



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

CESAR LUIS TEIXEIRA

**EFEITO AGUDO DA FOTOBIMODULAÇÃO EM  
VARIÁVEIS DE DESEMPENHO, FISIOLÓGICAS E  
PERCEPTUAL EM NADADORES PARANAENSES ENTRE  
18 E 30 ANOS DE IDADE**

---

Londrina  
2020

CESAR LUIS TEIXEIRA

**EFEITO AGUDO DA FOTOBIMODULAÇÃO EM  
VARIÁVEIS DE DESEMPENHO, FISIOLÓGICAS E  
PERCEPTUAL EM NADADORES PARANAENSES ENTRE  
18 E 30 ANOS DE IDADE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física UEM/UEL, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Educação Física – Área de Desempenho Humano e Atividade Física – Linha de Pesquisa Ajustes e Respostas Fisiológicas e Metabólicas ao Exercício Físico.

Orientador: Profa. Dra. Fabiana Andrade Machado.

Londrina  
2020

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

T266 Teixeira, Cesar Luis .  
Efeito agudo da fotobiomodulação em variáveis de desempenho, fisiológicas e perceptual em nadadores paranaenses entre 18 e 30 anos de idade / Cesar Luis Teixeira. - Londrina, 2020.  
79 f. : il.

Orientador: Fabiana Andrade Machado.  
Tese (Doutorado em Educação Física) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Educação Física e Esportes, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2020.  
Inclui bibliografia.

1. Fototerapia - Tese. 2. Natação - Tese. 3. Teste de esforço - Tese. 4. Desempenho atlético - Tese. I. Machado, Fabiana Andrade. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Educação Física e Esportes. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. III. Título.

CDU 796

CESAR LUIS TEIXEIRA

**EFEITO AGUDO DA FOTOBIMODULAÇÃO EM  
VARIÁVEIS DE DESEMPENHO, FISIOLÓGICAS E  
PERCEPTUAL EM NADADORES PARANAENSES ENTRE  
18 E 30 ANOS DE IDADE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física UEM/UEL, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Educação Física – Área de Desempenho Humano e Atividade Física – Linha de Pesquisa Ajustes e Respostas Fisiológicas e Metabólicas ao Exercício Físico.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Fabiana Andrade Machado  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Alessandro Moura Zagatto  
Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho - UNESP

---

Prof. Dr. Marcelo Papoti  
Universidade de São Paulo – USP

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Solange Marta Franzói de Moraes  
Universidade Estadual do Maringá - UEM

---

Prof. Dr. Jefferson Rosa Cardoso  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 27 de julho de 2020.

Dedico esta tese à minha amada família. À minha esposa Viviane, por todo carinho e compreensão. Aos meus filhos Nathan e Miguel, meus auxiliares nas coletas e nas tabulações de dados. À minha mãe Milva, pelo apoio e motivação. Ao meu pai Dirceu e aos meus irmãos Marcio, Robinson e Vinicius, por acreditarem em mim.

## AGRADECIMENTOS

Ao chegar ao fim desta jornada, agradeço a Deus pela oportunidade que me concedeu de entrar na pós-graduação, cursar o doutorado mesmo trabalhando 40 horas semanais, ficar desempregado, voltar a trabalhar na educação básica, angustiar-me pensando se seria capaz de terminar. É gratificante poder olhar para trás e perceber que nada faltou a mim e à minha família, além de conseguir cumprir com essa missão. Graças a Deus!

Em especial, agradeço à minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Dra. Fabiana Andrade Machado, por ter me acolhido no meio do caminho. Pela orientação constante e presente, algumas vezes me pegando pela mão, outras pela orelha. Incansável em corrigir, lendo e relendo, sempre buscando por um trabalho sério e de qualidade. Obrigado por me defender e lutar para me retirar do “limbo” burocrático, ela sabe. Obrigado por ser um exemplo do que é ser um professor de ensino superior comprometido com o ensino e a pesquisa. Muito obrigado!

Agradeço ao Prof. Dr. Jeferson Rosa Cardoso, que, de forma paciente e didática, orientou-me nos primeiros anos do doutorado. Obrigado por ter confiado em mim, pela preocupação e cuidado comigo ao escolher a Prof.<sup>a</sup> Fabiana para continuar no processo da minha formação. Obrigado por ter participado do seu grupo de pesquisa PAIFIT (Grupo de Pesquisa em Avaliação e Intervenção em Fisioterapia) e por me ensinar a trabalhar em grupo.

Quero agradecer aos amigos professores Fagner Mendes e Jairo Berti, cada um ao seu tempo e modo me auxiliou a chegar até aqui. Agradeço aos amigos que fiz em Londrina, no grupo PAIFIT: Alexandre, Aline, Josi, Laís, Leandro e Mariana. Obrigado pela parceria, pela torcida, pelo incentivo e pelas festas mensais regadas aos quitutes árabes da Ghada. Agradeço aos amigos do GEFEAH (Grupo de Estudos e Pesquisa em Fisiologia do Exercício aplicada a Humanos), Francisco e Leonardo, por estarem presentes auxiliando desde o estudo piloto, supervisão na análise das amostras de sangue até a leitura do artigo. Também agradeço ao Diego e Diogo que auxiliaram nas coletas do estudo piloto e pela parceria nas horas que passamos na salinha de estudos.

Agradeço à Prof.<sup>a</sup> Dra. Cecilia Segabinazi Peserico, pela ajuda em parte da análise estatística, e ao Prof.<sup>o</sup> Dr. Paulo Victor Mezzaroba, pela contribuição desde a formatação do projeto, locação para as coletas de dados até na escrita do artigo. Quero, ainda,

agradecer aos meus filhos Nathan e Miguel, que constituíram a minha principal equipe de coleta de dados. Amo vocês!

Agradeço aos Prof.º André Yamazaki, Felipe Sgobero e Raphael Matsumoto e toda sua equipe de nadadores que se prontificaram em participar do estudo e buscar mais nadadores para completar a amostra necessária. Muito obrigado e parabéns por essa equipe fantástica!

TEIXEIRA, Cesar Luis. **Efeito agudo da fotobiomodulação em variáveis de desempenho, fisiológicas e perceptual em nadadores paranaenses entre 18 e 30 anos de idade**. 2020. 79 f. Tese (Doutorado em Educação Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

## RESUMO

A fotobiomodulação (FBM), utilizando aplicação de *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (LASER) ou *Light-Emitting Diode* (LED), está sendo estudada como recurso ergogênico para desempenho esportivo, além de sua já conhecida utilidade terapêutica. Ambos, LASER e LED, são capazes de estimular a atividade das células do músculo esquelético, porém, o LED possui a vantagem de ter um custo financeiro menor e irradiar uma área maior de luz sobre o tecido biológico, além de combinar diferentes comprimentos de onda em um mesmo equipamento. Poucos estudos, entretanto, foram realizados, e nenhum com natação em humanos relacionando fotobiomodulação e desempenho aeróbio. Assim, o objetivo deste estudo foi verificar o efeito agudo da fotobiomodulação sobre a Velocidade Crítica (VC) e o desempenho no nado *crawl*. O estudo teve formato randomizado, duplo-cego e *crossover*. Participaram 15 nadadores paranaenses federados do sexo masculino (idade  $20,9 \pm 2,4$  anos; estatura  $178,0 \pm 0,1$  cm; massa corporal  $76,0 \pm 12,6$  kg; índice de massa corporal – IMC  $24,0 \pm 3,7$  kg·m<sup>-2</sup> e percentual de gordura corporal de  $15,4 \pm 8,2$  %), com regularidade de treinamento e participação em competições estaduais. Foram realizadas três execuções de nado *crawl* nas distâncias de 100, 200 e 400 metros para determinação da VC em três condições experimentais: FBM, placebo (PLA) e controle (C). A normalidade da distribuição dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk e os dados estão apresentados em média  $\pm$  desvio padrão (DP). Para a comparação dos resultados entre as condições foi utilizada ANOVA de medidas repetidas e *post hoc* de Bonferroni. Foram calculados os tamanhos do efeito (TE) para determinação da magnitude de mudança entre as condições, adotando-se para todas as análises nível de significância de  $P < 0,05$ . Os principais resultados não evidenciaram que a aplicação prévia de FBM surtiu efeito ergogênico sobre a VC e o desempenho no nado *crawl*: VC (FBM =  $1,15 \pm 0,15$ ; PLA =  $1,20 \pm 0,25$ ; C =  $1,15 \pm 0,14$  m·s<sup>-1</sup>); Tempo de Nado (TN) 100 m (FBM =  $65,5 \pm 6,3$ ; PLA =  $65,2 \pm 5,6$ ; C =  $66,0 \pm 5,9$  s); TN 200 m (FBM =  $148,5 \pm 17,9$ ; PLA =  $149,4 \pm 16,4$ ; C =  $150,1 \pm 17,9$  s); TN 400 m (FBM =  $327,7 \pm 38,2$ ; PLA =  $321,6 \pm 47,7$ ; C =  $329,5 \pm 41,2$  s). Concluímos que a aplicação prévia da FBM aos testes para determinação da VC, utilizando-se LED, não modifica os parâmetros de desempenho, VC e tempo final de nado, no estilo *crawl* nas distâncias de 100, 200 e 400 metros de nadadores paranaenses de 18 a 30 anos.

**Palavras-chave:** fototerapia; natação; teste de esforço; desempenho atlético.

TEIXEIRA, Cesar Luis. **Acute effect of photobiomodulation on performance, physiological and perceptual variables in ‘paranaenses’ swimmers from 18 to 30-years old.** 2020 79 f. Doctoral Thesis (Doutorado em Educação Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

## ABSTRACT

Photobiomodulation (PBM) with the use of de *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (LASER) or Light Emitting Diode (LED) is being studied as an ergogenic resource for performance in sports, in addition to its already known therapeutic utility. Both LASER and LED, are able to stimulate the activity of skeletal muscle cells, however, the LED has the advantage of having a lower financial cost and irradiating a larger area of light on the tissue besides combining different wavelengths in the same equipment. However, few studies were carried out, and none with swimming, in humans relating PBM and aerobic capacity. Thus, the objective of this study was to verify the acute effect of PBM on Critical Velocity (CV) and crawl performance. The study was randomized, double-blind and crossover. Fifteen male federated swimmers, ages  $20.9 \pm 2.4$ , stature  $178.0 \pm 0.1$  cm; weight  $76.0 \pm 12.6$  kg; BMI  $24.0 \pm 3.7$  kg·m<sup>-2</sup> and body fat  $15.4 \pm 8.2$  %, who are regularly training and participating in state-level competitions were invited to participate in the study. Three runs of crawl were performed at distances of 100, 200 and 400 meters to determine CV in three experimental conditions: LED, placebo (PLA) and control (C). The normality of data distribution was verified by the Shapiro-Wilk and the results are presented as mean  $\pm$  standard deviation (SD). To compare the results between the conditions, repeated measures ANOVA and Bonferroni *post hoc* were used. Effect sizes (ES) were calculated to determine the magnitude of change between conditions. It was adopted for all analyzes level of significance of  $P < 0.05$ . The main results did not show that the previous application of PBM had ergogenic effects on CV and crawl swimming performance. CV (PBM =  $1.15 \pm 0.15$ ; PLA =  $1.20 \pm 0.25$ ; C =  $1.15 \pm 0.14$  m·s<sup>-1</sup>); Swimming Time (ST) 100 m (PBM =  $65.5 \pm 6.3$ ; PLA =  $65.2 \pm 5.6$ ; C =  $66.0 \pm 5.9$  s); ST 200 m (PBM =  $148.5 \pm 17.9$ ; PLA =  $149.4 \pm 16.4$ ; C =  $150.1 \pm 17.9$  s); ST 400 m (PBM =  $327.7 \pm 38.2$ ; PLA =  $321.6 \pm 47.7$ ; C =  $329.5 \pm 41.2$  s). We conclude that the previous application of PBM to the test for determination of the CV using LED does not significantly modify the performance, CV and final swimming time, on front crawl style in the distances of 100, 200 and 400 meters in competition ‘paranaenses’ swimmers from 18 to 30-years old.

**Keywords:** phototherapy; swimming; endurance test; athletic performance.

## LISTA FIGURAS

<b>Figura 1</b> -	Percentual (%) de contribuição metabólica no fornecimento de energia durante o nado <i>crawl</i> nas diferentes distâncias. Adaptado de Platonov (2005) .....	20
<b>Figura 2</b> -	Fluxograma do protocolo de testes .....	35
<b>Figura 3</b> -	Exemplo da relação distância/tempo segundo modelo proposto por Wakayoshi et al. (1992b) para determinação da VC com três distâncias. $VC = 1,35 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .....	37
<b>Figura 4</b> -	Unidade de controle e <i>cluster</i> do equipamento LED (THOR <sup>®</sup> ) .....	38
<b>Figura 5</b> -	Pontos para a aplicação da FBM.....	39

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> -	Parâmetros para a utilização de LED .....	38
<b>Tabela 2</b> -	Valores médios $\pm$ desvio padrão (DP) das variáveis obtidas durante os testes para determinação da Velocidade Crítica (VC) .....	42
<b>Tabela 3</b> -	Tamanho do efeito (TE) entre as diferentes condições do estudo para os testes para determinação da VC e o desempenho no nado crawl .....	43
<b>Tabela 4</b> -	Valores médios $\pm$ desvio padrão (DP) das variáveis de índice de nado obtidas nas distâncias de 100, 200 e 400 metros nado <i>crawl</i> .....	44
<b>Tabela 5</b> -	Valores absolutos e relativos da diferença entre os valores médios das variáveis.....	45

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ATP	Adenosina trifosfato
CK	Creatina quinase
CCO	Citocromo c oxidase
Dbr	Distância percorrida por ciclo de braçada
Dc	Densidade Corporal
FBM	Fotobiomodulação
Fbr	Frequência do ciclo de braçada
FC	Frequência Cardíaca
FC <sub>max</sub>	Frequência Cardíaca máxima
IBr	Índice de braçada
IMC	Índice de Massa Corporal
LA <sub>min</sub>	Lactato mínimo
LAn	Limiar Anaeróbio
LA <sub>pico</sub>	Lactato pico
LASER	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
LED	Light-Emitting Diode
LED 420	Aplicação de fotobiomodulação com luz de LED com 420 J de energia
LV	Limiar ventilatório
MFEL	Máxima Fase Estável de Lactato
NADH	Nicotinamida Adenosina Dinucleotídeo
ON	Óxido nítrico
O <sub>2</sub>	Oxigênio
PC	Potência crítica
PSE	Percepção subjetiva de esforço
TE	Tamanho do efeito
t <sub>lim</sub>	Tempo limite
VC	Velocidade crítica
vLAn	Velocidade de ocorrência do limiar anaeróbio
VM	Velocidade média de nado
VO <sub>2</sub>	Consumo de oxigênio
VO <sub>2max</sub>	Consumo máximo de oxigênio

$v\dot{V}O_{2max}$	Velocidade de ocorrência do $\dot{V}O_{2max}$
$V_{pico}$	Velocidade pico
v400	Velocidade média nos 400 metros nado livre
%G	Percentual de gordura corporal

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	17
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	18
3.1	OBJETIVO GERAL.....	18
<b>3.2</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	18
<b>4</b>	<b>HIPÓTESE</b> .....	18
<b>5</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	19
5.1	NATAÇÃO COMPETITIVA .....	19
5.1.1	Avaliação, Prescrição e Monitoramento de Treino e Predição do Desempenho na Natação .....	20
5.2	PRINCÍPIOS DA FOTOBIMODULAÇÃO .....	23
5.2.1	Mecanismo de Ação da Fotobiomodulação sobre o Metabolismo Aeróbio .....	26
5.2.2	Efeitos Ergogênicos da Fotobiomodulação Associados ao Exercício Físico .....	27
<b>6</b>	<b>MÉTODOS</b> .....	33
6.1	PARTICIPANTES.....	33
6.2	DESIGN EXPERIMENTAL .....	34
6.3	PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO.....	35
6.3.1	Avaliação Antropométrica.....	35
6.3.2	Determinação da Velocidade Crítica.....	36
6.3.3	Aplicação de LED .....	37
6.3.4	Determinação da FC, PSE e [La].....	39
6.3.5	Determinação dos Índices de Eficiência de Nado.....	39
6.3.6	Análise Estatística .....	40
<b>7</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	42

<b>8</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>46</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>60</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>68</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>67</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A fototerapia pode ser definida como o uso da energia da luz, tanto visível quanto em espectro infravermelho, para produzir um efeito biológico sobre o tecido vivo e tem sido utilizada como uma fonte de recursos terapêuticos em diversas áreas da ciência relacionadas à saúde (FRANCISCO et al., 2019; MILAN-MATTOS et al., 2019). Os meios mais utilizados são a aplicação de irradiação de luz, tanto por aplicação de luz emitida por *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (LASER) quanto por *Light-Emitting Diode* (LED).

A fototerapia induz mudanças bioquímicas, de modo a estimular ou inibir os processos fisiológicos celulares. Essas mudanças, ou modulações, recebem a denominação fotobiomodulação (FBM) (ANTOGNAZZA; AZIZ; LODOLA, 2019; LIMA; SÉRGIO; FONSECA, 2019). A FBM tem demonstrado efeitos sobre a atividade celular que podem ser agudos ou crônicos, melhorando a circulação sanguínea, ao diminuir a dor, assim como a estimular e aumentar o metabolismo celular, fomentar o seu crescimento e a sua regeneração, estimulando a resposta anti-inflamatória, além de promover a redução de edemas, reduzindo a formação de tecido fibroso e estimulando a função nervosa, a produção de endorfina, a produção de óxido nítrico em longo prazo. Também diminui a formação de bradicinina (ou bradiquinina), histamina e acetilcolina (BORSA; LARKIN; TRUE, 2013; KNEEBONE, 2006).

O uso da FBM não está restrito apenas ao campo da saúde. A sua aplicação está sendo estudada como potencial recurso ergogênico para melhorar resultados em exercícios físicos e em atividades esportivas de competição (LANFERDINI et al., 2017a; NAMPO et al., 2016a). Seus efeitos interessam tanto para recuperação do tecido muscular pós-treino e competição quanto para melhorar a capacidade de trabalho muscular previamente à execução do exercício físico e/ou treinamento ou prova competitiva, o que ainda carece de mais informações que corroborem os resultados de estudos até então realizados e que buscarem observar possíveis efeitos ergogênicos sobre a musculatura esquelética (FRITSCH et al., 2016; LANFERDINI et al., 2017a; PINTO et al., 2016).

O conhecimento de que a FBM tem efeito sobre a musculatura esquelética e sobre o sistema que produz energia para o trabalho em condições aeróbias reforça o entendimento de seu uso como recurso ergogênico para melhorar o desempenho em exercícios aeróbios.

Mezzaroba et al. (2018), em estudo avaliando o efeito da FBM com aplicação de LED nas respostas de parâmetros cardiorrespiratórios durante testes de corrida, concluíram que houve aumento do consumo máximo de oxigênio ( $\dot{V}O_{2max}$ ; valores relativos e absolutos), aumento da velocidade pico ( $V_{pico}$ ), redução da frequência cardíaca máxima ( $FC_{max}$ ) e diminuição do tempo de ocorrência do lactato pico ( $LA_{pico}$ ) pós-teste incremental. Peserico, Zagatto e Machado (2019) analisaram o efeito do treinamento de corrida associado à FBM, por aplicação de LED, durante oito semanas e concluíram que o grupo que recebeu aplicação de LED melhorou o desempenho na corrida de 5 km, em comparação ao grupo controle sugerindo o uso da FBM por praticantes de corrida com o objetivo de otimizar a recuperação muscular e melhorar o desempenho aeróbio.

Na busca por referencial teórico, encontramos poucos estudos envolvendo a FBM com exercício em meio líquido. Os poucos estudos existentes foram realizados com modelo animal (ratos Wistar submetidos a um treinamento de natação) (AMADIO et al., 2015; AQUINO JR et al., 2013; GUARALDO et al., 2016; SUSSAI et al., 2010). Em dois dos estudos, foram realizados testes para determinar o  $\dot{V}O_{2max}$  em esteira rolante com os ratos. Guaraldo et al. (2016) encontraram aumento não significativo no  $\dot{V}O_{2max}$  no grupo de ratos submetidos ao treinamento de natação e mais aplicação de LASER, em comparação ao grupo submetido apenas ao treinamento de natação. No estudo de Amadio et al. (2015), os ratos do grupo treinamento aeróbio em natação mais LASER demonstraram aumento não significativo na capacidade aeróbia, quando comparados ao grupo que somente treinou e não teve aplicação do LASER, o que não permite afirmar que a aplicação de LASER produziu benefícios diretos na aptidão aeróbia.

Em um único trabalho realizado com humanos, jogadores de polo aquático, Zagatto et al. (2016), utilizando aplicação de LASER (48 J), avaliaram as respostas de marcadores inflamatórios e de dano muscular durante desempenho de 200 metros em nado *crawl* e teste anaeróbio específico para o polo aquático após cinco dias de treinamento de alta intensidade. Os autores não encontraram mudanças significantes no desempenho de nado *crawl* em esforço máximo entre o grupo LASER e o placebo.

Com base nos resultados de estudos prévios com corredores, que demonstraram que o treinamento associado à aplicação de FBM aumenta a resistência à fadiga e aumenta o tempo em exercícios físicos de resistência (MEZZAROBA et al., 2018, PEZERICO; ZAGATTO; MACHADO, 2019), acreditamos que é possível que esses mesmos efeitos sejam encontrados na execução do nado *crawl*, para as distâncias escolhidas, por ser tratar de uma atividade de

predomínio metabólico aeróbio, assim como a corrida e o ciclismo.

