecido para reduzir a interferência da fase de periodização do treinamento dos atletas e levando-se em consideração que a PBM parece não apresentar efeitos cumulativos duradouros no desempenho muscular (DE CARVALHO et al., 2020; MOLINA CORREA et al., 2020).

Após a PBM, os atletas realizaram um aquecimento padronizado e em seguida realizaram o teste de salto com agachamento (SJ). Ao final do último SJ, foi permitido um período de recuperação de 5 min. Posteriormente, os atletas realizaram um aquecimento específico para o teste de Wingate e, após 3 min de descanso, realizaram três testes de Wingate para membros inferiores com intervalo de 3 min entre os testes. Ainda, foram coletadas a percepção subjetiva de esforço (PSE) e frequência cardíaca (FC) (figura 5).

Além disso, ao final de cada sessão de avaliação, os participantes foram questionados sobre a percepção em relação a qual tratamento receberam para a confirmação da efetividade do cegamento do avaliado.

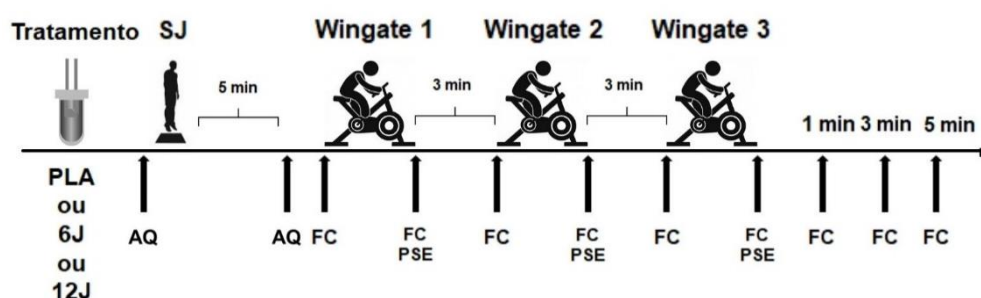


Figura 5 - Desenho experimental das sessões de teste.

PLA: tratamento placebo; 6 J: fotobiomodulação com dose de 6 Joules por ponto; 12 J: fotobiomodulação com dose de 12 Joules por ponto; SJ: salto com agachamento; AQ: aquecimento; FC: frequência cardíaca; PSE: percepção subjetiva de esforço.

Fotobiomodulação (PBM)

A PBM foi aplicada imediatamente antes do aquecimento inicial, com os diodos posicionados perpendicularmente à musculatura selecionada, com os

participantes deitados sobre uma maca. Foram irradiados 17 pontos em cada membro inferior (9 pontos no quadríceps, 4 pontos nos isquiotibiais e 4 pontos no gastrocnêmio; figura 6).

Foram utilizados dois equipamentos de PBM (Bios Therapy II, Bios Equipamentos Médicos, São José dos Campos, São Paulo, Brasil). As especificações do aparelho e da aplicação são apresentadas na tabela 3.

De acordo com o tratamento administrado, em cada ponto de aplicação o equipamento permaneceu ligado por 40 s (12 J), ligado nos 20 primeiros s e desligado nos 20 últimos s (6 J) ou desligado por 40 s (placebo – PLA). Assim, todas as sessões foram realizadas nas mesmas condições de tempo e posições. Para o cegamento dos voluntários, em todas as sessões foi solicitado que durante a aplicação da PBM eles utilizassem um óculos opaco, que vendava os olhos, e fones de ouvido emitindo músicas para não perceberem a identificação de emissão sonora ou de luz do aparelho. O equipamento foi mantido em posição estacionária, o mais próximo possível da superfície da pele, para o participante não perceber os pontos de irradiação ou qualquer vibração do aparelho em funcionamento.



Figura 6 - Pontos de irradiação nos membros inferiores.

Tabela 3 - Dosimetria de PBM para membros inferiores.

Parâmetro	Especificação
Comprimento de onda	LED 630 nm
Frequência de saída	Contínua
Potência de saída	300 mW
Tamanho do feixe	1,32 cm ²
Densidade de potência	230 mW/cm ²
Total de energia por ponto	
Placebo	0
6 J	6 J
12 J	12 J
Densidade de energia por ponto	
Placebo	0
6 J	~4,5 J/cm ²
12 J	~9,1 J/cm ²
Tempo irradiado/desligado por ponto	
Placebo	0/40 s
6 J	20/20 s
12 J	40/0 s
Total de pontos de aplicação	17 pontos separados 7 cm (ambos os lados do corpo)
Área total de irradiação da sonda	24,4 cm ²
Estimativa de área irradiada	334 cm ²
Total de energia por membro	
Placebo	0 J
6 J	102 J
12 J	204 J
Modo de aplicação	Estacionário. ~0,5 cm cima da superfície da pele.

LED: diodos emissores de luz.

Teste de salto com agachamento (SJ)

Após um aquecimento padronizado para membros inferiores, que constava de corrida estacionária e saltos verticais, foram realizados três SJ, com intervalos de 10 segundos entre cada tentativa. Os atletas foram instruídos a permanecer em uma posição estática com os joelhos flexionados a um ângulo de ~90° e com as mãos no quadril e, ao comando do avaliador, saltar verticalmente o mais alto possível (BOSCO; LUHTANEN; KOMI, 1983). A altura do SJ foi avaliada através do tempo de voo do avaliado, com a utilização de um tapete de contato conectado a um *software* de computador (Jump System Pro, CEFISE, Nova Odessa, Brasil). O melhor de cada um dos três SJ foi registrado para fins estatísticos. Os testes apresentaram um coeficiente de correlação intraclasse (CCI) de 0,99.

Teste de Wingate de membros inferiores

Os testes de Wingate foram realizados em um cicloergômetro (CEFISE, Biotec 2100, Nova Odessa, Brasil), iniciando com um aquecimento específico (5 séries de 30 s (20 s a 70 rpm e 10 s a 100 rpm), com 100 W). O primeiro teste de Wingate teve início 3 min após o aquecimento específico. Foram realizados três testes de Wingate de membros inferiores, com carga de 7,5% relativa à massa corporal do avaliado e partindo da velocidade zero. Entre cada teste, foi permitido um intervalo de descanso passivo de 3 min. O protocolo foi preconizado levando-se em consideração a relação das ações de alta e baixa intensidade em um combate de BJJ (~1:11) (ANDREATO et al., 2016), e a influência do tempo de recuperação no desempenho em testes de Wingate (HARBILI, 2015). Foram avaliados a potência pico (P_{pico}) absoluta (W) e relativa (W/kg), a potência média ($P_{\text{média}}$) absoluta (W) e relativa (W/kg), a velocidade máxima ($V_{\text{máx}}$) e média ($V_{\text{méd}}$), as rotações por minutos máximas ($\text{RPM}_{\text{máx}}$) e média ($\text{RPM}_{\text{médio}}$) e o índice de fadiga (IF). Ainda, foram calculados o tempo (s) até a P_{pico} (TP_{pico}), Força Explosiva (F_{exp}) ($F_{\text{exp}} = P_{\text{pico}}$ dividido pelo TP_{pico}) e o *Power Drop* ($P_{\text{drop}} =$ diferença entre a P_{pico} e a potência ao final do teste).

Frequência cardíaca (FC)

As medidas de FC foram realizadas imediatamente antes e após cada série de Wingate, com o avaliado sentado no cicloergômetro, e nos min 1, 3 e 5 após a última série do teste na sessão. Para análise da FC, foi utilizado um cardiófrequencímetro portátil (Polar FT1, Polar Electro, Kempele, Finlândia).

Percepção subjetiva de esforço (PSE)

A PSE foi coletada imediatamente após cada teste de Wingate, com o uso da escala de percepção de esforço de 15 pontos de Borg (BORG, 1998).

Análise estatística

A normalidade dos dados foi verificada com o teste de Shapiro-Wilk. Os dados foram expressos pela média e desvio padrão. A esfericidade dos dados foi

analisada pelo teste de Mauchly e quando o pressuposto de esfericidade foi violado a correção Greenhouse-Geisser foi aplicada.

A análise de variância de uma via (ANOVA *one-way*) foi utilizada para verificar o efeito dos tratamentos no desempenho no SJ. A análise de variância de duas vias (ANOVA *two-way*) foi utilizada para identificar efeitos (tratamento x momento) no desempenho nos testes de Wingate (1°, 2° e 3°), na FC e na PSE. O teste *post-hoc* de Bonferroni foi utilizado nas comparações entre os tratamentos no SJ e nos testes de Wingate quando foi detectado significância das variáveis no teste ANOVA *one-way* e *two-way*. As diferenças foram consideradas estatisticamente significantes se $p < 0,05$. A análise dos dados foi realizada com o *software* Prisma GraphPad, versão 8.0.1 (GraphPad Software, La Jolla, CA).

O percentual de redução entre séries (Δ) foi determinado para os índices de desempenho e fadiga. O tamanho de efeito de Cohen ($< 0,19 =$ efeito trivial; $> 0,2 =$ efeito pequeno; $> 0,5 =$ efeito médio; $> 0,8 =$ efeito grande) foi utilizado nas comparações entre sessões do teste de salto e Δ entre séries do teste de Wingate.

RESULTADOS

Não foram identificadas diferenças significantes ($p = 0,75$, $F(1,74; 17,46) = 0,24$) na altura SJ entre as sessões PLA ($36,8 \pm 8,7$ cm), 6 J ($37,1 \pm 8,9$ cm) e 12 J ($36,9 \pm 9,0$ cm), com tamanho de efeito (TE) trivial para 6 J (TE: 0,03; IC95%: -0,80 a -0,87) e 12 J (TE: 0,01; -0,82 a -0,87) em relação à sessão PLA.

Para a P_{pico} absoluta nas três séries do teste de Wingate repetido, não foi observado interação entre tratamento e séries ($p = 0,99$; $F(4, 60) = 0,04$), apenas o efeito das séries ($p < 0,0001$; $F(1,106, 33,17) = 56,91$; $\eta^2 = 0,284$). A P_{pico} absoluta reduziu significativamente na série 2 nas sessões PLA e 6 J e em todos os tratamentos na série 3 (Figura 7A). A redução percentual de P_{pico} absoluta (ΔP_{pico}) da série 2 apresentou tamanho de efeito trivial (TE: 0,19; -0,65 a 1,02) na sessão PLA ($-7,2 \pm 4,2\%$) em relação a 6 J ($-6,7 \pm 6,7\%$) e pequeno (TE: 0,28; -0,57 a 1,11) em relação a 12 J ($-6,2 \pm 6,8\%$). A ΔP_{pico} absoluta na série 3 da sessão PLA ($-17,3 \pm 7,1\%$) teve efeito trivial (TE: 0,09; -0,74 a 0,93) em relação a 6 J ($-16,3 \pm 13,1\%$) e efeito trivial (TE: 0,16; -0,69 a 0,99) em relação a 12 J ($-15,7 \pm 12,7\%$).

As séries do teste de Wingate apresentaram efeito sobre a P_{pico} relativa ($p < 0,001$; $F(1,562, 46,86) = 38,98$; $\eta^2 = 0,28$), sem efeito da interação entre série e tratamento, ou efeito do tratamento. A P_{pico} relativa foi reduzida no grupo 6 J na

segunda série e em todos os grupos no terceiro esforço (Figura 7B). A redução da ΔP_{pico} relativa da série 2 apresentou tamanho de efeito pequeno (TE: 0,38; -0,48 a 1,21) da sessão PLA (-10,3 \pm 11,4%) em relação à sessão 6 J (-6,7 \pm 6,7%) e tamanho de efeito pequeno (TE: 0,44; -0,42 a 1,27) em relação à sessão 12 J (-6,2 \pm 6,8%). O ΔP_{pico} relativa na série 3 da sessão PLA (-17,3 \pm 7,1%) apresentou efeito trivial (TE: 0,09; -0,74 a 0,93) em relação a 6 J (-16,3 \pm 13,1%) e efeito trivial (TE:0,16; -0,69 a 0,99) em relação a 12 J (-15,7 \pm 12,7%).

A $P_{\text{média}}$ apresentou efeito das séries ($p < 0,001$, $F(1,336, 40,07) = 246,3$; $\eta^2 = 0,676$), mas sem interação de tratamento e série. A redução de $P_{\text{média}}$ ocorreu de forma significativa entre séries em todos os tratamentos (Figura 7C). O $\Delta P_{\text{média}}$ na segunda série do teste de Wingate nas sessões PLA (-16,6 \pm 2,9%), 6 J (-16,6 \pm 7,3%) e 12 J (-15,5 \pm 6,6%) obteve tamanhos de efeito triviais em relação a PLA (TE: 0,03; -0,80 a -0,87; TE: -0,24; -1,06 a 0,61). Na terceira série de Wingate o $\Delta P_{\text{média}}$ em PLA (-27 \pm 5,9%), 6 J (-28,4 \pm 9%) e 12 J (-26,3% \pm 9,2%) também apresentou tamanho de efeito trivial (TE: 0,19, -0,65 a 1,03; -0,09, -0,92 a 0,75).

As séries do teste de Wingate apresentaram efeito sobre a $P_{\text{média}}$ relativa ($p < 0,001$; $F(1,562, 46,85) = 141,7$, $\eta^2 = 0,585$). No entanto, não foi observado efeito e interação do tratamento com as séries (Figura 7D). A $\Delta P_{\text{média}}$ relativa na série 2 apresentou tamanho de efeito pequeno (TE: 0,32; -0,53 a 1,15) da sessão PLA (-19,4 \pm 10,2%) em relação à sessão 6 J (-16,5 \pm 7,3%) e tamanho de efeito pequeno (TE: 0,45; -0,41 a 1,28) em relação à sessão 12 J (-15,5 \pm 6,6%). A $\Delta P_{\text{média}}$ relativa na série 3 da sessão PLA (-27 \pm 5,9%) tem tamanho de efeito trivial (TE: -0,19; -1,02 a 0,65) em relação a 6 J (-28,4 \pm 8,9%) e tamanho de efeito trivial (TE:0,09; -0,75 a 0,92) em relação a 12 J (-26,3 \pm 9,2%).

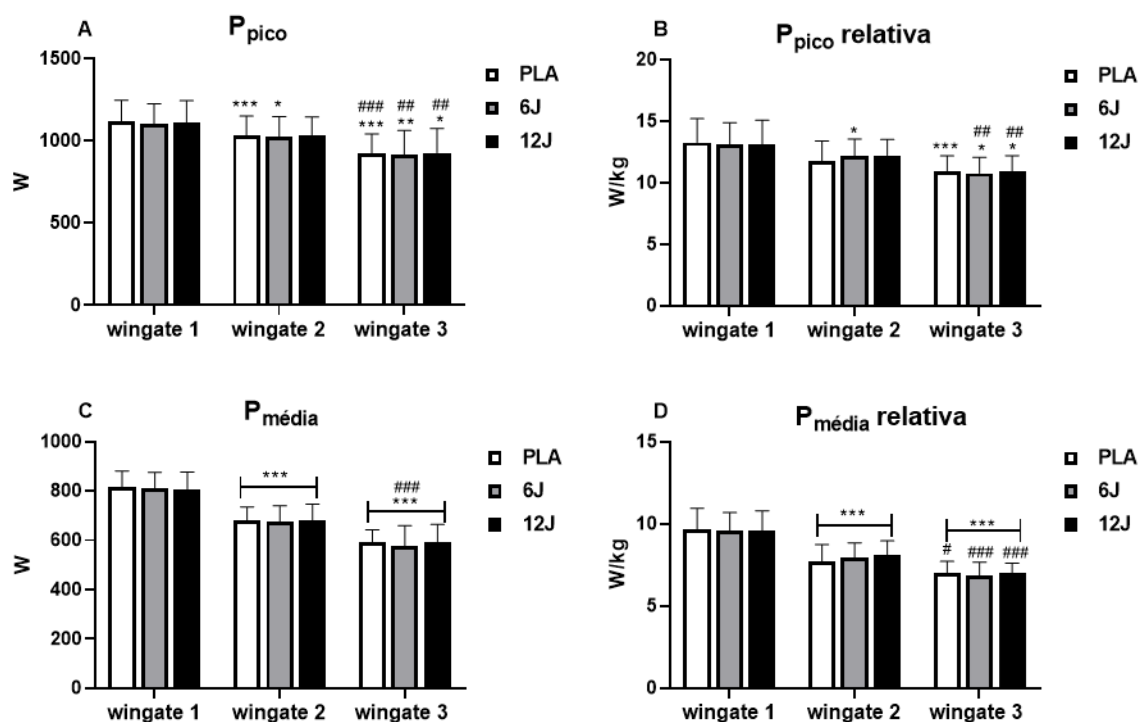


Figura 7 - Desempenho anaeróbico nos três testes de Wingate em atletas de BJJ.

PLA: placebo; 6J: fotobiomodulação com dose de 6 Joules por ponto; 12J: fotobiomodulação com dose de 12 Joules por ponto; (A) Potência pico; (B) Potência pico relativa a massa corporal; (C) Potência média; (D) Potência média relativa a massa corporal. * p<0,05, ** p<0,01 e *** p<0,005 em comparação com a série Wingate 1 do mesmo tratamento; # p<0,05, ## p<0,01 e ### p<0,005 em comparação com a série Wingate 2 do mesmo tratamento.

