

---

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E  
TECNOLOGIAS**

---

**INFLUÊNCIA DO EXERCÍCIO PRÉVIO PESADO NA PERFORMANCE  
AERÓBIA DE CURTA DURAÇÃO REALIZADA COM DIFERENTES  
ESTRATÉGIAS DE DISTRIBUIÇÃO DA INTENSIDADE EM INDIVÍDUOS  
TREINADOS E NÃO TREINADOS NO CICLISMO**

**RENATO APARECIDO CORRÊA CARITÁ**

---

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E  
TECNOLOGIAS**

---

**INFLUÊNCIA DO EXERCÍCIO PRÉVIO PESADO NA PERFORMANCE  
AERÓBIA DE CURTA DURAÇÃO REALIZADA COM DIFERENTES  
ESTRATÉGIAS DE DISTRIBUIÇÃO DA INTENSIDADE EM INDIVÍDUOS  
TREINADOS E NÃO TREINADOS NO CICLISMO**

**RENATO APARECIDO CORRÊA CARITÁ**

**Orientadora: Profa. Dra. Camila Coelho Greco**

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de doutor em Desenvolvimento Humano e Tecnologias (Desempenho Humano).

**Julho - 2014**

796.6 Caritá, Renato Aparecido Corrêa  
C277i      Influência do exercício prévio pesado na performance  
aeróbia de curta duração realizada com diferentes estratégias  
de distribuição da intensidade em indivíduos treinados e não  
treinados no ciclismo / Renato Aparecido Corrêa Caritá. - Rio  
Claro, 2014  
84 f. : il., figs., gráfs., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista,  
Instituto de Biociências de Rio Claro  
Orientador: Camila Coelho Greco

1. Ciclismo. 2. Aquecimento. 3. Desempenho esportivo. 4.  
Nível de aptidão. I. Título.



**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**


**TÍTULO:** INFLUÊNCIA DO EXERCÍCIO PRÉVIO PESADO NA PERFORMANCE AERÓBIA DE CURTA DURAÇÃO REALIZADA COM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE DISTRIBUIÇÃO DA INTENSIDADE EM INDIVÍDUOS TREINADOS E NÃO TREINADOS NO CICLISMO

**AUTOR:** RENATO APARECIDO CORREA CARITÁ

**ORIENTADORA:** Profa. Dra. CAMILA COELHO GRECO

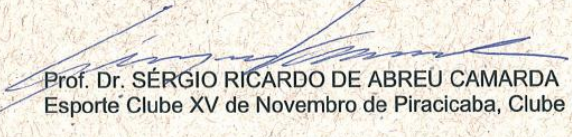
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS, Área: TECNOLOGIAS NAS DINÂMICAS CORPORAIS, pela Comissão Examinadora:

  
Profa. Dra. CAMILA COELHO GRECO  
Departamento de Educação Física / Instituto de Bociências de Rio Claro

  
Prof. Dr. ADALBERTO COSCRATO CARDOZO  
Departamento de Educação Física / Instituto de Bociências de Rio Claro

  
Prof. Dr. LUIZ GUILHERME ANTONACCI GUGLIELMO  
Departamento de Educação Física, Centro de Desportos / Universidade Federal de Santa Catarina

  
Prof. Dr. DALTON MULLER PESSOA FILHO  
Departamento de Educação Física / Faculdade de Ciências de Bauru

  
Prof. Dr. SÉRGIO RICARDO DE ABREU CAMARDA  
Esporte Clube XV de Novembro de Piracicaba, Clube Desportivo

Data da realização: 29 de julho de 2014.

**APOIO FINANCEIRO:**



**Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo**

**Processo número: 2011/17787 – 8**



*Tentar não significa conseguir...*

*Mas todos que conseguiram,*

*Um dia tentaram!*

## AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a toda minha **família**, que proporcionaram as oportunidades necessárias para que eu pudesse chegar a este momento. Em especial, à **Bruna**, que me incentivou em todos os momentos desta etapa.

Agradeço a Professora e Orientadora **Camila Coelho Greco**, pelo incentivo, sugestões e críticas dadas ao longo deste trabalho, agradeço pelos ensinamentos transmitidos e pela confiança na condução dos projetos. A **Camila** quero deixar toda a minha consideração e admiração! Agradeço ao Professor **Benedito Sérgio Denadai** pelas sugestões, auxílio na discussão dos resultados e pela confiança na condução dos projetos ligados ao Laboratório de Avaliação da Performance Humana, UNESP, Rio Claro, SP.

Aos indivíduos (**Grupo não treinados** e **Grupo treinados**) que participaram voluntariamente neste estudo, sem os quais esta tese não teria sido possível.

Aos amigos do Laboratório de Avaliação da Performance Humana (**Renata, Bibi, Leonardo, Felipe, Natália, Thadeu, Cláudio**). Aos grandes amigos de toda hora: **Jú e Ana, Dalton, Fam. Caputo, Fam. Dantas, Cadu Polazzo, Eduardo Rocha** e o pessoal da banda (**Fam. Muzilli, Lilian e Douglas**).

A **todos** aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram com a realização desta tese.

## SUMÁRIO

	LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	
	LISTA DE EQUAÇÕES	
	LISTA DE FIGURAS E FLUXOGRAMA	
	LISTA DE TABELAS	
	RESUMO	
	ABSTRACT	
1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1.	Caracterização dos domínios de intensidade de exercício.....	4
2.2.	Estratégias de distribuição da intensidade de exercício.....	9
2.2.1.	Efeitos das estratégias de distribuição da intensidade sobre a cinética do consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ).....	13
2.3	Exercício prévio.....	17
2.3.1.	Intensidade.....	19
2.3.2.	Exercício prévio moderado.....	20
2.3.3.	Exercício prévio pesado.....	22
2.3.4.	Exercício prévio severo.....	24
2.3.5.	Mecanismos.....	26
3.	JUSTIFICATIVA.....	29
4.	OBJETIVOS.....	31
4.1.	Objetivo geral.....	31
4.2.	Objetivos específicos.....	31
5.	MATERIAL E MÉTODOS.....	32
5.1.	Sujeitos.....	32
5.2.	Procedimento experimental.....	33
5.3.	Protocolo progressivo para determinação do limiar de lactato (LL), consumo máximo de oxigênio ( $\dot{V}O_{2max}$ ) e potência máxima (Pmax).....	34



5.4.	Protocolo para determinação da potência crítica (PC) e capacidade de trabalho anaeróbio (CTAn).....	35
5.5.	Protocolo para execução das diferentes estratégias de distribuição da intensidade e <i>sprint</i> .....	37
5.6.	Protocolo para determinação do <i>sprint all out</i> .....	39
5.7.	Protocolo do exercício prévio e recuperação.....	40
5.8.	Análise dos dados de potência.....	40
5.9.	Análise dos dados da cinética do $\dot{V}O_2$ .....	41
5.9.1.	Análise estatística.....	42
6.	RESULTADOS.....	43
6.1.	Potência crítica e capacidade de trabalho anaeróbio.....	43
6.2.	Efeito do exercício prévio e recuperação sobre as respostas metabólicas e fisiológicas.....	46
6.3.	Índices mecânicos de performance.....	49
6.4.	Cinética do $\dot{V}O_2$ .....	52
7.	DISCUSSÃO.....	55
7.1.	Efeito do exercício prévio e da recuperação sobre as respostas metabólicas e fisiológicas nas diferentes estratégias de distribuição da intensidade.....	55
7.2.	Efeitos do exercício prévio sobre os índices mecânicos nas diferentes estratégias de distribuição da intensidade.....	57
7.3.	Efeitos do exercício prévio sobre a cinética do $\dot{V}O_2$ nas diferentes estratégias de distribuição da intensidade.....	60
7.4.	Efeitos do exercício prévio nas diferentes estratégias de distribuição da intensidade em indivíduos com diferentes níveis de aptidão aeróbia.....	64
8.	CONCLUSÃO.....	69
9.	LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	70
10.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
11.	ANEXOS.....	80
11.1.	Anexo A - Termo de consentimento livre e esclarecido.....	80
11.2.	Anexo B - Aprovação pelo conselho de ética.....	84

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

Sigla	Descrição
A	Amplitude
AOD	Déficit de oxigênio acumulado
ATP	Trifosfato de adenosina
bpm	Batimentos por minuto
C	Constante
CL	Componente lento
cm	Centímetro
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CrP	Creatina fosfato
CTAn	Capacidade de trabalho anaeróbio
DP	Desvio-padrão
EP	Exercício prévio
EPE	Erro padrão da estimativa
ES	<i>Even start</i>
ES (P)	<i>Even start</i> com prévio
FC	Frequência cardíaca
FCmax	Frequência cardíaca máxima
FC <sub>FINALPRÉVIO</sub>	Frequência cardíaca observada no final do EP
FC <sub>REC</sub>	Frequência cardíaca observada no final da recuperação
FS	<i>Fast start</i>
FS (P)	<i>Fast start</i> com prévio
GT	Grupo treinado
GNT	Grupo não treinado
H <sup>+</sup>	Íons H <sup>+</sup>
HCO <sub>3</sub>	Bicarbonato
HbO <sub>2</sub>	Dissociação da oxi-hemoglobina
iEMG	Eletromiografia integrada
IF	Índice de fadiga
IL	Início lento
IR	Início rápido

$\dot{V}O_2\text{max}$	Intensidade associada ao consumo máximo de oxigênio
K	Potássio
Kg	Kilograma
kJ	Kilojoule
Km	Quilômetros
L	Litros
[La]	Concentração de lactato sanguíneo
[La] <sub>REP</sub>	Concentração de lactato sanguíneo repouso
[La] <sub>FINALPRÉVIO</sub>	Concentração de lactato sanguíneo obtida no final da realização do EP
[La] <sub>REC</sub>	Concentração de lactato sanguíneo obtida no final da recuperação após a realização do EP
LL	Limiar de lactato
LV	Limiar ventilatório
mlO <sub>2</sub>	Mililitros de oxigênio
mlO <sub>2</sub> .min <sup>-1</sup>	Mililitros de oxigênio por minuto
mlO <sub>2</sub> .kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup>	Mililitros de oxigênio por minuto relativo à massa corporal
min	Minuto
ml	Mililitro
mm	Milímetro
mM	Milimol por litro
NaF	Fluoreto de sódio
N	Tamanho amostral
O <sub>2</sub>	Oxigênio
P	Potência
PC	Potência crítica
PCr	Creatina fosfato
P <sub>final</sub>	Potência final
P <sub>média</sub>	Potência média
P <sub>máxima</sub>	Potência máxima
P <sub>pico</sub>	Potência pico
Pi	Fosfato inorgânico

P3min	Potência estimada para tempo limite de 3 min
R	Razão de trocas respiratórias ( $\dot{V}O_2/VCO_2$ )
QR	Quociente de trocas respiratórias ( $\dot{V}O_2/VCO_2$ )
QO <sub>2</sub>	Demanda muscular
rpm	Rotações por minuto
SS	<i>Slow start</i>
SS (P)	<i>Slow start</i> com prévio
s	Segundos
T	Tempo do exercício
tlim	Tempo limite
tau	Constante de tempo
TRM	Tempo de resposta médio
TD	Tempo de resposta
μl	Microlitros
VE <sub>max</sub>	Ventilação máxima
$\dot{V}O_2$	Consumo de oxigênio
$\dot{V}CO_2$	Dióxido de carbono
$\dot{V}O_{2max}$	Consumo de oxigênio máximo
$\dot{V}O_{2pico}$	Consumo de oxigênio pico
$\dot{V}O_{2b}$	Consumo de oxigênio basal
W	Watts
Δ	Delta de variação
τ	Constante de tempo
ℰ	Base dos logaritmos naturais

**LISTA DE EQUAÇÕES**

<b>Equação 1.</b> Ajuste mono-exponencial para cálculo da cinética do $\dot{V}O_2$ .....	7
<b>Equação 2.</b> Cálculo do delta de variação.....	35
<b>Equação 3.</b> Modelo hiperbólico para determinação da PC e CTA.....	36
<b>Equação 4.</b> Modelo linear para determinação da PC e CTA.....	36
<b>Equação 5.</b> Modelo linear para determinação da PC e CTA.....	36
<b>Equação 6.</b> Cálculo para estimativa da P3min.....	37
<b>Equação 7.</b> Cálculo do fator linear para determinação do <i>sprint all out</i> .....	40
<b>Equação 8.</b> Cinética do consumo de oxigênio mono-exponencial.....	42
<b>Equação 9.</b> Cálculo do déficit de $O_2$ .....	42



## LISTA DE FIGURAS E FLUXOGRAMA

- Figura 1.** Representação gráfica da resposta do consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ) e da concentração de lactato sanguíneo em diferentes domínios de exercício. LL - limiar de lactato; PC - potência crítica;  $\dot{V}O_{2max}$  - consumo máximo de oxigênio...5
- Figura 2.** Protocolo das diferentes estratégias de distribuição da intensidade. À esquerda condições sem a realização do exercício prévio (Figura A: Início rápido, B: Constante e C: Início lento). À direita, as estratégias com a realização do EP (Figura D: Início rápido, E: Constante e F: Início lento).....39
- Figura 3.** Exemplo da determinação da PC e CTAn para um determinado sujeito. O modelo determinado que apresentasse o menor erro de estimativa foi adotado para cada indivíduo do estudo. Na figura, o modelo adotado foi o da figura A.....45
- Figura 4.** Valores médios  $\pm$  DP da P3min determinados para ambos os grupos GNT (N = 14) e GT (N = 14). .....46
- Figura 5.** Valores do comportamento da variável de potência observado para um determinado sujeito do grupo GT, acima (A): estratégia com início lento; intermediário (B): estratégia constante; e abaixo (C): estratégia com início rápido. Círculos abertos: condição controle e círculos fechados: representa a condição com a realização do exercício prévio.....51

<b>Figura 6.</b> Valores de $\dot{V}O_2$ observados para um determinado indivíduo do grupo GT nas diferentes condições, acima (A) Estratégia com início lento; intermediário (B) estratégia constante; e abaixo (C) estratégia com início rápido. Círculos abertos representam a condição controle e círculos fechados representam a condição com a realização do exercício prévio.....	54
<b>Fluxograma 1.</b> Delineamento experimental do estudo.....	33

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Características antropométricas dos indivíduos não treinados (GNT) e treinados (GT).....	32
<b>Tabela 2.</b> Variáveis obtidas durante o teste progressivo de rampa.....	43
<b>Tabela 3.</b> Valores médios $\pm$ DP das variáveis observadas durante os diferentes testes preditivos para os grupos GNT (N = 14) e GT (N = 14).....	44
<b>Tabela 4.</b> Valores médios $\pm$ DP das variáveis de frequência cardíaca e concentração de lactato sanguíneo obtidas durante o exercício prévio e a recuperação anteriormente à realização das diferentes condições de estratégia de distribuição de intensidade (IL, C e IR) para os GNT e GT.....	47
<b>Tabela 5.</b> Valores médios $\pm$ DP das variáveis fisiológicas mensuradas durante as diferentes estratégias de distribuição da intensidade de exercício, sem e com a realização do exercício prévio pesado para os GNT e GT.....	48
<b>Tabela 6.</b> Valores médios $\pm$ DP das variáveis mensuradas no <i>sprint all out</i> durante as estratégias de distribuição da intensidade IL, C e IR, sem e com a realização do exercício prévio para os GNT e GT.....	50
<b>Tabela 7.</b> Valores médios $\pm$ DP das variáveis da cinética do $\dot{V}O_2$ mensuradas durante as diferentes estratégias de distribuição de intensidade (IL, C e IR), com e sem a realização do exercício prévio pesado para os GNT e GT.....	53

## RESUMO

### **Influência do exercício prévio pesado na performance aeróbia de curta duração realizada com diferentes estratégias de distribuição da intensidade em indivíduos treinados e não treinados no ciclismo**

O objetivo deste estudo foi analisar a influência do exercício prévio pesado na performance aeróbia de curta duração realizada com diferentes estratégias de distribuição da intensidade em indivíduos treinados (GT) e não treinados (GNT) no ciclismo. Na primeira visita ao laboratório, os indivíduos foram submetidos a um protocolo para a determinação do limiar de lactato (LL), do consumo máximo de oxigênio ( $\dot{V}O_2\text{max}$ ) e da potência máxima (Pmax). Nas quatro oportunidades seguintes, em ordem randômica, os voluntários realizaram testes com carga constante (75%, 80%, 90% e 100% Pmax) até a exaustão voluntária, para a determinação da potência crítica (PC) e da capacidade de trabalho anaeróbio (CTAn). Da 6<sup>a</sup> até a 11<sup>a</sup> visita, em ordem randômica, foram realizadas as seguintes sessões experimentais: 1) Constante (C): 120 s de exercício de carga constante na P3min seguido por um *sprint (all-out)* de 60 s; 2) Início lento (IL): 90 s de exercício com carga inicial 10% abaixo da P3min, aumentando linearmente até atingir 110% da P3min, seguido por 30 s na carga C e posteriormente por um *sprint (all-out)* de 60 s; 3) Início rápido (IR): 90 s de exercício com carga inicial 10% acima da P3min, diminuindo linearmente até atingir 90% da P3min, seguido por 30 s na carga C e posteriormente por um *sprint (all-out)* de 60 s. Todas estas condições foram feitas com e sem a realização de um exercício prévio pesado. No grupo GNT houve redução significativa do tempo de resposta médio (TRM) para as condições IL ( $26,2 \pm 6,1$  s), C ( $23,9 \pm 7,5$  s) e IR ( $22,4 \pm 7,8$  s) após a realização do exercício prévio em relação à condição controle (IL =  $33,7 \pm 7,3$  s; C =  $30,3 \pm 8,6$  s; IR =  $29,2 \pm 11$  s) ( $p < 0,05$ ). Houve interação dos fatores estratégia e exercício prévio somente no grupo GT ( $p < 0,05$ ). Houve efeito da estratégia de distribuição da intensidade quando se comparou as condições IL ( $32,0 \pm 5,6$  s) e C ( $32,1 \pm 4,7$  s) com IR ( $26,6 \pm 4,0$  s) ( $p < 0,05$ ) durante a condição controle. Houve redução significativa do TRM para as condições IL ( $25,9 \pm 4,8$  s) e C ( $24,6$

$\pm 4,7$  s) após a realização do exercício prévio ( $p < 0,05$ ). Em relação à performance do GNT, a potência pico (Ppico) foi significativamente maior após a realização do exercício prévio (IL =  $503 \pm 79$  W; C =  $515 \pm 63$  W; IR =  $570 \pm 132$  W) em relação à condição controle (IL =  $467 \pm 93$  W; C =  $469 \pm 59$  W; IR =  $522 \pm 123$  W). Da mesma forma, a Ppico foi significativamente maior após o exercício prévio (IL =  $586 \pm 76$  W; C =  $617 \pm 110$  W; IR =  $674 \pm 110$  W) do que na condição controle (IL =  $553 \pm 94$  W; C =  $558 \pm 93$  W; IR =  $606 \pm 101$  W) no grupo GT ( $p < 0,05$ ). A melhora da performance (Ppico) na estratégia de IR após a realização do exercício prévio, para o GNT foi de 8% ( $\sim 48$  W) e 11% ( $\sim 68$  W) para o GT. Portanto, a performance durante exercícios de alta intensidade (i.e., Ppico) foi melhorada pelo exercício prévio pesado para indivíduos com diferentes níveis de aptidão aeróbia.

**Palavras-chaves:** Aquecimento; Ciclismo; Desempenho esportivo; Estratégias; Nível de aptidão.



## ABSTRACT

### **Influence of prior heavy exercise on short-term aerobic performance with different strategies of distribution of the intensity in trained and untrained individuals in cycling**

The aim of this study was to analyze the influence of prior heavy exercise on short-term aerobic performance with different strategies of distribution of the intensity in trained (T) and untrained (UNT) individuals in cycling. In the first laboratory visit, subjects underwent a protocol for the determination of lactate threshold (LT), maximum oxygen consumption ( $\dot{V}O_{2max}$ ) and maximal power (Pmax). In the following four occasions the volunteers performed tests with constant load (75%, 80%, 90% and 100%Pmax) until volitional exhaustion in random order to determine the critical power (CP) and anaerobic work capacity (AWC). From the 6<sup>th</sup> to the 11<sup>th</sup> visit, in random order, the following experimental sessions were performed: 1) Even start (ES): 120 s of constant workload exercise in P3min followed by a sprint (all out) 60 s; 2) Slow start (SS): 90 s of exercise with initial load of 10% below P3min, increasing linearly until it reaches 110% of P3min, 30 s of constant workload at P3min, followed by an all out sprint of 60 s; 3) Fast start (FS): 90 s of exercise with initial load of 10% above P3min, decreasing linearly to reach 90% of P3min, 30 s of constant workload at P3min, followed by an all out sprint of 60 s. All these conditions were performed with and without a prior heavy exercise. There was significant reduction on mean response time (MRT) at SS ( $26.2 \pm 6.1$  s), ES ( $23.9 \pm 7.5$  s) and FS ( $22.4 \pm 7.8$  s) after prior exercise when compared to the control condition (SS =  $33.7 \pm 7.3$  s; ES =  $30.3 \pm 8.6$  s; FS =  $29.2 \pm 11$  s) ( $p < 0.05$ ) in the UNT group. There was interaction of the factors strategy and prior exercise only in the T group ( $p < 0.05$ ). There was effect of pacing when comparing the FS ( $32.0 \pm 5.6$  s) and ES ( $32.1 \pm 4.7$  s) with FS ( $26.6 \pm 4.0$  s) ( $p < 0.05$ ) during the control condition. There was significant reduction of MRT for the SS ( $25.9 \pm 4.8$  s) and ES ( $24.6 \pm 4.7$  s) conditions after prior exercise ( $p < 0.05$ ). With regard to performance in UNT, the peak Power (Ppeak) was significantly higher after prior exercise (SS =  $503 \pm 79$  W; ES =  $515 \pm$

63 W; FS = 570 ± 132 W) in relation to the control condition (SS = 467 ± 93 W; ES = 469 ± 59 W; FS = 522 ± 123 W). Similarly, the Ppeak was significantly higher after prior exercise (SS = 586 ± 76 W; ES = 617 ± 110 W; FS = 674 ± 110 W) when compared to the control condition (SS = 553 ± 94 W; ES = 558 ± 93 W; FS = 606 ± 101 W) in the T group ( $p < 0.05$ ). The improvement in performance (Ppeak) with the FS strategy after the prior exercise, was 8% (~ 48 W) for UNT and 11% (~ 68 W) for T group. Thus, the performance during high intensity exercises (i.e., Ppeak) was improved by heavy prior exercise for individuals with different aerobic fitness levels.

**Key words:** Cycling; Fitness level; Strategies; Performance; Warm-up.

## 1. INTRODUÇÃO

A performance máxima que pode ser alcançada por um atleta em determinada competição é dependente de uma série de fatores, como por exemplo, os sistemas de produção de energia, os aspectos neuromusculares, o tipo de estratégia adotada durante a competição, aspectos psicológicos, vestimenta e o equipamento esportivo (DENADAI e GRECO, 2005). Em relação à estratégia de distribuição da intensidade de exercício, esta parece ter implicações importantes sobre a performance competitiva, particularmente quando o resultado da prova é determinado pelo tempo necessário para completar um percurso (ATKINSON et al., 2007).

Um importante aspecto para as variações de tolerância e performance ao exercício durante as diferentes estratégias de distribuição da intensidade é a redução da contribuição anaeróbia de energia no início do exercício (JONES et al., 2008). Como o esgotamento das reservas de energia anaeróbia tem sido sugerido como um importante aspecto que contribui para a fadiga em exercícios de curta duração, e o consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ) não aumenta de forma instantânea no início do exercício para atingir a demanda energética requerida, esta diferença entre a demanda energética do exercício e o que o sistema aeróbio fornece é completada pelos sistemas anaeróbios de produção de energia (JONES e POOLE et al., 2005; WHIPP et al., 2005). Assim, modificações na resposta inicial do exercício podem implicar em mudanças na contribuição aeróbia e anaeróbia ao exercício (JONES et al., 2008; BAILEY et al., 2011).

Segundo JONES et al. (2008) a maneira pela qual os atletas distribuem seu gasto de energia durante uma competição pode ter implicações

importantes na contribuição dos sistemas energéticos para a produção de energia e para a performance. Especificamente em exercícios aeróbios de curta duração (~ 1 - 3 min), a exaustão, ou incapacidade de continuar o exercício, está relacionada ao esgotamento das reservas anaeróbias de energia (BAILEY et al., 2011). Portanto, para estes exercícios, a forma de distribuição da intensidade parece modificar significativamente a performance.

Além das diferentes estratégias de distribuição da intensidade, outro aspecto que também parece modificar a contribuição dos sistemas energéticos no início do exercício é a realização de um exercício prévio (BURNLEY et al., 2002; BISHOP et al., 2003; BURNLEY et al., 2005). O exercício prévio pode reduzir a contribuição anaeróbia no início do exercício subsequente (JONES et al., 2003), que tem sido explicada pela resposta mais rápida da cinética do  $\dot{V}O_2$  (GERBINO et al., 1996). Além disso, o aumento da participação aeróbia possibilita a redução do acúmulo de metabólitos que podem colaborar para a maior tolerância (JONES et al., 2003) e performance (BURNLEY et al., 2005) no exercício subsequente.