Para verificar os possíveis efeitos da FBM no desempenho, especificamente no desempenho aeróbio, foi escolhido o teste para determinação da velocidade crítica (VC). A VC é utilizada para estimar indiretamente a capacidade aeróbia e prescrever intensidades adequadas de treinamento em natação, especialmente. O teste foi escolhido por não ser invasivo, de baixo custo e possível de aplicar durante sessões de treinamento com vários nadadores ao mesmo tempo. Além disso, a VC se mostra altamente correlacionada com a velocidade de nado no limiar anaeróbio (LAn e vLAn) (MACHADO et al., 2019; PAPOTI et al., 2005; RAIMUNDO et al., 2017) e com o  $\dot{V}O_2$  no LAn (WAKAYOSHI et al., 1992a). Como recomendação de aplicação na prática, Toubekis e Tokmakidis (2013) e Toubekis et al. (2011) observaram que o conceito da VC é uma ferramenta válida e de fácil utilização para propor o ritmo de nado. Ela também demonstrou ser um índice válido para avaliar a capacidade aeróbia com sensibilidade para detectar as mudanças induzidas pelo treinamento (BRIM III et al., 2017; DALAMITROS et al., 2015).

Até o momento, durante a revisão de literatura, não foram encontrados estudos que investigaram a aplicação da FBM em natação com humanos e seus potenciais efeitos sobre indicadores da capacidade aeróbia e o desempenho no nado *crawl* sendo esta a lacuna científica identificada.

## 2 JUSTIFICATIVA

Com o intuito de melhorar o desempenho esportivo, muitos nadadores utilizam recursos ergogênicos, tais como: raspagem da pele, sauna ou banhos de contraste, suplementos alimentares, orientação nutricional e psicológica, bem como a utilização de equipamentos de treino e competição mais modernos (*e.g.*, óculos, toucas, palmares e maiôs). Nesse sentido, a

Considerando estudos que apontaram que a aplicação da FBM melhora o potencial e a eficiência mitocondrial favorecendo um aumento da taxa de síntese de ATP pela via aeróbia (ALBUQUERQUE-PONTES et al., 2015; BURAVLEV et al., 2013; FERRARESI et al., 2015), aumenta a disponibilidade de oxigênio (O<sub>2</sub>) e a taxa de remoção de metabólitos (*e.g.*, lactato sanguíneo), melhora os mecanismos de contração muscular retardando o aparecimento da fadiga (FERRARESI; HAMBLIN; PARIZOTTO, 2012) sendo os principais mecanismos responsáveis pelo desempenho em exercícios de predomínio aeróbio, a aplicação da FBM poderá mostrar-se um atrativo recurso ergogênico a ser utilizado na modalidade de natação melhorando o desempenho de nadadores com idades entre 18 e 30 anos.

Os resultados deste estudo poderão trazer contribuições para a comunidade científica, treinadores e atletas sobre a utilização da FBM como potencial recurso ergogênico aplicado à natação e ao uso da VC como variável de avaliação, prescrição e monitoramento do treinamento de natação.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo geral

Verificar o efeito agudo da FBM sobre a velocidade crítica (VC) e o desempenho no nado *crawl* em nadadores paranaenses de 18 a 30 anos de idade.

#### 3.2 Objetivos específicos

Comparar, entre as condições FBM, placebo (PLA) e controle (C), as respostas das variáveis:

- VC e desempenho de nado nas distâncias de 100, 200, 400 metros em nado *crawl*;
- Frequência cardíaca máxima ( $FC_{max}$ ), concentrações de lactato sanguíneo ([La]) e percepção subjetiva de esforço (PSE);
- índices de eficiência de nado: velocidade média (VM); ciclo de braçada (CBr); frequência de braçada (FBr); distância de braçada (DBr) e índice de braçada (IBr).

### 4 HIPÓTESE

A hipótese deste estudo é que a aplicação prévia da FBM aumenta a velocidade crítica (VC), diminui o tempo de nado (TN) nas distâncias de 100, 200 e 400 metros *crawl*, diminui a FC, PSE e a concentração de lactato pico ( $LA_{pico}$ ), melhora os índices de eficiência de nado (diminuindo o ciclo de braçada – CBr e a frequência de braçada - FBr; aumentando distância de braçada – DBr e o índice de braçada -IBr).

## 5 REVISÃO DA LITERATURA

### 5.1 Natação Competitiva

Na natação competitiva, o objetivo é nadar determinada distância no menor tempo possível. Os principais fatores que influenciam o desempenho da natação são fisiológicos, morfológicos, biomecânicos e psicológicos (PLATONOV, 2005). Tradicionalmente, o treinamento na natação é focado em desenvolver os aspectos fisiológicos e técnicos, sendo que a maior parte do tempo do treinamento se destina ao aprimoramento das variáveis fisiológicas relacionadas às capacidades biomotoras de resistência e velocidade (TOUBEKIS; TOKMAKIDIS, 2013).

As provas de natação em piscinas variam de 50 a 1500 metros nos estilos livre (*crawl*), costas, peito e borboleta, além de suas combinações na prova de *medley*. O nado estilo livre é geralmente nadado em estilo *crawl* por ser o nado que possibilita a maior velocidade de deslocamento. Além das divisões por estilos, podem-se dividir as distâncias classificando-as quanto à demanda fisiológica em provas predominantemente anaeróbias (50 metros) e predominantemente aeróbias (800 e 1500 metros).

Os nadadores podem ser classificados quanto à distância da prova nadada em velocistas, meio fundistas e fundistas. Os nadadores velocistas nadam as provas de 50 e 100 metros, os meio fundistas as provas de 200 e 400 metros e os fundistas as provas de 400 metros *medley* individual 800 e 1500 metros livres (WILKE; MADSEN, 1994). A divisão dos nadadores em velocistas, meio fundistas e fundistas auxilia na organização, prescrição e avaliação do treinamento, pois a preparação deve corresponder à demanda metabólica característica de cada prova. A partir da distância de 100 metros a participação aeróbia no fornecimento de energia passa de 50% e aumenta proporcionalmente ao aumento das distâncias das provas (CAMPOS et al., 2017a; RODRÍGUEZ; MADER, 2010; ZAMPARO; CORTESI; GATTA, 2020).

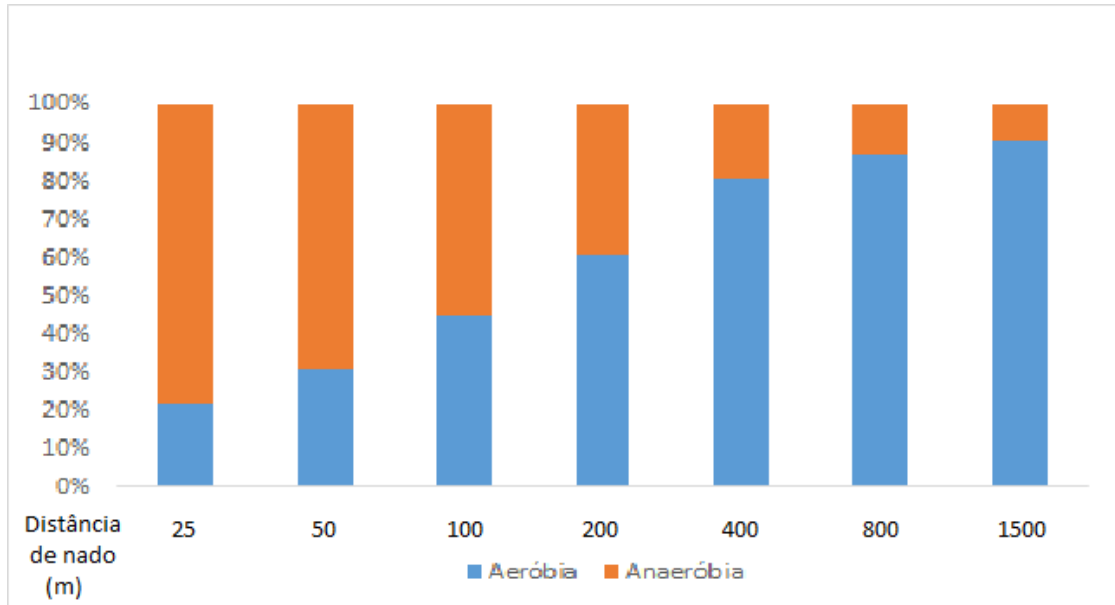


Figura 1. Percentual (%) de contribuição metabólica no fornecimento de energia durante o nado *crawl* nas diferentes distâncias. Adaptado de Platonov (2005).

Na natação, os músculos do nadador geram a energia e a força para propulsionar o corpo na água. A energia total produzida será a soma do sistema de produção de energia dividido em: energia imediata (trifosfato de adenosina-creatina fosfato, ATP-CP), energia para curta distância (anaeróbia glicolítica) e energia para longa distância (sistema aeróbio). Cada um desses sistemas tem sua própria constante de tempo e, portanto, a fonte de produção dessa energia, ou sistema predominante, depende da duração do exercício físico. A partir da distância de 100 metros, a participação aeróbia no fornecimento de energia passa de 50% e aumenta proporcionalmente ao aumento das distâncias das provas, tornando a melhora da capacidade aeróbia do nadador um dos principais objetivos do processo de treinamento para provas acima de 200 metros (MAGLISCHO, 1995; PLATONOV, 2005). Stager e Tanner (2004) observaram que o treinamento aeróbio tem como um dos objetivos melhorar a capacidade de remoção do lactato, lançando a base para rápida recuperação entre treinos de alta intensidade e entre múltiplas provas em um evento competitivo (MAGLISCHO, 1995; PLATONOV, 2005; SWEETENHAM; ATIKINSON, 2003).

### 5.1.1 Avaliação, prescrição e monitoramento de treinamento e predição do desempenho na natação

Franken, Zacca e Castro (2011) relatam que os testes utilizados para a avaliação e prescrição do treinamento na natação, em sua maioria, são semelhantes e pautados na relação

do consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ), concentração de lactato sanguíneo [La] e a velocidade média do nado (VM). Mesmo sendo testes com grande capacidade de precisão, eles possuem alguns fatores que os tornam difíceis de utilizar em larga escala, visto que são testes invasivos, de custo elevado, que necessitam de tempo para aplicação e tratamento dos resultados. Ainda, apresentam a desvantagem de não poderem ser aplicados em um grande número de nadadores simultaneamente (COSTA; COSTA; MARINHO, 2015; RAIMUNDO et al., 2017; TOUBEKIS; TOKMAKIDIS, 2013).

Dentre os protocolos que utilizam como parâmetro as [La], Raimundo et al. (2017), Mezzaroba, Papoti e Machado (2014), Denadai, Greco e Donega (1997) citam o LAn, lactato mínimo ( $Lac_{min}$ ) e a máxima fase estável de lactato (MFEL) como possibilidades para avaliar a condição aeróbia e prescrever a velocidade de nado em treinamento. Todos, porém, com a implicação de necessitarem de repetidas coletas de amostra sanguínea.

Testes que determinam o  $\dot{V}O_{2max}$  e em qual velocidade este é atingido ( $v\dot{V}O_{2max}$ ) também necessitam de equipamentos para coleta e análise dos gases respirados (CAMPOS et al., 2017; FERNANDES; VILAS-BOAS, 2012; RAIMUNDO et al., 2017). Caso o equipamento seja utilizado durante o nado, pode haver perturbação no desempenho do nadador, mostrando-se um método pouco ecológico, pois não permite que o nadador tenha o mesmo padrão de respiração lateral, tampouco possa realizar as viradas com a técnica de rolamento. Já o *snorkel* utilizado para coleta pode interferir no seu desempenho, impedindo que ele atinja valores máximos de sua capacidade aeróbia (SIMIONATO, 2017). A avaliação pode ser feita com nado atado (KALVA-FILHO et al., 2016, 2015); entretanto, também é um método pouco ecológico e não reflete fielmente a realidade do nado em deslocamento.

A fim de possibilitar um teste que proporcionasse ao nadador o conforto de nadar sem perturbações externas do seu estilo (atado ou com equipamento preso ao corpo), pesquisadores buscam há décadas por um protocolo que possa gerar valores correlacionados aos testes diretos, mas que não sejam invasivos, dispendiosos, demorados e que possam ser aplicados a vários nadadores simultaneamente (BRIM III et al., 2017; TSAI; THOMAS, 2016; WAKAYOSHI et al., 1992b). Nesse sentido, dentre os testes disponíveis para avaliação da condição aeróbia, prescrição do treinamento e predição do desempenho, encontra-se o teste para determinar VC que tem sido bastante empregado e estudado (COSTA; COSTA; MARINHO, 2015; DEKERLE et al., 2006; RAIMUNDO et al., 2017).

A VC deriva do conceito de potência crítica (PC) e foi proposta por Monod e Scherrer, em 1965. Os autores encontraram uma relação linear entre o trabalho total realizado a cada ritmo de trabalho e sua duração durante um exercício muscular localizado. Assim, definiram a

PC como a intensidade de exercício, na qual, em teoria, o esforço poderia ser mantido sem exaustão (FRANKEN; ZACCA; CASTRO, 2011; WAKAYOSHI et al., 1992a).

O conceito foi levado para natação por Ettema (1966), que utilizou a distância em metros de recordes mundiais (tempo de realização da prova) de atletas de natação, ciclismo, corrida e patinação para calcular a velocidade média e prever o desempenho, além de explicar os limites da resistência humana. Ao invés de utilizar o termo PC, usou a expressão velocidade crítica (VC) para se referir à definição semelhante à PC aplicada a exercícios aeróbios: “mantendo a velocidade (do exercício) igual ou abaixo da velocidade crítica nunca resultará em exaustão” (ETTEMA, 1966). Mais tarde, Moritani et al. (1981) verificaram que a PC pode fornecer informações sobre a intensidade referente ao LAn e ao  $\dot{V}O_{2max}$ , durante teste em cicloergômetro. Os autores encontraram elevada correlação entre o LAn, expresso em equivalente do  $\dot{V}O_{2max}$ , e a PC, expressa em Watts.

Wakayoshi et al. (1992b) testaram o conceito da VC em nadadores de competição, primeiramente em *swimming flume*, utilizando a velocidade limite e o  $t_{lim}$ , ou seja, a velocidade máxima que os nadadores atingiram e o tempo total de nado, a fim de estimar a distância limite (distância total). Os resultados mostraram que a VC apresentou correlação com o  $\dot{V}O_2$  relativo ao LAn ( $r = 0,81$ ), vLAn ( $r = 0,95$ ) e a velocidade média de nado nos 400 m livres ( $v_{400}$ ), ( $r = 0,86$ ). Os autores concluíram que a VC poderia ser adotada como um índice de *endurance* para desempenho de nadadores de competição.

Em outro estudo, Wakayoshi et al. (1992a) determinaram a VC em piscina curta (25 m) e em *swimming flume*, comparando os resultados com outros indicadores de desempenho, como  $\dot{V}O_{2max}$ , e vLAn. Foi encontrada elevada correlação entre a VC determinada em piscina e no *swimming flume* ( $r = 0,82$ ), VC na piscina e a vLAn ( $r = 0,89$ ) e VC em piscina e a  $V_{400}$  ( $r = 0,99$ ). Os autores concluíram que a VC poderia ser determinada em piscina pela relação entre a distância nadada e o tempo gasto no percurso, bem como poderia ser usada como índice para avaliar o desempenho de *endurance* na natação.

No estudo de Wakayoshi et al. (1992a), os autores utilizaram quatro distâncias (50, 100, 200 e 400 metros) em nado *crawl* para determinar a VC. Desde então, vários estudos têm buscado determinar o número necessário de distâncias que devem ser nadadas, quais distâncias e quais combinações de distâncias seriam ideais. Combinações de duas distâncias, como: 50 e 200 metros; 200 e 400 metros, ou combinações de três distâncias curtas: 50, 100 e 200 metros, ou distâncias longas: 200, 400 e 800 metros; 400, 800 e 1500 metros; ou, ainda, combinações com mais de três distâncias: 50, 100, 200 e 400 metros; 50, 100, 200, 400 e 800 metros; 50, 100, 200, 400, 800 e 1500 metros foram testadas (ALTIMARI et al., 2007;

MACHADO et al., 2009; ZACCA et al., 2010).

O número de distâncias nadadas em máximo esforço, a duração de cada distância testada e o modelo matemático empregado devem ser considerados para se determinar a VC. Na natação, são usadas de duas a seis combinações de distâncias (BRIM III et al., 2017; MACHADO et al., 2019). Menor número de distâncias pode ser mais fácil e prático, mas pode aumentar o erro de cálculo (COSTA et al., 2009). As distâncias testadas variam de 50 a 1500 metros com duração de 25 segundos a 20 minutos. A seleção das distâncias deve considerar o nível competitivo, especialidade (distância e prova), idade e sexo dos nadadores. Nadadores mais jovens e do sexo feminino tendem a gastar mais tempo em cada distância e isso pode afetar o cálculo da VC (TOUBEKIS; TOKMAKIDIS, 2013).

O teste para determinar a VC é de fácil realização, não necessita de equipamentos, não é invasivo pois não precisa de coleta de amostras de sangue. Outra grande vantagem do uso da VC para se avaliar a condição aeróbia, prever o desempenho ou determinar intensidades de treinamento na natação vem do fato de poder ser aplicada durante o processo de treinamento sem dispendir de muito tempo e com vários nadadores no mesmo momento (FERNANDES, 2018). Além disso Raimundo et al. (2017) acrescentam que treinadores e pesquisadores vêm tentando utilizar a VC para evitar problemas relacionados à falta de experiência e motivação para os atletas nadarem longas distâncias, como no Teste de 30 minutos (T-30) e de máxima fase estável de lactato (MFEL). O modo de calcular a VC pode ser observado na descrição dos métodos na Figura 3.

## 5.2 Princípios da Fotobiomodulação (FBM)

A FBM, também conhecida como fototerapia, é utilizada desde o final dos anos 60 do século passado quando o húngaro André Mester observou que a aplicação de LASER de baixa potência não induzia a oncogênese, mas acelerava o crescimento de pelos em ratos (KNEEBONE, 2006). Outros termos utilizados para os efeitos do LASER como recurso terapêutico são: LASER biomodulação; LASER bioativação; LASER bioestimulação; LASER irradiação; LASER fotoestimulação (REDDY, 2004) e *Low-level laser therapy* (LLLT) (FERRARESI; HUANG; HAMBLIN, 2016).

Como o LASER não é o único meio para a aplicação da luz terapêutica, a Associação Norte-Americana de Terapia de Luz, em acordo com a Associação Mundial de Terapia LASER, decidiram, em 2014, que fotobiomodulação seria o melhor termo para descrever esse uso e que pode ser definida como uma terapia que utiliza formas não ionizantes de fontes de

luz, incluindo LASER e LED, no espectro visível e infravermelho (entre 300 nm e 1100 nm), em um processo não térmico (ANDERS; LANZAFAME; ARANY, 2015). O nanômetro (nm) é a unidade de medida para o comprimento de onda e corresponde a um milionésimo de milímetro.

O LASER é um dispositivo que emite luz por meio de um processo de amplificação ótica baseado na emissão de fótons estimulados. Por sua vez, o LED é um semicondutor de fonte de luz. As evidências da eficácia da FBM têm sido comprovadas por meio de vários estudos com diversas finalidades, como a cicatrização de ulcerações, a reparação tecidual, a atenuação da dor, a diminuição da inflamação e do edema causado por lesão ou doenças crônicas, ação analgésica etc. (CHUNG et al., 2012; DE ALMEIDA et al., 2012; REDDY, 2004).

Entretanto, nem sempre os estudos apresentam efeitos positivos ou mesmo efeito algum devido às diferenças dos parâmetros utilizados relativos ao comprimento de onda, energia pulsada ou contínua, densidade da energia (W), quantidade de energia irradiada (J), tempo de exposição, frequência e duração total do tratamento, ponto anatômico de aplicação, condições experimentais e uso de medicação por parte do paciente (CHUNG et al., 2012; HUANG et al., 2009; REDDY, 2004).

Kneebone (2006) relata três efeitos resultantes da exposição do tecido aos fótons de luz, que são:

- 1) efeito primário: a fotorrecepção é o resultado da interação dos fótons e a mitocôndria que captura, direciona e faz a transdução da energia do fóton em energia química usada para regular a atividade celular;
- 2) efeito secundário: ocorre nas mesmas células nas quais os fótons produzem o efeito primário e é induzido por esse efeito primário, o que inclui proliferação celular, síntese proteica, degranulação, secreção de fator de crescimento, contração dos miofibroblastos e modificações nos neurotransmissores, dependendo do tipo da célula e de sua sensibilidade. Os efeitos secundários podem ser iniciados por outros estímulos, bem como a luz;
- 3) efeito terciário: corresponde às respostas indiretas de células distantes às mudanças ocorridas em outras células que foram diretamente estimuladas pelos fótons e que dependem de fatores ambientais e da interação intercelular, refletindo o efeito sistêmico da fototerapia.

No caso de estudos aplicados ao exercício físico, os diferentes resultados encontrados se devem, ainda, às diferentes fontes de luz (LASER ou LED), momento de aplicação da FBM, antes ou após o exercício físico, o protocolo de exercício utilizado e os grupos musculares testados (BORSA; LARKIN; TRUE, 2013; NAMPO et al., 2016a; 2016b).

Sobre o comprimento de onda utilizado, Chung et al. (2012) e Huang et al. (2009) sugerem haver uma “janela óptica”. Para Chung et al. (2012), essa “janela óptica” estaria na amplitude do espectro de 600 a 1070 nm; para Huang et al. (2009), entre 650 e 1200 nm e, para Anders et al. (1993), entre 300 nm a 1100 nm. Para todas essas amplitudes, seriam abrangidos os espectros da luz vermelha visível e infravermelha.