A $V_{máx}$ ($p<0,0001$; $F(1,191, 35,74) = 47,24$; $\eta^2 = 0,286$) e a $V_{média}$ ($p<0,001$; $F(1,294, 38,83) = 180,7$; $\eta^2 = 0,583$) apresentaram efeito das séries de Wingate, mas não do tratamento. A $V_{máx}$ e $V_{média}$ foram reduzidas significativamente na segunda e terceira séries de teste (figura 8A e figura 8B). A redução da $\Delta V_{máx}$ da série 2 apresentou tamanho de efeito pequeno (TE: 0,20; -0,65 a 1,03) da sessão PLA ($-7,8 \pm 4,2\%$) em relação à sessão 6 J ($-6,7 \pm 6,7\%$) e tamanho de efeito trivial (TE: 0,09; -0,77 a 0,90) em relação à sessão 12 J ($-7,4 \pm 7,6\%$). A $\Delta V_{máx}$ na série 3 da sessão PLA ($-17,1 \pm 7,3\%$) tem tamanho de efeito trivial em relação a 6 J ($-16,3 \pm 13,1\%$; TE: 0,08; -0,76 a 0,91) e 12 J ($-15,7 \pm 12,7\%$; TE: 0,14; -0,71 a 0,97). A redução da $\Delta V_{média}$ da série 2 apresentou tamanho de efeito trivial da sessão PLA ($-7,8 \pm 4,2\%$) em relação à sessão 6 J ($-6,7 \pm 6,7\%$; TE: -0,08; -0,92 a 0,76) e 12 J ($-7,4 \pm 7,6\%$; TE: 0,09; -0,75 a 0,92). A $\Delta V_{média}$ da série 3 apresentou tamanhos de

efeitos triviais do PLA ($-27,1 \pm 5,9\%$) em relação à sessão 6 J ($-28,4 \pm 8,9\%$; TE: $-0,17$; $-1,00$ a $0,67$) e 12 J ($-26,3 \pm 9,2\%$; TE: $-0,10$; $-0,74$ a $0,94$).

As séries de Wingate promoveram redução progressiva no desempenho da $RPM_{\text{máx}}$ ($p < 0,001$; $F(1,084, 32,53) = 50,75$; $\eta^2 = 0,285$) e $RPM_{\text{médio}}$ ($p < 0,001$; $F(1,267, 38,01) = 183,9$; $\eta^2 = 0,585$). Porém não foram observados efeitos do tratamento e da interação com as séries. A $RPM_{\text{máx}}$ reduziu na série 2 na sessão PLA e 6 J, e em todos os tratamentos na série 3 (figura 8C). A $\Delta RPM_{\text{máx}}$ na segunda série apresentou tamanho de efeito trivial na sessão PLA ($-7,8 \pm 4,2\%$) em relação a 6 J ($-7,1 \pm 6,9\%$; TE: $-0,12$; $-0,72$ a $0,95$) e pequeno em relação a 12 J ($-6,2 \pm 6,8\%$; TE: $0,28$; $-0,57$ a $1,11$). Na série 3 a $\Delta RPM_{\text{máx}}$ apresentou tamanho de efeito trivial na sessão PLA ($-17,3 \pm 7,1\%$) em relação a 6 J ($-16,7 \pm 13,4\%$; TE: $0,08$; $-0,78$ a $0,89$) e 12 J ($-15,7 \pm 12,7\%$; TE: $0,16$; $-0,69$ a $0,99$).

Para o $RPM_{\text{médio}}$, foi observada redução significativa de desempenho em todos os tratamentos na segunda e terceira série de Wingate (figura 8D). A $\Delta RPM_{\text{médio}}$ na segunda série apresentou tamanho de efeito trivial na sessão PLA ($-16,6 \pm 4,9\%$) em relação a 6 J ($-16,5 \pm 7,3\%$; TE: $-0,02$; $-0,82$ a $0,85$) e pequeno em relação a 12 J ($-15,5 \pm 6,8\%$; TE: $0,22$; $-0,63$ a $1,05$). Na série 3 a $\Delta RPM_{\text{médio}}$ apresentou tamanho de efeito trivial na sessão PLA ($-27 \pm 5,9\%$) em relação a 6 J ($-28,4 \pm 9\%$; TE: $-0,18$; $-1,01$ a $0,66$) e 12 J ($-26,3 \pm 9,2\%$; TE: $0,09$; $-0,75$ a $0,92$).

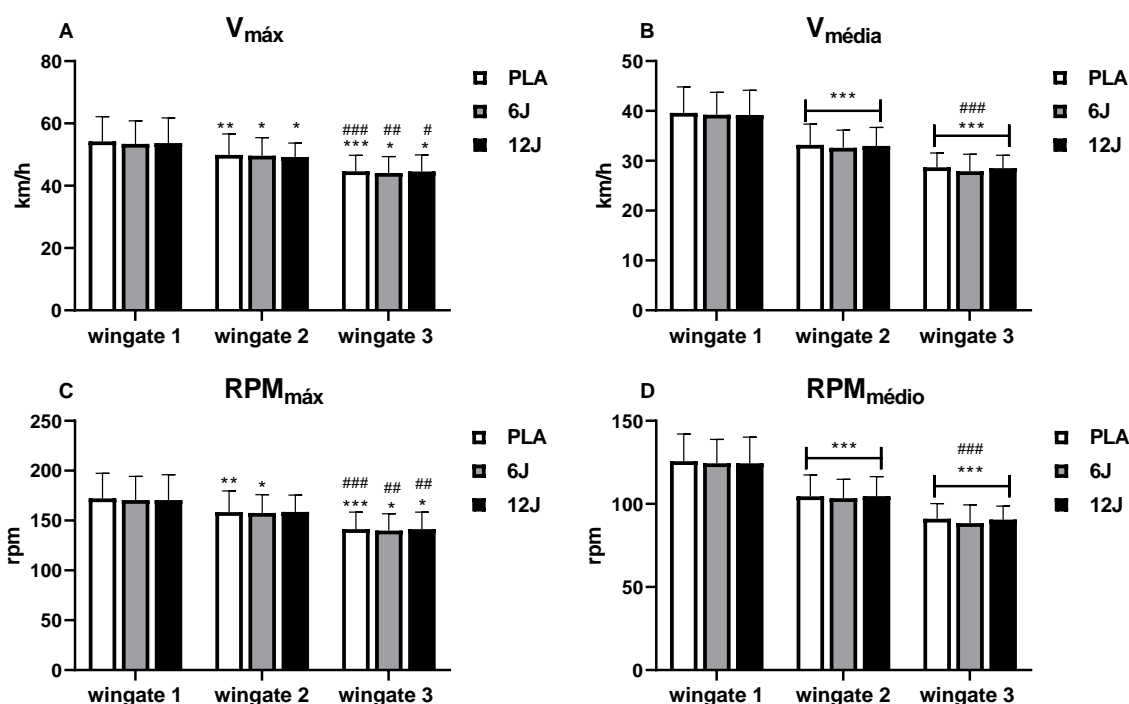


Figura 8 - Desempenho em velocidade e RPM máximos e médios nos três testes de Wingate em atletas de BJJ.

PLA: placebo; 6J: fotobiomodulação com dose de 6 Joules por ponto; 12J: fotobiomodulação com dose de 12 Joules por ponto; (A) Velocidade máxima; (B) Velocidade média; (C) Rotações por minuto máximas; (D) Rotações por minuto médias. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ e *** $p < 0,005$ em comparação com a série Wingate 1 do mesmo tratamento; # $p < 0,05$, ## $p < 0,01$ e ### $p < 0,005$ em comparação com a série Wingate 2 do mesmo tratamento.

Em relação aos parâmetros de fadiga, o IF sofreu aumento nas séries sucessivas do teste de Wingate ($p < 0,001$; $F(1,577, 47,30) = 25,36$; $\eta^2 = 0,149$), sem efeitos do tratamento e interação entre séries e tratamento. O IF apresentou aumento na segunda série de Wingate em todos os tratamentos (figura 9A). O aumento do ΔIF na série 2 apresentou tamanho de efeito pequeno no PLA ($15,8 \pm 12,5\%$) em relação a 6 J ($13,2 \pm 10,3\%$; TE: -0,23; -1,06 a 0,62) e trivial em relação a 12 J ($13,8 \pm 13,3\%$; TE: -0,14; -0,97 a 0,70). Na série 3, o ΔIF apresentou efeito trivial entre a sessão PLA ($19,9 \pm 14,7\%$) e 6 J ($18,6 \pm 16\%$; TE: -0,08; -0,92 a 0,75) e médio em relação a 12 J ($11,5 \pm 14,5\%$; TE: -0,58; -1,40 a 0,30).

O P_{drop} sofreu redução na terceira série de Wingate ($p < 0,01$; $F(1,321, 39,62) = 6,449$; $\eta^2 = 0,026$) apenas na sessão placebo (figura 9B). A ΔP_{drop} da sessão PLA ($6,9 \pm 14,3\%$) apresentou tamanho de efeito trivial em relação a 6 J ($5,7 \pm 13,5\%$; TE: -0,09; -0,92 a 0,75) e 12 J ($6,6 \pm 15\%$; TE: -0,02; -0,86 a 0,82). Na terceira série, ΔP_{drop} da sessão PLA ($-4,0 \pm 18,4\%$) teve tamanho de efeito trivial em

relação a 6 J ($0,2 \pm 25,3\%$; TE: -0,19; -0,65 a 1,02) e 12 J ($-0,5 \pm 21\%$; TE: -0,17; -0,67 a 1,01).

O TP_{pico} ($p < 0,001$; $F(1,672, 50,17) = 16,69$; $\eta^2 = 0,236$) aumentou ao longo das séries de Wingate, porém sem efeito de tratamento e interação de séries e tratamento. A sessão 6 J promoveu o aumento do tempo até os atletas alcançarem a P_{pico} na terceira série do teste (figura 9C). O aumento no ΔTP_{pico} na série 2 apresentou tamanho de efeito trivial (TE: 0,10; -0,74 a 0,94) entre o PLA ($10,3 \pm 31,8\%$) e 6 J ($13,4 \pm 27,6\%$), e pequeno (TE: 0,25; -0,60 a 1,08) em relação a 12 J ($17,8 \pm 27,3\%$). Porém, na série 3, o tamanho de efeito para ΔTP_{pico} de PLA ($23,6 \pm 32\%$) em relação a 6 J ($50,6 \pm 39,1$) foi considerado médio (TE: 0,76; -0,14 a 1,59) e em relação a 12 J ($46,4 \pm 56$) foi pequeno (TE: 0,50; -0,37 a 1,32).

A F_{exp} foi significativamente reduzida ao longo das séries de Wingate ($p < 0,0001$; $F(1,829, 54,86) = 34,86$; $\eta^2 = 0,347$), sem influência de interação de tratamento e séries. A F_{exp} foi reduzida na terceira série em todos os tratamentos, sendo que o grupo 6 J apresentou redução também em relação à segunda série (figura 9D). O aumento no ΔF_{exp} na série 2 apresentou tamanho de efeito trivial (TE: -0,09; -0,93 a 0,75) entre o PLA ($10,3 \pm 23,9\%$) e 6 J ($-12,6 \pm 25,7\%$), e pequeno (TE: -0,28; -1,10 a 0,57) em relação a 12 J ($-16,4 \pm 20,3\%$). Porém, a redução ΔF_{exp} na terceira série apresentou tamanho de efeito pequeno do grupo PLA ($-29,2 \pm 17,5\%$) em relação ao 6 J ($-38,8 \pm 26,5\%$; TE: -0,43; -1,26 a 0,43) e 12 J ($-33,7 \pm 26,5\%$; TE: -0,20; -1,03 a 0,64).

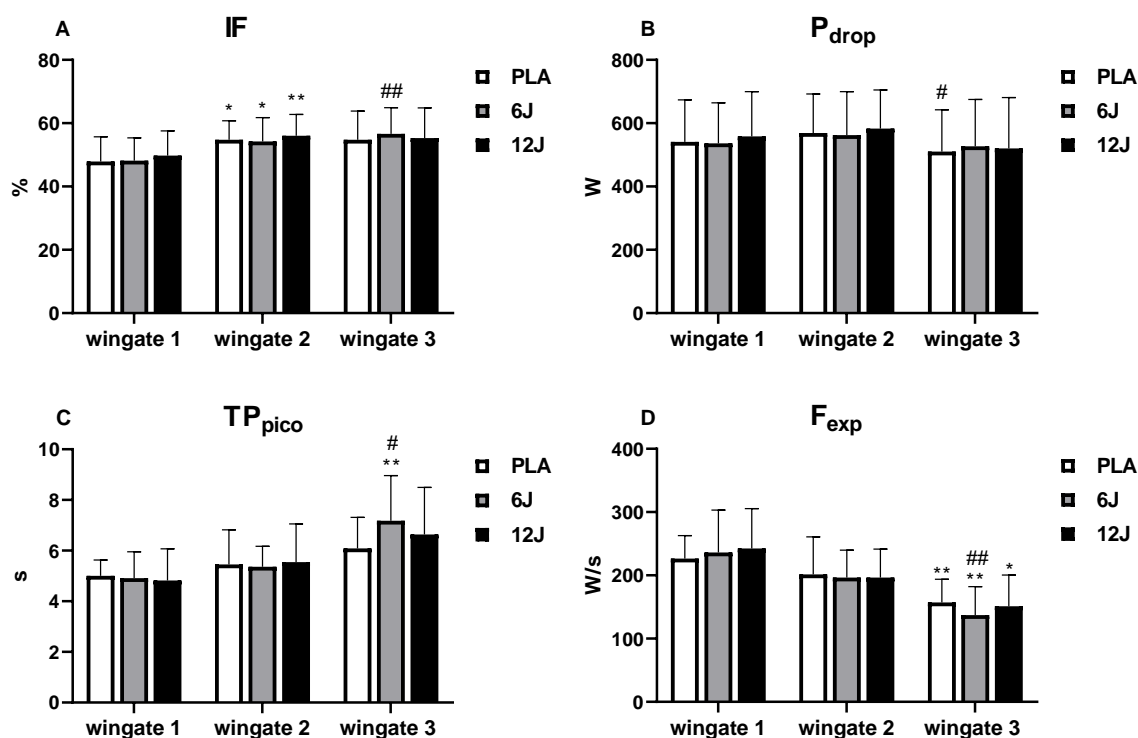


Figura 9 - Indicadores de fadiga nos três testes de Wingate em atletas de BJJ.

PLA: placebo; 6 J: fotobiomodulação com dose de 6 Joules por ponto; 12 J: fotobiomodulação com dose de 12 Joules por ponto; **(A)** Índice de fadiga; **(B)** Power drop (diferença entre a potência pico e potência final); **(C)** Tempo até alcançar a potência pico; **(D)** Força explosiva. * $p < 0,005$ e ** $p < 0,01$ em comparação com a série Wingate 1 do mesmo tratamento; # $p < 0,05$ e ## $p < 0,01$ em comparação com a série Wingate 2 do mesmo tratamento.

A FC antes (Pré) e após (Pós) cada série do teste de Wingate e nos minutos 1, 3 e 5 de recuperação após o último teste da sessão (figura 10A) não apresentou diferenças em relação ao tratamento, mas alterações em função do tempo ($p < 0,001$; $F(4,130, 123,9) = 572,5$; $\eta^2 = 0,893$). A PSE apresentou aumento durante as séries de teste de Wingate ($p < 0,0001$; $F(1,244, 37,32) = 72,29$; $\eta^2 = 0,391$), em todos os tratamentos na segunda e terceira séries do teste (figura 10B).

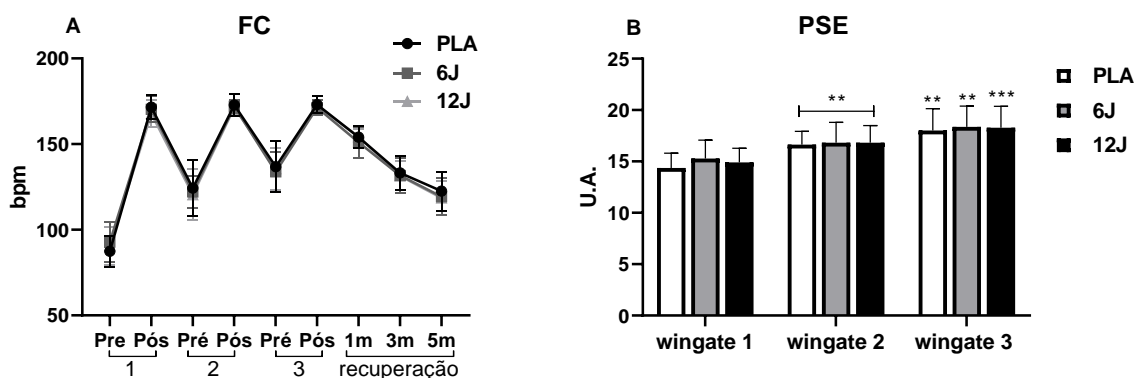


Figura 10 - Medidas de carga interna em atletas de BJJ ao longo da sessão de testes de Wingate. PLA: placebo; 6 J: fotobiomodulação com dose de 6 Joules por ponto; 12 J: fotobiomodulação com dose de 12 Joules por ponto; **(A)** Frequência cardíaca; **(B)** Percepção subjetiva do esforço de cada série de teste de Wingate. ** $p < 0,01$ e *** $p < 0,005$ em comparação com a série Wingate 1.

Em relação ao cegamento do estudo, na primeira e na segunda sessão, todos os 11 atletas informaram não conseguir identificar o tratamento recebido, enquanto que na terceira sessão, nove deles informaram não saber qual o tratamento havia sido administrado e dois opinaram corretamente.

DISCUSSÃO

Os resultados encontrados não confirmaram as hipóteses iniciais de que o tratamento com PBM promoveria aumento de desempenho anaeróbio. Independentemente da dose aplicada, quando comparado ao tratamento PLA, não foram encontradas diferenças significantes entre PLA e PBM (6 J e 12 J), nas séries sucessivas do teste de Wingate. Adicionalmente, a PBM (6 J e 12 J) também não influenciou as repostas fisiológicas e perceptuais ao longo da sessão de testes, em comparação à PLA.