Um aspecto interessante desses dois procedimentos é o de que o efeito da estratégia de distribuição da intensidade parece ser mediado principalmente por fatores periféricos (i.e., modificação da velocidade de ativação do sistema aeróbio pela degradação mais rápida da creatina fosfato - PCr) (JONES et al., 2008), já o efeito do exercício prévio parece ser mediado por fatores centrais (i.e., aumento da oferta de  $O_2$ ) (JONES et al., 2003).

Entretanto, até o momento não há estudos que tenham analisado os efeitos desses dois tipos de procedimentos em um único delineamento experimental. Portanto, é possível hipotetizar que o exercício prévio irá

apresentar um efeito complementar ao efeito da estratégia de distribuição da intensidade na performance aeróbia de curta duração, particularmente na condição em início rápido de exercício.

O treinamento aeróbio praticado a longo prazo tende a proporcionar adaptações aeróbias periféricas (enzimas, mitocôndrias, capilares) e centrais (débito cardíaco), que podem ajudar a explicar as diferenças de performance entre indivíduos treinados e não treinados (BASSET et al., 2000). Como indivíduos treinados tendem a apresentar uma resposta mais rápida da cinética do  $\dot{V}O_2$  ao início do exercício (CAPUTO et al., 2004; CARITÁ et al., 2013) é possível hipotetizar que o efeito das diferentes estratégias de distribuição da intensidade e do exercício prévio nesta população será menor do que nos indivíduos não treinados.

Dessa maneira, a possibilidade de se analisar dois diferentes procedimentos, i.e., estratégia de distribuição da intensidade e exercício prévio em um único procedimento, poderá contribuir para o auxílio na compreensão das respostas fisiológicas e na performance, como também se haverá efeito complementar de um procedimento sobre o outro, em exercícios aeróbios de curta duração.



## 2. REVISÃO DE LITERATURA

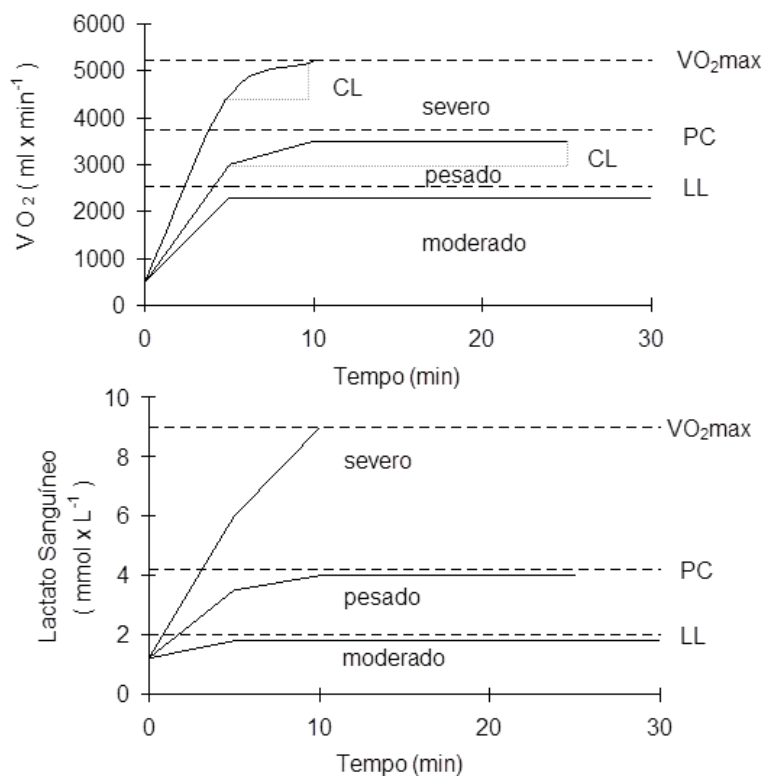
### 2.1. Caracterização dos domínios de intensidade de exercício

A resposta do lactato sanguíneo ([La]) e do  $\dot{V}O_2$  durante exercícios com intensidade constante tem sido utilizada para definir e caracterizar os domínios de intensidade moderado, pesado e severo (WHIPP et al., 1990; GAESSER e POOLE, 1996; XU e RHODES, 1999; POOLE et al., 2008).

O exercício praticado no domínio moderado envolve intensidades até o limiar de lactato (LL), a [La] apresenta estabilidade em valor próximo ao de repouso e a resposta do  $\dot{V}O_2$  projeta-se monoexponencialmente a uma fase estável após 2-3 min, apresentando uma demanda de 9-11 mL $O_2$ .min<sup>-1</sup>.W<sup>-1</sup> (BEARDEN et al., 2001; JONES e POOLE, 2005).

No exercício pesado (intensidade entre o LL e a PC) (POOLE et al., 1988) observa-se um aumento adicional da [La] acima dos valores de repouso como resposta primária ao exercício. Neste domínio ocorre uma estabilização tardia do  $\dot{V}O_2$  em valores acima do predito pela relação  $\dot{V}O_2$  x carga, com o surgimento do componente lento (CL) da resposta do  $\dot{V}O_2$ , que se superpõe ao aumento rápido inicial e conduz tardiamente à estabilidade (GAESSER e POOLE, 1996). A ocorrência do CL tem sido associada a fatores como recrutamento de fibras do tipo II e acúmulo de metabólitos, como lactato, íons H<sup>+</sup>, fosfato inorgânico e ADP (CARTER et al., 2005). A análise do CL é importante, devido a este expressar uma redução da eficiência muscular, que tem sido associada à menor tolerância de exercícios aeróbios de alta intensidade (MURGATROYD et al., 2011).

Por sua vez, o exercício severo (realizado acima da PC) é o único caracterizado pela não estabilização do  $\dot{V}O_2$ , que aumenta progressivamente até atingir o  $\dot{V}O_{2max}$ , podendo ser tolerado por aproximadamente 2-10 minutos (XU e RHODES, 1999; POOLE et al., 2008; JONES et al., 2011) (figura 1).



**Figura 1.** Representação gráfica da resposta do consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ) e da concentração de lactato sanguíneo em diferentes domínios de exercício. LL= Limiar de lactato; PC= Potência crítica;  $\dot{V}O_{2max}$ = Consumo máximo de oxigênio.

A resposta da cinética do  $\dot{V}O_2$  tem sido analisada por meio de ajustes matemáticos. Em exercício de intensidade constante, o perfil da resposta do  $\dot{V}O_2$  é analisado por ajustes exponenciais, apresentando as fases cardiodinâmica, fundamental e lenta (WHIPP et al., 1982; BARSTOW et al., 1996; JONES e POOLE, 2005). Considerando a magnitude do  $\dot{V}O_2$  e o tempo para que o sistema cardiocirculatório e o metabolismo muscular ajustem a oferta de  $O_2$  à demanda muscular ( $QO_2$ ) (WHIPP et al., 2005), é possível

verificar que há vários fatores que envolvem desde a capacidade de transporte de  $O_2$  até a atividade mitocondrial, que são responsáveis por projetar o  $\dot{V}O_2$  e o  $QO_2$  ao estado de estabilidade (WHIPP et al., 1990; POOLE et al., 2008; GRASSI, 2003; JONES et al., 2011).

Apesar de ainda sob discussão, a velocidade de ajuste do  $\dot{V}O_2$  tem sido associada à limitada inércia metabólica (velocidade de ajuste da cadeia de reações químicas do metabolismo oxidativo na mitocôndria, modulado pela concentração de creatina fosfato e pela enzima piruvato desidrogenase) e ao fornecimento de  $O_2$  ao músculo (capacidade transporte, geralmente avaliada pela resposta da frequência cardíaca ou débito cardíaco) (GRASSI, 2003; WHIPP et al., 2005; POOLE et al., 2008).

Além destes fatores, o déficit de  $O_2$  e a perturbação do equilíbrio ácido-base são aspectos que podem ser responsáveis por uma associação tardia, ou completa dissociação entre  $\dot{V}O_2$  e  $QO_2$  durante o exercício de intensidade constante (WHIPP et al., 2005; JONES e BURNLEY, 2009; BURNLEY et al., 2011).

Entretanto, a caracterização da cinética do  $\dot{V}O_2$  por meio de componentes exponenciais sugere a presença de até três fases da resposta do  $\dot{V}O_2$  (GAESSER e POOLE, 1996; GRASSI, 2003). Xu e Rodhes (1999) destacam a primeira fase, denominada fase I, ou componente cardiodinâmico, sendo marcada por um rápido aumento no  $\dot{V}O_2$ , representando os primeiros 15-25 s de exercício, que já é verificado na primeira respiração e representa o aumento da extração de  $O_2$  alveolar pelo maior fluxo sanguíneo pulmonar, em função do aumento do débito cardíaco.

Esta fase ocorre nos diferentes domínios de intensidade do exercício (JONES e POOLE, 2005). A fase subsequente, chamada de fase II, ou componente primário, reflete o aumento no metabolismo oxidativo muscular (ciclo de Krebs e cadeia transportadora de elétrons), resultado do aumento da extração de O<sub>2</sub> na mistura venosa (XU e RHODES, 1999; JONES e POOLE, 2005). Para Whipp et al. (2005), esta fase representa o consumo de O<sub>2</sub> pelos músculos ativos e mantém equivalência com a permuta de O<sub>2</sub> no leito capilar pulmonar. A terceira e última fase, denominada de fase III, ocorre com a estabilidade no débito cardíaco e na extração de O<sub>2</sub> pelos músculos, nos domínios moderado e pesado de exercício.

Quando ocorre aumento abrupto e imediato da carga de trabalho (e, portanto, na demanda de ATP), o  $\dot{V}O_2$  aumenta exponencialmente, e a resposta do  $\dot{V}O_2$  pode ser descrita pela seguinte equação:

$$\dot{V}O_2(t) = \dot{V}O_{2b} + A \left[ 1 - e^{-\frac{(t-TD)}{\tau}} \right] \quad \text{Equação (1)}$$

Onde " $\dot{V}O_2(t)$ " representa a variável (mlO<sub>2</sub>.min<sup>-1</sup>) em um dado tempo (t); " $\dot{V}O_{2b}$ " é a linha de base de  $\dot{V}O_2$  (mlO<sub>2</sub>.min<sup>-1</sup>); "A" é a amplitude da curvatura exponencial (mlO<sub>2</sub>.min<sup>-1</sup>); "τ" é a constante de tempo em segundos (ou, o tempo em s necessário para atingir 63% da assíntota de resposta do  $\dot{V}O_2$  para uma intensidade do exercício); "TD" é o tempo de resposta em s; "t" é o tempo do exercício; e "e" é a base dos logaritmos naturais (BARSTOW et al., 1996; WHIPP et al., 2005).

O modelo mono-exponencial (desconsiderando o componente cardiodinâmico) tem sido sugerido para a interpretação da cinética do  $\dot{V}O_2$  após o início do exercício de intensidade moderada (BARSTOW et al., 1996; WHIPP et al., 2005) ou severa (XU e RHODES, 1999). Em exercícios de intensidade

pesada, o modelo bi-exponencial (desconsiderando o componente cardiodinâmico) tem sido sugerido para a interpretação da cinética do  $\dot{V}O_2$  (WHIPP et al., 2005), no qual a elevação do  $\dot{V}O_2$  continua por alguns minutos até que uma fase estável tardia seja alcançada (SAHLIN et al., 2005).

O tempo de resposta médio (TRM) é determinado utilizando uma exponencial simples e TD, após remover os 20 s iniciais da transição e ajustar a exponencial para começar do ponto inicial do exercício. Através da equação 1, pode-se calcular o TRM pela soma algébrica do TD com o  $\tau$ . Trata-se de uma constante empregada para cálculo do déficit de  $O_2$  ao início da transição (WHIPP et al., 2005).

Um fator que parece influenciar a magnitude e a resposta dos parâmetros da cinética do  $\dot{V}O_2$  é o estado de treinamento. Koppo et al. (2004) observaram que, ao final da transição de oito minutos, o  $\dot{V}O_2$  atingiu 91,6% e 83,0% do seu máximo nos indivíduos treinados e não treinados, respectivamente. Apesar destes autores não identificarem características diferentes quanto ao domínio, enfatizaram que a resposta primária da cinética do  $\dot{V}O_2$  é mais lenta em indivíduos não treinados. A explicação para o maior retardo na cinética do  $\dot{V}O_2$  pode ser devido à diferença de perfusão e densidade capilar entre os sujeitos, mas substancialmente ao tipo de fibra recrutado e sua inércia oxidativa, que é capaz de alterar a relação  $QO_2/\dot{V}O_2$ .

Para Koppo et al. (2004), é muito provável que indivíduos não treinados recrutem um percentual maior de fibras tipo II, à medida que o exercício progride em tempo ou intensidade, quando comparados aos indivíduos treinados que, por sua vez, tendem a apresentar uma maior fração de fibras I recrutadas. Esse padrão de recrutamento auxilia na explicação de um maior CL

nos indivíduos não treinados, pelo fato de serem as fibras tipo II menos eficientes na geração de força (maior custo de ATP), apresentar elevado conteúdo e utilização de fosfocreatina, que podem contribuir para acentuada inércia oxidativa, lento ajuste do  $\dot{V}O_2$  à demanda de ATP e aumento do déficit de  $O_2$  (JONES e POOLE, 2005).

Portanto, a intensidade do exercício e o nível de treinamento aeróbio são fatores que podem modificar a cinética do  $\dot{V}O_2$ . Estes aspectos deveriam ser levados em consideração na avaliação aeróbia e na prescrição do exercício aeróbio com objetivos de melhora da performance ou da saúde em diferentes populações.

## **2.2. Estratégia de distribuição da intensidade de exercício**

Durante uma competição, atletas frequentemente adotam algum tipo de estratégia durante o exercício, buscando otimizar a performance (ATKINSON et al., 2007; JONES et al., 2008). A estratégia de distribuição da intensidade de exercício tem sido analisada por diversos estudos (FOSTER et al., 1993, 1994; BISHOP et al., 2002; ANSLEY et al., 2004; JONES et al., 2008) que verificaram modificações na  $\dot{V}O_2$ , o que pode proporcionar um aumento da tolerância ao exercício (JONES et al., 2008) e da performance (i.e.,  $\dot{V}O_{2max}$  e potência) (BAILEY et al., 2011).

De acordo com Noakes (2005; 2007), a forma de distribuição da intensidade adotada durante um esforço é controlada por um sistema complexo, que regula a intensidade do exercício para prevenir distúrbios homeostáticos que podem causar lesões. Fatores como a modalidade de exercício, duração do evento e o nível de desempenho (adversários) são

capazes de influenciar significativamente a performance e a forma de distribuição da intensidade (FOSTER et al., 2003; BROW et al., 2010).

Três modelos básicos de estratégias de distribuição da intensidade de exercício têm sido estudados (Início Rápido - IR, Constante - C e Início Lento - IL) (GIBSON et al., 2006). Tem sido sugerido que para exercícios de curta duração e alta intensidade (< 3 min de duração), a estratégia de IR parece apresentar um efeito positivo sobre a performance em relação às outras estratégias (BISHOP et al., 2002; JONES et al., 2008; BAILEY et al., 2011). Na estratégia de IR a cinética de  $\dot{V}O_2$  parece ajustar mais rapidamente, poupando utilização da reserva anaeróbia durante a fase inicial de exercício (NOAKES et al., 2005; JONES et al., 2008).

Nas últimas décadas, estudos têm analisado o efeito da distribuição da intensidade em diferentes modalidades, como caiaque (BISHOP et al., 2002), ciclismo (FOSTER et al., 1994; HETTINGA et al., 2006) e corrida (SANDALS et al., 2006; JONES et al., 2008), e com diferentes formas empregadas (FOSTER et al., 1993; HETTINGA et al., 2007; JONES et al., 2008; BAILEY et al., 2011).

Entretanto, a estratégia que garanta o melhor desempenho em determinada competição ainda não é clara (FOSTER et al., 1993; et al., 2005; GIBSON et al., 2006; ABBISS et al., 2008; TUCKER et al., 2009). É possível que tal incerteza resulte do fato de que uma estratégia de distribuição da intensidade otimizada parece ser influenciada por diversos fatores, como a modalidade esportiva, a duração do exercício, as condições ambientais e a influência de adversários (TUCKER et al., 2009).

Entre os principais fatores que influenciam os efeitos da estratégia de distribuição da intensidade sobre as respostas fisiológicas e a performance

está a demanda de energia requerida pelo exercício e pelas limitações da capacidade dos sistemas fisiológicos (capacidade aeróbio e anaeróbio), como também a capacidade de um atleta tolerar a fadiga (NOAKES et al., 2004; 2005; 2007).

A diversidade destas respostas ocorre em função das diferentes condições geradas pela forma como a distribuição da intensidade é feita em parâmetros como o  $\dot{V}O_2$  e variáveis de performance como o tlim e a potência. Um dos primeiros estudos que investigaram diferentes estratégias de distribuição da intensidade sobre a performance foi conduzido por Foster et al. (1993), em ciclistas bem treinados durante um contra-relógio de 2 km (~ 150 - 180 s). Os indivíduos completaram o primeiro quilômetro de cada teste usando uma estratégia pré-determinada, que variava de muito lento para o mais rápido possível durante o último quilômetro. O último quilômetro foi concluído o mais rapidamente possível em todos os testes. Os autores verificaram que a condição de exercício C produziu um tempo total mais rápido para completar os 2 km em relação ao IR. Posteriormente, Foster et al. (1994) verificaram em patinadores de velocidade, que durante um exercício máximo de ciclismo de 1500 m (~ 110 s), resultados contrários ao estudo anterior, no qual os resultados sugerem que a estratégia de início mais rápido possível (IR) pode apresentar uma melhora no resultado final. A explicação para essas diferenças entre os estudos não é clara, mas pode estar relacionada com diferenças no protocolo e a forma que a estratégia de distribuição da intensidade foi imposta (JONES et al., 2008).

Similar aos resultados de Foster et al. (1994), Bishop et al. (2002) verificaram em caiaquistas, exercitando-se por 2 min em intensidade



supramáxima, que a estratégia de IR produziu resultado superior (748 W) quando comparado ao IL (558 W), representando um aumento de ~ 25% na potência máxima produzida no exercício. Esses dados concordam com Jones et al. (2008), que analisaram o efeito das diferentes estratégias de distribuição de intensidade sobre o tlim em indivíduos ativos, na carga estimada para uma duração de 120 s. A estratégia de IR proporcionou um maior tlim (174 s) em relação às condições C (128 s) e IL (128 s). Em outro estudo, Abbiss et al. (2008) sugerem que durante exercícios de curta duração (2-3 min), os atletas parecem se beneficiar de uma estratégia de ritmo explosivo máximo (IR).

Bailey et al. (2011) verificaram em indivíduos ativos ( $\dot{V}O_2\text{max} \sim 52 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ), que a estratégia de IR melhorou tanto a cinética do  $\dot{V}O_2$  e a performance durante exercício de alta intensidade e curta duração no ciclismo. Bailey et al. (2011) propuseram que o atingimento do  $\dot{V}O_2\text{max}$  na estratégia de IR, parece ser essencial para melhorar a performance do exercício. Os autores discutem essa hipótese sugerindo que o atingimento do  $\dot{V}O_2\text{max}$  no início do exercício parece permitir uma diminuição mais lenta das reservas anaeróbias e, conseqüentemente, melhora da performance do exercício (BAILEY et al., 2011).

Alguns aspectos dos estudos das estratégias devem ser considerados ao interpretá-los. Ou seja, a determinação dos parâmetros de resposta  $\dot{V}O_2$  no domínio pesado e severo, utilizando apenas uma transição pode ser associada com as limitações potenciais (i.e., baixo nível de confiança em parâmetros de resposta). Assim, calcular a média de esforços repetidos (i.e., transições) tem sido tradicionalmente realizado buscando melhorar a relação sinal - ruído dos dados (LAMARRA et al., 1987).

No entanto, devido à natureza extremamente exigente dos esforços e as visitas frequentes ao laboratório (BISHOP et al., 2002; BAILEY et al., 2011), o número de testes em cada condição experimental acaba limitado a um esforço.

### **2.2.1. Efeitos das estratégias de distribuição da intensidade sobre a cinética do $\dot{V}O_2$**

No início do exercício o  $\dot{V}O_2$  não aumenta de forma instantânea, e este suprimento é feito com parte da utilização da reserva anaeróbia (JONES e POOLE, 2005). Dessa maneira, modificações na resposta inicial do exercício podem implicar em mudanças na ativação da capacidade dos sistemas fisiológicos (JONES et al., 2008; BAILEY et al., 2011).

A respeito da demanda de energia e o efeito da estratégia de distribuição da intensidade de exercício, é sabido que o exercício aumenta instantaneamente o trabalho muscular abruptamente, e a captação muscular de  $O_2$  também deve aumentar para permitir a fosforilação oxidativa em mitocôndrias musculares ativas para suportar o aumento da demanda de ATP requerida. Este aumento no consumo de  $O_2$  resulta em um perfil de resposta exponencial, o qual indica o estabelecimento de um sinal de erro inicial (i.e., diferença entre a quantidade necessária e a quantidade consumida) e uma taxa de variação em qualquer fase de resposta, que é proporcional à magnitude da intensidade para atender a demanda energética durante o início da atividade. Esta diferença entre o que está sendo produzido de energia pelo sistema aeróbio e a demanda de energia requerida pelo esforço é preenchida pelos sistemas anaeróbios. Assim, modificações na resposta inicial do  $\dot{V}O_2$  parecem implicar em mudanças na contribuição anaeróbia ao exercício (BAILEY et al., 2011).

Como o aumento do  $\dot{V}O_2$  no início do exercício é proporcional à taxa de mudança da [ATP] (MARGARIA et al., 1965; OZYENER et al., 2001), que por sua vez é proporcional à taxa de mudança da concentração de [PCr], ou seja, quanto mais rápida for a mudança da [PCr] mais rápido é o aumento do  $\dot{V}O_2$  no início do exercício (MAHLER et al., 1985; ROSSITER et al., 2006). Este é um fator que pode contribuir para explicar o efeito ergogênico da estratégia de IR sobre exercícios de alta intensidade e curta duração verificados em diversos estudos (FOSTER et al., 1994; BISHOP et al., 2002; JONES et al., 2008; BAILEY et al., 2011). Estudos realizados recentemente (JONES et al., 2008; BAILEY et al., 2011) verificaram que a cinética do  $\dot{V}O_2$  parece ser acelerada pela estratégia de IR quando comparado com C e IL. Já os fatores como a modalidade de exercício (BISHOP et al., 2002; JONES et al., 2008) e nível de performance aeróbia (BAILEY et al., 2011) parecem não influenciar os efeitos da estratégia de IR sobre a cinética do  $\dot{V}O_2$ .

A estratégia de IR parece determinar uma maior taxa inicial de hidrólise de ATP muscular, resultando em uma maior relação inicial  $\Delta(\text{PCr}) / \Delta(\text{tempo})$ . Dessa forma, uma mais rápida acumulação de metabólitos (ADP, Pi, e  $\text{Ca}^{2+}$ ), que estimula a fosforilação oxidativa seria observada durante a estratégia de IR. Por conseguinte, Bailey et al. (2011) usando a espectroscopia de infravermelho (NIRS) observaram que a estratégia de IR parece estar ligada ao aumento da extração muscular de  $\text{O}_2$ .

Jones et al. (2008) analisaram o déficit acumulado de oxigênio (AOD) durante diferentes estratégias (IL, C e IR). Os autores confirmaram que a estratégia é capaz de alterar a contribuição energética, pois verificaram que a estratégia de IR apresentou um menor déficit de  $\text{O}_2$  em relação às outras

condições ( $IR = 0,90 \text{ LO}_2 \cdot \text{min}^{-1}$ ;  $C = 1,98 \text{ LO}_2 \cdot \text{min}^{-1}$  e  $IL = 2,10 \text{ LO}_2 \cdot \text{min}^{-1}$ ). Os autores sugeriram que o menor déficit de  $\text{O}_2$  observado durante a estratégia de IR pode ter contribuído para uma maior contribuição da via aeróbia e menor utilização da via anaeróbia, resultando em um maior tlim atingido na estratégia de IR (174 s) em relação às estratégias de IL (128 s) e C (128 s).

Neste estudo, Jones et al. (2008) verificaram que durante a estratégia de IR os indivíduos completaram um maior trabalho (kJ) realizado acima da potência crítica (PC), que por definição representa o limite sobre a utilização da reserva de energia anaeróbia (MONOD e SCHERRER, 1965; MORITANI et al., 1981) e pode estar relacionada também ao atingimento de uma concentração crítica de substratos ou metabólitos relacionados à fadiga (FUKUBA et al., 1999; COATS et al., 1985). Assim, os autores propuseram que o maior valor de trabalho realizado durante a estratégia de IR (15,7 kJ) quando comparado às condições IL (14 kJ) e C (13,4 kJ) parece estar relacionado a um retardo na taxa de utilização de PCr no início do exercício, ou de acúmulo de  $\text{H}^+$ , Pi, ou Ki extracelular (WESTERBLAD e ALLEN, 2003; ROBERGS et al., 2004). Deste modo, a melhora de performance com o IR poderia ser explicada não somente pela menor taxa de utilização desta reserva anaeróbia, mas também pelo menor acúmulo de metabólitos vindos da degradação do carboidrato no início do exercício e assim proporcionar uma maior tolerância de exercício (JONES et al., 2008).