Chung et al. (2012) observaram, ainda, que a penetração da luz no tecido é maximizada pelos cromóforos teciduais, hemoglobina e melanina, que possuem alta absorção em ondas com comprimentos inferiores a 600 nm. Ondas de comprimento entre 600 a 700 nm são utilizadas para tratamentos superficiais dos tecidos vivos e ondas de comprimento na faixa de 780 a 950 nm são utilizadas para tratar tecidos mais profundos, alcançando até 30-40 mm, atingindo músculos, tendões e ossos (KNEEBONE, 2006).

Karu (1999) cita que a aplicação da FBM sobre fígado isolado de rato, com ondas de comprimento de 415 nm, 602 nm, 632,8 nm, 650 nm e 725 nm, melhorou a síntese de ATP; porém, ondas de comprimento de 477 nm e 554 nm não influenciaram esse processo. Ondas com comprimento de 365 nm e 436 nm ativaram o  $\dot{V}O_2$ , mas ondas de 313 nm e 546 nm, não; ondas de 633 nm aumentaram o potencial da membrana mitocondrial, a taxa de troca difosfato de adenosina (ADP) e ATP (ADP/ATP), bem como a síntese de proteína e ácido ribonucleico (RNA) na mitocôndria. Supõe-se que a mitocôndria seja o alvo primário quando toda a célula é irradiada com luz de 630 nm, 632,8 nm ou 820 nm (KARU, 1999).

A quantidade de energia aplicada por ponto e a quantidade de energia total aplicada no corpo todo ainda são questões que demandam estudos para precisar qual quantidade de energia é suficiente para se obter os efeitos esperados. Esse é um dos fatores apontados por Reddy (2004) que diverge em diferentes estudos contribuindo para resultados, algumas vezes, contraditórios. Huang et al. (2009) observaram que a energia (J) ou a densidade de energia ( $J \cdot cm^{-2}$ ) é utilizada como importante descritor da dose de FBM, porém isso negligencia o fato de que a energia tem dois componentes: potência e tempo.

$$\text{Energia (J)} = \text{Potência (W)} \times \text{Tempo (s)}$$

Já foi demonstrado que não necessariamente há reciprocidade entre os dois componentes, ou seja, se a potência for dobrada e o tempo reduzido à metade, teríamos a

mesma quantidade de energia sendo aplicada, mas uma resposta biológica diferente seria observada (HUANG et al., 2009; REDDY, 2004).

### 5.2.1 Mecanismos de ação da FBM sobre o metabolismo aeróbio

O mecanismo da FBM no interior da célula tem sido atribuído à absorção da luz monocromática visível e infravermelho próximo pelos componentes da cadeia respiratória celular (ALBUQUERQUE-PONTES et al., 2015; WANG; WANG, 2019). Os fótons de luz são absorvidos pelo tecido vivo por meio de fotorreceptores também denominados cromóforos, que são moléculas que transmitem cor aos componentes em que estão inseridos. Os principais cromóforos são a hemoglobina, citocromo C oxidase (CCO), mioglobina, flavinas, flavoproteínas e porfirinas (HUANG et al., 2009; KARU, 1999; MANTEIFEL; KARU, 2005).

Evidências sugerem que a mitocôndria é a responsável por responder à irradiação de luz por meio da FBM, sofrendo modificações estruturais e funcionais. Foi observado que, após a aplicação da FBM, houve uma fusão entre membranas de mitocôndrias vizinhas menores e com baixa capacidade funcional, formando uma “mitocôndria gigante” (MANTEIFEL; KARU, 2005). A FBM também aumentou a densidade e o número de mitocôndrias, alterando o potencial de membrana dessas organelas, de modo a resultar em uma maior capacidade de respiração celular e síntese de ATP (XU et al., 2008; MANTEIFEL; KARU, 2005; KARU, 1999).

Silveira et al. (2009) descrevem que a FBM produziu efeito sobre a atividade enzimática de toda a cadeia de transporte de elétrons da respiração mitocondrial, com aumento de atividade para os complexos I, II, III e IV, favorecendo o aumento na taxa de síntese de ATP dentro da mitocôndria (BURAVLEV et al., 2013; KARU, 2010).

O complexo IV da cadeia respiratória mitocondrial (CCO) é considerado o mecanismo chave para a interação entre a luz proveniente da FBM e diferentes tecidos biológicos (HUANG et al., 2009). Em estudos com modelo animal (ratos), foi observado o aumento significativo da expressão e atividade da CCO na cadeia respiratória dentro da mitocôndria do músculo esquelético após aplicação da FBM (ALBUQUERQUE-PONTES et al., 2015; FERRARESI et al., 2015; HAYWORTH et al., 2010). Como parte integrante da cadeia transportadora de elétrons, a CCO possui função importante na regulação do metabolismo energético e homeostase celular; desse modo, quando sua função é melhorada, uma maior

quantidade de energia é disponibilizada, principalmente para fibras musculares de contração lenta, diretamente envolvida em atividades aeróbias (DALMONTE et al., 2009; PICCOLI et al., 2006).

O modo preciso pelo qual a luz afeta a CCO ainda não é totalmente conhecido. A observação que o óxido nítrico (ON) é liberado da célula durante a FBM tem levado à especulação de que a CCO e o ON liberado estão ligados por dois possíveis meios, possibilitando que a FBM cause foto dissociação do ON da CCO. A respiração celular é desregulada pela produção de ON sintase pelo ON mitocondrial que liga à CCO e a inibe. O ON desloca o oxigênio da CCO inibindo a respiração celular e diminuindo, assim, a produção de ATP. Por dissociar o ON da CCO, a FBM previne que esse processo tome lugar resultando no aumento da produção de ATP (CHUNG et al., 2012).

Outro efeito da FBM para o metabolismo aeróbio é a melhora da microcirculação com hiperemia no local de aplicação favorecendo uma maior disponibilidade de oxigênio (O<sub>2</sub>) e maior taxa de remoção de metabólitos, como lactato sanguíneo que, quando removido, mais rapidamente pode ser reconvertido em piruvato, favorecendo a produção de energia e a manutenção da função muscular em exercícios de longa duração (LARKIN et al., 2012; LEAL JUNIOR et al., 2010; XU et al., 2008).

Além desses efeitos, a FBM pode melhorar a sensibilidade das miofibrilas e canais de cálcio aos íons cálcio; aumentar a captação do cálcio pelo sarcoplasma do retículo sarcoplasmático; melhorar a formação das pontes cruzadas e produção da força; aumentar a atividade da bomba sódio-potássio alterando a permeabilidade da membrana celular ao fluxo de cálcio; diminuir o dano muscular e a perda de conteúdos do músculo como creatina quinase (CK) e mioglobina, resultando na redução da fadiga e melhora no desempenho em exercícios aeróbios (FERRARESI; HAMBLIN; PARIZOTTO, 2012).

A melhora nos mecanismos do metabolismo aeróbio e os efeitos positivos na capacidade de produção de energia indicam que a FBM pode ser um recurso ergogênico para o aumento do desempenho durante exercícios aeróbios, como a natação.

### 5.2.2 Efeitos ergogênicos da FBM associados ao exercício físico

Alguns estudos postularam que a FBM poderia promover efeito ergogênico durante o exercício físico, aumentando a microcirculação sanguínea intramuscular (BARONI et al., 2014; LARKIN et al., 2012), de forma a diminuir a produção de lactato (LEAL JUNIOR et al., 2010; LEAL JUNIOR et al., 2009b; PINTO et al., 2016), melhorando a função

mitocondrial (KARU, 1999; MANTEIFEL; KARU, 2005) e a capacidade antioxidante (DE MARCHI et al., 2012; LUO et al., 2013; SILVA et al., 2015).

Antoniali et al. (2014) e De Marchi et al. (2017) citam as revisões sistemáticas de Leal Junior et al. (2015) e Borsa, Larkin, True (2013), que concluem que a FBM, com LASER ou LED, aplicada imediatamente antes de um exercício de resistência, provoca efeitos ergogênicos na musculatura esquelética melhorando o desempenho físico. As revisões também evidenciam que a FBM pode proteger o tecido muscular contra danos induzidos pelo exercício físico e aumentar a velocidade de recuperação.

O conhecimento de que a FBM tem um efeito sobre a musculatura esquelética e sobre o sistema que produz energia para o trabalho em condições aeróbias reforça o entendimento de seu uso como recurso ergogênico para melhorar o desempenho em exercícios aeróbios. Mezzaroba et al. (2018), em estudo avaliando o efeito da FBM com aplicação de LED nas respostas de parâmetros cardiorrespiratórios (FC máxima –  $FC_{max}$ , consumo máximo de oxigênio –  $\dot{V}O_{2max}$ , velocidade referente à ocorrência do  $\dot{V}O_{2max}$  –  $v\dot{V}O_{2max}$ , Limiar ventilatório -LV), durante testes de corrida com carga incremental e retangular em esteira rolante, concluíram que houve aumento do  $\dot{V}O_{2max}$  (valores relativos e absolutos), aumento da velocidade pico ( $V_{pico}$ ), redução da  $FC_{max}$  e diminuição do tempo de ocorrência do  $LA_{pico}$  pós-teste incremental.

Peserico et al. (2019) analisaram o efeito de oito semanas de treinamento de corrida associado à FBM por aplicação de LED e verificaram que houve melhora da  $V_{pico}$  tanto no grupo LED (GL) quanto no grupo controle (GC), porém com melhora de maior magnitude para o GL ( $9,4 \pm 4,4\%$  vs.  $7,5 \pm 3,3\%$ , respectivamente). O GL melhorou o desempenho na corrida de 5 km em comparação ao GC entre os momentos pré e pós-teste, considerando o tempo de corrida (T5-km, GL =  $27,6 \pm 3,0$  min vs.  $23,9 \pm 2,2$  min; GC =  $27,0 \pm 3,3$  min vs.  $24,1 \pm 2,5$  min; TE = -1,18 vs. -0,82) e velocidade média de corrida (VM5-km, GL =  $11,0 \pm 1,2$  km·h<sup>-1</sup> vs.  $12,6 \pm 1,1$  km·h<sup>-1</sup>; GC =  $11,3 \pm 1,4$  km·h<sup>-1</sup> vs.  $12,5 \pm 1,3$  km·h<sup>-1</sup>; TE = 1,32 vs. 0,88).

Em uma revisão sistemática com meta-análise, em que um dos objetivos era analisar se a aplicação prévia de FBM melhoraria o desempenho muscular em sujeitos saudáveis, Vanin et al. (2017) apresentaram resultados de quatro parâmetros de desempenho físico entre a aplicação da FBM e placebo. Para tempo até a exaustão, oito estudos ou subgrupos analisados (entre 2008 e 2017), a meta-análise demonstrou resultado positivo em favor da FBM prévia e o aumento do tempo de execução do exercício físico. Em número de repetições

(13 estudos ou subgrupos analisados entre 2008 e 2016), a meta-análise demonstrou que a FBM aplicada antes do exercício físico aumentou o número de repetições do movimento de contração muscular. No parâmetro de desempenho físico pico de torque em contração isométrica, foi realizada uma meta-análise com 13 estudos ou subgrupos (entre 2010 e 2017) que apresentou resultado positivo para aplicação da FBM e maior pico de torque. Para o lactato sanguíneo, foram 14 estudos ou subgrupos (entre 2008 e 2017) que também favoreceram a aplicação prévia de FBM e a diminuição da [La].

Os autores, Vanin et al. (2017), concluíram que a aplicação prévia da FBM associada ao exercício físico pode melhorar o desempenho muscular e observaram que, devido às evidências dos estudos serem consideradas de muito baixa à moderada qualidade, outros estudos devem ser realizados, com melhor qualidade metodológica, amostra maior e de acordo com a janela terapêutica, para poder prever os efeitos e a efetividade da FBM.

O estudo de Vieira et al. (2011), utilizando LASER para avaliar o efeito sobre o índice de fadiga e o trabalho total na extensão de membros inferiores em dinamômetro isocinético, concluiu que o LASER combinado ao treinamento de *endurance* demonstrou melhores resultados do que apenas o treinamento isoladamente. O grupo que realizou treinamento de *endurance* mais LASER foi o único que apresentou diminuição significativa no índice de fadiga no pós-teste. Paolillo et al. (2013) avaliaram o efeito da aplicação do LED na tolerância ao exercício máximo durante treinamento em esteira rolante com mulheres na pós-menopausa. As mulheres que realizaram os exercícios físicos com ou sem a aplicação de LED melhoraram sua condição aeróbia. Entretanto, o treinamento combinado com a aplicação do LED levou a um maior aumento da tolerância máxima ao exercício, bem como aumentou o  $t_{lim}$  no exercício, o equivalente metabólico (MET's) e reduziu a FC no exercício mantendo a mesma intensidade, assim como menor FC e a percepção subjetiva do esforço (PSE, escala de Borg) no período de recuperação após o exercício. Os autores acreditam que a aplicação do LED infravermelho potencializou os efeitos do treinamento físico.

O tempo de execução mantido em exercício e a tolerância à fadiga são os fatores de desempenho estudados que já apresentaram resultados positivos como possíveis efeitos da FBM (DE MARCHI et al., 2012; MIRANDA et al., 2017; PAOLILLO et al., 2013; PAOLILLO et al., 2011). Estudos realizados em modelo animal, citados por Karu (2010, 1999), Manteifel e Karu (2005), creditam esses resultados positivos às mudanças que ocorrem na estrutura e função mitocondrial, aumento da atividade da enzima CCO e melhora da microcirculação com hiperemia no local de aplicação da FBM que aumentam a síntese de ATP (De MARCHI et al., 2012; FERRARESI et al., 2015; LEAL JUNIOR; 2009a).

Miranda et al. (2017) realizaram estudo com 77 voluntários saudáveis que completaram um protocolo de treinamento em esteira ergométrica durante 12 semanas, três vezes por semana. Os participantes do estudo foram aleatorizados em quatro grupos de acordo com o tratamento que receberiam antes e depois de cada sessão de treinamento: FBM antes + FB depois; FBM antes + placebo depois; placebo antes + FBM depois e placebo antes + placebo depois. Os testes foram realizados no momento *baseline* e depois de 4, 8 e 12 semanas de treinamento. O desfecho primário era  $t_{lim}$  e os secundários eram o  $\dot{V}O_2$  e percentual de gordura corporal (%G). Os pesquisadores observaram um aumento significativo no  $\dot{V}O_2$  e  $t_{lim}$  quando a FBM foi aplicada antes e depois da sessão de treinamento nas semanas 4, 8 e 12 em comparação aos valores do *baseline*. Situação similar foi observada para ventilação pulmonar na comparação do *baseline* com as semanas 8 e 12.

Além disso, a FBM aplicada antes e depois de cada sessão de treinamento aeróbio aumentou a mudança percentual no  $\dot{V}O_2$  e  $t_{lim}$  em comparação ao grupo tratado com placebo antes e depois de cada sessão de treinamento aeróbio da 4ª até a 12ª semana. Igualmente, a FBM aplicada antes e depois das sessões de treinamento diminuiu o %G comparado ao grupo que recebeu placebo antes e depois das sessões de treinamento aeróbio (MIRANDA et al., 2017).

Vinte voluntários destreinados do sexo masculino participaram do estudo de Miranda et al. (2016), em teste incremental cardiopulmonar em esteira ergométrica. Os sujeitos foram aleatorizados em dois grupos ( $n = 10$ ) e receberam aplicação de FBM ou placebo (PLA) antes do teste na esteira. Em uma segunda sessão de teste, os sujeitos trocavam a condição de tratamento e repetiam o teste cardiopulmonar em esteira rolante. A distância coberta no teste cardiopulmonar e o  $t_{lim}$  foram maiores após a aplicação da FBM do que após a aplicação PLA.

A ventilação pulmonar ( $V_E$ ) também aumentou e os valores de dispneia diminuían nos testes precedidos com a aplicação da FBM. Miranda et al. (2016) estudaram o efeito da FBM sobre o  $t_{lim}$  e a FC em exercício de máxima velocidade aeróbia ou velocidade pico ( $V_{pico}$ ) em 12 homens fisicamente ativos. Os resultados não apresentaram diferença significativa e uma baixa magnitude no tamanho do efeito nas comparações do  $t_{lim}$  analisadas nas duas condições, FBM ou placebo aplicados anteriormente à execução dos testes foi encontrada. Todavia, a redução da FC diminuiu, no 1º, 4º e 5º minutos após a aplicação da FBM em comparação à condição placebo.

Em estudo para investigar os efeitos da aplicação de quatro diferentes doses de FBM sobre o desempenho em teste de  $t_{lim}$  em ciclo ergômetro, Lanferdini et al. (2017a) avaliaram 20 ciclistas masculinos de competição. Foi observado um aumento no desempenho após a

aplicação de todas as diferentes doses de FBM em comparação à condição placebo. A dose de 135 J foi a que mais aumentou o tempo de exercício ( $\approx 15\%$ ) comparado com placebo. Não foram encontradas diferenças entre as três doses de FBM. Os autores concluíram que as três doses utilizadas (135 J; 270 J e 405 J) anteriormente ao teste de  $t_{lim}$  foram efetivas para aumentar o desempenho em ciclistas de competição.

O mesmo grupo de pesquisadores, em outro estudo divulgado no mesmo ano (LANFERDINI et al., 2017b), avaliou o efeito de diferentes doses de FBM (placebo, 135, 270 ou 405 J) sobre a cinética do  $\dot{V}O_{2max}$  durante teste em ciclo ergômetro até a exaustão. Todas as três doses de FBM aplicadas previamente ao exercício físico reduziram o déficit de  $O_2$  e o tau ( $\tau$ ) comparados à condição placebo. Não foram encontradas diferenças entre as condições de FBM e placebo na amplitude de  $\dot{V}O_2$  e tempo de *delay*.

Mezzaroba et al. (2018) analisaram os resultados de troca gasosa, FC, [La] e PSE em teste incremental de corrida em esteira ergométrica em duas condições: aplicação pré-teste de FBM e/ou placebo. A condição FBM apresentou moderado tamanho de efeito para  $FC_{max}$  e um pequeno tamanho de efeito para o  $VO_2$  relativo ao limiar ventilatório ( $\dot{V}O_{2LV}$ ) e PSE. Não foi encontrado efeito para a FBM para intensidades relacionadas à resposta do  $\dot{V}O_2$  durante o teste de corrida incremental. Entre o 13° e o 15° minuto após o teste, a [La] foi menor na condição FBM em comparação à condição placebo ( $LA_{13-min}$ , 0,03;  $LA_{15min}$ , 0,001). Os autores concluíram que a FBM aplicada antes do teste de corrida modifica a resposta cardiorrespiratória por aumentar a tolerância durante o teste incremental, bem como a remoção dos metabólitos. Essas respostas também modificam a PSE durante todo o teste demonstrando um efeito psicofisiológico da FBM.

Poucos estudos envolvendo a FBM e exercício físico em meio líquido foram encontrados. Os estudos existentes foram realizados com modelo animal (ratos Wistar submetidos a um treinamento de natação) (AMADIO et al., 2015; AQUINO Jr et al., 2013; GUARALDO et al., 2016; SUSSAI et al., 2010). Em dois dos estudos, foram analisadas variáveis de desempenho aeróbio com a realização de testes de  $\dot{V}O_{2max}$  em esteira rolante com os ratos. Guaraldo et al. (2016) aplicaram 4 J em três pontos durante 40 segundos antes do treinamento e não encontraram aumento no  $\dot{V}O_{2max}$  no grupo de ratos submetidos ao treinamento de natação mais aplicação de LASER em comparação ao grupo submetido apenas ao treinamento de natação. No estudo de Amadio et al. (2015), utilizaram-se 4 J em um único ponto de aplicação durante 40 segundos antes do treinamento. Os ratos do grupo de treinamento aeróbio em natação mais LASER não demonstraram aumento na capacidade aeróbia, quando comparados ao grupo que somente treinou e não teve aplicação do LASER, o

que não permite afirmar que a aplicação de LASER produz benefícios diretos na capacidade aeróbia.

Em um único trabalho realizado com humanos, jogadores de polo aquático, Zagatto et al. (2016), utilizando aplicação de LASER, 48 J em oito pontos durante 30 segundos após o treinamento, avaliaram as respostas de marcadores inflamatórios e de dano muscular durante desempenho de 200 metros em nado *crawl* e teste anaeróbio específico para o *water-polo* após cinco dias de treinamento de alta intensidade. Os autores não encontraram mudanças significativas no desempenho de nado *crawl* em esforço máximo entre o grupo LASER e o grupo placebo. Os autores acrescentam que a falta de resultados positivos pode ser em razão da pequena área coberta pela irradiação da FBM (0,028 cm<sup>2</sup>) e que isso deveria ser considerado em futuros estudos.

Ao ter em vista os resultados de efeitos positivos da aplicação da FBM sobre o desempenho em exercícios físicos aeróbios, por exemplo, o aumento da tolerância máxima ao exercício, bem como o aumento do  $t_{lim}$  no exercício, a redução da FC no exercício mantendo a mesma intensidade, o aumento da ventilação pulmonar, o aumento do  $\dot{V}O_{2max}$ , absoluto e relativo em testes de esforço e a diminuição da concentração de lactato sanguíneo (DE MARCHI et al., 2012; MEZZARROBA et al., 2018; MIRANDA et al., 2016; PAOLILLO et al., 2013; VANIN et al., 2017), é possível que a FBM também provoque efeito ergogênico no desempenho na natação ao reduzir o tempo de nado nas distâncias de 100, 200 e 400 metros nado *crawl*, para, dessa forma, aumentar a VC.

## 6 MÉTODOS

### 6.1 PARTICIPANTES

Para definição do número de nadadores necessários para o estudo, foi realizado um cálculo, *a priori* (F teste; Anova mista de medidas repetidas entre fatores), do tamanho da amostra a partir do software Gpower<sup>®</sup> versão 3.1 (Düsseldorf, Germany), que demonstrou a necessidade de uma amostra de, no mínimo, 15 nadadores para um tamanho do efeito de 0,25 e poder de 80% com um alpha de 0,05. Usou-se, como desfecho principal, a execução da distância de 200 metros em nado *crawl*.

