

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ASSOCIADO EM
EDUCAÇÃO FÍSICA – UEM/UEL

CECÍLIA SEGABINAZI PESERICO

**TREINAMENTO DE CORRIDA DE
ENDURANCE ASSOCIADO À
APLICAÇÃO DE LED: EFEITOS EM
VARIÁVEIS DE DESEMPENHO,
MARCADORES DE ESTRESSE
OXIDATIVO E DOR MUSCULAR EM
HOMENS JOVENS NÃO TREINADOS**

Maringá
2016

CECÍLIA SEGABINAZI PESERICO

**TREINAMENTO DE CORRIDA DE
ENDURANCE ASSOCIADO À
APLICAÇÃO DE LED: EFEITOS EM
VARIÁVEIS DE DESEMPENHO,
MARCADORES DE ESTRESSE
OXIDATIVO E DOR MUSCULAR EM
HOMENS JOVENS NÃO TREINADOS**

Tese de Doutorado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação
Associado em Educação Física
UEM/UEL, para obtenção do título de
Doutor em Educação Física.

Orientadora: Profa. Dra. Fabiana Andrade Machado

Maringá
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

P474t Peserico, Cecília Segabinazi
Treinamento de corrida de *endurance* associado à aplicação de LED : efeitos em variáveis de desempenho, marcadores de estresse oxidativo e dor muscular em homens jovens não treinados / Cecília Segabinazi Peserico. -- Maringá, 2016.
x, 100 f. : figs., tabs.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Fabiana Andrade Machado.
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências da Saúde, Departamento de Educação Física, Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física - UEM/UEL, 2016.

1. Fototerapia. 2. Desempenho atlético. 3. Radicais livres. 4. Antioxidantes - Radicais livres. I. Machado, Fabiana Andrade, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências da Saúde. Departamento de Educação Física. Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física - UEM/UEL. III. Título.

CDD 23.ed. 612.044
GVS- 003704

CECÍLIA SEGABINAZI PESERICO

**TREINAMENTO DE CORRIDA DE
ENDURANCE ASSOCIADO À APLICAÇÃO
DE LED: EFEITOS EM VARIÁVEIS DE
DESEMPENHO, MARCADORES DE
ESTRESSE OXIDATIVO E DOR
MUSCULAR EM HOMENS JOVENS NÃO
TREINADOS**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física – UEM/UEL, na área de concentração Desempenho Humano e Atividade Física, para obtenção do título de Doutor(a).

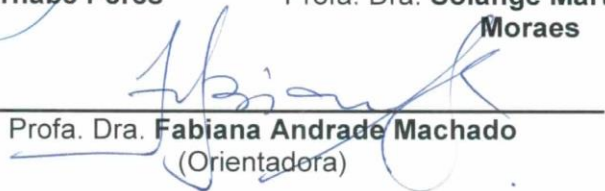
APROVADA em 12 de dezembro de 2016.


Prof. Dr. **Alessandro Moura Zagatto**


Profa. Dra. **Vânia D'Almeida**


Prof. Dr. **Sidney Barnabé Peres**


Profa. Dra. **Solange Marta Franzói de Moraes**


Profa. Dra. **Fabiana Andrade Machado**
(Orientadora)

Dedicatória

Dedico este trabalho à minha família pelo apoio incondicional e a todos que fizeram parte da minha trajetória acadêmica.

Agradecimentos

A concretização desta pesquisa tornou-se possível não apenas pelos meus esforços, mas graças a ajuda de muitas pessoas que de alguma forma fizeram parte deste momento em minha vida.

Primeiramente, agradeço a Deus por guiar todos os meus pensamentos e estar presente em todos os momentos que precisei.

À minha família pelo incentivo e amor incondicional em todos os momentos da minha vida. Minha mãe, Beatriz M. S. Peserico, meu pai Roberto R. Peserico e minha irmã, Verônica S. Peserico, que sempre estiveram ao meu lado me apoiando, guiando e acompanhando todas as fases de minha trajetória.

Ao meu noivo, Douglas Y. T. Violin, pelo grande companheirismo, cuidado, carinho e por me incentivar a ir em busca dos meus objetivos e sonhos.

À minha orientadora, Profa. Dra. Fabiana Andrade Machado, pelo grande aprendizado, formação, parceria em todos os momentos, pela confiança e pela dedicação tanto neste trabalho como em todos os outros que realizamos. Com certeza foram com ela as minhas principais experiências dentro do “mundo acadêmico” que marcaram minha formação e serão levadas por toda a minha vida.

Aos meus amigos Danilo e Francisco, que me auxiliaram e acompanharam a realização do meu projeto, em especial, ao Danilo que é meu grande amigo e parceiro de anos de trabalho, estudos e aprendizados.

Aos participantes e colegas do grupo GEFEAH pela parceria e auxílio durante a fase de coleta de dados da pesquisa.

Ao parceiro médico cardiologista Geraldo Angelo Nogueira que realizou as avaliações cardiológicas dos participantes da pesquisa.

À Profa. Dra. Solange Marta Franzói de Moraes que participou da minha formação, e em especial neste trabalho foi nossa parceira cedendo seu laboratório (Labfise) para realização das avaliações que fizeram parte deste estudo, e também por aceitar o convite para ser banca desta defesa.

Às técnicas Elizete, Valéria e Márcia do laboratório pertencente ao departamento de Ciências fisiológicas, em especial a Márcia que me auxiliou nas coletas sanguíneas dos participantes da pesquisa.

À Profa. Dra. Vânia D’Almeida que nos auxiliou em relação aos aprendizados sobre estresse oxidativo, e em especial neste trabalho foi nossa parceira nos recebendo e cedendo seu laboratório (Laboratório de Erros Inatos de Metabolismo) para realização

das análises sanguíneas dos marcadores de estresse oxidativo, e também por aceitar o convite para ser banca desta defesa.

À Joyce e Vanessa que me auxiliaram nas dosagens dos marcadores de estresse oxidativo realizados no Laboratório de Erros Inatos de Metabolismo.

Aos Professores Dr. Alessandro Moura Zagatto e Dr. Sidney Barnabé Peres que prontamente aceitaram o convite para ser banca desta defesa.

À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos fornecida durante o período do doutorado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo fomento dado à presente pesquisa a partir do edital Chamada ME/CNPq N ° 091/2013 (processo #487312/2013-9).

Por fim, agradeço a todos os participantes deste estudo pelo esforço, dedicação e amizade que demonstraram durante todo o período de realização da pesquisa.

PESERICO, Cecília Segabinazi. **Treinamento de corrida de *endurance* associado à aplicação de LED: efeitos em variáveis de desempenho, marcadores de estresse oxidativo e dor muscular em homens jovens não treinados.** 2016. 100f. Tese (Doutorado em Educação Física) – Centro de Ciências da Saúde. Universidade Estadual de Maringá, 2016.

RESUMO

Com a finalidade de otimizar as adaptações advindas do treinamento de corrida de *endurance*, a aplicação de LED vem sendo utilizada com o intuito de acelerar a recuperação muscular e como um recurso ergogênico do metabolismo oxidativo. Entretanto, pouco se sabe sobre o efeito longitudinal da aplicação de LED associada ao treinamento de *endurance* sobre parâmetros de desempenho, respostas de estresse oxidativo e dor muscular. Logo, o objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos de oito semanas de treinamento de corrida, prescritos pela velocidade pico (V_{pico}) e seu respectivo tempo limite (t_{lim}), em associação com a aplicação de LED sobre variáveis de desempenho, marcadores de estresse oxidativo e dor muscular em homens jovens não treinados. Participaram do estudo 30 homens jovens não treinados que foram divididos em um grupo controle (GC) e um grupo LED (GL) com 15 participantes cada. Ambos os grupos realizaram um protocolo de treinamento durante oito semanas, no qual o GL teve a aplicação de LED e o GC não. O LED foi aplicado imediatamente antes de todas as sessões de treinamento em ambas as pernas, respeitando-se a ausência ou presença da emissão de luz para cada grupo. Os participantes realizaram avaliações em três momentos: na semana 1 (S1), após as primeiras quatro semanas de treinamento (semanas 2-5), ou seja, na 6ª semana do protocolo e após as quatro últimas semanas de treinamento (semanas 7-10), ou seja, na 11ª semana do protocolo. As avaliações de desempenho foram: testes para determinação V_{pico} e do t_{lim} e *performance* de 5 km. Foram coletados, no período da manhã, 6 ml de sangue venoso para a dosagem dos marcadores de estresse oxidativo: malondialdeído (MDA) em plasma, enzimas antioxidantes catalase (CAT) e superóxido dismutase (SOD), concentrações de glutathione total, reduzida (GSH) e oxidada (GSSG) em eritrócitos; também foi avaliada a dor muscular através da escala visual analógica antes e após todas as sessões de treinamento. As comparações entre os grupos e momentos S1, S6 e S11 foi feita pela Anova mista de medidas repetidas seguido do *post hoc* de Bonferroni; foi calculado o valor percentual (%) de variação e os tamanhos de efeito (TE) para determinação da magnitude de mudança durante o período de treinamento. Adotou-se nível de significância de $P < 0,05$. Os resultados demonstraram que a V_{pico} aumentou significativamente em ambos os grupos (GC: S1 = $13,4 \pm 1,1$, S11 = $14,4 \pm 1,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; GL: S1 = $13,4 \pm 1,2$, S11 = $14,6 \pm 1,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$); o tempo da *performance* de 5 km ($T_{5\text{-km}}$) diminuiu significativamente em ambos grupos, mas essa queda foi mais expressiva no GL (S1 = $27,6 \pm 3,0$, S11 = $23,9 \pm 2,2$; $-13,1 \pm 5,2\%$) comparado ao GC (S1 = $27,0 \pm 3,3$, S11 = $24,1 \pm 2,5$; $-10,3 \pm 4,2\%$). Após o período de treinamento as concentrações de MDA permaneceram similares em ambos os grupos (GC: S1 = $0,409 \pm 0,464$, S11 = $0,411 \pm 0,357 \text{ nmol/MDA ml}$; GL: S1 = $0,307 \pm 0,224$, S11 = $0,310 \pm 0,241 \text{ nmol/MDA ml}$), mas com magnitude de aumento maior no GC comparado ao GL ($274,3 \pm 556,3\%$ vs $66,7 \pm 205,4\%$). No GL foi observado aumento das atividades das

enzimas CAT ($S1 = 49,62 \pm 25,35$, $S11 = 53,83 \pm 29,94$ U/mg Hb) e SOD ($S1 = 1,06 \pm 0,58$, $S11 = 1,33 \pm 1,00$ U/mg Hb), enquanto no GC essas enzimas diminuíram (CAT: $S1 = 63,51 \pm 29,83$, $S11 = 45,00 \pm 25,43$ U/mg Hb; SOD: $S1 = 1,18 \pm 0,51$, $S11 = 1,04 \pm 0,57$ U/mg Hb), entretanto sem diferenças estatísticas na comparação S1 vs S11. Para a GSSG houve diminuição no GL ($S1 = 56,3 \pm 83,4$, $S11 = 9,81 \pm 4,76$ $\mu\text{mol/g Hb}$) e aumento no GC ($S1 = 8,48 \pm 2,94$, $S11 = 12,42 \pm 7,90$ $\mu\text{mol/g Hb}$), com diferença significativa entre os valores de % de variação (S1 vs S11) dos grupos ($-13,5 \pm 30,3\%$ vs $56,3 \pm 83,4\%$); além disso, foi demonstrado uma magnitude de aumento da relação GSH/GSSG maior no GL ($S1 = 1,20 \pm 0,44$, $S11 = 1,53 \pm 0,40$; $39,4 \pm 55,7\%$; TE moderado) do que no GC ($S1 = 1,26 \pm 0,44$, $S11 = 1,36 \pm 0,45$; $24,9 \pm 62,6\%$; TE pequeno) após o período de treinamento. Nas últimas três semanas de treinamento de corrida houve uma tendência de menor aumento dos valores de dor muscular pós-sessão (i.e., diferença absoluta pré vs pós-sessão) no GL (entre $2,0 \pm 2,1$ e $2,1 \pm 2,1$ cm) comparado ao GC (entre $2,7 \pm 2,3$ e $3,1 \pm 2,6$ cm) com TE pequeno na comparação entre os grupos para esses valores. Concluímos que o treinamento de corrida de *endurance* associado à aplicação de LED apresentou efeitos positivos na melhora da *performance* de 5 km, na diminuição do estresse oxidativo, aumento da defesa antioxidante e na atenuação da dor muscular em homens jovens não treinados.

Palavras-Chave: Fototerapia, Desempenho atlético, Radicais livres, Antioxidantes.

PESERICO, Cecília Segabinazi. **Running endurance training associated with LED application: effects on performance variables, oxidative stress markers and muscle soreness in untrained young men.** 2016 100f. Tese (Doutorado em Educação Física) – Centro de Ciências da Saúde. Universidade Estadual de Maringá, 2016.

ABSTRACT

With the purpose of optimizing the adaptations obtained from the running endurance training, the LED application has been used in order to accelerate the muscle recovery and as an ergogenic resource for the oxidative metabolism. However, little is known about the longitudinal effect of LED application associated with endurance training on performance parameters, oxidative stress responses and muscle soreness. Therefore, the aim of this study was to examine the effects of eight weeks of running training, prescribed by the peak velocity (V_{peak}) and its respective time limit (t_{lim}) associated with LED application on performance variables, oxidative stress markers and muscle soreness in untrained young men. Thirty young and untrained men participated in this study, who were divided into a control group (CG) and LED group (LEDG) with 15 participants each group. Both groups performed a training protocol during eight weeks, wherein the LEDG had the LED application and CG no. The LED was applied immediately before all training sessions in both legs, respecting the absence or presence of light emission for each group. Participants performed evaluations on three moments: at week 1 (W1), after the first four weeks of training (weeks 2-5) at 6th week (W6) and after the last four weeks of training (weeks 7-10) at 11th week (W11). Performance evaluations were: tests to determine V_{peak} and t_{lim} and 5-km time trial. It was collected, in the morning, 6 ml of venous blood to analyze the oxidative stress markers: malondialdehyde (MDA) in plasma, antioxidant enzymes catalase (CAT) and superoxide dismutase (SOD) in erythrocytes, the total glutathione concentrations, reduced (GSH) and oxidized (GSSG); it was also evaluated muscle soreness through the visual analogic scale before and after all training sessions. The comparisons between groups and the moments W1, W6 and W11 was made by mixed ANOVA for repeated measures followed by Bonferroni as a post hoc test for multiple comparisons; it was calculated the percentage (%) of change and the effect sizes (ES) to express the magnitudes of changes during the training period. Statistical significance was set at $P < 0.05$. The results showed that the V_{peak} increased significantly in both groups (CG: W1 = 13.4 ± 1.1 , W11 = 14.4 ± 1.0 km·h⁻¹; LEDG: W1 = 13.4 ± 1.2 , W11 = 14.6 ± 1.0 km·h⁻¹); the 5-km test duration (T_{5-km}) decreased significantly in both groups, but this decrease was more expressive in the LEDG (W1 = 27.6 ± 3.0 , W11 = 23.9 ± 2.2 ; $-13.1 \pm 5.2\%$) compared to CG (W1 = 27.0 ± 3.3 , W11 = 24.1 ± 2.5 ; $-10.3 \pm 4.2\%$). After the training period the MDA concentrations remained similar in both groups (CG: W1 = 0.409 ± 0.464 , W11 = 0.411 ± 0.357 nmol/MDA ml; LEDG: W1 = 0.307 ± 0.224 , W11 = 0.310 ± 0.241 nmol/MDA ml) but with greater magnitude of increase in the CG compared to LEDG ($274.3 \pm 556.3\%$ vs $66.7 \pm 205.4\%$). In the LEDG it was observed an increase in the activities of enzymes CAT (W1 = 49.62 ± 25.35 , W11 = 53.83 ± 29.94 U/mg Hb) and SOD (W1 = 1.06 ± 0.58 , W11 = 1.33 ± 1.00 U/mg Hb), while in the CG these enzymes decreased (CAT: W1 = 63.51 ± 29.83 , W11 = 45.00 ± 25.43 U/mg Hb; SOD: W1 = 1.18

± 0.51 , $W11 = 1.04 \pm 0.57$ U/mg Hb), however, without significant differences in the comparison W1 vs W11. For GSSG there was a decrease in LEDG ($W1 = 56.3 \pm 83.4$, $W11 = 9.81 \pm 4.76$ $\mu\text{mol/g Hb}$) and an increase in the CG ($W1 = 8.48 \pm 2.94$, $W11 = 12.42 \pm 7.90$ $\mu\text{mol/g Hb}$), with significant difference between the % change values (W1 vs W11) of the groups ($-13.5 \pm 30.3\%$ vs $56.3 \pm 83.4\%$); furthermore, it was demonstrated a greater magnitude of increase in the GSH/GSSG ratio in the LEDG ($W1 = 1.20 \pm 0.44$, $W11 = 1.53 \pm 0.40$, $39.4 \pm 55.7\%$, moderate ES) compared to CG ($W1 = 1.26 \pm 0.44$, $W11 = 1.36 \pm 0.45$; $24.9 \pm 62.6\%$; small ES) after the training period. In the last three weeks of running training there was a tendency of lower increases in the post-session muscle soreness scores (i.e, absolute difference pre vs post-session) in the LEDG (values between 2.0 ± 2.1 and 2.1 ± 2.1 cm) compared to CG (values between 2.7 ± 2.3 and 3.1 ± 2.6 cm), with small ES in the comparison between groups for these scores. We concluded that the running endurance training associated with LED application had positive effects on improving the 5-km performance, decrease oxidative stress, increase the antioxidant defense and attenuate muscle soreness in untrained young men.

Keywords: Phototherapy, Athletic Performance, Free radicals, Antioxidants.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Delineamento experimental do estudo..... | 36 |
| Figura 2. Pontos de aplicação do LED (adaptado de Leal Junior et al., 2011).... | 42 |
| Figura 3. Unidade de controle e <i>clusters</i> do equipamento de LED (THOR®)..... | 43 |
| Figura 4. Percentuais (%) de variação do tempo <i>da performance</i> de 5 km ($T_{5\text{-km}}$) de cada participante do GC e GL representados da maior (1°) à menor diminuição (15°) individual..... | 55 |
| Figura 5. Diferenças absolutas entre os valores de dor muscular pré e pós-sessão de treino avaliados pela escala visual analógica (EVA) durante as oito semanas de treinamento (média \pm DP)..... | 59 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Distribuição dos treinos para o grupo controle (GC) e grupo LED (GL)..... | 41 |
| Tabela 2. Treinos contínuos e treinos intervalados utilizados durante as sessões (baseados nos estudos de Buchheit et al., 2010; Esfarjani; Laursen 2007; Smith; Coombes; Geraghty, 2003; Billat et al., 1999)..... | 41 |
| Tabela 3. Parâmetros para aplicação de LED..... | 43 |
| Tabela 4. Variáveis antropométricas dos grupos GC e GL nos diferentes momentos de avaliação (média \pm DP)..... | 49 |
| Tabela 5. Carga de treinamento semanal avaliada pela PSE _{sessão} dos grupos GC e GL (média \pm DP)..... | 50 |
| Tabela 6. Variáveis obtidas durante o teste para determinação da V_{pico} nos diferentes momentos de avaliação para ambos os grupos (média \pm DP)..... | 52 |
| Tabela 7. Variáveis obtidas durante o teste para determinação do t_{lim} nos diferentes momentos de avaliação para ambos os grupos (média \pm DP)..... | 52 |
| Tabela 8. Variáveis obtidas durante a <i>performance</i> de 5 km nos diferentes momentos de avaliação para ambos os grupos (média \pm DP)..... | 54 |
| Tabela 9. Marcadores relacionados ao estresse oxidativo nos diferentes momentos de avaliação para ambos os grupos (média \pm DP)..... | 57 |
| Tabela 10. Respostas da dor muscular avaliada pela EVA nos momentos pré e pós sessão de treino durante as oito semanas de treinamento de corrida em ambos os grupos (média \pm DP)..... | 59 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|--------------------|--|
| DNA | Ácido desoxirribonucleico |
| EDTA | Ácido etilenodiamino tetra-acético |
| TBA | Ácido tiobarbitúrico |
| TCA | Ácido tricloroacético |
| ATP | Adenosina trifosfato |
| TCEP | Cloridrato de fosfina |
| VO ₂ | Consumo de oxigênio |
| VO _{2max} | Consumo máximo de oxigênio |
| CK | Creatina quinase |
| HPLC | Cromatografia líquida de alta eficiência |
| DC | Densidade Corporal |
| DMT | Dor muscular tardia |
| CAT | Enzima catalase |
| GPX | Enzima glutaciona peroxidase |
| SOD | Enzima superóxido dismutase |
| EVA | Escala visual analógica |
| EROs | Espécies reativas de oxigênio |
| TNF alfa | Fator de necrose tumoral alfa |
| PMS | Fenazina de metilsulfato |
| FC | Frequência cardíaca |
| FC _{rec} | Frequência cardíaca de recuperação |
| FC _{max} | Frequência cardíaca máxima |
| GSSG | Glutaciona oxidada |
| GSH | Glutaciona reduzida |
| GC | Grupo controle |
| GL | Grupo que recebeu a aplicação de LED |
| Hb | Hemoglobina |
| IMC | Índice de massa corporal |
| IC | Intervalo de confiança |

| | |
|-------------------------------|---|
| O_2^- | Íon superóxido |
| LED | <i>Light emitting diode</i> (Diodos emissores de luz) |
| Lan | Limiar anaeróbio |
| MDA | Malondialdeído |
| MVA | Máxima velocidade aeróbia |
| NADH | Nicotinamida adenina dinucleotídeo |
| NADPH | Nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato |
| NBT | Nitroazul de tetrazólio |
| %G | Percentual de gordura |
| PSE | Percepção subjetiva de esforço |
| PSE _{max} | Percepção subjetiva de esforço máxima |
| PSE _{sessão} | Percepção subjetiva de esforço da sessão |
| H ₂ O ₂ | Peróxido de hidrogênio |
| PC | Proteínas carboniladas |
| S1 | Semana 1 |
| S6 | Semana 6 |
| S11 | Semana 11 |
| TBARS | Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico |
| TE | Tamanho de efeito |
| t _{lim} | Tempo limite |
| T _{5-km} | Tempo da <i>performance</i> de 5 km |
| VFC | Variabilidade da frequência cardíaca |
| VM _{5-km} | Velocidade média da <i>performance</i> de 5 km |
| vVO _{2max} | Velocidade associada à ocorrência do VO _{2max} |
| V _{pico} | Velocidade pico |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 03 |
| 2 JUSTIFICATIVA..... | 06 |
| 3 OBJETIVOS..... | 07 |
| 3.1 Objetivo Geral..... | 07 |
| 3.2 Objetivos Específicos..... | 07 |
| 4 REVISÃO DA LITERATURA..... | 08 |
| 4.1 Treinamento de corrida de <i>endurance</i> : variáveis para avaliação, prescrição e monitoramento de treino, e predição da <i>performance</i> | 08 |
| 4.2 Estresse oxidativo..... | 13 |
| 4.2.1 Estresse oxidativo e exercício físico..... | 17 |
| 4.2.2 Estresse oxidativo e antioxidantes: efeitos advindos do treinamento aeróbio..... | 19 |
| 4.3 Fototerapia..... | 22 |
| 4.3.1 Fototerapia e exercício físico..... | 25 |
| 4.3.1.1 Fototerapia e treinamento aeróbio em humanos..... | 28 |
| 4.3.1.2 Efeitos da fototerapia sobre o metabolismo energético aeróbio e estresse oxidativo..... | 29 |
| 4.3.1.3 Efeitos da fototerapia sobre a dor muscular advinda do exercício físico..... | 32 |
| 5 MÉTODOS..... | 34 |
| 5.1 Participantes..... | 34 |
| 5.2 Delineamento Experimental..... | 35 |
| 5.3 Protocolos de avaliações..... | 37 |
| 5.3.1 Avaliação antropométrica..... | 37 |
| 5.3.2 Determinação da velocidade pico (V_{pico})..... | 37 |
| 5.3.3 Determinação do tempo limite (t_{lim}) na velocidade pico (V_{pico})..... | 38 |
| 5.3.4 Determinação da frequência cardíaca de recuperação (FC_{rec})..... | 39 |
| 5.3.5 <i>Performance</i> de 5 km..... | 39 |

| | |
|---|-----------|
| 5.3.6 Avaliação da percepção de dor muscular..... | 39 |
| 5.4 Protocolo de treinamento..... | 40 |
| 5.5 Aplicação de LED..... | 42 |
| 5.6 Determinação dos marcadores sanguíneos de estresse oxidativo..... | 44 |
| 5.6.1 Processamento das amostras..... | 44 |
| 5.6.2 Dosagem de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) para medida do malondialdeído (MDA)..... | 45 |
| 5.6.3 Dosagem da hemoglobina (Hb)..... | 46 |
| 5.6.4 Determinação da atividade das enzimas antioxidantes (CAT e SOD).... | 46 |
| 5.6.5 Dosagem da glutathiona total, reduzida e oxidada (GSH e GSSG)..... | 47 |
| 5.7 Análise estatística..... | 48 |
| 6 Resultados..... | 49 |
| 7 Discussão..... | 60 |
| 8 Conclusão..... | 70 |
| REFERÊNCIAS..... | 72 |
| ANEXOS..... | 88 |

1 INTRODUÇÃO

Uma periodização de treinamento adequada requer estímulos que respeitem a individualidade dos participantes, períodos adequados de recuperação e que tenha como objetivo a otimização da *performance* (BUCHHEIT et al., 2010; MIDGLEY; MCNAUGHTON; JONES, 2007). Muitas variáveis fisiológicas e de desempenho são utilizadas para a prescrição e monitoramento do treinamento de corrida (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013; MIDGLEY; MCNAUGHTON; JONES, 2007); nesse contexto, a velocidade pico (V_{pico}) e seu respectivo tempo limite (t_{lim}) vêm ganhando destaque por serem preditoras da *performance* de corridas de *endurance* (PESERICO; ZAGATTO; MACHADO, 2015; DA SILVA; SIMÕES; MACHADO, 2015; MACHADO et al., 2013) e servirem como parâmetros para a prescrição do treinamento de corrida (MANOEL et al., 2016; GONZÁLEZ-MOHÍNO et al., 2016; BILLAT et al., 1999).

Com a finalidade de melhorar as adaptações advindas do treinamento, alguns recursos vêm sendo utilizados para acelerar a recuperação muscular, e conseqüentemente, otimizar essas adaptações (BISHOP; JONES; WOODS, 2008; BARNETT, 2006). Dentre esses recursos, a fototerapia, especialmente a aplicação de diodos emissores de luz LED (*light emitting diode*), tem chamado a atenção da comunidade científica por se mostrar uma estratégia interessante de prevenção e recuperação de lesões ocasionadas pelo exercício físico com efeitos anti-inflamatórios, antiálgicos e de recuperação tecidual, e por apresentar menor custo e maior área de aplicação comparado ao laser (NAMPO et al., 2016a; BORSA; LARKIN; TRUE, 2013; HUANG et al., 2011).

O uso da fototerapia também tem sido verificado quanto à possibilidade de aprimorar o desempenho muscular com efeitos positivos sobre o tempo de permanência em testes incrementais máximos, índice de fadiga e consumo máximo de oxigênio ($VO_{2\text{max}}$) (MIRANDA et al., 2016; LEAL JUNIOR et al., 2015; DE MARCHI et al., 2012). Algumas hipóteses para esse efeito ergogênico foram levantadas a partir de respostas encontradas especialmente no músculo esquelético, dentre elas: melhora da função mitocondrial, como por exemplo

aumento da atividade da enzima citocromo c oxidase e melhora da microcirculação com hiperemia no local de aplicação, que conseqüentemente aumentam a síntese de adenosina trifosfato (ATP) (FERRARESI; HAMBLIN; PARIZOTTO, 2012; HUANG et al., 2011; KNEEBONE, 2006).

Além disso, sugere-se que o efeito biológico da aplicação longitudinal da fototerapia possa favorecer a melhora do desempenho aeróbio como resultado do aumento da atividade de enzimas associados à cadeia respiratória mitocondrial, uma vez que a aplicação desse recurso parece ter maior efetividade nas fibras musculares do tipo I, que possuem maior número de mitocôndrias, em relação às do tipo II (HAYWORTH et al., 2010). Entretanto, são poucos os estudos que verificaram o efeito da fototerapia associada ao treinamento aeróbio em humanos sobre marcadores de desempenho (PAOLILLO et al., 2013; VIEIRA et al., 2012; PAOLILLO et al., 2011).

Paolillo et al. (2011) e Paolillo et al. (2013) utilizaram a fototerapia durante treinamento em esteira rolante e verificaram melhoras significantes em comparação ao treinamento isolado para parâmetros de recuperação pós-exercício como frequência cardíaca (FC) e potência muscular de membro inferior; no entanto, a amostra foi composta por mulheres pós-menopausa e não foram realizadas avaliações que pudessem ser extrapoladas para o desempenho em corrida de *endurance*.

Em relação ao efeito da aplicação da fototerapia sobre parâmetros relacionados ao estresse oxidativo, estudos demonstraram que esta intervenção é capaz de apresentar um efeito benéfico e protetor contra danos celulares advindos do aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) e capaz de aumentar a atividade das enzimas antioxidantes (SILVA et al., 2015; LUO et al., 2013; DE MARCHI et al., 2012). Somado a isso, o efeito do treinamento aeróbio induz adaptações crônicas benéficas relacionadas à redução dos marcadores de estresse oxidativo e melhora da defesa antioxidante (AZIZBEIGI et al., 2014; VEZZOLI et al., 2014; SCHAUN et al., 2011). Nesse sentido Guaraldo et al. (2016), em estudo realizado em modelo animal (ratos Wistar), verificaram que o treinamento de natação associado à aplicação de laser antes das sessões de

treino reduziu os marcadores de estresse oxidativo no grupo de animais tratados com a fototerapia. No entanto, não se sabe qual seria o efeito da associação entre a aplicação da fototerapia e treinamento físico aeróbio de corrida, utilizado de maneira longitudinal, sobre parâmetros relacionados ao estresse oxidativo em seres humanos.

