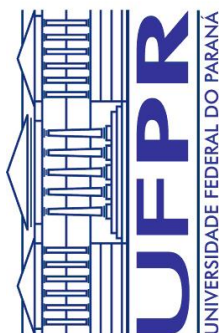
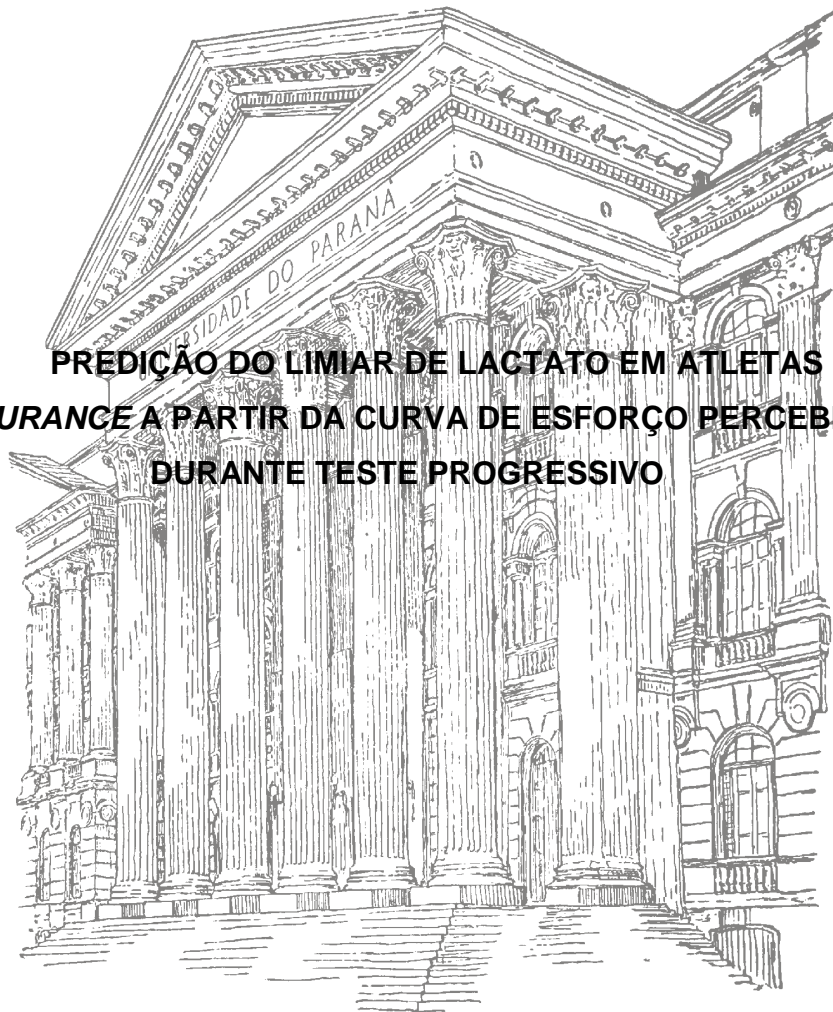


**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**  
**SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

**GUILHERME ASSUNÇÃO FERREIRA**

**PREDIÇÃO DO LIMIAR DE LACTATO EM ATLETAS DE  
ENDURANCE A PARTIR DA CURVA DE ESFORÇO PERCEBIDO  
DURANTE TESTE PROGRESSIVO**



**CURITIBA**  
**2015**

**GUILHERME ASSUNÇÃO FERREIRA**

**PREDIÇÃO DO LIMIAR DE LACTATO EM ATLETAS DE *ENDURANCE* A  
PARTIR DA CURVA DE ESFORÇO PERCEBIDO DURANTE TESTE  
PROGRESSIVO**

Dissertação de mestrado apresentada como pré - requisito para obtenção do título de mestre em Educação Física, do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

Orientador(a): Prof. Dr. Raul Osiecki

**Curitiba**

**2015**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

**Ferreira, Guilherme Assunção.**

**Predição do limiar de lactato em atletas de *endurance* a partir da curva de esforço percebido durante teste progressivo. /**

**Guilherme Assunção Ferreira - Curitiba, 2015.**

**81f ; il. ,29cm**

**Inclui bibliografia**

**Orientador: Raul Osiecki.**

**Dissertação (Mestrado em Educação Física)-Setor de Ciências Biológicas. Universidade Federal do Paraná.**

**1.Percepcao subjetiva de esforço. 2. Atletas. 3. Limiar de lactato. 4. Teste progressivo. I. Titulo.**

**613.704**

**f383**

**ADALIR DE FATIMA PEREIRA  
BIBLIOTECÁRIA**



Ministério da Educação  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
Setor de Ciências Biológicas  
Programa de Pós-Graduação em Educação Física