Os testes de saltos verticais são comumente utilizados para monitorar o desempenho neuromuscular em atletas (TAYLOR et al., 2012), sendo que o SJ é o mais indicado quando se deseja minimizar ou eliminar a influência do ciclo alongamento-encurtamento na altura do salto (VAN HOOREN; ZOLOTARJOVA, 2017). Diante disto, o SJ foi incluído neste estudo para verificar se a PBM (6 J e 12 J) promoveria potencialização nos membros inferiores, o que poderia ser um indicativo prévio de melhoria no desempenho e refletir em um melhor desempenho nos testes de Wingate. Contudo, a PBM não promoveu efeitos de potencialização nos músculos irradiados, uma vez que não foram encontradas diferenças na altura

do SJ entre os tratamentos. Estudos anteriores utilizaram saltos verticais para avaliar o efeito da PBM sobre a fadiga (DORNELLES et al., 2019; ORSSATTO et al., 2019). Entretanto, apenas Dornelles et al. (2019) reportaram resultados positivos da terapia.

O teste de Wingate tem característica predominantemente anaeróbia e é amplamente empregado como método para avaliar a potência e capacidade anaeróbia de atletas de diversas modalidades esportivas (BOGDANIS et al., 1995, 1996; GASTIN, 2001; SMITH; HILL, 1991), como esportes de combate de domínio (ANDREATO et al., 2021; DEL VECCHIO et al., 2007). Para avaliar o efeito da PBM sobre a desempenho anaeróbio, bem como o efeito sobre a recuperação entre séries (redução da fadiga entre séries), o desempenho dos atletas foi avaliado em 3 testes de Wingate para membros inferiores, com intervalos de recuperação passiva de 3 minutos. Estudos anteriores empregaram o mesmo teste para avaliar as respostas da PBM, entretanto, com um único teste sendo empregado em cada sessão (DENIS; O'BRIEN; DELAHUNT, 2013; LEAL JUNIOR et al., 2009a, 2011; MOLINA CORREA et al., 2020).

Durante o teste de Wingate, a principal fonte de energia para a manutenção do exercício é proveniente do metabolismo anaeróbio (degradação do ATP e PCr e glicólise anaeróbia) (BOGDANIS et al., 1995; SPENCER et al., 2005). Embora não seja ainda estabelecido o mecanismo pelo qual a PBM nas mesmas condições poderia aumentar o desempenho no teste, sugere-se que um possível efeito ergogênico no primeiro teste estaria associado a liberação de óxido nítrico (ON) (MOLINA CORREA et al., 2020). No entanto, não foram observados efeitos ergogênicos na primeira série do teste, como observado por outros autores (MOLINA CORREA et al., 2020). Assim como observado para os suplementos indutores de ON, que tem efeitos em sujeitos destreinados e moderadamente treinados, mas não apresentam efeitos ergogênicos significativos em sujeitos treinados (BESCÓS et al., 2012), o efeito deste mecanismo pode ser muito limitado em atletas de BJJ com alta aptidão física.

Outro mecanismo que poderia contribuir para o efeito ergogênico e redução da fadiga acumulada entre séries é a capacidade da PBM promover o aumento na síntese de ATP via metabolismo oxidativo mitocondrial (HAMBLIN, 2018). Desta forma, após o aquecimento inicial, esperava-se que o desempenho no primeiro teste de Wingate, das sessões 6 J e 12 J, fosse maior que o da sessão PLA, entretanto, não houve diferença na P_{pico} (W e W/kg), $P_{\text{média}}$ (W e W/kg), $V_{\text{máx}}$, $V_{\text{média}}$, $RPM_{\text{máx}}$ e

RPM_{média} entre as condições. Mais ainda, que a recuperação nos intervalos de 3 minutos entre séries fosse mais eficiente, garantindo menor queda de desempenho em séries subsequentes. No entanto, nenhum efeito significativo foi observado entre as séries. Os resultados demonstram que nas três sessões a segunda série de Wingate já apresentava grande acúmulo de fadiga. Ao contrário do esperado, o aumento de TP_{pico} e a redução da F_{exp} na terceira série sugerem possível efeito negativo da dose de 6 J sobre a capacidade de aceleração na terceira série do teste de Wingate.

Os parâmetros P_{pico} (W e W/kg), V_{máx}, e RPM_{máx} estão diretamente relacionados com a potência anaeróbia, enquanto que P_{média} (W e W/kg), V_{média}, e RPM_{média}, com a capacidade anaeróbia (OZKAYA et al., 2018; SMITH; HILL, 1991). Assim, para produzir maior desempenho anaeróbico alático e láctico mais unidades motoras são recrutadas. Logo, quanto mais áreas dos músculos envolvidos no exercício são irradiadas com PBM, maiores podem ser os efeitos no desempenho (LANFERDINI et al., 2018a; MOLINA CORREA et al., 2020). Contudo, apesar de irradiar as mesmas áreas musculares e com doses similares ou maiores às que foram utilizadas por Molina Correa et al. (2020), no presente estudo a PBM não foi capaz de produzir desempenhos superiores à condição PLA. É possível sugerir que o nível de treinabilidade dos avaliados interfira nos resultados clínicos, o que explicaria a diferença nos resultados encontrados neste estudo, que avaliou atletas, comparado aos de MOLINA CORREA et al. (2020), que avaliou adultos saudáveis.

Destaca-se que, à medida que mais testes de Wingate são realizados em uma mesma sessão de exercícios, nos momentos de pausa entre os testes subsequentes, a ressíntese de energia é predominantemente proveniente do metabolismo aeróbio (GASTIN, 2001; GLAISTER et al., 2005). Além disso, maior é a contribuição do metabolismo aeróbio no fornecimento de energia para a realização do exercício quando mais testes com características anaeróbias são realizados (BOGDANIS et al., 1996; SPENCER et al., 2005). Neste sentido, como a PBM promove uma maior ativação da cadeia de transporte de elétrons e aumento na produção de ATP na célula irradiada (FERRARESI et al., 2015; HAMBLIN, 2018; KARU, 1999), esperava-se que a PBM contribuísse para uma maior ressíntese de ATP e, conseqüentemente, para uma melhor recuperação entre os testes de Wingate subsequentes, o que resultaria em um melhor desempenho nos testes 2 e 3, quando comparado com a condição PLA. Contrariamente, é possível sugerir que a

PBM não foi efetiva em promover melhores respostas de recuperação entre os testes de Wingate, pois os valores de P_{pico} (W e W/kg) e $P_{\text{média}}$ (W e W/kg), $V_{\text{máx}}$, $V_{\text{média}}$, $RPM_{\text{máx}}$ e $RPM_{\text{média}}$ alcançados nas sessões em que os atletas foram tratados com 6 J e 12 J, não diferiram daqueles que foram encontrados na sessão PLA, tanto no segundo quanto no terceiro teste de Wingate.

Os testes de Wingate promoveram elevação nas respostas fisiológicas e perceptuais ao longo da sessão de avaliação nas três condições. Contudo, a PBM parece não ter efeito sobre a carga interna imposta por exercícios de alta intensidade, pois os valores da FC e da PSE não diferiram entre os tratamentos. Estes resultados estão em linha com os de estudos anteriores que não identificaram efeito positivo da PBM em variáveis de carga interna (MOLINA CORREA et al., 2020; SANTOS et al., 2020).

Em conclusão, o tratamento pré-exercício com PBM, nas doses de 6 J e 12 J por ponto, não contribuiu para o aumento no desempenho intermitente de alta intensidade em atletas de BJJ. Sugere-se que estudos futuros com atletas de esportes de combate de domínio analisem o efeito da terapia com doses mais elevadas, dentro da janela terapêutica, e em testes específicos, que tem correlação com a demanda da modalidade.

APLICAÇÕES PRÁTICAS

Ainda que os resultados encontrados no presente estudo não ratifiquem a utilização da PBM como recurso ergogênico visando aumento no desempenho intermitente de alta intensidade em atletas de BJJ, a literatura ainda é incipiente e mais estudos são necessários para se estabelecer a efetividade da terapia em promover melhorias agudas no desempenho de atletas de esportes de combate de domínio.

4.2 ARTIGO 2: PBM E DESEMPENHO DE RESISTÊNCIA DE FORÇA DINÂMICA E FORÇA ISOMÉTRICA MÁXIMA DE MEMBROS SUPERIORES EM ATLETAS DE BJJ

EFEITOS DA FOTOBIMODULAÇÃO NO DESEMPENHO DE ATLETAS DE BRAZILIAN JIU-JITSU NO TESTE DE BARRA DINÂMICO COM QUIMONO: ensaio clínico, randomizado, cruzado e duplo-cego.

RESUMO

Introdução: a fotobiomodulação (PBM) tem efeitos ergogênicos na capacidade muscular de membros superiores, o que pode contribuir para melhorar o desempenho em esportes de combate de domínio. **Objetivo:** O objetivo do presente estudo foi verificar o efeito da PBM na resistência de força dinâmica de membros superiores em atletas de *Brazilian jiu-jitsu* (BJJ). **Métodos:** 10 atletas de BJJ do sexo masculino foram submetidos a três sessões do teste de barra com quimono (TBD). Um ensaio clínico, randomizado, duplo-cego e cruzado foi realizado administrando duas sessões de PBM (24 J por ponto) e uma sessão placebo. Em seguida, os atletas realizaram de três séries do teste de TBD, com intervalo de 3 min entre os testes. Foram registrados o desempenho em cada série (Rep), o desempenho total da sessão (Rep_t), além da força de prensão manual (FPM), a percepção subjetiva de esforço (PSE) e a frequência cardíaca (FC) entre séries. **Resultados:** A PBM não apresentou efeito em Rep e Rep_t, quando comparada com o tratamento PLA ($p>0,05$). Além disso, não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre as condições para FPM, FC e PSE. **Conclusão:** A PBM não promoveu efeitos ergogênicos sobre a resistência de força dinâmica de membros superiores e carga interna em atletas de BJJ.

Palavras-chave: Terapia com luz de baixa intensidade; Artes marciais; Desempenho esportivo; Recurso ergogênico; Teste de esforço.

INTRODUÇÃO

O Brazilian jiu jitsu (BJJ) é um esporte de combate de domínio no qual os atletas realizam a pegada no quimono do adversário e exercem inúmeras ações dinâmicas de flexão e extensão de cotovelo, ao puxar e empurrar o oponente durante os movimentos de projeção, de raspagem ou de passagem de guarda, ao longo do combate (ANDREATO et al., 2015). A somatória destas ações ao longo do combate promove redução no desempenho muscular nos membros superiores e consequente queda na resistência de força dinâmica (DETANICO et al., 2017) e na força de prensão manual (ANDREATO et al., 2015; DIAZ-LARA et al., 2015; FRANCHINI; DA SILVA, 2019). Apesar da natureza multifatorial de um combate de BJJ, a resistência de força dinâmica e a força isométrica máxima de membros

superiores apresentam-se entre os principais determinantes no sucesso no BJJ (ANDREATO et al., 2017).

As rotinas de treinamento físico no BJJ tem como objetivo melhorar cronicamente o desempenho muscular de membros superiores de atletas de BJJ (CAMPOS et al., 2020; JAMES, 2014). Entretanto, recursos ergogênicos podem ser utilizados para promover efeitos aditivos agudos nas respostas neuromusculares e atenuar a fadiga de membros superiores (DIAZ-LARA et al., 2016; LOPES-SILVA et al., 2021), representando uma vantagem competitiva para atletas de BJJ, que precisam manter a intensidade das ações de pegada e ataque e defesa durante a luta e/ou a competição (ANDREATO et al., 2017; DETANICO et al., 2017; DIAZ-LARA et al., 2015).

A fotobiomodulação (PBM) é um método que vem sendo empregado visando aumentar o desempenho no exercício físico (FERRARESI; HUANG; HAMBLIN, 2016) e que pode ser utilizado para atletas de esportes de combate. A PBM é a irradiação dos tecidos vivos com luz de baixa potência (até 1000 mW) em comprimentos de onda do vermelho ao infravermelho próximo (600 a 1100 nm), emitidos por *LASER* e/ou diodo emissores de luz (LED) (HAMBLIN, 2018; KARU, 2008). A PBM promove efeitos biológicos nos tecidos, que aumentam a capacidade de síntese de adenosina trifosfato (ATP) na mitocôndria, assim disponibilizando maior aporte de energia nos tecidos irradiados (HAMBLIN, 2018), possível aumento no recrutamento de unidades motoras (LANFERDINI et al., 2018; TOMA et al., 2018), na dissociação do óxido nítrico do complexo IV da cadeia de transporte de elétrons e na recaptção de cálcio intracelular (DE FREITAS; HAMBLIN, 2016).

Estudos têm investigado o efeito da PBM no desempenho de atletas em testes laboratoriais e de campo (PINTO et al., 2016; SANTOS et al., 2020; TEIXEIRA; MEZZARROBA; MACHADO, 2021), entretanto, poucos são os estudos investigando esportes de combate de domínio (DE ARAÚJO et al., 2017; FOLLMER et al., 2018; ORSSATTO et al., 2019). Pesquisas com atletas de esporte de combate investigaram a efetividade da PBM no desempenho em testes para membros inferiores (ORSSATTO et al., 2019) e membros superiores (DE ARAÚJO et al., 2017; FOLLMER et al., 2018).

Os resultados dos estudos têm demonstrado efeitos contraditórios sobre a redução de fadiga e desempenho muscular (DE ARAÚJO et al., 2017; FOLLMER et al., 2018; ORSSATTO et al., 2019). No trabalho de De Araújo et al. (2017), foi

avaliado o efeito da PBM, crioterapia e recuperação passiva na recuperação da força isométrica máxima de preensão manual entre combates simulados de BJJ. A PBM foi aplicada no intervalo entre os combates. Não foram identificadas diferenças na força isométrica máxima de preensão manual entre os tratamentos, mas a PBM apresentou tamanho de efeito moderado na variação percentual da força isométrica máxima de preensão manual antes e após o período de recuperação, quando comparado com a recuperação passiva, sugerindo que a PBM foi associada com maior recuperação da força isométrica máxima de preensão manual entre combates, em comparação à recuperação passiva. O estudo desenvolvido por Follmer et al. (2018) avaliou o efeito da PBM no desempenho muscular dos músculos flexores de cotovelo em atletas de BJJ e indivíduos fisicamente ativos. A PBM foi eficiente em atenuar a fadiga independentemente do nível de treinamento, sugerindo efeito ergogênico da PBM em melhorar a força de flexores de cotovelo em atletas de BJJ. Orssatto et al. (2019) avaliaram o efeito da aplicação prévia da PBM na fadiga e dano muscular em atletas de judô submetidos a um protocolo de saltos com contramovimento (10 x 10 saltos). Não foram observadas diferenças entre PBM e placebo no pico de potência, pico de velocidade e pico de força, sugerindo que a PBM não produziu efeitos na fadiga de membros inferiores após um protocolo de saltos verticais. No entanto, diferentes doses de energia, área de irradiação, tempo de aplicação, comprimentos de onda e modalidade de exercício podem ter contribuído para os resultados divergentes na literatura. Além disso, em nenhum destes estudos foram utilizados testes específicos para modalidades esportivas de combate de domínio. Portanto, avaliar o efeito da PBM em atletas de BJJ poderia contribuir para estabelecer a efetividade da terapia como recurso ergogênico a fim de promover efeitos no desempenho e na atenuação da fadiga, contribuindo para uma possível vantagem esportiva.

Neste sentido, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da PBM na resistência de força dinâmica de membros superiores em atletas de BJJ ao longo de um protocolo intermitente. A hipótese do estudo é que a PBM contribuirá para que os atletas de BJJ apresentem melhor desempenho no TBD e tenham menor redução na força de preensão manual (FPM) ao longo da sessão de avaliação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Abordagem experimental do problema

O presente estudo caracteriza-se por um ensaio clínico randomizado, cruzado e duplo-cego, a fim de verificar o efeito da PBM no desempenho de atletas de BJJ no TBD. Os participantes realizaram três sessões de teste de forma randomizada, na qual receberam a dose de 0 J (placebo - PLA) em uma sessão ou 24 J por ponto (PBM) em duas sessões (a24 J e b24 J). A reprodutibilidade do efeito da PBM foi avaliada nas sessões 24 J.

Participantes

Participaram do estudo 10 atletas de BJJ do sexo masculino (idade: $25,3 \pm 7,5$ anos; estatura: $1,73 \pm 0,1$ m; massa corporal: $75,6 \pm 10,7$ kg; massa gorda: $15,7 \pm 5,4$ %; massa magra: $47,6 \pm 2,9$ %; tempo de prática: $5,7 \pm 2,8$ anos) com graduações variando da faixa azul à faixa preta, competidores de nível estadual (2), nacional (2) e internacional (6), que estavam realizando pelo menos três sessões semanais de treinamento específico da modalidade por um período não inferior a 3 meses, que não apresentavam lesão musculoesquelética ou articular e que não estavam em processo de perda de peso corporal para competir.

Para a realização do cálculo amostral foi utilizado um estudo com atletas de voleibol que apresentaram aumento do número de repetições em exercício de flexões-extensões de cotovelo quando submetidos a fotobiomodulação em relação aos sujeitos não tratados (LEAL JUNIOR *et al.*, 2008). Para obtenção de um poder estatístico de 80%, com $\alpha < 0,05$, foi identificada a necessidade de sete voluntários. Considerando 20% de perdas amostrais, foram convidados 10 atletas para os testes (G Power versão 3.1.9.7).

Os voluntários foram previamente informados sobre os procedimentos do estudo e assinaram um termo de consentimento para participar da pesquisa, que foi aprovada pelo comitê de ética da Universidade Cesumar (Unicesumar) (CAAE: 44916721.7.0000.5539).