Outro efeito que vem sendo reportado é a diminuição da dor muscular tardia (DMT), no qual estudos com humanos encontraram que a fototerapia foi capaz de atenuar o aumento da DMT após a realização de uma sessão de exercício de força (ANTONIALLI et al., 2014) e aeróbio (MACHADO et al., 2016). Contudo, apenas Ferraresi et al. (2016) avaliaram a DMT de forma longitudinal dentro de um programa de treinamento resistido de membros inferiores associado à aplicação de fototerapia após as sessões de treino; os resultados demonstraram que após 24 horas da realização de algumas sessões de treino os escores de dor foram menores na condição fototerapia em relação à condição placebo.

Tendo em vista o efeito promissor da aplicação de LED, porém, com um pequeno número de estudos direcionados à corrida de *endurance*, e um número ainda menor verificando efeitos longitudinais, ressalta-se a importância da realização de estudos que demonstrem as adaptações da associação entre a aplicação de LED e o treinamento de *endurance* sobre variáveis relacionadas ao desempenho, ao estresse oxidativo e dor muscular. Nossa hipótese é que a aplicação de LED associada ao treinamento de *endurance* modifica parâmetros relacionados ao desempenho, estresse oxidativo e dor muscular.

2 JUSTIFICATIVA

A realização deste estudo contribui com a pesquisa científica pois acreditamos que a aplicação de LED associada ao exercício físico é um recurso promissor devido aos seus efeitos que potencialmente aprimoram a *performance*, facilitam a recuperação muscular, atenuam o estresse oxidativo e dor muscular. Nesse sentido, o uso do LED permite grandes avanços para a área de treinamento físico em esportes coletivos e individuais, e também para a fisiologia do exercício.

Em termos de aplicação prática, os resultados advindos deste estudo permitirão avançar no conhecimento acerca da aplicação de LED, visto que diversos recursos vêm sendo estudados e utilizados com intuito de aprimorar o rendimento, seja facilitando a recuperação ou otimizando a *performance* de corrida de *endurance*. Atualmente a aplicação de LED tem chamado atenção da comunidade científica com respostas muito promissoras em modelos animais e humanos.

Vale ressaltar também, que até o momento nenhum outro trabalho examinou o efeito longitudinal da aplicação de LED associada ao treinamento de *endurance* em parâmetros relacionados ao desempenho, nas respostas de estresse oxidativo e dor muscular em seres humanos.

Além disso, outro ponto que necessita maior investigação é a utilização da V_{pico} determinada em esteira a partir de um protocolo incremental “limpo” (sem o uso de analisador de gases e realização de coletas sanguíneas) (PESERICO; ZAGATTO; MACHADO, 2014, 2015; MACHADO et al., 2013), como variável para prescrição de treinamento aeróbio e sensível a seus efeitos. Essa velocidade foi utilizada em nosso estudo juntamente com o seu respectivo t_{lim} para prescrever as sessões de treinamento.

Além das contribuições científicas para a área, técnicos e praticantes de corrida podem também aprimorar o treinamento e otimizar a recuperação pós-exercício com base nos resultados obtidos neste estudo.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar os efeitos de oito semanas de treinamento de corrida, prescritos pela V_{pico} e seu respectivo t_{lim} em associação com a aplicação de LED, sobre variáveis de desempenho, marcadores de estresse oxidativo e dor muscular em homens jovens não treinados.

3.2 Objetivos Específicos

Comparar os efeitos de oito semanas de treinamento de corrida prescritos pela V_{pico} e seu respectivo t_{lim} em associação à aplicação de LED (grupo LED) com o treinamento sem aplicação de LED (grupo controle) sobre a V_{pico} e seu respectivo t_{lim} e *performance* de 5 km.

Comparar os efeitos de oito semanas de treinamento de corrida prescritos pela V_{pico} e seu respectivo t_{lim} em associação à aplicação de LED (grupo LED) com o treinamento sem aplicação de LED (grupo controle) sobre as respostas de peroxidação lipídica (malondialdeído), as atividades das enzimas antioxidantes catalase (CAT) e superóxido dismutase (SOD) e sobre as concentrações de glutathiona (oxidada e reduzida).

Comparar os efeitos de oito semanas de treinamento de corrida prescritos pela V_{pico} e seu respectivo t_{lim} em associação à aplicação de LED (grupo LED) com o treinamento sem aplicação de LED (grupo controle) sobre a percepção de dor muscular avaliada por meio da escala visual analógica.

4 REVISÃO DA LITERATURA

4.1 Treinamento de corrida de *endurance*: variáveis para avaliação, prescrição e monitoramento de treino, e predição da *performance*

A participação da população em corridas de *endurance* vem aumentando de forma considerável, principalmente, devido aos benefícios relacionados à melhora nos indicadores de saúde física, ao fácil acesso e baixo custo dessa prática (HESPANHOL-JUNIOR et al., 2015). Diferentes variáveis fisiológicas e de desempenho tais como: VO_{2max} , limiar anaeróbio (LAn), FC, velocidade associada à ocorrência do VO_{2max} (vVO_{2max}) e V_{pico} são efetivas preditoras da *performance* de corrida de *endurance* podendo, portanto, serem utilizadas como parâmetros de avaliação, prescrição e monitoramento do treinamento de corrida (MACHADO et al., 2013; BUCHHEIT; LAURSEN, 2013; MIDGLEY; MCNAUGHTON; JONES, 2007).

Diferentes estruturas são utilizadas para organizar um programa de treinamento; contudo, normalmente a prescrição contém sessões de treinos contínuos e intervalados (SLOTH et al., 2013; LAURSEN, 2010). Durante as sessões de treinamento contínuo o volume é maior e a intensidade de corrida é submáxima; já o treinamento intervalado é um modo descontínuo de exercício que se caracteriza por *sprints*/corridas de curta duração em alta intensidade (i.e., máxima ou supramáxima) intercalados com períodos de recuperação entre os intervalos de corrida (TSCHAKERT; HOFMANN, 2013; SLOTH et al., 2013; LAURSEN, 2010).

Normalmente as intensidades das sessões de treino são prescritas baseadas em percentuais referentes a uma intensidade pré-determinada em um teste máximo. Por exemplo, a intensidade utilizada como referência do treinamento intervalado pode variar entre o LAn/máxima fase estável de lactato até intensidades supramáximas; além disso, a intensidade pico obtida em teste incremental prévio vem sendo utilizada para a prescrição dos percentuais de treino

(BUCHHEIT; LAURSEN, 2013; TSCHAKERT; HOFMANN, 2013; BUCHHEIT et al., 2010).

Dentre as variáveis utilizadas como referência para a prescrição do treinamento de corrida, a V_{pico} , que é definida como a máxima velocidade atingida durante um teste incremental máximo (MACHADO et al., 2013), tem sido apontada como indicativo da máxima velocidade aeróbia (MVA) (BUCHHEIT et al., 2010; HILL; ROWELL, 1996; NOAKES; MYBURGH; SCHALL, 1990) associando-se à intensidade de ocorrência do $VO_{2\text{max}}$, e conseqüentemente, à potência aeróbia (DA SILVA; SIMÕES; MACHADO, 2015). Da Silva, Simões e Machado (2015) compararam a V_{pico} com outro importante índice que também representa a MVA, a $vVO_{2\text{max}}$; os resultados encontrados demonstraram uma elevada correlação entre a V_{pico} e a $vVO_{2\text{max}}$ ($r = 0,91$), e uma pequena diferença absoluta ($0,3 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) entre as duas variáveis.

A V_{pico} determinada em teste incremental máximo realizado em esteira rolante demonstra ser uma efetiva preditora da *performance* de *endurance* em provas de 5 km, 10 km, 15 km e em provas *time trial* de uma hora (PESERICO; ZAGATTO; MACHADO, 2015; DA SILVA; SIMÕES; MACHADO, 2015; MACHADO et al., 2013). Além disso, sua determinação é simples e não necessita do uso de equipamentos de custo elevado e/ou técnicas invasivas (PESERICO; ZAGATTO; MACHADO, 2015; MACHADO et al., 2013); assim, é importante destacar que a sua determinação associada a outras variáveis pode influenciar os valores obtidos de V_{pico} (MCLAUGHLIN et al., 2010).

Sendo assim, alguns estudos vêm buscando identificar o melhor protocolo “limpo” em esteira rolante para a determinação da V_{pico} (PESERICO; ZAGATTO; MACHADO, 2015; MACHADO et al., 2013). Além disso, existem diferentes critérios para determinar essa variável que influenciam nos seus valores finais, no qual se destacam: (a) a maior velocidade sustentada por no mínimo um minuto (STRATTON et al., 2009; NOAKES; MYBURGH; SCHALL, 1990); (b) a velocidade do último estágio completo obtida em teste incremental máximo (MACHADO et al., 2011); (c) a velocidade do último estágio completo adicionada à fração do estágio incompleto, calculada pela equação proposta por Kuipers et al. (2003).

Machado et al. (2013) e Peserico, Zagatto e Machado (2015) investigaram os efeitos do *design* do protocolo incremental e dos critérios para determinação da V_{pico} sobre os valores obtidos de V_{pico} e sua relação com a *performance* de corrida de *endurance* de corredores recreacionais. Machado et al. (2013) verificaram que a V_{pico} obtida no protocolo incremental com estágios de três minutos e determinada pelo critério proposto por Kuipers et al. (2003) foi a que demonstrou a correlação mais elevada com as *performances* de 5 km ($r = 0,95$) e 10 km ($r = 0,92$), em comparação aos protocolos com estágios de um e dois minutos.

A partir desses achados, Peserico, Zagatto e Machado (2015) investigaram diferentes taxas de incrementos ($0,5$; 1 e $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) de protocolos incrementais com estágios de três minutos e demonstraram que a V_{pico} obtida no protocolo com incrementos de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e determinada pelo critério proposto por Kuipers et al. (2003) demonstrou a melhor correlação com a *performance* de corrida *time trial* de uma hora em esteira rolante ($r = 0,89$). Além da elevada correlação com a *performance*, a V_{pico} determinada de acordo com o critério proposto por Kuipers et al. (2003) apresentou elevada reprodutibilidade teste-reteste com coeficiente de variação menor que $1,8\%$ (PESERICO; ZAGATTO; MACHADO, 2014).

Em relação à prescrição do treinamento de corrida a partir da V_{pico} , poucos estudos utilizaram essa variável como referência para tal finalidade (MANOEL et al., 2016; GONZÁLEZ-MOHÍNO et al., 2016; BUCHHEIT et al., 2010). Recentemente, Manoel et al. (2016) utilizou a V_{pico} determinada em teste incremental em esteira para a prescrição do treinamento de corredores moderadamente treinados; os resultados demonstraram que a prescrição de treinos contínuos (75% da V_{pico} ou $v\text{VO}_{2\text{max}}$) e intervalados (100% a 120% da V_{pico} ou $v\text{VO}_{2\text{max}}$) baseada na V_{pico} e seu respectivo t_{lim} levou a melhoras similares da *performance* de 10 km quando comparados aos resultados obtidos a partir do treinamento prescrito pela $v\text{VO}_{2\text{max}}$. Entretanto, nos outros trabalhos a V_{pico} foi considerada e denominada como a MVA, e sua determinação foi realizada em campo por meio de testes incrementais (BUCHHEIT et al., 2010) ou em teste incremental em esteira com a utilização de analisador de gases (GONZÁLEZ-MOHÍNO et al., 2016). Em nosso trabalho adotamos a terminologia V_{pico} como

sinônimo da MVA determinada nesses estudos, visto que essas variáveis se referem à mesma resposta fisiológica (DA SILVA; SIMÕES; MACHADO, 2015).

Assim, baseado em estudos prévios é sugerido que ao se usar a V_{pico} para a prescrição de sessões contínuas de treinamento a intensidade deve variar entre 70 e 80% (MANOEL et al., 2016; GONZÁLEZ-MOHÍNO et al., 2016; BUCHHEIT et al., 2010); já para treinos intervalados com *sprints* de duração mais longa (entre dois e seis minutos) a intensidade de corrida deve ficar entre 90 e 120% (MANOEL et al., 2016; GONZÁLEZ-MOHÍNO et al., 2016; BUCHHEIT; LAURSEN, 2013). Vale ressaltar que apesar de alguns estudos terem apresentado possibilidades de aplicação da V_{pico} para a prescrição individualizada de sessões de treinamento contínuo e intervalado (MANOEL et al., 2016; GONZÁLEZ-MOHÍNO et al., 2016; BUCHHEIT et al., 2010), apenas o estudo de Manoel et al. (2016) individualizou a duração das corridas nas séries intervaladas de alta intensidade.

Embora estudos já demonstraram correlações elevadas ($0,68 \leq r \leq 0,95$) entre a V_{pico} e corridas de 5 km, 10 km, 15 km e 1 hora (PESERICO et al., 2015; DA SILVA et al., 2015; MACHADO et al., 2013) e que o treinamento leva a melhoras tanto na V_{pico} como na *performance* de corrida de *endurance* (MANOEL et al., 2016; BUCHHEIT et al., 2010), ainda não foi investigada a relação entre as mudanças longitudinais da *performance* com as da V_{pico} , ou seja, se a V_{pico} seria sensível em indicar as melhoras na *performance* advindas de um programa de treinamento. Contudo, vale ressaltar que a relação entre os percentuais da $vVO_{2\text{max}}$ e da *performance* de corrida de *endurance* já foi analisada, no qual a melhora da $vVO_{2\text{max}}$ foi capaz de prever as mudanças na *performance* de corredores (DA SILVA et al., 2014; BRAGADA et al., 2010; SMITH; COOMBES; GERAGHTY, 2003).

Uma importante variável utilizada para a prescrição do treinamento intervalado é o tempo limite (t_{lim}) que visa individualizar a duração das séries de corrida (ESFARJANI; LAURSEN, 2007; SMITH; COOMBES; GERAGHTY, 2003; BILLAT et al., 1999). Da Silva, Simões e Machado (2015) compararam o t_{lim} na V_{pico} e o t_{lim} na $vVO_{2\text{max}}$ e suas correlações com as *performances* de 10 e 15 km e

encontraram que o t_{lim} na V_{pico} apresentou correlações mais elevadas com as *performances* em comparação ao t_{lim} na vVO_{2max} .

O t_{lim} na V_{pico} indica a capacidade de atingir e sustentar o VO_{2max} (BILLAT et al., 1994). Contudo, poucos trabalhos utilizaram o t_{lim} como variável de referência para a prescrição do treinamento intervalado (MANOEL et al., 2016; ESFARJANI; LAURSEN, 2007; SMITH; COOMBES; GERAGHTY, 2003). Por exemplo, Manoel et al. (2016) utilizaram séries intervaladas com duração equivalente a 60% do t_{lim} nos tiros longos a 100% da V_{pico} ou vVO_{2max} com intervalos de recuperação equivalentes em duração (1:1); diferentemente, Billat et al. (1999), utilizando treinos intervalado realizados na vVO_{2max} , prescreveram a duração das corridas equivalente a 50% do t_{lim} e recuperação com mesma duração a 60% da vVO_{2max} . Outros estudos reforçaram a utilização do percentual referente a 60% do t_{lim} para a prescrição da duração das séries intervaladas de corrida devido aos melhores efeitos sobre a *performance* de 3 km (ESFARJANI; LAURSEN, 2007; SMITH; COOMBES; GERAGHTY, 2003).

Portanto, a partir dos dados encontrados na literatura podemos afirmar que a V_{pico} é uma variável a ser utilizada para a prescrição e controle do treinamento de corrida, devido a sua aplicação prática e seu elevado poder de predição da *performance* de corrida de *endurance*. Além disso, a V_{pico} deve estar associada ao seu t_{lim} especialmente pelo fato desta variável possibilitar a individualização das sessões de treinamentos intervalados.

4.2 Estresse oxidativo

O termo estresse oxidativo surgiu em 1985 e vem se expandindo com o passar dos anos, sendo relacionado com um desequilíbrio entre a produção de agentes oxidantes e antioxidantes, associado a altos níveis de EROs que ultrapassam a capacidade do sistema de defesa antioxidante, levando a danos em funções celulares (POWERS; RADAK; JI, 2016; SIES, 2015; POWERS; NELSON; HUDSON, 2011). As EROs incluem tanto espécies não-radicalares como radicalares, sendo este último conhecido como radicais livres (BLOOMER, 2008). Em geral, as EROs são centradas no oxigênio, no qual o aumento de sua produção está relacionado ao exercício físico e à ocorrência da fadiga (GOMES; SILVA; DE OLIVEIRA, 2012; FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006).

As EROs são moléculas que, devido à sua instabilidade molecular, promovem reações de oxidação e, conseqüentemente, danos em outras moléculas como proteínas, lipídios e no ácido desoxirribonucleico (DNA) (POWERS; NELSON; HUDSON, 2011; FISHER-WELLMAN; BLOOMER, 2009). Os principais exemplos de EROs são o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e o íon superóxido (O_2^-) que são moléculas altamente reativas que podem atacar e danificar a estrutura celular (BLOOMER, 2008; FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006).

Dentro do nosso organismo existe um nível basal de produção e remoção de EROs que ocorre constantemente e provoca, por consequência, efeitos positivos ou negativos nas funções fisiológicas (FISHER-WELLMAN; BLOOMER, 2009). Assim, pode-se considerar que as EROs não são apenas danosas; entretanto, uma exposição excessiva leva a um desbalanço no organismo, ou seja, mais EROs do que a defesa antioxidante suporta resultaria no estresse oxidativo (FISHER-WELLMAN; BLOOMER, 2009). Além disso, as EROs possuem inúmeras funções no nosso organismo como: modular vias de sinalização celular regulando a expressão de múltiplos genes por meio de alterações na transcrição e transdução de sinal, participação na regulação do fluxo sanguíneo atuando na vasodilatação e vasoconstrição, proliferação de fibroblastos, aumento da expressão de enzimas antioxidantes (TRINITY; BROXTERMAN; RICHARDSON, 2016; GOMES; SILVA; DE OLIVEIRA, 2012; POWERS; JACKSON, 2008).

O aumento da produção de EROs ocorre especialmente devido à contração muscular durante o exercício físico, sendo a mitocôndria e a nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato oxidase (NADPH) as principais fontes de EROs das células (GONCALVES et al., 2015; SAKELLARIOU; JACKSON; VASILAKI, 2014). A maior produção de EROs também está relacionada ao aumento do processo inflamatório e da produção de catecolaminas que se oxidam e produzem EROs (GOMES; SILVA; DE OLIVEIRA, 2012; POWERS; NELSON; HUDSON, 2011).

As EROs causam alterações no tamanho e formato dos compostos com os quais interagem, induzindo apoptose ou alteração de funções celulares (GOMES; SILVA; DE OLIVEIRA, 2012; FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006). Especificamente o dano do DNA da mitocôndria, ocasionado pela exposição às EROs, leva a alterações no complexo de respiração com consequente diminuição de transferência de elétrons e produção de ATP, levando à ocorrência da fadiga muscular (FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006). Logo, o estresse oxidativo afeta negativamente tanto o desempenho quanto a recuperação após exercício devido aos efeitos das EROs sobre a inibição de enzimas na mitocôndria e aumento da peroxidação lipídica relacionado ao aumento do dano muscular (MOOREN; VOLKER, 2012).

Em razão dos danos causados pelo estresse oxidativo, nosso organismo possui um sistema antioxidante composto por moléculas encontradas tanto no meio intra como extracelular que agem como defesa devido à função de neutralizar as EROs, com papel de proteger os tecidos corporais dos danos do estresse oxidativo, especialmente durante a prática de exercício físico (GOMES; SILVA; DE OLIVEIRA, 2012; PINCHUK et al., 2012; POWERS; JACKSON, 2008). Em nosso organismo existem inúmeros antioxidantes ativos que podem ser sintetizados ou absorvidos pela dieta e classificados como fatores enzimáticos ou não enzimáticos (GOMES; SILVA; DE OLIVEIRA, 2012; FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006).

Dentre os fatores não enzimáticos destacam-se a glutatona, vitaminas (A, C, E) e micronutrientes (zinco, ferro) que agem como cofatores enzimáticos (GOMES; SILVA; DE OLIVEIRA, 2012; FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006). A

glutathione pode ser encontrada tanto na forma reduzida ou oxidada e é um tripeptídeo formado pelos aminoácidos glutamato, cisteína e glicina; todos os tipos de células são capazes de sintetizar a glutathione, que também pode ser obtida pela ingestão de proteínas (GOMES; SILVA; DE OLIVEIRA, 2012).

A glutathione se liga as EROs de forma eficiente prevenindo o aumento do estresse oxidativo; nessa reação de varredura a glutathione reduzida (GSH) é oxidada via enzima glutathione peroxidase (GPX) formando a glutathione oxidada (GSSG). Logo, quando existe um alto nível de estresse oxidativo ocorre acúmulo intracelular de GSSG. As dosagens dos níveis plasmáticos de glutathione total, GSH ou GSSG são usadas como indicadores do estresse oxidativo, assim como a relação GSH/GSSG que reflete o equilíbrio entre a capacidade da resposta antioxidante e a quantidade de neutralização dos oxidantes; uma diminuição indica aumento do estresse oxidativo (GOMES; SILVA; DE OLIVEIRA, 2012; BLOOMER, 2008).

Em relação às enzimas antioxidantes as principais são: superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e GPX; cada uma dessas enzimas possui uma função específica na redução dos diferentes tipos de EROs, além de estarem localizadas em diferentes compartimentos celulares (GOMES; SILVA; DE OLIVEIRA, 2012; BLOOMER, 2008; FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006).

A enzima SOD possui três diferentes isoformas: uma enzima citosólica cobre-zinco, uma enzima mitocondrial exigindo o manganês e uma enzima extracelular. Especificamente na célula muscular, a SOD é encontrada no citosol e na mitocôndria e tem função de catalisar a conversão do O_2^- em H_2O_2 (GOMES; SILVA; DE OLIVEIRA, 2012; BLOOMER, 2008). A SOD é a principal defesa contra os radicais O_2^- e é a primeira linha de defesa contra o estresse oxidativo (FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006), estima-se que 80% do O_2^- formado na mitocôndria seja reduzido pela SOD (MOOREN; VOLKER, 2012).

A CAT é extensivamente distribuída na célula, presente especialmente em estruturas chamadas peroxissomas, sendo sua principal função degradar o H_2O_2 em água (H_2O) e O_2 ; a CAT é encontrada em maiores concentrações nas fibras musculares tipo I (GOMES; SILVA; DE OLIVEIRA, 2012; BLOOMER, 2008;

POWERS; JACKSON, 2008). Já a enzima GPX, localizada tanto no citosol como na mitocôndria, é responsável por remover os hidroperóxidos, protegendo assim lipídios de membrana, proteínas e ácidos nucleicos da oxidação; a atividade da GPX nas células musculares depende do tipo de fibra, com melhor atividade nas fibras tipo I (GOMES; SILVA; DE OLIVEIRA, 2012; FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006).

Em relação à análise do estresse oxidativo, a dosagem direta da produção de EROs, como por exemplo em nível muscular, é realizada a partir de técnicas que requerem equipamentos caros e métodos complexos (i.e., biópsia tecidual); por isso, em estudos com humanos, a coleta de sangue para a análise dos marcadores de estresse oxidativo vem sendo a mais utilizada (GOMES; SILVA; DE OLIVEIRA, 2012; BLOOMER, 2008). Devido ao sangue interagir com todos os órgãos e tecidos e, conseqüentemente, com muitas fontes de EROs, e também por produzir EROs, é possível assumir que a análise do estresse oxidativo do nosso metabolismo dosada frequentemente no sangue deriva, pelo menos em parte, do próprio sangue (NIKOLAIDIS; JAMURTAS, 2009; CIMEN, 2008). Vale ressaltar que estudos já demonstraram que marcadores dosados no sangue (i.e., no plasma e em eritrócitos) refletem adequadamente as mudanças do estresse oxidativo que ocorrem no músculo esquelético (MARGARITELIS et al., 2015; VESKOUKIS et al., 2009; YOU et al., 2005).

Além disso, em grande parte dos estudos, ao invés da análise direta das EROs, moléculas mais estáveis e formadas via reações dos EROs com certas biomoléculas são analisadas como indicadores do estresse oxidativo (FISHER-WELLMAN; BLOOMER, 2009). Os principais exemplos são: substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) como o malondialdeído (MDA) que indicam peroxidação lipídica; as proteínas carboniladas (PC) como marcadores de oxidação de proteínas, e indicadores de oxidação do DNA (FISHER-WELLMAN; BLOOMER, 2009; BLOOMER, 2008; FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006). Adicionalmente, a atividade ou concentração das enzimas antioxidantes (e.g., SOD, CAT, GPX), e as concentrações de GSH ou GSSG são também utilizadas para a estimativa do estresse oxidativo (BOGDANIS et al., 2013; FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006).

Entretanto, é importante ressaltar que existe a necessidade da padronização de alguns aspectos relacionados às análises dos marcadores de estresse oxidativo, tais como critérios universais para classificar o dano oxidativo, as técnicas nos experimentos e análises laboratoriais, e unidades de medidas utilizadas, para que se possa chegar a melhores conclusões dos resultados obtidos (PINCHUK et al., 2012).

4.2.1 Estresse oxidativo e exercício físico

Evidências mostram que o exercício físico agudo, tanto aeróbio quanto anaeróbio, induz ao aumento da produção de EROs, resultando na alteração da homeostase e podendo induzir ao estresse oxidativo (POWERS; RADAK; JI, 2016; LEWIS et al., 2015; GOMES; SILVA; DE OLIVEIRA, 2012). Além do músculo esquelético, outros tecidos como o coração, pulmões e sangue contribuem para a geração total de EROs durante o exercício (POWERS; JACKSON, 2008), e são as adaptações fisiológicas, como aumento do consumo de oxigênio (VO_2), da temperatura corporal e diminuição do pH, que estimulam a produção de EROs (ARBOGAST; REID, 2004).

Nesse sentido, os principais mecanismos para o aumento da produção das EROs que estão relacionados ao exercício físico são: (a) falha no transporte/transferência de elétrons da cadeia respiratória levando ao “vazamento” na membrana interna mitocondrial, gerando superóxido em diferentes níveis; (b) a condição isquêmica durante o exercício físico nos órgãos (devido ao redirecionamento do fluxo sanguíneo para os músculos ativos) leva à conversão da enzima xantina desidrogenase em xantina oxidase, e ao término da sessão os tecidos são reoxigenados, a xantina oxidase produz superóxido e peróxido de hidrogênio; (c) o exercício físico leva ao aumento de células inflamatórias (neutrófilos) liberando EROs; (d) a oxidação das catecolaminas (aumentadas durante o exercício físico) produzem EROs (GOMES; SILVA; DE OLIVEIRA, 2012; POWERS; NELSON; HUDSON, 2011). Além disso, estudos recentes vêm indicando que a NADPH oxidase tem um papel chave na produção de EROs

durante a contração muscular induzida pelo exercício físico (GONCALVES et al., 2015; SAKELLARIOU; JACKSON; VASILAKI, 2014).

Em resumo, o aumento da produção de EROs durante e logo após a prática de exercício aeróbio está primeiramente associado ao aumento do VO_2 (BLOOMER, 2008). Já o exercício anaeróbio também leva ao estresse oxidativo agudo por mecanismos de aumento das EROs que não estão claros; entretanto, sugere-se que as enzimas geradoras de EROs são ativadas em resposta à isquemia seguida de reperfusão ou ainda devido à resposta imune fagocitária após o dano muscular (FISHER-WELLMAN; BLOOMER, 2008).

Assim como as concentrações de EROs, os marcadores PC, MDA e TBARS também estão aumentados após a realização do exercício físico; tais marcadores podem ficar elevados durante horas ou até mesmo dias dependendo da intensidade e duração do exercício físico realizado (KLISZCZEWICZ et al., 2015; BOGDANIS et al., 2013; TURNER et al., 2011). Turner et al. (2011) verificaram que após prova de 233 km de corrida alguns marcadores ficaram elevados por dias, no qual os níveis de PC permaneceram elevados por sete dias e a peroxidação lipídica ficou aumentada por 24 horas após o término da prova.

Para os antioxidantes a maioria dos estudos reportou uma capacidade/atividade antioxidante (i.e., SOD, CAT, GPX e GSH) aumentada após o exercício físico (PARKER; MCGUCKIN; LEICHT, 2014; BOGDANIS et al., 2013); entretanto, destaca-se que um aumento dessas enzimas pode ser indicativo de maior proteção antioxidante como também estar relacionado ao aumento do estresse oxidativo (SILVEIRA et al., 2011).

Vale ressaltar, que vários fatores influenciam a magnitude das mudanças nos marcadores de estresse oxidativo após uma sessão de exercício, tais como o nível de condicionamento do participante, os grupos musculares recrutados, a intensidade e duração do exercício, o momento de coleta após a prática, o *status* nutricional e o marcador analisado (LEWIS et al., 2015; KLISZCZEWICZ et al., 2015; GOMES; SILVA; DE OLIVEIRA, 2012). Por exemplo, em um exercício físico de baixa intensidade a defesa antioxidante parece ser suficiente em conter as

EROs, mas quando a intensidade e o volume aumentam, essa defesa não é mais adequada, resultando no estresse oxidativo (KNEZ; JENKINS; COOMBES, 2007).