## TERMO DE APROVAÇÃO

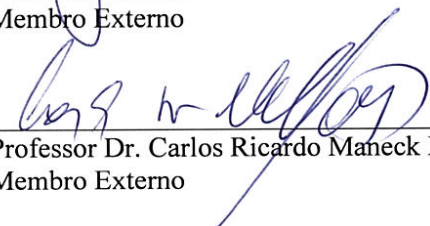
### GUILHERME ASSUNÇÃO FERREIRA

**“Predição do limiar de lactato em atletas de endurance a partir da curva de esforço percebido durante teste progressivo”**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Educação Física – Área de Concentração Exercício e Esporte, Linha de Pesquisa de Desempenho Esportivo, do Programa de Pós-Graduação em Educação Física do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte Banca Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Professor Dr. Raul Osiecki  
Presidente/Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Professor Dr. Adriano Eduardo Lima da Silva  
Membro Externo

  
\_\_\_\_\_  
Professor Dr. Carlos Ricardo Maneck Malfatti  
Membro Externo

Curitiba, 23 de Fevereiro de 2015.

*A Talytha Assunção Ferreira, em memória.*

DEDICO

## **AGRADECIMENTOS**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao meu orientador professor Raul Osiecki pela oportunidade de realização do mestrado.

Aos professores Fernando Roberto de Oliveira, Rômulo Bertuzzi e Adriano Lima Silva, pelas inúmeras reuniões via Skype e as orientações durante a realização deste trabalho.

Ao professor Antônio Carlos Dourados pelo empréstimo do lactímetro.

À minha mãe sempre presente e ouvinte.

À Cristina Porto pela paciência em me escutar e aconselhar em vários momentos decisivos nesta minha jornada.

Aos amigos pelo companheirismo.

À Maria e filhos pelas inúmeras vezes que me acolheram em sua casa para realização dos processos seletivos.

Aos amigos da república varal de cachaça pelos bons momentos em que morei na república.

Aos amigos da pós-graduação.

Aos meus orientados que me ajudaram a desenvolver como orientador.

A todos os indivíduos que participaram do estudo, pois sem eles não seria possível a realização deste.

*"Aprenda a viver por toda uma  
vida, por mais que tu talvez te  
espante, toda vida foi um  
aprender a morrer."*

Sêneca 4 A.C. 65 D.C.

## RESUMO

A identificação do limiar de lactato (LL) em teste progressivo (TP) é comumente empregado para a discriminação da aptidão aeróbia e verificação de efeitos de treinamento. Alternativamente, a percepção subjetiva de esforço (PSE) possibilita a identificação de um limiar de PSE (LPSE) em não atletas, restando dúvidas sobre sua intensidade de ocorrência e seu uso na identificação do LL em atletas. O objetivo deste estudo foi verificar intensidade de ocorrência do LPSE e sua associação com o LL em atletas de *endurance*. Vinte e quatro sujeitos (13 atletas de *endurance* (GA) e 11 indivíduos ativos fisicamente – grupo não atletas (NA)) realizaram um TP em ciclo ergômetro, à 80 rpm, carga inicial de 110 W durante cinco minutos, estágios de três minutos e incrementos de 47 W. O LL foi identificado por três diferentes critérios: 1) - intensidade do exercício que precede um aumento na concentração de lactato em  $1 \text{ mmol.l}^{-1}$  sobre os valores de repouso ( $\text{LL}_{1\text{mmol}}$ ); 2) - intensidade do exercício correspondente à concentração fixa de  $4 \text{ mmol.l}^{-1}$  ( $\text{LL}_{4\text{mmol}}$ ); e 3) - Dmax da diferença entre um ajuste polinomial de 3º ordem da curva formada pela relação Lactato/carga e um ajuste linear ligando os extremos da curva ( $\text{LL}_{\text{Dmax}}$ ). O LPSE foi identificado no Dmax da diferença entre um ajuste polinomial de 3º ordem da curva formada pela relação PSE/carga e um ajuste linear ligando os extremos da curva (LPSE). No GA a potência máxima ( $W_{\text{max}}$ ) e a potência de ocorrência dos Limiares (i.e. LPSE,  $\text{LL}_{1\text{mmol}}$ ,  $\text{LL}_{\text{Dmax}}$  e  $\text{LL}_{4\text{mmol}}$ ) foram significativamente superiores aos valores obtidos para o NA ( $p < 0,05$ ). Similarmente, o mesmo foi observado para a  $\%W_{\text{max}}$  de ocorrência do  $\text{LL}_{1\text{mmol}}$  ( $p < 0,05$ ) e a FC (bpm) e  $\%\text{FC}_{\text{pico}}$  de ocorrência do  $\text{LL}_{1\text{mmol}}$  e  $\text{LL}_{4\text{mmol}}$  ( $p < 0,05$ ). O LPSE no GA foi encontrado em intensidade similares ao  $\text{LL}_{1\text{mmol}}$  e, em menores intensidade que  $\text{LL}_{\text{Dmax}}$  e  $\text{LL}_{4\text{mmol}}$  ( $p < 0,05$ ). Foi encontrado um pequeno viés entre a potência mensurada no LPSE e a potência mensurada no  $\text{LL}_{1\text{mmol}}$  ( $> 5\%$ ) e um amplo viés entre a potência mensurada no LPSE e a potência mensurada no  $\text{LL}_{\text{Dmax}}$  e  $\text{LL}_{4\text{mmol}}$  ( $> 5\%$ ). Para o NA, o LPSE foi encontrado em maiores intensidades que o  $\text{LL}_{1\text{mmol}}$  ( $p < 0,05$ ), mas em intensidades similares ao  $\text{LL}_{\text{Dmax}}$  e  $\text{LL}_{4\text{mmol}}$  ( $p > 0,05$ ). Embora fosse observado um amplo viés entre a potência mensurada no LPSE e a potência mensurada no  $\text{LL}_{\text{Dmax}}$  e  $\text{LL}_{4\text{mmol}}$  ( $> 5\%$ ). Estes resultados sugerem que o LPSE pode prever alternativamente o LL identificado na intensidade do exercício que precede um aumento na concentração de lactato em  $1 \text{ mmol.l}^{-1}$  sobre os valores de repouso