Desenho experimental

Na semana anterior às sessões de avaliação, os atletas foram submetidos à uma anamnese para coleta de dados de idade, condições de saúde, lesões musculoesqueléticas e articulares, tabagismo, consumo de suplementos, tempo de experiência na prática de BJJ e rotinas de treino. Adicionalmente, os atletas foram previamente familiarizados com todos os procedimentos do estudo. A coleta de dados foi realizada entre os meses de junho e agosto de 2021.

Os participantes foram orientados a não realizar exercícios físicos intensos ou extenuantes nas 24 horas que antecederam as sessões de avaliação. Eles também foram orientados a não ingerir bebidas e alimentos contendo cafeína e suplementos alimentares com ação ergogênica nas 6 horas anteriores as avaliações. Antes do início da primeira sessão de testes, os atletas foram randomizados para qual tipo de tratamento receberiam em cada sessão (PLA ou PBM). O sorteio foi realizado usando a função “aleatorioentre” do *software* Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Albuquerque, NM, EUA), por um pesquisador que ficou responsável pela aplicação do tratamento e que não participou de nenhuma outra etapa, como aplicação de testes, coleta de dados e análise estatística. As informações sobre em qual sessão determinado tratamento foi realizado foram reveladas após a conclusão dos testes e tabulação de dados.

No início de cada sessão de testes, anteriormente a administração do tratamento, os avaliados indicavam a percepção do seu estado de recuperação. Os testes físicos iniciaram 10 min após a administração do tratamento (PLA ou PBM). Como a amostra do estudo foi composta por atletas, foi estabelecido um intervalo entre 48 e 72 horas para a realização dos testes, visando evitar interferência da/na preparação física dos atletas e, ainda, baseado no fato de que a PBM parece não produzir efeitos cumulativos duradouros no desempenho muscular (DE CARVALHO et al., 2020; MOLINA CORREA et al., 2020). Além disso, cada atletas realizou as sessões de testes individualmente e no mesmo horário. A figura 11 representa o desenho experimental de cada sessão de avaliação.

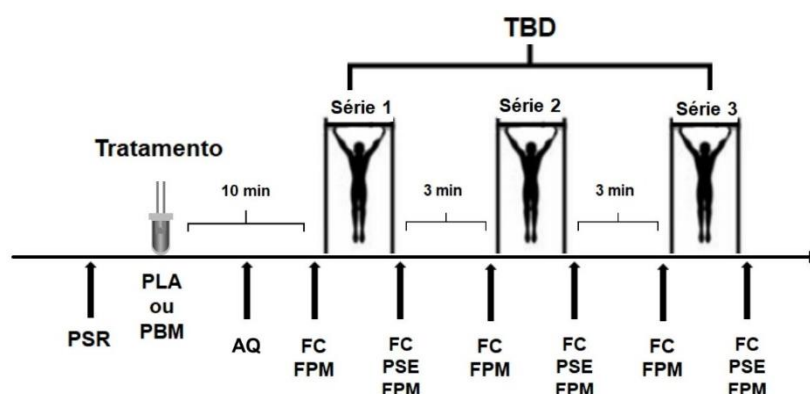


Figura 11 - Desenho experimental das sessões de TBD.

TBD: teste de barra dinâmica com quimono; PSR: percepção subjetiva de recuperação; PLA: tratamento placebo; PBM: fotobiomodulação; AQ: aquecimento; FC: frequência cardíaca; FPM: teste de força de prensão manual; PSE: percepção subjetiva de esforço.

Fotobiomodulação (PBM)

A PBM foi aplicada no início de cada sessão de testes. Com os participantes deitados sobre uma maca, o aparelho foi posicionado perpendicularmente ao ponto anatômico na musculatura selecionada e foi mantido a ~0,5 cm acima da superfície da pele para que o participante não percebesse o acionamento do aparelho ou qualquer vibração sobre a pele. Os pontos de irradiação foram definidos levando-se em consideração as musculaturas mais envolvidas no exercício de barra dinâmica com o quimono (SNARR et al., 2017), sendo 2 pontos na face anterior do braço, 3 pontos na face anterior do antebraço, 1 ponto na face anterior da mão, 1 ponto na região posterior do Deltoide, 1 ponto na região medial do Trapézio e 2 pontos no Latíssimo do dorso (figura 12).

Foram utilizados dois equipamentos de PBM (Bios Therapy II, Bios Equipamentos Médicos, São José dos Campos, São Paulo, Brasil). As especificações do aparelho e da aplicação são apresentadas na tabela 4.

O tratamento PLA foi realizado nas mesmas condições de tempo e pontos anatômicos da condição PBM, porém com o aparelho desligado. Para o cegamento dos voluntários, foi solicitado que durante a aplicação eles utilizassem um óculos opaco, que vendava os olhos, e fones de ouvido emitindo músicas para que não percebessem emissão sonora ou de luz do aparelho em funcionamento.

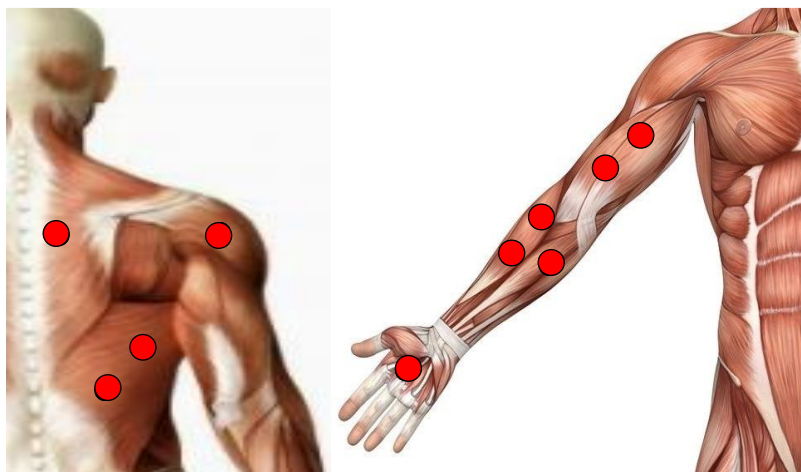


Figura 12 - Pontos de irradiação nos membros superiores.

Tabela 4 - Dosimetria de PBM para membros superiores.

Parâmetro	Especificação
Comprimento de onda	LED 630 nm
Frequência de saída	Contínua
Potência de saída	300 mW
Tamanho do feixe	1,32 cm ²
Densidade de potência	230 mW/cm ²
Total de energia por ponto	
Placebo	0 J
PBM	24 J
Densidade de energia por ponto	
Placebo	0 J/cm ²
PBM	18,2 J/cm ²
Tempo irradiado/desligado por ponto	
Placebo	0/80 s
PBM	80/0 s
Total de pontos de aplicação	10 pontos separados 7 cm em ambos os lados do corpo
Área total em contato com a sonda	24,4 cm ²
Estimativa de área irradiada	334 cm ²
Total de energia por hemitorço	
Placebo	0 J por hemitorço
PBM	240 J por hemitorço
Modo de aplicação	Estacionária. ~0,5 cm acima da pele.

LED: diodos emissores de luz.

Teste de flexão dinâmica na barra com quimono (TBD)

O TBD foi utilizado para a avaliação da resistência de força dinâmica dos atletas, em consonância com estudos prévios (FRANCHINI et al., 2011; SILVA et al., 2012). Um coeficiente de correlação intraclasse (CCI) de 0,96 foi reportado em estudo anterior com atletas de BJJ (SILVA et al., 2012).

Antes do início do teste, os atletas realizaram um aquecimento padronizado para membros superiores, que consistia de exercícios de mobilidade, e após 5 min

iniciaram os testes de FPM e TBD. Em relação ao TBD, os atletas foram instruídos a realizar o maior número de repetições de flexão de cotovelo com a pegada no quimono que estava sobre a barra fixa. Os participantes iniciaram realizando a pegada no quimono, com os braços estendidos e sem contato dos pés com o solo. Em seguida, foram instruídos a realizar o máximo de repetições de flexão de braço com o queixo ultrapassando a altura da barra. Quando verificado que os avaliados não conseguiram realizar os movimentos adequadamente ou quando voluntariamente soltaram a pegada no quimono, o teste foi interrompido. Os procedimentos são similares aos adotados em estudos anteriores (FRANCHINI et al., 2011; SILVA et al., 2012). Em cada sessão (PLA ou PBM), foram realizadas três séries de TBD com um intervalo de 3 min entre cada série (LOPES-SILVA et al., 2021). Em cada uma das séries, o desempenho foi avaliado a partir da quantidade de repetições realizadas (Rep). Além disso, o desempenho total (Rep_t) foi estabelecido como a somatória de repetições realizadas na sessão.

Força de preensão manual (FPM)

Antes e após cada série de TBD, a FPM foi medida no membro superior direito e esquerdo. Para a realização das medidas foi utilizado o dinamômetro Takey - Mecânico Smedley (Cardiomed, São Paulo, Brasil). Os atletas foram instruídos a ficarem eretos, braços estendidos e antebraços em rotação neutra, sem contato com o corpo, e exercer força máxima durante 3 segundos (MATHIOWETZ et al., 1984). Foi realizada apenas uma tentativa em cada momento para cada um dos braços.

Frequência cardíaca (FC)

As medidas de FC foram realizadas antes (Pré) e após (Pós) cada série de TBD. Nos momentos Pré, a FC foi coletada imediatamente antes da realização do teste de FPM, enquanto que nos momentos Pós, foi coletada imediatamente após o TBD. Para análise da FC, foi utilizado um cardiofrequencímetro (Polar FT1, Polar Electro, Kempele, Finlândia).

Percepção subjetiva de recuperação (PSR) e de esforço (PSE)

Em cada uma das sessões de avaliação, antes do início do tratamento com PBM ou PLA, foi aplicada a escala de percepção de recuperação (PSR) para assegurar que os avaliados estavam em condições similares de recuperação em todas as sessões (LAURENT et al., 2011). Além disso, a PSE foi coletada imediatamente após cada série de TBD com o uso da escala de percepção de esforço de 15 pontos de Borg (BORG, 1998).

Análise estatística

A normalidade dos dados foi verificada com o teste de Shapiro-Wilk. Os dados com distribuição normal foram expressos pela média e desvio padrão. A esfericidade dos dados foi analisada pelo teste de Mauchly com a correção Greenhouse-Geisser, caso necessário.

Foi analisado o CCI entre as séries de TBD nas sessões a24 J e b24J. A análise de variância de duas vias com medidas repetidas (ANOVA *two-way*) foi utilizada para comparar os efeitos dos diferentes tratamentos no desempenho nas séries do TBD, na FPM, na PSE e na FC. O teste de Bonferroni foi utilizado como *post-hoc*. Ainda, foi utilizada análise de variância de uma via (ANOVA *one-way*), com *post-hoc* de Bonferroni, para comparar a PSR e Rep_t entre os tratamentos. As diferenças foram consideradas estatisticamente significantes se $p < 0,05$. A análise dos dados foi realizada com o *software* Prisma GraphPad, versão 8.0.1 (GraphPad Software, La Jolla, CA).

RESULTADOS

Os escores de PSR não diferiram entre as sessões ($p=0,148$; PLA= $6,5 \pm 3,0$; a24 J= $5,4 \pm 2,9$; b24 J= $7,4 \pm 2,3$). O número de repetições na segunda e terceira série foi reduzido (figura 13a) nas três sessões de testes ($F(1,860, 50,23) = 58,42$; $p < 0,001$; $\eta^2=0,33$). Não foi observado efeito da PBM ($F(2, 27) = 0,04473$, $p= 0,95$, $\eta^2=0,004$). Não foi observado diferenças na $Rept$ (figura 13b) entre as sessões ($F(1,445, 13,00) = 0,2089$; $p=0,78$). Para verificar se os efeitos da fotobiomodulação ocorreram por acaso ou foram reprodutíveis entre as sessões com PBM foram

realizadas duas sessões de irradiação com 24 J (a e b). O CCI das avaliações repetidas da primeira série do teste de barra (*Intra-assay*) foi muito alta (CCI=0,94 [IC95%:0,80 – 0,98]), da segunda série foi alta (CCI = 0,70 [IC95%: -0,14 – 0,94]) e da terceira série foi muito alta (CCI = 0,88 [IC95%: 0,56 – 0,97]). Apenas 3 sujeitos apresentaram aumento do desempenho acima de 10% (11 a 64%) em ambas as sessões, três sujeitos apresentaram queda de desempenho acima de 10% (20 a 33%) nas sessões com PBM enquanto os demais sujeitos não apresentaram diferenças maiores que uma repetição entre a sessão placebo e as de PBM.

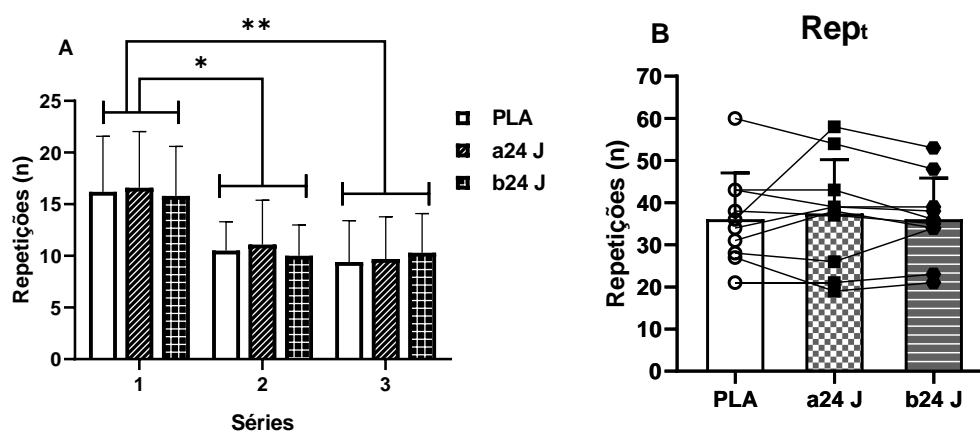


Figura 13 - Desempenho no TBD.

(A) Repetições por série na sessão placebo (PLA) e nas sessões com fotobiomodulação (a24 J e b24 J). (B) Repetições totais na sessão placebo (PLA) e nas sessões com fotobiomodulação (a24 J e b24 J). Dados são apresentados como média \pm desvio padrão. Símbolos na figura B representam o desempenho total individual em cada sessão. * $p < 0,01$ em relação à série 1 da mesma sessão; ** $p < 0,005$ em relação à série 1 da mesma sessão.

A sessão promoveu redução na FPM de ambas as mãos (direita e esquerda), contudo, não foram encontradas diferenças entre os tratamentos em todos os momentos ($p > 0,05$) (figura 14).

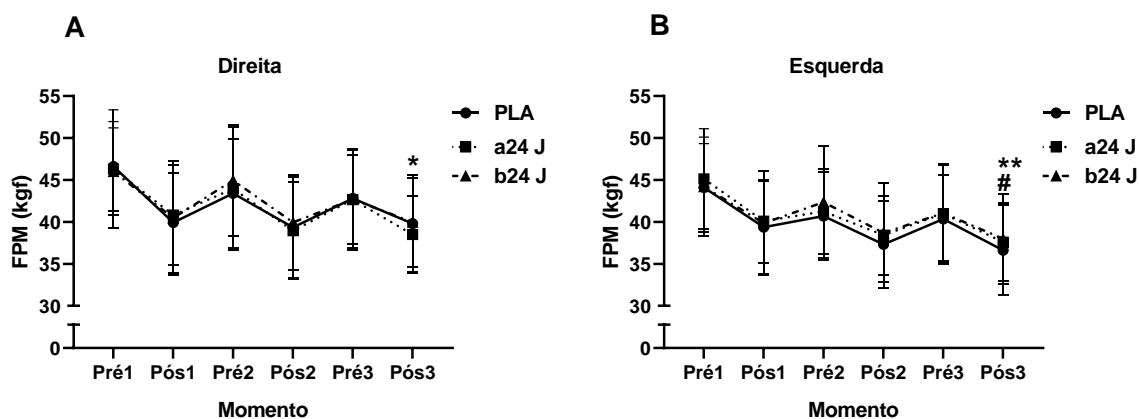


Figura 14 - Comportamento da força de prensão manual da mão direita (A) e esquerda (B) ao longo da sessão de testes.

Dados são apresentados como média \pm desvio padrão; PLA= placebo; FPM= força de prensão manual; Pré1= pré primeira série; Pós1= pós primeira série; Pré2= pré segunda série; Pós2= pós segunda série; Pré3= pré terceira série; Pós3= pós terceira série. * = $p < 0,01$ em relação à Pré1 da mesma sessão; ** = $p < 0,0001$ em relação à Pré1 na sessão PLA; # = $p < 0,001$ em relação à Pré1 na sessão PBM.

As séries do TBD promoveram aumento na FC, entre os valores pré e pós cada série, e na PSE, entre a primeira e última série, em ambas as condições. Contudo, não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos ($p > 0,05$) (figura 15).

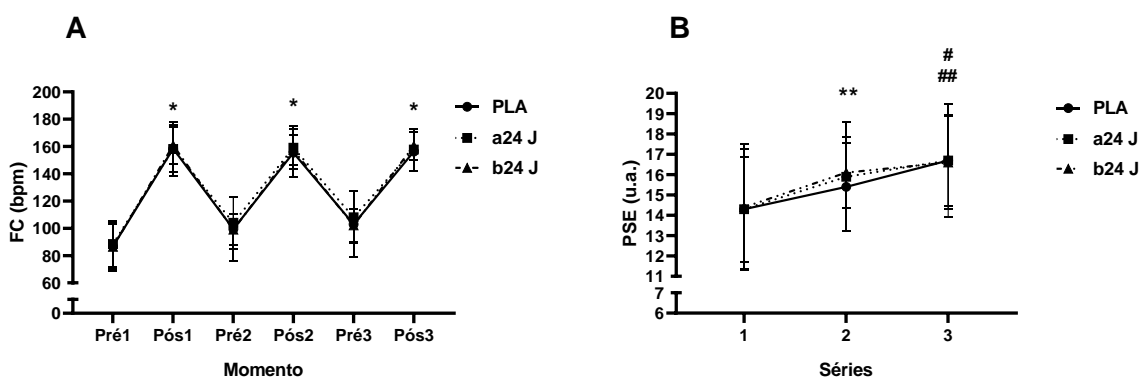


Figura 15 - Comportamento da frequência cardíaca (A) e da percepção subjetiva de esforço (B) na sessão de teste.