Além deste aspecto, ainda sobre o estudo de Jones et al. (2008) os autores verificaram valores similares de [La] obtidos ao final do exercício sobre diferentes estratégias de distribuição da intensidade ( $C = 7,3 \text{ mM}$ ;  $IL = 6,9 \text{ mM}$  e  $IR = 6,8 \text{ mM}$ ), mesmo verificando tlim diferentes. Os autores discutem esse

resultado como uma possível menor taxa de utilização da energia por meio da glicólise anaeróbia, e conseqüentemente, da taxa de formação de lactato e íons  $H^+$ , particularmente na estratégia de IR. Há também uma maior concentração de ADP, PI e  $Ca^{2+}$ , que sinalizam para o aumento do metabolismo oxidativo nessa condição (ROSSITER et al., 2002). Portanto, ao se utilizar uma maior intensidade no início do exercício, a taxa de degradação da PCr é aumentada e há uma maior sinalização para o aumento da ativação do metabolismo oxidativo, e conseqüentemente, aumento mais rápido do  $\dot{V}O_2$ .

Em relação aos efeitos da estratégia de distribuição da intensidade e a performance aeróbia de curta duração verificada em atletas de endurance, os resultados são aparentemente controversos (FOSTER et al., 1993; BISHOP et al. 2002). Foster et al. (1993) verificaram que a estratégia C proporcionou um menor tempo (170 s) durante um contra relógio (2 km) no ciclismo quando comparada a estratégias de IR (~ 2%) ou mais lento (~ 4%). No entanto, Bishop et al. (2002) analisando diferentes estratégias em caiaquistas, verificaram que estratégia de IR proporcionou uma performance maior em quando comparada à estratégia C e IL, esse comportamento foi verificado também por Foster et al. (1994) em patinadores. Estes diferentes resultados podem ser explicados, pelo menos em parte, pelos distintos procedimentos metodológicos adotados em cada estudo.

Indivíduos bem treinados aerobiamente apresentam uma resposta da cinética de  $\dot{V}O_2$  com ajuste mais rápido em relação a indivíduos não treinados, devido à maior capacidade de oferta (maior débito cardíaco e melhor distribuição do fluxo sanguíneo muscular) e utilização (capacidade oxidativa muscular) do  $O_2$  pela musculatura em atividade (KOPPO et al., 2004).

Em relação às aplicações práticas das estratégias de distribuição da intensidade de exercício, algumas estratégias que envolvem um início rápido podem ser eficazes e úteis para melhorar a performance de curta duração e alta intensidade. Estas podem ser facilmente implementadas durante a sessão de treinos e competições e pode ser usada por treinadores e cientistas do esporte para melhorar a performance de curta duração para atletas.

### **2.3. Exercício prévio**

O aquecimento tem sido considerado importante em muitas modalidades esportivas como forma de preparação dos atletas para a competição e como estratégia para se tentar evitar lesões músculo-esqueléticas (BISHOP et al., 2003). Esse tipo de intervenção tem despertado muita atenção de pesquisadores e técnicos nas últimas décadas (GERBINO et al., 1996; BURNLEY et al., 2000; JONES et al., 2003; BAILEY et al., 2009). De maneira geral, o aquecimento é realizado com uma duração relativamente curta (5-15 min) e a intensidade varia de acordo com as características do exercício subsequente, ou seja, para exercícios que envolvem força e potência muscular, partes do aquecimento são realizadas com exercícios de alta intensidade, já para os exercícios aeróbios de média e longa duração, a intensidade tende a ser moderada.

Estudos têm proposto que, dependendo das condições do exercício prévio (i.e., intensidade, duração e tempo de recuperação) e do subsequente, modificações geradas pelo exercício prévio na perfusão muscular (JONES et al., 2003), oferta de oxigênio (BURNLEY et al., 2005) e recrutamento das unidades motoras (CARTER et al., 2005) podem ser aspectos importantes para

a melhora da performance no exercício subsequente. A performance aeróbia (i.e., tempo para cumprir uma determinada distância) (JONES et al., 2003; BURNLEY et al., 2005; WITTEKIND et al., 2011) e a tolerância ao exercício, ou seja, o tempo limite (tempo máximo de exercício com intensidade constante) (BANGSBO et al., 2001; MIURA et al., 2009) são melhorados, principalmente em exercícios de alta intensidade e curta duração (até 7-10 min, aproximadamente). Com relação aos parâmetros cardiorrespiratórios, tem sido mostrado que a resposta da cinética do consumo do  $\dot{V}O_2$  no início do exercício pode ser acelerada (BURNLEY et al., 2000; JONES et al., 2003; BURNLEY et al., 2002; WITTEKIND et al., 2011), pois o maior fluxo sanguíneo e a distribuição mais homogênea do fluxo sanguíneo muscular, tendem a proporcionar uma maior oferta de  $O_2$  para a musculatura ativa (GERBINO et al., 1996; JONES et al., 2003; JONES e POOLE, 2005; JONES et al., 2007). A extração de  $O_2$  pela musculatura ativa é aumentada, reduzindo a demanda para os sistemas anaeróbios alático e láctico. Portanto, a contribuição aeróbia durante o exercício tende a ser aumentada. Como a depleção das reservas de energia anaeróbia tem sido considerado um importante fator para a exaustão em exercícios de alta intensidade e curta duração, o exercício prévio pode prolongar a performance aeróbia e a tolerância ao exercício (tempo limite - tlim), já que as reservas de energia anaeróbia são depletadas mais lentamente (BURNLEY et al., 2001; BAILEY et al., 2009; FERGURSON et al., 2010).

No entanto, os efeitos do exercício prévio na performance do exercício subsequente, parecem depender da intensidade do exercício (moderado, pesado ou severo) realizado previamente e posteriormente (GERBINO et al., 1996; JONES et al., 2008) e do tempo de recuperação entre estes dois

exercícios (WILKERSON et al., 2004; BAILEY et al., 2009; WITTEKIND et al., 2009). Estudos (BISHOP et al., 2003a,b) têm buscado fornecer informações sobre as condições de intensidade do exercício prévio e período de recuperação e as implicações para a performance no exercício subsequente, as quais podem ser importantes para profissionais e pesquisadores do esporte e atletas.

### **2.3.1. Intensidade**

Diversos estudos têm buscado analisar os efeitos do exercício prévio em diferentes modalidades, como no ciclismo (BURNLEY et al., 2002; BAILEY et al., 2009), corrida (BURNLEY et al., 2011) e caiaque (BURNLEY et al., 2005). Entretanto, a combinação ideal da intensidade com a duração do exercício prévio, que seja capaz de otimizar o efeito do exercício prévio sobre a performance do exercício subsequente ainda não foi completamente estabelecida, em parte pelas condições diversificadas dos delineamentos experimentais analisadas.

Entre os principais fatores que influenciam o efeito do exercício prévio nas respostas fisiológicas e na performance está a intensidade do exercício prévio. Dependendo da intensidade, a performance no exercício subsequente pode não se modificar, melhorar ou até piorar (BURNLEY et al., 2006). A diversidade destas respostas ocorre em função de diferentes condições geradas pelo exercício prévio em parâmetros como a concentração de lactato sanguíneo ([La]), consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ), fluxo sanguíneo e recrutamento das unidades motoras (JONES et al., 2003a,b; GURD et al., 2005).



A utilização das respostas metabólicas e do  $\dot{V}O_2$  para se especificar uma intensidade de exercício tem sido considerada uma forma de individualizar as respostas fisiológicas dos indivíduos ao exercício (SHEUERMANN et al., 2002). Com base nestas respostas, é possível caracterizar diferentes domínios de intensidade de exercício, nos quais as respostas fisiológicas tendem a ser similares.

Além das respostas fisiológicas diferentes, o tempo de tolerância ao exercício, como também os principais fatores que influenciam na performance no exercício moderado, pesado e severo são diferentes. Portanto, os efeitos de diferentes combinações exercício prévio e performance / tlim do exercício principal podem ser diferentes. A seguir, os diferentes efeitos do exercício prévio estão descritos, de acordo com o domínio onde foram realizados.

### **2.3.2. Exercício prévio moderado**

Um dos primeiros estudos que investigaram os efeitos do exercício prévio moderado sobre as respostas metabólicas e cardiorrespiratórias foi conduzido por Gerbino et al. (1996). Neste estudo, os autores analisaram o efeito de 6 min de exercício moderado (~ 90% LL) sobre a cinética do  $\dot{V}O_2$  em indivíduos jovens saudáveis. Os autores verificaram que a constante de tempo (tau) da cinética do  $\dot{V}O_2$  não foi alterada durante o exercício subsequente realizado no domínio moderado (~ 90% LL), 6 min após a condição experimental (37,5 s) quando comparado à condição de ciclismo a 0 W (33,5 s). Da mesma forma, o exercício moderado não modificou o tau do exercício pesado (50% da diferença entre o LL e o  $\dot{V}O_{2max}$ ) -  $50\% \Delta LL - \dot{V}O_{2max}$ )

subsequente (56,2 s), quando comparado à condição de ciclismo a 0 W (65 s) (GERBINO et al., 1996).

Burnley et al. (2000) analisaram o efeito de um exercício realizado a 80% LL no tempo de resposta médio (TRM - tempo para se atingir 63% do aumento do  $\dot{V}O_2$  acima da linha de base) da cinética do  $\dot{V}O_2$ , que, da mesma forma que o tau, representa o tempo de ajuste do  $\dot{V}O_2$  no início do exercício. Não houve efeito significativo no exercício subsequente moderado (34,9 s) quando comparado à condição sem exercício prévio (30,5 s). Da mesma forma, o exercício moderado não gerou modificação no exercício pesado realizado a 50% $\Delta$  (61,8 s), quando comparado à condição sem exercício prévio (65,2 s).

Entretanto, Gurd et al. (2005) analisando indivíduos adultos sedentários, encontraram pela primeira vez que o tau em exercício moderado (80% LL) pode ser acelerado com a realização de exercício prévio (50%  $\Delta$ ) neste tipo de população. Em idosos, já havia sido demonstrado por seu grupo (MACDONALD et al., 1997), que o exercício prévio acelera o tau neste domínio. As relações diretas entre alteração do tau e  $\dot{V}O_{2max}$  reportadas por GURD et al. (2005), assim como os resultados de outros estudos (GAUSHE et al., 1989; MACDONALD et al., 1997), sugerem que o nível de aptidão aeróbia possui um possível papel sobre a inércia metabólica em alguns indivíduos, podendo interferir sobre os efeitos do exercício prévio no exercício moderado (80% LL) subsequente. Isto poderia iniciar uma questão sobre a adequação dos fatores de limitação central (aumento da oferta de  $O_2$ ) e periférica (utilização e modificação da velocidade de ativação do sistema aeróbio), em indivíduos com diferentes níveis de aptidão aeróbia durante o exercício moderado. Embora há alguns dados antagônicos (BURNLEY et al., 2002; KOPPO et al., 2001; JONES

et al., 2008), o exercício prévio moderado pode também reduzir o CL do exercício subsequente (KOPPO et al., 2001; FERGURSON et al., 2007).

Poucos estudos têm analisado os efeitos do exercício prévio moderado sobre a performance /  $\dot{V}O_2$  do exercício principal. Burnley et al. (2005), analisaram os efeitos do exercício prévio moderado (6 min seguidos de 7 min de recuperação) sobre a resposta metabólica e a performance em um exercício realizado no domínio severo (2 min a 90%  $\dot{V}O_{2max}$ , seguidos por 5 min *all out*). Os autores verificaram que o exercício prévio moderado não elevou a [La] (1 mM), modificando entretanto a potência média (338 W) observada durante o 5 min de *sprint*, em relação à condição controle (330 W). Assim, verificou-se que o exercício prévio moderado parece aumentar a performance (~ 2%) durante exercício subsequente praticado no domínio severo, mesmo com uma [La] baixa no início do exercício. Por outro lado, Koppo et al. (2001) não encontraram efeito do exercício prévio moderado (6 ou 12 min de duração) sobre o  $\dot{V}O_2$  realizado a 95%  $\dot{V}O_{2max}$  (duração ~ 10 min), embora o CL tenha sido atenuado após o exercício prévio. Destacando-se que o número de estudos ainda é reduzido, pode-se concluir inicialmente que os efeitos positivos do exercício prévio moderado sobre a performance /  $\dot{V}O_2$  do exercício aeróbio, parecem ocorrer quando a intensidade do exercício é bem elevada (> 100%  $\dot{V}O_{2max}$ ).

### 2.3.3. Exercício prévio pesado

Diversos estudos têm verificado que o exercício prévio realizado no domínio pesado (i.e., acima do LL), onde a limitação do tau parece ocorrer em função da oferta central de  $O_2$  (FERGURSON et al., 2010), pode alterar a

cinética do  $\dot{V}O_2$  durante o exercício pesado e severo (BURNLEY et al., 2002; BURNLEY et al., 2005; CARITÁ et al., 2014).

Gausche et al. (1989) relataram em seu estudo que o exercício prévio realizado acima do LL (50% $\Delta$ ), acelerou a cinética do  $\dot{V}O_2$  no exercício subsequente pesado (50% $\Delta$ ). Os autores apontam que a melhora da oferta de  $O_2$  acarretada pela vasodilatação da musculatura e pelo efeito Bohr, o qual altera a curva de dissociação da  $HbO_2$  para a direita, aumentou a extração de  $O_2$ . Posteriormente, Gerbino et al. (1996) também encontraram uma resposta mais rápida de ajuste da cinética do  $\dot{V}O_2$  (tau - 34,4 vs. 27,6 s) em exercícios no domínio pesado, somente após exercício prévio pesado, não observando o mesmo após exercício prévio moderado. Foi constatado também, um menor aumento da [La] e uma menor redução do pH no decorrer do exercício pesado após esforço prévio pesado. Os autores sugerem ainda que os resultados foram consistentes com a melhora da limitação de perfusão durante o exercício pesado como consequência da vasodilatação induzida pela acidose (GERBINO et al., 1996). Nestes dois estudos, a cinética do  $\dot{V}O_2$  foi analisada utilizando-se um ajuste mono-exponencial (TRM), não se permitindo a identificação de qual fase do ajuste da resposta do  $\dot{V}O_2$  foi modificada pelo exercício prévio. Outros estudos, entretanto (BURNLEY et al., 2000; WITTEKIND et al., 2011), analisando a resposta do  $\dot{V}O_2$  utilizando modelos com 2 ou 3 componentes, o qual permite a identificação das diferentes fases do ajuste do  $\dot{V}O_2$ , encontraram resultados diferentes. Nestes estudos, verificou-se que o tau da fase primária não foi modificado pelo exercício prévio, enquanto a amplitude do componente primário e do CL foram, respectivamente, aumentada e reduzida. Assim, a modificação do TRM encontrada nos estudos de Gausche et al. (1989) e

Gerbino et al. (1996), ocorreu em função da redução do CL e não da aceleração da resposta inicial do  $\dot{V}O_2$  (i.e., o tau da fase primária). Adicionalmente, Burnley et al. (2000) confirmaram que a cinética do  $\dot{V}O_2$  só foi alterada pelo exercício prévio pesado, e não pelo exercício prévio moderado.

Alguns estudos têm analisado os efeitos do exercício prévio pesado sobre o tlim dos exercícios pesado e severo. Koppo et al. (2001) investigaram os efeitos do exercício prévio pesado no tlim a 95%  $\dot{V}O_{2max}$ . Embora o CL tenha sido reduzido (~ 47%), o tlim não foi diferente entre as condições com e sem exercício prévio (~ 594 s). Bailey et al. (2009) também não encontraram efeito do exercício prévio pesado (40% $\Delta$ ) no tlim realizado a 80% $\Delta$  (~ 90-95%  $\dot{V}O_{2max}$ ). Dados parcialmente antagônicos foram obtidos por Burnley et al. (2006), que verificaram melhora do tlim, 10 min após o exercício pesado, nas intensidades de 70% $\Delta$  e 100%  $\dot{V}O_{2max}$ . Nas intensidades de 60% $\Delta$  e 80% $\Delta$ , o tlim não foi significativamente modificado. Já Jones et al. (2003) analisaram o efeito do exercício pesado (50% $\Delta$ ) no tlim nas intensidades de 100, 110 e 120%  $\dot{V}O_{2max}$  em indivíduos ativos, e verificaram que houve um aumento significativo do tlim a 100% (de 386 para 613 s), 110% (de 218 para 284 s) e a 120% (de 139 para 180 s). Estes dados evidenciam que a melhora do tlim após o exercício prévio pesado parecem ocorrer em intensidades máximas ( $\dot{V}O_{2max}$ ) e supramáximas.

#### **2.3.4. Exercício prévio severo**

O exercício prévio severo, ou seja, aquele realizado acima da PC se caracteriza pela contínua utilização das reservas anaeróbias (i.e., capacidade de trabalho anaeróbio – CTAn). A taxa de depleção da CTAn é determinada

pela amplitude de uma dada intensidade em relação à PC, onde o tempo de exaustão pode ser predito através do modelo hiperbólico da relação potência vs. tempo. De fato, através desta relação é possível estimar a PC (a assíntota da relação) e a CTAn. Assim, diferentemente dos domínios moderado e pesado, o exercício prévio severo, implica na utilização da CTAn, a qual pode interferir na performance /  $\dot{V}O_2$  do exercício severo subsequente. Neste contexto, como discutido mais abaixo, a interação entre as características do exercício prévio (intensidade e duração) e o tempo de recuperação até o exercício subsequente, podem influenciar nos efeitos do exercício prévio severo.

Os efeitos do exercício prévio severo sobre a cinética do  $\dot{V}O_2$  do exercício subsequente parecem ser similares aos observados após o exercício prévio pesado. Ferguson et al. (2010) verificaram que o exercício prévio severo não modificou o tau da resposta primária durante o exercício severo subsequente ( $t_{lim}$  entre 3 e 12 min). Entretanto, a amplitude primária e o CL foram, respectivamente, aumentada e diminuído. Neste estudo, a recuperação entre os exercícios foi de apenas 2 min. Em um modelo de protocolo muito parecido, Bailey et al. (2009) encontraram os mesmos resultados do estudo anterior, ressaltando-se apenas que os períodos de recuperação foram maiores (3, 9 e 20 min). Estes diferentes intervalos produziram os mesmos efeitos na cinética do  $\dot{V}O_2$ .

Como apontado anteriormente, os efeitos do exercício prévio severo sobre o  $\dot{V}O_2$  parecem depender da intensidade deste exercício e do período de recuperação entre as sessões de exercício. O exercício prévio realizado no domínio severo com carga para induzir a exaustão entre 6-8 min, seguido por

recuperações mais curtas (2-6 min) (FERGURSON et al., 2007) ou mesmo mais longas (15 min) (FERGURSON et al., 2009), podem reduzir o tlim no exercício severo, provavelmente pela restauração insuficiente da CTAn. Do mesmo modo, Caritá et al. (2014) utilizando um exercício prévio severo menos intenso ( $70\% \Delta$  tlim  $\sim$  15-20 min) e com 6 min de recuperação, verificaram manutenção ( $95\% \dot{V}O_{2max}$ ) ou diminuição ( $100$  e  $110\% \dot{V}O_{2max}$ ) do tlim. Entretanto, o exercício severo realizado nesta mesma intensidade ( $70\% \Delta$ , tlim  $\sim$  15-20 min) e com recuperação suficiente (9 e 20 min), aumenta em até 15-30% o tlim no domínio severo de intensidade submáxima ( $< 100\% \dot{V}O_{2max}$ ) (BAILEY et al., 2009). Assim, para o exercício prévio realizado no domínio severo, parece existir uma relação ótima entre a intensidade e a duração da recuperação, para que a tolerância ao exercício possa ser aumentada. Esta combinação provavelmente otimiza o balanço entre os efeitos positivos do exercício prévio na cinética do  $\dot{V}O_2$  e o tempo suficiente de recuperação da homeostase muscular (restauração de creatina fosfato e íons  $H^+$ ).

### 2.3.5. Mecanismos

Fatores como o aumento da temperatura muscular (KOPPO et al., 2001) e da acidose residual (JONES et al., 2003) não parecem explicar os efeitos do exercício prévio pesado sobre a cinética do  $\dot{V}O_2$ . Destaca-se apenas que concentrações sanguíneas próximas a 3 – 3,5 mM parecem ser um indicador importante das condições metabólicas que antecedem ao exercício principal (JONES et al., 2003). Estes valores são dependentes da interação entre intensidade e duração do exercício prévio e do período de recuperação entre as sessões de exercício. Exercícios no domínio pesado com duração de 6 min e intervalos de recuperação entre 6 e 10 min tendem a produzir estes valores.

Exercícios de mesma duração realizados no domínio severo podem precisar de períodos maiores (> 15 min) para que se alcance estes valores de lactato. Por outro lado, a distribuição mais homogênea do fluxo sanguíneo intramuscular, diminuindo a contribuição anaeróbia e a alteração do padrão de recrutamento muscular, estão entre as modificações que podem influenciar estes efeitos na cinética do  $\dot{V}O_2$  (JONES et al., 2003a).

De fato, Burnley et al. (2002) analisaram o recrutamento de fibras musculares através da eletromiografia integrada (iEMG) em exercício pesado após exercício prévio severo (70%Δ). Nesse estudo, verificou-se um aumento de 19% da iEMG do glúteo máximo, vasto lateral e vasto medial, juntamente com um aumento da amplitude do componente primário do  $\dot{V}O_2$ . Entretanto, não foi observado aumento na frequência mediana, a qual representa um recrutamento preferencial de unidades motoras, ou seja, fibras do tipo II. Os autores sugerem que estes resultados podem indicar um aumento no recrutamento de todos os tipos de fibras musculares e não somente um recrutamento preferencial de fibras do tipo II.

Estes fatores citados acima podem modificar a cinética do  $\dot{V}O_2$  (aumento da amplitude do componente primário e diminuição do CL), a qual tem sido sistematicamente encontrada após o exercício prévio (moderado, pesado e severo). O CL do  $\dot{V}O_2$  muscular está associado ao componente lento da cinética de PCr e representa uma redução na eficiência muscular. Este custo elevado de  $O_2$  da atividade tem sido explicado pela eficiência reduzida da maquinaria contrátil ao em vez de um custo mais elevado de  $O_2$  para a produção de fosfato. Assim, tem sido proposto que o desenvolvimento do CL do  $\dot{V}O_2$  está intimamente relacionado com a (in) tolerância ao exercício durante o esforço realizado no domínio severo. Evidências indiretas têm sido fornecidas



por várias intervenções que reduzem a magnitude do CL do  $\dot{V}O_2$ . Por exemplo, o treinamento aeróbio (JONES et al., 2007) e suplementação com nitrato (BAILEY et al., 2009) estão associadas com uma redução da magnitude do CL do  $\dot{V}O_2$  e aumento da tolerância ao exercício. Portanto, as alterações do CL do  $\dot{V}O_2$  podem explicar, pelo menos em parte, o aumento da tolerância ao exercício aeróbio no domínio severo. Deve-se ressaltar, entretanto, que as alterações do CL do  $\dot{V}O_2$  determinadas pelo exercício prévio, nem sempre são acompanhadas pelo aumento da tolerância ao exercício (FERGURSON et al., 2009).

### 3. JUSTIFICATIVA

A mensuração da performance realizada por diferentes protocolos de exercício tem despertado grande interesse na comunidade científica durante as últimas décadas, a fim de promover a análise dos sistemas cardiovascular, respiratório e muscular, buscando compreender mais sobre aspectos relacionados à performance. Este assunto tem sido o tema de diversos estudos e revisões (MONOD e SHERRER et al., 1965; COYLE et al., 1991; BASSET et al., 2000; BISHOP et al., 2003; JONES et al., 2003a; 2005; ABBISS et al., 2008).

Dessa maneira, um primeiro aspecto que deve ser analisado nesse estudo é que o conhecimento científico relacionado às melhores estratégias a serem utilizadas em provas aeróbias de curta duração ainda é escasso na literatura, particularmente analisando indivíduos com diferentes níveis de aptidão aeróbia (ABBISS et al., 2008; JONES et al., 2008; BAILEY et al., 2011).

Já um segundo aspecto são em relação à possibilidade de se analisar isoladamente e de forma conjunta, o efeito de duas diferentes metodologias (i.e., estratégias de distribuição da intensidade e exercício prévio) que podem apresentar efeitos significantes nas respostas fisiológicas e na performance, como também se há um efeito aditivo de uma condição sobre a outra. Este modelo de estudo pode ser um importante avanço no conhecimento científico específico relacionado aos aspectos que interferem nas respostas fisiológicas e na performance em exercícios aeróbios de curta duração.