Participaram deste estudo 15 nadadores paranaenses federados do sexo masculino (idade  $20,9 \pm 2,4$  anos; estatura  $178,0 \pm 0,1$  cm; massa corporal  $76,0 \pm 12,6$  kg; índice de massa corporal – IMC  $24,0 \pm 3,7$  kg·m<sup>-2</sup> e percentual de gordura corporal de  $15,4 \pm 8,2$  %) que treinam e competem regularmente em competições estaduais. Os nadadores foram previamente informados de todos os procedimentos adotados durante a pesquisa, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Anexo I) e responderam à ficha de anamnese (Anexo II). A participação no estudo foi voluntária e isenta de qualquer bônus ou ônus; todos os nadadores tiveram liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento, sem que houvesse penalidade. O protocolo foi previamente aprovado pelo Comitê Permanente de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos da Universidade Estadual de Maringá (#2.554.517/2018) (Anexo III). Os procedimentos éticos a serem utilizados nesta pesquisa seguirão as regulamentações exigidas na Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde sobre pesquisa envolvendo seres humanos.

Os critérios de inclusão para o estudo foram: apresentar exames clínicos prévios de liberação para a prática de exercícios físicos/treinamento (exame anual exigido pela Federação Paranaense de Desportos Aquáticos - FDAP); estar registrado na FDAP; participar regularmente das sessões de treinamento e competições estaduais (ou superior); possuir tempo de nado (em ao menos uma das três distâncias)  $\geq 60\%$  do recorde mundial das provas de 100 m (62,91 s), 200 m (139,12 s) e 400 m (297,15 s); não ser fumante, diabético, hipertenso, asmático e/ou apresentar qualquer desordem cardiovascular. As médias  $\pm$  DP para os melhores tempos de nado dos nadadores foram: 100 m =  $57,14 \pm 4,35$  s; 200 m =  $134,69 \pm 15,49$  s e 400 m =  $282,13 \pm 35,50$  s. As médias  $\pm$  DP para a pontuação FINA dos nadadores foram: 100 m =  $485 \pm 111,48$ ; 200 m =  $436,77 \pm 129,06$  e 400 m =  $479,50 \pm 142,33$ .

Como critérios de exclusão, foram adotados: nadadores que sofressem lesões durante o período de testes, que voluntariamente desistissem de participar ou que não conseguissem finalizar algum teste.

## 6.2 DESIGN EXPERIMENTAL

O estudo teve formato randomizado, cruzado, duplo-cego e todos os nadadores foram submetidos aleatoriamente às seguintes condições experimentais: FBM, placebo (PLA) e controle (C). Todos os nadadores participantes do estudo se encontravam nos períodos de transição e preparatório básico da periodização nos momentos das avaliações.

Foram realizadas três execuções em máximo esforço de nado em estilo *crawl* nas distâncias de 100, 200 e 400 metros, para determinação da VC, a fim de avaliar efeitos da aplicação da FBM sobre o desempenho de nado. Os testes foram realizados em piscina semiolímpica (25 metros, 25 – 29°C), em dias diferentes não consecutivos nas três condições. A ordem das condições (FBM, PLA e C) foi aleatorizada, bem como a ordem em que o nadador executou cada distância.

Os nadadores foram submetidos a nove momentos de coletas na Escola de Natação e Academia MG – Maringá – PR (Anexo IV), durante quatro semanas. Assim, em cada semana, realizaram-se três testes em uma das condições. Os momentos de testes foram divididos da seguinte maneira:

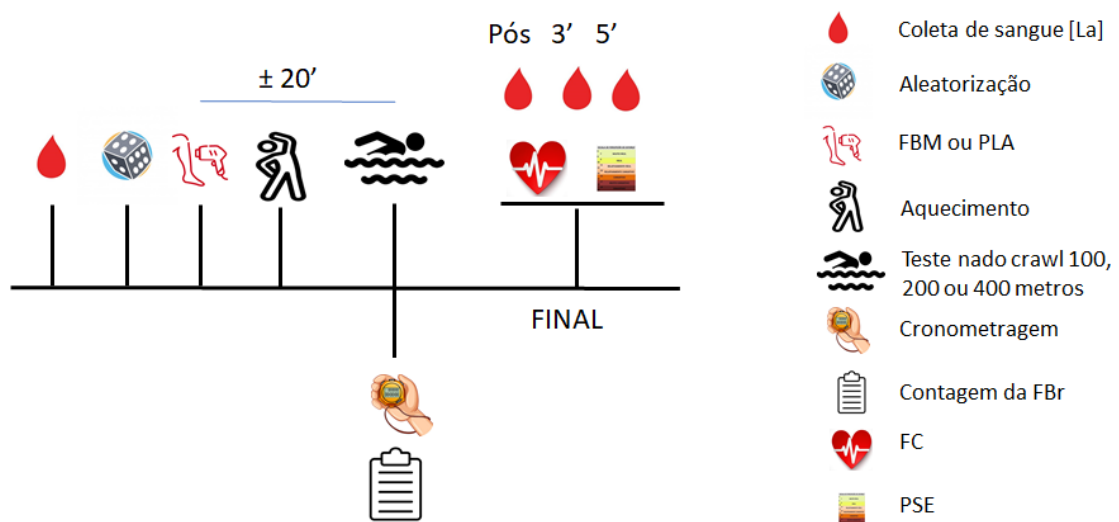
1º momento: preenchimento da anamnese (Anexo II), avaliação antropométrica, familiarização com a escala de percepção subjetiva do esforço (PSE) (BORG, 1982) (Anexo V); aleatorização da ordem das condições (FBM, PLA ou C) da primeira semana de testes e aleatorização da distância a ser nadada no primeiro teste de execução do nado *crawl* em máximo esforço. A condição sorteada no 1º momento foi utilizada na primeira semana de testes para os desempenhos nas três distâncias (100, 200 e 400 m *crawl*). No início de cada “série de três testes”, foi feito novo sorteio para definir a nova condição (FBM, PLA ou C) dos testes. E, a cada dia de teste era sorteada a distância a ser nadada naquele dia (100, 200 ou 400 m nado *crawl*).

2º ao 9º momento: execução do nado *crawl* em máximo esforço na condição predeterminada e na distância definida por sorteio no dia do teste antes de iniciar o aquecimento.

A coleta dos dados teve início logo após a chegada do nadador ao local das avaliações. Era coletado a amostra de sangue, sorteado a distância a ser nadada naquele dia, e

caso os testes estivessem sendo realizado nas condições FBM ou PLA os nadadores se dirigiam ao local que receberiam o tratamento (FBM ou PLA) com a equipe auxiliar. Em seguida os nadadores realizavam aquecimento geral fora do ambiente aquático e aquecimento específico em ambiente aquático e após cinco minutos de intervalo era realizado o teste (Figura 2). Caso o teste estivesse sendo realizado na condição C, após o sorteio da distância a ser nadada naquele dia, o nadador iniciava os procedimentos a partir do aquecimento geral e continuava de forma semelhante à sequência das outras condições (FBM ou PLA).

Os testes foram realizados em dias diferentes, com intervalo mínimo de 48 e máximo de 72 horas. Os nadadores foram instruídos a não se alimentarem nas duas horas antecedentes aos testes, a se absterem do consumo de cafeína e álcool e não realizarem exercícios físicos extenuantes 24 horas antes de cada teste (MEZZAROBA; PAPOTI; MACHADO, 2014).



**Figura 2.** Fluxograma do protocolo do teste.

## 6.3 PROTOCOLO DE AVALIAÇÕES

### 6.3.1 Avaliação antropométrica

Para caracterização da amostra, foi realizada avaliação antropométrica e de composição corporal para determinação da massa corporal (kg), estatura (cm), Índice de Massa Corporal (IMC em  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) e dobras cutâneas (tricipital, subescapular, peitoral, axilar

média, suprailíaca, abdominal e coxa medial em mm) para posterior determinação do percentual de gordura (%G) e medidas do comprimento dos membros superiores e inferiores (cm). O percentual de gordura foi determinado a partir da equação proposta por Jackson e Pollock (1978), que utiliza sete dobras para o cálculo da densidade corporal (DC) e a fórmula de (SIRI, 1961) para o cálculo do %G.

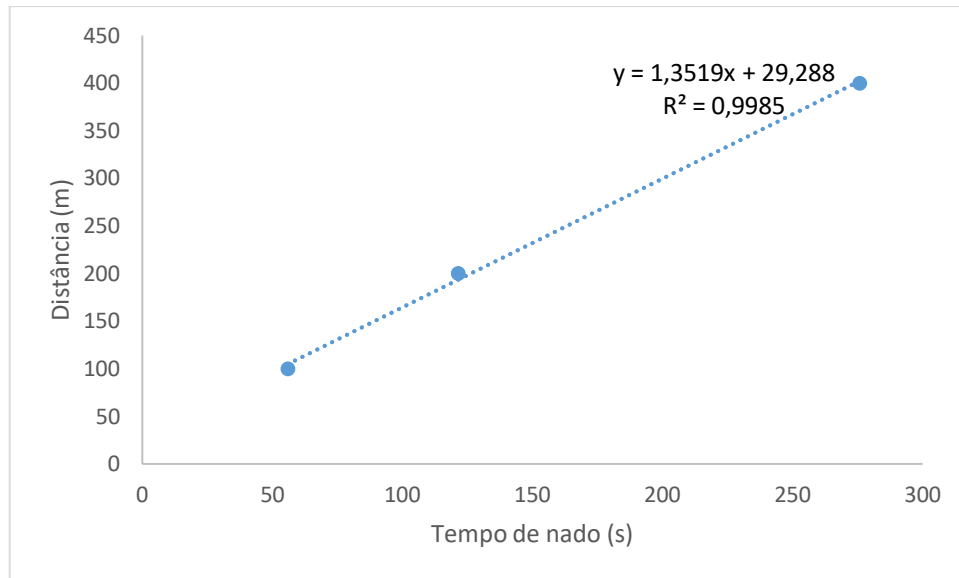
$$DC \text{ (g}\cdot\text{mL}^{-1}\text{)} = (1,112) - (0,00043499 \times (\text{somatório das 7 dobras}) + 0,00000055 (\text{somatório das 7 dobras})^2 - 0,00028826 \times (\text{idade}))$$

$$\%G = [(4,85/DC) - 4,39] \times 100$$

### 6.3.2 Determinação da Velocidade Crítica

Para a determinação da VC, os nadadores realizaram, em dias distintos, com intervalo de 48 a 72 horas, e determinados de maneira aleatória, um único desempenho máximo de nado *crawl* nas distâncias de 100, 200 e 400 metros, sendo cronometrado o tempo necessário para finalização de cada uma das distâncias, com saída junto à borda da piscina (ALTIMARI et al., 2007; MEZZAROBA; PAPOTI; MACHADO, 2014). Os testes foram realizados em piscina semiolímpica (25 m) após aquecimento de 500 a 600 m predeterminados pelo treinador responsável pelo treinamento dos nadadores.

Após a realização dos testes, a VC foi determinada através da inclinação (b) (coeficiente angular) da reta de regressão linear entre as distâncias e seus respectivos tempos obtidos em cada repetição. A VC foi determinada por meio das distâncias de 100, 200 e 400 metros. O modelo proposto por Wakayoshi et al. (1992a) é exemplificado na Figura 3.



**Figura 3.** Exemplo da relação distância/tempo segundo modelo proposto por Wakayoshi et al. (1992) para determinação da VC com três distâncias.  $VC = 1,35 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (Figura elaborada a partir de dados coletados pelo autor deste estudo).

### 6.3.3 Aplicação de LED

A aplicação de LED (THOR-LX2<sup>®</sup>, Thor Photomedicine Ltd, London, UK – Figura 4) foi realizada utilizando múltiplos diodos dispostos em *cluster* com 104 LEDs combinando luz vermelha e infravermelha. As sessões foram conduzidas por um pesquisador auxiliar que controlou o dispositivo ligado ou desligado (LED 420 ou PLA). Para esse procedimento, foi utilizado o método duplo-cego no qual nem o pesquisador principal e os nadadores tinham conhecimento sobre o tipo de aplicação que recebiam. Durante a aplicação do LED, os nadadores utilizaram óculos escuros e fones de ouvido comum com som padrão para que o som e luzes emitidos pelo equipamento não fossem percebidos.

A FBM foi aplicada nos membros superiores e músculos do tronco (região do músculo peitoral, uma região do músculo dorsal, uma região media do deltoide e uma região do músculo tríceps) e membros inferiores (região do músculo do quadríceps, uma região do músculo bíceps femoral e uma região do músculo gastrocnêmico seguindo o eixo de distribuição das fibras musculares em ambas as pernas) (Figura 5). A aplicação do LED teve duração total de 1 minuto e 45 segundos, sendo 15 segundos por ponto. Ademais, a condição PLA foi mantida por 15 segundos por ponto com duração total de 1 minuto e 45 segundos (Tabela 1). As intervenções foram realizadas em contato direto (ângulo de 90°) do equipamento com a superfície da pele. As aplicações foram feitas antes dos nadadores

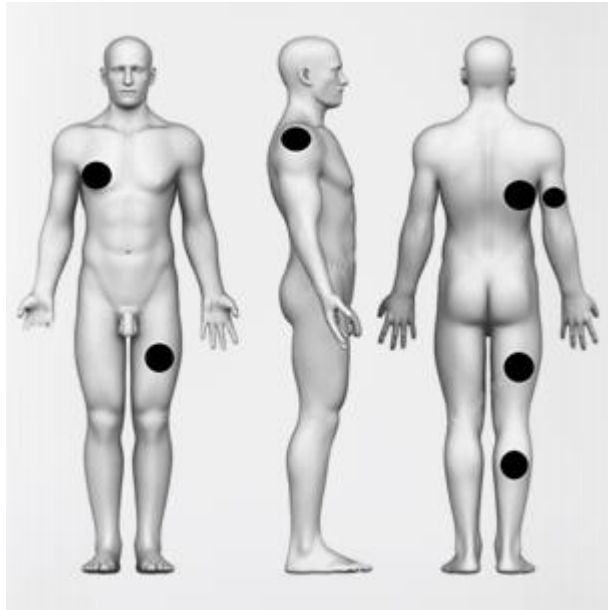
realizarem os exercícios de aquecimento geral fora da água. Após o aquecimento específico na água, seguindo o programa de treinamento determinado pelo técnico, o nadador realizou o teste previsto para o dia.



**Figura 4.** Unidade de controle e *clusters* do equipamento de LED (THOR-LX2®).

**Tabela 1.** Parâmetros para aplicação de LED.

<b>Número de diodos:</b> 104:	56 diodos de 660 nm (luz vermelha); 48 diodos de 850 nm (luz infravermelha).
<b>Comprimento de Onda:</b>	Misto – 660 e 850 nm.
<b>Frequência:</b>	Contínua – 0-1500 Hz.
<b>Potência de saída (para cada diodo):</b>	10 mW (660 nm) e 30 mW (850nm).
<b>Área de cada diodo:</b>	0,2 cm <sup>2</sup> .
<b>Área do cluster do LED:</b>	46,3 cm <sup>2</sup> .
<b>Densidade de Potência (para cada diodo):</b>	50 mW·cm <sup>2</sup> (660 nm) e 150 mW·cm <sup>2</sup> (850 nm).
<b>Densidade de Energia (para cada diodo):</b>	0,75 J·cm <sup>2</sup> (660 nm) e 2,25 J·cm <sup>2</sup> (850 nm).
<b>Tempo de Aplicação (por ponto):</b>	15 segundos.
<b>Energia Irradiada (por diodo):</b>	0,15 J (660 nm) e 0,45 J (850 nm).
<b>Energia Irradiada por ponto</b>	30 J.
<b>Número de pontos de aplicação (por lado corporal):</b>	7 Pontos.
<b>Número de pontos de aplicação (no corpo):</b>	14 Pontos.
<b>Tempo total de aplicação:</b>	1 minuto e 45 segundos.



**Figura 5.** Pontos para aplicação da FBM.

(Fonte: Dreamstime.com; localização dos pontos de aplicação. Adaptada de Mezzaroba, 2018).

#### 6.3.4 Determinação da FC, PSE e [La]

Ao final de cada desempenho máximo em nado *crawl*, foram monitoradas a FC, por meio de monitor cardíaco (Polar® FT1, Kempele - Finlândia), e a PSE pela escala de Borg de pontuação entre 6 e 20 (BORG, 2000). Foram realizadas coletas de amostras de uma gota pequena de sangue (25 µl) do lóbulo da orelha para determinação das [La] previamente ao início dos testes ( $LA_{pré}$ ), ao final ( $LA_{pós}$ ), ao 3° ( $LA_{3-min}$ ) e 5° ( $LA_{5-min}$ ) minutos após o término do teste para determinação da concentração pico de lactato ( $LA_{pico}$ ). As amostras de sangue foram armazenadas em tubos tipo Eppendorf contendo 50 µl de fluoreto de sódio (NaF) a 1% e analisadas em aparelho eletroquímico (YSI 2300 STAT®, *Yellow Springs* - Ohio, USA). A concentração de  $LA_{pico}$  foi definida para cada nadador como a maior concentração de lactato sanguíneo pós-exercício obtida entre o minuto zero e cinco.

#### 6.3.5 Determinação dos índices de eficiência de nado

Os índices de eficiência de nado são dados pela frequência de ciclo braçada (Fbr), distância percorrida por ciclo de braçada (Dbr) e índice de braçada (IBr). O protocolo para determinação do índice de braçada foi realizado conforme estudo de Caputo et al. (2000). Um

avaliador foi posicionado na lateral com visão de toda a extensão da piscina. Em cada desempenho máxima, foram contadas todas as braçadas realizadas para a conclusão de cada um dos 25 metros necessários para completar a distância. Foi cronometrado o tempo necessário para realização de cada distância para posterior determinação da velocidade média de nado (VM).

$$VM = D \cdot T^{-1}$$

D = Distância percorrida (m) e T = Tempo total de prova (s).

A frequência de ciclo de braçada (Fbr) foi determinada por ciclos de braçada, ou seja, o número total de braçadas dividido por dois; a Fbr foi calculada, utilizando-se o número de ciclos de braçadas (CB) e o tempo em segundos para completá-las. Para determinar a distância percorrida por ciclo de braçada (Dbr), expressa em metros por ciclo de braçada, foram utilizadas a Fbr e a VM. O índice de braçada (Ibr) foi calculado pelo produto entre Dbr e VM, com valores maiores dessa variável representando uma maior eficiência de braçada de cada atleta (MEZZARROBA; MACHADO, 2014).

$$Fbr = CB \cdot T^{-1} \text{ (ciclos/s)}$$

$$Dbr = VM \cdot Fbr^{-1} \text{ (m/ciclo)}$$

$$Ibr = Dbr \times VM$$

### 6.3.7 Análise estatística

Para análise dos dados foi utilizado o *Statistical Package for the Social Sciences* versão 24.0 (SPSS® Inc. USA). Primeiramente, foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade da distribuição dos dados que estão apresentados em média  $\pm$  desvio padrão (DP). Os dados foram comparados pelo teste f ANOVA de medidas repetidas entre as três condições (FBM, PLA e C). A suposição de esfericidade dos dados foi verificada pelo teste de Mauchly e, quando infringida, a correção dos graus de liberdade foi feita por Greenhouse-Geisser. Para todas as análises, foi adotado nível de significância de  $P < 0,05$ . Foi realizada uma análise complementar do tamanho do efeito (TE) para determinação da magnitude de mudança de cada condição, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$TE = (M1 - M2) / ((DP1 + DP2) / 2)$$

M1 e M2 correspondem às médias das condições e DP1 e DP2 aos desvios padrões das

respectivas médias. O TE foi classificado de acordo com Cohen (1988) como:  $\leq 0,20$  (trivial), entre 0,21 e 0,50 (pequeno), entre 0,51 e 0,80 (moderado) e  $> 0,80$  (grande).

## 7 RESULTADOS

Na tabela 2 estão apresentados os valores dos resultados obtidos e as comparações entre as condições FBM, PLA e C para as distâncias de 100, 200 e 400 metros nado *crawl* utilizadas para determinação da VC. Não foram encontradas diferenças significantes para as principais variáveis de interesse do estudo.

**Tabela 2.** Valores médios  $\pm$  desvio padrão (DP) das variáveis obtidas durante os testes para determinação da Velocidade Crítica (VC) nos desempenhos nas distâncias de 100, 200 e 400 metros nado *crawl* (N = 15).

	D (m)	FBM	PLA	C	P	F
<b>VC (<math>m \cdot s^{-1}</math>)</b>		1,15 $\pm$ 0,15	1,20 $\pm$ 0,25	1,15 $\pm$ 0,14	0,357	0,929
<b>Tempo (s)</b>	100	65,5 $\pm$ 6,4	65,2 $\pm$ 5,6	66,0 $\pm$ 6,0	0,523	0,664
	200	148,6 $\pm$ 17,9	149,4 $\pm$ 16,4	150,1 $\pm$ 17,9	0,489	0,628
	400	327,7 $\pm$ 38,3	321,6 $\pm$ 47,7	329,6 $\pm$ 41,2	0,320	1,093
<b>FC<sub>pós</sub> (bpm)</b>	100	164 $\pm$ 18,8	163 $\pm$ 15,8	166 $\pm$ 15,2	0,750	0,290
	200	165 $\pm$ 16,3	163 $\pm$ 16,9	164 $\pm$ 19,7	0,956	0,045
	400	158 $\pm$ 22,1	163 $\pm$ 19,5	160 $\pm$ 13,8	0,386	0,986
<b>PSE (UA)</b>	100	17,5 $\pm$ 1,46	16,9 $\pm$ 1,3	17,7 $\pm$ 1,1	0,166	1,918
	200	17,3 $\pm$ 1,3	17,4 $\pm$ 1,4	17,2 $\pm$ 1,3	0,842	0,161
	400	17,6 $\pm$ 1,3	17,7 $\pm$ 1,3	17,6 $\pm$ 0,9	0,850	0,087
<b>LA<sub>pico</sub> (mmol·L<sup>-1</sup>)</b>	100	13,6 $\pm$ 3,4	14,0 $\pm$ 2,6	13,9 $\pm$ 3,9	0,798	0,227
	200	13,2 $\pm$ 3,6	13,2 $\pm$ 3,7	13,2 $\pm$ 2,9	1,000	0,000
	400	12,4 $\pm$ 3,8	12,4 $\pm$ 4,2	11,6 $\pm$ 2,9	0,473	0,769

Nota: D, distância em metros, VC, velocidade crítica determinada pelas distâncias 100, 200 e 400 m;  $m \cdot s^{-1}$ , metros por segundos; Tempo, tempo de nado; (s), segundos; FC<sub>pós</sub>, frequência cardíaca pós desempenho máximo; bpm, batimentos por minutos; PSE, percepção subjetiva de esforço; UA, unidades arbitrárias; LA<sub>pico</sub>, lactato pico;  $mmol \cdot L^{-1}$ , milimol por litro.