Dados são apresentados como média \pm desvio padrão; PLA= placebo; Pré1= pré primeira série; Pós1= pós primeira série; Pré2= pré segunda série; Pós2= pós segunda série; Pré3= pré terceira série; Pós3= pós terceira série; * = $p < 0,0001$ em relação ao valor pré da mesma série em ambos os tratamentos; ** = $p < 0,05$ em relação à série 1 na sessão PBM; # = $p < 0,0005$ em relação à série 1 na sessão PLA; ## = $p < 0,005$ em relação à série 1 na sessão PBM.

DISCUSSÃO

Os resultados do estudo rejeitam a hipótese alternativa de que a PBM teria efeito ergogênico no teste TBD. Além disso, o teste de FPM sugere que a PBM não foi eficiente em reduzir a fadiga. Também não foi observado efeito sobre a carga interna.

Estudos anteriores, que utilizaram protocolos de exercícios para membros superiores, identificaram aumento no número de repetições em exercícios de flexão de cotovelo dinâmica após tratamento com PBM (LEAL JUNIOR et al., 2008, 2009b). Entretanto, as respostas da PBM observadas em exercícios monoarticulares e inespecíficos (LEAL JUNIOR et al., 2008, 2009b) demonstraram não ser as mesmas para outros multiarticulares e com características peculiares, como é o caso do TBD. Embora estudos anteriores reportem efeitos ergogênicos (LEAL JUNIOR et al., 2008, 2009b), a responsividade de atletas de diferentes modalidades pode ser um fator limitante ao uso indiscriminado da PBM como método ergogênico. No entanto, convém ressaltar que, apesar da ausência de efeitos ergogênicos observada nos atletas do presente estudo, a dose aplicada nos principais músculos envolvidos no TBD está dentro da “janela terapêutica” recomendada para a PBM (FERRARESI, 2020; FERRARESI; HUANG; HAMBLIN, 2016; VANIN et al., 2018).

O TBD foi aplicado em um protocolo intermitente com o objetivo de avaliar o efeito da PBM no desempenho entre séries subsequentes. Baseado no pressuposto teórico de que a PBM contribui para o aumento na síntese de ATP e recuperação pós-exercício (HAMBLIN, 2018), era esperado que houvesse menor acúmulo de fadiga e conseqüentemente, melhor desempenho na segunda e terceira séries do teste. Apenas um estudo avaliou o efeito da PBM no número de repetições em protocolo de exercício isotônico intermitente para membros superiores (AZUMA et al., 2021). Mulheres saudáveis destreinadas que realizaram seis séries de exercício de flexão de cotovelos com intervalo de 1 min entre as séries, não melhoraram o desempenho quando foram tratadas com PBM. Baseado nos resultados aqui reportados e nos de Azuma et al. (2021), é possível sugerir que em séries subsequentes a contribuição da PBM não é suficiente para aumentar o desempenho.

Estratégias ergogênicas que promovam maior resistência à fadiga para a FPM podem representar vantagem competitiva, uma vez que a manutenção da

pegada é importante durante o combate de BJJ, pois influencia no controle do adversário e na realização das ações que são determinantes na luta (ANDREATO et al., 2015; DETANICO et al., 2017). O efeito da aplicação de PBM (60 J por ponto, em seis pontos em cada membro superior) no intervalo entre lutas subsequentes de BJJ foi demonstrado no estudo de De Araújo et al. (2017), que identificou melhora na recuperação da FPM. Contrariamente, no presente estudo a PBM não foi capaz de atenuar a queda na FPM após o TBD em nenhum dos momentos para ambas as mãos, sugerindo não ser eficaz em atenuar a fadiga promovida pelo exercício. No TBD os atletas devem realizar o maior número de repetições possíveis com a pegada no quimono o que contribui para a redução FPM pós-teste, diferentemente do que acontece no combate, no qual o atleta pode variar a intensidade da pegada e das ações de flexão e extensão de cotovelo, o que poderia explicar a diferença entre os achados do presente estudo e os de De Araújo et al. (2017).

Neste sentido, é importante analisar com cautela os resultados obtidos em estudos anteriores, e que reforçam o uso da terapia visando vantagem competitiva no esporte (FERRARESI; HUANG; HAMBLIN, 2016), pois os resultados obtidos no presente estudo e em recente revisão sistemática (WANG; WANG, 2019) refutam a sua eficácia.

Além de não promover efeitos ergogênicos no desempenho no TBD e na FPM, neste estudo a PBM também não interferiu nas respostas de FC e PSE, quando comparada a PLA. É possível sugerir que a PBM não demonstre efeitos na carga interna, uma vez que resultados de estudos prévios apontam não haver diferença entre PBM e PLA (MOLINA CORREA et al., 2020; SANTOS et al., 2020). Neste sentido, ainda que as séries do TBD tenham promovido aumento na carga interna, a terapia com a PBM parece não ter influência nas respostas fisiológicas e perceptuais.

É importante destacar que em virtude de a amostra ser composta por atletas, tornava-se necessário avaliar o estado de recuperação dos avaliados antes das sessões de teste, para excluir a possível interferência da fadiga acumulada pelo treinamento da modalidade no desempenho nas sessões de avaliação. Neste sentido, baseado nos resultados de PSR reportados, os lutadores estavam em condições de recuperação similares nas sessões de testes (PLA e PBM) (LAURENT et al., 2011).

Em conclusão, a PBM pré-exercício não demonstrou efetividade como recurso ergogênico para melhorar o desempenho de resistência de força dinâmica de membros superiores de atletas de BJJ. Embora os resultados sugiram que a PBM não é um método ergogênico eficiente em atletas de BJJ, estudos em situações de simulação de lutas ou testes específicos em outros grupos musculares são necessários.

APLICAÇÕES PRÁTICAS

Os resultados do nosso estudo não permitem indicar a utilização da PBM, dentro dos parâmetros utilizados, com o objetivo de obter efeitos positivos no desempenho muscular de membros superiores em um teste específico para atletas de BJJ.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado nos efeitos biológicos da PBM em promover efeito ergogênico no desempenho físico quando administrada previamente ao exercício e na ausência de estudos avaliando o efeito da PBM no desempenho intermitente de alta intensidade e curta duração para membros inferiores e no desempenho intermitente em testes que avaliam a demanda específica da modalidade, a presente tese de doutorado teve como objetivo verificar o efeito da PBM no desempenho intermitente de atletas de BJJ em diferentes testes físico-motores.

No estudo 1, que avaliou o efeito da PBM, com diferentes doses de energia no desempenho intermitente em testes de Wingate para membros inferiores, a PBM não contribuiu para o aumento no desempenho e redução na fadiga em membros inferiores. Já no estudo 2, que analisou o efeito da PBM no desempenho da resistência de força dinâmica de membros superiores em um teste específico (TBD), a PBM não foi efetiva em melhorar o desempenho no teste e em reduzir a fadiga. Além disso, em ambos os estudos, a PBM não influenciou as respostas de carga interna em atletas de BJJ.

Apesar dos resultados encontrados nos estudos desenvolvidos na presente tese sugerirem que a PBM, administrada previamente a execução de protocolos de exercícios intermitentes, não é um método ergogênico eficaz para aumentar o desempenho de atletas de BJJ, a literatura ainda é incipiente e mais estudos são necessários para se estabelecer a efetividade da terapia em promover melhorias agudas no desempenho de atletas de esportes de combate de domínio. Neste sentido, sugere-se que estudos futuros com atletas de esportes de combate de domínio analisem a efetividade da terapia utilizando doses mais elevadas, em testes específicos que mimetizem as demandas da modalidade e/ou em outros grupos musculares.

REFERÊNCIAS

- ABREU, J. S. D. S. et al. Time-response of photobiomodulation therapy by light-emitting diodes on muscle torque and fatigue resistance in young men: Randomized, double-blind, crossover and placebo-controlled study. **Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery**, v. 38, n. 12, p. 750–757, 1 dez. 2020.
- ALLEN, D. G.; LAMB, G. D.; WESTERBLAD, H. **Skeletal muscle fatigue: Cellular mechanisms****Physiological Reviews**, jan. 2008.
- ANDREATO, L. V. et al. Brazilian Jiu-Jitsu Combat among Different Categories: Time-Motion and Physiology. A Systematic Review. **Strength and Conditioning Journal**, v. 38, n. 6, p. 44–54, 2016.
- ANDREATO, L. V. et al. Physical and Physiological Profiles of Brazilian Jiu-Jitsu Athletes: a Systematic Review. **Sports Medicine - Open**, v. 3, n. 1, p. 9, 13 dez. 2017.
- ANDREATO, L. V. et al. Aerobic and anaerobic performance of lower- and upper-body in Brazilian jiu-jitsu athletes. **Science & Sports**, dez. 2021.
- ANDREATO, L. V. et al. Brazilian Jiu-Jitsu Simulated Competition Part II. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 7, p. 2015–2025, jul. 2015.
- ANTONIALI, F. C. et al. Phototherapy in skeletal muscle performance and recovery after exercise: effect of combination of super-pulsed laser and light-emitting diodes. **Lasers in Medical Science**, v. 29, n. 6, p. 1967–1976, 19 nov. 2014.
- AZUMA, R. H. E. et al. Photobiomodulation Therapy at 808 nm 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, 10 jun. 2021.
- BAR-OR, O. The Wingate Anaerobic Test. **Sports Medicine**, v. 4, n. 6, p. 381–394, 1987.
- BESCÓS, R. et al. The effect of nitric-oxide-related supplements on human performance. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 42, n. 2, p. 99–117, 2012.
- BOGDANIS, G. C. et al. Recovery of power output and muscle metabolites following 30 s of maximal sprint cycling in man. **The Journal of Physiology**, v. 482, n. 2, p. 467–480, 15 jan. 1995.
- BOGDANIS, G. C. et al. Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 80, n. 3, p. 876–884, 1996.
- BOGDANIS, G. C. et al. Power output and muscle metabolism during and following recovery from 10 and 20 s of maximal sprint exercise in humans. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 163, n. 3, p. 261–272, 4 jun. 1998.

- BORG, G. **Borg's perceived exertion and pain scales.** [s.l.] Human kinetics, 1998.
- BOSCO, C.; LUHTANEN, P.; KOMI, P. V. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 50, n. 2, p. 273–282, jan. 1983.
- CAMPOS, F. et al. Monitoring Internal Training Load, Stress-Recovery Responses, and Immune-Endocrine Parameters in Brazilian Jiu-Jitsu Training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. Publish Ah, 16 jan. 2020.
- DE ALMEIDA, P. et al. Red (660 nm) and infrared (830 nm) low-level laser therapy in skeletal muscle fatigue in humans: what is better? **Lasers in Medical Science**, v. 27, n. 2, p. 453–458, 22 mar. 2012.
- DE ARAÚJO, L. F. et al. Effects of LED therapy and cryotherapy recovery methods on maximal isometric handgrip strength and blood lactate removal in Brazilian Jiu-Jitsu (BJJ) practitioners. **Science & Sports**, v. 32, n. 6, p. 376–380, dez. 2017.
- DE CARVALHO, G. et al. Photobiomodulation by light emitting diode applied sequentially does not alter performance in cycling athletes. **Lasers in Medical Science**, v. 35, n. 8, p. 1769–1779, 20 out. 2020.
- DE FREITAS, L. F.; HAMBLIN, M. R. Proposed Mechanisms of Photobiomodulation or Low-Level Light Therapy. **IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics**, v. 22, n. 3, p. 348–364, maio 2016.
- DE MARCHI, T. et al. Phototherapy for improvement of performance and exercise recovery: Comparison of 3 commercially available devices. **Journal of Athletic Training**, v. 52, n. 5, p. 429–438, 1 maio 2017.
- DE MARCHI, T. et al. Photobiomodulation therapy before futsal matches improves the staying time of athletes in the court and accelerates post-exercise recovery. **Lasers in Medical Science**, v. 34, n. 1, p. 139–148, 27 fev. 2019.
- DE OLIVEIRA, A. R. et al. Pre-Exercise Infrared Photobiomodulation Therapy (810 nm) in Skeletal Muscle Performance and Postexercise Recovery in Humans: What Is the Optimal Power Output? **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 35, n. 11, p. 595–603, nov. 2017.
- DEL VECCHIO, F. B. et al. Análise morfo-funcional de praticantes de brazilian jiu-jitsu e estudo da temporalidade e da quantificação das ações motoras na modalidade. **Movimento & Percepção**, v. 7, n. 10, p. 263–281, 2007.
- DELLAGRANA, R. A. et al. Dose-response effect of photobiomodulation therapy on neuromuscular economy during submaximal running. **Lasers in Medical Science**, v. 33, n. 2, p. 329–336, 3 fev. 2018a.
- DELLAGRANA, R. A. et al. Photobiomodulation Therapy on Physiological and Performance Parameters During Running Tests: Dose–Response Effects. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 32, n. 10, p. 2807–2815, out. 2018b.
- DELLAGRANA, R. A. et al. Effect of Photobiomodulation Therapy in the 1500 m Run:

An Analysis of Performance and Individual Responsiveness. **Photobiomodulation, photomedicine, and laser surgery**, v. 38, n. 12, p. 734–742, dez. 2020.

DENIS, R.; O'BRIEN, C.; DELAHUNT, E. The effects of light emitting diode therapy following high intensity exercise. **Physical Therapy in Sport**, v. 14, n. 2, maio 2013.

DETANICO, D. et al. Effect of a Brazilian Jiu-jitsu-simulated tournament on strength parameters and perceptual responses. **Sports Biomechanics**, v. 16, n. 1, p. 115–126, 2 jan. 2017.

DIAZ-LARA, F. J. et al. Analysis of physiological determinants during an international Brazilian Jiu-jitsu competition. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 15, n. 2, p. 489–500, 3 ago. 2015.

DIAZ-LARA, F. J. et al. Enhancement of high-intensity actions and physical performance during a simulated brazilian jiu-jitsu competition with a moderate dose of caffeine. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 11, n. 7, p. 861–867, 2016.

DORNELLES, M. P. et al. Photobiomodulation therapy as a tool to prevent hamstring strain injuries by reducing soccer-induced fatigue on hamstring muscles. **Lasers in Medical Science**, v. 34, n. 6, 3 ago. 2019.

DOS REIS, F. A. et al. Effects of Pre- or Post-Exercise Low-Level Laser Therapy (830 nm) on Skeletal Muscle Fatigue and Biochemical Markers of Recovery in Humans: Double-Blind Placebo-Controlled Trial. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 32, n. 2, fev. 2014.

DUTRA, Y. M. et al. Acute Photobiomodulation by LED Does Not Alter Muscle Fatigue and Cycling Performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 52, n. 11, p. 2448–2458, nov. 2020.

DUTRA, Y. M. et al. Photobiomodulation 30 min or 6 h Prior to Cycling Does Not Alter Resting Blood Flow Velocity, Exercise-Induced Physiological Responses or Time to Exhaustion in Healthy Men. **Frontiers in Physiology**, v. 11, 15 jan. 2021.

FERRARESI, C. et al. Time response of increases in ATP and muscle resistance to fatigue after low-level laser (light) therapy (LLLT) in mice. **Lasers in Medical Science**, v. 30, n. 4, p. 1259–1267, 21 maio 2015.

FERRARESI, C. Use of Photobiomodulation Therapy in Exercise Performance Enhancement and Postexercise Recovery: True or Myth? **Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery**, v. 38, n. 12, 1 dez. 2020.

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

FOLLMER, B. et al. Photobiomodulation therapy is beneficial in reducing muscle fatigue in Brazilian jiu-jitsu athletes and physically active men. **Sport Sciences for Health**, v. 14, n. 3, p. 685–691, 12 dez. 2018.

FRANCHINI, E. et al. Endurance in judogi grip strength tests: comparison between elite and non-elite judo players. **Archives of Budo**, v. 7, n. 1, 28 jan. 2011.

FRANCHINI, E.; DA SILVA, J. P. L. Performance, rating of perceived exertion and physiological responses during a Brazilian jiu-jitsu match: comparisons between winning and losing athletes. **Sport Sciences for Health**, v. 15, n. 1, p. 229–235, 2 abr. 2019.

GASTIN, P. B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. **Sports Medicine**, v. 31, n. 10, p. 725–741, 2001.

GLAISTER, M. Multiple Sprint Work. **Sports Medicine**, v. 35, n. 9, 2005.

GLAISTER, M. et al. The influence of recovery duration on multiple sprint cycling performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19, n. 4, p. 831–837, nov. 2005.

HAMBLIN, M. R. Mechanisms and Mitochondrial Redox Signaling in Photobiomodulation. **Photochemistry and Photobiology**, v. 94, n. 2, 19 mar. 2018.

HARBILI, S. The Effect of Different Recovery Duration on Repeated Anaerobic Performance in Elite Cyclists. **Journal of Human Kinetics**, v. 49, n. 1, 1 dez. 2015.

HAYWORTH, C. R. et al. In Vivo Low-level Light Therapy Increases Cytochrome Oxidase in Skeletal Muscle. **Photochemistry and Photobiology**, v. 86, n. 3, p. 673–680, 11 fev. 2010.