Em relação ao nível de condicionamento físico do participante, quanto menor o nível maior será a resposta aguda observada no que se refere ao estresse oxidativo após o exercício físico (BLOOMER, 2008; BLOOMER et al., 2006). Diferentemente dos trabalhos com sujeitos destreinados, estudos com atletas demonstraram que não houve aumento significativo dos marcadores MDA e PC após a realização de uma sessão de exercício físico (FARNEY et al., 2012; FALONE et al., 2009). Além disso, para os antioxidantes, a resposta também foi semelhante, na qual não houve efeito do exercício sobre o *status* antioxidante (FALONE et al., 2009). Segundo Farney et al. (2012) esses achados estão relacionados à atenuação da produção das EROs advindas das adaptações crônicas ao treinamento físico ou a um efeito de proteção do sistema antioxidante em resposta ao exercício físico agudo.

4.2.2 Estresse oxidativo e antioxidantes: efeitos advindos do treinamento aeróbio

A exposição repetida a fatores estressores e toxinas produzidas pelo nosso organismo leva a respostas adaptativas favoráveis que estão relacionadas às melhoras tanto na saúde como no desempenho físico (RADAK et al., 2013; JI; GOMEZ-CABRERA; VINA, 2006). Estudos destacam que um nível ótimo de produção de EROs durante o exercício físico desempenha uma função fundamental na sinalização de vias que contribuem para adaptações metabólicas e musculares ao treinamento (POWERS; RADAK; JI, 2016; RADAK et al., 2013). Radak et al. (2013) destacam que o exercício físico regular aumenta a eficiência dos sistemas antioxidantes, e que níveis moderados de estresse oxidativo causados por uma única sessão de exercício são cruciais para a remodelação da membrana celular e de proteínas, assim como para a regulação de fatores de transcrição. Sendo assim, apesar das adaptações que ocorrem no sistema antioxidante em resposta ao exercício físico não eliminarem totalmente os danos causados pelo estresse oxidativo, elas são capazes de reduzir o potencial dano de

futuras sessões a partir dos efeitos protetores sobre as respostas inflamatórias, diminuição de danos celulares e possibilitarem uma transferência de energia mitocondrial mais eficiente (MOOREN; VOLKER, 2012; BLOOMER; GOLDFARB, 2004).

Estudos com humanos vêm demonstrando que o treinamento aeróbio induz adaptações benéficas relacionadas à redução dos marcadores de estresse oxidativo e melhora da defesa antioxidante (AZIZBEIGI et al., 2014; VEZZOLI et al., 2014; SCHAUN et al., 2011). Especificamente o treinamento de corrida vem sendo pouco investigado quanto aos seus efeitos sobre o estresse oxidativo; estudos realizados com essa temática analisaram, antes e após um período de treinamento, as respostas dos marcadores em condições de repouso ou após a realização de um exercício máximo (AZIZBEIGI et al., 2014; VEZZOLI et al., 2014; MIYAZAKI et al., 2001).

Azizbeigi et al. (2014) compararam os efeitos de três tipos de treinamento realizados por homens jovens (resistido, concorrente e de corrida de *endurance*) sobre a capacidade antioxidante e estresse oxidativo. Os autores reportaram um aumento significativo da SOD e diminuição do MDA nos três grupos após oito semanas de treinamento; contudo, os percentuais de aumento e diminuição mais expressivos, para SOD e CAT, respectivamente, foram encontrados no grupo de corrida de *endurance*. Miyazaki et al. (2001) avaliaram homens destreinados antes e após 12 semanas de treinamento de corrida e encontraram aumento da atividade das enzimas antioxidantes SOD e GPX avaliadas em repouso após o período de treinamento; além disso, foi observada, após o período de treinamento, uma atenuação do aumento do TBARS logo após a realização de um exercício exaustivo.

Outros dois estudos foram realizados com sujeitos treinados em corrida de *endurance* (VEZZOLI et al., 2014; RAHNAMA; GAENI; HAMEDINIA, 2007). Vezzoli et al. (2014) compararam as respostas de estresse oxidativo em dois grupos de treinamento (moderado contínuo vs treinamento intervalado); os resultados demonstraram diminuição do MDA plasmático em repouso em ambos os grupos após o período de treinamento, sem modificações nos níveis de PC,

concluindo assim que houve efeitos benéficos dos dois tipos de treinamento sobre o estresse oxidativo. Entretanto, Rahnama, Gaeni e Hamedinia (2007) após oito semanas de treinamento não verificaram modificações sobre os marcadores MDA e PC em dois grupos de adolescentes (controle vs treinamento), apesar da melhora no VO_{2max} dos participantes.

Portanto, observa-se que a atenuação dos marcadores de estresse oxidativo, tanto em repouso quanto após a realização de um exercício máximo, são adaptações positivas decorrentes do treinamento de *endurance* (AZIZBEIGI et al., 2014; VEZZOLI et al., 2014; MIYAZAKI et al., 2001). Além disso, tem sido demonstrado que o exercício físico causa aumento da produção de EROs no músculo esquelético, e que a exposição crônica ao aumento das EROs induz à regulação positiva do sistema antioxidante do organismo (AZIZBEIGI et al., 2014; BOGDANIS et al., 2013). Logo, a aplicação de um programa de treinamento de *endurance* associado a um recurso que atenua o estresse oxidativo, como a fototerapia, otimizaria as adaptações fisiológicas e, conseqüentemente, melhoraria o desempenho.

4.3 Fototerapia

A fototerapia é conhecida desde 1967 e tem emergido como uma promissora área de pesquisa, tanto em modelos animais como em humanos, na qual se utiliza da luz visível ou infravermelha como tratamento terapêutico para promover efeitos sobre processos biológicos como redução da dor e da inflamação e regeneração tecidual (BORSA; LARKIN; TRUE, 2013; HUANG et al., 2011; KNEEBONE, 2006). Recentemente estudos passaram a utilizar a fototerapia como um efetivo método de recuperação pós-exercício físico, ou ainda um possível mecanismo ergogênico para o sistema oxidativo em razão dos efeitos na melhora da *performance* muscular e redução da fadiga (NAMPO et al., 2016b; LEAL JUNIOR et al., 2015; BORSA; LARKIN; TRUE, 2013).

Os efeitos biológicos da fototerapia são mediados pela absorção dos fótons, que são partículas da luz, por cromóforos endógenos e a subsequente transdução de energia da luz em energia química dentro da célula ou das organelas do citosol para ser utilizada na atividade celular (HUANG et al., 2011; KNEEBONE, 2006). Os cromóforos ligados à membrana atuam como fotossensibilizadores que induzem a sinalização e conseqüentes alterações na permeabilidade da membrana e nos mecanismos de transporte que dão origem a mudanças intracelulares no pH, concentrações de íons e excitabilidade da membrana (KNEEBONE, 2006).

Esse efeito sobre as células através da absorção da luz por fotorreceptores é denominado fotobioestimulação ou fotobiomodulação e tem influência na atividade celular por estímulos ou inibição de funções químicas e fisiológicas (LEAL JUNIOR et al., 2015; BARATTO et al., 2011; KNEEBONE, 2006). Os principais benefícios da fototerapia, especialmente no músculo esquelético, estão relacionados ao aumento da atividade mitocondrial e síntese de ATP, estímulo do crescimento e metabolismo celular, melhora da reparação tecidual, diminuição da inflamação, controle da dor, aumento da microcirculação, efeitos positivos sobre o estresse oxidativo e diminuição de edemas (LEAL JUNIOR et al., 2015; DE MARCHI et al., 2012).

Todavia, é importante ressaltar que vários fatores podem influenciar a magnitude dos efeitos da fototerapia, tais como: o comprimento de onda e o tipo de luz utilizados (BORGES et al., 2014), doses de aplicações (PERINI et al., 2016; FERRARESI et al., 2015a; DE OLIVEIRA et al., 2014), a pigmentação da pele (BATTLE; HOBBS, 2003), o momento de aplicação quando associado com o exercício físico, ou seja, pré ou pós (VANIN et al., 2016) e o tipo do equipamento utilizado (LEAL JUNIOR et al., 2009a).

O tamanho do comprimento de onda, expresso em nanômetros (nm), é determinante para se atingir os efeitos da fototerapia tendo um importante papel na penetração da luz nos tecidos moles (ENWEMEKA, 2009). Estudos mostram que diodos com comprimento de onda entre 820 a 904 nm são característicos da luz infravermelha e podem transmitir a energia luminosa de dois a quatro cm abaixo da pele e, portanto, são mais interessantes para o tratamento de tecidos mais profundos como: ossos, músculos, ligamentos e tendões. Diodos com comprimentos de onda de 400 a 700 nm podem transmitir a energia luminosa apenas em camadas epidérmicas e dérmicas do tecido com penetração inferior a um centímetro, característico da luz vermelha e, portanto, são indicados para tratamentos superficiais da pele (BORSA; LARKIN; TRUE, 2013; HUANG et al., 2011; ENWEMEKA, 2009).

A dosagem adequada de aplicação abrangendo comprimento de onda, potência de saída e tempo de tratamento é um dos principais fatores determinantes para os efeitos da fototerapia (LEAL JUNIOR et al., 2015). Nesse sentido, um padrão bifásico de dose-resposta tem sido sugerido para as respostas ao tratamento com fototerapia, ou seja, baixas doses de energia levariam a nenhum efeito, doses intermediárias levariam ao efeito de estimulação e elevadas doses levariam à inibição da atividade celular (HUANG et al., 2011). Logo, é sugerido que exista uma “ótima janela” biológica compreendida entre 650 e 1200 nm, aproximadamente, para que a penetração ideal da luz seja maximizada (HUANG et al., 2011). Alguns estudos já demonstraram que diferentes doses de aplicação levam a diferentes respostas da citocromo c oxidase (ALBUQUERQUE-PONTES et al., 2015) e da CK após exercício (FERRARESI et al., 2015a), bem

como modificam a *performance* muscular (HEMMINGS; KENDALL; DOBSON, 2016).

Nesse contexto, dois equipamentos são comumente utilizados como fontes de luz: um sistema de amplificação de luz por emissão estimulada de radiação laser e diodos emissores de luz (i.e., LED). Uma das diferenças entre o laser e o LED é o número de diodos nos equipamentos, no qual os LEDs normalmente são utilizados em *clusters* com múltiplos diodos, com um misto de comprimentos de onda, podendo ter diodos de luz visível vermelha e infravermelha no mesmo equipamento (LEAL JUNIOR et al., 2011; LEAL JUNIOR et al., 2009a), diferentemente do laser, no qual um mesmo equipamento possui apenas um comprimento de onda específico (KNEEBONE, 2006).

Além de ser mais acessível financeiramente, outra vantagem do LED é sua maior área de abrangência de aplicação e irradiação quando comparado ao laser que possui uma luz colimada (BORSA; LARKIN; TRUE, 2013; LEAL JUNIOR et al., 2009a). Leal Junior et al. (2009a) compararam os efeitos do LED e do laser sobre a recuperação após teste de Wingate e encontraram que o tratamento com LED levou a uma diminuição significativa dos níveis de CK comparado ao grupo placebo e tratamento com laser, sugerindo assim um melhor efeito do LED do que do laser. Todavia, tanto os estudos que aplicaram o laser (FELISMINO et al., 2014; DE MARCHI et al., 2012; LEAL JUNIOR et al., 2010), como aqueles que utilizaram o LED (FERRARESI et al., 2015b; BORGES et al., 2014; LEAL JUNIOR et al., 2011) encontraram efeitos positivos sobre a recuperação muscular pós-exercício físico.

Além desses fatores, diferentes formas de aplicação da fototerapia têm sido relatadas; no entanto, a mais divulgada é a realizada com o equipamento em contato direto com o local a ser irradiado com uma angulação de 90° em relação à superfície cutânea (FERRARESI et al., 2011; BARONI et al., 2010b; LEAL JUNIOR et al., 2009a).

Vale destacar que existe uma gama de estudos que utilizaram a aplicação da fototerapia com diferentes quantidades de energia, comprimentos de onda, potência irradiada, densidade da potência, tempo de irradiação e modos de

exercícios; contudo, não se tem um consenso estabelecido em relação a esses parâmetros bem como quais características levariam às melhores respostas (LEAL JUNIOR et al., 2015; BORSA; LARKIN; TRUE, 2013; FERRARESI; HAMBLIN; PARIZOTTO, 2012).

4.3.1 Fototerapia e exercício físico

A recuperação pós-exercício físico constitui um dos principais pontos para a otimização das respostas adaptativas do exercício, sendo muitos os tratamentos/métodos empregados que visam à melhor recuperação, dentre eles os mais investigados e utilizados são: recuperação ativa, aplicação de crioterapia, uso de roupas de compressão, eletroestimulação, massagem e uso de analgésicos anti-inflamatórios (BISHOP; JONES; WOODS, 2008; BARNETT, 2006). Mais recentemente, a fototerapia vem sendo estudada por estimular mecanismos fisiológicos que facilitam a recuperação pós-exercício (NAMPO et al., 2016a; LEAL JUNIOR et al., 2015; BORSA; LARKIN; TRUE, 2013).

Além disso, em estudos de revisão e/ou metanálise sobre os efeitos da fototerapia na *performance* em exercício e na prevenção contra dano muscular, é demonstrado um efeito ergogênico desse recurso, devido a preservação do tecido dos danos advindos do exercício físico, à melhora da *performance* e por acelerar a recuperação quando aplicado antes ou imediatamente após a prática (NAMPO et al., 2016b; LEAL JUNIOR et al., 2015; BORSA; LARKIN; TRUE, 2013).

Para a análise dos efeitos da fototerapia, comumente, são verificados marcadores bioquímicos, como atividade e concentração da CK e lactato desidrogenase, estresse oxidativo, e parâmetros relacionados à *performance* muscular, como o número de repetições máximas em testes isocinéticos, tempo de exaustão, força e potência pico, contração voluntária máxima e atividade elétrica muscular (NAMPO et al., 2016a,b; LEAL JUNIOR et al., 2015). Grande parte dos estudos com humanos encontrou efeitos positivos da fototerapia sobre a recuperação muscular e *performance* em avaliações com a realização de exercícios de força (HEMMINGS; KENDALL; DOBSON, 2016; FELISMINO et al.,

2014; LEAL JUNIOR et al., 2010) e teste de Wingate (LEAL JUNIOR et al., 2011; LEAL JUNIOR et al., 2009a; LEAL JUNIOR et al., 2009b).

Especificamente, a utilização da fototerapia associada ao exercício/*performance* aeróbia em humanos vem sendo menos estudada (MACHADO et al., 2016; MIRANDA et al., 2016; DE MARCHI et al., 2012). Miranda et al. (2016) e De Marchi et al. (2012) demonstraram que a aplicação da fototerapia realizada antes de um teste incremental máximo em esteira rolante levou a efeitos positivos sobre variáveis cardiopulmonares e tempo de exaustão comparado à condição placebo. Ferraresi et al. (2015b) realizaram um estudo de caso com um corredor de elite e verificaram que a aplicação de LED antes da realização de um teste realizado a $18 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ até exaustão voluntária modificou positivamente a cinética do VO_2 e aumentou o tempo de permanência em exercício.

Dois estudos investigaram os efeitos da fototerapia aplicada antes da realização de testes *time trial* em esteira (MACHADO et al., 2016; HAUSSWIRTH et al., 2011). Recentemente, Machado et al. (2016) verificaram em homens jovens os efeitos do LED aplicado entre dois testes *time trial* de corrida de 40 minutos sobre marcadores de recuperação e na própria *performance* (condições placebo e LED); os resultados encontrados não demonstraram efeitos significantes da condição LED em comparação à condição placebo sobre os níveis de CK, concentrações de lactato sanguíneo, atividade parassimática determinada pela variabilidade da FC (VFC) e na velocidade média da *performance* de 40 minutos.

Diferentemente dos efeitos agudos, a fototerapia aplicada de forma longitudinal associada com o treinamento e ao exercício físico vem sendo bem menos estudada. Tanto em estudos com modelo animal com ratos (GUARALDO et al., 2016; AMADIO et al., 2015; PAOLILLO et al., 2014) como com humanos (FERRARESI et al., 2016; BARONI et al., 2015; PAOLILLO et al., 2013) as maiores melhoras nos parâmetros relacionados à recuperação muscular ocorreram nos grupos que realizaram treinamento associado com a fototerapia.

Em modelo animal utilizando ratos os estudos longitudinais foram realizados com o treinamento resistido em escalada (PAOLILLO et al., 2014;

PATROCINIO et al., 2013) ou aeróbio com natação (GUARALDO et al., 2016; AMADIO et al., 2015), nos quais os resultados demonstraram efeitos positivos do treinamento associado à fototerapia sobre a redução de marcadores inflamatórios (e.g., Interleucina-6 e TNF-alfa) e de estresse oxidativo (e.g., MDA), e o aumento da *performance* muscular e aeróbia.

Grande parte dos estudos com humanos associando fototerapia e treinamento foi realizado com o treino de força de membros inferiores (i.e., resistidos) (FERRARESI et al., 2016; BARONI et al., 2015; FERRARESI et al., 2011). Por exemplo, Ferraresi et al. (2011) e Baroni et al. (2015) separaram homens saudáveis em três grupos (grupo controle, grupo treinamento e grupo treinamento com aplicação de laser), no qual no primeiro estudo o laser foi aplicado imediatamente após cada sessão de treino e no segundo estudo, antes de cada sessão. Os autores reportaram maior aumento da força muscular durante teste de uma repetição máxima (FERRARESI et al., 2011) e melhores respostas hipertróficas (i.e., aumento da espessura dos músculos) (BARONI et al., 2015) após o período de 12 semanas nos grupos treinamento associado com aplicação de laser.

Recentemente, Ferraresi et al. (2016) submeteram um par de gêmeos monozigóticos a 12 semanas de treinamento resistido, no qual um deles recebia a aplicação da fototerapia após todas as sessões de treino e o outro não. Após o período de treinamento, o participante que recebeu o tratamento obteve melhores resultados relacionados à resistência à fadiga muscular, redução dos níveis de CK e da expressão de genes relacionados à inflamação e atrofia muscular, e aumento da expressão de genes relacionados à síntese de proteínas e defesa antioxidante comparado à condição placebo.

4.3.1.1 Fototerapia e treinamento aeróbio em humanos

Apenas três estudos, realizados com mulheres, verificaram a associação entre fototerapia e treinamento aeróbio e seus respectivos efeitos (PAOLILLO et al., 2013; VIEIRA et al., 2012; PAOLILLO et al., 2011). Paolillo et al. (2011) e Paolillo et al. (2013) investigaram mulheres na pós-menopausa e utilizaram a aplicação de LED durante todas as sessões de um programa de treinamento com frequência de duas vezes na semana e treinos realizados em intensidades referentes a 85-90% da frequência cardíaca máxima (FC_{max}) na esteira rolante. No primeiro estudo, o treinamento teve a duração de três meses, no qual os resultados demonstraram que o grupo que treinou com a aplicação de LED apresentou maior aumento nos valores de potência muscular no teste isocinético, comparado ao grupo controle que realizou apenas o treino sem LED. No segundo trabalho, Paolillo et al. (2013) realizaram um treinamento com duração de seis meses e encontraram efeitos positivos no grupo treinamento com LED na *performance* máxima em teste progressivo de Bruce e na recuperação pós-exercício avaliada pelo tempo em que a FC e a pressão arterial voltaram aos valores *baseline*.

Vieira et al. (2012) associaram o treinamento de *endurance* realizado em cicloergômetro e a aplicação de laser realizada após cada sessão de treinamento em mulheres jovens; as sessões de treino aconteceram três vezes na semana, tiveram duração oscilando entre 40 e 60 minutos e intensidades referentes ao limiar ventilatório. Após nove semanas os resultados indicaram que o grupo treinamento com laser teve uma diminuição significativa do índice de fadiga obtido no teste isocinético de extensão-flexão do joelho, diferentemente do grupo que treinou sem a fototerapia. É importante ressaltar que os estudos que analisam os efeitos longitudinais da aplicação da fototerapia devem considerar o efeito residual desse tratamento, visto que este pode durar horas ou até mesmo dias após a aplicação (ALBUQUERQUE-PONTES et al., 2015; MESQUITA-FERRARI et al., 2011).

Entretanto, nenhum estudo associando a fototerapia com o treinamento de corrida de *endurance* composto por sessões individualizadas de treinos

intervalados e contínuos foi realizado com homens; além disso, pouco se sabe sobre os efeitos dessa associação sobre parâmetros de *performance* de *endurance* e estresse oxidativo.

4.3.1.2 Efeitos da fototerapia sobre o metabolismo energético aeróbio e estresse oxidativo

Os efeitos da fototerapia sobre o metabolismo aeróbio estão especialmente relacionados a modulação das enzimas do sistema oxidativo dentro da mitocôndria, como a citocromo c oxidase e outras enzimas do ciclo de Krebs e da cadeia de transporte de elétrons que, conseqüentemente, aumentam a síntese de ATP (FERRARESI; HAMBLIN; PARIZOTTO, 2012; HUANG et al., 2011; KNEEBONE, 2006).

Especificamente a atividade da enzima citocromo c oxidase (complexo IV da cadeia respiratória mitocondrial) tem sido identificada como um mecanismo chave para a interação entre a luz advinda da fototerapia e diferentes tecidos biológicos (HUANG et al., 2011). Alguns estudos com modelo animal (ratos) verificaram aumento da atividade da citocromo c oxidase na cadeia respiratória dentro da mitocôndria do músculo esquelético após aplicação da fototerapia (ALBUQUERQUE-PONTES et al., 2015; FERRARESI et al., 2015c; HAYWORTH et al., 2010). Albuquerque-Pontes et al. (2015) verificaram que após a aplicação de laser com diferentes doses e comprimentos de onda houve aumento significativo da expressão e atividade da enzima citocromo c oxidase no músculo esquelético tanto após cinco, 10 e 30 minutos como uma, duas, 12 e 24 horas após aplicação da fototerapia. Além disso, outras enzimas determinantes do metabolismo aeróbio, como a succinato desidrogenase, também apresentaram aumento de atividade após aplicação da fototerapia (DIAS et al., 2011; SILVEIRA et al., 2009).

Outros mecanismos também podem estar envolvidos na redução da fadiga e melhora da *performance* durante o exercício aeróbio como: melhora na sensibilidade das miofibrilas e canais de cálcio aos íons cálcio; aumento da captação do cálcio pelo sarcoplasma do retículo sarcoplasmático; melhora da

formação das pontes cruzadas e produção da força; aumento da atividade da bomba sódio-potássio alterando a permeabilidade da membrana celular ao fluxo de cálcio; menor dano muscular e perda de conteúdos do músculo como CK e mioglobina (FERRARESI; HAMBLIN; PARIZOTTO, 2012; KNEEBONE, 2006).

Todos esses mecanismos e respostas benéficas fortalecem o entendimento da fototerapia como ergogênico do metabolismo aeróbio. Ademais, outro importante fator que vem indicando grande potencial da fototerapia em exercícios físicos aeróbios é o efeito sobre a redução do estresse oxidativo e consequentemente um efeito protetor contra a disfunção mitocondrial e dano muscular mediado por EROs (DE MARCHI et al., 2012; FERRARESI; HAMBLIN; PARIZOTTO, 2012).

Estudos em modelo animal com ratos verificaram efeitos benéficos da fototerapia aplicada de forma aguda (SILVA et al., 2015; LUO et al., 2013; SILVEIRA et al., 2011) e aplicada longitudinalmente associada com o treinamento físico (GUARALDO et al., 2016; FERRARESI et al., 2015c) sobre as respostas do estresse oxidativo. Luo et al. (2013) analisaram os efeitos de 10 dias de tratamento com laser sobre a reparação tecidual de um músculo após ser lesionado; os resultados demonstraram aumento significativo na atividade da enzima antioxidante SOD, e diminuição significativa da produção do MDA um, dois e três dias após a lesão no grupo de animais tratados com fototerapia. De forma semelhante, Silveira et al. (2011) utilizaram o laser com diferentes dosagens e comprimentos de onda durante cinco dias para tratar diferentes grupos de animais lesionados e verificaram significativa redução nos níveis de TBARS e PC, e redução da atividade da SOD e CAT após o tratamento; a diminuição da atividade das enzimas antioxidantes foi explicada pelos autores em consequência de uma diminuição das EROs que consequentemente levou à necessidade de uma menor resposta antioxidante.

Em associação com o exercício físico, Silva et al. (2015) em um estudo com animais verificaram que a fototerapia aplicada antes da realização de um teste incremental conteve o aumento do estresse oxidativo imediatamente após o exercício e após 24 horas no grupo de animais tratados antes da realização do

exercício. Também com modelos animais, Guaraldo et al. (2016) investigaram os efeitos da fototerapia em conjunto com o treinamento aeróbio de natação sobre o estresse oxidativo e a capacidade aeróbia (i.e., MAS e VO_{2max}). Após seis semanas de treinamento de natação realizado seis vezes na semana, o grupo de animais que treinava e recebia a aplicação do laser antes de todas as sessões de treino teve os maiores aumentos na atividade das enzimas CAT, SOD e GPX e no VO_{2max} , e a maior atenuação do aumento do MDA após o período de treinamento quando comparado aos outros grupos analisados (controle sem exercício; com fototerapia e sem exercício; exercício e sem fototerapia).

Apesar de serem poucos os estudos com humanos, os resultados encontrados são semelhantes aos trabalhos com modelo animal (DE MARCHI et al., 2012; CUI et al., 2007). Cui et al. (2007) investigaram o efeito da fototerapia sobre a estrutura da membrana de eritrócitos de humanos, no qual os eritrócitos foram expostos a radicais livres; os resultados mostraram que o grupo tratado com fototerapia teve melhor reparação da função da membrana de eritrócitos.

Especificamente a relação fototerapia, exercício físico e estresse oxidativo foi investigada por De Marchi et al. (2012), que verificaram em 22 homens destreinados os efeitos do tratamento com laser na atenuação das respostas do estresse oxidativo advindo da realização de um exercício máximo em esteira rolante; os resultados indicaram que a condição laser atenuou o aumento dos marcadores de estresse oxidativo TBARS e PC, visto que apenas a condição placebo apresentou aumento significativo desses marcadores após a realização do exercício; além disso, a enzima SOD diminuiu significativamente apenas na condição placebo após o exercício.

4.3.1.3 Efeitos da fototerapia sobre a dor muscular advinda do exercício físico

A sensação de dor ou desconforto, predominantemente no músculo esquelético após a realização de exercícios físicos em intensidade na qual o indivíduo não está adaptado, é algo que comumente ocorre, especialmente em iniciantes (LEWIS; RUBY; BUSH-JOSEPH, 2012; CHEUNG; HUME; MAXWELL, 2003). A dor muscular é classificada como uma tensão muscular do tipo 1 e se refere a dor que pode ocorrer durante ou dentro de duas horas após a realização do exercício físico, ou ainda a dor que permanece por até 72 horas após a realização do exercício, denominada dor muscular tardia (DMT) (DENNEKER et al., 2014; LEWIS; RUBY; BUSH-JOSEPH, 2012; CHEUNG; HUME; MAXWELL, 2003). Existem alguns mecanismos bioquímicos associados a dor muscular, como: microtraumas advindos do exercício físico, danos no tecido conjuntivo, inflamação, presença de radicais livres (e.g., EROs), efluxo de eletrólitos e enzimas (LEWIS; RUBY; BUSH-JOSEPH, 2012; SALVEMINI et al., 2011; CHEUNG; HUME; MAXWELL, 2003).

Estudos já verificaram efeitos positivos da fototerapia na diminuição de marcadores bioquímicos indicadores de lesão muscular induzidos pelo exercício físico (FERRARESI et al., 2016; ANTONIALLI et al., 2014; BARONI et al., 2010b). Conseqüentemente, a redução da dor muscular após o tratamento com fototerapia também tem sido reportada (BARONI; LEAL JUNIOR, 2016; ANTONIALLI et al., 2014; BARONI et al., 2010b).

Grande parte dos trabalhos que associaram fototerapia e exercício físico avaliaram a DMT a partir da escala visual analógica (EVA) de 10 cm para quantificar a dor em membros inferiores após a realização de exercícios de força máxima (FERRARESI et al., 2016; ANTONIALLI et al., 2014; BARONI et al., 2010b) ou após exercícios aeróbios (MACHADO et al., 2016; HAUSSWIRTH et al., 2011). Antonialli et al. (2014) e Baroni et al. (2010b) verificaram o efeito da fototerapia aplicada antes da realização de uma sessão de exercício de força fatigante de membro inferior sobre a DMT após o término do exercício físico; no primeiro estudo foi observado um efeito positivo da fototerapia na diminuição da

DMT em diferentes momentos após a realização da sessão de exercício (i.e., 1, 24, 48, 72 e 96 horas) em comparação ao placebo; por outro lado, o estudo de Baroni et al. (2010b) não demonstrou diferença estatística entre os grupos fototerapia e placebo, no qual o DMT aumentou de maneira similar para ambos os grupos.

Diferentemente, Ferraresi et al. (2016) avaliaram a DMT dentro de um programa de treinamento resistido de membros inferiores associado à aplicação de fototerapia após as sessões de treino. Nesse estudo os escores da escala EVA foram obtidos 24 horas após a 1^a, 13^a, 25^a e 36^a sessões de treinamento; os resultados demonstraram que os escores de dor ficaram menores após 24 horas em relação à condição placebo em todas as sessões avaliadas.