E por fim, um terceiro aspecto é a inclusão de dois grupos, com diferentes níveis de aptidão aeróbia (não treinados e ciclistas treinados), que possibilitará um maior entendimento das implicações que os efeitos do treinamento aeróbio a longo prazo podem ter nestas condições de exercício,

como também na análise da efetividade destes procedimentos nestas populações.

O efeito de diferentes formas de estratégias de distribuição da intensidade (JONES et al., 2008; BAILEY et al., 2011), parece ser mediado principalmente por fatores periféricos (modificação da velocidade de ativação dos sistemas de energia), enquanto que o efeito da realização do exercício prévio (JONES et al., 2003; BURNLEY et al., 2005), parece ser mediado por fatores centrais (aumento da oferta de O<sub>2</sub>).

Assim, o foco principal do nosso estudo foi analisar o efeito destes dois tipos distintos de procedimentos, buscando analisar e compreender os possíveis efeitos sobre respostas de parâmetros fisiológicos e a performance de curta duração.

Em termos de implicações práticas, a informação científica gerada neste estudo poderá contribuir no: a) Aumento do rendimento; b) Aprimorar o aquecimento e; c) Na prescrição de treinos específicos.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. Geral

Analisar a influência do exercício prévio na performance aeróbia de curta duração realizada com diferentes estratégias de distribuição da intensidade em indivíduos treinados e não treinados no ciclismo.

### 4.2. Específicos

1) Analisar os efeitos isolados e complementares do exercício prévio e da estratégia de distribuição da intensidade sobre:

- a) Frequência cardíaca (FC)
- b) Concentração de lactato sanguíneo ([La]);
- b) Potência pico (Ppico);
- c) Potência média (Pmédia);
- d) Potência final (Pfinal);
- e) Tempo necessário para atingir a potência pico (Tempo Ppico);
- f) Constante de tempo (TRM);
- g) Amplitude da curva de  $\dot{V}O_2$  (A);
- h) Déficit de  $O_2$ ;
- i) Índice de fadiga (IF).

2) Analisar os efeitos descritos acima em indivíduos com diferentes níveis de aptidão aeróbia.

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1. Sujeitos

Participaram deste estudo indivíduos ativos (Grupo não treinados – GNT) e ciclistas (Grupo Treinados – GT) de endurance treinados (modalidades ciclismo de estrada e *mountain bike*), sendo todos do sexo masculino, aparentemente saudáveis, não fumantes e sem uso regular de qualquer tipo de medicamento. Foram considerados ativos os indivíduos que relataram ter participado de alguma forma de atividade física nos últimos 6 meses por um período maior do que 20 min por dia e frequência de até três vezes por semana (CASPERSEN et al., 2000). Já os ciclistas de endurance possuíam pelos menos 3 anos de treinamento regular na modalidade, executando 5 a 7 sessões semanais de treinamento e com participações em competições de nível regional e nacional. As características antropométricas dos indivíduos que participaram do estudo estão descritas na Tabela 1. Os dados são expressos em valores médios  $\pm$  DP.

**Tabela 1.** Características antropométricas dos indivíduos não treinados (GNT) e treinados (GT).

<b>Grupos</b>	<b>Idade (anos)</b>	<b>Massa Corporal (kg)</b>	<b>Estatura (cm)</b>
GNT (N = 14)	24 $\pm$ 5	80 $\pm$ 10	177 $\pm$ 7
GT (N = 14)	25 $\pm$ 5	68 $\pm$ 10	173 $\pm$ 9

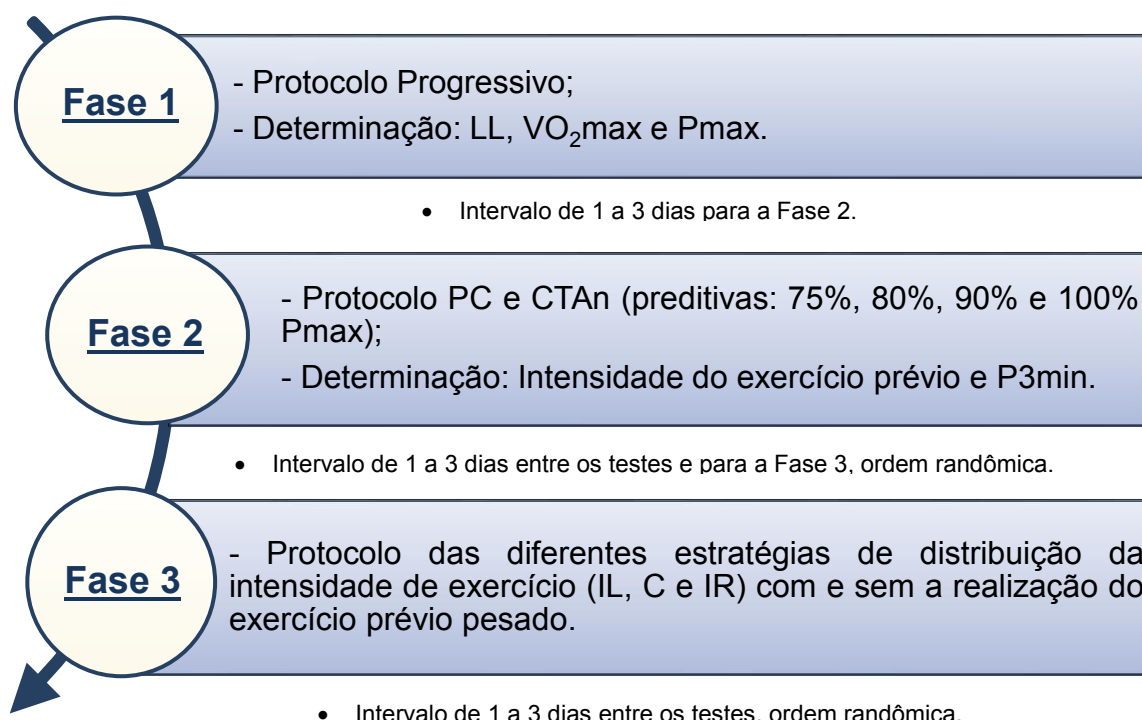
GNT= Grupo não treinado; GT= Grupo treinado.

Os mesmos foram informados textual e verbalmente sobre os objetivos e métodos desse estudo, assinando posteriormente um Termo de consentimento livre e esclarecido (Em anexo A, página 80). O estudo foi aprovado pelo Comitê

de Ética em Pesquisa desta Universidade sob o Protocolo CEP nº 043/2012 (Em Anexo B, página 84).

## 5.2. Procedimento Experimental

Todos os indivíduos compareceram ao laboratório em 11 oportunidades diferentes, distribuídas em 3 fases de análises, com um intervalo de um a três dias entre os testes e em ordem randômica (Fluxograma 1).



### Fluxograma 1. Delineamento experimental do estudo.

Todos os testes foram realizados em dias diferentes, em um laboratório com temperatura controlada (21 - 23° C) e no mesmo horário do dia ( $\pm$  2h). Os indivíduos foram instruídos a não treinar exaustivamente no dia anterior ao da avaliação, a não ingerir bebidas contendo cafeína e álcool nas 24 horas que antecederam aos testes e a comparecer alimentados e hidratados no dia do teste.

### 5.3. Protocolo para determinação do limiar de lactato (LL), consumo máximo de oxigênio ( $\dot{V}O_2\text{max}$ ) e potência máxima (Pmax)

Inicialmente os indivíduos realizaram um teste progressivo em um cicloergômetro de frenagem eletromagnética (*Excalibur Sport*<sup>®</sup>, *Lode BV, Groningen, Netherlands*) com carga inicial de 60 W para os indivíduos ativos e 120 W para os ciclistas e incrementos de 20 W a cada 3 min para determinação do LL e delta de variação conforme a equação 2. Ao final de cada estágio, amostras de 25  $\mu\text{L}$  de sangue foram coletadas do lóbulo da orelha e imediatamente acondicionados em tubos tipo *Eppendorf* contendo 50  $\mu\text{L}$  NaF (1%), para dosagem da concentração de lactato sanguíneo ([La]) (*YSI 2300 STAT*<sup>®</sup>, *Yellow Spring, Ohio, USA*). Para a leitura das amostras, o equipamento foi calibrado com uma solução padrão de lactato a 5 mM, conforme sugerido pelo fabricante. Foram realizados 5 ou 6 estágios, suficientes para determinar o LL e a relação  $\dot{V}O_2$  x carga (CARTER et al., 2000). As concentrações de lactato foram plotadas em função da intensidade, sendo considerado o LL a intensidade de exercício onde ocorreu o primeiro e sustentado aumento da concentração de lactato acima das concentrações de repouso (MACHADO et al., 2006). Após determinar o LL, os indivíduos descansaram por aproximadamente 30 min.

Posteriormente, o  $\dot{V}O_2\text{max}$  e a potência máxima (Pmax) foram determinados utilizando-se um protocolo progressivo de rampa no mesmo cicloergômetro. A carga inicial foi de 90% LL por 4 min e posteriormente houve um incremento de 5 W a cada 12 s até a exaustão voluntária (BAILEY et al., 2011). Ao final do teste foram coletados 25  $\mu\text{L}$  sangue do lóbulo da orelha para a dosagem da [La]. Nestes dois testes a cadência foi mantida entre 70 e 90 rpm (BAILEY et al., 2011). O  $\dot{V}O_2$  foi mensurado respiração a respiração

durante todo o protocolo a partir do gás expirado (*Quark PFTergo<sup>®</sup>, Cosmed, Roma, Italy*), sendo os dados reduzidos às médias com intervalos de 15 s. A calibração dos sistemas de análise das concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> foi executada antes de cada teste, usando ar ambiente e um gás com concentrações conhecidas de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, a turbina bidirecional (medidor de fluxo) do analisador foi calibrada por meio de uma seringa de 3 L, de acordo com as instruções do fabricante (*Cosmed<sup>®</sup>, Roma, Italy*).

Para considerar o  $\dot{V}O_2\text{max}$ , os dados de  $\dot{V}O_2$  do teste progressivo foram reduzidos a médias com intervalos de 15 s e o maior valor observado durante o teste, desses intervalos, foi aceito como  $\dot{V}O_2\text{max}$  (CAPUTO e DENADAI, 2008).

Para considerarmos que, durante o teste, os indivíduos realizaram o máximo esforço e atingiram o  $\dot{V}O_2\text{max}$ , os indivíduos alcançaram pelo menos dois dos três critérios adotados para comprovar o atingimento do  $\dot{V}O_2\text{max}$ : (1) Razão de trocas respiratórias (R) maior do que 1,1; (2) [La] maior do que 8 mM; (3) Frequência cardíaca (FC) atingida no final do teste maior ou igual a 90% da idade predita (CAPUTO e DENADAI, 2008). A Pmax foi considerada como a maior potência atingida no teste de rampa. Foi calculada também a intensidade correspondente a 50%Δ (Equação 2):

$$LL \quad , \quad ( \quad_{\text{max}} \quad LL) \quad \quad \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde: Δ= Delta de variação Pmax – LL; LL= Limiar de lactato; Pmax= Potência máxima.

#### **5.4. Protocolo para determinação da potência crítica (PC) e da capacidade de trabalho anaeróbio (CTAn)**

Inicialmente os indivíduos realizaram um aquecimento de 5 min na intensidade do LL, seguidos por 5 min de repouso no cicloergômetro. A seguir realizaram um teste de carga constante (75%, 80%, 90% e 100% Pmax) até a



exaustão voluntária ou até que o indivíduo não fosse capaz de sustentar a intensidade estipulada (> 70 rpm) (CAPUTO e DENADAI, 2008). Durante todo o teste o indivíduo foi encorajado e estimulado a realizar o esforço máximo, não recebendo, entretanto nenhuma informação sobre o tempo de teste. Estes testes foram realizados em ordem randômica (HILL, 1993; HILL et al., 1994). Houve coleta de 25 µL de sangue do lóbulo da orelha no final do exercício para a dosagem da [La] e o  $\dot{V}O_2$  foi mensurado respiração a respiração durante todo o protocolo a partir do gás expirado, sendo os dados reduzidos às médias de 15 s.

O tlim foi considerado como o tempo total de esforço mantido no respectivo %Pmax e expresso em s. Os valores individuais de potência e tlim obtidos durante os testes de carga constante foram ajustados a partir dos três modelos matemáticos de dois parâmetros (Equação 3: Modelo linear potência vs. 1/tempo; Equação 4: Modelo hiperbólico da relação potência vs. Tempo; e Equação 5: Modelo linear trabalho vs. tempo) usados para estimar a PC e a CTAn (BULL et al., 2000). Para a realização desse ajuste foi utilizado o *software Origin® 8.0 (Northampton, MA, USA)*.

$$\left( \frac{CTAn}{T_{LI}} \right) C \quad \text{(Equação 3)}$$

$$T_{LI} = \frac{CTAn}{\left( \frac{P}{C} \right)} \quad \text{(Equação 4)}$$

$$T = \left( C - T_{LI} \right) CTAn \quad \text{(Equação 5)}$$

Onde: T = Trabalho;  $T_{LIM}$  = Tempo limite, CTAn = Capacidade de trabalho anaeróbio, P = Potência, PC = Potência crítica.

A PC e a CTAn estimadas pelas três equações foram comparadas, e o modelo com o menor erro padrão da estimativa (EPE) (HILL e SMITH, 1994) foi utilizado para o cálculo da carga que levaria à exaustão em 3 min (P3min) conforme a equação 6 (HILL e SMITH, 1994; BAILEY et al., 2011).

$$\min \left( \frac{CTAn}{T_{LI}} \right) + C \quad (\text{Equação 6})$$

Onde: P3min = Potência exaustão em 3min; CTAn = Capacidade de trabalho anaeróbio;  $T_{LIM}$  = Tempo limite (180 s); PC = Potência crítica.

### **5.5. Protocolo para execução das diferentes estratégias de distribuição da intensidade de exercício e *sprint***

Inicialmente os indivíduos realizaram um aquecimento de 5 min no LL, seguido por 5 min de repouso no cicloergômetro.

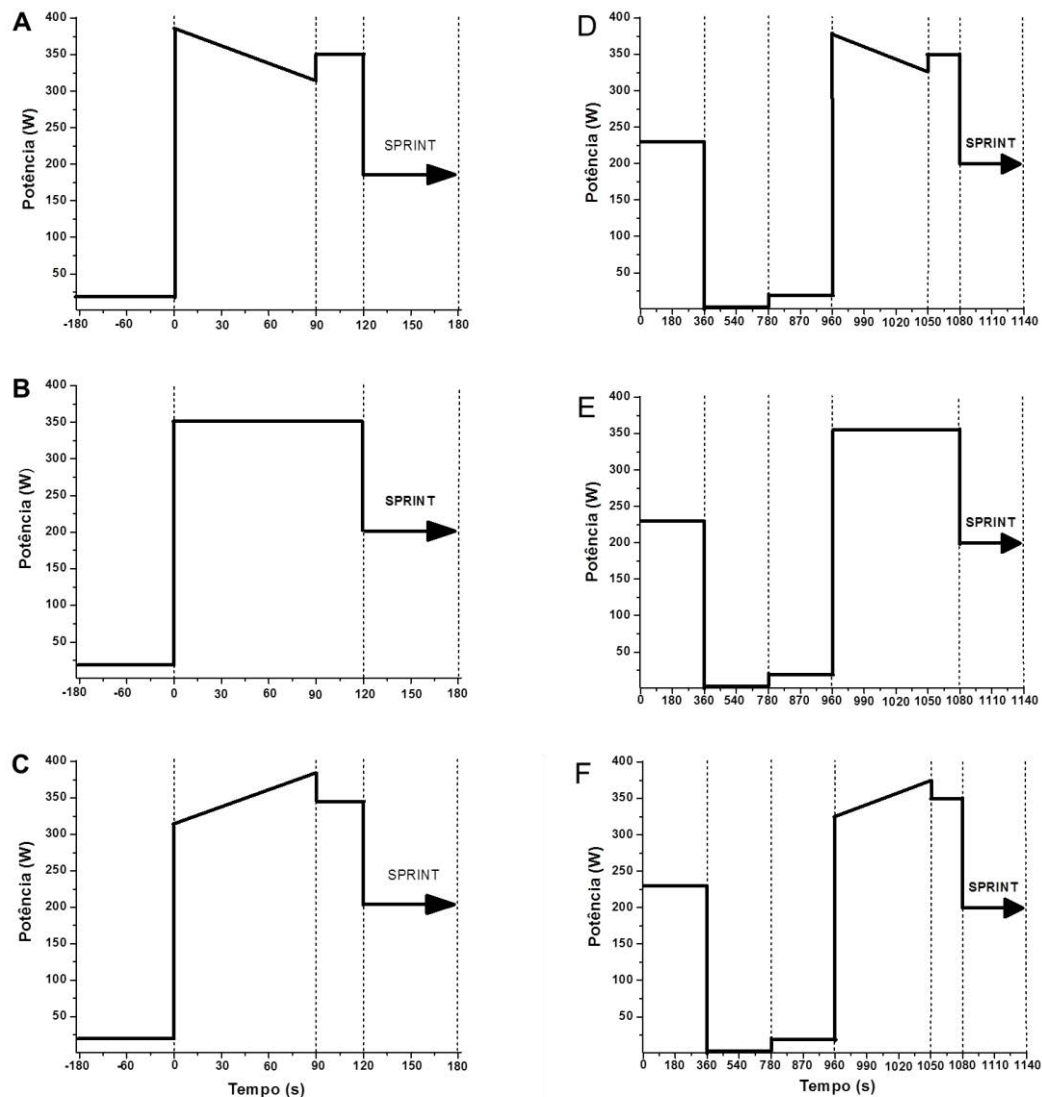
A seguir desempenharam 3 min com 20 W seguido por uma das seguintes condições experimentais: 1) Constante (C): sendo 120 s de exercício de carga constante na P3min seguido por um exercício máximo (*sprint all out*) de 60 s; 2) Início lento (IL): 90 s de exercício com carga inicial de 90% P3min, aumentando linearmente até atingir 110% da P3min, seguido por 30 s na P3min para equalizar as condições experimentais, continuando com um exercício máximo (*sprint all out*) de 60 s; 3) Início rápido (IR): 90 s de exercício com carga inicial de 110% da P3min, decrescendo linearmente até atingir 90% da P3min, seguido por 30 s na P3min para equalizar as condições experimentais, continuando com um exercício máximo (*sprint all out*) de 60 s (BAILEY et al., 2011) (veja Figura 2, página 39).

Todas estas condições foram realizadas com e sem a realização de um exercício prévio pesado. As seis sessões foram realizadas em ordem

randômica. Durante os 120 s de exercício (cargas das estratégias de distribuição da intensidade) foi utilizado o modo hiperbólico (potência fixa) do cicloergômetro, sendo a seguir imediatamente mudado para o modo linear do cicloergômetro.

Durante todo o teste o indivíduo foi encorajado e estimulado a realizar o esforço máximo, não recebendo, entretanto nenhuma informação sobre o tempo de teste. Houve coletas de lactato sanguíneo no final do percurso das estratégias de distribuição da intensidade (i.e., 90 s) e no final do *sprint all out* (i.e., 180 s).

O  $\dot{V}O_2$  foi mensurado respiração a respiração durante todo o protocolo a partir do gás expirado, sendo os dados reduzidos às médias de 15 s. Os equipamentos utilizados e os sistemas de calibração foram os mesmos descritos anteriormente.



**Figura 2.** Protocolo das diferentes estratégias de distribuição da intensidade. À esquerda estratégias sem a realização do exercício prévio (Figura A: Início rápido, B: Constante e C: Início lento). À direita, as estratégias com a realização do exercício prévio (Figura D: Início rápido, E: Constante e F: Início lento).

### 5.6. Protocolo para determinação do *sprint all out*

Para a realização deste teste foi utilizado o modo linear (potência dependente da rotação por minuto realizada), fornecido pelo cicloergômetro, no qual a resistência foi calculada utilizando a média da cadência preferida obtida

no teste progressivo de rampa e o valor da carga ( $W$ ) correspondente a  $50\%\Delta$  ( $P_{max} - LL$ ) conforme a Equação 7:

$$\text{Sprint all out} = \frac{\text{Carga}}{\text{Cadência}} \quad (\text{Equação 7})$$

Onde:  $50\%\Delta$  = representa o delta de variação ( $P_{max} - LL$ ); Cadência preferida<sup>2</sup> = é a média da cadência mensurada no teste progressivo de rampa elevada ao quadrado.

Para a realização desse protocolo, após o percurso das estratégias de distribuição da intensidade, uma contagem regressiva de 5 s antes do término da equalização ( $P_{3min}$ ) foi narrada regressivamente, a partir do qual, os indivíduos foram instruídos e estimulados verbalmente a atingirem a maior potência possível e mantê-la por 60 s (*all out*) (BAILEY et al., 2011).

### 5.7. Protocolo do exercício prévio e recuperação

O exercício prévio adotado em nosso estudo foi realizado durante 6 min na intensidade correspondente a 90% PC. Entre o exercício prévio e as condições experimentais os indivíduos repousaram por 7 min sentados no cicloergômetro (BURNLEY et al., 2005). Houve coleta de 25  $\mu\text{L}$  de sangue do lóbulo da orelha no final do 6<sup>o</sup> para a dosagem da [La] (final da realização do exercício prévio) e no final do 7<sup>o</sup> min (final do repouso). O  $\dot{V}O_2$  foi mensurado a respiração a respiração durante todo o protocolo a partir do gás expirado, sendo os dados reduzidos às médias de 15 s. Os equipamentos utilizados e os sistemas de calibração foram os mesmos descritos anteriormente.

### 5.8. Análise dos dados de potência

Todos os dados obtidos pelo *software Lode*<sup>®</sup> LEM durante as diferentes condições das estratégias de distribuição da intensidade com e sem a realização do exercício prévio foram exportados para o *software Microsoft*

Excel<sup>®</sup>. A seguir, os dados brutos foram filtrados a fim de produzir médias a cada 1 s, posteriormente foram determinados os índices mecânicos e Trabalho obtidos durante o *sprint all out* de cada teste. A Ppico foi definida como a maior potência gerada. A Pmédia foi determinada como a média gerada ao longo dos 60 s de exercício, enquanto que a Pfinal foi obtida por meio da média dos últimos 30 s do *sprint all out*. A quantificação do Trabalho foi feita por meio do cálculo integral da área abaixo da curva de potência (método trapezoidal), ao longo dos 60 s de exercício.

Para a realização desses ajustes foi utilizado o software *MatLab<sup>®</sup> 2012* (MathWorks Inc., Natick, MA, USA).

### 5.9. Análise dos dados da cinética do $\dot{V}O_2$

Para determinar os parâmetros da cinética do  $\dot{V}O_2$ , em cada sessão das condições experimentais, o  $\dot{V}O_2$  foi mensurado respiração a respiração durante todos os protocolos de distribuição da intensidade, os dados coletados foram ajustados no plano cartesiano. Em seguida, cada curva de resposta do  $\dot{V}O_2$  foi analisada manualmente para a exclusão de pontos extremos, que representam eventos fisiológicos não característicos da resposta do  $\dot{V}O_2$  em exercício, que foram definidos como valores maiores que dois desvios-padrões da média local (4 - 5 respirações) (JONES e POOLE, 2005). Posteriormente, os dados foram interpolados para fornecer valores alinhados pelo tempo a cada segundo, para cada sujeito em cada condição de exercício (BURNLEY et al., 2001).

A descrição matemática da cinética do  $\dot{V}O_2$  foi realizada empregando o modelo mono-exponencial sem tempo de atraso e com janelamento do tempo de ajuste em  $t = 0$  (equivalente ao tempo de resposta médio - TRM). Conforme a Equação 8:

$$\dot{V}O_2(t) = \dot{V}O_{2b} + A \left[ 1 - e^{-\left(\frac{t-TD}{\tau}\right)} \right] \quad (\text{Equação 8})$$

Onde:  $\dot{V}O_2(t)$  = representa a variável ( $\text{mlO}_2 \cdot \text{min}^{-1}$ ) em um dado tempo (t);  $\dot{V}O_{2b}$  = é a linha de base de  $\dot{V}O_2$  ( $\text{mlO}_2 \cdot \text{min}^{-1}$ ); A = é a amplitude da curvatura exponencial ( $\text{mlO}_2 \cdot \text{min}^{-1}$ );  $\tau$  = é a constante de tempo em segundos (ou, o tempo em segundos necessário para atingir 63% da assíntota de resposta do  $\dot{V}O_2$  para uma intensidade do exercício); TD = é o tempo de resposta (em s); t = é o tempo do exercício; e  $e$  = é a base dos logaritmos naturais (BARSTOW et al., 1996).