$P < 0,05$ .

Na Tabela 3 observa-se os valores referentes ao tamanho do efeito (TE) entre as diferentes condições para as variáveis obtidas durante os testes para determinação da VC e do desempenho no nado *crawl*. Foi encontrado TE considerado grande (-0,61) para a variável PSE na distância de 100 m nado *crawl* na condição C vs. PLA.

**Tabela 3.** Tamanho do efeito (TE) entre as diferentes condições do estudo para os testes para determinação da VC e o desempenho no nado *crawl* (N = 15).

	D (m)	PLA vs. FBM	C vs. FBM	C vs. PLA
<b>VC (m·s<sup>-1</sup>)</b>		-0,08 (trivial)	0,02 (trivial)	0,10 (trivial)
<b>Tempo (s)</b>	100	0,05 (trivial)	-0,08 (trivial)	-0,14 (trivial)
	200	-0,05 (trivial)	-0,09 (trivial)	-0,04 (trivial)
	400	0,14 (trivial)	-0,05 (trivial)	-0,18 (trivial)
<b>FC<sub>pós</sub> (bpm)</b>	100	0,02 (trivial)	-0,14 (trivial)	-0,18 (trivial)
	200	0,08 (trivial)	0,06 (trivial)	-0,01 (trivial)
	400	-0,30 (pequeno)	-0,14 (trivial)	0,17 (trivial)
<b>PSE (UA)</b>	100	0,45 (pequeno)	-0,11 (trivial)	-0,61 (moderado)
	200	-0,05 (trivial)	0,10 (trivial)	0,15 (trivial)
	400	-0,10 (trivial)	0,00 (trivial)	0,11 (trivial)
<b>LA<sub>pico</sub> (mmol·L<sup>-1</sup>)</b>	100	-0,15 (trivial)	-0,09 (trivial)	0,03 (trivial)
	200	0,00 (trivial)	0,01 (trivial)	0,00 (trivial)
	400	0,00 (trivial)	0,22 (pequeno)	0,21 (pequeno)
<b>IBr</b>	100	0,06 (trivial)	0,19 (trivial)	0,12 (trivial)
	200	0,08 (trivial)	-0,01 (trivial)	-0,09 (trivial)
	400	0,03 (trivial)	0,00 (trivial)	-0,03 (trivial)

Nota: D, distância em metros; VC, velocidade crítica; Tempo, tempo de nado; (s), segundos; FC<sub>pós</sub>, frequência cardíaca pós desempenho máximo; bpm, batimentos por minutos; PSE, percepção subjetiva de esforço; UA, unidades arbitrárias; LA<sub>pico</sub>, lactato pico; mmol·L<sup>-1</sup>, milimol por litro; IBr, índice de braçadas.

Na Tabela 4 estão apresentados os valores referentes às variáveis relacionadas ao índice de nado nas distâncias de 100, 200 e 400 metros nado *crawl*. Observa-se que não houve diferença significativa em nenhuma das variáveis analisadas entre as condições do estudo.

Porém, é importante destacar que mesmo não havendo diferença estatística o índice de braçada (IBr) foi maior na condição FBM quando comparado às demais condições na distância de 100 metros nado *crawl*. Na comparação das variáveis FBr, DBr e IBr entre as distâncias de nado na mesma condição do estudo observa-se que houve diferença significativa

para FBr que difere entre as três distâncias (100, 200 e 400 metros) em cada condição (FBM, PLA e C). Não foram encontradas diferenças para a variável DBr entre as distâncias em cada condição do estudo. Na comparação para IBr não foi encontrada diferença entre as distâncias de 100 e 200 metros nado *crawl* na condição C ( $P = 1,000$ ). Nas demais comparações foram encontradas diferenças significantes entre as distâncias em cada condição do estudo

**Tabela 4.** Valores médios  $\pm$  desvio padrão (DP) das variáveis de índice de nado obtidas nos desempenhos nas distâncias de 100, 200 e 400 metros nado *crawl* (N = 15).

	<b>D (m)</b>	<b>FBM</b>	<b>PLA</b>	<b>C</b>	<b>P</b>	<b>F</b>
<b>VM (<math>m \cdot s^{-1}</math>)</b>	100	1,54 $\pm$ 0,15	1,54 $\pm$ 0,13	1,53 $\pm$ 0,13	0,595	0,529
	200	1,36 $\pm$ 0,16	1,35 $\pm$ 0,15	1,35 $\pm$ 0,16	0,517	0,548
	400	1,23 $\pm$ 0,14	1,23 $\pm$ 0,15	1,23 $\pm$ 1,52	0,942	0,060
<b>CBr (Br/2)</b>	100	34,4 $\pm$ 5,5	34,9 $\pm$ 5,6	34,9 $\pm$ 5,3	0,666	0,413
	200	67,7 $\pm$ 10,5	67,9 $\pm$ 9,3	66,9 $\pm$ 10,6	0,381	0,901
	400	133,2 $\pm$ 21,8	133,5 $\pm$ 19,5	132,6 $\pm$ 20,9	0,760	0,277
<b>FBr (<math>CBr \cdot s^{-1}</math>)</b>	100	0,52 $\pm$ 0,05	0,53 $\pm$ 0,05	0,53 $\pm$ 0,06	0,655	0,430
	200	0,45 $\pm$ 0,04*	0,45 $\pm$ 0,05*	0,45 $\pm$ 0,05 *	0,205	1,677
	400	0,41 $\pm$ 0,05*§	0,41 $\pm$ 0,04*§	0,40 $\pm$ 0,05*§	0,644	0,477
<b>DBr (<math>m \cdot CBr^{-1}</math>)</b>	100	2,9 $\pm$ 0,4	2,9 $\pm$ 0,5	2,9 $\pm$ 0,4	0,490	0,732
	200	3,0 $\pm$ 0,5	2,9 $\pm$ 0,4	3,1 $\pm$ 0,5	0,190	1,761
	400	3,1 $\pm$ 0,5	3,1 $\pm$ 0,4	3,1 $\pm$ 0,5	0,553	0,605
<b>IBr</b>	100	4,6 $\pm$ 1,0	4,6 $\pm$ 1,1	4,5 $\pm$ 0,9	0,306	1,237
	200	4,2 $\pm$ 1,1*	4,1 $\pm$ 0,9*	4,2 $\pm$ 1,0	0,440	0,846
	400	3,8 $\pm$ 0,9*§	3,8 $\pm$ 0,9*§	3,8 $\pm$ 0,9*§	0,731	0,317

Nota: D, distância em metros; VM, velocidade média;  $m \cdot s^{-1}$ , metros por segundos; CBr, ciclo de braçada; Br/2, braçada total dividido por 2; FBr, frequência de braçada;  $CBr \cdot s^{-1}$ , ciclos de braçada divididos pelo tempo de nado em segundos; DBr, distância da braçada;  $m \cdot CBr^{-1}$ , distância de nado em metros dividida pelo ciclo de braçadas. IBr, índice de braçada DBr x VM; distância da braçada multiplicada pela velocidade média. Comparação entre as distâncias na mesma condição:

\* $P < 0,05$  em relação à distância de 100 metros;

§  $P < 0,05$  em relação à distância de 200 metros.

Na Tabela 5 estão apresentados os valores absolutos e relativos da diferença entre as médias das variáveis analisadas. Podemos observar que os tempos de nado em todas as distâncias (100, 200 e 400 metros) foram menores nas condições FBM e PLA quando comparadas à condição C. Apesar de não termos observado diferenças significantes, um tempo final de nado de quase meio segundo menor (0,49 s) em uma prova de 100 metros em nado *crawl*, 1,54 s nos 200 metros e 1,85 s nos 400 metros pode ser a diferença entre o primeiro ou terceiro colocado. Observamos também que na condição PLA o tempo de nado nos 400 metros foi quase oito segundos menor comparado à condição C (7,95 s).

**Tabela 5.** Valores absolutos e relativos da diferença entre os valores médios das variáveis (N = 15).

	<b>D (m)</b>	<b>FBM – PLA</b>	<b>FBM – C</b>	<b>PLA – C</b>
<b>VC (<math>m \cdot s^{-1}</math>)</b>		-0,04 (-2,96%)	0,01 (0,74%)	0,05 (3,60%)
<b>Tempo (s)</b>	100	0,31 (0,47%)	-0,49 (-0,75%)	-0,8 (-1,23%)
	200	-0,85 (-0,57%)	-1,54 (-1,04%)	-0,69 (-0,46%)
	400	6,1 (1,86%)	-1,85 (-0,56%)	-7,95 (-2,47%)
<b>FC<sub>pós</sub> (bpm)</b>	100	0,4 (0,24%)	-2,34 (-1,43%)	-2,74 (-1,68%)
	200	0,4 (0,24%)	1,13 (0,69%)	0,73 (0,44%)
	400	-5,33 (-3,37%)	-2,47 (-1,56%)	2,86 (1,75%)
<b>PSE (UA)</b>	100	0,6 (3,42%)	-0,14 (-0,80%)	-0,74 (-4,37%)
	200	-0,07 (-0,40%)	0,13 (0,75%)	0,2 (1,15%)
	400	-0,13 (-0,74%)	0 (0,00%)	0,13 (0,73%)
<b>LA<sub>pico</sub> (<math>mmol \cdot L^{-1}</math>)</b>	100	-0,44 (-3,24%)	-0,34 (-2,51%)	0,1 (0,71%)
	200	0,01 (0,08%)	0,02 (0,15%)	0,01 (0,08%)
	400	-0,01 (-0,08%)	0,73 (5,90%)	0,74 (5,97%)

Nota: D, distância em metros, VC, velocidade crítica;  $m \cdot s^{-1}$ , metros por segundos; Tempo, tempo de nado; (s), segundos; FC<sub>pós</sub>, frequência cardíaca após desempenho máximo; bpm, batimentos por minutos; PSE, percepção subjetiva de esforço; UA, unidade arbitrária; LA<sub>pico</sub>, lactato pico;  $mmol \cdot L^{-1}$ , milimol por litro.

## 8 DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi verificar o efeito agudo da FBM sobre a velocidade crítica (VC) e o desempenho no nado *crawl*. O principal achado foi que a aplicação da FBM, utilizando LED, não modificou, de forma específica, a VC, tampouco as demais variáveis determinadas nos mesmos testes, como tempo de nado nas distâncias de 100, 200 e 400 metros em nado *crawl*, a frequência cardíaca máxima ( $FC_{max}$ ), a percepção subjetiva de esforço (PSE), a concentração de lactato pico ( $LA_{pico}$ ), a velocidade média (VM), a frequência de braçada (FBr), a distância da braçada (DBr) e o índice de eficiência de nado (IBr), contrariando a hipótese inicialmente formulada.

Como principal variável de controle para se verificar os possíveis efeitos ergogênicos da aplicação da FBM sobre o desempenho na natação, foi escolhida a  $VC_1$ . O uso da VC como variável preditora de desempenho aeróbio tem sido considerado por ser um método não invasivo, de fácil aplicação e por estar relacionado ao limiar anaeróbio (COSTA; COSTA; MARINHO, 2015; RAIMUNDO et al., 2017). Até o presente momento, não foram encontrados estudos que utilizaram a aplicação prévia da FBM, visando a um potencial efeito ergogênico sobre o desempenho na natação. Por isso, uma das dificuldades encontradas foi discutir, de forma direta, os resultados deste estudo com dados da literatura, uma vez que os estudos que utilizaram a FBM visando seus efeitos ergogênicos foram realizados com as modalidades de corrida e ciclismo (BARBOSA et al., 2017; LANFERDINI et al., 2017a; MEZZARROBA et al., 2018; PESERICO, ZAGATTO, MACHADO, 2019; PESERICO et al., 2019).

Em estudo anterior, De Marchi et al. (2012) também não encontraram efeito ergogênico da aplicação prévia da FBM (30 J por ponto) sobre o LAn (determinado por limiar ventilatório) que, assim como a VC, é um indicador da capacidade aeróbia. Os autores avaliaram 22 homens não treinados em teste de corrida incremental e os resultados encontrados, apresentados em tempo (s) (momento em que o LAn foi alcançado), foram: FBM ( $457,45 \pm 79,96$  s) vs. PLA ( $468,82 \pm 85,81$  s) e em  $L \cdot \text{min}^{-1}$  ( $\dot{V}O_2$  no LAn) FBM ( $2,88 \pm 0,40$  vs. PLA  $2,90 \pm 0,39 L \cdot \text{min}^{-1}$ ).

Dellagrana et al. (2018) testaram o efeito de diferentes doses de FBM (15, 30 e 60 J por ponto) sobre a velocidade do limiar anaeróbio individual ( $vLANI$ ) de 18 corredores recreacionais durante teste submáximo e incremental de corrida em esteira. Os resultados

apontaram para o fato de que, além de não haver efeito ergogênico das três doses sobre a vLANI, a dose de 60 J foi considerada possivelmente prejudicial. Um dos fatores que Dellagrana et al. (2018) acreditam ter influenciado para a ausência de efeito ergogênico da FBM sobre a vLANI foi o desenho do estudo utilizado que determinou que os testes na condição C fossem realizados na primeira sessão de testes, o que pode ter tido um efeito de familiarização para os testes subsequentes. Esse viés no desenho do estudo de Dellagrana et al. (2018) não ocorreu no presente estudo, uma vez que a condição C foi aleatorizada juntamente com as condições FBM e PLA. Acreditamos que o desenho deste estudo não contribuiu para que os resultados encontrados fossem contrários à hipótese formulada.

Um fator que pode ter contribuído para a ausência de efeito ergogênico no presente estudo é a quantidade de pontos de aplicação irradiados por grupos musculares, visto que em dois estudos (PINTO et al., 2016; ROSSATO et al., 2018), a FBM foi aplicada em nove pontos da musculatura do quadríceps. Ademais, nos outro estudo (DE MARCHI et al., 2012), ela foi aplicada em seis pontos da musculatura do quadríceps, sendo que, no presente estudo, aplicamos a FBM em apenas um ponto em cada um dos seguintes grupos musculares: peitoral maior, grande dorsal, deltoides, tríceps braquial, reto femoral, isquiotibiais e gastrocnêmicos, o que pode ter sido determinante para que os resultados que encontramos não tenham apresentado efeitos ergogênico sobre a VC na natação.

Apesar de, neste estudo, não termos encontrado resultado ergogênico da FBM sobre a VC, outros estudos têm encontrado resultados positivos da FBM sobre outra variável de desempenho, como o  $t_{lim}$  (DELLAGRANA et al., 2018; FERREIRA JUNIOR et al., 2017; LANFERDINI et al., 2017a; MEZZAROBÀ et al., 2018). Mezzaroba et al. (2018) encontram efeito ergogênico da FBM sobre o  $t_{lim}$  (s) no teste incremental de corrida em esteira rolante, PLA ( $1338,4 \pm 213,3$  s) e FBM (850 nm, 936 J) ( $1362,7 \pm 209,1$  s). Dellagrana et al. (2018) também encontraram resultados que podem ser considerados efeito ergogênico para aplicação de FBM (670/850/880 e 950 nm) com três doses (420 J, 840 J e 1680 J) sobre o  $t_{lim}$ . Na condição C, o  $t_{lim}$  foi de ( $1,17 \pm 27$  s), PLA ( $1,20 \pm 27$  s), FBM 420J ( $1,24 \pm 27$  s), FBM 840J ( $1,25 \pm 24$  s) e FBM 1680J ( $1,22 \pm 24$  s). Todas as doses surtiram efeito ergogênico aumentando o  $t_{lim}$  no teste. Os autores observam que, com base na magnitude da inferência, a dose 840 J proporcionou efeitos mais benéficos do que as outras duas doses.

A melhora no  $t_{lim}$  pode estar relacionada aos possíveis efeitos ergogênicos da FBM, os quais, por sua vez, estão relacionados ao aumento da disponibilidade de energia devido ao

aumento, agudo e crônico, da síntese de ATP (BURAVLEV et al., 2013; FERRARESI et al., 2015; CHUNG et al., 2012). Estudos demonstraram que o tamanho e a funcionalidade das mitocôndrias se intensificam, aumentando a atividade enzimática de todo o complexo de respiração mitocondrial e das enzimas relacionadas ao metabolismo aeróbio, após a aplicação da FBM, garantindo uma elevada taxa de síntese de ATP via metabolismo oxidativo em exercícios prolongados (ALBUQUERQUE-PONTES et al., 2015; BURAVLEV et al., 2013; KARU, 2010).

Outro efeito da FBM que pode estar relacionado ao metabolismo aeróbio é a melhora da microcirculação com hiperemia no local de aplicação favorecendo uma maior disponibilidade de oxigênio e maior taxa de remoção de metabólitos, como lactato sanguíneo que, quando removido mais rapidamente, pode ser reconvertido em piruvato favorecendo a produção de energia e a manutenção da função muscular em exercícios de longa duração (LARKIN et al., 2012; LEAL JUNIOR et al., 2010; XU et al., 2008). Apesar das evidências do efeito da FBM sobre o mecanismo de produção de energia aeróbia, indicando que esta poderia ser utilizada como um recurso ergogênico para o aumento do desempenho durante exercícios aeróbios, como a natação, o presente estudo não encontrou resultados que confirmassem tais efeitos ergogênicos em nadadores de competição.

O aumento do  $t_{lim}$  na execução do exercício físico ou o aumento no número de repetições em um dado exercício ou teste tem sido utilizado como parâmetro de desempenho (DELLAGRANA et al., 2018; DUTRA et al., 2020; MEZZARROBA et al., 2018), o que difere do presente estudo, que utilizou a VC e o tempo final de nado em distâncias predeterminadas (100, 200 e 400 metros nado *crawl*). Ao utilizarmos o tempo final de nado como parâmetro de desempenho, aproximamo-nos dos reais interesses de nadadores e treinadores em relação ao uso de recursos ergogênicos, principalmente os que são utilizados momentos antes da realização da prova competitiva, que seria a melhora do resultado competitivo final.

Até o presente momento, um único estudo, realizado com 20 jogadores de polo aquático (ZAGATTO et al., 2016), verificou os efeitos da aplicação prévia de FBM (810 nm, 3 J por ponto e 48 J total) por meio de *laser* sobre o desempenho em um teste de nado. Os resultados encontrados não confirmaram, por meio de análise estatística, um efeito ergogênico da aplicação da FBM sobre o desempenho em teste de máximo esforço na distância predeterminada de 200 m nado *crawl*.

No estudo de Zagatto et al. (2016), foi utilizado o aparelho *infrared laser unit* –

(DMC<sup>®</sup>, São Carlos - SP, Brasil) para a aplicação da FBM em oito pontos dos músculos adutor magno e adutor longo de ambas as pernas dos sujeitos. Os pontos de aplicação da FBM não contemplaram os principais grupos musculares do tronco. Nesse sentido, os membros superiores que produzem a maior parte da propulsão na natação e a pequena área coberta pela aplicação e realizada somente nos músculos adutores da perna foram fatores limitantes do estudo por eles realizado.

Outra diferença entre o presente estudo e o de Zagatto et al. (2016) foi que o teste de 200 m nado *crawl* fora realizado 48 horas depois da aplicação de FBM + sessão de treinamento. No presente estudo, o tempo entre a aplicação da FBM e a execução do teste de nado foi de, aproximadamente, 20 minutos. Apesar das diferenças nos aparelhos de FBM, o tempo entre a aplicação e a realização do teste, quantidade, localização, maior área de aplicação e grupos musculares utilizados, os resultados de ambos os estudos foram semelhantes.

A  $FC_{max}$  após exercício tem sido um indicador de adaptação ao treinamento e da intensidade de um esforço realizado. Também tem sido monitorada nos estudos que avaliam a aplicação da FBM e desempenho em exercícios aeróbios (ALVES et al., 2014; BELTRAME et al., 2018; PAOLILLO et al., 2013). No presente estudo, não foram encontradas diferenças significantes na  $FC_{max}$  na comparação entre as três condições. Todavia, pode-se observar uma pequena diminuição na média de batimentos cardíacos na condição FBM nas provas de 100 e 400 metros. Nos 100 metros nado *crawl* FBM vs. C, a diferença foi de, aproximadamente, -2 ou -3 batimentos; nos 400 metros nado *crawl* FBM vs. C, a diferença foi de -2 bpm; e, nos 400 metros nado *crawl* FBM vs. PLA, a diferença foi de -5 bpm.