Os efeitos da fototerapia sobre a DMT após a realização de exercícios aeróbios são menos reportados (MACHADO et al., 2016; HAUSSWIRTH et al., 2011). Hausswirth et al. (2011) demonstraram que a fototerapia aplicada após uma corrida *time trial* simulada de 48 minutos foi capaz de reduzir significativamente a DMT após 48 horas da realização do teste. Recentemente, Machado et al. (2016) observaram que o único efeito positivo da fototerapia aplicada entre dois *time trials* de corrida de 40 minutos foi encontrado sobre a atenuação do aumento do DMT antes da realização do segundo teste em comparação ao placebo.

5 MÉTODOS

5.1 Participantes

Para a definição do número de participantes necessários para o estudo foi realizado um cálculo *a priori* (F teste; anova mista de medidas repetidas) do tamanho da amostra a partir do *software* Gpower versão 3.1 (Düsseldorf, Germany) que demonstrou a necessidade de uma amostra de no mínimo 10 participantes para cada grupo ($n = 20$) para um tamanho de efeito de 0,52, poder de 80% com um *alpha* de 0,05. Responderam ao questionário/anamnese (Anexo I) do estudo 70 indivíduos e destes, 34 participantes iniciaram o estudo, sendo que quatro não finalizaram todo o protocolo experimental por motivos de lesão ou particulares.

Os critérios de inclusão estabelecidos para o estudo foram: não ser fumante, diabético, hipertenso, asmático e/ou apresentar qualquer desordem cardiovascular; não fazer uso de suplementos com capacidade antioxidante; não estar engajado em outro tipo de treinamento físico regular e sistematizado; e apresentar índice de massa corporal (IMC) até $30 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$. Assim, participaram do estudo 30 homens jovens, aparentemente saudáveis e não inseridos em treinamentos de corrida sistematizados (i.e., não treinados), com idades entre 20 e 35 anos, e capazes de completar a *performance* de 5 km entre 20 e 35 minutos. Os participantes foram informados e tomaram conhecimento dos procedimentos experimentais do estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Anexo II) do projeto previamente aprovado pelo comitê de ética em pesquisa local (Parecer #623.581/2014) (Anexo III) e responderam ao questionário/anamnese. A participação no estudo foi voluntária e isenta de qualquer bônus ou ônus; todos os participantes tiveram liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento sem que houvesse qualquer prejuízo. Antes do início do protocolo experimental, os participantes realizaram exames clínicos com cardiologista (Anexo IV) para obterem a liberação cardiológica para que pudessem realizar as avaliações pertinentes ao estudo.

Durante o período de treinamento foi monitorada a rotina de prática de exercícios físicos dos participantes para evitar que outras atividades que pudessem caracterizar treinamento sistematizado fossem realizadas (Anexo V). Além disso, foram inseridos na amostra final apenas os participantes que completaram no mínimo 90% das sessões de treinamento (i.e., 22 sessões) (HOTTENROTT; LUDYGA, SCHULZE, 2012; BUCHHEIT et al., 2010; HELGERUD et al., 2007).

5.2 Delineamento Experimental

O início do treinamento foi precedido de cinco visitas, sendo as quatro primeiras em laboratório e a última na pista de atletismo.

1ª visita: explicação geral do projeto, aplicação do TCLE, anamnese, entrega dos registros alimentares (Anexo VI), familiarização com o ergômetro (esteira ergométrica automática multiprogramável INBRAMED Super ATL, Porto Alegre – Brasil) e avaliação antropométrica.

2ª visita: destinada às coletas de sangue para dosagem dos marcadores de estresse oxidativo.

3ª visita: realização do teste incremental contínuo de esforço máximo para a determinação da V_{pico} .

4ª visita: realização do teste retangular para determinação do t_{lim} na V_{pico} .

5ª visita: realização de uma *performance* de 5 km em pista de atletismo.

Todas as avaliações foram repetidas após as primeiras quatro semanas de treinamento (semanas 2-5), ou seja, na 6ª semana do protocolo e após as quatro últimas semanas de treinamento (semanas 7-10), ou seja, na 11ª semana do protocolo. Todas as avaliações no *baseline* na semana 1 (S1), 6ª semana na metade do protocolo (S6) e 11ª semana ao final do protolo (S11) aconteceram em um intervalo máximo de sete dias. Os participantes foram instruídos a não se alimentarem nas duas horas antecedentes aos testes físicos, a se absterem do consumo de cafeína e álcool e não realizarem exercícios físicos 24 horas antes de cada teste (PESERICO et al., 2015; MACHADO et al., 2013).

Após as avaliações do *baseline*, os participantes foram aleatorizados através da estratégia de permutação em blocos em dois grupos (n = 15 homens cada). Essa estratégia permite que os dois grupos tenham o mesmo número de participantes que foi pré-determinado. Os grupos experimentais foram: grupo controle (GC) que realizou sessões de treinamento intervalado somado a sessões de treinamento contínuo e grupo que recebeu a aplicação de LED (GL) antes de cada sessão de treino e que realizou o mesmo modelo de treinamento do GC. A figura 1 apresenta o delineamento do estudo de forma resumida

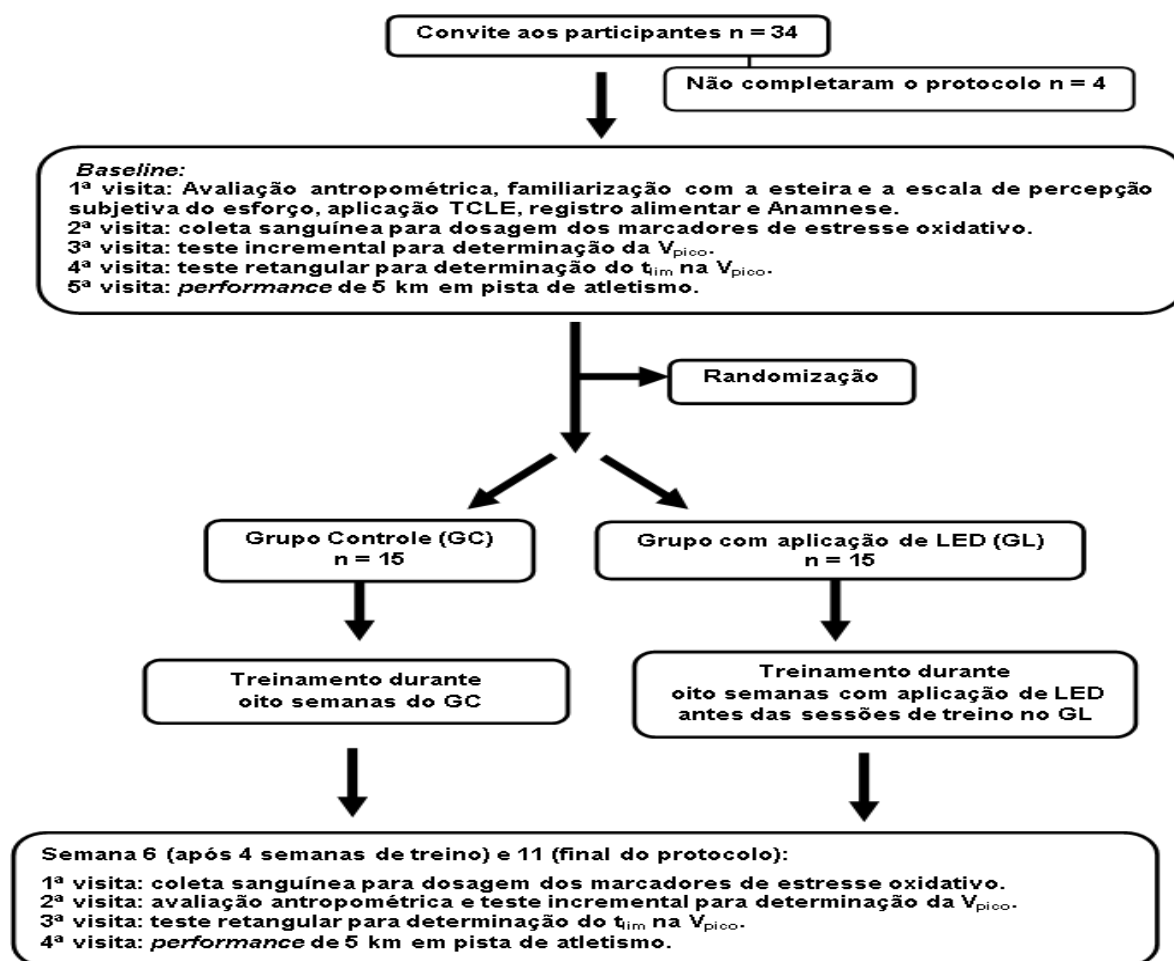


Figura 1. Delineamento experimental do estudo.

5.3 Protocolos de avaliações

5.3.1 Avaliação antropométrica

Foi realizada avaliação antropométrica, na qual foram realizadas as medidas de massa corporal (kg), estatura (cm), IMC ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$), perímetros da coxa e panturrilha direitas (cm). Além disso foram medidas as dobras cutâneas, utilizando um adipômetro Harpenden, das regiões tricipital, subescapular, peitoral, abdominal, coxa média, suprailíaca e axilar média para posterior determinação do percentual de gordura (%G). A medida do perímetro da panturrilha correspondeu à circunferência de maior volume e a do perímetro da coxa foi considerada a distância média entre os pontos trocântérico e tibial lateral, no qual os pontos de referências anatômicas foram as protuberâncias superiores do grande trocântérico e súpero-lateral da tíbia (GUEDES; GUEDES, 2006).

Para a determinação do %G foi calculada primeiramente a densidade corporal (DC) com o somatório das sete dobras cutâneas (em milímetros) e idade (em anos), utilizando-se a equação abaixo (JACKSON; POLLOCK, 1978):

$$DC (\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}) = 1,11200000 - [0,00043499 \times (\text{soma das sete dobras cutâneas})] + [0,00000055 \times (\text{soma das sete dobras cutâneas})]^2 - (0,00028826 \times \text{idade}).$$

Em seguida, o %G foi calculado a partir da DC utilizando-se a equação de Siri (1961):

$$\%G = ((4,95/DC)-4,5)*100$$

5.3.2 Determinação da velocidade pico (V_{pico})

O teste incremental para determinação da V_{pico} foi precedido de um aquecimento de três minutos a $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e iniciado a $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ com incrementos de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada três minutos com inclinação fixada em 1% (PESERICO; ZAGATTO; MACHADO, 2015; MACHADO et al., 2013). Os testes foram mantidos até exaustão voluntária e os participantes foram encorajados verbalmente a se manterem em esforço pelo maior tempo possível. A frequência cardíaca foi monitorada durante todo o teste por meio de monitor cardíaco (Polar RS800,

Kempele - Finlândia). Ao final de cada estágio foram registrados os valores de FC, assim como a percepção subjetiva de esforço (PSE) pela escala de Borg de pontuação entre 6 e 20 (BORG, 1982) (Anexo VII). Os maiores valores de FC e PSE atingidos ao final do teste incremental máximo foram considerados como a frequência cardíaca máxima (FC_{max}) e a PSE máxima (PSE_{max}).

A V_{pico} foi considerada a máxima velocidade de corrida atingida no teste incremental; caso o participante não tenha concluído o último estágio iniciado, a V_{pico} foi calculada com base no tempo parcial permanecido no último estágio atingido, a partir da equação proposta por Kuipers et al. (2003):

$$V_{pico} = v_{completo} + t/T * \text{incremento de velocidade}$$

Sendo, $v_{completo}$ = velocidade ($km \cdot h^{-1}$) no último estágio completado;

t = tempo (segundos) permanecido na velocidade do estágio incompleto;

T = tempo total (segundos) estabelecido para o estágio completo;

Incremento de velocidade = taxa de aumento da velocidade em cada estágio ($km \cdot h^{-1}$).

5.3.3 Determinação do tempo limite (t_{lim}) na velocidade pico (V_{pico})

Para determinação desta variável foi realizado um teste retangular de corrida em esteira rolante (ergômetro previamente referenciada) com inclinação fixada em 1%. O protocolo para determinação do t_{lim} consistiu em 15 minutos de aquecimento com intensidade equivalente a 60% da V_{pico} , sendo que após este tempo a velocidade foi automaticamente aumentada até atingir 100% da V_{pico} e os participantes permaneceram nesta velocidade pelo maior tempo possível sob forte encorajamento verbal (BILLAT et al., 1996). Durante o teste a FC e a PSE foram monitoradas e os maiores valores atingidos ao final do teste foram considerados como FC_{max} e a PSE_{max} , respectivamente.

5.3.4 Determinação da frequência cardíaca de recuperação (FC_{rec})

Um minuto após a finalização dos testes incremental e retangular foi verificada a FC dos participantes para a determinação da FC de recuperação (FC_{max} - FC após um minuto do final do teste) (LAMBERTS et al., 2010; LAMBERTS et al., 2009).

5.3.5 Performance de 5 km

Foi realizado um teste de campo para determinação do tempo para se completar a *performance* dos participantes na prova de 5 km (T_{5-km}). A *performance* foi conduzida em pista oficial de atletismo (400 metros) após um período de 10 minutos de aquecimento. Foi computado o tempo total de prova para o cálculo da velocidade média (VM_{5-km}). A cada volta, foi registrado o valor de FC e PSE dos participantes, e os maiores valores registrados durante o teste foram considerados como FC_{max} e a PSE_{max} , respectivamente.

5.3.6. Avaliação da percepção de dor muscular

Para avaliação da dor muscular foi utilizada a escala visual analógica (EVA, Anexo VIII), que consiste de uma linha de 10 cm, na qual a extremidade esquerda representa "ausência de dor" e a extremidade da direita representa "extremamente dolorido". Essa avaliação foi realizada imediatamente antes a aplicação de LED e imediatamente após todas as sessões de treinamento; previamente, os participantes foram familiarizados com o instrumento de avaliação. Os participantes classificavam sua dor percebida colocando uma marca na linha que melhor correspondia à sua dor após a realização de um agachamento isométrico a 90 graus sem carga (FERRARESI et al., 2016).

A dor foi quantificada através da medida da distância entre a linha do lado esquerdo (isto é, ausência de dor) até a marca feita pelo participante e demonstrada em centímetros. Muitos estudos experimentais com seres humanos vêm utilizando esta escala como medida válida e confiável da dor muscular (FERRARESI et al., 2016; MACHADO et al., 2016; BARONI et al., 2010b).

5.4 Protocolo de treinamento

Todas as sessões de treinamento foram realizadas em pista de atletismo de 400 metros, no período da tarde e noite devido a disponibilidade das participantes e devido ao melhor desempenho em testes de tempo de exaustão em exercício de alta intensidade (HILL, 1996) e a *performance* de *endurance* (KLINE et al., 2007). Além disso, foi padronizado o momento de testes em horários similares aos de treinamento, tendo em vista que o período em que se treina parece estar relacionado ao período em que se apresenta a melhor *performance* (HILL et al., 1998). As sessões de treinamento foram monitoradas com base na percepção subjetiva de esforço da sessão ($PSE_{\text{sessão}}$), por meio da escala CR-10 (Anexo IX) (FOSTER, 1998), para a quantificação das cargas de treinamento.

Houve dois modelos de treinamento: contínuo de baixa intensidade (subdivididos para o 1º e 2º mês) e intervalado de alta intensidade (subdivididos para o 1º e 2º mês), sendo estes prescritos com base na V_{pico} e no seu respectivo t_{lim} determinados no momento pré-treinamento (tabela 1). As sessões dos grupos GC e GL foram precedidas de um aquecimento de 15 minutos, sendo cinco minutos destinados à realização de corrida a uma velocidade autosselecionada, cinco minutos de alongamento e cinco minutos de corrida a 60% da V_{pico} (SMITH; MCNAUGHTON; MARSHALL, 1999). Após a série principal, que teve duração de 30 a 40 minutos, os participantes tiveram liberdade para conduzir a volta à calma, sendo recomendados alongamentos e exercícios de baixa intensidade.

Os participantes de ambos os grupos foram submetidos a um protocolo de treinamento com frequência de três vezes por semana (segundas, quartas e sextas-feiras) durante o período de oito semanas. Foram realizadas, no total, 12 sessões de treinamento contínuo e 12 sessões de treinamento intervalado, sendo que nas semanas dois, quatro, sete e nove foram realizadas duas sessões de treinamentos contínuos e uma intervalada e nas semanas três, cinco, oito e dez ocorreu o inverso (tabela 1). Os treinamentos foram reajustados após as avaliações da 6ª semana, nos quais os novos resultados para a V_{pico} e t_{lim} serviram como parâmetro de prescrição do treinamento. Os ajustes foram feitos conforme reportado na tabela 2.

Tabela 1. Distribuição dos treinos para o grupo controle (GC) e grupo LED (GL).

| Semanas 2, 4, 7 e 9 | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Treinamento 1 | Treinamento 2 | Treinamento 3 |
| Treinamento contínuo | Treinamento intervalado | Treinamento contínuo |
| Semanas 3, 5, 8 e 10 | | |
| Treinamento 1 | Treinamento 2 | Treinamento 3 |
| Treinamento intervalado | Treinamento contínuo | Treinamento intervalado |

Tabela 2. Treinos contínuos e treinos intervalados utilizados durante as sessões (baseados nos estudos de Buchheit et al., 2010; Esfarjani; Laursen 2007; Smith; Coombes; Geraghty, 2003; Billat et al., 1999).

| 1º mês (semanas 2,3,4 e 5) | |
|-----------------------------|---|
| Treinamento contínuo | 30 ± 2,5 minutos a 75 ± 4% da V_{pico} . |
| Treinamento intervalado | X# séries a 100 ± 2% da V_{pico} com duração de 60% do t_{lim} e intervalos de 60% do t_{lim} . |
| 2º mês (semanas 7,8,9 e 10) | |
| Treinamento contínuo | 40 ± 2,5 minutos a 75 ± 4% da V_{pico} . |
| Treinamento intervalado | X# séries a 100 ± 2% da V_{pico} com duração de 60% do t_{lim} e intervalos de 60% do t_{lim} . |

#O número de séries de cada participante foi ajustado para que a duração total da sessão de treinamento fosse de 30 ± 2,5 minutos (no 1º mês) e 40 ± 2,5 minutos (no 2º mês).

5.5 Aplicação de LED

A aplicação de LED teve controle duplo cego, no qual nem o participante nem o avaliador principal sabiam sobre quem recebeu ou não a aplicação. O participante permanecia de olhos vendados e utilizando fones de ouvido, e um segundo pesquisador controlava os grupos (GL e GC), ligando ou não o aparelho para emissão de energia, respectivamente. A aplicação de LED foi realizada imediatamente antes das sessões de treinamento (VANIN et al., 2016) e teve duração total de dois minutos e meio (30 segundos por ponto, com aplicação nas duas pernas simultaneamente), sendo repetidos os mesmos procedimentos nos dois grupos (GC e GL), respeitando-se a ausência ou presença da emissão de luz para cada grupo. Foi utilizado para a aplicação de LED o método pontual com contato direto do equipamento sobre o local a ser irradiado, em uma angulação de 90° à superfície cutânea; esta intervenção foi testada e realizada previamente em outros estudos (LEAL JUNIOR et al., 2011; BARONI et al., 2010a; LEAL JUNIOR et al., 2009a).

A aplicação foi realizada em duas regiões do músculo quadríceps, duas regiões do músculo bíceps femoral e uma região do músculo gastrocnêmio, ao longo do eixo de distribuição das fibras musculares, em ambas as pernas (ALVES et al., 2014; DE MARCHI et al., 2012; LEAL JUNIOR et al., 2011), como exemplificado na figura 2.

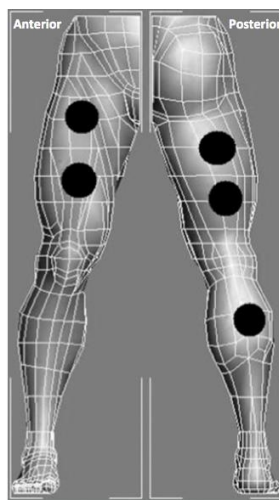


Figura 2. Pontos de aplicação do LED (adaptado de Leal Junior et al., 2011).

Foi utilizado o equipamento de LED da marca THOR®, com dois *clusters* de 104 diodos de LED, sendo 56 de luz vermelha e 48 de luz infravermelha em cada *cluster* (figura 3). O equipamento e os parâmetros técnicos são apresentados abaixo:



Figura 3. Unidade de controle e *clusters* do equipamento de LED (THOR®).

Tabela 3. Parâmetros para aplicação de LED.

Número de diodos: 104: 56 diodos de 660 nm (luz vermelha) e 48 diodos de 850 nm (luz infravermelha).

Comprimento de onda: misto, de 660 e 850 nm.

Frequência: Contínua; 0-1500 Hz.

Potência de saída (para cada diodo): 10 mW (660 nm) e 30 mW (850 nm).

Área de cada diodo: 0,2 cm².

Área do *cluster* do LED: 46,3 cm².

Densidade da potência (para cada diodo): 50 mW/cm² (660 nm) e 150 mW/cm² (850 nm).

Densidade da energia (para cada diodo): 1,5 J/cm² (660nm) e 4,5 J/cm² (850nm).

Tempo de aplicação: 30 segundos por ponto.

Energia irradiada: 60 J em cada ponto de aplicação (0,3 J de cada diodo de 660nm; 0,9 J de cada diodo de 850nm)

Número de pontos de aplicação em cada perna: 5.

Energia total irradiada em cada perna: 300 J.

5.6 Determinação dos marcadores sanguíneos de estresse oxidativo

Para a análise do estresse oxidativo foram realizadas dosagens do marcador de peroxidação lipídica MDA, das concentrações de GSH e GSSG e da atividade das enzimas antioxidantes SOD e CAT. No *baseline* (S1), na 6ª semana e ao final do período de treinamento (S11) os participantes compareceram ao laboratório no período da manhã para a coleta sanguínea. Foi recomendado aos participantes que seguissem as seguintes recomendações: estar em jejum de 10 horas, se abstivessem do consumo de álcool e cafeína por um período de 24 horas antes da coleta e de exercícios físicos nas últimas 72 horas (AZIZBEIGI et al., 2014; VEZZOLI et al., 2014; BOGDANIS et al., 2013). Além disso, para a padronização da dieta antes das coletas de sangue, foi aplicado um recordatório alimentar de 24 horas nos dois dias da semana antecedentes às coletas do *baseline* (Anexo VI). Com essas informações, uma nutricionista prescreveu a dieta com valor nutricional equivalente para que os participantes a replicassem nos outros dois dias que antecederam as coletas (semana 6 e 11) (BOGDANIS et al., 2013). Após o participante permanecer sentado por 20 minutos em repouso foram coletadas 6 ml de sangue venoso em tubos contendo heparina.

5.6.1 Processamento das amostras

O plasma e os eritrócitos foram separados após centrifugação a 3000 rpm a 4°C durante 10 minutos. Foi separado 1 ml de plasma para a análise da peroxidação lipídica (i.e., ensaio TBARS para análise do MDA) e os eritrócitos foram utilizados para as dosagens da hemoglobina (Hb), enzimas SOD e CAT, e glutathiona (GSH e GSSG). Estudos já demonstraram que as dosagens dos marcadores de estresse oxidativo (i.e., MDA, glutathiona, CAT e SOD) em amostras sanguíneas (i.e., plasma e eritrócitos) são válidas e capazes de refletir o comportamento do estresse oxidativo ao nível tecidual (MARGARITELIS et al., 2015; VESKOUKIS et al., 2009; YOU et al., 2005). Os eritrócitos foram lavados três vezes, ou seja, foi adicionado tampão de lavagem (solução: NaCl, NaH₂PO₄.H₂O, Na₂HPO₄.H₂O mais H₂O destilada; pH 7,4) aos eritrócitos e as amostras foram centrifugadas a 3000 rpm a 4°C durante 10 minutos. Por fim,

foram separados dois microtubos de um hemolisado contendo 200 µl de eritrócitos misturados com 1,800 µl de tampão de lise (solução: 2,7 mmol·l⁻¹ de ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) com 1 l de H₂O destilada e 4,97 µl de β-mercaptoetanol, ajustado o pH para 7,0) para análise posterior das atividades da SOD e da CAT. Adicionalmente, foi separado um microtubo contendo 100 µl de eritrócitos juntamente com 400 µl de tampão de lavagem; dessa mistura foi armazenada uma amostra de 300 µl para dosagem da Hb; os outros 200 µl foram misturados com 200 µl da solução de ácido tricloroacético (TCA) a 10% com EDTA. Essa nova solução foi centrifugada por 10 minutos a 6000 rpm e ao final foi retirado o sobrenadante (extrato ácido) para dosagem de GSH e GSSG. Todas as amostras foram armazenadas a -80°C até a realização das dosagens.

5.6.2 Dosagem de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) para medida do malondialdeído (MDA)

O ensaio de TBARS para a análise da peroxidação lipídica foi baseado no método espectrofotométrico de Ohkawa, Ohishi e Yagi (1979), no qual o produto analisado é o MDA. O ensaio TBARS utiliza o ácido tiobarbitúrico (TBA) como reagente.

As concentrações de MDA foram dosadas por meio da análise da absorbância obtida pela espectrofotometria em 546 nm. O processo para análise do MDA consistiu na separação de duas amostras A e B contendo, respectivamente, 1 ml da solução com ácido tricloroacético (TCA) a 20% mais 200 µl de plasma, e 1 ml de TCA 20% com TBA mais 200 µl de plasma. Além disso, foram analisadas amostras com os brancos contendo apenas os reagentes (TCA ou TBA). Essas amostras passaram por quatro etapas: 1) agitação no vórtex por 30 segundos; 2) 20 minutos em banho maria a 60°C; 3) 20 minutos no gelo; 4) centrifugação por seis minutos a 13000 rpm. Após esses processos o sobrenadante foi transferido para microtubos e foram realizadas as leituras da absorbância. As amostras sempre foram analisadas em duplicata, no qual foi utilizado a média dos valores obtidos, e o resultado final foi expresso em nanomol (nmol) de MDA/ml (nmol MDA/ml).

5.6.3 Dosagem da hemoglobina (Hb)

A dosagem da Hb foi realizada para a normalização das atividades enzimáticas CAT e SOD e concentrações de glutathione. A Hb foi dosada por meio do equipamento hemoglobiômetro no qual foi adicionado 10 µl do hemolisado ao reagente de cor contendo tampão, ferricianeto de potássio e cianeto de potássio. O valor final da dosagem foi dado em grama por decilitro (g/dl) (DAL-FABBRO et al., 2014).

5.6.4 Determinação da atividade das enzimas antioxidantes (CAT e SOD)

Os microtubos com os hemolisados foram retirados do freezer -80°C, descongelados em H₂O corrente e congelados em seguida em um recipiente contendo gelo seco. Este procedimento foi repetido três vezes para que ocorresse a lise da membrana plasmática dos eritrócitos. Os microtubos foram centrifugados por 40 minutos a 13000 rpm e a 4°C.

O ensaio para determinação da atividade da CAT eritrocitária foi baseado no método espectrofotométrico descrito por Adamo et al. (1989), que avalia a velocidade de decomposição do H₂O₂ pela enzima. Para isso, o hemolisado foi diluído em tampão fosfato 0,1 M pH 7,0 na proporção 1:40. O meio de reação foi preparado utilizando a seguinte proporção: 40 ml de H₂O destilada + 40 µl de H₂O₂ + 5 ml de tampão Tris com EDTA 5 mmol·l⁻¹, pH 8,0. A reação foi feita diretamente na cubeta de quartzo colocando 10 µl do hemolisado diluído e 990 µl do meio de reação com posterior agitação. A leitura das amostras foi feita no espectrofotômetro a um comprimento de onda de 240 nm a 37°C em duplicata, no qual foi utilizado a média dos valores obtidos, e a atividade calculada em U/mg Hb.

O ensaio para a determinação da atividade da SOD eritrocitária foi baseado no método espectrofotométrico descrito por Ewing e Janero (1995), que avalia a velocidade de decomposição do O₂⁻ produzido por meio da redução do nitroazul de tetrazólio (NBT) obtida pela mistura de nicotinamida adenina dinucleotídeo (NADH) com a fenazina de metilsulfato (PMS).

O hemolisado foi diluído em tampão fosfato 0,1M pH 7,0 na proporção 1:40. O meio de reação para a SOD foi preparado utilizando a seguinte proporção: 15

ml de tampão fosfato com EDTA pH 7,4 + 0,0042 g de NADH + 0,0015 g de NBT. O iniciador da reação foi o PMS que foi diluído na proporção 1:100. A reação foi feita diretamente em placa para a análise de diversas amostras no qual foi colocado o branco com 225 µl de meio de reação + 25 µl de PMS e as amostras (analisadas em duplicata) com 25 µl do hemolisado diluído + 200 µl do meio de reação + 25 µl de PMS. A leitura das amostras em placa foi realizada no espectrofotômetro a um comprimento de onda de 560 nm em duplicata, no qual foi utilizado a média dos valores obtidos, e a atividade calculada em U/mg Hb.

5.6.5 Dosagem da glutaciona total, reduzida e oxidada (GSH e GSSG)

Foi analisada a concentração de glutaciona total e reduzida (GSH) eritrocitária a partir do método de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) através da detecção de fluorescência e eluição isocrática. Após a determinação das duas concentrações a glutaciona oxidada foi calculada ((glutaciona total – GSH)/2). O método utilizado no HPLC foi desenvolvido por Pfeiffer, Huff e Gunter (1999) e posteriormente modificado por Da Silva et al. (2014): coluna Luna C18 (5 µm, 150 mm X 4,6 mm), fase móvel (0,06 M de acetato de sódio, ácido acético a 0,5%, pH 4,7 (ajustado com ácido acético, 2% de metanol) e taxa de fluxo de 1,1 ml/min. O tempo de retenção utilizado foi de nove minutos (GALDIERI et al., 2007).