A linha de base do  $\dot{V}O_2$  ( $\dot{V}O_{2b}$ ) foi definida como a média do último minuto do  $\dot{V}O_2$  medido previamente ao início de cada transição. Para a realização desse ajuste foi utilizado o software *Origin*<sup>®</sup> 8.0 (Northampton, MA, USA). O tempo de resposta médio (TRM) foi calculado como a soma algébrica do TD com o tau (WHIPP et al., 2005). Já o déficit de  $O_2$  foi estimado conforme com DiMenna et al. (2008) por meio da Equação 9:

$$\text{Déficit } O_2 = \text{TRM} \cdot \Delta \dot{V}O_2 \quad (\text{Equação 9})$$

Onde: TRM = é o tempo de resposta médio e;  $\Delta \dot{V}O_2$  = é a diferença entre o  $\dot{V}O_2$  e a amplitude da resposta primária.

### 5.9.1. Análise estatística

Os dados foram expressos como média  $\pm$  DP. A normalidade das variáveis determinadas neste estudo foi analisada pelo teste de *Shapiro Wilk*. A influência das estratégias de distribuição da intensidade e do exercício prévio foi realizada usando ANOVA *two-way* (estratégias vs. exercício prévio), complementada pelo teste de LSD. Já a análise de comparação do nível de aptidão aeróbia entre os grupos GNT e GT, como variáveis submáximas e máximas foram realizadas pelo teste *t* de *Student*. Em todos os testes foi adotado um nível de significância de  $p \leq 0,05$ . As análises estatísticas foram feitas usando o software *STATISTICA*<sup>®</sup> 7.0 (*Stat Soft, Inc., Tulsa, USA*).

## 6. RESULTADOS

Os parâmetros máximos e submáximos obtidos no teste progressivo de rampa estão descritos na Tabela 2, e foram utilizados para caracterizar o nível de aptidão aeróbia dos grupos. Os parâmetros Pmax,  $\dot{V}O_2$ max, VEmax, LL, cadência e Pmax relativa foram significativamente maiores no grupo GT quando comparados ao GNT ( $p < 0,05$ ). Quanto aos critérios de exaustão, tanto o GNT e GT atingiram os critérios (Quociente da razão das trocas respiratórias (QR) maior do que 1,1; (2) [La]final maior do que 8 mM; (3) FCmax atingida no final do teste maior ou igual a 90% da predita para a idade.

**Tabela 2.** Variáveis obtidas durante o teste progressivo de rampa.

Variáveis	Grupos	
	GNT (N= 14)	GT (N= 14)
Pmax (W)	314 ± 40	412 ± 45*
$\dot{V}O_2$ max (mLO <sub>2</sub> .min <sup>-1</sup> )	3446 ± 425	4432 ± 469*
$\dot{V}O_2$ max (mLO <sub>2</sub> .kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	44 ± 6	63 ± 9*
VEmax (mLO <sub>2</sub> .min <sup>-1</sup> )	152 ± 25	184 ± 30*
QR ( $\dot{V}O_2/VCO_2$ )	1,26 ± 0,1	1,32 ± 0,1
FCmax (bpm)	181 ± 9	193 ± 8
[La]final (mM)	8,6 ± 2,6	8,6 ± 1,6
LL (W)	96 ± 34	208 ± 30*
LL (%Pmax)	31 ± 9	50 ± 6*
Cadência (rpm)	73 ± 8	86 ± 6*
Pmax (W/Kg)	4,0 ± 0,5	5,8 ± 0,8*
Volume de treino (km/semana)	- - - -	402 ± 144

Pmax = Potência máxima;  $\dot{V}O_2$ max = Consumo máximo de oxigênio; VEmax = Ventilação máxima atingida; QR= Quociente da razão de trocas gasosas; FCmax = Frequência cardíaca máxima; [La]final= Concentração de lactato final; LL= Limiar de lactato; Cadência= Média da cadência adotada durante todo o teste; W/Kg= Potência pico relativa à massa corporal.

\*  $p < 0,05$  em comparação ao GNT.

### 6.1. Potência crítica e capacidade de trabalho anaeróbio

A Tabela 3 mostra os valores de potência, tlim, FC, [La]final e QR para os grupos GNT e GT obtido durante os testes preditivos para a determinação da PC e CTAn. As intensidades de exercício de carga constante selecionadas



em nosso estudo para a realização dos testes preditivos (75%, 80%, 90% e 100% Pmax) permitiram tempos de exaustão que variaram entre ~ 2 - 13 min. Não foram observadas diferenças no tlim entre os grupos analisados ( $p > 0,05$ ). O  $\dot{V}O_{2\text{final}}$  (média dos 30 s finais) medido durante os testes preditivos foi similar ao  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  em ambos os GT e GNT ( $p > 0,05$ ).

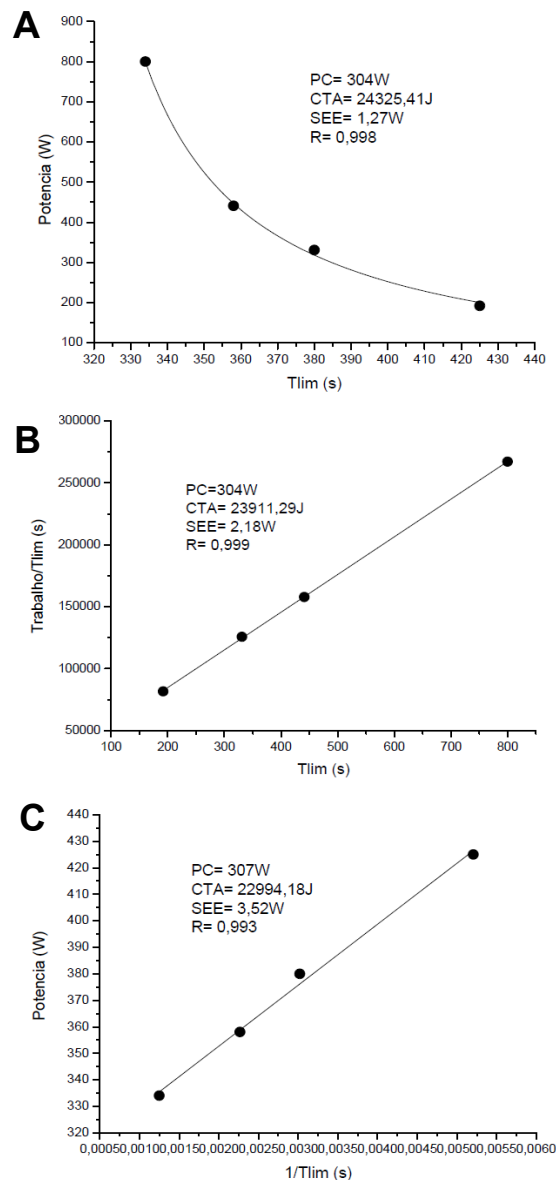
**Tabela 3.** Valores médios  $\pm$  DP das variáveis observadas durante os diferentes testes preditivos para os grupos GNT (N = 14) e GT (N = 14).

Intensidades	Variáveis	GNT (N = 14)	GT (N = 14)
100% Pmax	Potência (W)	315 $\pm$ 45	406 $\pm$ 47
	tlim (s)	173 $\pm$ 36	174 $\pm$ 42
	FCfinal (bpm)	177 $\pm$ 10	181 $\pm$ 9
	[La]final (mM)	8,2 $\pm$ 1,9	10,3 $\pm$ 4,0
	$\dot{V}O_{2\text{final}}$ (mLO <sub>2</sub> .min <sup>-1</sup> )	3426 $\pm$ 416	4427 $\pm$ 441
	QR ( $\dot{V}O_2/\dot{V}CO_2$ )	1,35 $\pm$ 0,12	1,35 $\pm$ 0,09
90% Pmax	Potência (W)	282 $\pm$ 39	367 $\pm$ 38
	tlim (s)	275 $\pm$ 62	294 $\pm$ 61
	FCfinal (bpm)	179 $\pm$ 8	184 $\pm$ 8
	[La]final (mM)	9,5 $\pm$ 2,6	8,8 $\pm$ 3,1
	$\dot{V}O_{2\text{final}}$ (mLO <sub>2</sub> .min <sup>-1</sup> )	3450 $\pm$ 483	4497 $\pm$ 419
	QR ( $\dot{V}O_2/\dot{V}CO_2$ )	1,26 $\pm$ 0,08	1,29 $\pm$ 0,08
80% Pmax	Potência (W)	254 $\pm$ 36	339 $\pm$ 37
	tlim (s)	430 $\pm$ 75	459 $\pm$ 106
	FCfinal (bpm)	181 $\pm$ 8	185 $\pm$ 8
	[La]final (mM)	10,2 $\pm$ 3,3	9,5 $\pm$ 2,0
	$\dot{V}O_{2\text{final}}$ (mLO <sub>2</sub> .min <sup>-1</sup> )	3577 $\pm$ 472	4339 $\pm$ 404
	QR ( $\dot{V}O_2/\dot{V}CO_2$ )	1,19 $\pm$ 0,07	1,20 $\pm$ 0,09
75% Pmax	Potência (W)	236 $\pm$ 31	313 $\pm$ 25
	tlim (s)	696 $\pm$ 12	656 $\pm$ 115
	FCfinal (bpm)	180 $\pm$ 9	183 $\pm$ 6
	[La]final (mM)	11,9 $\pm$ 3,1	10,1 $\pm$ 1,4
	$\dot{V}O_{2\text{final}}$ (mLO <sub>2</sub> .min <sup>-1</sup> )	3521 $\pm$ 421	4344 $\pm$ 357
	QR ( $\dot{V}O_2/\dot{V}CO_2$ )	1,17 $\pm$ 0,09	1,23 $\pm$ 0,10

tlim = tempo limite mantido na intensidade; FCfinal = Frequência cardíaca final; [La]final = Concentração de lactato sanguíneo dosada no final do esforço; QR = Quociente da razão de trocas respiratórias.

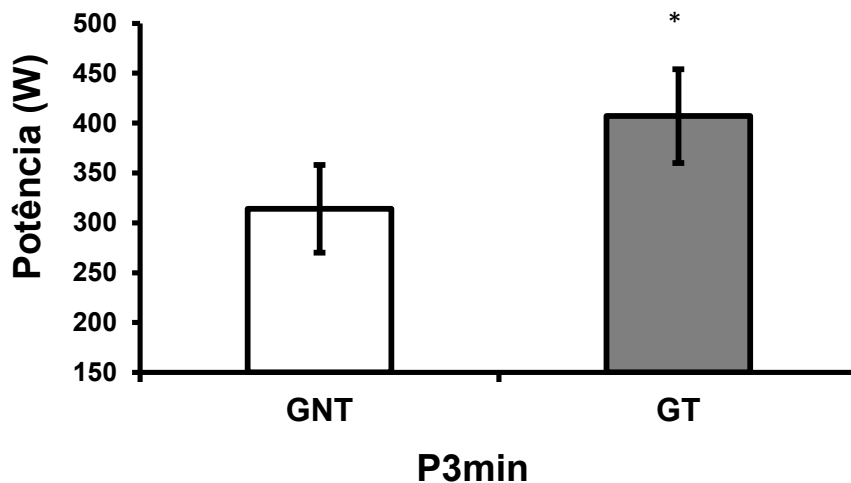
O EPE e  $r^2$  para a determinação da PC no GNT foi de 4,0  $\pm$  3,5 W e 0,98  $\pm$  0,04 e para o GT de 7,0  $\pm$  6,0 W e 0,98  $\pm$  0,03. A PC foi significativamente

maior para o GT ( $283 \pm 35$  W) em comparação ao GNT ( $206 \pm 28$  W) ( $p < 0,05$ ). Contudo, a CTAn foi similar entre os grupos (GT:  $23 \pm 6$  kJ e GNT:  $20 \pm 5$  kJ) ( $p > 0,05$ ). A Figura 3 exemplifica para um determinado sujeito, os três modelos matemáticos usados em nosso estudo para a determinação da PC e CTAn.



**Figura 3.** Exemplos da determinação da PC e CTAn para um determinado sujeito do GT. O modelo matemático determinado que apresentasse o menor erro de estimativa foi adotado para cada indivíduo do estudo. A: Modelo hiperbólico da relação potência vs. tlim, B: Modelo linear trabalho vs. tempo, C: Modelo linear potência vs. 1/tempo. Nos exemplos acima, o modelo de PC adotado foi à figura A.

A P3min determinada para o GNT foi de  $314 \pm 44$  W, representou  $100 \pm 5$  %Pmax e para o GT foi de  $407 \pm 47$  W, representando  $99 \pm 7$ %Pmax. A P3min foi significativamente maior para o GT em relação ao GNT ( $p < 0,05$ ) (Figura 4). A PC determinada em nosso estudo representou  $66 \pm 5$ %P3min para o GNT e  $70 \pm 7$ %P3min para o GT, respectivamente.



**Figura 4.** Valores médios  $\pm$  DP da P3min determinados para ambos os grupos GNT (N = 14) e GT (N = 14).

\*  $p < 0,05$  em relação ao GNT.

Em relação ao exercício prévio estimado em nosso estudo, a intensidade foi de  $184 \pm 26$  W e correspondeu a  $89 \pm 2$ %PC no GNT, e de  $256 \pm 32$  W, representando  $90 \pm 1$ %PC para os GT.

## 6.2. Efeito do exercício prévio e recuperação sobre as respostas metabólicas e fisiológicas

Os valores médios  $\pm$  DP da [La] e FC mensurados no final do exercício prévio, no final da recuperação após o exercício prévio e anteriormente ao exercício principal nas diferentes estratégias estão apresentados na Tabela 4. Os valores de [La] e FC para os GNT e GT foram similares para as estratégias de IL, C e IR ( $p > 0,05$ ). Comparando-se a [La]final EP com a [La]final

recuperação, houve uma redução significativa da [La] para ambos o GT (~ 48%) e o GNT (~ 35%) ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 4.** Valores médios  $\pm$  DP das variáveis de frequência cardíaca e concentração de lactato sanguíneo obtidas durante o exercício prévio e a recuperação anteriormente à realização das diferentes condições de estratégia de distribuição da intensidade (IL, C e IR) para os GNT (N = 14) e GT (N = 14).

Estratégias	Variáveis	GNT	GT
IL	FCfinal EP (bpm)	150 $\pm$ 14	160 $\pm$ 11
	[La]final EP (mM)	4,48 $\pm$ 1,0	3,43 $\pm$ 1,3
	FCfinal recuperação (bpm)	97 $\pm$ 14	101 $\pm$ 10
	[La]final recuperação (mM)	2,89 $\pm$ 0,7*	1,73 $\pm$ 0,7*
C	FCfinal EP (bpm)	151 $\pm$ 11	161 $\pm$ 10
	[La]final EP (mM)	4,59 $\pm$ 1,2	3,53 $\pm$ 1,2
	FCfinal recuperação (bpm)	96 $\pm$ 10	107 $\pm$ 11
	[La]final recuperação (mM)	2,95 $\pm$ 0,3*	1,78 $\pm$ 0,6*
IR	FCfinal EP (bpm)	151 $\pm$ 12	160 $\pm$ 12
	[La]final EP (mM)	4,87 $\pm$ 1,3	3,41 $\pm$ 1,1
	FCfinal recuperação (bpm)	96 $\pm$ 11	104 $\pm$ 10
	[La]final recuperação (mM)	3,25 $\pm$ 0,9*	1,87 $\pm$ 0,5*

FCfinal EP = Frequência cardíaca observada no final do exercício prévio; [La]final EP = Concentração de lactato mensurada no final do exercício prévio; FC<sub>Final</sub> recuperação = Frequência cardíaca observada no final da recuperação; [La]final recuperação = Concentração de lactato mensurada no final da recuperação; IL - início lento; C - constante; IR - início rápido.

\*  $p < 0,05$  em relação à [La]final EP.

Os valores médios  $\pm$  DP das respostas metabólicas ([La]) e cardíacas (FC) mensuradas em diferentes momentos durante o exercício realizado com diferentes estratégias de distribuição da intensidade ([La]<sub>90s</sub> e FC<sub>90s</sub>) e no *sprint* ([La]<sub>180s</sub> e FC<sub>180s</sub>) são mostradas na Tabela 5. Os valores de [La]<sub>90s</sub> e FC<sub>90s</sub> para os GNT e GT foram similares para as estratégias de IL, C e IR durante a condição controle e com a realização do exercício prévio ( $p > 0,05$ ). Da mesma forma, esses valores não apresentaram diferenças estatísticas em

comparando-se a condição controle com a condição de realização do exercício prévio ( $p > 0,05$ ). Em relação aos valores de [La]180s e FC180s para ambos os GNT e GT, não foram observadas diferenças significantes nas estratégias de IL, C e IR na condição controle e com a realização do exercício prévio ( $p > 0,05$ ). Similarmente, os valores mensurados de [La]180s e FC180s durante a condição controle quando comparados com a condição de realização do exercício prévio também não foram encontradas diferenças estatísticas ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 5.** Valores médios  $\pm$  DP das variáveis fisiológicas mensuradas durante as diferentes estratégias de distribuição da intensidade de exercício, sem e com a realização do exercício prévio pesado para os GNT e GT.

Condições		GNT (N = 14)		GT (N = 14)	
Estratégias	Variáveis	Controle	Prévio	Controle	Prévio
IL	[La]rep (mM)	1,1 $\pm$ 0,3	1,1 $\pm$ 0,4	0,9 $\pm$ 0,2	0,9 $\pm$ 0,2
	[La]90s (mM)	2,9 $\pm$ 0,9	4,0 $\pm$ 0,8	3,0 $\pm$ 1,0	3,5 $\pm$ 1,0
	[La]180s (mM)	10,1 $\pm$ 1,8	10,4 $\pm$ 1,7	10,2 $\pm$ 2,3	10,1 $\pm$ 2,3
	FC90s (bpm)	159 $\pm$ 16	170 $\pm$ 11	169 $\pm$ 9	172 $\pm$ 7
	FC180s (bpm)	178 $\pm$ 11	183 $\pm$ 11	179 $\pm$ 9	180 $\pm$ 10
C	[La]rep (mM)	1,2 $\pm$ 0,3	1,3 $\pm$ 0,2	1,0 $\pm$ 0,2	0,9 $\pm$ 0,2
	[La]90s (mM)	3,4 $\pm$ 0,9	4,2 $\pm$ 0,9	3,5 $\pm$ 0,9	3,9 $\pm$ 0,9
	[La]180s (mM)	10,6 $\pm$ 2,7	10,3 $\pm$ 2,0	9,5 $\pm$ 2,1	11,1 $\pm$ 2,4
	FC90 s (bpm)	163 $\pm$ 16	168 $\pm$ 14	168 $\pm$ 10	173 $\pm$ 8
	FC180s (bpm)	179 $\pm$ 10	182 $\pm$ 8	180 $\pm$ 10	182 $\pm$ 7
IR	[La]rep (mM)	1,2 $\pm$ 0,4	1,2 $\pm$ 0,3	1,1 $\pm$ 0,4	1,1 $\pm$ 0,3
	[La]90s (mM)	3,4 $\pm$ 1,1	4,8 $\pm$ 1,1	3,3 $\pm$ 1,2	3,7 $\pm$ 0,2
	[La]180s (mM)	10,6 $\pm$ 2,1	11,7 $\pm$ 1,1	11,3 $\pm$ 3,1	11,0 $\pm$ 2,0
	FC90s (bpm)	165 $\pm$ 11	167 $\pm$ 12	169 $\pm$ 9	173 $\pm$ 8
	FC180s (bpm)	179 $\pm$ 8	183 $\pm$ 11	181 $\pm$ 8	182 $\pm$ 9

[La]rep = concentração de lactato mensurada em repouso; [La]90s = Concentração de lactato mensurada ao final dos 90 s de exercício; [La]180s = Concentração de lactato mensurada ao final dos 180 s de exercício; FC90s = frequência cardíaca observada no final dos 90 s de exercício; FC180s = frequência cardíaca observada no final dos 180 s de exercício.

### 6.3. Índices mecânicos de performance

As variáveis de performance (potência, tempo necessário para atingir a potência pico, trabalho realizado e índice de fadiga) obtidas durante o *sprint all out* em cada estratégia de distribuição da intensidade (IL, C e IR) com e sem a realização do exercício prévio pesado são mostradas na Tabela 6. Houve efeito do exercício prévio na Ppico nos dois grupos analisados ( $p < 0,05$ ). Não foi verificada interação dos fatores estratégia e exercício prévio para a Ppico ( $p > 0,05$ ) nos dois grupos. Após a realização do exercício prévio houve aumento significativo da Ppico em ambos os GNT e GT ( $p < 0,05$ ).

Da mesma forma, houve efeito do exercício prévio na Ppico nos dois grupos analisados ( $p < 0,05$ ). Não houve interação dos fatores estratégia e exercício prévio para Pmédia ( $p > 0,05$ ) nos dois grupos. Na condição com a realização do exercício prévio houve aumento significativo da Pmédia em ambos o GNT e GT ( $p < 0,05$ ).

Não foi encontrado efeito da estratégia de distribuição da intensidade do exercício e do exercício prévio para a Pfinal em ambos os GNT e GT ( $p > 0,05$ ), sem interação entre os fatores estratégia e exercício prévio ( $p > 0,05$ ) nos dois grupos.

Da mesma forma, não foi encontrado efeito da estratégia de distribuição da intensidade do exercício e do exercício prévio para o Tempo Ppico em ambos os GNT e GT ( $p > 0,05$ ), sem interação entre os fatores estratégia e exercício prévio ( $p > 0,05$ ) nos dois grupos.

Houve efeito significativo do exercício prévio no Trabalho Total realizado durante o *sprint* ( $p < 0,05$ ), sem interação entre os fatores estratégia e exercício prévio ( $p > 0,05$ ) nos dois grupos. Em relação ao IF, não foram observadas

diferenças significantes entre as estratégias na condição controle e após a realização do exercício prévio pesado para ambos os grupos ( $p > 0,05$ ). Da mesma forma, não foi encontrado efeito da estratégia de distribuição da intensidade do exercício e do exercício prévio para o IF em ambos os GNT e GT ( $p > 0,05$ ).

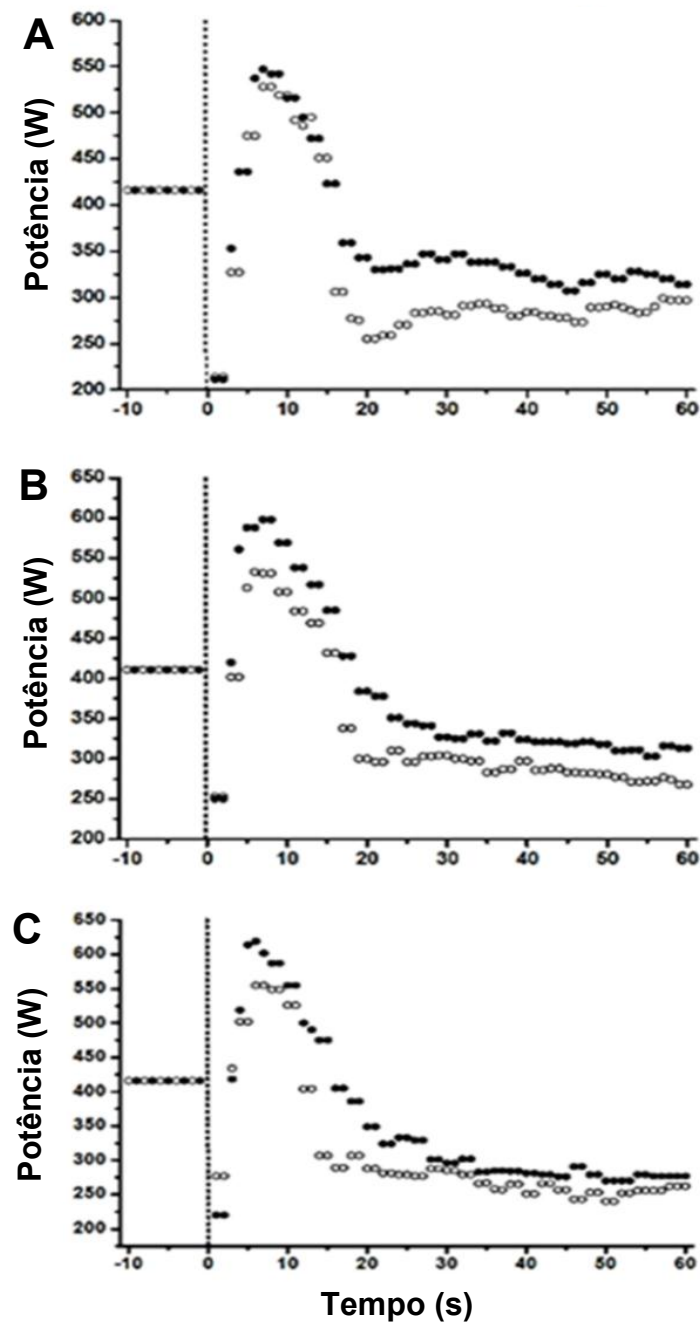
**Tabela 6.** Valores médios  $\pm$  DP das variáveis mensuradas no *sprint all out* durante as estratégias de distribuição da intensidade IL, C e IR, sem e com a realização do exercício prévio pesado para os GNT (N = 14) e GT (N = 14).