HEMMINGS, T. J.; KENDALL, K. L.; DOBSON, J. L. Identifying Dosage Effect of Light-Emitting Diode Therapy on Muscular Fatigue in Quadriceps. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 2, p. 395–402, fev. 2017.

HIGASHI, R. H. et al. Effects of Low-Level Laser Therapy on Biceps Braquialis Muscle Fatigue in Young Women. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 31, n. 12, p. 586–594, dez. 2013.

JAMES, L. P. An evidenced-based training plan for Brazilian jiu-jitsu. **Strength and Conditioning Journal**, v. 36, n. 4, p. 14–22, 2014.

JONES, N. B.; LEDFORD, E. Strength and Conditioning for Brazilian Jiu-jitsu. **Strength & Conditioning Journal**, v. 34, n. 2, abr. 2012.

JULIO, U. F.; FRANCHINI, E. Developing aerobic power and capacity for combat sports athletes. **Revista de Artes Marciales Asiáticas**, v. 16, n. 1s, p. 10–59, 23 mar. 2021.

KARU, T. Primary and secondary mechanisms of action of visible to near-IR radiation on cells. **Journal of photochemistry and photobiology. B, Biology**, v. 49, n. 1, p. 1–17, mar. 1999.

KARU, T. I. Mitochondrial signaling in mammalian cells activated by red and near-IR radiation **Photochemistry and Photobiology**, set. 2008.

LANFERDINI, F. J. et al. Improvement of Performance and Reduction of Fatigue With Low-Level Laser Therapy in Competitive Cyclists. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 13, n. 1, p. 14–22, 1 jan. 2018a.

LANFERDINI, F. J. et al. Low-level laser therapy improves the VO₂ kinetics in competitive cyclists. **Lasers in Medical Science**, v. 33, n. 3, p. 453–460, 9 abr. 2018b.

LANFERDINI, F. J. et al. Effect of photobiomodulation therapy on performance and running economy in runners: A randomized double-blinded placebo-controlled trial. **Journal of Sports Sciences**, v. 39, n. 12, p. 1348–1355, 18 jun. 2021.

LAURENT, C. M. et al. A Practical Approach to Monitoring Recovery: Development of a Perceived Recovery Status Scale. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 3, p. 620–628, mar. 2011.

LEAL-JUNIOR, E. C. P.; LOPES-MARTINS, R. Á. B.; BJORDAL, J. M. Clinical and scientific recommendations for the use of photobiomodulation therapy in exercise performance enhancement and post-exercise recovery: current evidence and future directions. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 23, n. 1, jan. 2019.

LEAL JUNIOR, E. C. P. et al. Effect of 655-nm low-level laser therapy on exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 26, n. 5, p. 419–424, out. 2008.

LEAL JUNIOR, E. C. P. et al. Comparison between single-diode low-level laser therapy (LLLT) and LED multi-diode (cluster) therapy (LEDT) applications before high-intensity exercise. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 27, n. 4, p. 617–623, ago. 2009a.

LEAL JUNIOR, E. C. P. et al. Effect of cluster multi-diode light emitting diode therapy (LEDT) on exercise-induced skeletal muscle fatigue and skeletal muscle recovery in humans. **Lasers in Surgery and Medicine**, v. 41, n. 8, p. 572–577, out. 2009b.

LEAL JUNIOR, E. C. P. et al. Effect of 830 nm low-level laser therapy applied before high-intensity exercises on skeletal muscle recovery in athletes. **Lasers in Medical Science**, v. 24, n. 6, p. 857–863, 5 nov. 2009c.

LEAL JUNIOR, E. C. P. et al. A fototerapia com diodo emissor de luz (LEDT) aplicada pré-exercício inibe a peroxidação lipídica em atletas após exercício de alta intensidade: um estudo preliminar. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 17, n. 1, p. 8–12, fev. 2011.

LOPES-SILVA, J. P. et al. Caffeine ingestion increases the upper-body intermittent dynamic strength endurance performance of combat sports athletes. **European Journal of Sport Science**, p. 1–10, 2 fev. 2021.

LOPES-SILVA, J. P.; FRANCHINI, E. Developing anaerobic power and capacity for combat sports athletes. **Revista de Artes Marciais Asiáticas**, v. 16, n. 1s, p. 60–85, 23 mar. 2021.

MALTA, E. D. S. et al. Acute LED irradiation does not change the anaerobic capacity

and time to exhaustion during a high-intensity running effort: a double-blind, crossover, and placebo-controlled study. **Lasers in Medical Science**, v. 31, n. 7, p. 1473–1480, 6 set. 2016.

MATHIOWETZ, V. et al. Reliability and validity of grip and pinch strength evaluations. **The Journal of Hand Surgery**, v. 9, n. 2, p. 222–226, mar. 1984.

MOLINA CORREA, J. C. et al. Ergogenic Effects of Photobiomodulation on Performance in the 30-Second Wingate Test. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. Publish Ah, 12 ago. 2020.

ORSSATTO, L. B. DA R. et al. Photobiomodulation Therapy Does Not Attenuate Fatigue and Muscle Damage in Judo Athletes: A Randomized, Triple-Blind, Placebo-Controlled Trial. **Frontiers in Physiology**, v. 10, 26 jun. 2019.

ORSSATTO, L. B. R. et al. Photobiomodulation therapy effects on resistance training volume and discomfort in well-trained adults: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. **Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery**, v. 38, n. 12, p. 720–726, 1 dez. 2020.

OZKAYA, O. et al. The Test-Retest Reliability of New Generation Power Indices of Wingate All-Out Test. **Sports**, v. 6, n. 2, p. 31, 7 abr. 2018.

PINTO, H. D. et al. Photobiomodulation Therapy Improves Performance and Accelerates Recovery of High-Level Rugby Players in Field Test: A Randomized, Crossover, Double-Blind, Placebo-Controlled Clinical Study. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 12, p. 3329–3338, dez. 2016.

ROSSATO, M. et al. Effect of pre-exercise phototherapy applied with different cluster probe sizes on elbow flexor muscle fatigue. **Lasers in Medical Science**, v. 31, n. 6, p. 1237–1244, 6 ago. 2016.

ROSSATO, M. et al. Time Response of Photobiomodulation Therapy on Muscular Fatigue in Humans. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 32, n. 11, p. 3285–3293, nov. 2018.

ROSSATO, M. et al. Dose-response effect of photobiomodulation therapy on muscle performance and fatigue during a multiple-set knee extension exercise: A randomized, crossover, double-blind placebo-controlled trial. **Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery**, v. 38, n. 12, p. 758–765, 1 dez. 2020.

SANTOS, I. A. DOS et al. Acute Photobiomodulation Does Not Influence Specific High-Intensity and Intermittent Performance in Female Futsal Players. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 19, 4 out. 2020.

SILVA, B. V. C. DA et al. Reliability in kimono grip strength tests and comparison between elite and non-elite Brazilian Jiu-Jitsu players. **Archives of Budo**, v. 8, n. 2, 11 abr. 2012.

SMITH, J. C.; HILL, D. W. Contribution of energy systems during a Wingate power test. **British Journal of Sports Medicine**, v. 25, n. 4, 1 dez. 1991.

SNARR, R. L. et al. Electromyographical Comparison of a Traditional, Suspension Device, and Towel Pull-Up. **Journal of Human Kinetics**, v. 58, n. 1, p. 5–13, 1 ago. 2017.

SPENCER, M. et al. Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: Specific to field-based team sports. **Sports Medicine**, v. 35, n. 12, p. 1025–1044, 2005.

TAYLOR, K. et al. Fatigue monitoring in high performance sport: a survey of current trends. **Journal of Australian Strength and Conditioning**, v. 20, n. 1, p. 12–23, 2012.

TEIXEIRA, C. L.; MEZZARROBA, P. V.; MACHADO, F. A. Effect of Photobiomodulation on Critical Swimming Velocity: A Randomized, Crossover, Double-Blind, and Placebo-Controlled Study. **International journal of sports physiology and performance**, v. 16, n. 7, p. 1035–1042, mar. 2021.

TELES, M. C. et al. Comparison Between Whole-Body Vibration, Light-Emitting Diode, and Cycling Warm-up on High-Intensity Physical Performance During Sprint Bicycle Exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 6, p. 1542–1550, jun. 2015.

TOMA, R. L. et al. Photobiomodulation (PBM) therapy at 904 nm mitigates effects of exercise-induced skeletal muscle fatigue in young women. **Lasers in Medical Science**, v. 33, n. 6, p. 1197–1205, 17 ago. 2018.

TOMAZONI, S. S. et al. Infrared Low-Level Laser Therapy (Photobiomodulation Therapy) before Intense Progressive Running Test of High-Level Soccer Players: Effects on Functional, Muscle Damage, Inflammatory, and Oxidative Stress Markers—A Randomized Controlled Trial. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2019, p. 1–12, 16 nov. 2019.

VAN HOOREN, B.; ZOLOTARJOVA, J. The Difference Between Countermovement and Squat Jump Performances: A Review of Underlying Mechanisms With Practical Applications. **Journal of strength and conditioning research**, v. 31, n. 7, p. 2011–2020, 1 jul. 2017.

VANIN, A. A. et al. Photobiomodulation therapy for the improvement of muscular performance and reduction of muscular fatigue associated with exercise in healthy people: a systematic review and meta-analysis. **Lasers in Medical Science**, v. 33, n. 1, 31 jan. 2018.

VASSÃO, P. G. et al. Acute Photobiomodulation Effects Through a Cluster Device on Skeletal Muscle Fatigue of Biceps Brachii in Young and Healthy Males: A Randomized Double-Blind Session. **Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery**, v. 38, n. 12, p. 773–779, 1 dez. 2020.

WANG, D.; WANG, X. Efficacy of laser therapy for exercise-induced fatigue. **Medicine**, v. 98, n. 38, p. e17201, set. 2019.

APÊNDICES

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Nº do CAAE _____

Título do Projeto: Análise do efeito ergogênico da fotobiomodulação sobre o desempenho de atletas de Brazilian Jiu Jitsu.

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa cujo objetivo é analisar os efeitos e identificar os efeitos da fotobiomodulação muscular no desempenho de atletas de BJJ em testes físico-motores e em lutas simuladas. Esta pesquisa está sendo realizada pelo curso de pós-graduação stricto-sensu em educação da Universidade Estadual de Londrina e é orientada pela professora doutora Solange de Paula Ramos, que é docente da Universidade Estadual de Londrina.

Se você aceitar participar da pesquisa, os procedimentos envolvidos em sua participação são os seguintes: você realizará, primeiramente, avaliações físicas para coleta de dados, pessoais (idade, problemas de saúde, tabagismo, consumo de suplementos, tempo de experiência na prática de BJJ e rotinas de treino), antropométricos (peso, estatura, percentual de gordura, percentual de massa muscular) e de desempenho (força, potência e resistência muscular e potência anaeróbia e aeróbia) para avaliar a sua condição prévia ao estudo. Após essa etapa inicial, você realizará testes de desempenho físico-motores e também combates de Brazilian Jiu Jitsu em diferentes condições de fotobiomodulação (0, 6 e 12J).

Informamos que você poderá experimentar algum desconforto a nível respiratório muscular durante a realização dos testes físico-motores. Caso isso aconteça e você não consiga continuar a realizar os exercícios físicos, a equipe responsável pela coleta de dados interromperá os procedimentos e tomará as providências necessárias para a sua recuperação. Ainda, é possível que, em virtude dos exercícios físicos que serão realizados, você experimente sensação de dor muscular nas horas posteriores aos teste. Entretanto, com o passar do tempo estas diminuirão. Caso não cessem, você poderá entrar em contato com a equipe de pesquisa para informar a situação e para que providências sejam tomadas.

Como forma de agradecimento pela sua participação, ao final da coleta de dados você receberá um relatório detalhado sobre o seu desempenho e comparações com os dados apresentados na literatura. Além disso, a sua participação no estudo contribuirá para o aumento do conhecimento sobre o uso da fotobiomodulação como recurso ergogênico e poderá trazer benefícios para a comunidade do **Brazilian Jiu Jitsu**, uma vez que os atletas desta modalidade poderão utilizar este meio para maximizar o seu desempenho em competições.

Sua participação na pesquisa é totalmente voluntária, ou seja, não é obrigatória. Caso você decida não participar, ou ainda, desistir de participar e retirar seu consentimento, não haverá nenhum prejuízo ao atendimento que você recebe ou possa vir a receber na instituição. Caso não queira mais fazer parte da pesquisa basta informar à equipe e solicitar que lhe devolvam o termo de consentimento livre e esclarecido assinado. Informamos ainda que as informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa, e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade. Como os combates de **Brazilian Jiu Jitsu** serão filmados para posterior análise dos componentes técnico-táticos desenvolvidos durante as lutas é importante destacar que após conclusão da pesquisa os vídeos serão arquivados no banco de dados do pesquisador responsável pelo estudo.

Não está previsto nenhum tipo de pagamento pela sua participação na pesquisa e você não terá nenhum custo com respeito aos procedimentos envolvidos, porém,

Rubrica do participante _____

Rubrica do pesquisador _____

Página 1 de 2

poderá ser ressarcido por despesas decorrentes de sua participação, como despesa com transporte, combustível e alimentação, cujos custos serão absorvidos pelo orçamento da pesquisa.

Caso ocorra alguma intercorrência ou dano, resultante de sua participação na pesquisa, você receberá todo o atendimento necessário, sem nenhum custo pessoal.

Os dados coletados durante a pesquisa serão sempre tratados confidencialmente. Os resultados serão apresentados de forma conjunta, sem a identificação dos participantes, ou seja, o seu nome não aparecerá na publicação dos resultados.

Caso você tenha dúvidas, poderá entrar em contato com a Prof. Dr^a. Solange de Paula Ramos, que é a pesquisadora responsável, pelo telefone [inserir telefone], com o pesquisador Prof. MSc. Rubens Batista dos Santos Junior [inserir nome de outro pesquisador, opcional], pelo telefone (43)998441119 ou com o Comitê de Ética em Pesquisa da Unicesumar pelo telefone (44) 30276360 ramal 1345, ou no 5º andar do Bloco Administrativo, de segunda à sexta, das 8h às 17h.

Esse Termo é assinado em duas vias, sendo uma para o participante e outra para os pesquisadores.

Nome do participante da pesquisa

Assinatura

Nome do pesquisador que aplicou o Termo

Assinatura

Local e Data: _____

APÊNDICE B – RELATÓRIO DE AVALIAÇÕES FÍSICAS DOS ATLETAS DE BJJ
PARTICIPANTES DO ESTUDO



AVENIDA GUEDNER, 1610 - ÁREA EXTERNA DO BLOCO 7
(AO LADO DA EXTENSÃO DO JUIZADO CÍVEL)

 (44) 3027-6360 | Ramal 3479

 (44) 9 9 145-7781 | Whatsapp e Ligações

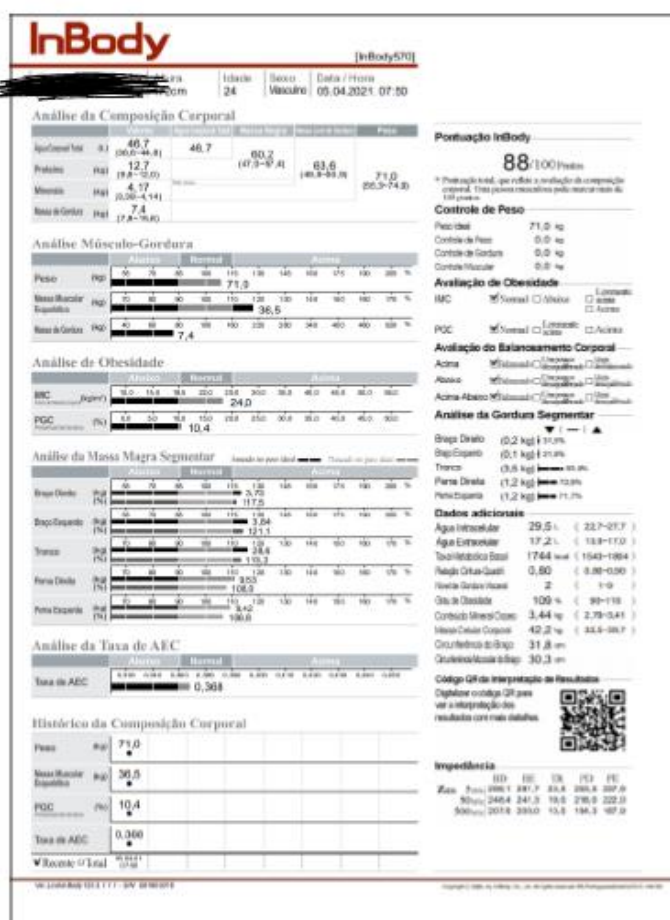
 liipsunicesumar@gmail.com



Nome: [REDACTED]
 Idade: [REDACTED]
 Graduação: Faixa preta
 Tempo de prática:
 Peso: 71 kg
 Estatura: 1,72 m



COMPOSIÇÃO CORPORAL



GERART

Grupo de Estudos em Ergonomia, Atividade e Saúde Ocupacional



iceti

Instituto de Ciências e Tecnologia



LIIPS



Universidade
Estadual de Londrina



UniCesumar

m3

AVALIAÇÃO DA APTIDÃO ANAERÓBIA

A aptidão anaeróbia é caracterizada pela habilidade de gerar e manter ações de alta intensidade ao longo de um determinado período de tempo. A capacidade (potência média) e potência (potência pico) anaeróbia e estão diretamente relacionadas com o desempenho no jiu jitsu, pois nos momentos decisivos no combate, como na aplicação de uma raspagem ou de uma passagem de guarda, são realizadas ações de alta intensidade que envolvem grandes demandas de energia e essas ações podem se repetir por várias vezes ao longo do combate. Durante o combate de jiu jitsu são realizados movimentos de alta intensidade tanto com os braços como com as pernas. Portanto, é importante avaliar a aptidão anaeróbia tanto de membros superiores quanto de membros inferiores.