Previamente à análise do HPLC, as amostras passaram por algumas etapas com reações específicas. Foram preparadas as soluções padrões para a curva padrão no HPLC e os meios de reação 1 e 2 para as reações com as amostras eritrocitárias. O meio de reação 1 para a glutaciona total foi preparado utilizando: TRIS (2-carboxietil) cloridrato de fosfina (TCEP) + tampão fosfato salino + padrão interno + H₂O destilada; para a glutaciona reduzida foi utilizado o mesmo meio de reação 1 só que com a ausência do TCEP. O meio de reação 2 foi preparado utilizando: hidróxido de sódio + tampão borato + ácido 7-fluorobenzo-2-oxa-1,3-diazol. Primeiramente, em microtubos foram adicionados 50 µl de cada amostra (analisadas em duplicatas) + 60 µl do meio de reação 1 e, após passadas no vórtex, as amostras foram deixadas em temperatura ambiente por 30 minutos.

Após essa etapa, foram adicionados em cada tubo microtubo 100 µl de solução TCA10% com EDTA e os tubos foram centrifugados por 10 minutos a 13000 rpm. Posteriormente, foram misturados em tubos âmbar 50 µl do sobrenadante das amostras centrifugadas + 185 µl do meio de reação 2 e colocados em banho maria por 1 hora. Após a finalização dessa etapa, 200 µl de cada amostra foram colocados para leitura no HPLC. As concentrações de glutathiona foram expressas em micromol/g Hb (µmol/g Hb). Além disso, foi analisada a relação GSH/GSSG como indicador de estresse oxidativo.

5.7 Análise estatística

A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk, porém, independentemente de seu resultado, optou-se por apresentar os dados em média \pm desvio padrão (DP) para facilitar comparações com outros estudos. A comparação entre os dois grupos experimentais e entre os momentos pré (S1), S6 e pós-treinamento (S11) foi feita pela Anova mista de medidas repetidas seguido do *post hoc* de Bonferroni para comparações múltiplas. A esfericidade foi verificada pelo teste de Mauchly e quando violada foi utilizado a correção de Greenhouse–Geisser. Adicionalmente, foi calculado o valor percentual (%) de variação ((valor do momento pós - valor do momento pré / momento pré) *100) para cada variável. Para as comparações do *baseline* e dos percentuais de variação entre os grupos foi utilizado o teste t independente ou teste U de Mann-Whitney para os dados normais e não normais, respectivamente. Foram calculados os tamanhos de efeito (TE) (COHEN, 1988) com seus respectivos intervalos de confiança (IC) para determinação da magnitude de mudança de cada variável durante o período de treinamento a partir das planilhas disponibilizadas por Hopkins (<http://www.sportsci.org/>). O TE foi classificado como: <0,20 (trivial), 0,20-0,59 (pequeno), 0,60 até 1,20 (moderado), >1,20 (grande) (HOPKINS et al., 2009). O nível de significância adotado foi de $P < 0,05$.

6 RESULTADOS

Um total de 30 participantes completaram o estudo. Nas comparações do *baseline* não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes para as principais variáveis de interesse do estudo entre os grupos ($P > 0,05$; comparações apresentadas nas tabelas 6, 7, 8 e 9). Além disso, não foram demonstradas diferenças significantes entre os grupos para a idade (GC = $27,3 \pm 5,2$ anos vs GL = $27,4 \pm 3,7$ anos; $P = 0,915$), estatura (GC = $1,8 \pm 0,1$ m GL = $1,8 \pm 1$ m; $P = 0,812$) e para as variáveis antropométricas avaliadas no momento *baseline* (S1) (tabela 4; $P > 0,05$). Foi observada uma redução significativa em ambos os grupos no percentual de gordura ($P < 0,001$ GC e GL) e na dobra cutânea da coxa ($P = 0,037$ e $0,002$ para GC e GL, respectivamente) na S11 em comparação ao *baseline*.

Tabela 4. Variáveis antropométricas dos grupos GC e GL nos diferentes momentos de avaliação (média \pm DP).

| Variáveis | GC (n = 15) | | | GL (n = 15) | | |
|------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|
| | S1 | S6 | S11 | S1 | S6 | S11 |
| Massa corporal (kg) | 80,2 \pm 10,3 | 79,7 \pm 9,6 | 79,3 \pm 9,9 | 79,2 \pm 7,0 | 78,7 \pm 7,1 | 77,6 \pm 6,7 |
| IMC (kg·m ⁻²) | 25,7 \pm 2,9 | 25,5 \pm 2,6 | 25,3 \pm 2,7 | 25,3 \pm 2,5 | 25,1 \pm 2,6 | 24,8 \pm 2,5 |
| % G | 17,2 \pm 5,4 | 16,5 \pm 5,2* | 15,8 \pm 5,2** | 17,7 \pm 5,7 | 16,3 \pm 5,5* | 15,1 \pm 5,1** |
| Dobra coxa D (mm) | 14,6 \pm 5,0 | 13,9 \pm 4,6 | 13,1 \pm 4,4* | 18,0 \pm 6,3 | 16,4 \pm 5,3* | 15,3 \pm 4,7* |
| Perímetro coxa D (cm) | 55,4 \pm 3,7 | 55,7 \pm 3,8 | 55,7 \pm 4,1 | 55,0 \pm 3,1 | 55,1 \pm 2,9 | 55,5 \pm 2,9 |
| Perímetro panturrilha D (cm) | 38,5 \pm 2,8 | 39,0 \pm 2,5 | 39,0 \pm 3,0 | 38,1 \pm 1,8 | 38,7 \pm 1,5 | 38,4 \pm 1,7 |

Notas: GC, grupo controle; GL, grupo LED; S1, S6 e S11, 1°, 6°, e 11° semanas de avaliação, respectivamente; IMC, índice de massa corporal; D, direita; % G, percentual de gordura.

* $P < 0,05$ em relação à S1 no mesmo grupo;

** $P < 0,05$ em relação à S6 no mesmo grupo.

Os valores das cargas de treinamento para cada semana estão apresentados na tabela 5. Foi encontrado efeito significativo do momento de avaliação sobre os valores de carga de treinamento ($P < 0,001$); não foi demonstrado efeito do grupo ($P = 0,944$) e nem interação grupo \times momento ($P = 0,672$). Os resultados da S7 foram estatisticamente maiores para ambos os grupos quando comparados às semanas 2, 4 e 5. Além disso, houve diferenças entre a S8 e as semanas 2, 3, 4 e 5, bem como entre a S10 vs S2 e S10 vs S4 no GC e diferenças entre S9 vs S4 e S9 vs S5 no GL.

Como já esperado a média das cargas de treinamento das sessões intervaladas foi maior quando comparada com a média das sessões contínuas ($377,4 \pm 92,7$ UA vs $311,3 \pm 92,9$ UA; $P < 0,001$; $n = 30$); além disso, as médias das cargas de treinamento não foram diferentes entre os grupos para as sessões contínuas (GC = $304,7 \pm 94,1$ UA; GL = $317,9 \pm 94,4$ UA; $P = 0,705$) e nem para os treinos intervalados (GC = $381,0 \pm 94,7$ UA; GL = $373,7 \pm 93,7$ UA; $P = 0,834$).

Tabela 5. Carga de treinamento semanal avaliada pela $PSE_{\text{sessão}}$ dos grupos GC e GL (média \pm DP).

| Semanas de treino | Carga de treinamento (UA) | |
|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | GC (n = 15) | GL (n = 15) |
| S2 | 775,6 \pm 357,9 | 850,1 \pm 356,0 |
| S3 | 909,4 \pm 300,2 | 934,9 \pm 337,6 |
| S4 | 804,5 \pm 272,2 | 822,6 \pm 335,3 |
| S5 | 902,7 \pm 301,3 | 864,2 \pm 335,3 |
| S7 | 1178,2 \pm 338,4 ^{*†‡} | 1158,0 \pm 366,5 ^{*†‡} |
| S8 | 1235,0 \pm 290,7 ^{*†‡} | 1122,4 \pm 484,4 |
| S9 | 1108,3 \pm 337,6 | 1193,6 \pm 337,9 ^{†‡} |
| S10 | 1118,7 \pm 339,5 [†] | 1143,2 \pm 362,9 |

Notas: GC, grupo controle; GL, grupo LED; UA, unidades arbitrárias; $PSE_{\text{sessão}}$, percepção subjetiva de esforço da sessão; S2, S3, S4, S5, semanas de treino do primeiro mês; S7, S8, S9, S10, semanas de treino no segundo mês.

* $P < 0,05$ em relação S2 no mesmo grupo;

$P < 0,05$ em relação à S3 no mesmo grupo;

† $P < 0,05$ em relação à S4 no mesmo grupo;

‡ $P < 0,05$ em relação à S5 no mesmo grupo.

Os resultados obtidos durante os testes para determinação da V_{pico} e t_{lim} , bem como a análise da magnitude de mudança (i.e., TE e % variação), após oito semanas (S11) de treinamento estão demonstrados nas tabelas 6 e 7. A Anova mista revelou um efeito significativo do momento de avaliação sobre a V_{pico} ($P < 0,001$), duração do teste incremental ($P < 0,001$), e nos valores de FC_{max} ($P < 0,001$) e FC_{rec} ($P = 0,001$ e $P = 0,006$ do teste de V_{pico} e t_{lim} , respectivamente) obtidos em ambos os testes; um efeito significativo do grupo foi demonstrado apenas sobre a FC_{rec} obtida no teste para determinação do t_{lim} ($P = 0,046$). Não houve interação grupo \times momento para nenhuma das variáveis avaliadas ($P > 0,05$). A V_{pico} e a duração do teste incremental aumentaram em ambos os grupos na comparação S1 vs S11 (GC = $7,5 \pm 3,3\%$ e $16,3 \pm 8,2\%$, $P < 0,001$, TE = moderado; GL = $9,4 \pm 4,4\%$ e $20,6 \pm 10,8\%$, $P < 0,001$, TE = moderado). A FC_{max} obtida a partir do teste de V_{pico} diminuiu significativamente em ambos os grupos tanto na S6 (CG, $P = 0,002$; GL, $P < 0,001$) como na S11 (CG, $P = 0,004$; GL, $P < 0,001$), assim como a FC_{max} do teste de t_{lim} na S6 no GC ($P = 0,044$) e na S6 e S11 no GL ($P < 0,001$ em ambos momentos). Apenas no GL a FC_{rec} obtida após o teste de V_{pico} aumentou significativamente na S6 ($P = 0,011$) e apresentou um TE de 0,47 na comparação S1 vs S11. Além disso, na S11 a FC_{rec} do teste de t_{lim} do GL foi significativamente maior quando comparada ao GC ($P = 0,005$), e o TE para a comparação dos percentuais de variação GC vs GL foi 0,57. Os valores de t_{lim} se mantiveram similares nos diferentes momentos de avaliação no GC e GL.

Tabela 6. Variáveis obtidas durante o teste para determinação da V_{pico} nos diferentes momentos de avaliação para ambos os grupos (média \pm DP).

| Variáveis | GC (n = 15) | | | | | GL (n = 15) | | | | | |
|----------------------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------------------|---------------------------|----------------|------------------|------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| | S1 | S6 | S11 | TE (IC 90%) (S1 vs S11) | % Variação (S1 vs S11) | S1 | S6 | S11 | TE (IC 90%) (S1 vs S11) | % Variação (S1 vs S11) | TE (IC 90%) %variação (GC vs GL) |
| V_{pico} (km·h ⁻¹) | 13,4 \pm 1,1 | 14,1 \pm 1,0* | 14,4 \pm 1,0*# | 0,82 (0,68 - 0,97) | 7,5 \pm 3,3 | 13,4 \pm 1,2 | 14,2 \pm 1,1* | 14,6 \pm 1,0*# | 1,01 (0,81 - 1,20) | 9,4 \pm 4,4 | 0,47 (-0,24 - 1,08) |
| Duração (min) | 19,3 \pm 3,4 | 21,3 \pm 3,1* | 22,2 \pm 3,0*# | 0,81 (0,66 - 0,95) | 16,3 \pm 8,2 | 19,1 \pm 3,5 | 21,7 \pm 3,3* | 22,8 \pm 3,1*# | 1,00 (0,80 - 1,20) | 20,6 \pm 10,8 | 0,44 (-0,26 - 1,05) |
| FC _{max} (bpm) | 193 \pm 9,3 | 187 \pm 8,1* | 187 \pm 7,3* | -0,56 (-0,81 - -0,31) | -2,8 \pm 2,8 | 196 \pm 10,7 | 190 \pm 10,38* | 189 \pm 9,8* | -0,56 (-0,66 - -0,46) | -3,2 \pm 1,2 | -0,19 (-0,79 - 0,42) |
| PSE _{max} (6-20) | 19,7 \pm 0,6 | 19,7 \pm 0,8 | 19,9 \pm 0,4 | 0,31 (-0,08 - 0,70) | 1,1 \pm 3,1 | 19,7 \pm 0,8 | 19,7 \pm 0,6 | 19,9 \pm 0,3 | 0,31 (-0,11 - 0,73) | 1,5 \pm 4,7 | 0,11 (-0,50 - 0,71) |
| FC _{rec} (bpm) | 36 \pm 10,2 | 39 \pm 13,1 | 39 \pm 9,8 | 0,28 (0,05 - 0,52) | 10,8 \pm 18,6 | 35 \pm 9,6 | 41 \pm 6,1* | 40 \pm 6,0 | 0,47 (0,10 - 0,83) | 19,4 \pm 30,5 | 0,33 (-0,27 - 0,94) |

Notas: GC, grupo controle; GL, grupo LED; S1, S6 e S11, 1°, 6°, e 11° semanas de avaliação, respectivamente; TE, tamanho de efeito; IC, intervalo de confiança; V_{pico} , velocidade pico; FC_{max}, frequência cardíaca máxima; PSE_{max}, percepção subjetiva de esforço máxima; FC_{rec}, frequência cardíaca de recuperação.

* $P < 0,05$ em relação à S1 no mesmo grupo;

$P < 0,05$ em relação à S6 no mesmo grupo.

Tabela 7. Variáveis obtidas durante o teste para determinação do t_{lim} nos diferentes momentos de avaliação para ambos os grupos (média \pm DP).

| Variáveis | GC (n = 15) | | | | | GL (n = 15) | | | | | |
|---------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------|---------------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| | S1 | S6 | S11 | TE (IC 90%) (S1 vs S11) | % Variação (S1 vs S11) | S1 | S6 | S11 | TE (IC 90%) (S1 vs S11) | % Variação (S1 vs S11) | TE (IC 90%) % Variação (GC vs GL) |
| t_{lim} (min) | 6,6 \pm 0,7 | 6,8 \pm 0,9 | 6,9 \pm 1,1 | 0,46 (-0,42 - 1,34) | 6,2 \pm 22,2 | 6,6 \pm 1,1 | 7,0 \pm 1,4 | 6,8 \pm 1,2 | 0,23 (-0,34 - 0,80) | 6,2 \pm 23,0 | 0,00 (-0,60 - 0,61) |
| FC _{max} (bpm) | 188 \pm 9,6 | 184 \pm 8,5* | 186 \pm 8,0 | -0,18 (-0,42 - 0,05) | -0,9 \pm 2,9 | 192 \pm 10,6 | 187 \pm 10,2* | 187 \pm 9,5* | -0,42 (-0,54 - -0,03) | -2,3 \pm 1,4 | -0,60 (-1,21 - 0,01) |
| PSE _{max} (6-20) | 19,9 \pm 0,3 | 19,9 \pm 0,3 | 19,8 \pm 0,4 | -0,49 (-1,35 - 0,37) | -0,6 \pm 2,6 | 19,9 \pm 0,4 | 19,9 \pm 0,3 | 19,9 \pm 0,5 | 0,00 (-0,48 - 0,48) | 0,0 \pm 2,0 | 0,27 (-0,35 - 0,88) |
| FC _{rec} (bpm) | 33 \pm 9,9 | 37 \pm 9,3 | 34 \pm 5,0 | 0,03 (-0,35 - 0,40) | 6,4 \pm 22,4 | 36 \pm 8,6 | 43 \pm 8,6 | 43 \pm 9,6† | 0,74 (0,21 - 1,28) | 23,3 \pm 33,8 | 0,57 (-0,06 - 1,21) |

Notas: GC, grupo controle; GL, grupo LED; S1, S6 e S11, 1°, 6°, e 11° semanas de avaliação, respectivamente; TE, tamanho de efeito; IC, intervalo de confiança; t_{lim} , tempo limite na V_{pico} ; FC_{max}, frequência cardíaca máxima; PSE_{max}, percepção subjetiva de esforço máxima; FC_{rec}, frequência cardíaca de recuperação; t_{lim} , tempo limite na V_{pico} .

* $P < 0,05$ em relação à S1 no mesmo grupo;

† $P < 0,05$ entre grupos na mesma semana.

Os resultados da *performance* de 5 km juntamente com as mudanças percentuais e TE ao longo das semanas de treinamento estão apresentados na tabela 8. A análise da Anova mista demonstrou um efeito significativo do momento sobre o $T_{5\text{-km}}$ e $VM_{5\text{-km}}$ ($P < 0,001$ para ambas variáveis), entretanto, sem efeito do grupo ($P = 0,818$ e $0,816$, respectivamente) e interação grupo \times momento ($P = 0,214$ e $0,158$, respectivamente). O $T_{5\text{-km}}$ diminuiu na S11 em $-10,3 \pm 4,2\%$ ($P < 0,001$) no GC e $-13,1 \pm 5,2\%$ ($P < 0,001$) no GL, e consequentemente, a $VM_{5\text{-km}}$ aumentou em ambos os grupos; contudo, esse aumento foi mais expressivo no GL que apresentou um TE (na comparação pré e pós treinamento) classificado como grande sobre a $VM_{5\text{-km}}$. Além disso, valores de TE de $-0,57$ e $-0,59$ foram encontrados para as comparações entre os grupos para os valores de % de variação (S1 vs S11) do $T_{5\text{-km}}$ e $VM_{5\text{-km}}$, respectivamente. A figura 3 traz uma análise individual de forma pareada (i.e., 15 pares de participantes) dos valores de percentual de variação (i.e., % de diminuição) do $T_{5\text{-km}}$ considerando do maior ao menor valor de diminuição do $T_{5\text{-km}}$ (i.e., da primeira a 15ª posição); foi verificado que em 14 das 15 comparações entre os pares de participantes houve uma melhora mais expressiva do GL na *performance* de 5 km em comparação ao GC.

Tabela 8. Variáveis obtidas durante a *performance* de 5 km nos diferentes momentos de avaliação para ambos os grupos (média \pm DP).

| Variáveis | GC (n = 15) | | | | | GL (n = 15) | | | | | |
|--|----------------|-----------------|------------------|----------------------------|---------------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| | S1 | S6 | S11 | TE (IC 90%) (S1 vs S11) | % Variação (S1 vs S11) | S1 | S6 | S11 | TE (IC 90%) (S1 vs S11) | % Variação (S1 vs S11) | TE (IC 90%) %variação (GC vs GL) |
| T _{5-km} (min) | 27,0 \pm 3,3 | 25,4 \pm 2,6* | 24,1 \pm 2,5*# | -0,82 (-1,00 - -0,64) | -10,3 \pm 4,2 | 27,6 \pm 3,0 | 25,6 \pm 2,8* | 23,9 \pm 2,2*# | -1,18 (-1,42 - -0,93) | -13,1 \pm 5,2 | -0,57 (-1,18 - 0,03) |
| VM _{5-km} (km·h ⁻¹) | 11,3 \pm 1,4 | 11,9 \pm 1,2* | 12,5 \pm 1,3*# | 0,88 (0,72 - 1,05) | 11,8 \pm 5,3 | 11,0 \pm 1,2 | 11,9 \pm 1,3* | 12,6 \pm 1,1*# | 1,32 (1,08 - 1,56) | 15,5 \pm 7,0 | 0,59 (-0,02 - 1,19) |
| FC _{max} (bpm) | 189 \pm 11,1 | 187 \pm 10,7 | 187 \pm 9,6 | -0,17 (-0,41 - 0,07) | -0,9 \pm 3,3 | 189 \pm 8,4 | 188 \pm 10,4 | 190 \pm 9,0 | 0,11 (-0,13 - 0,35) | 0,5 \pm 2,5 | 0,50 (-0,10 - 1,11) |
| PSE _{max} (6-20) | 19,2 \pm 1,4 | 19,5 \pm 1,1 | 19,6 \pm 1,3 | 0,22 (0,03 - 0,41) | 1,5 \pm 3,4 | 19,4 \pm 0,7 | 19,6 \pm 1,1 | 19,7 \pm 0,6 | 0,43 (0,01 - 0,85) | 1,4 \pm 3,8 | -0,01 (-0,62 - 0,59) |

Notas: GC, grupo controle; GL, grupo LED; S1, S6 e S11, 1°, 6°, e 11° semanas de avaliação, respectivamente; TE, tamanho de efeito; IC, intervalo de confiança; T_{5-km}, tempo da *performance* de 5 km; VM_{5-km}, velocidade média da *performance* de 5 km; FC_{max}, frequência cardíaca máxima; PSE_{max}, percepção subjetiva de esforço máxima.

**P* < 0,05 em relação à S1 no mesmo grupo;

#*P* < 0,05 em relação à S6 no mesmo grupo.

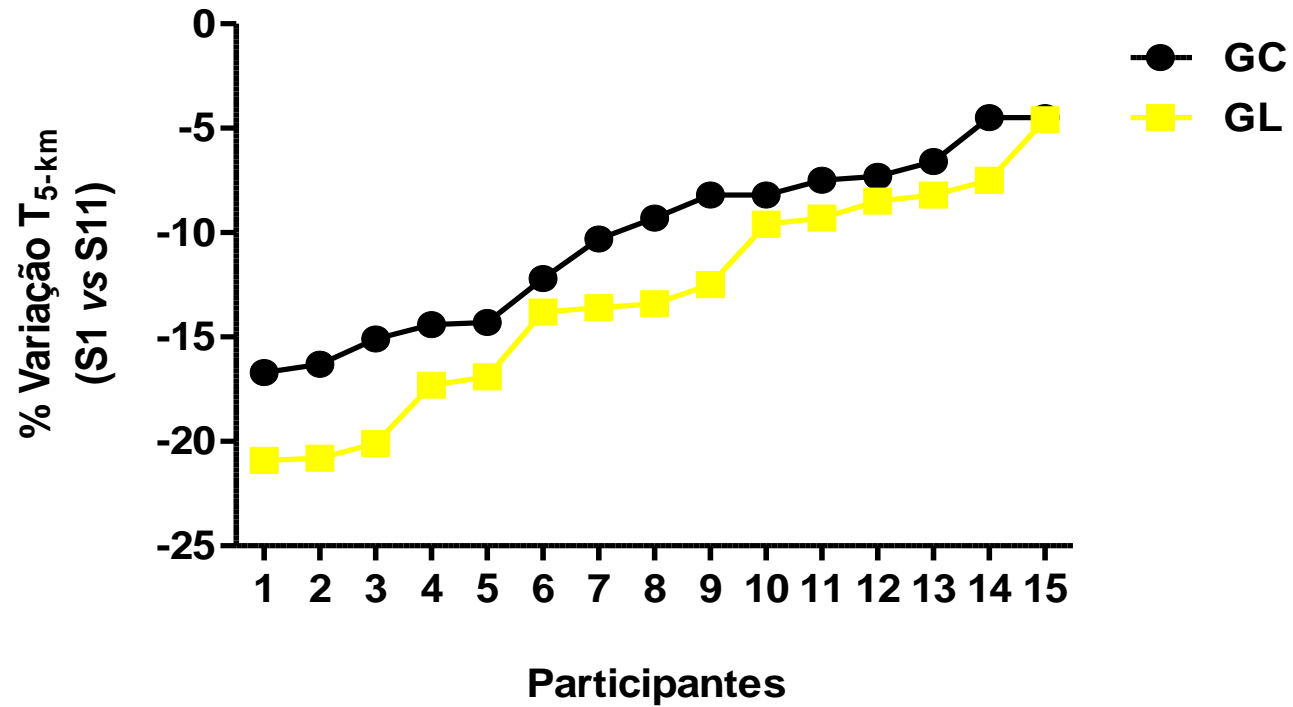


Figura 4. Percentuais (%) de variação do tempo da *performance* de 5 km (T_{5-km}) de cada participante do GC e GL representados da maior (1°) à menor diminuição (15°) individual.

A tabela 9 traz os resultados das análises dos marcadores de estresse oxidativo e as magnitudes das mudanças (TE e percentual de variação) observadas após o período de treinamento. A Anova mista revelou um efeito significativo do momento sobre a atividade da CAT ($P = 0,035$); nenhum efeito de grupo ou interação grupo \times momento foi demonstrado sobre as variáveis analisadas ($P > 0,05$). Foram verificadas diferenças estatisticamente significantes apenas para a CAT no GL entre S1 vs S6 ($P = 0,039$) e para as concentrações de GSSG entre os grupos na S6 ($P = 0,046$). As atividades da CAT e SOD, e as concentrações de glutathiona total e GSSG após o período de oito semanas de treinamento (S1 vs S11) tiveram respostas inversas nos grupos GC e GL (i.e., enquanto a mesma variável aumentou em um grupo no outro grupo houve diminuição); esses resultados são reforçados pelos TE moderados obtidos na comparação entre os percentuais de variação dos grupos. Além disso, foi observada uma diferença estatisticamente significativa na comparação entre os percentuais de variação (S1 vs S11) da GSSG ($P = 0,043$; TE = moderado). As concentrações de GSH aumentaram em ambos os grupos na S11, com uma magnitude de aumento maior no GC do que no GL devido ao maior valor de TE na comparação S1 vs S11. A relação GSH/GSSG aumentou mais acentuadamente no GL comparado ao GC, quando analisado em termos de TE da comparação S1 vs S11 (TE = moderado vs pequeno). As concentrações de MDA permaneceram similares após o período de treinamento para ambos os grupos; entretanto, quando analisados os percentuais de variação (tabela 11) foi verificada uma magnitude de aumento maior no GC em comparação ao GL ($274,3 \pm 556,3\%$ vs $66,7 \pm 205,4\%$).

Tabela 9. Marcadores relacionados ao estresse oxidativo nos diferentes momentos de avaliação para ambos os grupos (média \pm DP).

| Variáveis | GC | | | | | GL | | | | | |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------------------|---|
| | S1 | S6 | S11 | TE (IC 90%) (S1 vs S11) | % Variação (S1 vs S11) | S1 | S6 | S11 | TE (IC 90%) (S1 vs S11) | % Variação (S1 vs S11) | TE (IC 90%) % Variação (GC vs GL) |
| MDA (nmol/MDA ml) (n = 15 cada grupo) | 0,409 \pm 0,464 | 0,350 \pm 0,270 | 0,411 \pm 0,357 | 0,00 (-0,57 - 0,58) | 274,3 \pm 556,3 | 0,307 \pm 0,224 | 0,367 \pm 0,253 | 0,310 \pm 0,241 | 0,01 (-0,64 - 0,671) | 66,7 \pm 205,4 | -0,47 (-1,08 - 0,13) |
| CAT (U/mg Hb) (n = 15 cada grupo) | 63,51 \pm 29,83 | 61,91 \pm 33,86 | 45,00 \pm 25,43 | -0,59 (-1,07 - -0,10) | -18,6 \pm 41,7 | 49,62 \pm 25,35 | 63,21 \pm 19,15* | 53,83 \pm 29,94 | 0,16 (-0,39 - 0,711) | 30,7 \pm 89,1 | 0,68 (0,07 - 1,29) |
| SOD (U/mg HB) (n = 15 cada grupo) | 1,18 \pm 0,51 | 1,17 \pm 0,52 | 1,04 \pm 0,57 | -0,27 (-0,82 - 0,27) | -2,3 \pm 57,3 | 1,06 \pm 0,58 | 1,15 \pm 0,55 | 1,33 \pm 1,00 | 0,45 (-0,18 - 1,08) | 69,6 \pm 148,1 | 0,61 (0,01 - 1,22) |
| Glutaciona total (μ mol/g Hb) (n = 8 cada grupo) | 28,02 \pm 11,33 | 29,86 \pm 6,15 | 39,21 \pm 17,74 | 0,88 (0,19 - 1,57) | 59,8 \pm 92,8 | 37,85 \pm 19,00 | 36,72 \pm 8,01 | 34,84 \pm 17,22 | -0,14 (-0,53 - 0,25) | -2,6 \pm 42,0 | -0,80 (-1,64 - 0,05) |
| GSH (μ mol/g Hb) (n = 8 cada grupo) | 11,06 \pm 6,25 | 12,02 \pm 3,63 | 14,38 \pm 3,71 | 0,47 (-0,16 - 1,10) | 84,4 \pm 154,3 | 13,53 \pm 5,69 | 13,64 \pm 3,33 | 15,20 \pm 8,05 | 0,26 (-0,52 - 1,04) | 22,7 \pm 74,4 | -0,47 (-1,31 - 0,37) |
| GSSG (μ mol/g Hb) (n = 8 cada grupo) | 8,48 \pm 2,94 | 8,92 \pm 1,54 | 12,42 \pm 7,90 | 1,19 (-0,23 - 2,61) | 56,3 \pm 83,4 | 12,16 \pm 7,46 | 11,54 \pm 2,92 [#] | 9,81 \pm 4,76 | -0,28 (-0,62 - 0,06) | -13,5 \pm 30,3 [†] | -1,01 (-1,86 - -0,17) |
| GSH/GSSG (n = 8 cada grupo) | 1,26 \pm 0,44 | 1,34 \pm 0,31 | 1,36 \pm 0,45 | 0,20 (-0,91 - 1,31) | 24,9 \pm 62,6 | 1,20 \pm 0,44 | 1,21 \pm 0,28 | 1,53 \pm 0,40 | 0,66 (-0,11 - 1,42) | 39,4 \pm 55,7 | 0,23 (-0,61 - 1,07) |

Notas: GC, grupo controle; GL, grupo LED; S1, S6 e S11, 1°, 6°, e 11° semanas de avaliação, respectivamente; TE, tamanho de efeito; IC, intervalo de confiança; MDA, malondialdeído; CAT, catalase; SOD, superóxido dismutase; GSH, glutaciona reduzida; GSSG, glutaciona oxidada; GSH/GSSG, relação entre glutaciona reduzida e oxidada.