Condições		GNT (N = 14)		GT (N = 14)	
Variáveis		Controle	Prévio	Controle	Prévio
IL	Ppico (W)	467 $\pm$ 93	503 $\pm$ 79*	553 $\pm$ 94	586 $\pm$ 76*
	Pmédia (W)	298 $\pm$ 59	316 $\pm$ 49*	386 $\pm$ 69	396 $\pm$ 68*
	Pfinal (W)	256 $\pm$ 59	267 $\pm$ 53	355 $\pm$ 72	361 $\pm$ 45
	Tempo Ppico (s)	6,7 $\pm$ 1,8	7,3 $\pm$ 2,0	7,0 $\pm$ 2,5	6,8 $\pm$ 1,3
	Trabalho <i>sprint</i> - 60 s (kJ)	13,8 $\pm$ 3,2	18,0 $\pm$ 3,0	16,1 $\pm$ 3,6	15,0 $\pm$ 4,7
	IF (%)	46 $\pm$ 14	47 $\pm$ 14	35 $\pm$ 13	37 $\pm$ 13
C	Ppico (W)	469 $\pm$ 59	515 $\pm$ 63*	558 $\pm$ 93	617 $\pm$ 110*
	Pmédia (W)	304 $\pm$ 51	319 $\pm$ 54*	396 $\pm$ 43	408 $\pm$ 47*
	Pfinal (W)	258 $\pm$ 58	254 $\pm$ 58	362 $\pm$ 46	368 $\pm$ 48
	Tempo para Ppico (s)	6,6 $\pm$ 1,3	7,1 $\pm$ 2,7	5,6 $\pm$ 1,8	6,3 $\pm$ 1,4
	Trabalho <i>sprint</i> - 60 s (kJ)	14,3 $\pm$ 2,2	13,8 $\pm$ 2,6	16,6 $\pm$ 2,8	16,7 $\pm$ 4,0
	IF (%)	47 $\pm$ 13	46 $\pm$ 13	34 $\pm$ 11	39 $\pm$ 12
IR	Ppico (W)	522 $\pm$ 123	570 $\pm$ 132*	606 $\pm$ 101	674 $\pm$ 110*
	Pmédia (W)	313 $\pm$ 105	317 $\pm$ 100*	400 $\pm$ 44	415 $\pm$ 60*
	Pfinal (W)	259 $\pm$ 69	257 $\pm$ 68	362 $\pm$ 43	367 $\pm$ 57
	Tempo para Ppico (s)	6,8 $\pm$ 1,2	6,3 $\pm$ 1,1	5,8 $\pm$ 1,6	6,1 $\pm$ 1,3
	Trabalho <i>sprint</i> - 60 s (kJ)	14,2 $\pm$ 1,7	14,7 $\pm$ 1,9	16,5 $\pm$ 3,0	17,3 $\pm$ 3,5
	IF (%)	47 $\pm$ 13	50 $\pm$ 12	39 $\pm$ 10	45 $\pm$ 7

Ppico = Potência pico; Pmédia = Potência média; Pfinal = Potência final; Tempo para atingir Ppico = Tempo necessário para atingir o pico do *sprint*; Trabalho *sprint* = Trabalho calculado durante o *sprint*; IF = Índice de fadiga.

\*  $p < 0,05$  em relação à condição controle para a mesma estratégia de distribuição da intensidade.

O comportamento da variável de potência observado para um determinado sujeito do grupo GT está representado na Figura 5.



**Figura 5.** Comportamento da variável de potência observado para um determinado sujeito do grupo GT, acima (A): estratégia com início lento; intermediário (B): estratégia constante; e abaixo (C): estratégia com início rápido. Círculos abertos: condição controle e círculos fechados: representa a condição com a realização do exercício prévio pesado.



#### 6.4. Cinética do consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ )

As variáveis respiratórias obtidas durante as diferentes estratégias de distribuição da intensidade com e sem a realização do exercício prévio pesado estão descritas na Tabela 7. Os valores de  $\dot{V}O_{2b}$  foram similares entre as estratégias (IL, C e IR) e também com e sem a realização do exercício prévio, para ambos os GT e GNT ( $p > 0,05$ ). Houve aumento significativo da A com a realização do exercício prévio nos grupos GNT e GT ( $p < 0,05$ ). Não foi verificada interação dos fatores estratégia e exercício prévio para a A ( $p > 0,05$ ).

Houve redução significativa do Déficit de  $O_2$  para os grupos GNT e GT após a realização do exercício prévio ( $p < 0,05$ ). Houve interação dos fatores estratégia e exercício prévio somente no grupo GT ( $p < 0,05$ ). Portanto, neste grupo o efeito do exercício prévio foi maior para as estratégias com início mais lento, ou seja, C e IL. Houve efeito da estratégia de distribuição da intensidade quando se comparou as condições IL com IR e C com IR ( $p < 0,05$ ) durante a condição controle. Houve redução significativa do Déficit de  $O_2$  nas condições de IL e C após a realização do exercício prévio ( $p < 0,05$ ).

Da mesma forma, houve redução significativa do TRM para os grupos GNT e GT após a realização do exercício prévio ( $p < 0,05$ ). Houve interação dos fatores estratégia e exercício prévio somente no grupo GT ( $p < 0,05$ ). Portanto, neste grupo o efeito do exercício prévio foi maior para as estratégias com início mais lento, ou seja, C e IL. Houve efeito da estratégia de distribuição da intensidade quando se comparou as condições IL com IR e C com IR ( $p < 0,05$ ) durante a condição controle. Houve redução significativa do TRM para as condições IL e C após a realização do exercício prévio ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 7.** Valores médios  $\pm$  DP das variáveis da cinética do  $\dot{V}O_2$  mensuradas durante as diferentes estratégias de distribuição da intensidade (IL, C e IR), com e sem a realização do exercício prévio pesado para os GNT e GT.

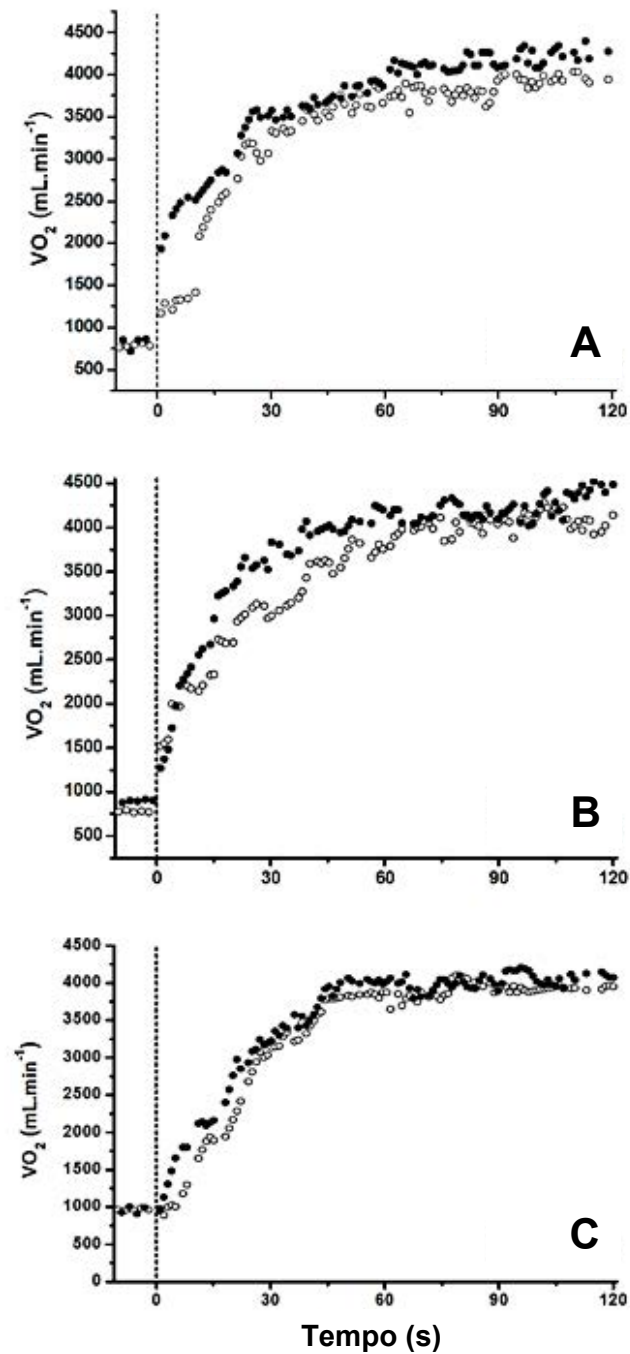
Condições		GNT (N = 14)		GT (N = 14)	
	Variáveis	Controle	Prévio	Controle	Prévio
IL	$\dot{V}O_{2b}$ (L.min <sup>-1</sup> )	1,12 $\pm$ 0,21	1,02 $\pm$ 0,33	1,19 $\pm$ 0,21	1,12 $\pm$ 0,22
	A (L.min <sup>-1</sup> )	2,33 $\pm$ 0,44	2,53 $\pm$ 0,37*	2,69 $\pm$ 0,36	2,91 $\pm$ 0,40*
	Déficit O <sub>2</sub> (L.min <sup>-1</sup> )	1,31 $\pm$ 0,38	1,09 $\pm$ 0,31*	1,45 $\pm$ 0,38•	1,22 $\pm$ 0,3*†
	TRM (s)	33,7 $\pm$ 7,3	26,2 $\pm$ 6,1*	32,0 $\pm$ 5,6•	25,9 $\pm$ 4,8*†
C	$\dot{V}O_{2b}$ (L.min <sup>-1</sup> )	1,10 $\pm$ 0,25	1,02 $\pm$ 0,27	1,25 $\pm$ 0,20	1,25 $\pm$ 0,24
	A (L.min <sup>-1</sup> )	2,30 $\pm$ 0,36	2,48 $\pm$ 0,42*	2,73 $\pm$ 0,39	2,86 $\pm$ 0,41*
	Déficit O <sub>2</sub> (L.min <sup>-1</sup> )	1,23 $\pm$ 0,30	0,98 $\pm$ 0,43*	1,48 $\pm$ 0,2	1,15 $\pm$ 0,2*†
	TRM (s)	30,3 $\pm$ 8,6	23,9 $\pm$ 7,5*	32,1 $\pm$ 4,7	24,6 $\pm$ 4,7*†
IR	$\dot{V}O_{2b}$ (L.min <sup>-1</sup> )	1,15 $\pm$ 0,23	1,08 $\pm$ 0,18	1,08 $\pm$ 0,18	1,13 $\pm$ 0,21
	A (L.min <sup>-1</sup> )	2,12 $\pm$ 0,36	2,41 $\pm$ 0,34*	2,67 $\pm$ 0,31	2,89 $\pm$ 0,42*
	Déficit O <sub>2</sub> (L.min <sup>-1</sup> )	1,08 $\pm$ 0,5	0,84 $\pm$ 0,31*	1,22 $\pm$ 0,3	1,16 $\pm$ 0,4*†
	TRM (s)	29,2 $\pm$ 11,0	22,4 $\pm$ 7,8*	26,6 $\pm$ 4,0	24,1 $\pm$ 4,8*†

$\dot{V}O_{2b}$  = Consumo de oxigênio basal; A = Amplitude do  $\dot{V}O_2$ ; Déficit O<sub>2</sub> = Déficit de oxigênio; TRM = Tempo de resposta médio.

\* p < 0,05 em relação à condição controle para a mesma estratégia de distribuição da intensidade;

† Interação exercício prévio vs. estratégia;

A Figura 6 mostra o comportamento da curva do  $\dot{V}O_2$  para um determinado sujeito durante as diferentes estratégias de distribuição da intensidade, com e sem a realização do exercício prévio pesado.



**Figura 6.** Valores de  $\dot{V}O_2$  observados para um determinado indivíduo do grupo GT nas diferentes estratégias, acima (A): IL; intermediário (B) C; e abaixo (C): IR. Círculos abertos representam a condição controle e círculos fechados representam a condição com a realização do exercício prévio.

## 7. DISCUSSÃO

Para nosso conhecimento, este foi o primeiro estudo que objetivou analisar os efeitos isolados e complementares do exercício prévio e da estratégia de distribuição da intensidade em um único procedimento. Um dos principais achados deste estudo foi semelhante ao encontrado em estudos anteriores que demonstraram que tanto o exercício prévio (GERBINO et al., 1996; BURNLEY et al., 2000; BAILEY et al., 2009) acelera a cinética do  $\dot{V}O_2$  (TRM). No entanto, a estratégia de distribuição da intensidade IR pode não ampliar os efeitos positivos do exercício prévio pesado sobre a cinética do  $\dot{V}O_2$ . Além disso, as alterações geradas na cinética do  $\dot{V}O_2$  no início do exercício não estão necessariamente associadas com as mudanças de performance no exercício de curta duração e alta intensidade (BAILEY et al., 2011).

### 7.1. Efeito da intensidade do exercício prévio e da recuperação sobre as respostas metabólicas e fisiológicas nas diferentes estratégias de distribuição da intensidade

Em relação ao exercício prévio, Jones et al. (2003) têm sugerido que a [La] mensurada após a recuperação do exercício prévio e anterior à sessão subsequente, com valores próximos a 3 mM seriam potencialmente benéficas para a sessão principal de exercício. De fato, estudos (BURNLEY et al., 2002; 2005) verificaram uma [La] superior a 5 mM após a recuperação pode gerar um efeito negativo na performance da sessão subsequente.

A intensidade do exercício prévio adotada em nosso estudo (90%PC) mostrou proporcionar uma perturbação no meio intracelular, causando um aumento na [La] no final do exercício prévio nas diferentes estratégias, para ambos o GNT (IL - 4,5 mM, C - 4,6 mM e IR - 4,9 mM), e o GT (IL - 3,4 mM, C -

3,5 mM e IR - 3,4 mM). O tempo de recuperação adotado em nosso estudo (7 min) entre as sessões permitiu remover parte do lactato sanguíneo para o GNT (IL - 2,9 mM, C - 2,9 mM e IR - 3,3 mM) e o GT (IL - 1,7 mM, C - 1,8 mM e IR - 1,9 mM). A redução da [La] foi de ~ 48% no GT e de ~ 35% no GNT. Essa resposta da remoção do [La] ter sido exacerbada pelo GT pode ser explicada devido aos treinamentos executados na modalidade e as adaptações fisiológicas atingidas, pois uma das adaptações mais evidentes do treinamento de *endurance* é o aumento da capacidade oxidativa muscular, determinada principalmente pelo aumento do número e tamanho das mitocôndrias e pela maior atividade enzimática (JONES e CARTER, 2000).

Os valores médios da [La] das três diferentes condições (IL, C e IR) após o período de recuperação foi próximo de 3 mM para os dois grupos, de acordo com o sugerido na literatura (JONES et al., 2003). Dessa maneira, podemos especular que a intensidade exercício prévio proposta em nosso estudo estava de acordo com o sugerido pela literatura.

Jones et al. (2003) propõem que a acidose metabólica proporcionada pelo exercício prévio parece causar uma vasodilatação muscular e aumentar a disponibilidade de oxigênio para a sessão subsequente, determinando uma mudança para a direita da curva de dissociação da oxiemoglobina, causada pelo efeito de Bohr (GERBINO et al., 1996), no qual ocorre uma tendência do oxigênio deixar a corrente sanguínea quando a concentração de dióxido de carbono aumenta (GAUSHE et al., 1989).

Burnley et al. (2002) sugerem também a ocorrência de uma maior atividade eletromiográfica muscular, que representa um maior recrutamento de unidades motoras, causando uma maior homogeneidade da perfusão muscular no início do exercício subsequente, e isso parece também contribuir para o

ajuste mais rápido da cinética de  $\dot{V}O_2$ . De fato, Saitoh et al. (2009) verificaram uma redução na heterogeneidade espacial da cinética de desoxigenação muscular no exercício pesado subsequente a um exercício prévio pesado.

Em nosso estudo, podemos observar que a [La] mensurada nas estratégias foi similar para ambos os grupos GNT e GT, no final do percurso da realização das estratégias (isto é, 90 s de exercício) (~ 4 mM) e no final do *sprint* (~ 11 mM). Para o GNT e GT após a realização do exercício prévio, a [La] mensurada nas diferentes estratégias (90 s e final do *sprint*) não foram verificadas diferenças estatísticas, já os valores de [La] observados em nosso estudo para o GNT e comparados com a literatura corroboram com os valores de [La] verificados no estudo de Bailey et al. (2011). Porém é importante salientar a ausência de estudos que analisaram esse procedimento experimental com indivíduos treinados, dificultando as comparações com os valores da literatura. Já os valores verificados no final do *sprint all out* (180 s) confirmam o máximo esforço realizado pelos indivíduos.

## **7.2. Efeitos do exercício prévio sobre os índices mecânicos nas diferentes estratégias de distribuição da intensidade**

Um segundo objetivo da presente investigação foi analisar o comportamento das diferentes estratégias sem e com a realização do exercício prévio pesado sobre a performance (ou seja, índices mecânicos provenientes da potência) em indivíduos com diferentes níveis de aptidão aeróbia.

Os efeitos do exercício prévio sobre a performance e a tolerância ao exercício ( $t_{lim}$ ) têm sido amplamente estudados (BURNLEY et al., 2000; 2002; 2005). Jones et al. (2006) analisaram o efeito do exercício pesado (i.e., 50% da diferença entre o limiar ventilatório e o  $\dot{V}O_{2max}$ ) sobre o  $t_{lim}$  nas intensidades

de 100, 110 e 120%  $\dot{V}O_2\text{max}$  em indivíduos ativos. Houve um aumento significativo do tlim a 100% (de 386 para 613 s), 110% (de 218 para 284 s) e a 120%  $\dot{V}O_2\text{max}$  (de 139 para 180 s). Estes dados também foram encontrados em outros estudos (JONES et al., 2003; BURNLEY et al., 2005). Este aumento da tolerância tem sido atribuído a menor utilização da CTAn no início do exercício subsequente, permitindo assim um aumento do tempo de exaustão.

O exercício prévio de intensidade pesado ou severo tem demonstrado ser capaz de melhorar o tlim durante exercícios submáximo (BAILEY et al., 2009) e exercícios supramáximo (JONES et al., 2003). Para que a melhora da tolerância ao exercício ocorra durante exercícios de intensidade submáxima, foi verificada uma redução da amplitude do CL do  $\dot{V}O_2$  ligada à aceleração da cinética do  $\dot{V}O_2$  (BAILEY et al., 2009). Este efeito positivo (redução do CL e aceleração da cinética do  $\dot{V}O_2$ ) parece ser influenciado pela interação ideal entre a intensidade do exercício prévio e a duração da recuperação (BAILEY et al., 2009).

No presente estudo, houve diferenças significantes analisando-se a Ppico e a Pmédia, sem diferenças significantes na Pfinal quando comparadas às diferentes estratégias na condição controle e com a realização do exercício prévio, nos dois grupos. Este dado está de acordo com os dados obtidos por Burnley et al. (2005) em ciclistas bem treinados ( $\dot{V}O_2\text{max} \sim 57 \text{ mL}O_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ). Os autores demonstraram que 6 min de exercício pesado com 10 min de recuperação promoveu uma melhora significante na Pmédia (2,7%) de um exercício *sprint all out* com 5min de duração, sem nenhum efeito negativo após o exercício intenso (30 s *sprint all out*). Entretanto, nossos resultados (Pmédia) são diferentes dos obtidos no estudo conduzido por Wittekind e Beneke (2011). Neste estudo, um teste de performance de 1 min foi realizado 10 min após um

exercício prévio intenso. A Pmédia produzida durante o *sprint* foi semelhante em todas as condições de exercícios (fácil, moderado e pesado). Wittekind e Beneke (2011) discutem que o fornecimento de energia glicolítico anaeróbio foi menor e o  $\dot{V}O_2$  foi maior durante com a condição de exercício prévio pesado em comparação ao exercício prévio fácil e moderado. Os autores sugerem que embora tenha havido uma redução na taxa glicolítica, a performance de *sprint* pode ser mantida por uma maior utilização de oxigênio. Entretanto, alguns fatores que podem ajudar a explicar os diferentes resultados entre nosso estudo e os conduzidos por Burnley et al. (2005) e Wittekind e Beneke (2011) são as diferentes intensidades utilizadas durante o exercício prévio, já que Wittekind e Beneke (2011) utilizaram um exercício a 40% da Ppico com duração de 5 min, seguido por 1 min a 80% Ppico, e verificaram uma [La] mais elevada (4,2 mM) do que os valores encontrados em nosso estudo (GT = 1,9 e GNT = 2,9 mM).

Em resumo, demonstramos neste estudo que o exercício prévio pesado parece ter um impacto positivo sobre a performance, independente do nível de aptidão aeróbia. No entanto, comparando as condições sem e com a realização do exercício prévio pesado, este promoveu efeito positivo em relação às estratégias de IL e C para ambos os grupos (GNT ~11% e GT ~8%), porém este efeito não foi ampliado na estratégia IR.

Em relação ao IF, existem hipóteses e evidências de que quanto maior a Ppico atingida em um teste tipo *all out* (McCARTNEY et al., 1983; BEELEN e SARGEANT, 1991), maior será o IF gerado, entretanto, isso ainda não está claro na literatura. Interessantemente, em nosso estudo, através das estratégias utilizadas (IL, C e IR), distintos valores de Ppico foram atingidos pelo GNT e GT, entretanto o IF foi similar para todas as estratégias,



contrariando em parte a hipótese de que necessariamente uma maior  $P_{pico}$  atingida produziria um maior IF ou uma maior  $P_{final}$ . Além disso, o exercício prévio não aumentou estatisticamente o IF gerado durante as diferentes estratégias para ambos os GNT e GT. Dentre os principais mecanismos envolvidos na fadiga durante exercícios de alta intensidade, pode-se destacar o papel do íon  $Ca^{2+}$  extra- e intra-mitocondrial (SZABADKAI e DUCHEN, 2008). Enquanto o  $Ca^{2+}$  apresenta uma função imprescindível no processo de contração muscular no momento em que é liberado do retículo sarcoplasmático, o mesmo necessita ser reabsorvido novamente para dentro do retículo sarcoplasmático, a fim de promover o relaxamento da fibra muscular. Quando isto não ocorre, seja em função de patologias ou do exercício de alta intensidade, o  $Ca^{2+}$  acumulado no citosol celular passa a ser tamponado pela mitocôndria (FIGUEIRA et al., 2013), fato este que pode prejudicar o fornecimento energético oxidativo (DUCHEN, 2000; FIGUEIRA et al., 2013).

### **7.3 Efeitos do exercício prévio sobre a cinética do $\dot{V}O_2$ nas diferentes estratégias de distribuição da intensidade**

Outro objetivo deste trabalho foi analisar os efeitos do exercício prévio pesado sobre a cinética do  $\dot{V}O_2$  nas diferentes estratégias de distribuição da intensidade. O principal e original achado deste objetivo foi similar aos estudos verificados na literatura que demonstraram que o exercício prévio (GERBINO et al., 1996; BURNLEY et al., 2000; BAILEY et al., 2009) proporciona um ajuste mais rápido da cinética do  $\dot{V}O_2$  (TRM). Porém, nosso estudo demonstra pela primeira vez, que a estratégia de distribuição da intensidade IR não amplia

esses efeitos complementares na condição com a realização do exercício prévio pesado, em indivíduos treinados.

De fato, verificamos que a realização de um exercício prévio (BURNLEY et al., 2002) pode modificar a contribuição dos sistemas energéticos no início do exercício (menor déficit de  $O_2$ ). A redução da contribuição anaeróbia no início do exercício foi verificada na estratégia de IR em ambos os GNT e GT, e isso pode ser explicado pela resposta mais rápida da cinética do  $\dot{V}O_2$  (TRM, que reflete o consumo muscular de  $O_2$  e a velocidade de ajuste do metabolismo oxidativo à demanda energética do exercício). Portanto, pode-se sugerir que houve uma redução da contribuição anaeróbia no início do exercício para se atender a demanda energética, na condição com a realização do exercício prévio. Além disso, o aumento da participação aeróbia pode reduzir o acúmulo de metabólitos que podem contribuir para a fadiga (BURNLEY et al., 2002), e assim, contribuir para a melhor performance.

O GT analisado em nossa amostra apresenta perfil de atletas bem treinados aerobiamente, similar ao encontrado na literatura (LAURSEN et al., 2003). Dessa forma, é sabido que após um prolongado treinamento de endurance, como a população (GT) analisada em nosso estudo, podemos especular que os ciclistas possuem adaptações resultantes dos treinamentos executados na modalidade, como adaptações aeróbias periféricas (aumentos na concentração de enzimas oxidativa, tamanho dos capilares, tamanho e número de mitocôndrias) (BASSET et al., 2000), e centrais (débito cardíaco) (PHILLIPS et al., 1995; DEMARLE et al., 2001; BILLAT et al., 2002).