TESTE DE WINGATE MEMBROS SUPERIORES

Membros superiores			
	PP (W.kg ⁻¹)	PM (W.kg ⁻¹)	IF (%)
Wingate 1	3,27	1,89	42,03
Wingate 2	3,32	2,48	54,29
Wingate 3	3,18	1,99	67,16

PP: potência pico; PM: potência média; IF: índice de fadiga.

VALORES DE REFERÊNCIA

Características da amostra	PP (W.kg ⁻¹)	PM (W.kg ⁻¹)	IF (%)	Autor(es)
Atletas de diferentes níveis	10,5 ± 1,0	6,9 ± 1,3	63,1 ± 17	Andreato et al. (não publicado)

PP: potência pico; PM: potência média; IF: índice de fadiga.

MEMBROS INFERIORES

Membros inferiores			
	PP (W.kg ⁻¹)	PM (W.kg ⁻¹)	IF (%)
Wingate 1	14,04	9,97	100
Wingate 2	14,02	9,1	59,09
Wingate 3	11,68	7,78	49,09

PP: potência pico; PM: potência média; IF: índice de fadiga.

VALORES DE REFERÊNCIA

Características da amostra	PP (W.kg ⁻¹)	PM (W.kg ⁻¹)	IF (%)	Autor(es)
Atletas de diferentes níveis	11,9 ± 1,4	8,4 ± 1,0	57,5 ± 13,0	Andreato et al. (não publicado)
Atletas de alto nível	10,1	9,9	48,2	Del Vecchio et al. (2007)
Atletas de alto nível	11,5	9,8	66,5	Leitão da Silva (2015)

PP: potência pico; PM: potência média; IF: índice de fadiga.



TABELA DE CLASSIFICAÇÃO PARA ATLETAS DE JUDÔ

Características da amostra	Classificação	PP (W.kg ⁻¹)	PM (W.kg ⁻¹)	Autor
Atletas de judô de diferentes níveis	Muito fraco	<5,42	<4,33	Franchini (2019)
	Fraco	5,42–6,55	4,33–4,86	
	Regular	6,56–9,45	4,87–6,70	
	Bom	9,46–11,41	6,71–7,71	
	Excelente	>11,41	>7,71	

PP: potência pico; PM: potência média.

RESISTÊNCIA MUSCULAR ISOMÉTRICA E DINÂMICA MEMBROS SUPERIORES

A resistência muscular dinâmica e estática de membros superiores são capacidades importantes para o desempenho no jiu jitsu, pois durante a luta os atletas inúmeras ações motoras de puxar e empurrar com manutenção da pegada para controlar os seus oponentes e realizar os ataques, defesas e contra-ataques. Os testes de barra com o quimono de forma dinâmica e estática são utilizados para avaliar a resistência de força de membros superiores de lutadores e podem ser utilizados para diferenciar atletas de diferentes níveis esportivos (i.e. avançados e iniciantes).

Teste de barra isométrico: 40,29 s.

Teste de barra dinâmico: 29 rep.

VALORES DE REFERÊNCIA TESTE DE BARRA ISOMÉTRICO

Características da amostra	Tempo de suspensão (s)	Autor(es)
Atletas de alto nível	54,4 ± 13,4	Diaz-Lara et al. (2016)
Atletas de alto nível	61 ± 19	Pinho-Júnior et al. (2014)
Atletas de alto nível	63 ± 19	Santos et al. (2012)
Atletas de alto nível	56 ± 11	Silva et al. (2012)
Atletas de nível estadual	38 ± 11	Silva et al. (2012)
Atletas de nível estadual	28 ± 9	Silva et al. (2014)

VALORES DE REFERÊNCIA TESTE DE BARRA DINÂMICO

Características da amostra	Número de repetições	Autor(es)
Atletas (azul a preta)	10 ± 5	Follmer et al. (2015)
Atletas de alto nível	15 ± 2	Pinho-Júnior et al. (2014)
Atletas de alto nível	15 ± 2	Santos et al. (2012)
Atletas de alto nível	15 ± 4	Silva et al. (2012)
Atletas de nível estadual	8 ± 3	Silva et al. (2012)
Atletas de alto nível	18 ± 3	Silva et al. (2014)
Atletas de nível estadual	17 ± 3	Silva et al. (2014)

APÊNDICE C – ARTIGO SUPLEMENTAR ADVINDO DOS DADOS COLETADOS EM ESTUDO PILOTO.

EFEITO DA FOTOBIMODULAÇÃO NO DESEMPENHO EM UM TESTE ESPECÍFICO PARA ATLETAS DE BRAZILIAN JIU JITSU.

Rubens Batista dos Santos-Junior. Universidade do Estado do Pará, Pará, Brazil.

Outros autores

Solange de Paula Ramos. Study Group in Tissue Regeneration, Adaptation, and Repair. State University of Londrina, Londrina, Brazil.

Corresponding author:

Solange de Paula Ramos

Universidade Estadual de Londrina

Rodovia Celso Garcia Cid PR 445, km 380

Campus Universitário. Bairro Porta de Versalhes I.

CEP 86055-990. Londrina- Paraná- Brazil.

e-mail: ramossolange@uel.br

RESUMO

Introdução: A fotobiomodulação (PBM) tem sido indicada como um recurso ergogênico não farmacológico, uma vez que pode melhorar a função muscular, retardando o aparecimento da fadiga muscular e aumentando o número de repetições em exercícios repetidos, quando aplicada antes do exercício. No entanto, sua resposta no desempenho em testes específicos em esportes de combate de domínio não está estabelecida. **Objetivo:** analisar a influência da PBM em parâmetros de desempenho de atletas de Brazilian jiu jitsu (BJJ) no jiu jitsu anaerobic performance test (JJAPT). **Métodos:** oito atletas de BJJ (idade: $32,13 \pm 8,77$ anos; estatura: $1,74 \pm 0,07$ m; massa corporal: $83,08 \pm 15,64$ kg; massa gorda: $19,84 \pm 6,41\%$; massa muscular: $39,58 \pm 4,56$ kg; $9,63 \pm 6,65$ anos de experiência no BJJ) participaram deste estudo. Cada atleta completou três sessões de testes (familiarização, PBM ou placebo - PLA) com intervalo de 7 dias. Em todas as sessões, os participantes realizaram um aquecimento padronizado. No entanto, os participantes receberam na segunda e terceira sessões, de forma randomizada e duplo-cego, PBM ou PLA imediatamente antes do JJAPT. O desempenho foi avaliado pelo total de repetições no teste. O índice de fadiga foi analisado pela redução percentual entre o maior e o menor número de repetições registrado nas séries de teste. O Power drop descreveu a diferença entre o número de repetições realizadas na primeira e na última série do teste. **Resultados:** Não foram observadas diferenças entre PBM e PLA para o desempenho (PBM = $84,88 \pm 5,46$;

PLA = $84,75 \pm 5,17$ repetições, $p > 0,05$), o índice de fadiga (PBM = $10,21 \pm 5,60$; PLA = $13,48 \pm 6,87\%$, $p > 0,05$) e Power drop (PBM = $1,12 \pm 1,88$; PLA = $1,62 \pm 2,32$ repetições, $p > 0,05$) **Conclusão:** A PBM não foi capaz de melhorar o desempenho nem retardar a fadiga em atletas de Jiu-Jitsu submetidos a um teste específico de desempenho esportivo.

Palavras-chave: Terapia com luz de baixa intensidade; Artes marciais; Desempenho esportivo; Recurso ergogênico; Teste de esforço.

INTRODUÇÃO

A fotobiomodulação (PBM) é a irradiação de tecidos vivos com luz de baixa potência (3 a 1000mW) em comprimentos de onda do vermelho ao infravermelho próximo (600 a 1100 nm) (HAMBLIN, 2018). A técnica tem demonstrado efeitos ergogênicos quando administrada antes da realização de exercícios, melhorando o desempenho muscular em exercícios repetidos de curta duração e retardando o aparecimento da fadiga muscular (BORSA; LARKIN; TRUE, 2013; NAMPO et al., 2016). A PBM promove o aumento da atividade da enzima citocromo c oxidase (CCO, complexo IV) à nível mitocondrial, levando ao aumento da ressíntese de ATP na fibra muscular esquelética (HAMBLIN, 2018). O aumento da atividade da cadeia respiratória mitocondrial pode favorecer o desempenho de atividades aeróbicas, bem como a ressíntese de fosfocreatina, e o desempenho em atividades de alta intensidade intermitentes (ALLEN; LAMB; WESTERBLAD, 2008; GLAISTER, 2005). A maior disponibilidade de energia pode promover o retardo no aparecimento de sinais de fadiga ou acelerar o processo de recuperação durante a pausa entre esforços intermitentes. Estes efeitos biológicos podem aumentar o desempenho em esportes em que tanto o metabolismo anaeróbio quanto o aeróbio são determinantes, como algumas modalidades de esportes de combate de domínio (ANDREATO et al., 2017; DIAZ-LARA et al., 2015).

No Brazilian Jiu Jitsu (BJJ), o metabolismo anaeróbio desempenha um importante papel durante o combate em virtude da sua natureza intermitente com ações motoras que variam em esforços de alta e baixa intensidade (ANDREATO et al., 2016; DIAZ-LARA et al., 2015). Além disso, as lutas podem durar até 10 minutos, o que requer dos atletas alta capacidade e potência anaeróbia, além de capacidade aeróbia (ANDREATO et al., 2017; JONES; LEDFORD, 2012). Neste sentido, ambas

as vias de produção de energia, anaeróbia e aeróbia, são fundamentais para o sucesso esportivo no BJJ.

Estudos com PBM conduzidos com atletas de diferentes modalidades esportivas (VANIN et al., 2018) têm apresentando melhoras em parâmetros como número de repetições (LEAL et al., 2010; LEAL JUNIOR et al., 2008, 2009), tempo até a exaustão (LEAL et al., 2010; LEAL JUNIOR et al., 2008, 2009), índice de fadiga (LEAL et al., 2011; PINTO et al., 2016) pico de torque isométrico (FOLLMER et al., 2018). No estudo de Follmer et al. (2018) a PBM pré-exercício foi eficiente em retardar os sinais de fadiga em um protocolo de contração isométrica máxima de flexão de cotovelo. Esses resultados são importantes, pois demonstram a efetividade da estratégia em um exercício isolado, entretanto, como o combate de BJJ é multifatorial, é importante que a PBM seja avaliada em condições de luta ou em testes que mimetizem as demandas da modalidade.

O Jiu Jitsu Anaerobic Performance Test (JJAPT) é um teste que simula as demandas fisiológicas de um combate e o desempenho dos atletas pode ser avaliado pelo número de repetições realizadas ao longo do teste (VILLAR et al., 2018). Nesta perspectiva e baseado em achados de estudos prévios, é possível hipotetizar que a estimulação com PBM pré-teste promova resposta ergogênica e contribua para a melhora nos parâmetros de desempenho no JJAPT.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi verificar a influência da PBM em parâmetros de desempenho de atletas de BJJ em um teste específico da modalidade. A hipótese do estudo é que a PBM pode reduzir a fadiga e aumentar o desempenho no teste.

MATERIAIS E MÉTODOS

Participantes

Participaram deste ensaio clínico randomizado, duplo-cego e *cross-over*, 8 atletas de BJJ do sexo masculino (idade: $32,13 \pm 8,77$ anos; estatura: $1,74 \pm 0,07$ m; massa corporal: $83,08 \pm 15,64$ kg) com tempo de prática na modalidade de $9,63 \pm 6,65$ anos, e com graduação de faixa azul (n=3), roxa (n=1), marrom (n=1) e preta (n=3). Os testes foram realizados entre os meses de janeiro e julho de 2019. Como critério de inclusão, os atletas deveriam estar realizando regularmente pelo menos

três sessões de treino semanais específicos da modalidade, por um período não inferior a três meses, e participando de campeonatos de nível estadual e nacional. Os voluntários foram orientados a não realizar exercícios físicos intensos ou extenuantes nas 48 horas que antecederam os testes. Além disso, foram orientados a não ingerir bebidas e alimentos contendo cafeína e estimulantes, suplementos com função ergogênica e medicações anti-inflamatórias 48 horas antes e durante os testes físicos.

Não poderiam participar do estudo atletas que tivessem lesões que impediriam a execução do teste. Todos os atletas foram informados sobre os procedimentos do estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido antes do início do estudo. Os procedimentos da pesquisa seguiram os preceitos éticos da Declaração de Helsinki e foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina.

Desenho experimental

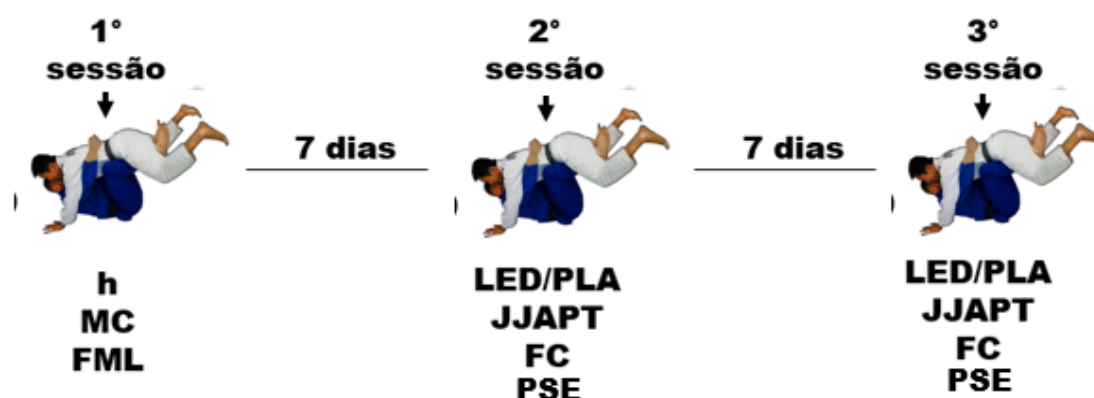


Figura 1: Desenho experimental do estudo

h=estatura; MC= Massa corporal; FML= Familiarização; LED= fotobiomodulação; PLA= Placebo; JJAPT= Teste de desempenho anaeróbico específico para atletas de jiu-jitsu; FC= Frequência cardíaca; PSE= Percepção subjetiva de esforço.

Os atletas foram submetidos a três sessões de coletas de dados realizadas com um intervalo de 7 dias entre cada sessão e os testes foram realizados em situação *cross-over*. Na 1ª sessão foi realizada a coleta de dados antropométricos e

familiarização com todos os procedimentos dos testes. Na 2^o e 3^o sessões os atletas foram submetidos à realização do teste JJAPT na situação controle ou LED.

Antes de cada sessão os participantes realizaram um aquecimento padronizado com duração total de 8 min, que consistia na realização de duas séries de 30 segundos por 30 s de descanso de exercícios específicos da modalidade (esgrima, passagem de guarda toreando, *double leg* e *Kimura* na guarda). Os atletas foram submetidos ao tratamento antes do início do teste de desempenho. Durante o teste foram coletados dados sobre o desempenho em e, no intervalo entre as séries, foram coletadas a frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço.

Randomização e cegamento

A randomização da ordem de tratamento foi realizada por sorteio simples, utilizando envelopes opacos. Um pesquisador foi responsável por sortear as condições tratamento e pela aplicação do tratamento, nas sessões 2 e 3 do estudo. A alocação experimental foi revelada pelo pesquisador responsável pelo tratamento apenas no final do estudo. O pesquisador responsável pela randomização e tratamento não participou da aplicação dos testes físicos e avaliação de desempenho.

Para o cegamento do participante foi utilizado óculos opacos e fones de ouvido para não perceber qualquer sinal auditivo emitido pelo aparelho. Além disso, ao final das sessões de teste os participantes foram questionados sobre qual o tratamento que acreditam ter recebido no início da sessão para avaliação da efetividade do cegamento.

Avaliação antropométrica

A massa corporal total foi coletada em balança analítica (OMRON HBF-514C, São Paulo-SP, Brasil) e a estatura foi avaliada com auxílio de um estadiômetro escalonado em 0,1cm (Sanny, São Bernardo do Campo-SP, Brasil).

Teste de desempenho anaeróbio específico para atletas de jiu-jitsu (JJAPT)

O JJAPT é um instrumento validado específico para analisar o desempenho anaeróbio de atletas de BJJ, no qual os atletas realizam 5 séries de 1 minuto de um

exercício específico da modalidade com intervalos de descanso passivo de 45 segundos (VILLAR et al., 2018).

Para análise de desempenho dos participantes foi analisado o número de repetições corretas realizadas em cada série durante o teste. O índice de fadiga foi determinado pela diminuição percentual de repetições entre a série com maior e menor número de repetições. O *power drop* foi determinado pela redução do número de repetições entre a primeira e a quinta série.

Frequência cardíaca e Percepção Subjetiva de Esforço

A frequência cardíaca foi registrada com o uso de um cardiofrequencímetro (Polar V800, Polar Electro Brasil Comércio, Distribuição, Importação e Exportação Ltda, Embu das artes-SP, Brasil) nas condições repouso, pré teste, durante o teste e nos minutos 1, 3 e 5 após o teste. Foram realizados registros de FC média, FC máxima durante as séries do JJAPT e recuperação de FC cardíaca nos intervalos entre as séries e recuperação ao final do teste.

A PSE será coletada com o uso da escala de percepção de esforço de 15 pontos de (BORG, 1998) nas condições pré teste e imediatamente após cada série do teste.