* $P < 0,05$ em relação à S1 no mesmo grupo;

[#] $P < 0,05$ entre grupos na mesma semana;

[†] $P < 0,05$ em relação ao GC.

Em relação aos resultados da dor muscular avaliada pela EVA em todas as sessões de treinamento, foram demonstrados valores similares entre os grupos tanto na avaliação pré-sessão de treino (média \pm DP): $1,0 \pm 0,8$ cm e $0,9 \pm 0,7$ cm, para o GC e GL, respectivamente ($P = 0,662$), como no momento pós-sessão: GC = $3,6 \pm 2,4$ cm e GL = $3,1 \pm 2,4$ ($P = 0,604$); para ambos os grupos os valores foram estatisticamente diferentes entre os momentos pré e pós-sessão ($P < 0,001$). Na tabela 10 estão apresentados os resultados agrupados por semana de treinamento, no qual foram calculadas a média \pm DP dos valores obtidos nas três sessões semanais (i.e., pré e pós-sessão); nenhum efeito do momento (oito semanas) e do grupo, e nem interação foram observadas tanto sobre os valores pré como pós-sessão ($P > 0,05$). Entretanto, em todas as semanas, os valores foram significativamente maiores em ambos os grupos no momento pós-sessão. Além disso, foram analisadas as diferenças absolutas entre os valores pré e pós-sessão (tabela 10, figura 4), nas quais não foram observados efeitos significantes do momento ($P = 0,609$), grupo ($P = 0,631$) e nem interação ($P = 0,157$) sobre os resultados. Apesar de não haver diferença estatística entre os grupos e entre as semanas, foi demonstrada uma tendência de um aumento menos expressivo dos valores de dor muscular pós-sessão (i.e., diferença absoluta pré vs pós-sessão) no GL comparado ao GC nas últimas três semanas de treinamento (S8 a S10). Tal resultado pode ser evidenciado na figura 4 e explicado pelos valores de TE encontrados na comparação dos valores de diferença absoluta entre os grupos da S8 a S10.

Tabela 10. Respostas da dor muscular avaliada pela EVA nos momentos pré e pós-sessão de treino durante as oito semanas de treinamento de corrida em ambos os grupos (média \pm DP).

| Semanas | EVA (cm) | | | | | | GC vs GL TE (Diferença Absoluta) |
|---------|---------------|----------------|--------------------|---------------|----------------|--------------------|-------------------------------------|
| | GC (n = 15) | | | GL (n = 15) | | | |
| | Pré-sessão | Pós-sessão | Diferença Absoluta | Pré-sessão | Pós-sessão | Diferença Absoluta | |
| S2 | 1,1 \pm 1,4 | 3,0 \pm 2,3* | 1,9 \pm 2,1 | 0,9 \pm 0,8 | 3,0 \pm 2,4* | 2,1 \pm 2,1 | 0,10 (-0,50 - 0,71) |
| S3 | 1,2 \pm 1,1 | 3,8 \pm 3,0* | 2,6 \pm 2,8 | 1,0 \pm 0,8 | 3,4 \pm 2,6* | 2,4 \pm 2,2 | -0,07 (-0,67 - 0,54) |
| S4 | 1,2 \pm 1,3 | 3,4 \pm 2,3* | 2,2 \pm 2,2 | 0,6 \pm 0,6 | 3,2 \pm 3,0* | 2,5 \pm 2,5 | 0,15 (-0,46 - 0,75) |
| S5 | 0,8 \pm 1,0 | 3,5 \pm 2,8* | 2,6 \pm 2,5 | 1,0 \pm 0,8 | 3,0 \pm 2,4* | 2,0 \pm 2,0 | -0,25 (-0,86 - 0,35) |
| S7 | 1,0 \pm 0,9 | 3,5 \pm 3,1* | 2,6 \pm 2,5 | 1,2 \pm 1,2 | 3,6 \pm 2,6* | 2,4 \pm 2,2 | -0,06 (-0,66 - 0,55) |
| S8 | 0,8 \pm 0,9 | 3,7 \pm 2,9* | 2,9 \pm 2,6 | 1,0 \pm 1,0 | 3,0 \pm 2,6* | 2,0 \pm 2,1 | -0,37 (-0,97 - 0,24) |
| S9 | 0,9 \pm 0,7 | 4,0 \pm 3,0* | 3,1 \pm 2,6 | 0,8 \pm 0,7 | 3,0 \pm 2,5* | 2,1 \pm 2,1 | -0,41 (-1,01 - 0,20) |
| S10 | 0,9 \pm 1,0 | 3,6 \pm 2,9* | 2,7 \pm 2,3 | 0,7 \pm 0,9 | 2,7 \pm 2,4* | 2,0 \pm 1,8 | -0,35 (-0,95 - 0,26) |

Notas: GC, grupo controle; GL, grupo LED; EVA, escala visual analógica; S2, S3, S4, S5, semanas de treino do primeiro mês; S7, S8, S9, S10, semanas de treino no segundo mês.

* $P < 0,05$ em relação ao momento pré-sessão na mesma semana e no mesmo grupo.

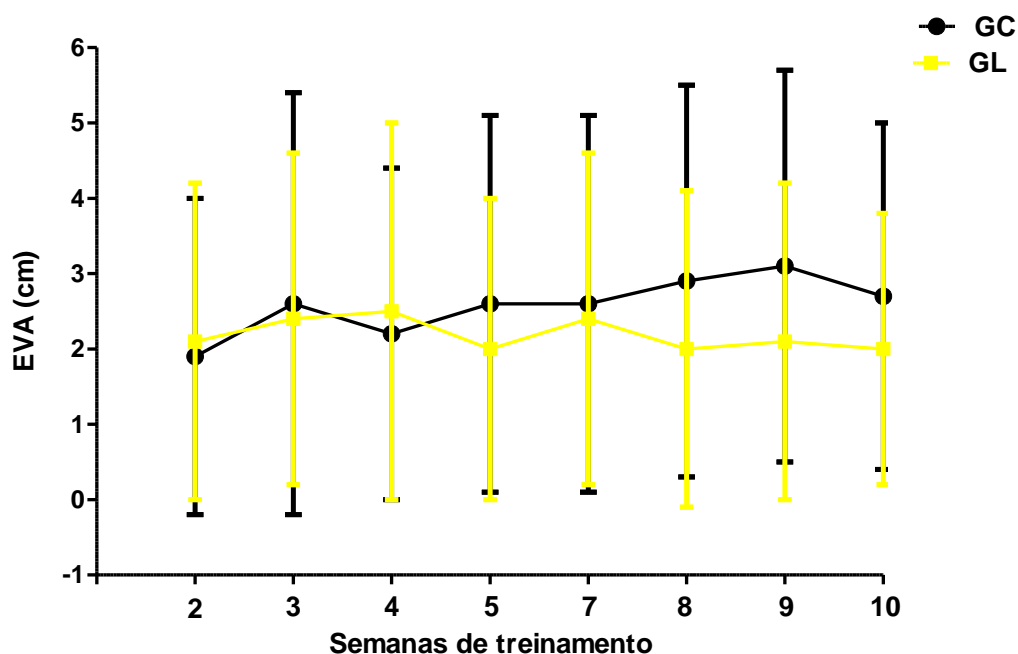


Figura 5. Diferenças absolutas entre os valores de dor muscular pré e pós-sessão de treino avaliados pela escala visual analógica (EVA) durante as oito semanas de treinamento (média \pm DP).

7 DISCUSSÃO

O objetivo principal do presente estudo foi avaliar os efeitos de oito semanas de treinamento de corrida, prescritos pela V_{pico} e seu respectivo t_{lim} , em associação com a aplicação de LED sobre variáveis de desempenho, marcadores de estresse oxidativo e dor muscular em homens jovens não treinados. Os principais achados evidenciaram melhores resultados no grupo que recebeu aplicação de LED (GL) em comparação ao grupo controle (GC) após o período de treinamento de corrida sobre a melhora da *performance* de 5 km, atenuação da magnitude de aumento do MDA, aumento da atividade das enzimas antioxidantes CAT e SOD, menores concentrações de GSSG e aumento da relação GSH/GSSG, demonstrando com isso atenuação do estresse oxidativo e melhora da defesa antioxidante. Além disso, a aplicação de LED atenuou a magnitude de aumento da dor muscular nas últimas três semanas de treinamento.

Em relação aos efeitos da aplicação de LED sobre as variáveis de desempenho avaliadas nos testes de esteira, foram observadas melhoras significativas no GL em comparação ao GC (tabelas 6 e 7). Em ambos os grupos a V_{pico} aumentou significativamente, com uma maior magnitude no GL após o treinamento (GL = $9,4 \pm 4,4\%$ vs GC = $7,5 \pm 3,3\%$); estudos que utilizaram a V_{pico} como parâmetro de prescrição do treinamento de corrida também encontraram melhoras similares às encontradas em nosso estudo com valores de TE na comparação pré vs pós-treinamento de 0,86 e 0,90 (GONZÁLEZ-MOHÍNO et al., 2016; BUCHHEIT et al., 2010). Além disso, utilizando um protocolo de treinamento de corrida semelhante ao nosso, só que com corredores moderadamente treinados, Manoel et al. (2016) demonstraram que após quatro semanas de treinamento a V_{pico} melhorou 5,4% (pré = $16,7 \pm 1,2$ vs pós = $17,6 \pm 1,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) e o tempo da prova de 10 km diminuiu em -3,4% (pré = $41,3 \pm 2,4$ vs pós = $39,9 \pm 2,7$ min); assim como nosso trabalho, Manoel et al. (2016) reforçaram que o treinamento prescrito baseado na V_{pico} e t_{lim} foi efetivo em melhorar variáveis relacionadas à *performance* de corrida de *endurance*.

Por outro lado, os valores de t_{lim} no presente estudo foram similares nas três semanas de avaliação (S1, S6 e S11) em ambos os grupos; tal comportamento já era esperado devido à melhora da V_{pico} , que conseqüentemente aumentou a intensidade dos testes de t_{lim} na 6ª e 11ª semanas. Tais resultados são semelhantes aos de outros trabalhos que reportaram ausência de modificação dos valores de t_{lim} ou até uma piora dessa variável após um período de treinamento de *endurance* (MANOEL et al., 2016; BILLAT et al., 1999). Contudo, podemos interpretar os resultados de nosso trabalho referentes ao t_{lim} como um efeito positivo sobre parâmetros anaeróbios, visto que os participantes conseguiram manter a mesma duração no teste após o período de treinamento só que em uma intensidade superior.

Dentre os principais efeitos da aplicação de LED encontrados em nosso estudo, destaca-se a melhora na *performance* de 5 km, no qual o GL teve um melhor resultado comparado ao GC em relação às magnitudes de mudanças entre 1ª e 11ª semanas, expressos pelo TE ($T_{5\text{-km}}$, -1,18 vs -0,82; $VM_{5\text{-km}}$, 1,32 vs 0,88, ou seja, grande vs moderado) e % de variação ($T_{5\text{-km}}$: $-13,1 \pm 5,2\%$ vs $-10,3 \pm 4,2\%$; $VM_{5\text{-km}}$: $15,5 \pm 7,0\%$ vs $11,8 \pm 5,3\%$) (tabela 8). Nossos achados são semelhantes aos de Guaraldo et al. (2016) que investigaram em modelo animal com ratos Wistar a associação entre seis semanas de treinamento aeróbio de natação com a aplicação de laser realizada antes de todas as sessões de treinamento, e reportaram que o grupo treinamento com laser obteve melhoras mais expressivas no VO_{2max} e MVA do que os outros três grupos avaliados (i.e., controle sem treinamento e sem aplicação de laser, grupo com aplicação de laser e sem treinamento, grupo treinamento sem aplicação de laser). Contudo, os autores não apresentaram os dados em média \pm DP dessas variáveis, bem como a magnitude de melhora pós-treinamento (e.g., percentual de variação e TE), limitando assim nossas inferências sobre os resultados.

Entretanto, poucos são os estudos com humanos que examinaram os benefícios do treinamento de corrida associado com a fototerapia sobre variáveis de desempenho (PAOLILLO et al., 2013; VIEIRA et al., 2012; PAOLILLO et al., 2011). Paolillo et al. (2011) realizaram um estudo com mulheres em fase de pós-

menopausa (entre 50 e 60 anos) utilizando a aplicação de LED durante todas as sessões de um programa de treino de corrida realizado em esteira, e encontraram que o grupo LED após três meses teve um aumento significativo nos valores de potência muscular (pré = $55,6 \pm 9,6$ W, pós = $72,7 \pm 7,5$ W; $P = 0,002$) avaliado no teste isocinético, diferentemente do grupo controle que realizou apenas o treino sem aplicação de LED (pré = $57,7 \pm 14,1$ W, pós = $59,6 \pm 15,4$ W; $P > 0,05$); além disso, o índice de fadiga obtido nesse mesmo teste aumentou significativamente apenas no grupo controle (pré = $51,3 \pm 6,1\%$, pós = $57,6 \pm 5,2\%$; $P = 0,040$), mas não no grupo LED (pré = $59,8 \pm 9,9\%$, pós = $59,8 \pm 4,2\%$, $P > 0,05$). Paolillo et al. (2013), utilizando uma amostra semelhante ao do estudo anterior, e aplicação de LED também durante todas as sessões de treinamento, demonstraram, após seis meses de treinamento, um aumento (i.e., variação absoluta) do tempo de permanência no teste (i.e., protocolo) de Bruce significativamente maior no grupo LED comparado ao grupo controle (432 ± 180 s vs 186 ± 118 s; $P = 0,002$); adicionalmente, a recuperação pós-exercício avaliada pelo tempo em que a FC e pressão arterial voltaram aos seus valores de repouso, apenas teve uma diminuição significativa no GL após o período de treinamento (pré = 426 ± 107 s, pós = 336 ± 42 s; $P = 0,003$), e não no GC (pré = 384 ± 31 s, pós = 330 ± 51 s; $P > 0,05$).

Já Vieira et al. (2012) associaram o treinamento realizado por mulheres saudáveis (entre 18 e 28 anos) em cicloergômetro com o laser aplicado após cada sessão de treino; após nove semanas, os resultados indicaram que o grupo treinamento com laser foi o único que apresentou diminuição significativa do índice de fadiga obtido no teste isocinético de extensão-flexão do joelho do membro dominante (pré = $62,1 \pm 6,8$, pós = $57,7 \pm 5,4$; $P = 0,006$). Entretanto, vale ressaltar que esses estudos (PAOLILLO et al., 2013; VIEIRA et al., 2012; PAOLILLO et al., 2011), diferentemente de nosso trabalho, não realizaram avaliações ou testes relacionados com a *performance* de *endurance* que pudessem ser extrapolados para uma análise do desempenho aeróbio.

Uma importante adaptação fisiológica advinda do treinamento de corrida de *endurance* observada em nosso estudo tanto no GL como no GC foi a diminuição

significante da FC_{max} obtida a partir dos testes de V_{pico} e t_{lim} (tabelas 6 e 7). Tal resposta corrobora aos dados apresentados em um estudo de revisão de Zavarosky (2000) sobre os mecanismos que alteram a FC_{max} após o treinamento aeróbio, e que concluiu que essa variável pode diminuir de 3% a 7% com TE de -0,48 com o treinamento.

Outro resultado importante avaliado pela resposta da FC, foi o aumento da FC_{rec} após o treinamento de corrida, que ocorreu de forma mais evidente no GL, tanto na variável obtida após o teste de V_{pico} (GL = 19,4% e TE = 0,47; GC = 10,8% e TE = 0,28) como àquela obtida após o teste de t_{lim} (GL = 23,3% e TE = 0,74 e classificado como moderado; GC = 6,4% e TE = 0,03 e classificado como trivial) (tabelas 6 e 7). O efeito positivo do treinamento sobre a FC_{rec} determinada após a realização de um exercício foi reportado em outros estudos, e vem sendo relacionado a uma melhora na *performance* de *endurance* (BUCHHEIT et al., 2010; LAMBERTS et al., 2010; LAMBERTS et al., 2009). Bellenger et al. (2016), em estudo de revisão sobre os efeitos do treinamento de *endurance* na regulação autonômica da FC, concluíram que um aumento da FC_{rec} em resposta ao treinamento facilita as melhoras da *performance* devido ao aumento da modulação parassimpática e/ou diminuição na modulação simpática da FC avaliada pela VFC. Nesse sentido, analisando nossos resultados, podemos sugerir que houve um efeito positivo da aplicação de LED sobre a FC_{rec} que está relacionado a uma melhora autonômica. Tal achado é similar ao trabalho de Paolillo et al. (2014) em modelo animal com ratos Wistar que avaliaram os efeitos da aplicação de laser associada com o treinamento de resistência de alta intensidade sobre as respostas cardíacas autonômicas, e reportaram benefícios da fototerapia sobre os índices relacionados a VFC.

Logo, baseado em nossos achados e dados prévios que mostraram efeitos positivos da fototerapia sobre a melhora de parâmetros aeróbios (GUARALDO et al., 2016; MIRANDA et al., 2016; FERRARESI et al., 2015b), é possível sugerir a utilização do LED longitudinalmente como um recurso ergogênico do metabolismo oxidativo. Para explicar esses efeitos benéficos alguns mecanismos fisiológicos que ocorrem dentro da mitocôndria são propostos (LEAL JUNIOR et al., 2015;

BORSA et al., 2013), sendo que o mais importante está relacionado ao aumento da atividade da enzima citocromo c oxidase e consequente aumento da síntese de ATP (FERRARESI et al., 2015c; ALBUQUERQUE-PONTES et al., 2015; HAYWORTH et al., 2010).

Em relação às respostas do estresse oxidativo após o período de treinamento, nosso estudo mostrou que o GL teve uma melhor atenuação dos marcadores de estresse oxidativo e melhora da defesa antioxidante comparado ao GC (tabela 9). Esses achados corroboram os de estudos anteriores que reportaram efeitos positivos da fototerapia associada ao treinamento sobre a diminuição das concentrações de MDA e aumento da atividade das enzimas antioxidantes em trabalhos com modelo animal (ratos) (GUARALDO et al., 2016; FERRARESI et al., 2015c) e humano (FERRARESI et al., 2016; DE MARCHI et al., 2012). É importante destacar que a redução de marcadores de estresse oxidativo e o aumento da proteção antioxidante podem ser considerados um importante indicativo do potencial efeito da fototerapia sobre o exercício/*performance* aeróbia (GUARALDO et al., 2016; DE MARCHI et al., 2012).

Nossos achados sobre a atividade da CAT e da SOD demonstraram um aumento no GL ($30,7 \pm 89,1\%$ e $69,6 \pm 148,0\%$, respectivamente), enquanto no GC essas enzimas diminuíram pós-treino ($-18,6 \pm 41,7\%$ e $-2,3 \pm 57,3\%$, respectivamente); além disso, o TE moderado (0,68 para CAT e 0,61 para SOD) para a comparação dos percentuais de variação entre os grupos reforçam a resposta inversa e positiva encontrada no GL. Guaraldo et al. (2016) analisaram os efeitos da aplicação de laser usando como referência as comparações com um GC de ratos que não realizou exercício e não recebeu a aplicação da fototerapia. Os autores mostraram que após o período de treinamento houve um aumento de 78,6% da atividade da CAT no grupo treinamento/laser comparado aos valores do GC e um aumento de 70,9% no grupo treinamento controle (i.e., sem aplicação do laser) em relação ao GC; para a atividade da SOD foi encontrado um aumento de 73,2% do grupo treinamento/laser comparado ao GC e aumento de 59,4% do grupo treinamento controle comparado ao GC. Similar ao nosso estudo, os

achados de Guaraldo et al. (2016) reforçaram um melhor efeito do treinamento aeróbio em conjunto com a aplicação da fototerapia do que apenas a realização de um programa de treinamento sem a fototerapia sobre a atividade das enzimas antioxidantes.

A associação do treinamento de força (i.e., resistência) com a aplicação de LED foi investigada em estudos anteriores (FERRARESI et al., 2016; FERRARESI et al., 2015c). Ferraresi et al. (2016) em estudo com um par de gêmeos analisaram, além de outras variáveis, a expressão gênica da SOD após um programa de treinamento com duração de 12 semanas, com frequência de três vezes semanais e com exercícios de força de membros inferiores, no qual o LED foi aplicado após todas as sessões de treino. Os autores reportaram que a expressão da SOD no músculo esquelético teve uma magnitude de aumento maior após o programa de treinamento no participante que recebeu a aplicação de LED comparado ao controle (140% vs 100%), indicando um efeito positivo da fototerapia sobre as respostas da SOD, assim como em nosso estudo.

Ferraresi et al. (2015c) verificaram a resposta da atividade da CAT após seis sessões de treinamento resistido de escalada (i.e., escada) em modelo animal com ratos, no qual foram analisados, além de um GC que não realizou o treinamento e nem recebeu a aplicação de LED, quatro grupos de ratos submetidos ao treinamento com o LED aplicado em diferentes momentos: LED-*Sham* (LED placebo aplicado antes do treino); LED-antes (LED aplicado antes do treino); LED-após (LED aplicado após cada treino); LED-antes e após (LED aplicado antes e após cada treino). Os autores encontraram uma atividade significativamente menor da CAT dosada no músculo quadríceps femoral após o período de treinamento no grupo LED-*Sham* (2,11 nmol/min/ml) em comparação aos grupos LED-antes e após (4,33 nmol/min/ml) e LED-após (4,22 nmol/min/ml), indicando, da mesma maneira que nossos resultados, um efeito na melhora da defesa antioxidante devido à aplicação da fototerapia de forma crônica e associada ao exercício físico.

Apesar de ambos os grupos do nosso estudo apresentarem resultados similares das concentrações de MDA após o treinamento, o percentual de

aumento no GC foi maior do que no GL na comparação S1 vs S11 ($274,3 \pm 556,3\%$ vs $66,7 \pm 205,4\%$; TE da comparação dos percentuais de variação = $-0,47$), indicando uma atenuação do estresse oxidativo após o programa de treinamento advinda da fototerapia. Outros dois estudos com modelo animal avaliaram as concentrações de MDA em resposta ao treinamento associado à fototerapia; enquanto Ferraresi et al. (2015c) demonstraram que os níveis de MDA foram similares após o programa de treinamento e sem diferenças significantes entre os grupos analisados (grupos LED = $19,19 \mu\text{M} \leq \text{MDA} \leq 23,87 \mu\text{M}$; GC = $21,29 \mu\text{M}$), Guaraldo et al. (2016) encontraram que a fototerapia atenuou o aumento do MDA, com menores valores após o treinamento para o grupo treinamento associado ao laser comparado ao grupo treinamento controle ($7,3 \pm 1,8$ vs $11,1 \pm 1,6$ nmol MDA/mg).

Contudo, a comparação direta entre nossos resultados com os de estudos prévios fica limitada, visto que não existem trabalhos que reportaram os efeitos da associação entre fototerapia e treinamento de *endurance* sobre a atividade da CAT e SOD e sobre as concentrações de MDA em humanos. Além disso, os diferentes métodos de análise empregados para a dosagem dos marcadores de estresse oxidativo dificultam a comparação entre os valores/dados obtidos nos diferentes estudos, especialmente devido às diferentes unidades de medidas utilizadas.

Até onde temos conhecimento esse é o primeiro estudo que avaliou as concentrações de glutathiona em resposta à aplicação da fototerapia em humanos. Vale ressaltar que um aumento intracelular de GSSG é indicativo de estresse oxidativo assim como a diminuição da relação GSH/GSSG (FISHER-WELMANN; BLOOMER, 2008; FINAUD et al., 2006). Assim, considerando a diminuição no GL da GSSG ($-13,5 \pm 30,3\%$; TE = $-0,28$) e o aumento no GC dessa variável ($56,3 \pm 83,4\%$; TE = $1,19$) pós-treinamento, a diferença significativa e o TE de $-1,01$ (moderado) na comparação entre os grupos para o percentual de variação da GSSG, e que a GSH aumentou em ambos os grupos, nossos resultados indicam um efeito benéfico da aplicação de LED na atenuação do estresse oxidativo. Além disso, em nosso estudo a relação GSH/GSSG teve um maior aumento

(comparação S1 vs S11) no GL ($39,4 \pm 55,7\%$, TE = 0,66, moderado) comparado ao GC ($24,9 \pm 62,6\%$, TE = 0,20, pequeno), fortalecendo ainda mais o efeito positivo da aplicação de LED.

No estudo de Ferraresi et al. (2015c), além de dosar a atividade da CAT e as concentrações de MDA, os autores também analisaram as concentrações de GSH e GSSG muscular após as seis sessões de treino resistido. Em relação à GSH dosada após o período de treinamento, esta foi significativamente maior no GC ($1,33 \mu\text{M}/\mu\text{g}$ proteína) comparado ao LED-*Sham* ($0,097 \mu\text{M}/\mu\text{g}$ proteína) e grupo LED-antes ($1,00 \mu\text{M}/\mu\text{g}$ proteína), sem diferenças estatísticas na comparação com os outros grupos com aplicação de LED; tais achados levaram os autores a enfatizarem que o LED aplicado após o treino foi capaz de minimizar o estresse oxidativo para níveis normais. Para a GSSG foi encontrada no momento pós-treinamento uma concentração significativamente menor no LED-*Sham* ($0,005 \mu\text{M}/\mu\text{g}$ proteína) comparada às dos animais do grupo LED-antes ($0,20 \mu\text{M}/\mu\text{g}$ proteína), LED-antes e depois ($0,035 \mu\text{M}/\mu\text{g}$ proteína), LED-após ($0,041 \mu\text{M}/\mu\text{g}$ proteína); tais achados demonstraram uma resposta contrária à encontrada em nosso estudo, visto que as concentrações de GSSG no GL foram menores após o período de treinamento do que no GC ($9,81 \pm 4,76$ vs $12,42 \pm 7,90 \mu\text{mol}/\text{g}$ Hb). Porém, apesar de apresentarem alguns dados em relação à glutathiona, o objetivo do estudo de Ferraresi et al. (2016c) não foi a discussão desses achados e nem a apresentação de todos os dados obtidos em todos os grupos para essa variável.

Outro importante achado do presente estudo foi o efeito da aplicação de LED na atenuação da dor muscular nas últimas três semanas de treinamento de corrida, explicado pelo aumento menos expressivo pós-sessão dos valores da EVA (i.e., diferença absoluta pré vs pós-sessão) no GL comparado ao GC na S8 ($2,0 \pm 2,1$ vs $2,9 \pm 2,6$ cm; TE = -0,37), S9 ($2,1 \pm 2,1$ vs $3,1 \pm 2,6$ cm; TE = -0,41) e S10 ($2,0 \pm 1,8$ vs $2,7 \pm 2,3$ cm; TE = -0,35) (figura 4). Sugere-se que tal achado esteja relacionado tanto aos efeitos agudos como aos efeitos residuais (i.e., longitudinais) da fototerapia, visto que esses podem durar horas ou até mesmo dias após a aplicação (ALBUQUERQUE-PONTES et al., 2015).

Apenas o estudo de Ferraresi et al. (2016) analisou a DMT longitudinalmente nos momentos 24 horas após a primeira, 13°, 25° e 36° sessões de treino de força. Os autores encontraram que os escores obtidos através da EVA do participante com aplicação de LED foram menores em comparação ao placebo após a primeira (5,5 vs 8,2 cm), 13° (1,4 vs 3,2 cm), 25° (0,4 vs 1,8), e 36° (0,3 vs 1,0) sessões de treinamento, enfatizando um efeito da fototerapia na atenuação da DMT. Além disso, trabalhos anteriores realizados com avaliações agudas, encontraram que a fototerapia aplicada em associação ao exercício físico levou a efeitos positivos sobre a diminuição da DMT avaliada pela EVA (MACHADO et al., 2016; ANTONIALLI et al., 2014; HAUSSWIRTH et al., 2011). Por exemplo, Machado et al. (2016) avaliando homens jovens, verificaram que o LED aplicado entre dois *time trials* de corrida de 40 minutos, realizados com intensidades autosselecionadas, atenuou o aumento da DMT antes da realização do segundo teste em comparação ao placebo.

Sugere-se que nossos resultados no GL referentes a atenuação da dor muscular sejam explicados pelos efeitos positivos da aplicação de LED sobre os marcadores MDA, SOD, CAT e glutathione, visto que estudos prévios relacionaram a diminuição da dor muscular a um menor estresse oxidativo (MARTINS et al., 2016; CLOSE et al., 2005). Além disso, outro mecanismo indicativo dessa atenuação está relacionado ao efeito da fototerapia sobre a diminuição dos marcadores relacionados à recuperação muscular, como por exemplo a CK (ANTONIALLI et al., 2014; BARONI et al., 2010b; LEAL JUNIOR et al., 2010). Vale ressaltar que estudo recente de Martins et al. (2016) com modelo animal em ratos concluiu que a aplicação de LED atenua o aumento da dor através, dentre outros mecanismos sugeridos, da melhora da defesa antioxidante, via aumento da atividade da SOD e CAT e aumento de citocinas anti-inflamatórias, como a interleucina-10.