Em relação ao efeito do exercício prévio, este parece ser mediado por fatores centrais (aumento da oferta de  $O_2$ ) relacionados ao débito cardíaco. Em nosso estudo verificamos que o exercício prévio promoveu aumento da

Amplitude da curvatura exponencial de  $O_2$  para ambos os GNT e GT. Isso é confirmado por diversos estudos que verificaram que o exercício prévio parece provocar um aumento do fluxo sanguíneo e uma distribuição mais homogênea do fluxo sanguíneo muscular, proporcionando uma maior oferta de  $O_2$  para a musculatura ativa (GERBINO et al., 1996; JONES et al., 2003; JONES e POOLE, 2005; JONES et al., 2007). Dessa maneira, a extração de  $O_2$  pela musculatura ativa é aumentada, reduzindo a demanda para os sistemas anaeróbios, confirmada pelo nosso estudo (menor déficit de  $O_2$ ).

Dessa forma, a resposta mais rápida da cinética de  $O_2$  e o menor déficit de  $O_2$  observado podem ter contribuído para uma maior contribuição da via aeróbia e menor utilização da via anaeróbia no início do exercício, resultando em uma maior performance. Nas experiências clássicas de Gerbino et al. (1996), foi verificado que o exercício prévio pesado acelerou a cinética mono-exponencial (ou seja, TRM) durante a segunda sessão de exercícios pesados realizados 6 min após a primeira. Mais tarde, estudos com diferentes delineamentos experimentais (por exemplo, intensidades, durações de tempo de recuperação, faixa etária) (BAILEY et al., 2009; BARKER et al., 2010), confirmaram os resultados primários obtidos por Gerbino et al. (1996).

Em nossas condições experimentais, observamos que tanto o TRM e a Amplitude da curva exponencial do  $\dot{V}O_2$  (o aumento do  $\dot{V}O_2$  acima da linha de base) foram modificados pelo exercício prévio pesado. Em relação ao aumento e a análise da Amplitude da curva exponencial do  $\dot{V}O_2$  durante a segunda sessão de exercícios intensos, tem sido considerada importante em termos de tolerância ao exercício/performance, Murgatroyd et al. (2011) demonstraram que o ajuste mais rápido da resposta primária do  $O_2$  ( $\tau$  menor) ao início do exercício permite alcançar uma amplitude maior do  $\dot{V}O_2$  em uma maior

intensidade (carga ou velocidade) de esforço, contribuindo para uma maior tolerância ao exercício, quando comparado ao ajuste mais lento do  $\dot{V}O_2$  ( $\tau$  maior). Essa relação é confirmada em nosso estudo. Todavia, fatores centrais (aumentos da oferta  $O_2$ ) e fatores periféricos (entrega  $O_2$  e aumento da atividade das enzimas mitocondriais) são possíveis explicações para este perfil de resposta  $\dot{V}O_2$  alterado na sessão subsequente de exercício (JONES et al., 2003).

Para nosso conhecimento, este é o primeiro estudo que buscou determinar os possíveis efeitos complementares do exercício prévio e da estratégia de distribuição da intensidade sobre a cinética do  $\dot{V}O_2$  durante exercício de alta intensidade e curta duração. Demonstramos que o exercício prévio pesado acelerou a cinética do  $\dot{V}O_2$  durante as estratégias de IL e C no GT e em todas as estratégias (IL, C e IR) do GNT quando comparadas a condição controle. Entretanto, na condição com a realização do exercício prévio pesado a estratégia de IR não ampliou os efeitos das estratégias de distribuição da intensidade (aceleração da cinética do  $\dot{V}O_2$ ).

Em conjunto, nossos resultados sugerem que o exercício prévio parece ter um maior potencial para aumentar performance, mas no ajuste da cinética do  $\dot{V}O_2$  não amplificou seus efeitos, tanto para o GNT e GT.

No presente estudo, não usamos um modelo bi-exponencial para caracterizar a cinética de  $\dot{V}O_2$ , uma vez que não fomos capazes de repetir cada esforço para melhorar a relação sinal-ruído das respostas de  $\dot{V}O_2$ . No entanto, como a intensidade de exercício utilizado durante as diferentes estratégias de distribuição da intensidade foi semelhante à intensidade do  $P_{max}$  ( $P_{3min}$ ), podemos especular que o CL do  $\dot{V}O_2$  não emergiu (GAESSER e POOLE, 1996). De acordo com várias evidências (BURNLEY et al., 2001; 2002), é

possível que o exercício prévio possa ter aumentado a Amplitude do  $\dot{V}O_2$ , enquanto que a estratégia de distribuição da intensidade melhorou a constante de tempo ( $\tau$  e TRM) do componente principal da resposta de  $\dot{C}O_2$ .

No entanto, o exercício prévio pesado parece ter atenuado os efeitos da estratégia de IR sobre a cinética de  $\dot{V}O_2$  para ambos os GNT e GT. Portanto, as alterações determinadas pelo exercício prévio (disponibilidade de  $O_2$ , entrega  $O_2$ , atividade de enzimas mitocondriais e recrutamento de unidades motoras) parecem evitar os efeitos da estratégia de IR sobre a resposta do  $\dot{V}O_2$  (i.e.,  $\dot{V}O_2$  "sinal de erro" - diferença entre a quantidade necessária e a quantidade atualmente consumida).

#### **7.4. Efeitos do exercício prévio nas diferentes estratégias de distribuição da intensidade em indivíduos com diferentes níveis de aptidão aeróbia**

Um objetivo secundário da presente investigação foi analisar o efeito do exercício prévio e das diferentes estratégias de distribuição da intensidade em indivíduos com diferentes níveis de aptidão aeróbia. Dentro desse contexto, de maneira geral em exercícios de alta intensidade e curta duração no ciclismo o efeito do exercício prévio sobre as estratégias de IL, C e IR parece ser independente do estado de treinamento aeróbio. Especificamente, de acordo com estudos anteriores realizados em indivíduos ativos (BAILEY et al., 2009) e treinados (SOUZA et al., 2014), nosso estudo demonstra que o exercício prévio pesado foi capaz de acelerar a cinética do  $\dot{V}O_2$  em ambos os grupos, mas não foi capaz de ampliar seu efeitos sobre as estratégias (IR). Entretanto, nosso estudo revela, pela primeira vez, que o exercício prévio pesado foi capaz de ampliar os efeitos da estratégia de IR sobre a performance ( $P_{pico}$ ) durante o

exercício de alta intensidade e curta duração em indivíduos não treinados e treinados.

Sugerimos que o exercício prévio foi capaz de preservar a utilização da CTAn (isto é, verificado pelo menor déficit  $O_2$ ) devido à cinética de  $\dot{V}O_2$  mais rápida observada durante a estratégia de IR, dessa forma, é provável que a economia do gasto energético, poupando o sistema oxidativo durante o *sprint*, proporcionou um aumento da performance do exercício, independente do nível de aptidão aeróbia.

É sabido que o treinamento de endurance é capaz de aumentar o  $\dot{V}O_{2max}$ , LL, e a economia de movimento, sendo estes índices fisiológicos os principais determinantes da performance (BASSET et al., 2000; JONES e CARTER, 2000). Em ciclistas de resistência altamente treinados aerobicamente, alguns estudos têm demonstrado que o treinamento de endurance parece ter um impacto maior sobre o LL em comparação ao  $\dot{V}O_{2max}$  (COYLE et al., 1991; BASSET et al., 2000) com um concomitante aumento dos valores absoluto ( $W$  e  $mLO_2 \cdot min^{-1}$ ) e relativo (% max) como resultado (COYLE et al., 1991).

Contudo, o LL é conhecido por representar a capacidade oxidativa dos atletas (BOSQUET et al., 2002), um determinante da performance com populações de semelhante  $\dot{V}O_{2max}$  (COYLE et al., 1988), em nosso estudo o valor médio  $\dot{V}O_{2max}$  do GT foi significativamente maior (~ 50%) em comparação ao GNT. Além disso, considerando-se os maiores valores absolutos ( $W$ ) e relativos (% Pmax) do LL no GT (~ 100%), os dois grupos foram de muito diferentes em relação ao estado de treinamento aeróbio, e isso pode ser confirmado pela  $P3min$  estimada para os GNT e GT (figura 4). Assim, o objetivo principal deste estudo, que foi analisar os possíveis efeitos do

exercício prévio pesado sobre as estratégias em exercícios de alta intensidade e curta duração sobre a performance no ciclismo em indivíduos com diferentes estados de treinamento aeróbio, foi atingido com sucesso.

Em relação aos valores de CTAn determinadas em nosso estudo, os valores são similares a literatura para os GNT (BAILEY et al., 2011) e GT (CAPUTO e DENADAI, 2008). Semelhante a estudos anteriores (CAPUTO e DENADAI, 2008; GRECO et al., 2012) verificamos que a CTAn determinada em nosso estudo não foi significativamente diferente entre os GT e GNT. Da mesma forma, estudos têm verificado que o treinamento de resistência ou predominantemente aeróbio parece aumentar a PC, enquanto que CTAn não parece ser alterada (GAESSER et al., 1988; JENKINS et al., 1992). Assim, a carga de trabalho diferente correspondente à P3min (carga estratégias) realizada pelo GT e GNT foi determinada por diferentes características aeróbicas (isto é, PC e  $\dot{V}O_2\text{max}$ ) porque a quantidade de trabalho que pode ser realizada acima PC (isto é, CTAn) foi semelhante entre os grupos. Confirmando esta afirmação, temos demonstrado que o déficit de  $O_2$  durante o percurso da estratégia (ou seja, o déficit de  $O_2$ ) foi semelhante entre os grupos em ambas as estratégias (controle e exercício prévio). Dessa maneira, estes resultados sugerem que o modelo de PC foi adequado para normalizar a resposta metabólica obtida pelo GT e do GNT durante o esforço de alta intensidade e curta duração (domínio severo de exercício).

Em relação à estratégia de aquecimento (exercício prévio), têm sido amplamente realizada por atletas imediatamente antes do treino ou competição, com o objetivo de melhorar a performance e reduzir potencialmente a probabilidade da ocorrência de uma lesão. Na verdade, o exercício prévio pesado parece melhorar a tolerância ao exercício, durante

esforços praticados no ciclismo em testes de carga constante realizado por indivíduos ativos ( $\dot{V}O_2\text{max} \sim 40 - 50 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) (JONES et al., 2003; MIURA et al., 2009). Este efeito positivo proporcionado pelo exercício prévio pesado parece ser influenciado pela otimização da interação entre a intensidade do exercício prévio e a duração da recuperação (FERGURSON et al., 2007; BAILEY et al., 2009; FERGURSON et al., 2010) anteriormente a sessão principal de exercício, sendo atribuída, pelo menos em parte, à aceleração da cinética do  $\dot{V}O_2$  (JONES et al., 2003; BAILEY et al., 2009). Já durante o exercício praticado na intensidade do domínio severo (ou seja, o exercício realizado acima da potência crítica), o exercício prévio parece aumentar a amplitude do componente primário e reduz a amplitude do CL, com a constante de tempo (ou seja,  $\tau$ ) permanecendo inalterado (BURNLEY et al., 2005; BAILEY et al., 2009).

Enquanto as alterações acima referidas sobre a cinética do  $\dot{V}O_2$  após o exercício prévio parecem ser esperadas para melhorar a performance do exercício em atletas treinados, a evidência direta para isso deve ser analisada com cautela, já que os dados indicados na literatura parecem ser contraditórios (WITTEKIND e BENEKE, 2011; INGHAM et al. 2013; SOUSA et al. 2014), essa contradição entre os estudos pode ser atribuída aos diferentes delineamentos experimentais, por isso, é necessário ter cuidado ao comparar estes dados porque as condições experimentais (ou seja, contra-relógio vs. tlim) e o modo de exercício (ciclismo vs. corrida vs. remo) não são semelhantes entre os estudos.

Além disso, é sabido que atletas bem treinados possuem adaptação periférica (utilização de  $O_2$  e aumento da atividade de enzimas mitocondriais) e central (aumentos da oferta de  $O_2$ ), o que pode diminuir sua sensibilidade aos



efeitos do exercício prévio sobre a cinética do  $\dot{V}O_2$  em exercícios de alta intensidade e curta duração. Observamos originalmente que ao se adicionar dois protocolos em único procedimento experimental parecer promover adaptações centrais (Exercício prévio) e periféricas (Estratégia), podendo otimizar o fornecimento e a utilização da demanda de energia requerida pelo exercício de alta intensidade e curta duração, fornecendo importantes implicações para atletas/ciclistas que competem em provas com duração de 2 a 3 minutos (contra-relógio 1 km).

## 8. CONCLUSÃO

Com base nos achados do presente estudo nós podemos concluir que:

- 1) O exercício prévio pesado parece ampliar os efeitos positivos sobre a performance de curta duração e alta intensidade nas estratégias de distribuição da intensidade (IR) independente do nível de aptidão aeróbia.
- 2) O exercício prévio pesado parece não ampliar os efeitos positivos sobre a cinética do  $\dot{V}O_2$  nas estratégias de distribuição da intensidade independente do nível de aptidão aeróbia.
- 3) O efeito do exercício prévio na performance de exercícios de alta intensidade e curta duração parece ser similar em com diferentes níveis de aptidão aeróbia.

## 9. LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Devido à natureza exigente e extenuante das experiências atuais, algumas limitações no estudo devem ser consideradas ao interpretar essa conclusão. Ou seja, a determinação dos parâmetros de resposta  $\dot{V}O_2$  no domínio pesado e severo, utilizando apenas uma transição podem estar associadas com as limitações potenciais (isto é, baixo nível de confiança em parâmetros das respostas). Para minimizar isso, calcular a média das repostas em esforços repetidos (transições) tem sido tradicionalmente realizada para melhorar a relação sinal-ruído dos dados (LAMARRA et al., 1987). No entanto, devido à natureza extremamente exigente e extenuante dos testes realizados em nosso estudo e as visitas frequentes ao laboratório, o número de esforços em cada condição experimental foi limitado a um.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBISS, CR; LAURSEN, PB. Models to explain fatigue during prolonged endurance cycling. **Sports Med.** 35(10):865-98; 2005.

ABBISS, CR; LAURSEN, PB. Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. **Sports Med.** 38(3):239-52; 2008.

AMANN, M. Central and peripheral fatigue: interaction during cycling exercise in humans. **Med Sci Sports Exerc.** 43(11):2039-45; 2011.

ANSLEY, L; SCHABORT, E; CLAIR, ST; GIBSON, AI; LAMBERT, MI; NOAKES, TD. Regulation of pacing strategies during successive 4-km time trials. **Med Sci Sports Exerc.** 36(10):1819-25; 2004.

ANSLEY, L; ROBSON, PJ; CLAIR, ST; GIBSON, A; NOAKES, TD. Anticipatory pacing strategies during supramaximal exercise lasting longer than 30 s. **Med Sci Sports Exerc.** 36(2):309-14; 2004.

ATKINSON, G; PEACOCK, O; CLAIR, ST; GIBSON, A; TUCKER, R. Distribution of power output during cycling: impact and mechanisms. **Sports Med.** 37(8):647-67; 2007.

BAILEY, SJ; VANHATALO, A; WILKERSON, DP; DIMENNA, FJ; JONES, AM. Optimizing the "priming" effect: influence of prior exercise intensity and recovery duration on O<sub>2</sub> uptake kinetics and severe-intensity exercise tolerance. **J Appl Physiol.** 107(6):1743-56; 2009.

BAILEY, SJ; VANHATALO, A; DIMENNA, FJ; WILKERSON, DP; JONES, AM. Fast-start strategy improves VO<sub>2</sub> kinetics and high-intensity exercise performance. **Med Sci Sports Exerc.** 43(3):457-67; 2011.

BALABAN RS. The role of Ca<sup>2+</sup> signalling in the coordination of mitochondrial ATP production with cardiac work. **Biochim Biophys Acta.** 1787(11):1334-41; 2009.

BARKER, AR; JONES, AM; ARMSTRONG, N. The influence of priming exercise on oxygen uptake, cardiac output, and muscle oxygenation kinetics during very heavy-intensity exercise in 9- to 13-yr-old boys. **J Appl Physiol.** 109(2):491-500; 2010.

BARSTOW, TJ; JONES, AM; NGUYEN, PH; CASABURI, R. Influence of muscle fiber type and pedal frequency on oxygen uptake kinetics of heavy exercise. **J Appl Physiol.** 81(4):1642-50; 1996.

BASSETT, DR Jr; HOWLEY ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Med Sci Sports Exerc.** 32(1):70-84; 2000.

BANGSBO, J; KRUSTRUP, P; GONZÁLEZ-ALONSO, J; SALTIN, B. ATP production and efficiency of human skeletal muscle during intense exercise:

effect of previous exercise. **Am J Physiol Endocrinol Metab.** 280:(6)956-64; 2001.

BEARDEN, SE; MOFFATT, RJ.  $VO_2$  slow component: to model or not to model? **Med Sci Sports Exerc.** 33(4):677-80; 2001.

BEELEN, A; SARGEANT, AJ. Effect of fatigue on maximal power output at different contraction velocities in humans. **Journal of Applied Physiology,** 71:2332-37; 1991.

BILLAT, V; DEMARLE, A; PAIVA, M; KORALSZTEIN, JP. Effect of training on the physiological factors of performance in elite marathon runners (males and females). **Int J Sports Med.** 23(5):336-41; 2002.

BISHOP, D; BONETTI, D; DAWSON, B. The effect of three different warm-up intensities on kayak ergometer performance. **Med Sci Sports Exerc.** 33(6):1026-32; 2001.

BISHOP, D; BONETTI, D; DAWSON, B. The influence of pacing strategy on  $VO_2$  and supramaximal kayak performance. **Med Sci Sports Exerc.** 34(6):1041-47; 2002.

BISHOP, D. Warm up I: potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. **Sports Med.** 33(6):439-54; 2003.

BISHOP, D. Warm up II: performance changes following active warm up and how to structure the warm up. **Sports Med.** 33(7):483-98; 2003.

BOSQUET, L; LEGER, L; LEGROS, P. Methods to determine aerobic endurance. **Sports Med.** 32(11):675-700; 2002.

BROWN, MR; DELAU, S; DESGORCES, FD. Effort regulation in rowing races depends on performance level and exercise mode. **J Sci Med Sport.** 13(6):613-7; 2010.

BURNLEY, M; JONES, AM; CARTER, H; DOUST, JH. Effects of prior heavy exercise on phase II pulmonary oxygen uptake kinetics during heavy exercise. **J Appl Physiol.** 89(4):1387-96; 2000.

BURNLEY, M; DOUST, JH; CARTER, H; JONES, AM. Effects of prior exercise and recovery duration on oxygen uptake kinetics during heavy exercise in humans. **Exp Physiol.** 86(3):417-25; 2001.

BURNLEY, M; DOUST, JH; JONES, AM. Effects of prior heavy exercise, prior sprint exercise and passive warming on oxygen uptake kinetics during heavy exercise in humans. **Eur J Appl Physiol.** 87(4-5):424-32; 2002.

BURNLEY, M; DOUST, JH; JONES, AM. Effects of prior warm-up regime on severe-intensity cycling performance. **Med Sci Sports Exerc.** 37:838-45; 2005.

BURNLEY, M; DOUST, JH; JONES, AM. Time required for the restoration of normal heavy exercise  $VO_2$  kinetics following prior heavy exercise. **J Appl Physiol.** 101(5):1320-27; 2006.

BURNLEY, M; DAVISON, G; BAKER, JR. Effects of priming exercise on  $VO_2$  kinetics and the power-duration relationship. **Med Sci Sports Exerc.** 43(11):2171-79; 2011.

BULL, AJ; HOUSH, TJ; JOHNSON, GO; PERRY, SR. Effect of mathematical modeling on the estimation of critical power. **Med Sci Sports Exerc.** 32(2):526-30; 2000.

CAPUTO, F; DENADAI, BS. Effects of aerobic endurance training status and specificity on oxygen uptake kinetics during maximal exercise. **Eur J Appl Physiol.** 93(1-2):87-95; 2004.

CAPUTO, F; DENADAI, BS. The highest intensity and the shortest duration permitting attainment of maximal oxygen uptake during cycling: effects of different methods and aerobic fitness level. **Eur J Appl Physiol.** 103(1):47-57; 2008.

CARITÁ, RAC; PESSOA FILHO, DM; GRECO, CC. Cinética do  $VO_2$  durante o exercício realizado na potencia critica em ciclistas e indivíduos não-treinados no ciclismo. **Rev Motriz.** 19(2):412-22; 2013.

CARITÁ, RAC; PICARELLI, C; GRECO, CC; DENADAI BS. Efeito do exercício prévio severo nos parâmetros da relação potência - tempo em indivíduos ativos no ciclismo **Motricidade** (in press), 2014.

CARTER, H; JONES, AM; BARSTOW, TJ; BURNLEY, M; WILLIAMS, C; DOUST, JH. Effect of endurance training on oxygen uptake kinetics during treadmill running. **J Appl Physiol.** 89(5):1744-52; 2000.

CARTER, H; JONES, AM; BARSTOW, TJ; BURNLEY, M; WILLIAMS, CA; DOUST, JH. Oxygen uptake kinetics in treadmill running and cycle ergometry: a comparison. **J Appl Physiol.** 89(3):899-907; 2000.

CARTER, H; GRICE, Y; DEKERLE, J; BRICKLEY, G; HAMMOND, AJ; PRINGLE, JS. Effect of prior exercise above and below critical power on exercise to exhaustion. **Med Sci Sports Exercise.** 37(5):775-81; 2005.

CASPERSEN, CJ; PEREIRA, MA; CURRAN, KM. Changes in physical activity patterns in the United States, by sex and cross-sectional age. **Med Sci Sports Exerc.** 32(9):1601-09; 2000.

COATS, EM; ROSSITER, HB; DAY, JR; MIURA, A; FUKUBA, Y; WHIPP BJ. Intensity-dependent tolerance to exercise after attaining  $VO_2$ max in humans. **J Appl Physiol.** 95(2):483-90; 1985.

COYLE, EF; COGGAN, AR; HOPPER, MK; WALTERS, TJ. Determinants of endurance in well trained cyclists. **J Appl Physiol.** 64(6):2622-30; 1988.

COYLE, EF; FELTNER, ME; KAUTZ, SA; HAMILTON, MT; MONTAIN, SJ; BAYLOR, AM; ABRAHAM, LD; PETREK, GW. Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. **Med Sci Sports Exerc.** 23(1):93-107; 1991.

de KONING, JJ; FOSTER, C; BAKKUM, A; KLOPPENBURG, S; THIEL, C; JOSEPH, T; COHEN, J; PORCARI, JP. Regulation of pacing strategy during athletic competition. **PLoS One**. 20;6(1):158-63; 2011.

DENADAI, BS; GRECO, CC. Educação Física no Ensino Superior: Prescrição do Treinamento Aeróbio. **Editora: Guanabara koogan**; 2005.

DEMARLE, AP; SLAWINSKI, JJ; LAFFITE, LP; BOCQUET, VG; KORALSZTEIN, JP; BILLAT, VL. Decrease of O<sub>2</sub> deficit is a potential factor in increased time to exhaustion after specific endurance training. **J Appl Physiol**. 90(3):947-53; 2001.

DUCHEN, MR. Mitochondria and calcium: from cell signalling to cell death. **J Physiol**. 15(529):57-68; 2000.

FERGUSON, C; WHIPP, BJ; CATHCART, AJ; ROSSITER, HB; TURNER, AP; WARD, SA. Effects of prior very-heavy intensity exercise on indices of aerobic function and high-intensity exercise tolerance. **J Appl Physiol**. 103(3):812-22; 2007.

FERGUSON, C; ROSSITER, HB; WHIPP, BJ; CATHCART, AJ; MURGATROYD, SR; WARD, SA. Effect of recovery duration from prior exhaustive exercise on the parameters of the power-duration relationship. **J Appl Physiol**. 108(4):866-74; 2010.

FIGUEIRA, TR; BARROS, MH; CAMARGO, AA; CASTILHO, RF; FERREIRA, JC; KOWALTOWSKI, AJ; SLUSE, FE; SOUZA-PINTO, NC; VERCESI, AE; Mitochondria as a source of reactive oxygen and nitrogen species: from molecular mechanisms to human health. **Antioxid Redox Signal**. 18(16):2029-74; 2013.

FOSTER, C; SNYDER, AC; THOMPSON, NN; GREEN, MA; FOLEY, M; SCHRAGER, M. Effect of pacing strategy on cycle time trial performance. **Med Sci Sports Exerc**. 25(3):383-8; 1993.

FOSTER, C; GREEN, MA; SNYDER, AC; THOMPSON, NN. Physiological responses during simulated competition. **Med Sci Sports Exerc**. 25(7):877-82; 1993.

FOSTER, C; SCHRAGER, M; SNYDER, AC; THOMPSON, NN. Pacing strategy and athletic performance. **Sports Med**. 17(2):77-85; 1994.

FOSTER, C; de KONING, JJ; HETTINGA, F; LAMPEN, J; LA CLAIR, KL; DODGE, C; BOBBERT, M; PORCARI, JP. Pattern of energy expenditure during simulated competition. **Med Sci Sports Exerc**. 35(5):826-31; 2003.

FUKUBA, Y; WALSH, ML; MORTON, RH; CAMERON, BJ; KENNY, CT; BANISTER, EW. Effect of endurance training on blood lactate clearance after maximal exercise. **J Sports Sci**. 17(3):239-48; 1999.