Os resultados do presente estudo foram similares aos encontrados por Peserico, Garozi e Machado (2020) que ao testarem três diferentes doses de aplicação de FBM utilizando LED (300, 1200 e 1800 J), não encontraram diferenças significantes na  $FC_{max}$  e  $FC_{submax}$ , em teste progressivo de corrida em esteira, entre as três condições de doses diferentes de FBM e as condições PLA e C.  $FC_{max}$  (bpm), (C =  $186 \pm 11,2$  bpm; PLA =  $180 \pm 7,3$  bpm; 300 J =  $182 \pm 10,2$  bpm; LED 1200 J =  $180 \pm 10,8$  bpm; e LED 1800 J =  $182 \pm 9,9$  bpm;  $F=3,279$ ;  $P = 0,017$ ). Os resultados similares podem ser atribuídos ao uso do mesmo equipamento, considerando que as doses usadas nos dois estudos foram diferentes, LED 300 J, LED 1200 J e LED 1800 J (PESERICO; GAROZI; MACHADO, 2020), e LED 420 J no presente estudo.

Alves et al. (2014), utilizando *LASER* (850 nm) aplicado 10 minutos antes de teste de

esforço físico em ciclo ergômetro, encontraram uma redução em  $10 \text{ bpm} \cdot \text{L} \cdot \text{min}^{-1}$  na curva da  $\Delta \text{FC} / \Delta \text{VO}_2$ . Os autores consideraram uma indicação de uma melhor eficiência cardiovascular à qual atribuíram a uma possível melhora na extração de  $\text{O}_2$  pela musculatura periférica induzida pela aplicação do *LASER*. Circunstância similar ocorreu no estudo de Mezzaroba et al. (2018), que encontraram como principal resultado, em estudo realizado com teste incremental em esteira rolante, um moderado TE da aplicação de LED sobre a  $\text{FC}_{\text{max}}$  ( $193 \pm 3,9 \text{ bpm}$ ) em comparação à condição PLA ( $195 \pm 3,4 \text{ bpm}$ ),  $P = 0,018$ ;  $\text{TE} = 0,53$ . Os autores atribuíram essa diminuição na  $\text{FC}_{\text{max}}$  a uma possível influência do mecanismo biológico da luz promovendo uma melhor recuperação dos valores dos parâmetros cardíacos pós-exercício, bem como uma possível melhora na extração de  $\text{O}_2$  pela musculatura periférica.

Uma diferença importante a ser considerada na comparação do presente estudo com os estudos de Alves et al. (2014) e Mezzaroba et al. (2018) é que, nesta pesquisa, as avaliações foram realizadas em meio líquido. As propriedades da água, como a pressão hidrostática e a temperatura, podem ser uma possível explicação para que a aplicação prévia da FBM não modificasse a FC pós-exercício máximo na natação, pois o principal efeito hidrostático no corpo humano é a redução da  $\text{FC}_{\text{max}}$ .

Graef e Kruel (2006) afirmam que, embora o mecanismo responsável por diminuir a FC durante a imersão não esteja totalmente claro, acredita-se que a principal explicação seja o aumento no retorno venoso que leva a um aumento no volume sanguíneo central e na pré-carga cardíaca. Em teste de esforço comparando teste de natação com corrida e ciclismo, a  $\text{FC}_{\text{max}}$  chega a ser entre 9-12 bpm menor quando comparada aos resultados de testes realizados em meio terrestre (GRAEF; KRUEL, 2006; LEAHY et al., 2019). Os autores explicam que, durante a natação, a FC é reduzida consideravelmente a uma compensação ao elevado volume sistólico causado pela posição corporal (decúbito), pela temperatura da água e pela redução do peso corporal devido à hidrostática.

Quando em exercício aquático (*e.g.*, treino ou competição de natação), as características básicas das funções circulatórias são alteradas com aumento do débito cardíaco e volume sistólico, além de perfusão em tecidos não musculares. Durante o exercício físico, o débito cardíaco máximo, a FC, o fluxo sanguíneo, o transporte de oxigênio, o LAn e a potência são 15% menores durante a imersão em água do que no exercício em terra e ar, mesmo em água termoneutra ( $25\text{-}29 \text{ }^\circ\text{C}$ ) (GARZON et al. 2015; PENDERGAST; LUNDGREN, 2009).

Outro fator a ser considerado é a grande termo condutibilidade da água comparada ao ar, fazendo com que as temperaturas aquáticas sejam mais baixas à condição termoneutra para contribuir com a redistribuição de sangue, de forma a mover o sangue da periferia para regiões centrais, a fim de tentar evitar a perda excessiva de calor corporal. Essa hipervolemia central gera aumentos no volume sistólico e no débito cardíaco, promovendo bradicardia reflexa derivada da imersão. Além disso, a diminuição da atividade nervosa simpática potencializa as respostas bradicárdicas na imersão (GRAEF; KRUEL, 2006).

A PSE (BORG, 2000) é a ferramenta usada para quantificar a percepção de esforço individual durante testes que demandam esforços físicos, como corrida, ciclismo e natação, (BELTRAME et al., 2018; ORSSATTO et al., 2019; RIGBY; HAGAN, 2019). No presente estudo, não foram encontradas evidências de que a aplicação prévia da FBM produza um efeito ergogênico sobre a PSE. Resultados semelhantes a este estudo foram encontrados por Peserico, Garozi e Machado (2020), bem como por Peserico, Zagatto e Machado (2019). Peserico, Garozi e Machado (2020) desenvolveram um estudo com 15 homens ativos que realizaram um teste incremental de corrida em esteira rolante recebendo diferentes doses de FBM antes da realização do exercício; os resultados da PSE, entre as condições experimentais, foram os seguintes: C =  $19,4 \pm 0,6$  UA; PLA,  $18,9 \pm 1,1$  UA; FBM 300 J =  $18,9 \pm 0,9$  UA; FBM 1200 =  $19,4 \pm 1,1$  UA e FBM 1800 J =  $19,4 \pm 0,9$  UA.

No estudo de Peserico, Zagatto e Machado (2019), desenvolvido com 30 homens divididos em dois grupos (PLA e FBM) que realizaram dois testes de corrida em esteira rolante, um teste incremental ( $V_{pico}$ ) e um teste de velocidade constante ( $t_{lim}$ ), os valores da PSE do grupo PLA foram: pré-teste  $19,7 \pm 0,6$  vs. pós-teste  $19,9 \pm 0,4$  UA; para o grupo FBM: pré-teste  $19,7 \pm 0,8$  vs. pós-teste  $19,9 \pm 0,3$  UA; no teste incremental para determinar a  $V_{pico}$  e no teste de  $t_{lim}$ , registrou-se o seguinte para o grupo PLA: pré-teste  $19,9 \pm 0,3$  vs. pós-teste  $19,8 \pm 0,4$  UA; para o grupo FBM: pré-teste  $19,9 \pm 0,4$  vs. pós-teste  $19,9 \pm 0,5$  UA. Os valores da PSE não diferiram inter e intragrupos nos momentos pré e pós-treinamento.

Contrariamente, os resultados dos estudos de Dellagrana et al. (2018) e Mezzaroba et al. (2018) mostram que se pode considerar um potencial efeitos ergogênico da aplicação da FBM sobre a PSE. Mezzaroba et al. (2018) observaram uma redução da PSE entre os estágios de  $8 - 14 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , durante teste incremental de corrida, na condição FBM em comparação à condição PLA. Dellagrana et al. (2018), que compararam diferentes doses de FBM (420, 840 e 1680 J), em teste de corrida em esteira ergométrica, encontraram uma redução nos valores

da PSE tanto no teste a velocidade de  $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  quanto no teste a  $9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  na condição FBM quando em comparação à condição C. Na velocidade de  $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , os valores da PSE para as condições foram: C ( $8,70 \pm 1,85 \text{ UA}$ ); PLA ( $7,63 \pm 1,54 \text{ UA}$ ); FBM 420 J ( $7,27 \pm 1,53 \text{ UA}$ ); FBM 840 J ( $7,03 \pm 1,52 \text{ UA}$ ) e FBM 1680 J ( $7,33 \pm 1,45 \text{ UA}$ ). Na velocidade  $9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , os valores foram: C ( $10,00 \pm 2,51 \text{ UA}$ ); PLA ( $9,17 \pm 2,33 \text{ UA}$ ); FBM 420 J ( $8,77 \pm 1,99 \text{ UA}$ ); FBM 840 J ( $8,50 \pm 1,61 \text{ UA}$ ) e FBM 1680 J ( $8,70 \pm 2,10 \text{ UA}$ ).

Neste estudo, a ausência de efeito ergogênico da aplicação prévia da FBM sobre a PSE pode ser explicada pela relação linear da PSE com o aumento da intensidade e duração dos exercícios, bem como com a FC e as concentrações de [La] sanguíneo (PESERICO, GAROZI; MACHADO, 2020). É importante observar que a escala de PSE (6-20) proposta por Borg (2000) foi elaborada para ser utilizada durante testes aeróbios de carga incremental em cicloergômetro, com incrementos de carga de quatro a seis minutos, o que difere fortemente do protocolo de teste utilizado neste estudo de um único esforço máximo que variou entre 1,05 e 5,30 minutos de duração. Isso nos leva a crer que, possivelmente, a escala de Borg (6-20) possa não ser ideal para a avaliação da PSE em esforços máximos únicos de curta duração, como na natação, pois a escala (6-20) possui referenciais numéricos com respectivos descritores que fornecem respostas que aumentam linearmente em função da demanda aeróbia: intensidade, tempo de esforço e FC, sendo que a amplitude de respostas numéricas entre seis e 20 corresponde fortemente à amplitude máxima de FC de um adulto jovem saudável, entre 60 e 200 bpm.

A análise da concentração de  $\text{LA}_{\text{pico}}$  não foi diferente entre as condições do presente estudo, concordando com resultados de estudos anteriores (DELLAGRANA et al., 2018; DUTRA et al., 2020; WANG; WANG., 2019). Dutra et al. (2020) submeteram 13 ciclistas recreacionais à aplicação prévia de duas doses diferentes de FBM (130, 260 J) ou PLA a realizarem teste até a exaustão em ciclo ergômetro. Não foi encontrada diferença entre as duas doses e o PLA (FBM 130 J  $9,93 \pm 2,02 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ; FBM 260 J  $10,53 \pm 2,27 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  e PLA  $10,25 \pm 2,17 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ). Uma recente meta-análise realizada por Wang; Wang (2019) com 20 estudos experimentais randomizados e controlados, em que participaram um total de 394 sujeitos, também não apontou para uma diferença entre PBM e PLA para a concentração de  $\text{LA}_{\text{pico}}$  (média de diferença,  $-0,19$ ; IC,  $-0,58 - 0,13$ ;  $P = 0,244$ ). Em outro estudo, Dellagrana et al. (2018) não encontraram diferença nas concentrações de  $\text{LA}_{\text{pico}}$  entre as condições C ( $11,78 \pm 3,08 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ), PLA ( $10,88 \pm 3,11 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ), FBM 420 J ( $10,92 \pm 2,53 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ).

Diferentemente, Leal Junior et al. (2009b), em estudo com 10 jogadores profissionais de voleibol, aplicaram LED 41,7 J e, imediatamente depois os sujeitos eram submetidos a um teste de contração voluntária máxima do músculo bíceps braquial até a exaustão. Os autores reportaram uma concentração de  $LA_{\text{pico}}$  significativamente menor no grupo LED 41,7 J ( $8,20 \pm 3,99 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) em comparação ao grupo PLA ( $11,50 \pm 3,21 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ). Os autores acreditam que a baixa concentração de lactato sanguíneo pós-exercício, na condição LED 41,7 J, pode ter sido causada por vários fatores, como melhora da microcirculação, redução da fadiga muscular ou melhora na remoção do lactato.

Mezzaroba et al. (2018) sugerem que os efeitos da FBM sobre a [La] estejam relacionados à sua capacidade de remoção, ocorrendo de forma mais prolongada após o término do exercício, o que estaria de acordo com os resultados apresentados por Machado et al. (2017), em estudo que verificou o efeito da FBM aplicada entre dois testes de corrida em esteira rolante, em que o tamanho de efeito da concentração de [La] entre as condições PBM e PLA, logo após o pós-teste 1, foi considerado trivial (0,10). Porém, 24 horas após o pós-teste 1, o tamanho de efeito entre as duas condições foi considerado moderado (-0,62), sendo a concentração de [La] menor na condição PBM do que na condição PLA. No presente estudo, não foi verificada a concentração de [La] após 24 ou 48 horas, mas imediatamente e somente após a execução do nado, assim como de três a cinco minutos após o esforço máximo para determinação do  $LA_{\text{pico}}$ , e que apresentou TE considerado trivial (PLA vs. FBM) nas três distâncias de nado (100, 200 e 400 m nado *crawl*).

O IBr pode ser um indicador da eficiência propulsiva, da melhora da habilidade técnica e um ótimo parâmetro técnico para predição do desempenho (CAPUTO et al., 2000; SWEETENHAM; ATKINSON, 2003). Quanto mais elevado for o IBr, mais adequada mecanicamente será a técnica utilizada, sendo que o nadador que apresentar para uma mesma velocidade de deslocamento uma maior DBr e, conseqüentemente, menor FBr, será mais eficiente (MEZZAROBA, 2014). Os resultados do presente estudo não evidenciam um efeito ergogênico da aplicação prévia da FBM sobre os parâmetros técnicos de eficiência de nado.

Se os efeitos da FBM sobre o sistema de produção de energia, tais como o aumento da produção de ATP, menor concentração e aumento na velocidade de remoção La sanguíneo, (CHUNG et al., 2012; LARKIN et al., 2012; LEAL JUNIOR et al., 2010; XU et al., 2008), tivessem sido evidenciados, possivelmente, os efeitos ergogênicos da FBM seriam observados nos resultados das variáveis DBr, FBr e IBr, uma vez que mudanças em variáveis técnicas,

como a DBr, podem estar conectadas a mudanças simultâneas em variáveis fisiológicas, como concentração de lactato sanguíneo, sugerindo que há uma relação estreita entre fatores fisiológicos de fadiga metabólica e a piora na habilidade de nado (DEKERLE et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2012).

Durante a busca por referencial teórico, não foram encontrados estudos que verificassem o uso de recursos ergogênicos e sua influência sobre os parâmetros técnicos de eficiência de nado, como DBr, FBr e IBr. Contudo, estudos que analisaram os efeitos do treinamento, treinamento de força fora da água e o treinamento em água (MORAIS et al., 2018; RIBEIRO; LIMA; GOBATTO, 2010; SADOWSKI et al., 2012) apresentaram mudanças nos parâmetros técnicos de eficiência de nado. Moraes et al. (2018) avaliaram 27 nadadores (masculino e feminino) com média de  $13,33 \pm 0,85$  anos de idade durante 34 semanas para observar os efeitos de um programa de treino de força em terra, focado na resistência de força e associado ao treinamento em água. O treinamento de força consistiu em exercícios calistênicos (*e.g.*, abdominais, flexão de braço no solo e *burpees*). Os resultados mostraram um aumento tanto na DBr quanto na Fbr, porém, por meio de modelo matemático, os autores concluíram que o efeito direto mais alto sobre o desempenho foi da FBr, ao observarem que, para 1Hz aumentado na FBr, ocorria uma diminuição entre 0,71 e 0,91 s do tempo final na prova simulada de 100 metros nado *crawl* em piscina de 25 metros.

Sadowski et al. (2012) utilizaram um aparelho isocinético para o treinamento de força em terra durante seis semanas para verificar os possíveis efeitos desse treinamento sobre o desempenho e os parâmetros de braçada em 26 nadadores do sexo masculino com média de 14 anos de idade que foram divididos em dois grupos (experimental: 14 nadadores e controle: 12 nadadores). Os nadadores do grupo experimental participaram do treinamento de força e do treinamento em água. Os nadadores do grupo C participaram somente dos treinamentos em água. Os resultados mostraram que os nadadores do grupo experimental diminuíram a FBr em 4,30% e o grupo controle aumentou a FBr em 6,28%. Por sua vez, a DBr aumentou 5,98% no grupo experimental e diminuiu 5,36% no grupo controle. Esse aumento na DBr e a diminuição da FBr apontam para uma melhora no desempenho, pois McGibbon et al. (2018) observaram que, apesar da ótima combinação entre DBr e FBr ser altamente individual, nadadores olímpicos alcançam altas velocidades de nado devido ao aumento da DBr na maioria das provas de nado.

Embora não tenha sido encontrada uma diferença significativa nos tempos finais de

nado de cada distância, analisadas separadamente nas três condições do presente estudo, observou-se uma melhora (1,04%) no tempo final dos 200 metros nado *crawl* na condição FBM quando comparada à condição C e uma melhora (2,47%) no tempo final dos 400 metros nado *crawl* em comparação às condições PLA e C. Semelhante a este estudo, Zagatto et al. (2016) não encontraram diferenças significantes nos tempos de nado do teste de desempenho de 200 m nado *crawl*, ( $P > 0,05$ ; ES = 0,29) entre os grupos FBM ( $154,2 \pm 12,2$  s) e PLA ( $155,1 \pm 6,7$  s) no momento pré-intervenção e ( $152,6 \pm 13,8$  s vs.  $155,9 \pm 6,7$  s) no momento pós-intervenção. Observa-se que os tempos médios de nado pré e pós do grupo PLA permanecem praticamente inalterados, porém o tempo médio de nado pós-intervenção do grupo FBM foi 1,6 s (1,1%) menor do que o tempo médio pré-intervenção, ou seja, os jogadores de polo aquático do grupo FBM foram mais rápidos no teste de 200 m nado *crawl* após o período de treinos e mais aplicação de FBM.

Apesar de parecer uma melhora sem importância em termos estatísticos, em ambos os estudos, para o desempenho esportivo em modalidades cíclicas, como a natação, cada centésimo de segundo importa, visto que, no último Campeonato Universitário Estadual do Paraná (FDAP, 2019), as diferenças de tempos finais de nado entre o campeão da prova, o segundo e terceiro lugares foram de: (-0,33 s e -2,29 s) nos 100 metros nado *crawl*, (- 0,05 s e -8,34 s) nos 200 metros nado *crawl* e (-18,88 s e -31,93 s) nos 400 *crawl*, sendo que as diferenças de tempos finais de nado entre a condição FBM e a condição C, no presente estudo, foram de: (-0,49 s) nos 100 metros nado *crawl*, (-1,54 s) para os 200 metros nado *crawl* e (- 1,85 s) para os 400 metros nado *crawl*. Isso evidencia, de forma ecológica, um possível efeito ergogênico da FBM sobre o desempenho no nado *crawl* nas distâncias utilizadas no presente estudo.

A aplicação da FBM em estudos que procuram verificar os efeitos ergogênicos sobre o desempenho em exercícios físicos não possuem um protocolo único descrito na literatura. A quantidade de pontos de aplicação, a dose de energia aplicada e o momento em que se deve aplicar a FBM variam de estudo para estudo. Rossato et al. (2018) aplicaram uma quantidade total de 270 J em nove pontos (30 J por ponto) da musculatura do quadríceps da perna direita. Pinto et al. (2016) usaram uma quantidade total 1020 J divididos em 16 pontos de aplicação (63,75 J por ponto) em ambos os membros inferiores, em nove pontos nos músculos do quadríceps, quatro pontos nos isquiotibiais e dois pontos nos gastrocnêmicos, antes do teste velocidade/agilidade, *Bangsbo Sprint Test*. Ferraresi et al. (2015) aplicaram o LED (850 nm) antes de uma partida de voleibol masculina, em seis pontos dos grupos musculares do

quadríceps, isquiotibiais e tríceps sural comparando os efeitos de doses de energia diferentes, 630 J, 1260 J e 1890 J. De Marchi et al. (2012) usaram uma quantidade de energia de 360 J em 12 pontos de cada membro inferior distribuídos em seis pontos nos músculos do quadríceps, quatro pontos nos isquiotibiais e dois pontos nos gastrocnêmicos antes do teste de corrida incremental até a exaustão em esteira rolante. Observa-se que, nos estudos citados, todos apresentaram resultados favoráveis à aplicação da FBM.

Também é pertinente destacar o fato de que, nos estudos de Lanferdini et al. (2017a), Lanferdini et al. (2017b), Paolillo et al. (2013), De Marchi et al. (2012), Paolillo et al. (2011), bem como em outros estudos realizados em modalidades aeróbias, a FBM foi aplicada somente nos membros inferiores. Em 39 estudos revisados por Vanin et al. (2017) e em mais 27 estudos publicados entre 2018 e 2019 (*e.g.*, DE MARCHI et al., 2018; DE PAIVA et al., 2019; HEISKANEN; HAMBLIN, 2018; LIMA; SÉRGIO; FONSECA, 2019; MALTA et al., 2019; MIRANDA et al., 2018; ROSSATO et al., 2018), encontrados durante a busca por referencial teórico para este estudo, não foram encontrados estudos em que a FBM tenha sido aplicada em grandes grupos musculares do tronco. Os estudos que aplicaram a FBM nos membros superiores tiveram como objetivo analisar efeitos da FBM em grupos musculares de pequeno tamanho (*e.g.*, bíceps braquial) durante a realização de exercícios resistidos (*e.g.*, flexão do cotovelo com pesos livres do braço dominante e não dominante) (LEAL JÚNIOR et al., 2009a; LEAL JÚNIOR et al., 2009b; LEAL JÚNIOR et al., 2010).

A falta estudos que analisassem a aplicação da FBM em grandes grupos musculares do tronco (dorsal e peitoral), principalmente em exercício aeróbio, dificulta a comparação dos resultados obtidos no presente estudo. A grande quantidade de estudos com aplicação da FBM nos membros inferiores pode estar relacionada aos estudos de Ørtenblad et al. (2018), que observaram que a maioria dos esportes olímpicos envolve, principalmente, as pernas e a parte inferior do corpo, já que poucas modalidades olímpicas combinam a parte superior e inferior do corpo, como na natação, remo e esqui *cross-country*, para o seu desempenho esportivo.