Apesar dos importantes achados em relação à aplicação de LED, o presente estudo apresentou algumas limitações. Primeiramente, os resultados das concentrações de glutathione devem ser analisados com cautela devido aos dados serem de uma parte da amostra total (i.e., 16 participantes), ou seja, um n menor

quando comparado aos dados dos outros marcadores analisados. A razão para uma menor *n* referente a esta variável é porque tivemos alguns problemas com o equipamento durante as dosagens, o que nos fez perder as análises de algumas amostras. Além disso, a falta de um outro grupo verdadeiramente controle que tivesse apenas a aplicação de LED sem a participação no programa de treinamento de corrida pode ser considerada uma outra limitação, uma vez que o grupo que denominamos em todo o trabalho como controle (GC), na verdade representa o que é tratado em muitos estudos como *sham*.

Embora nosso estudo tenha demonstrado que os parâmetros de aplicação de LED utilizados (i.e., dose) levaram a efeitos positivos nas variáveis avaliadas, sugerimos que futuros estudos testem diferentes dosagens de aplicação em associação com o treinamento de corrida de *endurance* e que também façam a análise de outros biomarcadores relacionados à dor muscular, inflamação e metabolismo oxidativo.

8 CONCLUSÃO

Com base nos resultados encontrados no presente estudo, referentes aos efeitos de oito semanas de treinamento de corrida, prescritos pela V_{pico} e seu respectivo t_{lim} , em associação com a aplicação de LED sobre variáveis de desempenho, marcadores de estresse oxidativo e dor muscular em homens jovens não treinados, conclui-se que:

- a) O treinamento de corrida em associação à aplicação de LED apresentou efeitos sobre a melhora da V_{pico} bem como demonstrou resultados mais expressivos na magnitude de melhora da *performance* de 5 km em comparação a um treinamento sem aplicação de LED;
- b) O treinamento de corrida em associação à aplicação de LED apresentou efeitos positivos na atenuação da peroxidação lipídica (MDA), e resultados mais expressivos no aumento das atividades das enzimas antioxidantes CAT e SOD, nas menores concentrações de GSSG e aumento da relação GSH/GSSG em comparação a um treinamento sem aplicação de LED;
- c) O treinamento de corrida em associação à aplicação de LED apresentou efeitos na atenuação da magnitude de aumento da dor muscular nas últimas três semanas de treinamento em comparação a um treinamento sem aplicação de LED;

Logo, concluí-se que o treinamento de corrida de *endurance* associado à aplicação de LED tem efeitos positivos na melhora da *performance* de 5 km, na diminuição do estresse oxidativo, aumento da defesa antioxidante e na atenuação da dor muscular em homens jovens não treinados. Em relação às implicações práticas, nossos resultados reforçam o uso da aplicação de LED associada ao treinamento físico, especialmente à corrida, por parte de equipes, técnicos e atletas com a finalidade de otimização da recuperação muscular, da melhora na capacidade aeróbia e da *performance*.

REFERÊNCIAS

ADAMO, A.M.; LLESUY, L.F.; PASQUINI, J.M.; BOVERIS, A. Brain chemiluminescence and oxidative stress in hyperthyroid rats. *Biochemical Journal*, v. 989, n. 1, p. 263-273, 1989.

ALBUQUERQUE-PONTES, G.M.; VIEIRA, R.P.; TOMAZONI, S.S.; CAIRES, C.O.; NEMETH, V.; VANIN A.A.; SANTOS, L.A.; PINTO, H.D.; MARCOS, R.L.; BJORDAL, J.M.; CARVALHO, P.T.C.; LEAL JUNIOR, E.C.P. 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.

ALVES, M.A.S.; PINFILDI, C.E.; NETO, L.N.; LOURENÇO, R.P.; AZEVEDO, P.H.S.M.; DOURADO, V.Z. 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.

AMADIO, E.M.; SERRA, A.J.; GUARALDO, S.A.; SILVA Jr, J.A.; ANTÔNIO, E.L.; SILVA, F.; PORTES L.A.; TUCCI, P.J.F.; LEAL JUNIOR, E.C.P.; CARVALHO, P.T.C. The action of pre-exercise low-level laser therapy (LLLT) on the expression of IL-6 and TNF- α proteins and on the functional fitness of elderly rats subjected to aerobic training. *Lasers in Medical Science*, v. 30, n. 3, p. 1127-1134, 2015.

ANTONIALLI, F.C.; DE MARCHI, T.; TOMAZONI, S.S.; VANIN, A.A.; GRANDINETTI, S.V.; DE PAIVA, P.R.; PINTO, H.D.; MIRANDA, E.F.; CARVALHO, P.T.C.; LEAL JUNIOR, E.C. 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.

ARBOGAST, S.; REID, M.B. Oxidant activity in skeletal muscle fibers is influenced by temperature, CO₂ level, and muscle-derived nitric oxide. *American Journal of Physiology: Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, v. 287, n. 4, p. R698-R705, 2004.

AZIZBEIGI, K.; STANNARD, S.R.; ATASHAK, S.; HAGHIGHI, M. Antioxidant enzymes and oxidative stress adaptation to exercise training: Comparison of endurance, resistance, and concurrent training in untrained males. *Journal of Exercise Science and Fitness*, v. 12, n. 1, p. 1-6, 2014.

BARATTO, L.B.; CALZÀ, L.; CAPRA, R.; GALLAMINI, M.; GIARDINO, L.; GIULLIANI, A.; LORENZINI, G.; TRAVERSO, S. Ultra-low-level laser therapy. *Lasers in Medical Science*, v. 26, n. 1, p. 102-112, 2011.

BARNETT, A. Using recovery modalities between training sessions in elite athletes. *Sports Medicine*, v. 36, n. 9, p. 781-796, 2006.

BARONI, B.M.; LEAL JUNIOR, E.C.P.; GEREMIA, J.M.; DIEFENTHAELER, F.; VAZ, M.A. Effect of light-emitting diodes therapy (LEDT) on knee extensor muscle fatigue. *Photomedicine and Laser Surgery*, v. 28, n. 5, p. 653–658, 2010a.

BARONI, B.M.; LEAL JUNIOR, E.C.P.; DE MARCHI, T.; LOPES, A.L.; SALVADOR, M.; VAZ, M.A. Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. *European Journal of Applied Physiology*, v. 110, n. 4, p. 789-796, 2010b.

BARONI, B.M.; RODRIGUES, R.; FREIRE, B.B.; FRANKE, R.A.; GEREMIA, J.M.; VAZ, M.A. 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, 2015.

BATTLE, E.F.; HOBBS, L.M. Laser therapy on darker ethnic skin. *Dermatologic Clinics*, v. 21, n. 4, p. 713–723, 2003.

BELLENGER, C.R.; FULLER, J.T.; THOMSON R.L.; DAVISON, K.; ROBERTSON, E.Y.; BUCKLEY, J.D. Monitoring athletic training status through autonomic heart rate regulation: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, v. 46, n. 10, p. 1461-1486, 2016.

BILLAT, V.L. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part II: anaerobic interval training. *Sports Medicine*, v. 31, n. 2, p. 75-90, 2001.

BILLAT, V.L.; FLECHET, B.; PETIT, B.; MURIAUX, G.; KORALSZTEIN, J.P. Interval training at VO_{2max} : effects on aerobic performance on overtraining markers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 31, n. 1, p. 156-163, 1999.

BILLAT, V.L.; HILL, D.W.; PINOTEAU, J.; PETIT, B.; KORALSZTEIN, J.P. Effect of protocol on determination of velocity at VO_{2max} and on its time to exhaustion. *Archives of Physiology and Biochemistry*, v. 104, n. 3, p. 313-321, 1996.

BILLAT, V.; RENOUX, J.C.; PINOTEAU, J.; PETIT, B.; KORALSZTEIN, J.P. Times to exhaustion at 100% of velocity at VO_{2max} and modeling of the time-limit /velocity relationship in elite long-distance runners. *European Journal of Applied Physiology*, v. 69, n. 2, p. 271-273, 1994.

BISHOP, P.A.; JONES, E.; WOODS, A.K. Recovery from training: a brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 22, n. 3, p. 1015-1024, 2008.

BLOOMER, R.J. Effect of exercise on oxidative stress biomarkers. *Advances in Clinical Chemistry*, v. 46, p. 1-50, 2008.

BLOOMER, R.J.; DAVIS, P.G.; CONSITT, L.A.; WIDEMAN, L. Plasma protein carbonyl response to increasing exercise duration in aerobically trained men and women. *International Journal of Sports Medicine*, v. 28, n 1, p. 21-25, 2007.

BLOOMER, R.J.; GOLDFARB, A.H. Anaerobic exercise and oxidative stress: a review. *Canadian Journal of Applied Physiology*, v. 29, n. 3, p. 245-263, 2004.

BLOOMER, R.J.; FALVO, M.J.; FRY, A.C.; SCHILLING, B.K.; SMITH, W.A.; MOORE, C.A. Oxidative stress response in trained men following repeated squats or sprints. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 38, n. 8, p. 1436-1442, 2006.

BOGDANIS, G.C.; STAVRINO, P.; FATOUROS, I.G.; PHILIPPOU, A.; CHATZINKOLAOU, A.; DRAGANIDIS, D.; ERMIDIS, G.; MARIDAKI, M. Short-term high-intensity interval exercise training attenuates oxidative stress responses and improves antioxidant status in healthy humans. *Food and Chemical Toxicology*, v. 61, p.171-177, 2013.

BORG, G.A. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 14, p. 377–381, 1982.

BORGES, L.S.; CERQUEIRA, M.S.; ROCHA, J.A.S.; CONRADO, L.A.L.; MACHADO, M.; PEREIRA, R.; NETO, O.P. Light-emitting diode phototherapy improves muscle recovery after a damaging exercise. *Lasers in Medical Science*, v. 29, n. 3, p. 1139-1144, 2014.

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.

BRAGADA, J.A.; SANTOS, P.J.; MAIA, J.A.; COLAÇO, P.J.; LOPES, V.P.; BARBOSA, T.M. Longitudinal study in 3000 m male runners: relationship between performance and selected physiological parameters. *Journal Sports Science and Medicine*, v. 9, n. 3, p. 439-444, 2010.

BREA-CALVO, G.; SIENDONES, E.; SANCHEZ-ALCAZAR, J.A.; DE CABO, R.; NAVAS, P. Cell survival from chemotherapy depends on NF-kappaB transcriptional up-regulation of coenzyme Q biosynthesis. *PLoS One*, v. 4, n.4 p. e5301, 2009.

BUCHHEIT, M.; CHIVOT, A.; PAROUTY, J.; MERCIER, D.; AL HADDAD, H.; LAURSEN, P.B.; AHMAIDI, S. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *European Journal of Applied Physiology*, v. 108, n. 6, p. 1153-1567, 2010.

BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P.B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle, Part I: Cardiopulmonary Emphasis. *Sports Medicine*, v. 43, n. 5, p. 313-318, 2013.

CHEUNG, K.; HUME, P.A.; MAXWELL, L. Delayed onset muscle soreness. *Sports Medicine*, v. 32, n. 2, 2003.

CIMEN, M.Y.B. Free radical metabolism in human erythrocytes. *Clinica Chimica Acta*, v. 390, n. 1-2, p. 1-11, 2008.

CLOSE, G.L.; ASHTON, T.; MCARDLE, A.; MACLAREN, D.P. The emerging role of free radicals in delayed onset muscle soreness and contraction-induced muscle injury. *Comparative Biochemistry and Physiology*, v.142, n.3, p. 257-266, 2005.

COHEN, J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1988.

CUI, Y.; GUO, Z.; ZHAO, Y.; ZHENG, Y.; QIAO, Y.; CAI, J.; LIU, S. Reactive effect of low-intensity He-Ne laser upon damaged ultrastructure of human erythrocyte membrane in Fenton system by atomic force microscopy. *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*, v. 39 p. 484–489, 2007.

DA SILVA, D.F.; SIMÕES, H.G.; MACHADO, F.A. vVO_{2max} versus V_{peak} , what is the best predictor of running performances in middle-aged recreationally-trained runners? *Science and Sports*, v.30, p.85-92, 2015.

DA SILVA, D.F.; VERRI, S.M.; NAKAMURA, F.Y.; MACHADO, F.A. Longitudinal changes in cardiac autonomic function and aerobic fitness indices in endurance runners: a case study with a high-level team. *European Journal Sport Science*, v. 14, n. 5, p. 443-451, 2014.

DA SILVA, V.C.; FERNANDES, L.; HASEYAMA, E.J.; AGAMME, A.L.; SHINOHARA, E.M.G.; MUNIZ, M.T.C.; D'ALMEIDA, V. Effect of vitamin B deprivation during pregnancy and lactation on homocysteine metabolism and related metabolites in brain and plasma of mice offspring. *Plos One*, v. 9, n. 4, e92683, 2014.

DAL-FABBRO, C.; GARBUIO, S.; D'ALMEIDA, V.; CINTRA, F.D.; TUFIK, S.; BITTENCOURT, L. Mandibular advancement device and CPAP upon cardiovascular parameters in OSA. *Sleep and Breathing*, v. 18, n. 4, p. 749-759, 2014.

DE MARCHI, T.; LEAL JUNIOR, E.C.P.; BORTOLI, C.; TOMAZONI, S.S.; LOPES-MARTINS, R.A.B.; SALVADOR, M. 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.

DENNEKER, E.A.; KOLTYN, K.F. Pain during and within hours after exercise in healthy adults. *Sports Medicine*, v. 44, n. 7, p. 921-941, 2014.

DE OLIVEIRA, A.R.; VANIN, A.A.; DE MARCHI, T.; ANTONIALLI, F.C.; VDOS, S.G.; DE PAIVA, P.R.; ALBUQUERQUE-PONTES, G.G.; SANTOS, L.A.; ALEIXO JUNIOR, I.O.; CARVALHO, P.T.C.; BJORDAL, J.M.; LEAL JUNIOR, E.C.P. What is the ideal dose and power output of low-level laser therapy (810 nm) on muscle performance and post-exercise recovery? Study protocol for a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *Trials*, v. 27, n. 15, p. 69, 2014.

DIAS, F.J.; ISSA, J.P.; VICENTINI, F.T.; FONSECA, M.J.; LEÃO, J.C.; SIÉSSERE, S.; REGALO, S.C.; IYOMASA, M.M. Effects of low-level laser therapy on the oxidative metabolism and matrix proteins in the rat masseter muscle. *Photomedicine and Laser Surgery*, v. 29, n. 10, p. 677-684, 2011.

ENWEMEKA, C.S. Intricacies of dose in laser phototherapy for tissue repair and pain relief. *Photomedicine and Laser Surgery*, v. 27, n. 3, p. 387–393, 2009.

ESFARJANI, F.; LAURSEN, P.B. Manipulating high-intensity interval training: Effects on VO_{2max} , the lactate threshold and 3000m running performance in moderately trained males. *Journal of Science and Medicine in Sport*, v. 10, p 27-35, 2007.

EWING, J.F.; JANERO, D.R. Microplate superoxide dismutase assay employing a nonenzymatic superoxide generator. *Analytical Biochemistry*, v. 232, n. 2, p. 243-248, 1995.

FALONE, S.; MIRABILLO, A.; PASSERINI, A.; IZZICUPO, P.; CACCHIO, M.; GALLINA, S.; BALDASSARRE, A.D.; AMICARELLI, F. Aerobic performance and antioxidant protection in runners. *International Journal of Sports Medicine*, v. 30, n. 11, p. 782-788, 2009.

FARNEY, T.M.; MCCARTHY, C.G.; CANALE, R.E.; SCHILLING, B.K.; WHITEHEAD, P.N.; BLOOMER, R.J. Absence of blood oxidative stress in trained men after strenuous exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 44, n. 10, p. 1855-1863, 2012.

FELISMINO, A.S.; COSTA, E.C.; AOKI, M.S.; FERRARESI, C.; LEMOS, T.M.A.M.; VIEIRA, W.H.B. Effect of low-level laser therapy (808 nm) on markers of muscle damage: a randomized double-blind placebo-controlled trial. *Lasers in Medical Science*, v. 29, n. 3, p. 933-938, 2014.

FERRARESI, C.; BERTUCCI, D.; SCHIAVINATO, J.; REIFF, R.; ARAÚJO, A.; PANEPUCCI, R.; MATHEUCCI, E.; CUNHA, A.F.; ARAKELIAN, V.M.; HAMBLIN, M.R.; PARIZOTTO, N.; BAGNATO, V. Effects of light-emitting diode therapy on muscle hypertrophy, gene expression, performance, damage, and delayed-onset muscle soreness. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, v. 95, n. 10, p. 746-757, 2016.

FERRARESI, C.; DOS SANTOS, R.V.; MARQUES, G.; ZANGRANDE, M.; LEONALDO, R.; HAMBLIN, M.R.; BAGNATO, V.S.; PARIZOTTO, N.A. Light-emitting diode therapy (LEDT) before matches prevents increase in creatine kinase with a light dose response in volleyball players. *Lasers in Medical Science*, v. 30, n. 4, p. 1281-1287, 2015a.

FERRARESI, C.; BELTRAME, T.; FABRIZZI, F.; DO NASCIMENTO, E.S.P.; KARSTEN, M.; FRANCISCO, C.O.; BORGHI-SILVA, A.; CATAI, A.M.; CARDOSO, D.R.; FERREIRA, A.G.; HAMBLIN, M.R.; BAGNATO, V.S.; PARIZOTTO, N.A. Muscular pre-conditioning using light-emitting diode therapy (LEDT) for high-intensity exercise: a randomized double-blind placebo-controlled trial with a single elite runner. *Physiotherapy Theory and Practice*, v. 14, p. 1-8, 2015b.

FERRARESI, C.; PARIZOTTO, N.A.; SOUSA, M.V.P.; KAIPPERT, B.; HUANG, Y.Y.; KOISO, T.; BAGNATO, V.S.; HAMBLIN, M.R. Light-emitting diode therapy in exercise-trained mice increases muscle performance, cytochrome c oxidase activity, ATP and cell proliferation. *Journal of Biophotonics*, v.8, n.9, p.740-745, 2015c.

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 and Lasers in Medicine*, v. 1, n. 4, p. 267-286, 2012.

FERRARESI, C.; DE BRITO OLIVEIRA, T.; DE OLIVEIRA ZAFALON, L.; DE MENEZES REIFF, R.B.; BALDISSERA, V.; DE ANDRADE PEREZ, S.E.; MATHEUCCI JÚNIOR, E.; PARIZOTTO, N.A. Effects of low level laser therapy (808 nm) on physical strength training in humans. *Lasers in Medical Science*, v. 26, n. 3, p. 349-358, 2011.

FINAUD, J.; LAC, G.; FILAIRE, E. Oxidative stress: Relationship with exercise and training. *Sports Medicine*, v. 36, n. 4, 327-358, 2006.

FISHER-WELLMAN, K.; BLOOMER, R.J. Acute exercise and oxidative stress: a 30 year history. *Dynamic Medicine*, v. 13, n. 8: p. 1–25, 2009.

FOSTER, C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 30, n. 7, p. 1164-1668, 1998.

GALDIERI, L.C.; ARRIETA, S.R.; SILVA, C.M.; PEDRA, C.A.; D'ALMEIDAVV. Homocysteine concentrations and molecular analysis in patients with congenital heart defects. *Archives Medical Research*, v. 38, n. 2, p. 212–218, 2007.

GOMES, E.C.; SILVA, A.N.; DE OLIVEIRA, M.R. Oxidants, antioxidants, and the beneficial roles of exercise-induced production of reactive species. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, doi: 10.1155/2012/756132. Epub 2012 Jun 3.

GONCALVES, R.L.; QUINLAN, C.L.; PEREVOSHCHIKOVA, I.V.; HEY-MOGENSEN, M.; BRAND, M.D. Sites of superoxide and hydrogen peroxide production by muscle mitochondria assessed *ex vivo* under conditions mimicking rest and exercise. *The Journal of Biological Chemistry*, v. 290, n. 1, p. 209-227, 2015.

GONZÁLEZ-MOHÍNO, F.; GONZÁLEZ-RAVÉ, J.M.; JUÁREZ, D.; CASTELLANOS, B.R.; NEWTON, R.U. Effects of continuous and interval training on running economy, maximal aerobic speed and gait kinematics in recreational runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 30, n. 4, p. 1059-1066, 2016.

GUARALDO, S.A.; SERRA, A.J.; AMADIO, E.M.; ANTONIO, E.L.; SILVA, F.; PORTES, L.A.; TUCCI, P.J.F.; LEAL-JUNIOR, E.C.P.; CARVALHO, P.T.C. 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.

GUEDES, D.P.; GUEDES, J.E.R.P. Manual prático para avaliação em educação física. 1 Ed. Editora Manole: Barueri, SP, 2006.

HAUSSWIRTH, C.; LOUIS, J.; BIEUZEN, F.; POURNOT, H.; FOURNIER, J.; FILLARD, J.R.; BRISSWALTER, J. Effects of whole-body cryotherapy vs. far-infrared vs. passive modalities on recovery from exercise-induced muscle damage in highly-trained runners. *PLoS One*, v. 6, n. 12, e27749, 2011.

HAYWORTH, C.R.; ROJAS, J.C.; PADILLA, E.; HOLMES, G.M.; SHERIDAN, E.C.; GONZALEZ-LIMA, F. In vivo low-level light therapy increases cytochrome oxidase in skeletal muscle. *Photochemistry and Photobiology*, v. 86, n. 3, p. 673-680, 2010.

HELGERUD, J.; HOYDAL, K.; WANG, E.; KARLSEN, T.; BERG, P.; BJERKAAS, M.; SIMONSEN, T.; HELGESEN, C.; HJORTH, N.; BACH, R.; HOFF, J. Aerobic high-intensity intervals improve VO_{2max} more than moderate training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 39, n. 4, p. 665-671, 2007.

HEMMINGS, T.J.; KENDALL, K.; DOBSON, J.L. Identifying dosage effect of LEDT on muscular fatigue in quadriceps. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2016-in press.

HESPANHOL-JUNIOR, L.C.; PILLAY, J.D.; VAN MECHELEN, W.; VERHAGEN, E. Meta-Analyses of the effects of habitual running on indices of health in physically inactive adults. *Sports Medicine*, v. 45, n. 10, p. 1455-1468, 2015.

HILL, D.W. Effect of time of day on aerobic power in exhaustive high intensity exercise. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, v. 36, p.155-160, 1996.

HILL, D.W.; ROWELL, A.L. Running velocity at VO_{2max} . *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 28, n. 1, p. 114-119, 1996.

HILL, D.W.; LEIFERMAN, J.A.; LYNCH, N.A.; DANGELMAIER, B.S.; BURT, S.E. Temporal specificity in adaptations to high-intensity exercise training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 30, n. 3, p. 450-455, 1998.

HOPKINS, W.G.; MARSHALL, S.W.; BATTERHAM, A.M.; HANIN, J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 41, n. 1, p. 3-12, 2009.

HOPKINS, W. G. (2016). A new view of statistics: [Excel spreadsheet]. Disponível em <http://www.sportsci.org>.

HOTTENROTT, K.; LUDYGA, S.; SCHULZE, S. Effects of high intensity training and continuous endurance training on aerobic capacity and body composition in recreationally active runners. *Journal of Sports Science and Medicine*, v. 11, n. 3, p. 483-488, 2012.

HUANG, Y.Y.; SHARMA, S.K.; CARROLL, J.; HAMBLIN, M.R. Biphasic dose response in low level light therapy – an update. *Dose response*, v. 9, n. 4, p. 602-618, 2011.

HUANG, L.; WU, S.; XING, D. High fluence low-power laser irradiation induces apoptosis via inactivation of Akt/GSK3beta signaling pathway. *Journal of Cellular Physiology*, v. 226, n.3, p. 588-601, 2011.

JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L. Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*, v. 40, n. 3, p. 497-504, 1978.

JAMES, F.; JANERO, D.R. Microplate superoxide dismutase assay employing a nonenzymatic superoxide generator. *Analytical Biochemistry*, v. 232, n.2, p. 243-248, 1995.

JI, L.L.; GOMEZ-CABRERA, M.C.; VINA, J. Exercise and hormesis: activation of cellular antioxidant signaling pathway. *Annals of the New York Academy of Sciences*, v. 1067, p. 425-435, 2006.

KLINE, C.E.; DURSTINE, J.L.; DAVIS, J.M.; MOORE, T.A.; DEVLIN, T.M.; ZIELINSKI MR, M.R.; YOUNGSTEDT, S.D. Circadian variation in swim performance. *Journal of Applied Physiology*, v. 102, n. 2, p. 641-649, 2007.

KLISZCZEWICZ, B.; QUINDRY, C.J.; BLESSING, L.D.; OLIVER, D.G.; ESCO, R.M.; TAYLOR, J.K. Acute exercise and oxidative stress: Crossfit vs treadmill bout. *Journal of Human Kinetics*, v. 14, p. 81-90, 2015.

KNEEBONE, W.J. Practical Applications of Low Level Laser Therapy. *Practical Pain Management*, v. 6, n. 8, p. 34-40, 2006.

KNEZ, W.L.; JENKINS, D.G.; COOMBES, J.S. Oxidative stress in half and full Ironman triathletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 39, n. 2, p. 283-288, 2007.

KUIPERS, H.; RIETJENS, G.; VERSTAPPEN, F.; SCHOENMAKERS, H.; HOFMAN, G. Effects of stage duration in incremental running tests on physiological variables. *International Journal of Sports Medicine*, v. 24, n. 7, p. 486-491, 2003.

LACOUR, J.R.; PADILLA, S.; BARTHELEMY, J.C.; DORMOIS, D. The energetics of middle-distance running. *European Journal of Applied Physiology*, v. 60, p. 38-43, 1990.

LACOUR, J.R.; PADILLA, S.; CHATARD, J.C.; ARSAC, L.; BARTHELEMY, J.C. Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. *European Journal of Applied Physiology*, v. 62, p. 77-82, 1991.

LAMBERTS, R.P.; SWART, J.; NOAKES, T.D.; LAMBERT, M.I. Changes in heart rate recovery after high-intensity training in well-trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, v. 105, n. 5, p. 705-713, 2009.

LAMBERTS, R.P.; SWART, J.; CAPOSTAGNO, T.D.; NOAKES, T.D.; LAMBERT, M.I. Heart rate recovery as a guide to monitor fatigue and predict changes in performance parameters. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, v. 20, p. 449-457, 2010.

LAURSEN, P.B. Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, v. 20(Suppl.2), p. 1-10, 2010.

LEAL JUNIOR, E.C.P.; DE GODOI, V.; MANCALOSSO, J.L.; ROSSI, R.P.; DE MARCHI, T.; PARENTE, M.; GROSSELI, D.; GENEROSI, R.A.; BASSO, M.; FRIGO, L.; TOMAZONI, S.S.; BJORDAL, J.M.; LOPES-MARTINS, R.A.B. Comparison between cold water immersion therapy (CWIT) and light emitting diode therapy (LEDT) in short-term skeletal muscle recovery after high-intensity exercise in athletes--preliminary results. *Lasers in Medical Science*, v. 26, n. 4, p. 493-501, 2011.

LEAL JUNIOR, E.C.P.; LOPES-MARTINS, R.A.B.; FRIGO, L.; DE MARCHI, T.; ROSSI, R.P.; GODOI, V.; TOMAZONI, S.S.; SILVA, D.P.; BASSO, M.; FILHO, P.L.; VALLS CORSETTI, F.; IVERSEN, V.V.; BJORDAL, J.M. Effects of low-level laser therapy (LLL) in the development of exercise-induced skeletal muscle fatigue and changes in biochemical markers related to postexercise recovery. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, v. 40, n. 8, p. 524-532, 2010.

LEAL JUNIOR, E.C.P.; LOPES-MARTINS, R.A.B.; BARONI, B.M.; DE MARCHI, T.; ROSSI, R.P.; GROSSELLI, D.; GENEROSI, R.A.; DE GODOI, V.; BASSO, M.;

MANCALOSSI, J.L.; BJORDAL, J.M. 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, 2009a.

LEAL JUNIOR, E.C.P.; LOPES-MARTINS, R.A.B.; BARONI, B.M.; DE MARCHI, T.; TAUFER, D.; MANFRO, D.S.; RECH, M.; DANNA, V.; GROSSELLI, D.; GENEROSI, R.A.; MARCOS, R.L.; RAMOS, L.; BJORDAL, J.M. Effect of 830 nm low-level laser therapy applied before high-intensity exercises on skeletal muscle recovery in athletes. *Lasers in Medical Science*, v. 24, n. 6, p. 857-863, 2009b.

LEAL JUNIOR, E.C.P.; VANIN, A.V.; MIRANDA, E.F.; CARVALHO, P.T.C.; CORSO, S.D.; BJORDAL, J.M. 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.

LEWIS, N.A.; HOWATSON, G.; MORTON, K.; HILL, J.; PEDLAR, C.R. Alterations in redox homeostasis in the elite endurance athlete. *Sports Medicine*, v. 45, n. 3, p. 379-409, 2015.

LEWIS, P.B.; RUBY, D.; BUSH-JOSEPH, C.A. Muscle soreness and delayed-onset muscle soreness. *Clinics in Sports Medicine*, v. 31, n. 2, p. 255-261, 2012.

LUO, L.; SUN, Z.; ZHANG, L.; LI, X.; DONG, Y.; LIU, T.C. Effects of low-level laser therapy on ROS homeostasis and expression of IGF-1 and TGF- β 1 in skeletal muscle during the repair process. *Lasers in Medical Science*, v. 28, n. 3, p. 725-734, 2013.