GANDEVIA, SC; ALLEN, GM; MCKENZIE, DK. Central fatigue. Critical issues, quantification and practical implications. **Adv Exp Med Biol.** 38(4):281-94; 1995.

GANDEVIA, SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. **Physiol Rev.** 81(4):1725-89; 2001.

GAESSER, GA; WILSON, LA. Effects of continuous and interval training on the parameters of the power-endurance time relationship for high-intensity exercise. **Int J Sports Med.** 9(6):417-421; 1988.

GAESSER, GA; POOLE, DC. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Med Sci Sport Exerc.** 24:35-71; 1996.

GAUSCHE, MA; MARMON, T; LAMARA, N; WHIPP, BJ. Pulmonary O<sub>2</sub> uptake kinetics in humans are speeded by a bout of prior exercise above, but not below, the lactate threshold. **J Physiol.** 417:138; 1989.

GERBINO, A; WARD, SA; WHIPP, BJ. Effects of prior exercise on pulmonary gas-exchange kinetics during high-intensity exercise in humans. **J Appl Physiol.** 80(1):99-107; 1996.

GIBSON, ASC; LAMBERT, EV; RAUCH, LHG; TUCKER, R; BADEN, DA; FOSTER, C; NOAKES, TD. The Role of Information Processing Between the Brain and Peripheral Physiological Systems in Pacing and Perception of Effort. **Sports Med.** 36(8):705-22; 2006.

GURD, BJ; SCHEUERMANN, BW; PATERSON, DH; KOWALCHUK, JM. Prior heavy-intensity exercise speeds VO<sub>2</sub> kinetics during moderate-exercise in young adults. **J Appl Physiol.** 98(4):1371-78; 2005.

GRASSI, B. Oxygen uptake kinetics: old and recent lessons from experiments on isolated muscle in situ. **Eur J Appl Physiol.** 90(3-4):242-9; 2003.

GRECO, CC; CARITÁ, RAC; DEKERLE, J; DENADAI, BS. Effect of aerobic training status on both maximal lactate steady state and critical power. **Appl Physiol Nutr Metab.** 37(4):736-43; 2012.

HETTINGA, FJ; de KONING, JJ; BROERSEN, FT; VAN GEFFEN, P; FOSTER, C. Pacing strategy and the occurrence of fatigue in 4000-m cycling time trials. **Med Sci Sports Exerc.** 38(8):1484-91; 2006.

HETTINGA, FJ; de KONING, JJ; MEIJER, E; TEUNISSEN, L; FOSTER, C. Biodynamics. Effect of pacing strategy on energy expenditure during a 1500-m cycling time trial. **Med Sci Sports Exerc.** 39(12):2212-8; 2007.

HILL, DW. The critical power concept. A review. **Sports Med.** 16(4):237-54; 1993.

HILL, DW; SMITH, JC. A method to ensure the accuracy of estimates of anaerobic capacity derived using the critical power concept. **J Sports Med Phys Fitness.** 34(1):23-37; 1994.



INGHAM, SA; FUDGE, BW; PRINGLE, JS; JONES, AM. Improvement of 800-m running performance with prior high-intensity exercise. **Int J Sports Physiol Perform.** 8(1):77-83; 2013.

JENKINS, DG; QUIGLEY, BM. Endurance training enhances critical power. **Med Sci Sports Exerc.** 24(11):1283-89; 1992.

JONES, AM; MCCONNELL, AM. Effect of exercise modality on oxygen uptake kinetics during heavy exercise. **Eur J Appl Physiol.** 80(3):213-9; 1999.

JONES, AM; CARTER, H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. **Sports Med.** 29(6):373-86; 2000.

JONES, AM; KOPPO, K; BURNLEY, M. Effects of prior exercise on metabolic and gas exchange responses to exercise. **Sports Med.** 33(13):949-71; 2003.

JONES, AM; WILKERSON, DP; BURNLEY, M; KOPPO, K. Prior heavy exercise enhances performance during subsequent perimaximal exercise. **Med Sci Sports Exerc.** 35(12):2085-92; 2003.

JONES, AM; POOLE, DC. Oxygen uptake dynamics: from muscle to mouth-an introduction to the symposium. **Med Sci Sports Exerc.** 37(9):1542-50; 2005.

JONES, AM; WILKERSON, DP; BERGER, NJ; FULFORD, J. Influence of endurance training on muscle [PCr] kinetics during high-intensity exercise. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.** 293(1):392-401; 2007.

JONES, AM; WILKERSON, DP; VANHATALO, A; BURNLEY, M. Influence of pacing strategy on O<sub>2</sub> uptake and exercise tolerance. **Scand J Med Sci Sports.** 18(5): 2008

JONES, AM; DIMENNA, F; LOTHIAN, F; TAYLOR, E; GARLAND, SW; HAYES, PR; THOMPSON, KG. 'Priming' exercise and O<sub>2</sub> uptake kinetics during treadmill running. **Respir Physiol Neurobiol.** 161(2):182-88; 2008.

JONES, AM; BURNLEY, M. Oxygen uptake kinetics: an underappreciated determinant of exercise performance. **Int J Sports Phys Perf.** 4(4):524-32; 2009.

JONES, AM; VANHATALO, A; BURNLEY, M; MORTON, RH; POOLE, DC. Critical power: implications for determination of VO<sub>2</sub>max and exercise tolerance. **Med Sci Sports Exerc.** 42(10):1876-90; 2010.

JONES, AM; GRASSI, B; CHRISTENSEN, PM; KRUSTRUP, P; BANGSBO, J; POOLE, DC. Slow Component of VO<sub>2</sub> Kinetics: Mechanistic Bases and Practical Applications. **Med Sci Sports Exerc.** 43(11):2046-62; 2011.

KOPPO, K; BOUCKAERT, J. The effect of prior high-intensity cycling exercise on the VO<sub>2</sub> kinetics during high-intensity cycling exercise is situated at the additional slow component. **Int J Sports Med.** 22(1):21-6; 2001.

KOPPO, K; BOUCKAERT, J; JONES, AM. Effects of training status and exercise intensity on phase II  $\text{VO}_2$  kinetics. **Med Sci Sports Exerc.** 36(2):225-32; 2004.

LAMARRA, N; WHIPP, BJ; WARD, SA; WASSERMAN, K. Effect of interbreath fluctuations on characterizing exercise gas exchange kinetics. **J Appl Physiol.** 62(5):2003-12; 1987.

MACHADO, FA; GUGLIELMO, LGA; GRECO, CC; DENADAI, BS. Componente lento do  $\text{VO}_2$  em crianças durante exercício pesado de corrida: análise com base em diferentes modelos matemáticos. **Rev Bras Med Esp.** 12(6):308-12; 2006.

McCARTNEY, N; HEIGENHAUSER, G J F; SARGEANT, A J; JONES, NLA. Constant velocity ergometer for the study of dynamic muscle function. **Journal of Applied Physiology.** 55:12-217; 1983.

MACDONALD, M; PEDERSEN, PK; HUGHSON, RL. Acceleration of  $\text{VO}_2$  kinetics in heavy submaximal exercise by hyperoxia and prior high-intensity exercise. **J Appl Physiol.** 83(4):1318-25; 1997.

MAHLER, M. First-order kinetics of muscle oxygen consumption, and an equivalent proportionality between  $\text{QO}_2$  and phosphorylcreatine level. Implications for the control of respiration. **J Gen Physiol.** 86(1):135-65; 1985.

MARGARIA, R; MANGILI, F; CUTTICA, F; CERRETELLI, P. The kinetics of the oxygen consumption at the onset of muscular exercise in man. **Ergonomics.** 8: 49-54; 1965.

MIURA, A; SHIRAGIKU, C; HIROTOSHI, Y; KITANO, A; ENDO, MY; BARSTOW, TJ; MORTON, RH; FUKUBA, Y. The effect of prior heavy exercise on the parameters of the power-duration curve for cycle ergometry. **Appl Physiol Nutr.** 34(6):1001-07; 2009.

MORITANI, T; NAGATA, A; DEVRIES, HA; MURO, M. Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. **Ergonomics,** 24:339-50; 1981.

MONOD, H; SHERRER, J. The work capacity of a synergic muscular group. **Ergonomics.** 8:329-338; 1965.

MURGATROYD, SR; FERGUSON, C; WARD, SA; WHIPP, BJ; ROSSITER, HB. Pulmonary  $\text{O}_2$  uptake kinetics as a determinant of high-intensity exercise tolerance in humans. **J Appl Physiol.** 110(6):1598-606; 2011.

NOAKES, TD; ST CLAIR, GIBSON, A. Logical limitations to the "catastrophe" models of fatigue during exercise in humans. **Br J Sports Med.** 38(5):648-9; 2004.

NOAKES, TD; ST CLAIR, GIBSON; LAMBERT, EV. From catastrophe to complexity: a novel model of integrative central neural regulation of effort and

fatigue during exercise in humans: summary and conclusions. **Br J Sports Med.** 39(2):120-4; 2005.

NOAKES, TD. The central governor model of exercise regulation applied to the marathon. **Sports Med.** 37(4-5):374-7; 2007.

OZYENER, F; ROSSITER, HB; WARD, SA; WHIPP, BJ. Influence of exercise intensity on the on- and off-transient kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans. **J Physiol.** 533(3):891-902; 2001.

PHILLIPS, SM; GREEN, HJ; MACDONALD, MJ; HUGHSON, RL. Progressive effect of endurance training on  $\text{VO}_2$  kinetics at the onset of submaximal exercise. **J Appl Physiol.** 79(6):1914-20; 1995.

POOLE, DC; WARD, SA; GARDNER, GW; WHIPP, BJ. Metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. **Ergonomics.** 31:1265-1279; 1988.

POOLE, DC; BARSTOW, TJ; MCDBNOUGH, P; JONES, AM. Control of Oxygen Uptake during Exercise. **Med Sci Sports Exerc.** 40(3):462-74; 2008.

ROBERGS, RA; GHASVAND, F; PARKER, D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.** 287(3):502-16; 2004.

ROSSITER, HB; WARD, SA; KOWALCHUK, JM; HOWE, FA; GRIFFITHS, JR; WHIPP BJ. Effects of prior exercise on oxygen uptake and phosphocreatine kinetics during high-intensity knee-extension in humans. **J Physiol.** 537:291-303; 2002.

ROSSITER, HB; KOWALCHUK, JM; WHIPP, BJ. A test to establish maximum  $\text{O}_2$  uptake despite no plateau in the  $\text{O}_2$  uptake response to ramp incremental exercise. **J Appl Physiol.** 100(3):764-70; 2006.

SAHLIN, K; SORENSEN, JB; GLADDEN, LB; ROSSITER, HB; PEDERSEN, PK. Prior heavy exercise eliminates  $\text{VO}_2$  slow component and reduces efficiency during submaximal exercise in humans. **J Physiol.** 564(3):765-73; 2005.

SAITOH, T; FERREIRA, LF; BARSTOW, TJ; POOLE, DC; OOUÉ, A; KONDO, N; KOGA, S. Effects of prior heavy exercise on heterogeneity of muscle deoxygenation kinetics during subsequent heavy exercise. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.** 297(3):615-21; 2009.

SANDALS, LE; WOOD, DM; DRAPER, SB; JAMES, DV. Influence of pacing strategy on oxygen uptake during treadmill middle-distance running. **Int J Sports Med.** 27(1):37-42; 2006.

SCHEUERMANN, BW; HOELTING, BD; NOBLE, ML; BARSTOW, TJ. The slow component of  $\text{O}_2$  uptake is not accompanied by changes in muscle EMG during repeated bouts of heavy exercise in humans. **J Physiol.** 531(1):245-56; 2001.

SCHEUERMANN, BW; BELL, C; PATERSON, DH; BARSTOW, TJ; KOWALCHUK, JM. Oxygen uptake kinetics for moderate exercise are speeded in older humans by prior heavy exercise. **J Appl Physiol**. 92(2):609-16; 2002.

SOUSA, A; RIBEIRO, J; SOUSA, M; VILAS-BOAS, JP; FERNANDES, RJ. Influence of prior exercise on VO<sub>2</sub> kinetics subsequent exhaustive rowing performance. **PLoS One**. 9(1):842-08; 2014.

SZABADKAI, G; DUCHEN, MR. Mitochondria: the hub of cellular Ca<sup>2+</sup> signaling. **Physiology**. 23:84-94; 2008.

TOMAS, A.; ROSS, E.Z.; MARTON, J.C. Fatigue during maximal sprint cycling: unique role of cumulative contraction cycles. **Med Sci in Sports and Exerc**. 42(7):1364-69; 2010.

TUCKER, R; NOAKES, TD. The physiological regulation of pacing strategy during exercise: a critical review. **Br J Sports Med**. 43(6): 2009.

ULMER, HV. Concept of an extracellular regulation of muscular metabolic rate during heavy exercise in humans by psychophysiological feedback. **Experientia**. 52(5):416-20; 1996.

WESTERBLAD, H; ALLEN, DG. Cellular mechanisms of skeletal muscle fatigue. **Adv Exp Med Biol**. 53(8):563-70; 2003.

WHIPP, BJ; WARD, SA; LAMARRA, N; DAVIS, JA; WASSERMAN, K. Parameters of ventilatory and gas exchange dynamics during exercise. **J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol**. 52(6):1506-13; 1982.

WHIPP, BJ; WARD, SA. Physiological determinants of pulmonary gas exchange kinetics during exercise. **Med Sci Sports Exerc**. 22(1):62-71; 1990.

WHIPP, BJ; WARD, SA; ROSSITER, HB. Pulmonary O<sub>2</sub> uptake during exercise: conflating muscular and cardiovascular responses. **Med Sci Sports Exerc**. 37(9):1574-85; 2005.

WHIPP, BJ. Physiological mechanisms dissociating pulmonary CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> exchange dynamics during exercise in humans. **Exp Physiol**. 92(2):347-55; 2007.

WILKERSON, DP; KOPPO, K; BARSTOW, TJ; JONES, AM. Effect of work rate on the functional 'gain' of Phase II pulmonary O<sub>2</sub> uptake response to exercise. **Respir Physiol Neurobiol**. 42(2-3):211-23; 2004.

WITTEKIND, AL; BENEKE, R. Effect of warm-up on run time to exhaustion. **J Sci Med Sport**. 12(4):480-84; 2009.

WITTEKIND, A; BENEKE, R. Metabolic and performance effects of warm-up intensity on sprint cycling. **Scand J Med Sci Sports**. 21(6):201-7; 2011.

XU, F; RHODES, EC. Oxygen uptake kinetics during exercise. **Sports Med**. 27(5):313-27; 1999.

## 11. ANEXOS

### 11.1. Anexo A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

#### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - (TCLE)

(Conselho Nacional de Saúde, Resolução 196/96)

Meu nome é Renato Aparecido Corrêa Caritá, sou o pesquisador responsável pelo estudo: *Influência do exercício prévio pesado na performance aeróbia de curta duração realizada com diferentes estratégias de distribuição da intensidade em indivíduos treinados e não treinados no ciclismo*, faço parte do Laboratório de Avaliação da Performance Humana – LAPH (UNESP – Rio Claro/SP) onde por meio deste termo de consentimento, convido você a participar, como voluntário, desta pesquisa. No entanto você será esclarecido sobre as informações a seguir. Em caso de dúvida você pode procurar o Laboratório de Avaliação da Performance Humana no telefone (19) 3526-4338 ou com o Pesquisador Responsável onde responderemos atenciosamente a quaisquer dúvidas sobre os procedimentos desta pesquisa.

Esta pesquisa tem como objetivo analisar a influência do exercício realizado previamente sobre exercícios realizados em diferentes intensidades entre indivíduos treinados no ciclismo e não treinados no ciclismo. O que se espera com a realização deste estudo é poder contribuir na elaboração de testes para avaliar atletas, como também auxiliar na elaboração do aquecimento antes de competições e na prescrição de treinamento específicos.

Referente aos testes que serão realizados para os grupos de indivíduos treinados no ciclismo e não treinados no ciclismo serão utilizados em todos os testes uma máscara que cobre a boca e o nariz que permite a análise do ar expirado para determinação do consumo de oxigênio, e será retirada uma gota de sangue da ponta da orelha para mensurar o lactato sanguíneo (substância produzida durante o exercício pelo músculo).

Todo cuidado com higiene e segurança será tomado pelos pesquisadores, assim como, a utilização de luvas, jaleco e materiais descartáveis.

Este estudo terá a duração total de 6 semanas, sendo a 1ª visita ao laboratório para realização de medidas massa corporal (kg), percentual de gordura corporal (%), massa corporal magra (kg) e massa de gordura (kg) e a realização de um exercício progressivo com aumentos de carga até a exaustão voluntária, para determinação do consumo máximo de oxigênio e potência máxima. Da 2ª até a 5ª visita, serão realizados testes até a exaustão voluntária em diferentes intensidades de exercício. Após um período de aquecimento de 5 min em intensidade moderada os indivíduos serão instruídos a pedalar o maior tempo possível em cada uma das cargas até não conseguir manter a cadência estipulada (< 70 rpm) ou com a exaustão voluntária. Durante o teste serão

feitas algumas coletas de sangue conforme mencionado anteriormente, para a dosagem do lactato sanguíneo. O consumo de oxigênio será mensurado durante todo o teste. Posteriormente da 6<sup>a</sup> até a 11<sup>a</sup> visita serão destinadas aos testes contínuos de alta intensidade (3 min) com ou sem a realização de um exercício prévio (6 min). Estes testes serão realizados em ordem aleatória e em dias diferentes para completo descanso entre os testes.

No caso de não comparecer em duas sessões consecutivas ou não repor estas sessões, você será retirado do estudo, no entanto você não receberá qualquer tipo de punição ao ser retirado do estudo. Antes de você começar os testes, terá que responder a um questionário sobre sua condição geral de saúde, que será aplicado pelo pesquisador responsável, e passará por uma avaliação sobre o estado de saúde, que será feita pelo pesquisador.

Você terá acesso a todos aos seus dados, assim como aos resultados finais e também a garantia de esclarecimentos, antes e durante o curso da pesquisa. Nenhum resultado será divulgado ou levado ao conhecimento de pessoas estranhas pelo Laboratório de Avaliação da Performance Humana, os resultados dos testes poderão ser utilizados para pesquisa, sendo assegurado o anonimato do sujeito, desde que autorizado expressamente neste termo de consentimento. Todo participante poderá abandonar os testes a qualquer momento, sem prestar qualquer tipo de esclarecimento, mas devendo comunicar sua decisão ao pesquisador responsável o quanto antes.

De um modo geral todo tipo de atividade física pode apresentar riscos a saúde, no entanto esse tipo de treinamento, no qual você possa participar oferecem os mesmos riscos existentes a qualquer prática de exercício físico extenuante, podendo ser: hipotensão (queda da pressão arterial), hipoglicemia (queda da glicose no sangue), ou mal estar (náuseas e vômitos), que ocorrem com pouca frequência e retornam a normalidade após alguns minutos, raramente necessitando de procedimento médico específico para reverter estes sintomas. O que se observa com maior frequência devido aos testes é a sensação da “perna mole”. Além da baixa ocorrência com que estes eventos possam acontecer, os riscos tendem a ser minimizados pelas condições de pronto-atendimento em caso de acidente, que envolve o chamado da Unidade de Resgate do Corpo de Bombeiros, com equipamentos médicos e motorista, auxiliar e encarregado, para a realização dos primeiros socorros. Caso necessário, o voluntário será transportado por esta equipe para um hospital.

Os benefícios esperados desse tipo de testes são inicialmente o aumento do músculo (hipertrofia muscular) das pernas e melhora cardiorrespiratória.

Se você estiver suficientemente esclarecido sobre sua participação nessa pesquisa, convido você a participar como voluntário dessa pesquisa e assinar este Termo elaborado em duas vias, sendo que uma via ficará com você e a outra com o pesquisador responsável.

Eu, \_\_\_\_\_, portador do RG nº \_\_\_\_\_ e CPF nº: \_\_\_\_\_ tenho ciência dos meus direitos e deveres, concordando em me submeter a este teste. Desta forma, autorizo a utilização dos dados deste teste para fins de pesquisa do Laboratório de Avaliação da Performance Humana - UNESP - Rio Claro/SP, bem como a divulgação de seus resultados por meio de qualquer meio de divulgação, desde que seja assegurado o anonimato.

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

\_\_\_\_\_  
(assinatura do voluntário/ ou responsável)

**Endereço:**

**Telefone para contato:**

### **INFORMAÇÕES DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL E DO ORIENTADOR**

Pesquisador Responsável: Renato Aparecido Corrêa Caritá - RG: 30025251-1  
Cargo/Função: Aluno de Doutorado  
Curso: Desenvolvimento Humano e Tecnologias  
Instituição: Universidade Estadual Paulista - UNESP  
Endereço: Av. 24A, 1515, Bela Vista, Rio Claro, SP.  
Dados para Contato: fone (19) 9729-3529 e-mail: recarita@hotmail.com

Orientador: Prof. Dr. Camila Coelho Greco  
Cargo/função: Professor Titular  
Instituição: Universidade Estadual Paulista - UNESP  
Endereço: Av. 24A, 1515, Bela Vista, Rio Claro, SP.  
Dados para Contato: fone (19) 3526-4338 e-mail: greco@rc.unesp.br

### Questionário PAR-Q

Este questionário tem objetivo de identificar a necessidade de avaliação clínica antes do início da atividade física. Contudo, qualquer pessoa pode participar de uma atividade física de esforço moderado, respeitando as restrições médicas.

Por favor, assinale “sim” ou “não” as seguintes perguntas:

- 1) Alguma vez seu médico disse que você possui algum problema de coração e recomendou que você só praticasse atividade física sob prescrição médica?  
 sim  não
- 2) Você sente dor no peito causada pela prática de atividade física?  
 sim  não
- 3) Você sentiu dor no peito no último mês?  sim  não
- 4) Você tende a perder a consciência ou cair como resultado do treinamento?  
 sim  não
- 5) Você tem algum problema ósseo ou muscular que poderia ser agravado com a prática de atividades físicas?  
 sim  não
- 6) Seu médico já recomendou o uso de medicamentos para controle de sua pressão arterial ou condição cardiovascular?  
 sim  não
- 7) Você tem consciência, através de sua própria experiência e/ou de aconselhamento médico, de alguma outra razão física que impeça a realização de atividades físicas ?  
 sim  não

---

Gostaria de comentar algum outro problema de saúde seja de ordem física ou psicológica que impeça a sua participação na atividade proposta?

---

---

Assumo a veracidade das informações prestadas no questionário “ PAR Q” e afirmo estar liberado pelo meu médico para participação na atividade citada acima.

Nome do participante: \_\_\_\_\_

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

---

Assinatura



## 11.2. Anexo B - Aprovação pelo Conselho de Ética

unesp



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de Rio Claro



## DECISÃO CEP Nº 043/2012

Instituição: <b>UNESP – IB – CRC</b>	Departamento: <b>Educação Física</b>
Protocolo nº: <b>7442</b>	Data de Registro CEP: <b>27-10-2011</b>
Projeto de Pesquisa: <b>"Influência do exercício prévio pesado na performance aeróbia de curta duração realizada com diferentes estratégias de distribuição da intensidade em indivíduos treinados e não-treinados de ciclismo"</b>	

Pesquisa Individual	Pesquisador Responsável:
	Colaboradores:
Pesquisa Alunos de Graduação	Pesquisador Responsável:
	Orientando(a):
Pesquisa Alunos de Pós-Graduação	Pesquisador Responsável: <b>Renato Aparecido Corrêa Caritá</b>
	Orientador(a): <b>Camila Coelho Greco</b>

Objetivo Acadêmico:	<input type="checkbox"/> TCC <input type="checkbox"/> Mestrado <input checked="" type="checkbox"/> Doutorado <input type="checkbox"/> Outros – (especificar)
---------------------	---

O Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências da UNESP – Campus de Rio Claro, em sua 46ª reunião ordinária, realizada em 26/04/2012	
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Aprovou</b> o Projeto de Pesquisa acima citado, ratificando o parecer emitido pelo relator.
<input type="checkbox"/>	<b>Desde</b> que atendidas as <b>pendências</b> apontadas na reunião (vide anexo), <b>aprova</b> o Projeto de Pesquisa acima citado.
<input type="checkbox"/>	<b>Referendou</b> a inclusão no Projeto de Pesquisa acima citado.
<input type="checkbox"/>	Aprovou <b>retornar</b> ao interessado para atendimento das <b>pendências</b> encontradas (prazo máximo de 60 dias):
<input type="checkbox"/>	<b>Não</b> Aprovou.
<input type="checkbox"/>	<b>Retirou</b> , devido à permanência das pendências.
<input type="checkbox"/>	Aprovou o Projeto de Pesquisa acima citado e o <b>encaminha</b> , com o devido parecer, para apreciação da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa- <b>CONEP/MS</b> , por se tratar de um dos casos previstos no capítulo VIII, item 4.c.

→ **"Formulário para Acompanhamento dos Protocolos de Pesquisa Aprovados"**  
Data de Entrega: maio de 2015

Rio Claro, 02 de maio de 2012.  Profa. Dra. Rosa Maria Feiteiro Cavalari Coordenadora do CEP
---