Os poucos estudos que compararam diretamente os mecanismos fisiológicos dos músculos dos braços e das pernas indicam que os músculos do braço são menos oxidativos e menos capazes de extrair oxigênio da circulação, independentemente do *status* do treinamento, com maior variabilidade no fluxo sanguíneo durante o exercício. Além disso, o exercício dos músculos do braço, em esqui *cross-country* realizado em esteira rolante, apresentou uma menor oxidação de gordura em comparação aos músculos da perna

(CALBET et al., 2005; HELGE, 2010; VAN HALL et al., 2003,).

Vanin et al. (2017) observam que, em 75% dos estudos que encontraram efeitos ergogênico para aplicação prévia da FBM, foram utilizadas doses de 60 a 300 J em grandes grupos musculares (*i.e.*, quadríceps) e em 85% dos estudos doses de 20 a 60 J para os pequenos grupos musculares (*i.e.*, bíceps braquial). No presente estudo, foram utilizadas doses uniformes (30 J) em todos os 14 pontos de aplicação tanto pequenos (tríceps, deltoides e gastrocnêmicos) quanto grandes grupos musculares (dorsais, peitoral e quadríceps) e grupos musculares medianos (isquiotibiais).

Neste estudo apenas os pequenos grupos musculares receberam doses que estariam de acordo com os parâmetros apresentados pelos autores, o que também pode ter contribuído para que a FBM não tenha surtido efeito ergogênico. Essa ideia pode ser corroborada por Veiner; Grgic; Mikulic, (2019), que estudaram o efeito da ingestão de cafeína sobre o desempenho em testes de extensão e flexão do joelho em aparelho isocinético, salto vertical, supino e remo ergômetro, em 19 homens com média de  $25 \pm 5$  anos de idade. Os resultados por eles encontrados indicam que a ingestão de cafeína surtiu efeito ergogênico na maioria das medidas de força e potência da musculatura dos membros inferiores, além de aumentar a média da potência da musculatura extensora do joelho, suportando a ideia de que o consumo de cafeína pode ter tido um efeito mais pronunciado em grandes grupos musculares do corpo, enquanto o efeito em grupos musculares menores, como os isquiotibiais, foi menor.

Como limitações podemos destacar que a  $FC_{max}$  não foi verificada durante a execução dos testes, mas para poder permitir um desempenho máximo livre, reduzir o impacto de fatores externos (*e.g.*, compressão no peito, ou a sensação de deslocamento da cinta do monitor cardíaco durante a saída e as viradas) nós adotamos a medida da FC a partir da colocação do cinto no momento da conclusão do percurso de nado. Embora não tenham sido observadas diferenças nos resultados obtidos e as variações nos valores de FC pós-exercício estejam dentro do esperado para exercícios realizados com o máximo esforço, o procedimento necessita de estudos que confirmem sua confiabilidade.

Apontamos também a baixa dose (30 J) usada e a aplicação em apenas um ponto nos grandes grupos musculares, que foi baseada em estudos anteriores com resultados que apontavam para um possível efeito da FBM sobre variáveis de desempenho e indicadores do metabolismo aeróbio (ALVES et al., 2014; FERRARESI et al., 2015).

Também acreditamos que a escolha da escala (6-20) proposta por Borg (2000) usada neste estudo pode não ser ideal para a avaliação da PSE em esforços únicos máximos de curta duração como na natação.

A partir dos resultados deste estudo, sugere-se que futuros estudos investiguem diferentes parâmetros de aplicação de FBM, diferentes doses (menores e maiores), utilizando outras distâncias de nado (acima de 400 metros) em nadadores com outras características para que se possa verificar os potenciais efeitos ergogênicos da FBM na capacidade aeróbia e no desempenho em natação.

## 9 CONCLUSÃO

Com base nos resultados encontrados no presente estudo quanto aos efeitos agudos da FBM sobre a VC e o desempenho no nado *crawl*, conclui-se que a aplicação prévia de FBM, utilizando-se LED não modificou as seguintes variáveis determinadas no desempenho máximo no nado *crawl* nas distâncias de 100, 200 e 400 metros em nadadores paranaenses de 18 a 30 anos de idade:

- Velocidade crítica
- Frequência cardíaca máxima, percepção subjetiva de esforço e lactato pico;
- Tempo de nado, velocidade média e os índices de eficiência de nado (FBr, DBr e IBr);

Portanto, diante do exposto não sugerimos a aplicação de FBM seguindo protocolo semelhante ao deste estudo previamente ao desempenho em natação, para nadadores com as características dos participantes deste estudo quando o objetivo for alcançar potenciais efeitos ergogênicos.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE-PONTES, G. M. et al. Effect of pre-irradiation with different doses, wavelengths, and application intervals of low-level laser therapy on cytochrome c oxidase activity in intact skeletal muscle of rats. **Lasers in Medical Science**, v. 30, n. 1, p. 59–66, 2015.
- ALTIMARI, J. M. et al. Correlations between anaerobic threshold determination protocols and aerobic performance in adolescent swimmers. **Revista Brasileira De Medicina**, v. 13, n. 4, p. 221–226, 2007.
- ALVES, M. A. DA S. et al. Acute effects of low-level laser therapy on physiologic and electromyographic responses to the cardiopulmonary exercise testing in healthy untrained adults. **Lasers in Medical Science**, v. 29, n. 6, p. 1945–1951, 2014.
- ANDERS, J. J. et al. Low power laser irradiation alters the rate of regeneration of the rat facial nerve. **Lasers in surgery and medicine**, v. 13, n. 1, p. 72–82, 1993.
- ANDERS, J. J.; LANZAFAME, R. J.; ARANY, P. R. Low-Level Light/Laser Therapy Versus Photobiomodulation Therapy. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 33, n. 4, p. 183–184, 2015.
- ANTOGNAZZA, M. R.; AZIZ, I. A.; LODOLA, F. Use of exogenous and endogenous photomediators as efficient ROS modulation tools: Results and perspectives for therapeutic purposes. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2019, 2019.
- ANTONIALLI, 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, 2014.
- AQUINO JR, A. E. et al. Low level laser therapy combined with swimming training improved the lipid profile en rats fed with high fat diet. **Lasers in medical science**, v. 28, n. 5, p. 1271–1280, 2013.
- BARONI, B. M. et al. Effect of low-level laser therapy on muscle adaptation to knee extensor eccentric training. **European Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 3, p. 639–647, 2014.
- BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 14, n. 5, p. 377–381, 1982.
- BORG, G. A. V. **Escalas para dor e esforço percebidos**. São Paulo: Manole, 2000.
- 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, p. 57–67, 2013.
- BRIM III, H. H. et al. Can critical velocity and anaerobic swimming capacity be determined from estimated performance times in collegiate swimmers? **Journal of Exercise Physiology Online**, v. 20, n. 1, p. 23–32, 2017.
- BURAVLEV, E. A. et al. Effects of laser and LED radiation on mitochondrial respiration in experimental endotoxic shock. **Lasers in Medical Science**, v. 28, n. 3, p. 785–790, 2013.

- CAMPOS, E. Z. et al. Anaerobic contribution determined in swimming distances: Relation with performance. **Frontiers in Physiology**, v. 8, n. OCT, p. 1–6, 2017a.
- CAMPOS, E. Z. et al. Comparison between peak oxygen consumption and its associated speed determined through an incremental test and a 400-m effort: Implication for swimming training prescription. **Science and Sports**, v. 32, n. 1, p. e37–e41, 2017b.
- CAPUTO, F. et al. Características da braçada em diferentes distâncias no estilo crawl e correlações com a performanc. **Rev Bras Cienc e Mov**, v. 8, n. 3, p. 7–13, 2000.
- CHUNG, H. et al. The Nuts and Bolts of Low-level Laser (Light) Therapy. **Ann. Biomed Eng.**, v. 40, n. 2, p. 516–533, 2012.
- COSTA, A. M. et al. Can the curriculum be used to estimate critical velocity in young competitive swimmers? **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 8, n. 1, p. 17–23, 2009.
- COSTA, A. M. DA; COSTA, M. J.; MARINHO, D. A. Velocidade crítica em natação : uma revisão da literatura Critical velocity in swimming : a literature review. **Motricidade**, v. 11, n. 3, p. 158–170, 2015.
- DALAMITROS, A. A. et al. Is speed reserve related to critical speed and anaerobic distance capacity in swimming? **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 7, p. 1830–1836, 2015.
- DALMONTE, M. E. et al. Control of Respiration by Cytochrome *c* Oxidase in Intact Cells. **Journal of Biological Chemistry**, v. 284, n. 47, p. 32331–32335, 2009.
- 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, 2012.
- DE MARCHI, T. et al. Low-level laser therapy (LLLT) in human progressive-intensity running: Effects on exercise performance, skeletal muscle status, and oxidative stress. **Lasers in Medical Science**, v. 27, n. 1, p. 231–236, 2012.
- 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, 2017.
- DEKERLE, J. et al. Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate, and anaerobic capacity in relation to front crawl swimming performances. **International Journal of Sports Medicine**, v. 23, n. 2, p. 93–98, 2002.
- DEKERLE, J. et al. Challenges of using critical swimming velocity. From scientists to coaches. **Port J Sport Sci 6(Suppl 2)**, v. 6, n. 3, p. 296–299, 2006.
- DENADAI, B. S.; GRECO, C. C.; DONEGA, M. R. Comparação entre a velocidade de Limiar Anaeróbio e a velocidade Crítica em Nadadores com idade de 10 a 15 anos. **Rev Paul Educ Fís**, v. 11, n. 2, p. 128–134, 1997.
- DENADAI, B. S.; GRECO, C. C.; TEIXEIRA, M. Blood lactate response and critical speed in swimmers aged 10-12 years of different standards. **Journal of Sports Sciences**, v. 18, n. 10, p. 779–784, 2000.

DUTRA, Y. M. et al. Acute photobiomodulation by LED does not alter muscle fatigue and cycling performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 2020.

ETTEMA, J. H. Limits of human performance and energy-production. **Internationale Zeitschrift für Angewandte Physiologie Einschliesslich Arbeitsphysiologie**, v. 22, n. 1, p. 45–54, 1966.

FERNANDES, R. J. Swimming Critical Velocity Physiological Meaning is Affected by Testing Distances. **International Physiology Journal**, n. 3, p. 15–22, 2018.

FERNANDES, R.; VILAS-BOAS, J. Time to Exhaustion at the VO<sub>2</sub>max Velocity in Swimming: A Review. **Journal of Human Kinetics**, v. 32, n. 1, p. 121–134, 2012.

FERRARESI, C. et al. Low-level laser (light) therapy increases mitochondrial membrane potential and ATP synthesis in C2C12 myotubes with a peak response at 3-6 h. **Photochemistry and Photobiology**, v. 91, n. 2, p. 411–416, 2015.

FERRARESI, C.; HAMBLIN, M. R.; PARIZOTTO, N. A. Low-level laser (light) therapy (LLLT) on muscle tissue: performance, fatigue and repair benefited by the power of light. **Photonics Lasers Med.**, v. 1, n. 4, p. 267–286, 2012.

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, 2016.

FRANCISCO, C. DE O. et al. Effects of light-emitting diode therapy (LEDT) on cardiopulmonary and hemodynamic adjustments during aerobic exercise and glucose levels in patients with diabetes mellitus: A randomized, crossover, double-blind and placebo-controlled clinical trial. **Complementary Therapies in Medicine**, v. 42, p. 178–183, 2019.

FRANKEN, M.; ZACCA, R.; CASTRO, F. A. DE S. Velocidade crítica em natação : fundamentos e aplicação Origem do conceito. **Motriz**, v. 17, n. 1, p. 209–222, 2011.

FRITSCH, C. G. et al. Effects of low-level laser therapy applied before or after plyometric exercise on muscle damage markers: randomized, double-blind, placebo-controlled trial. **Lasers in Medical Science**, v. 31, n. 9, p. 1935–1942, 2016.

GAROZI, L.; PESERICO, C.; MACHADO, F. Does previous application of photobiomodulation using LEDs at different energy doses modifies the peak running velocity and physiological parameters? A randomized, crossover, double-blind, and placebo-controlled study. **Journal of Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery**, p. 1–7, 2020.

GUARALDO, S. A. et al. The effect of low-level laser therapy on oxidative stress and functional fitness in aged rats subjected to swimming: an aerobic exercise. **Lasers in Medical Science**, v. 31, n. 5, p. 833–840, 2016.

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, 2010.

HUANG, Y.-Y. et al. Biphasic Dose Response in Low Level Light Therapy. **Dose-Response**, v. 7, n. 4, p. dose-response.0, 2009.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. . Generalized equations for predicting body density of men. **Br J Nutr**, v. 40, n. 3, p. 497–504, 1978.

- KALVA-FILHO, C. A. et al. RELATIONSHIP BETWEEN AEROBIC AND ANAEROBIC PARAMETERS FROM 3-MINUTE ALL-OUT TETHERED SWIMMING AND 400-M MAXIMAL FRONT CRAWL EFFORT CARLOS. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 1, p. 238–245, 2015.
- KALVA-FILHO, C. A. et al. Determination of VO<sub>2</sub> -Intensity Relationship and MAOD in Tethered Swimming. **International Journal of Sports Medicine**, v. 37, p. 687–693, 2016.
- 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, p. 1–17, 1999.
- KARU, T. I. Multiple roles of cytochrome c oxidase in mammalian cells under action of red and IR-A radiation. **IUBMB Life**, v. 62, n. 8, p. 607–610, 2010.
- KNEEBONE, W. J. Practical Applications of Low Level Laser Therapy. **Practical Pain Management**, v. november/d, n. December, p. 1–4, 2006.
- LANFERDINI, F. J. et al. Low-Level Laser Therapy Improves Performance and Reduces Fatigue in Competitive Cyclists. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, 2017a.
- LANFERDINI, F. J. et al. Low-level laser therapy improves the VO<sub>2</sub> kinetics in competitive cyclists. **Lasers in Medical Science**, p. 8, 2017b.
- LARKIN, K. A. et al. Limb blood flow after class 4 laser therapy. **Journal of Athletic Training**, v. 47, n. 2, p. 178–183, 2012.
- LEAL-JUNIOR, E. C. P. et al. Effect of phototherapy (low-level laser therapy and light-emitting diode therapy) on exercise performance and markers of exercise recovery: a systematic review with meta-analysis. **Lasers in Medical Science**, v. 30, n. 2, p. 925–939, 2015.
- LEAL, 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, 2009.
- 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 & Sports Physical Therapy**, v. 40, n. 8, p. 524–532, 2010.
- 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, 2009.
- LIMA, A. M. C. T.; SÉRGIO, L. P. DA S.; FONSECA, A. DE S. DA. Photobiomodulation via multiple-wavelength radiations. **Laser in Medical Science**, p. 10, 2019.
- LUO, L. et al. Effects of low-level laser therapy on ROS homeostasis and expression of IGF-1 and TGF-β<sub>1</sub> in skeletal muscle during the repair process. **Lasers in Medical Science**, v. 28, n. 3, p. 725–734, 2013.
- MACHADO, F. A. et al. Light-emitting diodes (LED) therapy applied between two running time trials has a moderate effect on attenuating delayed onset muscle soreness but does not

- change recovery markers and running performance. **Science and Sports**, v. 32, n. 5, p. 286–294, 2017.
- MACHADO, M. V. et al. A influência de diferentes distâncias na determinação da velocidade crítica em nadadores. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 11, n. 2, p. 190–194, 2009.
- MACHADO, M. V. et al. Does critical velocity represent the maximal lactate steady state in youth swimmers? **Science and Sports**, v. 34, n. 3, p. e209–e215, 2019.
- MAGLISCHO, E. W. **Nadar mas rapido - tratado completa de natacion**. Barcelona: Editoriaial Hispano Europea, 1995.
- MANTEIFEL, V. M.; KARU, T. I. Structure of mitochondria and activity of their respiratory chain in successive generations of yeast cells exposed to He-Ne laser light. **Biology Bulletin**, v. 32, n. 6, p. 556–566, 2005.
- MEZZAROBA, P. V. et al. LED session prior incremental step test enhance VO2maxin running. **Lasers in Medical Science**, p. 1–8, 2018.
- MEZZAROBA, P. V.; MACHADO, F. A. Effect of age, anthropometry, and distance in stroke parameters of young swimmers. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 9, n. 4, p. 702–706, 2014.
- MEZZAROBA, P. V.; PAPOTI, M.; MACHADO, F. A. Comparison between Lactate Minimum and Critical Speed Throughout Childhood and Adolescence in Swimmers. **Pediatric Exercise Science**, v. 26, n. 3, p. 274–280, 2014.
- MILAN-MATTOS, J. C. et al. Acute effect of photobiomodulation using light-emitting diodes (LEDs) on baroreflex sensitivity during and after constant loading exercise in patients with type 2 diabetes mellitus. **Lasers in Medical Science**, 2019.
- MIRANDA, E. F. et al. Using pre-exercise photobiomodulation therapy combining super-pulsed lasers and light-emitting diodes to improve performance in progressive cardiopulmonary exercise tests. **Journal of Athletic Training**, v. 51, n. 2, p. 129–135, 2016.
- MIRANDA, E. F. et al. When is the best moment to apply photobiomodulation therapy ( PBMT ) when associated to a treadmill endurance-training program ? A randomized , triple-blinded , placebo-controlled clinical trial. **Laser in Medical Science**, p. 9, 2017.
- MORITANI, T. et al. Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. **Ergonomics**, v. 24, n. 5, p. 339–350, 1981.
- 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, p. 1957–1970, 2016a.
- NAMPO, F. K. et al. Effect of low-level phototherapy on delayed onset muscle soreness: a systematic review and meta-analysis. **Lasers in Medical Science**, v. 31, n. 1, p. 165–177, 2016b.
- OLBRECHT, J. et al. Relationship between swimming velocity and lactic concentration during continuous and intermittent training exercises. **International Journal of Sports Medicine**, v. 6, n. 2, p. 74–77, 1985.

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, n. June, p. 1–11, 2019.

ØRTENBLAD, N. et al. The muscle fiber profiles, mitochondrial content, and enzyme activities of the exceptionally well-trained arm and leg muscles of elite cross-country skiers. **Frontiers in Physiology**, v. 9, n. AUG, p. 1–11, 2018.

PAOLILLO, F. R. et al. Effects of Infrared-LED Illumination Applied During High-Intensity Treadmill Training in Postmenopausal Women. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 29, n. 9, p. 639–645, 2011.

PAOLILLO, F. R. et al. Infrared LED irradiation applied during high-intensity treadmill training improves maximal exercise tolerance in postmenopausal women: A 6-month longitudinal study. **Lasers in Medical Science**, v. 28, n. 2, p. 415–422, 2013.

PAPOTI, M. et al. Utilização de métodos invasivo e não invasivo na predição das performances aeróbia e anaeróbia em nadadores de nível nacional. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 5, n. 1, p. 7–14, 2005.

PESERICO, C. S. et al. Effects of photobiomodulation associated with endurance running training on oxidative stress in untrained men. **Sport Sciences for Health**, n. 0123456789, 2019.

PICCOLI, C. et al. Control by cytochrome *c* oxidase of the cellular oxidative phosphorylation system depends on the mitochondrial energy state. **Biochemical Journal**, v. 396, n. 3, p. 573–583, 2006.

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, 2016.

PLATONOV, V. **Treinamento desportivo para nadadores de alto nível - manual para os técnicos do século XXI**. São Paulo: Phorte Editora, 2005.

RAIMUNDO, J. A. G. et al. Velocidade crítica e índices de capacidade aeróbia na natação: uma revisão da literatura. **Revista brasileira de ciencias e movi**, v. 25, n. 4, p. 153–165, 2017.

REDDY, G. K. Photobiological basis and clinical role of low-intensity lasers in biology and medicine. **Journal of clinical laser medicine & surgery**, v. 22, n. 2, p. 141–150, 2004.

RIGBY, J. H.; HAGAN, A. M. A Novel Blue-Red Photobiomodulation Therapy Patch Effects on a Repetitive Elbow Flexion Fatigue Task. **Journal of Sport Rehabilitation**, p. 24, 2019.

RODRÍGUEZ, F. A.; MADER, A. Energy systems in swimming TENNIS project View project BIVA in Exercise and Sports Practice View project ENERGY SYSTEMS IN SWIMMING. **World Book of Swimming: From Science to Performance**, n. May, p. 225–240, 2010.

SILVA, A. A. DE O. et al. Pre-exercise low-level laser therapy improves performance and levels of oxidative stress markers in mdx mice subjected to muscle fatigue by high-intensity exercise. **Lasers in Medical Science**, v. 30, n. 6, p. 1719–1727, 2015.

SILVEIRA, P. C. L. et al. Evaluation of mitochondrial respiratory chain activity in muscle healing by low-level laser therapy. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 95, n. 2, p. 89–92, 2009.

SIMIONATO, A. R. **Caracterização do perfil de resposta do o 2 durante e após o desempenho de 200 metros máximo e sua aplicação na avaliação da aptidão aeróbia máxima ( o. [s.l.] Universidade Estadual Paullista Júlio de Mesquita filho, 2017.**

SIRI, W. E. Techniques for measuring body composition. **Washington DC - National Academy Press**, p. 1961, 1961.

STAGER, J. M.; TANNER, D. A. **Swimming - Handbook of Sports Medicine and Science**. New Delhi: [s.n.].

SUSSAI, D. A. et al. Low-level laser therapy attenuates creatine kinase levels and apoptosis during forced swimming in rats. **Lasers in Medical Science**, v. 25, n. 1, p. 115–120, 2010.

SWEETENHAM, B.; ATIKINSON, J. **Championship swim training – workout and programs from the world’s 1st coach**. EUA: Human Kinetics, 2003.

TOUBEKIS, A. G.; TOKMAKIDIS, S. P. Metabolic responses at various intensities relative to critical swimming velocity. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 6, p. 1731–1741, 2013.