MACHADO, F.A.; DE MORAES, S.M.F.; PESERICO, C.S.; MEZZARROBA, P.V., HIGINO WP. The Dmax is highly related to performance in middle-aged females. *International Journal of Sports Medicine*, v. 32, n. 9, p. 672-676, 2011.

MACHADO, F.A.; KRAVCHYCHYN, A.C.P.; PESERICO, C.S.; DA SILVA, D.F.; MEZZARROBA, P.V. Incremental test design, peak 'aerobic' running speed and endurance performance in runners. *Journal of Science and Medicine in Sport*, v.16, n. 6, p. 577-582, 2013.

MACHADO, F.A.; PESERICO, C.S.; MEZZARROBA, P.V.; MANOEL, F.A.; DA SILVA, D.F. 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*, 2016 - in press.

MAJERCZAK J.; RYCHILI, B.; GRZELAK, A.; KARASINSKI, J.; PIERZCHALSKI, L.; PULASKI, L.; BARTOSZ, G.; ZOLADZ, J.A. Effect of 5-week moderate intensity endurance training on the oxidative stress, muscle specific uncoupling protein

(UCP3) and superoxide dismutase (SOD2) contents in vastus lateralis of young, healthy men. *Journal of Physiology and Pharmacology*, v. 61, n. 6, p. 743-751, 2010.

MANOEL, F. A.; DA SILVA, D.F.; LIMA, J.R.P.; MACHADO, F.A. V_{peak} and its time limit are as good as vVO_{2max} for training prescription in runners. *Sports Medicine International Open*, 2016 - in press.

MARGARITELIS, N.V.; VESKOUKIS, A.S.; PASCHALIS, V.; VRABAS, I.S.; DIPLA, K.; ZAFEIRIDIS, A.; KYPAROS, A.; NIKOLAIDIS, M.G. Blood reflects tissue oxidative stress: a systematic review. *Biomarkers*, v. 20, n. 2, p. 97-108, 2015.

MARGONIS, K.; FATOUROS, I.G.; JAMURTAS, A.Z.; NIKOLAIDIS, M.G.; DOUROUDOS, I.; CHATZINNIKOLAOU, A.; MITRAKOU, A.; MASTORAKOS, G.; PAPASSOTIRIOU, K.; KOURETAS, D. Oxidative stress biomarkers responses to physical overtraining: Implications for diagnosis. *Free Radical Biology and Medicine*, v. 43, n. 6, p. 901-910. 2007.

MARTINS, D.F.; TURNES, B.L.; CIDRAL-FILHO, F.J.; BOBINSKI, F.; ROSAS, R.F.; DANIELSKI, L.G.; PRETRONILHO, F.; SANTOS, A.R.S. Light-emitting diode therapy reduces persistent inflammatory pain: Role of interleukin 2 and antioxidant enzymes. *Neuroscience*, v.2, p. 485-495, 2016.

MCLAUGHLIN, J.E.; HOWLEY, E.T.; BASSETT, D.R.; THOMPSON, D.L.; FITZHUGH, E.C. Test of classic model for predicting endurance running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 42, n. 5, p. 991-997, 2010.

MESQUITA-FERRARI, R.A.; MARTINS, M.D.; SILVA JUNIOR, J.A.; DA SILVA, T.D.; PIOVESAN, R.F.; PAVESI, V.C.S.; BUSSADORI, S.K.; FERNANDES, K.P.S. Effects of low-level laser therapy on expression of TNF- α and TGF- β in skeletal muscle during the repair process. *Lasers in Medical Science*, v. 26, n. 3, p. 335-340, 2011.

MIDGLEY, A.W.; MCNAUGHTON, L.R.; JONES, A.M. Training to enhance the physiological determinants of long-distance running performance. *Sports Medicine*, v. 37, n. 10, p. 857-880, 2007.

MILANOVIC, Z.; SPORIS, G.; WESTON, M. Effectiveness of high-intensity training (HIT) and continuous endurance training for VO_{2max} improvements: a systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Sports Medicine*, v.45, n.10, p. 1469-1482, 2015.

MIRANDA, E.F.; VANIN, A.A.; TOMAZONI, S.S.; GRANDINETTI, V.S.; DE PAIVA, P.R.; MACHADO, C.S.; MONTEIRO, K.K.; CASALECHI, H.L.; DE TARSO, P.; DE CARVALHO, C.; LEAL JUNIOR, E.C. Using pre-exercise photobiomodulation therapy combining super-pulsed lasers and light-emitting diodes to improve

performance in progressive cardiopulmonar exercise tests. *Journal of Athletic Training*, v. 51, n. 2, p. 129-135, 2016.

MIYAZAKI, H.; OH-ISHI, S.; OOKAWARA, T.; KIZAKI, T.; TOSHINAI, K.; HA, S.; HAGA, S.; JI, L.L.; OHNO, H. Strenuous endurance training in humans reduces oxidative stress following exhausting exercise. *European Journal of Applied Physiology*, v. 84, n 1-2, p. 1-6, 2001.

MOOREN, F.C.; VOLKER, K. *Fisiologia do Exercício Molecular e Celular*. 1. Ed. Grupo editorial nacional: Editora Santos, 2012.

NAMPO, F.K.; CAVALHERI, V.; RAMOS, S.P.; CAMARGO, E.A. 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, 2016a.

NAMPO, F.K.; CAVALHERI, V.; DOS SANTOS, S.F.; RAMOS, S.P.; CAMARGO, E.A. Low-level phototherapy to improve exercise capacity and muscle performance: a systematic review and meta-analysis. *Lasers in Medical Science*, 2016b-in press.

NIKOLAIDIS, M.G.; JAMURTAS, A.Z. Blood as a reactive species generator and redox status regulator during exercise. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, v. 490, n. 2, p. 77-84, 2009.

NOAKES, T.D.; MYBURGH, K.H.; SCHALL, R. Peak treadmill running velocity during the VO_{2max} test predicts running performance. *Journal of Sports Sciences*, v. 8, n.1, p. 35-45, 1990.

OHKAWA, H.; OHISHI, N.; YAGI, K. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Analytical Biochemistry*, v. 85, n. 2, p. 351-358, 1979.

PAOLILLO, F.R.; ARENA, R.; DUTRA, D.B.; DURIGAN, R.C.M.; ARAUJO, H.S.; SOUZA, H.C.D.; PARIZOTTO, N.A.; CRIPRIANO JR., G.; CHIAPPA, G.; BORGHI-SILVA, A. Low-level laser therapy associated with high intensity resistance training on cardiac autonomic control of heart rate and skeletal muscle remodeling in wistar rats. *Lasers in Surgery and Medicine*, v. 46, n. 10, p. 796-803, 2014.

PAOLILLO, F.R.; CORAZZA, A.V.; BORGHI-SILVA, A.; PARIZOTTO, N.A.; KURACHI, C.; BAGNATO, V.S. 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.

PAOLILLO, F.R.; MILAN, J.C.; ANICETO, I.V.; BARRETO, S.G.; REBELATTO, J.R.; BORGHI-SILVA, A.; PARIZOTTO, N.A.; KURACHI, C.; BAGNATO, V.S. Effects of infrared-LED illumination applied during high-intensity treadmill training. *Photomedicine and Laser Surgery*, v. 29, n. 9, 639-645, 2011.

PARKER, L.; MCGUCKIN, T.A.; LEICHT, A.S. Influence of exercise intensity on systemic oxidative stress and antioxidant capacity. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, v. 34, n. 5, p. 377-383, 2014.

PATROCINIO, T.; SARDIM, A.C.; ASSIS, L.; FERNANDES, K.R.; RODRIGUES, N.; RENNO, A.C.M. Effect of low-level laser therapy (808 nm) in skeletal muscle after resistance exercise training in rats. *Photomedicine and Laser Surgery*, v. 31, n. 10, p. 492-498, 2013.

PERINI, J.L.; HENTSCHKE, V.S.; SONZA, A.; DAL LAGO, P. Long-term low-level laser therapy promotes an increase in maximal oxygen uptake and exercise performance in a dose-dependent manner in Wistar rats. *Lasers in Medical Science*, v. 31, n. 2, p. 241-248, 2016.

PESERICO, C.S.; ZAGATTO, A.M.; MACHADO, F.A. Reliability of peak running speeds obtained from different incremental treadmill protocols. *Journal of Sports Sciences*, v. 32, n. 10, p. 993-1000, 2014.

PESERICO, C.S.; ZAGATTO, A.M.; MACHADO, F.A. Evaluation of the best-designed graded exercise test to assess peak treadmill speed. *International Journal of Sports Medicine*, v. 36, n. 9, p. 729-734, 2015.

PFEIFFER; C.M.; HUFF, D.L.; GUNTER, E.W. Rapid and accurate HPLC assay for plasma total homocysteine and cysteine in a clinical laboratory setting. *Clinical Chemistry*, v. 45, n. 2, p. 290–292, 1999.

PINCHUK, I.; SHOVAL, H.; DOTAM, Y.; LICHTENBERG, D. Evaluation of antioxidants: Scope, limitations and relevance of assays. *Chemistry and Physics of Lipids*, v. 165, n. 6, p. 638-647, 2012.

POWERS, S.K.; JACKSON, M.J. Exercise-induced oxidative stress: cellular mechanisms and impact on muscle force production. *Physiological Reviews*, v. 88, n. 4, p 1243–1276, 2008.

POWERS, S.K.; NELSON, W.B.; HUDSON, M.B. Exercise-induced oxidative stress in humans: Cause and consequences. *Free Radical Biology and Medicine*, v. 51, n. 5, p. 942-950, 2011.

POWERS, S.K.; RADAK, Z.; JI, L.L. Exercise-induced oxidative stress: past, presente and future. *The Journal of Physiology*, v. 594, n. 18, p. 5081-5092, 2016.

RADAK, Z.; ZHAO, Z.; KOLTAI, E.; OHNO, H.; ATALAY, M. Oxygen consumption and usage during physical exercise: the balance between oxidative stress and ROS-dependent adaptive signaling. *Antioxidants and Redox Signaling*, v.18, n. 10, p. 1208-1246, 2013.

RAHNAMA, N.; GAEINI, A.A.; HAMEDINIA, M.R. Oxidative stress responses in physical education students during 8 weeks aerobic training. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, v. 47, n. 1, p.119-123, 2007.

SAKELLARIOU, G.K.; JACKSON, M.J.; VASILAKI, A. Redefining the major contributors to superoxide production in contracting skeletal muscle: the role of NAD(P)H oxidases. *Free Radical Research*, v. 48, n.1, p. 12-29, 2014.

SALVEMINI, D.; LITTLE, J.W.; DOYLE, T.; NEUMANN, W.L. Roles of reactive oxygen and nitrogen species in pain, v. 51, n. 5, p. 951-966, 2011.

SCHAUN, M.I.; DIPP, T.; ROSSATO, J.S.; WILHELM, E.N.; PINTO, R.; RECH, A.; PLENTZ, R.D.M.; BITTENCOURT, H.; OLIVEIRA, A.R. The effects of periodized concurrent and aerobic training on oxidative stress parameters, endothelial function and immune response in sedentary male individuals of middle age. *Cell Biochemistry and Function*, v. 29, n. 7, p. 534-542, 2011.

SIES, H. Oxidative stress: a concept in redox biology and medicine. *Redox Biology*, v. 4, p. 180-183, 2015.

SILVA, A.A.; LEAL JUNIOR, E.C.; D'AVILA, K.A.; SERRA, A.J.; ALBERTINI, R.; FRANÇA, C.M.; NISHIDA, J.A.; DE CARVALHO, P.T.C. 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.; DA SILVA, L.A.; FRAGA, D.B.; FREITAS, T.P.; STRECK, E.L. PINHO, R. Evaluation of mitochondrial respiratory chain activity in muscle healing by low-level laser therapy. *Journal of Photochemistry and Photobiology B*, v. 95, n. 2, p. 89-92, 2009.

SILVEIRA, P.C.L.; SILVA, L.A.; FREITAS, T.P.; LATINI, A.; PINHO, R.A. Effects of low-power laser irradiation (LPLI) at different wavelengths and doses on oxidative stress and fibrogenesis parameters in an animal model of wound healing. *Lasers in Medical Science*, v. 26, n. 1, p. 125-131, 2011.

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

SLOTH, M.; SLOTH, D.; OVERGAARD, K.; DALGAS, U. Effects of sprint interval training on VO_{2max} and aerobic exercise performance: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, v. 23, n. 6, p. 341-352, 2013.

SMITH, T.P.; COOMBES, J.S.; GERAGHTY, D.P. Optimising high-intensity treadmill training using the running speed at maximal O_2 uptake and the time for

which this can be maintained. *European Journal of Applied Physiology*.v. 89, n. 3-4, p. 337–343, 2003.

SMITH, T.P.; MCNAUGHTON, L.R.; MARSHALL, K.J. Effects of 4-wk training using Vmax/Tmax on VO_{2max} and performance in athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 31, n. 6, p. 892-896, 1999.

STRATTON, E.; O'BRIEN, B.J.; HARVEY, J.; BLITVICH, J.; MCNICOL, A.J.; JANISSEN, D.; PATON, C.; KNEZ, W. Treadmill velocity best predicts 5000-m run performance. *International Journal of Sports Medicine*, v. 30, n. 1, p. 40-45, 2009.

TANSKANEN, M.M.; UUSITALO, A.L.; KINNUNEN, H.; HAKKINEN, K.; KYROLAINEN, H.; ATALAY, M. Association of military training with oxidative stress and overreaching. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 43, n. 8, p. 1552-1560, 2011.

TRINITY, J.D.; BROXTERMAN, R.M.; RICHARDSON, R.S. Regulation of exercise blood flow: role of free radicals. *Free Radical Biology and Medicine*, v. 38, p. 90-102, 2016.

TSCHAKERT, G.; HOFMANN, P. High-intensity intermittent exercise: methodological and physiological aspects. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, v. 8, n. 6, p. 600-610, 2013.

TURNER, J.E.; HODGES, N.J.; BOSCH, J.A.; ALDRED, S. Prolonged depletion of antioxidant capacity after ultraendurance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 43, n. 9, p. 1770-1776, 2011.

VANIN, A.A.; MIRANDA, E.F.; MACHADO, C.S.; DE PAIVA, P.R.; ALBUQUERQUE-PONTES, G.M.; CASALECHI, H.L.; DE TARSO, C.C.P.; LEAL JUNIOR, E.C. What is the best moment to apply phototherapy when associated to a strength training program? A randomized, double-blinded, placebo-controlled trial: Phototherapy in association to strength training. *Lasers in Medical Science*, v. 31, n. 8, p. 1555-1564, 2016.

VESKOUKIS, A.S.; NIKOLAIDIS, M.G.; KYPAROS, A.; KOURETAS, D. Blood reflects tissue oxidative stress depending on biomarker and tissue studied. *Radical Biology and Medicine*, v. 47, n. 10, p. 1371-1374, 2009.

VEZZOLI, A.; PUGLIESE, L.; MARZORATI, M.; SERPIELLO, G.R.; LA TORRE, A.; PORCELLI, S. time-course changes of oxidative stress response to high-intensity discontinuous training versus moderateintensity continuous training in masters runners. *PLoS One*, v. 9, n. 1, e87506, 2014.

VIEIRA, W.H.B.; FERRARESI, C.; PEREZ, S.E.A.; BALDISSERA, V.; PARIZOTTO, N.A. Effects of low-level laser therapy (808 nm) on isokinetic muscle

performance of young women submitted to endurance training: a randomized controlled clinical trial. *Lasers in Medical Science*, v. 27, n. 2, p. 497-504, 2012.

YOU, T.; GOLDFARB, A.H.; BLOOMER, R.J.; NGUYEN, L.; SHA, X.; AND MCKENZIE, M.J. Oxidative stress response in normal and antioxidant supplemented rats to a downhill run: Changes in blood and skeletal muscles. *Canadian Journal of Applied Physiology*, v. 39, n. 6, p. 677-689, 2005.

ANEXOS

ANEXO I – Ficha de Identificação (Anamnese)

Nome: _____

Data de nascimento: _____

Telefone para contato: Residencial: _____ Cel.: _____

Email: _____

1) Você é um corredor de alto nível (5km entre 15-20 minutos)? _____

2) Você tem diabetes tipo 1 ou 2? () Sim () Não

3) Você tem hipertensão? () Sim () Não

4) Você tem alguma doença cardiovascular? () Sim () Não

5) Você tem asma? () Sim () Não

6) Você recebe acompanhamento nutricional? () Sim () Não

Se sim, por quanto tempo? _____

7) Você fuma? () Sim () Não

8) Você está engajado em algum tipo de exercício físico sistematizado (regular e com acompanhamento profissional)? Qual? _____

Caso esteja praticando corrida responda as questões abaixo:

9) Quantas vezes treina por semana? _____

10) Qual o volume de treino/ duração de cada treino)? _____

11) Como controla a intensidade de treino? _____

12) Já participou de competições? Em qual prova? _____

13) Sabe o seu tempo da prova de 5 km? E de 10 km? Qual? _____

14) Há algum outro detalhe da sua *performance*/treino que gostaria de relatar?

ANEXO II - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Caro (a) participante,

Gostaríamos de convidá-lo a participar como voluntário do estudo intitulado “Associação do treinamento de corrida de *endurance* e aplicação de led: efeitos em marcadores de estresse oxidativo e variáveis de desempenho em homens jovens” desenvolvido pela doutoranda Cecília Segabinazi Peserico sob orientação da Profa. Dra. Fabiana Andrade Machado do Departamento de Educação Física da Universidade Estadual de Maringá. O objetivo do estudo é avaliar os efeitos de oito semanas de treinamento de corrida, prescritos pela V_{pico} e seu respectivo t_{lim} , em associação com a aplicação de LED sobre marcadores de estresse oxidativo e variáveis de desempenho em homens jovens. Os resultados do estudo contribuirão para verificar a possibilidade da aplicação de *LED* como recurso para aprimorar o desempenho aeróbio.

Local de realização dos testes

Os testes de laboratório, sessões de treinamento e demais procedimentos serão realizados no Laboratório de Fisiologia do Esforço (LABFISE – UEM, Bloco H-79 Sala 107) junto ao Departamento de Ciências Fisiológicas da Universidade Estadual de Maringá (DFS/UEM) e na Pista de Atletismo vinculada ao Departamento de Educação Física (DEF/UEM) em datas previamente agendadas devendo os participantes comparecerem devidamente alimentados e preparados para tal.

Procedimentos dos testes

Os participantes serão submetidos primeiramente à avaliação corporal (ex.: massa corporal e estatura) e familiarização com os testes em esteira. Após esse processo, eles farão um teste incremental máximo para determinação da velocidade pico, um teste na velocidade pico para verificar seu tempo limite nessa intensidade e teste de 5 km em pista de atletismo, todos separados por no mínimo 48 horas. Antes do início dos testes será realizada uma coleta de sangue venoso (6 ml) para dosagem de marcadores do nosso metabolismo. As coletas sanguíneas serão feitas por uma pessoa que tem conhecimento e experiência na realização desse procedimento para fins de pesquisa e serão feitos com material descartável, adequado para tal fim. Todas as avaliações iniciais serão conduzidas também após quatro e oito semanas de treinamento. Os participantes realizarão um total de 24 sessões de treinamento de corrida (treinos contínuos e intervalados), sendo três treinos por semana.

Testes de esforço em laboratório

Os testes laboratoriais serão realizados em esteira rolante. O protocolo incremental na esteira será precedido por um aquecimento de 3 minutos a $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e iniciará a uma velocidade de $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ com incrementos de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada três minutos para determinação da velocidade pico, sendo mantida inclinação constante de 1%. O teste de tempo limite será realizado na velocidade referente à velocidade pico para verificar o tempo máximo de permanência nessa intensidade.

Todos serão encorajados a permanecerem em esforço pelo maior tempo possível até exaustão voluntária; a frequência cardíaca será constantemente monitorada.

Testes e treinamentos em pista de atletismo

A avaliação da *performances* de 5 km bem como as sessões de treinamento serão realizadas em pista de atletismo de 400 metros. Para a determinação das *performances* os participantes serão instruídos a correr na maior velocidade possível, sendo o tempo de prova registrado para cálculo da velocidade média. Todas as sessões de treinamento serão realizadas no período da tarde/noite (após as 15h) e serão monitorados com base na percepção subjetiva de esforço da sessão ($PSE_{\text{sessão}}$).

Aplicação de LED

Estudos prévios com animais e humanos mostram a segurança na aplicação de LED para tal procedimento será utilizado o método pontual com contato direto do equipamento sobre o local irradiado, a aplicação ocorrerá antes das sessões de treinamento no grupo LED, com duração de 30 segundos em cada ponto, ao longo eixo de distribuição das fibras musculares do quadríceps. O equipamento terá 104 diodos de LED, sendo 56 de luz vermelha e 48 de luz infravermelha em cada *cluster*.

Divulgação dos resultados obtidos

Os participantes 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 a área de aplicação na forma de artigos, para tanto, sempre se resguardará a identidade dos participantes não havendo nenhum outro interesse que não o científico na divulgação dos resultados. Portanto, necessitamos do consentimento dos senhores 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 retirarem-se do estudo a qualquer momento. Também informamos que os participantes não receberão nenhuma forma de pagamento como também, não possuirão despesas financeiras por participarem das avaliações.

Responsabilidade sobre os procedimentos experimentais

Os responsáveis pelos testes comprometem-se em realizá-los dentro dos padrões e normas de segurança, mostrando-se conhecedores dos procedimentos a serem realizados. Os possíveis desconfortos sentidos após a realização dos testes e treinos como cansaço, dor muscular, transpiração serão semelhantes aos sentidos pelos senhores durante a prática rotineira de exercícios físicos. Para participação no estudo será necessário a apresentação de um laudo cardiológico, atestando e assegurando plenas condições físicas de participar dos testes de esforço.

Qualquer pergunta ou dúvidas em relação aos procedimentos utilizados no projeto deverão ser dirigidas aos responsáveis pela realização do mesmo, que estarão sempre à disposição para maiores esclarecimentos: Ms. Cecília Segabinazi

Peserico, tel (44) 99720211; Profa. Dra. Fabiana Andrade Machado; end: DEF – UEM, Bloco M06 sala 06 Tel. (44) 8834-4038. Dúvidas em relação aos aspectos éticos da pesquisa poderão ser esclarecidas pelo Comitê Permanente de Ética em Pesquisa (COPEP) envolvendo Seres Humanos da UEM; end: Universidade Estadual de Maringá – Av. Colombo 5790, Campus Sede da UEM. Bloco da Biblioteca Central (BCE) Tel (44) 3011 – 4444. E-mail: 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) participante

Data: ____/____/____

Ms. Cecília Segabinazi Peserico

Prof. Dra. Fabiana Andrade Machado

ANEXO III - Aprovação do Comitê de Ética



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITO DA APLICAÇÃO DE LED SOBRE AS RESPOSTAS AO TREINAMENTO DE ENDURANCE EM CORREDORES

Pesquisador: FABIANA ANDRADE MACHADO

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 26955214.9.0000.0104

Instituição Proponente: Universidade Estadual de Maringá

Patrocinador Principal: MINISTERIO DA CIENCIA, TECNOLOGIA E INOVACAO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 623.581

Data da Relatoria: 17/02/2014

Apresentação do Projeto:

A aplicação de fontes de luz, especialmente de LED, tem atraído a atenção da comunidade científica como estratégia eficaz de redução de inflamação, dano e dor muscular após exercício físico e, principalmente, por efeitos promissores na melhora do desempenho aeróbio, como mostram estudos em animais e humanos com respostas de maior atividade de enzimas oxidativas, hiperemia local, modificação em estrutura mitocondrial, redução do estresse oxidativo, maiores valores de consumo de oxigênio (VO₂) e tempo limite (tlim) em exercício com carga constante. Entretanto, um pequeno número de estudos foram direcionados à performance de corrida de endurance, e um número ainda menor verificaram efeitos longitudinais. Assim, o objetivo do estudo é verificar o efeito da aplicação de LED sobre as respostas ao treinamento de endurance em corredores. Participarão do estudo 30 corredores do sexo masculino, hígidos com idades entre 18 e 30 anos, que serão aleatorizados em dois grupos com 15 homens cada. O primeiro grupo será o grupo controle que realizará sessões de treinamento intervalado somado a sessões de treinamento contínuo (GC). O segundo grupo realizará o mesmo modelo de treinamento, sendo que antes das sessões de treinamento será aplicado o LED (GL). Os participantes serão submetidos à avaliação antropométrica e familiarização com os testes em esteira, assim como avaliações de marcadores salivares e sanguíneos da atividade do sistema nervoso autônomo e do estresse oxidativo,

Endereço: Av. Colombo, 5790, UEM-PPG
Bairro: Jardim Universitário **CEP:** 87.020-900
UF: PR **Município:** MARINGÁ
Telefone: (44)3011-4444 **Fax:** (44)3011-4518 **E-mail:** copep@uem.br



Continuação do Parecer: 623.581

respectivamente. Serão realizados dois testes em esteira rolante: um teste incremental máximo para determinação da Vpico, um teste na Vpico para verificar seu tlim e as performance em pista de atletismo. Todas as avaliações iniciais serão conduzidas antes após oito semanas de treinamento. Os participantes realizarão um total de 24 sessões de treinamento de corrida, sendo esses subdivididos em treinos contínuos e intervalados.

Objetivo da Pesquisa:

Verificar o efeito da aplicação de LED sobre as respostas ao treinamento de endurance em corredores.

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:

A pesquisa será financiada pelo CNPq, com valor total de R\$37393,82. Serão convidados a fazer parte da amostra 30 corredores do sexo masculino, hígidos com idades entre 18 e 30 anos, participantes de treinamento sistematizados e que tenham experiência em competições de nível nacional. Etapas da pesquisa: aplicação de questionários, exame cardiologico (fator de exclusão), coleta e análise sanguínea, aplicação de LED. Início da coleta de dados: 02/09/2014

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Apresenta folha de rosto devidamente preenchida e assinada. Apresenta declaração do médico cardiologista Geraldo Ângelo Oliveira, participante do projeto, o qual realizará a avaliação cardiológica. Apresenta autorização para utilizar a pista de atletismo do departamento de educação física da UEM. Apresenta certificado de curso de extensão Coleta de sangue e venopunsão. Apresenta autorização para uso do Laboratório de fisiologia do esforço (LABFISE). Apresenta e-mail do CNPq com numero de processo 487312/2013-9 aprovando a concessão de auxilio no valor de R\$37393,82. O TCLE está redigido de forma clara e de acordo com as normas vigentes.

Endereço: Av. Colombo, 5790, UEM-PPG
Bairro: Jardim Universitário **CEP:** 87.020-900
UF: PR **Município:** MARINGÁ
Telefone: (44)3011-4444 **Fax:** (44)3011-4518 **E-mail:** copep@uem.br



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
MARINGÁ



Continuação do Parecer: 623.581

Recomendações:

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.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Face ao exposto e considerando a normativa ética vigente, este Comitê se manifesta pela aprovação do protocolo de pesquisa em tela.

MARINGÁ, 23 de Abril de 2014

Assinador por:
Ricardo Cesar Gardiolo
(Coordenador)

Endereço: Av. Colombo, 5790, UEM-PPG

Bairro: Jardim Universitário

CEP: 87.020-900

UF: PR

Município: MARINGÁ

Telefone: (44)3011-4444

Fax: (44)3011-4518

E-mail: copep@uem.br

Anexo IV – Participação do Cardiologista

Maringá, 09 de novembro de 2010.

PARTICIPAÇÃO EM PROJETO DE PESQUISA

Eu, GERALDO ÂNGELO NOGUEIRA, médico cardiologista do Hospital Universitário e Clínica Sportmed, informo que faço parte da equipe de estudo em Fisiologia do Exercício, composta pelas professoras FABIANA ANDRADE MACHADO e SOLANGE MARTA FRANZÓI DE MORAES, desenvolvendo vários projetos de pesquisa com atletas e praticantes de atividade física nesta universidade.

Nossa participação contempla as avaliações ergoespirométricas, cardiovasculares e metabólicas, executando e analisando os resultados para emissão de laudos clínicos pertinentes.


Geraldo Ângelo Nogueira
Médico Cardiologista

Geraldo A. Nogueira
Cardiologia - Clínica
Medicina do Exercício
CRM - 13210

Anexo VI – Registro Alimentar**Ficha de Registro Alimentar de 24 horas**

Data ____/____/____ Dia da Semana_____

Nome_____ Sexo: () Masculino () Feminino

| Refeição | Alimento | Quantidade |
|----------|----------|------------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Este registro representa sua rotina alimentar típica? () Sim () Não

Observações:_____

Por favor, registre todos os alimentos e bebidas consumidos durante todo o dia, com o máximo de detalhes possível. Inclusive sobre as eventuais adições de açúcar, azeite, molhos ou temperos aos alimentos/bebidas consumidos.

Anexo VII - Escala de Borg 6-20

| | |
|-----------|-------------------------------|
| 6 | - |
| 7 | Muito Fácil |
| 8 | - |
| 9 | Fácil |
| 10 | - |
| 11 | Relativamente Fácil |
| 12 | - |
| 13 | Ligeiramente Cansativo |
| 14 | - |
| 15 | Cansativo |
| 16 | - |
| 17 | Muito Cansativo |
| 18 | - |
| 19 | Exaustivo |
| 20 | - |

Anexo VIII – Escala Visual Analógica



Anexo IX – Escala de Borg CR-10 (PSE_{sessão})

| Classificação | Descritor |
|----------------------|--------------------|
| 0 | Repouso |
| 1 | Muito, Muito Fácil |
| 2 | Fácil |
| 3 | Moderado |
| 4 | Um Pouco Difícil |
| 5 | Difícil |
| 6 | - |
| 7 | Muito Difícil |
| 8 | - |
| 9 | - |
| 10 | Máximo |