Fotobiomodulação

A PBM foi aplicada em contato perpendicular a pele, com o participante em repouso sobre uma maca. Foram irradiados 8 pontos da região anterior da coxa (4 no reto femoral, 2 no vasto medial e 2 no vasto lateral), 8 pontos no reto abdominal e 3 pontos na face anterior do braço. Foi utilizado o equipamento de PBM (Bios Therapy II, Bios Equipamentos Médicos, São José dos Campos, São Paulo, Brasil). As especificações do aparelho e da aplicação estão apresentados na Tabela 1.

O tratamento placebo foi realizado nas mesmas condições de tempo e posições da condição PBM, porém com o aparelho desligado.

Tabela 1 - Dosimetria de PBM.

Parâmetro	Especificação
-----------	---------------

Comprimento de onda	LED 630 nm
Frequência de saída	Contínua
Potência de saída	300 mW
Tamanho do feixe	1,32 cm ²
Densidade de potência	230 mW/cm ²
Dose	6 J por ponto
Total de energia	180 J
Números de pontos	30
Área irradiada	25,08 cm ²
Densidade de energia	4,6 J/cm ²
Tempo irradiado por ponto	20 segundos
Tempo total de aplicação	600 segundos
Modo de aplicação	Estacionária em contato com a pele

Análise dos dados

A distribuição de normalidade dos dados foi determinada com o teste de Shapiro-Wilk. Dados com distribuição paramétrica foram expressos em média e desvio padrão e analisados com testes para medidas paramétricas. As diferenças entre as condições de base, controle e PBM para as variáveis fisiológicas e de desempenho global foram avaliadas com o teste ANOVA de medidas repetidas. A variação do desempenho ao longo do teste JJAPT foi determinada com o teste de ANOVA two-way, considerando a influência da série e tratamento. Diferenças foram consideradas significativas se $P < 0.05$.

RESULTADOS

As características dos participantes são apresentadas na tabela 2.

Tabela 2: características dos participantes do estudo

	Média ± DP	Amplitude
Idade (anos)	32,13 ± 8,77	17 – 47

Massa corporal (kg)	83,08 ± 15,64	58,8 – 104,1
Estatura (m)	1,74±0,07	1,61 – 1,82
IMC (kg/m²)	27,1 ± 3,6	22,3 – 31,6
Tempo de prática (anos)	9,63 ± 6,65	2 – 20

DP: desvio padrão da amostra.

Os atletas apresentaram elevados %FCmáx o que demonstra que o teste promoveu alta demanda fisiológica aos atletas em todos os momentos de coleta. Entretanto, os índices relacionados à frequência cardíaca pico durante o teste e taxa de recuperação da frequência cardíaca pós-teste não apresentaram diferença entre as sessões. Além disso, não houve diferença para o desempenho no teste, avaliado pela média de repetições e repetições totais. Adicionalmente, os indicadores que analisaram a fadiga promovida pelo exercício aos atletas não diferiram entre os tratamentos (IF e Pdrop). Os dados de desempenho estão demonstrados na tabela 3.

Tabela 3: desempenho no teste (Média ± DP)

	PLACEBO	LED	Tamanho de efeito (IC 95%)
FCpico (bpm)	175,75 ± 12,65	173,88 ± 13,14	-0,16 (-1,13 – 0,83)
TFCrec1 (%)	23,41 ± 5,55	23,28 ± 8,33	- 0,02 (-1 – 0,96)
TFCrec3 (%)	35,81 ± 5,52	38,93 ± 6,92	0,5 (-0,52 – 1,46)
TFCrec5 (%)	39,66 ± 6,35	41,05 ± 5,16	0,24 (-0,76 – 1,21)
Σ REP (n)	84,75 ± 5,18	84,88 ± 5,46	0,02 (-0,96 – 1)
REPMéd (n)	16,95 ± 1,04	16,98 ± 1,09	0,03 (-0,95 – 1,01)
IF (%)	13,47 ± 6,89	10,19 ± 5,60	-0,5 (-1,49 – 0,5)
Pdrop	1,63 ± 2,33	1,13 ± 1,89	-0,24 (-1,21 – 0,76)
%FCmáx (%)	93,72 ± 7,86	92,73 ± 8,23	-0,12 (-1,10 – 0,86)

FCpico: frequência cardíaca pico; TFCrec1: taxa de recuperação da frequência cardíaca 1 minuto após o teste; TFCrec3: taxa de recuperação da frequência cardíaca 3 minutos após o teste; TFCrec5: taxa de recuperação da frequência cardíaca 5 minutos após o teste; Σ REP: total de repetições realizadas no teste; REPMéd: média das repetições realizadas no teste; IF: índice de fadiga (redução percentual no desempenho); Pdrop: power drop (diferença entre o desempenho na primeira e última série no teste); %FCmáx: percentual da frequência cardíaca máxima predita.

O comportamento da frequência cardíaca ao longo das sessões (fig 1a) bem como a taxa de recuperação da frequência cardíaca (fig 1b) foram avaliados e não

foram identificadas diferenças. Além disso, foram encontrados elevados níveis médios de percepção subjetiva de esforço ao final do teste, mas sem diferença entre os tratamentos (fig 1c). Ainda, houve um decréscimo no número de repetições ao longo das séries, durante o teste, entretanto, não foi identificada diferença entre as sessões (fig1d)

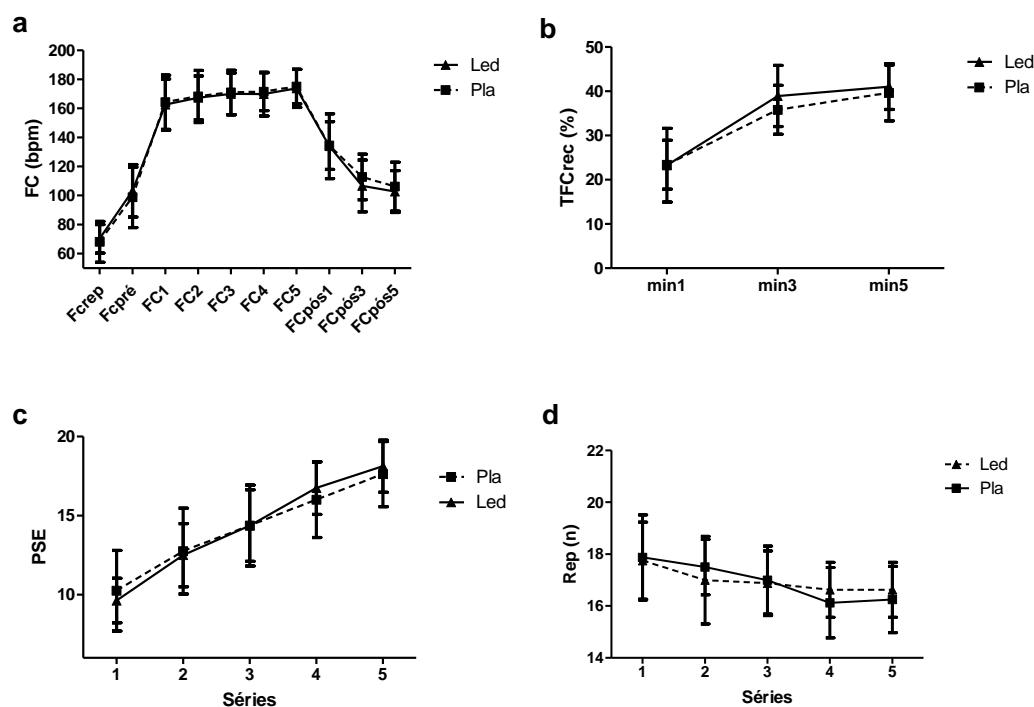


Fig 1a: Comportamento da frequência cardíaca nos momentos de repouso, pré teste, durante o teste e recuperação. FC: frequência cardíaca; rep: repouso; pré: imediatamente antes do início do teste; pós1: 1 minuto após o teste; pós3: 3 minutos após o teste; pós5: 5 minutos após o teste. Fig 1b: Taxa de recuperação da frequência cardíaca após o teste: TFCrec: taxa de recuperação da frequência cardíaca após o teste; min1: um minuto após o teste; min3: três minutos após o teste; min5: cinco minutos após o teste. Fig 1c: Comportamento da percepção subjetiva de esforço ao longo do teste. Fig 1d Desempenho ao longo do teste.

DISCUSSÃO

Este trabalho é o primeiro a avaliar a influência da PBM pré-exercício no desempenho em um teste específico para lutadores de BJJ. Nossa hipótese inicial era de que a estimulação com LED promoveria efeitos ergogênicos melhorando indicadores de desempenho e fadiga. Ainda que estudos anteriores tenham reportado respostas ergogênicas da PBM na melhora no desempenho e atenuação de índices de fadiga em determinadas tarefas motoras (FERRARESI; HUANG; HAMBLIN, 2016; NAMPO et al., 2016), nossos principais achados não corroboraram

nossa hipótese, uma vez que não encontramos melhorias significativas nesses parâmetros.

O JJAPT apresenta as demandas do combate de BJJ e tem característica fisiológica anaeróbica determinante, com importante contribuição aeróbica nos momentos de pausa (VILLAR et al., 2018). Além disso, como é solicitado que os atletas realizem o maior número de repetições possíveis em cada série, é determinante que eles apresentem bom desempenho de resistência de potência nas musculaturas envolvidas no exercício, como verificado em atletas de BJJ (DIAZ-LARA et al., 2015; RATAMESS, 2011). Neste sentido, a PBM poderia influenciar significativamente nas primeiras séries do teste em virtude da maior disponibilidade de energia (ATP) nas musculaturas estimuladas (FERRARESI et al., 2015; HAMBLIN, 2018). Entretanto, em nosso estudo não foi verificada diferença no número de repetições realizadas em cada série do teste, bem como no número de repetições médias e totais.

A PBM não foi efetiva em melhorar os indicadores de extenuação promovida pelo exercício nos participantes do nosso estudo, uma vez que o Power drop e o índice de fadiga não apresentaram diferença entre os tratamentos. Em esportes de combate, não foram encontrados estudos que avaliaram respostas da PBM em testes específicos. Contudo, um estudo que utilizou testes genéricos (ORSSATTO et al., 2019), também não encontrou diferenças nos indicadores de fadiga muscular em atletas de judô submetidos a PBM. É possível de se sugerir que o método de estimulação utilizado seja mais efetivo em atletas de esportes de endurance (LANFERDINI et al., 2018), ou em tarefas de curta duração (FOLLMER et al., 2018). Ainda, é possível que o nível de desempenho atlético influencie, com indivíduos com menor aptidão física respondendo melhor ao tratamento (VANIN et al., 2018).

É importante salientar que uma limitação do estudo reside no fato de há uma diferença grande entre a idade e que o teste utilizado não apresenta uma tabela de classificação, não sendo possível avaliar o nível de desempenho dos participantes no teste.

CONCLUSÃO

Nos atletas de BJJ participantes do nosso estudo, a PBM com LED pré-exercício não apresentou efeitos ergogênicos em um testes específico da

modalidade, uma vez que não foi eficaz em melhorar os indicadores de desempenho e de fadiga. É possível que alguns parâmetros possam ter influência nos resultados que obtivemos, como a característica do exercício realizado, a dosagem aplicada, o comprimento de onda, a potência por diodo e o modo de aplicação. Neste sentido, sugerimos que estudos futuros avaliem essas respostas com dosagens maiores daquelas utilizadas em nosso estudo, entretanto, mantendo a especificidade do teste para a modalidade.

REFERENCIAS

ALLEN, D. G.; LAMB, G. D.; WESTERBLAD, H. **Skeletal muscle fatigue: Cellular mechanisms** *Physiological Reviews*, jan. 2008.

ANDREATO, L. V. et al. Brazilian Jiu-Jitsu Combat among Different Categories: Time-Motion and Physiology. A Systematic Review. **Strength and Conditioning Journal**, v. 38, n. 6, p. 44–54, 2016.

ANDREATO, L. V. et al. Physical and Physiological Profiles of Brazilian Jiu-Jitsu Athletes: a Systematic Review. **Sports Medicine - Open**, v. 3, n. 1, p. 9, 13 dez. 2017.

BORG, G. **Borg's perceived exertion and pain scales**. [s.l.] Human kinetics, 1998.

BORSA, P. A.; LARKIN, K. A.; TRUE, J. M. Does Phototherapy Enhance Skeletal Muscle Contractile Function and Postexercise Recovery? A Systematic Review. **Journal of Athletic Training**, v. 48, n. 1, 1 jan. 2013.

DIAZ-LARA, F. J. et al. Analysis of physiological determinants during an international Brazilian Jiu-jitsu competition. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 15, n. 2, p. 489–500, 3 ago. 2015.

FERRARESI, C. et al. Time response of increases in ATP and muscle resistance to fatigue after low-level laser (light) therapy (LLLT) in mice. **Lasers in Medical Science**, v. 30, n. 4, p. 1259–1267, 21 maio 2015.

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

FOLLMER, B. et al. Photobiomodulation therapy is beneficial in reducing muscle fatigue in Brazilian jiu-jitsu athletes and physically active men. **Sport Sciences for Health**, v. 14, n. 3, p. 685–691, 12 dez. 2018.

GLAISTER, M. Multiple Sprint Work. **Sports Medicine**, v. 35, n. 9, 2005.

HAMBLIN, M. R. Mechanisms and Mitochondrial Redox Signaling in Photobiomodulation. **Photochemistry and Photobiology**, v. 94, n. 2, 19 mar. 2018.

JONES, N. B.; LEDFORD, E. Strength and Conditioning for Brazilian Jiu-jitsu. **Strength & Conditioning Journal**, v. 34, n. 2, abr. 2012.

LANFERDINI, F. J. et al. Improvement of Performance and Reduction of Fatigue With Low-Level Laser Therapy in Competitive Cyclists. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 13, n. 1, p. 14–22, 1 jan. 2018.

LEAL, E. C. P. et al. Effects of low-level laser therapy (LLLT) in the development of exercise-induced skeletal muscle fatigue and Changes in biochemical markers related to postexercise recovery. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 40, n. 8, p. 524–532, ago. 2010.

LEAL, E. C. P. et al. Light emitting diode therapy (LEDT) applied pre-exercise inhibits lipid peroxidation in athletes after high-intensity exercise. A preliminary study. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 17, n. 1, p. 8–12, fev. 2011.

LEAL JUNIOR, E. C. P. et al. Effect of 655-nm low-level laser therapy on exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 26, n. 5, p. 419–424, out. 2008.

LEAL JUNIOR, E. C. P. et al. Effect of 830 nm low-level laser therapy applied before high-intensity exercises on skeletal muscle recovery in athletes. **Lasers in Medical Science**, v. 24, n. 6, p. 857–863, 5 nov. 2009.

NAMPO, F. K. et al. Low-level phototherapy to improve exercise capacity and muscle performance: a systematic review and meta-analysis. **Lasers in Medical Science**, v. 31, n. 9, 7 dez. 2016.

ORSSATTO, L. B. DA R. et al. Photobiomodulation Therapy Does Not Attenuate Fatigue and Muscle Damage in Judo Athletes: A Randomized, Triple-Blind, Placebo-Controlled Trial. **Frontiers in Physiology**, v. 10, 26 jun. 2019.

PINTO, H. D. et al. Photobiomodulation Therapy Improves Performance and Accelerates Recovery of High-Level Rugby Players in Field Test: A Randomized, Crossover, Double-Blind, Placebo-Controlled Clinical Study. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 12, p. 3329–3338, dez. 2016.

RATAMESS, N. A. Strength and Conditioning for Grappling Sports. **Strength & Conditioning Journal**, v. 33, n. 6, p. 18–24, dez. 2011.

VANIN, A. A. et al. Photobiomodulation therapy for the improvement of muscular performance and reduction of muscular fatigue associated with exercise in healthy people: a systematic review and meta-analysis. **Lasers in Medical Science**, v. 33, n. 1, 31 jan. 2018.

VILLAR, R. et al. Association between anaerobic metabolic demands during simulated brazilian jiu-jitsu combat and specific jiu-jitsu anaerobic performance test. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 32, n. 2, p. 432–440, 2018.

ANEXOS

ANEXO A - CARTA DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE
MARINGÁ - UNICESUMAR

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: Análise do efeito ergogênico da fotobiomodulação sobre o desempenho de atletas de Brazilian Jiu-Jitsu

Pesquisador: Braulio Henrique Magnani Branco

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 44916721.7.0000.5539

Instituição Proponente: Universidade Cesumar

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.637.489

Apresentação do Projeto:

A presente pesquisa é delineada como um ensaio clínico controlado, randomizado, crossover e duplo-cego para identificar os efeitos da fotobiomodulação muscular no desempenho de atletas de BJJ em testes físico-motores e lutas simuladas.

Objetivo da Pesquisa:

Verificar a influência da fotobiomodulação no desempenho de atletas de Brazilian Jiu Jitsu em diferentes testes físico-motores e lutas simuladas

Avaliação dos Riscos e Benefícios:**Riscos:**

Os possíveis riscos ou desconfortos decorrentes da participação na pesquisa são fadiga e dor muscular após a realização dos testes, que não devem perdurar por mais de 24 horas. Esclarecemos que a fotobiomodulação não apresenta efeitos adversos e é utilizada no tratamento de lesões osteoarticulares e musculares, podendo, inclusive diminuir a sintomatologia dolorosa pós-exercício.

Benefícios:

Os possíveis benefícios decorrentes da participação na pesquisa são a identificação de efeitos

Endereço: Avenida Guedner, 1610 - Bloco 11 - 5º piso

Bairro: Jardim Aclimação

CEP: 87.050-390

UF: PR

Município: MARINGÁ

Telefone: (44)3027-6360

E-mail: cep@unicesumar.edu.br