TSAI, M.-C.; THOMAS, S. G. 3 min all test out TEst in swimming. **International journal of sports physiology and performance**, 2016.

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, p. 181–214, 2017.

VIEIRA, W. H. DE B. et al. Effects of low-level laser therapy (808 nm) on isokinetic muscle performance of young women submitted to endurance training: A randomized controlled clinical trial. **Lasers in Medical Science**, v. 27, n. 2, p. 497–504, 2011.

WAKAYOSHI, K. et al. A simple method for determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. **International journal of sports medicine**, v. 13, n. 5, p. 367–71, 1992a.

WAKAYOSHI, K. et al. Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 64, n. 2, p. 153–157, 1992b.

WANG, D.; WANG, X. Ef fi cacy of laser therapy for exercise-induced fatigue. **Medicine**, v. 98, n. 38, p. 1–10, 2019.

WILKE, K.; MADSEN, O. **El entrenamiento del nadador juvenil**. Argentina: Editorial Stadium, 1994.

XU, X. et al. Low-Intensity Laser Irradiation Improves the Mitochondrial Dysfunction of C2C12 Induced by Electrical Stimulation. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 26, n. 3, p. 197–202, 2008.

ZACCA, R. et al. Critical velocity, anaerobic distance capacity, maximal instantaneous velocity and aerobic inertia in sprint and endurance young swimmers. **European Journal of Applied Physiology**, v. 110, n. 1, p. 121–131, 2010.

ZAMPARO, P.; CORTESI, M.; GATTA, G. The energy cost of swimming and its determinants. **European Journal of Applied Physiology**, v. 120, n. 1, p. 41–66, 2020.

## Anexo I

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Caro (a) atleta, gostaríamos de convidá-lo(a) a participar como voluntário(a) do estudo intitulado “**EFEITO AGUDO DA FOTOBIMODULAÇÃO SOBRE A VELOCIDADE CRÍTICA E O DESEMPENHO NO NADO CRAWL**” desenvolvido pelo doutorando Cesar Luis Teixeira, sob a orientação da Profa. Dra. Fabiana Andrade Machado, do Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física UEM/UEL. O objetivo do estudo é analisar o efeito agudo da fotobimodulação sobre a velocidade crítica e o desempenho no nado *crawl* nas distâncias de 100, 200 e 400 metros. Os resultados do estudo contribuirão para um melhor monitoramento do desempenho e prescrição do treinamento de nadadores de competição.

#### **Local de realização dos testes**

Os testes de nado e demais procedimentos serão realizados na Academia e Escola de Natação MG, em piscina coberta e aquecida, em datas previamente agendadas, devendo os nadadores participantes comparecerem devidamente alimentados e preparados para tal.

#### **Procedimentos dos testes**

Os nadadores participantes serão submetidos, primeiramente, à avaliação antropométrica (determinação da massa corporal, estatura, tamanho de membros superiores e inferiores). Após esse processo, os atletas realizarão execuções de nado *crawl* na distância (100, 200 ou 400m) nas condições LED, PLA e C definidas previamente por sorteio. Todos os testes de nado serão separados por 48 horas e serão coletadas amostras de uma gota de 25µl de sangue do lóbulo da orelha do atleta nos momentos pré e pós-testes, no 3° e 5° minutos do término de cada teste para análise das concentrações de lactato sanguíneo. As coletas sanguíneas serão feitas por uma pessoa que tem conhecimento e experiência na realização desse procedimento para fins de pesquisa utilizando materiais descartáveis. O procedimento da coleta de uma gota de sangue do lóbulo da orelha é um método indolor.

#### **Aplicação do LED**

A segurança para utilização e aplicação de LED em animais e humanos já foi demonstrada na literatura, tratando-se de um método indolor; para tal procedimento, será utilizado o método pontual com contato direto do equipamento sobre o local irradiado. A aplicação ocorrerá antes dos testes, ao longo do eixo de distribuição das fibras musculares do quadríceps e vasto lateral. O comprimento de onda será de 850 nm com frequência contínua e energia irradiada total de 60J por cluster, seguindo recomendações de estudos já realizados.

#### **Testes de nado nas distâncias 100, 200 e 400 metros**

As avaliações da execução do nado *crawl* em máximo desempenho serão realizadas em piscina de 25 metros (semiolímpica). Para a determinação do máximo desempenho nas três distâncias, os nadadores farão aquecimento determinados pelo técnico e receberão a aplicação de LED ou PLA ou sem aplicação (C). Após isso, serão instruídos a nadar na maior velocidade possível, sendo o tempo de prova registrado para cálculo da velocidade média e a frequência cardíaca será monitorada ao final do percurso.

**Divulgação dos resultados obtidos**

Os nadadores tomarão conhecimento de todos os resultados obtidos no trabalho. Todos os dados advindos da pesquisa serão de propriedade do pesquisador e serão divulgados em congressos e revistas de caráter científico pertinentes à área de aplicação na forma de artigos. Para tanto, sempre se resguardará a identidade dos nadadores, não havendo nenhum outro interesse que não o científico na divulgação dos resultados. Portanto, necessitamos do consentimento dos(as) senhores(as) tanto para a realização dos testes quanto para que os dados obtidos possam ser divulgados na literatura científica da área. Informamos que a participação é totalmente voluntária, com plena liberdade para negarem o consentimento ou se retirarem do estudo a qualquer momento. Também informamos que os nadadores não receberão nenhuma forma de pagamento, bem como não possuirão despesas financeiras por participarem das avaliações.

**Responsabilidade sobre os procedimentos experimentais****Potenciais riscos**

Os responsáveis pelos testes se comprometem em realizá-los dentro dos padrões e normas de segurança, mostrando-se conhecedores dos procedimentos a serem realizados. Informamos que, após a realização dos testes, poderão ocorrer possíveis desconfortos, tais como: cansaço, dor muscular e transpiração, que serão semelhantes aos sentidos pelos(as) senhores(as) durante a prática rotineira de exercícios físicos e treinamento, visto que, como atletas, essas sensações são habitualmente sentidas, mas em nada acarretam dano ao organismo e são amenizados por meio de um descanso monitorado por profissionais de Educação Física e pelos próprios treinadores habituados a essa situação e aos desconfortos. Os profissionais realizarão todos os procedimentos necessários até que o voluntário esteja em condições basais (pré-exercício) e os sintomas já tenham desaparecido. Ademais, para a diminuição desses desconfortos, as sessões de avaliação serão planejadas de forma a respeitar o tempo necessário de descanso para cada pessoa. Para a participação no estudo, será necessária a apresentação de um atestado médico (cópia do atestado enviado à FDAP), atestando e assegurando plenas condições físicas de participar dos testes de esforço.

**Potenciais benefícios**

Os nadadores serão monitorados durante todas as avaliações por profissionais da área da Educação Física. Os nadadores, assim como os seus treinadores, receberão, ao final do período de testes, os seus resultados, os quais poderão ser usados para melhor controlar a sua rotina de treinamento. Além disso, durante o período do estudo, espera-se que os nadadores apresentem melhoras de sua aptidão aeróbia, que está associada a importantes melhoras na saúde.

Gostaríamos de esclarecer que a sua participação é totalmente voluntária, podendo recusar-se a participar ou, até mesmo, desistir a qualquer momento, sem que isso acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. 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 e, posteriormente, serão descartadas.

Quaisquer perguntas ou dúvidas em relação aos procedimentos utilizados no projeto deverão ser dirigidas aos responsáveis pela realização da pesquisa, que estarão sempre à disposição para maiores esclarecimentos: Ddo. Cesar Luis Teixeira, Tel. (44) 999 601 265; Profa. Dra. Fabiana Andrade Machado; end.: DEF – UEM, Bloco M06 sala 06 Tel. (44) 3011-5861. Dúvidas em relação aos aspectos éticos da pesquisa poderão ser esclarecidas pelo

Comitê Permanente de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da UEM (COPEP): Av. Colombo, 5790, PPG, sala 4, CEP 87020-900. Maringá-PR. Fone: (44) 3011-4444, e-mail: [copep@uem.br](mailto:copep@uem.br)

Eu, \_\_\_\_\_, portador do documento de identidade nº \_\_\_\_\_, após ter lido, entendido e esclarecido todas as minhas dúvidas referentes a este estudo, CONCORDO VOLUNTARIAMENTE em participar do projeto autorizando a realização de todos os procedimentos e consentindo com a posterior divulgação científica dos dados obtidos.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do(a) atleta

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

\_\_\_\_\_  
Cesar Luis Teixeira  
Doutorando

\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Fabiana Andrade Machado  
Orientadora

## Anexo II

### Ficha de Identificação (Anamnese)

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

**Data de nascimento:** \_\_\_\_\_

**Telefones para contato**

**Residencial:** \_\_\_\_\_ **Cel.:** \_\_\_\_\_

**E-mail:** \_\_\_\_\_

**Em caso de emergência, avisar (Tel.):** \_\_\_\_\_

1) Tem algum problema de saúde? ( ) Sim ( ) Não

Se sim, qual? \_\_\_\_\_

2) Toma algum medicamento? ( ) Sim ( ) Não

Se sim, qual e para quê? \_\_\_\_\_

3) Tem problemas de coração (cardíacos)? ( ) Sim ( ) Não

Possui casos na família? ( ) Sim ( ) Não

Se a resposta foi sim, qual? \_\_\_\_\_

4) Tem diabetes? ( ) Sim ( ) Não

Possui casos na família? ( ) Sim ( ) Não

5) Tem problemas respiratórios (asma, bronquite)? ( ) Sim ( ) Não

Possui casos na família? ( ) Sim ( ) Não

Se sim, qual? \_\_\_\_\_

6) Sente dores de cabeça, dores no peito ou em outras partes do corpo?

Se sim, em qual região do corpo? \_\_\_\_\_

7) Sente falta de ar quando pratica algum tipo de exercício? ( ) Sim ( ) Não

8) Sente tonturas, vertigens? ( ) Sim ( ) Não

9) Tem ou já teve problemas de desmaio ou convulsões? ( ) Sim ( ) Não

10) Tem ou já teve problemas gástricos? ( ) Sim ( ) Não

11) Já fez alguma cirurgia? ( ) Sim ( ) Não

Se a resposta foi sim, qual cirurgia? \_\_\_\_\_

12) Já foi hospitalizado(a)? ( ) Sim ( ) Não

13) Já sofreu alguma fratura? ( ) Sim ( ) Não

Se sim, especifique o local da fratura: \_\_\_\_\_

**As próximas informações devem ser referentes à prática de exercícios físicos.**

14) Você pratica atividade/exercício físico? ( ) Sim ( ) Não

Em caso positivo, responda às próximas questões.

15) Qual atividade/exercício físico você pratica? \_\_\_\_\_

16) Quantas vezes treina por semana? \_\_\_\_\_

17) Qual é o volume/duração de cada treino? \_\_\_\_\_

18) Como controla a intensidade de treino? \_\_\_\_\_

19) Já participou de competições? Se sim, em qual modalidade? \_\_\_\_\_

20) Há algum outro detalhe de seu desempenho/treino que gostaria de relatar? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**As próximas informações devem ser referentes ao treinamento de natação.**

21) Treina/pratica natação há quanto tempo (meses; anos)? \_\_\_\_\_

22) Quantas vezes treina por semana? \_\_\_\_\_

23) Quantos quilômetros nada por semana? \_\_\_\_\_

24) Quantos quilômetros nada por treino? \_\_\_\_\_

25) Como são os treinos? Nada em qual velocidade? Como controla a intensidade do treino? \_\_\_\_\_

26) Qual é o melhor tempo já obtido em provas de 100 m, 200 metros e 400 metros nado *crawl*? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

27) Qual é o melhor tempo nos últimos 3 meses já obtido em provas de 100 m, 200 metros e 400 metros nado *crawl*? \_\_\_\_\_

28) Qual estilo é a sua especialidade? ( ) *crawl* ( ) costas ( ) peito ( ) borboleta  
( ) medley

29) Qual distância (m) é sua especialidade? \_\_\_\_\_

**As próximas informações devem ser referentes à nutrição e a outros aspectos.**

30) Você faz acompanhamento nutricional? ( ) Sim ( ) Não

Se a resposta foi sim, há quanto tempo? \_\_\_\_\_

31) Você fuma? ( ) Sim ( ) Não

32) Consome bebidas alcoólicas? ( ) Sim ( ) Não

Se sim, com qual frequência? \_\_\_\_\_

Qual é o tipo de bebida mais consumida? \_\_\_\_\_

33) Costuma ter episódios de gripes, resfriados, alergias ou outras patologias frequentemente?

( ) Sim ( ) Não

34) Como você definiria o seu nível de stress ultimamente? ( ) Alto ( ) Médio ( ) Baixo

35) Quantos copos de água (pura) você bebe diariamente? \_\_\_\_\_

36) Quantas refeições você costuma fazer diariamente? \_\_\_\_\_

37) Assinale as refeições que você costuma fazer diariamente:

( ) Café da manhã ( ) Lanche da manhã ( ) Almoço

( ) Café da tarde ( ) Jantar ( ) Ceia

38) Assinale os motivos pelos quais você não consegue fazer algumas refeições diárias:

( ) Falta de tempo ( ) Preguiça ( ) Não tem fome

( ) Esquecimento ( ) Medo de engordar ( ) Outros

Quais? \_\_\_\_\_

**As próximas informações devem ser referentes à suplementação.**

39) Você consome suplementos alimentares/nutricionais? ( ) Sim ( ) Não

Em caso positivo, responda às questões 40, 41 e 42.

40) Quantos tipos de suplemento você consome?

( ) 1 tipo ( ) 2 tipos ( ) 3 tipos ( ) 4 tipos ( ) mais de 4 tipos

41) Qual é o tipo de produto que você consome?

( ) Aminoácidos ou outros concentrados proteicos

( ) Vitaminas ou complexos vitamínicos

( ) Carboidratos

( ) Creatina

( ) Minerais

( ) Fat burner (“queimadores” de gordura)

( ) Bebida isotônica

( ) Outros

Qual é a quantidade diária? \_\_\_\_\_

42) Quem te indicou a suplementação?

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Instrutor, treinador, professor de atividade física |   |
| <input type="checkbox"/> Amigos e colegas                                    | <input type="checkbox"/> Você decidiu por conta própria |
| <input type="checkbox"/> Nutricionista                                       | <input type="checkbox"/> Médico                         |
| <input type="checkbox"/> Vendedor de loja de suplementos                     | <input type="checkbox"/> Familiares                     |
| <input type="checkbox"/> Academia  | <input type="checkbox"/> Outros                         |

## Anexo III

### Aprovação do COPEP



#### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

##### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** EFEITO AGUDO DA FOTOBIMODULAÇÃO SOBRE A VELOCIDADE CRÍTICA E O DESEMPENHO NO NADO CRAWL.

**Pesquisador:** FABIANA ANDRADE MACHADO

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 83315618.2.0000.0104

**Instituição Proponente:** Universidade Estadual de Maringá

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

##### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 2.554.517

##### Apresentação do Projeto:

Trata-se de projeto de pesquisa proposto por pesquisador vinculado à Universidade Estadual de Maringá.

##### Objetivo da Pesquisa:

Analisar o efeito agudo da fotobimodulação sobre a velocidade crítica (VC) e o desempenho no nado crawl.

##### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Avalia-se que os possíveis riscos a que estarão submetidos os sujeitos da pesquisa serão suportados pelos benefícios apontados.

##### Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Participarão voluntariamente do estudo 15 nadadores, de 18 a 30 anos participantes de competições organizadas pela Federação Paranaense de Desportos Aquáticos. O estudo terá randomizado, cruzado, duplo-cego e todos os participantes serão submetidos aleatoriamente a todas as condições experimentais: LED (LED - dose aplicada de 1200 J), placebo (PLA) e controle (C). Os testes serão três execuções em máximo esforço de nado em estilo crawl nas distâncias de 100, 200 e 400 metros, para determinação da velocidade crítica (VC), mais um teste de esforço máximo de 200 metros nado crawl para avaliar efeitos da aplicação da fotobimodulação sobre o desempenho de nado, realizados em piscina semiolímpica (25 metros), em dias diferentes não

Endereço: Av. Colombo, 5790, UEM-PPG, sala 4  
 Bairro: Jardim Universitário CEP: 87.020-900  
 UF: PR Município: MARINGÁ  
 Telefone: (44)3011-4597 Fax: (44)3011-4444 E-mail: copep@uem.br



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE  
MARINGÁ



Continuação do Parecer: 2.554.517

consecutivos nas três condições. Serão realizadas avaliações antropométricas. Os testes serão divididos da seguinte maneira: 1º momento: anamnese, avaliação antropométrica, familiarização com a escala de percepção subjetiva do esforço (PSE); aleatorização da ordem das condições (LED, PLA e C) para as quatro semanas e aleatorização da ordem das distâncias para a primeira semana, execução do nado crawl em máximo esforço na condição e distância predeterminadas; 2º ao 12º momento: Execução do nado crawl em máximo esforço na condição e distância pré determinadas. Durante os testes de nado serão monitoradas a frequência cardíaca (FC) e a percepção subjetiva de esforço (PSE), serão realizadas coletas de amostras de uma gota pequena de sangue (25 l) do lóbulo da orelha para determinação das concentrações de lactato sanguíneo ([La]) e serão determinados os índices de braçada, frequência de ciclo de braçada e ciclos de braçadas dos atletas. Após a realização dos testes poderão ocorrer possíveis desconfortos tais como: cansaço, dor muscular, transpiração que serão semelhantes aos sentidos pelos senhores durante a prática rotineira de exercícios físicos e treinamento, visto que como atletas essas sensações são habitualmente sentidas, mas em nada acarretam em dano ao organismo, e são amenizados através de um descanso, que será monitorado por profissionais de Educação Física e pelos próprios treinadores habituados a essa situação e aos desconfortos. Os profissionais realizarão todos os procedimentos necessários até que o voluntário esteja em condições basais (pré-exercício) e os sintomas já tenham desaparecido. E para a diminuição desses desconfortos as sessões de avaliação serão planejadas de forma a respeitar o tempo necessário de descanso para cada pessoa. Para participação no estudo será necessário a apresentação de um atestado médico (cópia do atestado enviado a FDAP), atestando e assegurando plenas condições físicas de participar dos testes de esforço.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Apresenta Folha de Rosto devidamente preenchida e assinada pelo chefe do Departamento de Educação Física. O cronograma de execução é compatível com a proposta enviada. Descreve gastos sob a responsabilidade do pesquisador. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido contempla as garantias mínimas preconizadas. Apresenta a autorização da coordenadora do Laboratório de Fisiologia do Exercício (LABFISE). Apresenta a autorização do diretor proprietário da Escola de Natação e Academia MG para a realização da pesquisa.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

O Comitê Permanente de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Maringá é de parecer favorável à aprovação do protocolo de pesquisa apresentado.

Endereço: Av. Colombo, 5790, UEM-PPG, sala 4  
 Bairro: Jardim Universitário CEP: 87.020-900  
 UF: PR Município: MARINGÁ  
 Telefone: (44)3011-4597 Fax: (44)3011-4444 E-mail: copep@uem.br



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE  
MARINGÁ



Continuação do Parecer: 2.554.517

**Considerações Finais a critério do CEP:**

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1073862.pdf	19/02/2018 16:11:23		Aceito
Folha de Rosto	FolhaDeRosto.PDF	07/02/2018 17:26:25	FABIANA ANDRADE MACHADO	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.pdf	07/02/2018 14:22:36	FABIANA ANDRADE MACHADO	Aceito
Outros	MG.PDF	07/02/2018 14:22:12	FABIANA ANDRADE MACHADO	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	labfisi.pdf	07/02/2018 14:21:08	FABIANA ANDRADE MACHADO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	07/02/2018 14:19:39	FABIANA ANDRADE MACHADO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_COPEP.docx	07/02/2018 14:19:15	FABIANA ANDRADE MACHADO	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

MARINGÁ, 21 de Março de 2018

Assinado por:  
**Ricardo Cesar Gardiolo**  
(Coordenador)

Endereço: Av. Colombo, 5790, UEM-PPG, sala 4  
Bairro: Jardim Universitário CEP: 87.020-900  
UF: PR Município: MARINGÁ  
Telefone: (44)3011-4597 Fax: (44)3011-4444 E-mail: copep@uem.br

## Anexo IV

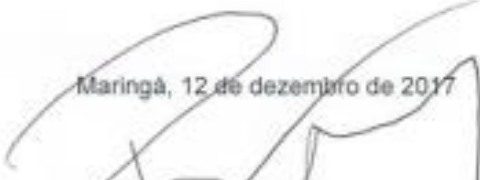
### ESCOLA DE NATAÇÃO E ACADEMIA MG UNIDADE ZONA 7



## AUTORIZAÇÃO

O Prof. Dr. Paulo Victor Mezzaroba, Diretor proprietário da Escola de Nata o e Academia MG, no uso das atribui es legais, autoriza a Profa. Dra. **Fabiana Andrade Machado**, lotada no Departamento de Educa o Física da Universidade Estadual de Maringá, e seu orientando de doutorado Cesar Luis Teixeira, a utilizar a piscina semi olímpica da Escola de Nata o e Academia MG – Zona 7, para desenvolver o seguinte projeto de pesquisa "EFEITO AGUDO DA FOTOBIMODULA O SOBRE A VELOCIDADE CRÍTICA E O DESEMPENHO NO NADO CRAWL"

Maringá, 12 de dezembro de 2017

  
Prof. Dr. Paulo Victor Mezzaroba  
Diretor proprietário Escola de Nata o e Academia MG

**Anexo V****Escala de Borg 6-20**

Classificação	Descritor
6	
7	Muito fácil
8	
9	Fácil
10	
11	Relativamente fácil
12	
13	Levemente cansativo
14	
15	Cansativo
16	
17	Muito cansativo
18	
19	Exaustivo
20	