em atletas, mas deve ser utilizado com cautela para a identificação do  $LL_{Dmax}$ , uma vez que o LPSE tende a subestimar o  $LL_{Dmax}$  em atletas e não atletas.

**Palavras Chaves:** Limiar de percepção subjetiva de esforço; Atletas; Limiares de transição fisiológica; Avaliação de atletas; Desempenho.

## ABSTRACT

The lactate threshold (LT) identified in progressive test has been widely used to discriminate aerobic fitness. Alternatively, the rate of perceived exertion (RPE) present a threshold (RPET) in non-athletes, but it is unclear if this possible to determinate LT in athletes. The aim of this study was to verify the occurrence of RPET and its association with LT in endurance athletes. Twenty four subjects (13 endurance athletes - athlete group (AG) with age =  $35.9 \pm 9.3$  years; body mass =  $72.4 \pm 5.4$  kg; height =  $176.0 \pm 4.9$  cm and body fat =  $9.3 \pm 3.2$  % and 11 physically active individuals - non-athlete group (NA) with age =  $28.5 \pm 10.1$  years; body mass =  $88.8 \pm 11.0$  kg, height =  $179, 6 \pm 7.2$  cm and body fat =  $14.5 \pm 6.2$  %) performed an incremental test on a cycle ergometer, at 80 rpm, with initial load of 110 W, and increments of 47 W each 3 min. until voluntary exhaustion or inability to maintain the specified pace. The LT was identified by three different criteria: 1) - intensity of exercise that precedes an increase in lactate concentration in  $1 \text{ mmol.l}^{-1}$  on resting values ( $\text{LT}_{1\text{mmol}}$ ); 2) - intensity of the corresponding fixed blood lactate concentration of  $4 \text{ mmol.l}^{-1}$  ( $\text{LT}_{4\text{mmol}}$ ); and 3) - Dmax of the difference between a polynomial fit to the 3rd order of the curve formed by lactate / power output and a linear fitting curve connecting the end ( $\text{LT}_{\text{Dmax}}$ ). The RPET was identified by Dmax of the difference between a polynomial fit to the 3rd order curve formed by the RPE/power output relationship and a linear fitting curve connecting the end (RPET). For GA the maximum power output (Wmax) and power output of occurrence of thresholds (i.e. RPET,  $\text{LT}_{1\text{mmol}}$ ,  $\text{LT}_{\text{Dmax}}$  and  $\text{LT}_{4\text{mmol}}$ ) were significantly higher than the values obtained for the NA ( $P < 0.05$ ). Similarly, the same was observed for the %Wmax at  $\text{LT}_{1\text{mmol}}$  ( $p < 0.05$ ) and HR and %HRpeak at  $\text{LT}_{1\text{mmol}}$  and  $\text{LT}_{4\text{mmol}}$  ( $p < 0.05$ ). The RPET in GA was found in similar intensity to  $\text{LT}_{1\text{mmol}}$  ( $p > 0.05$ ), and lower intensity that  $\text{LT}_{\text{Dmax}}$  and  $\text{LT}_{4\text{mmol}}$  ( $p < 0.05$ ). A small bias was found between the power output measured in RPET and  $\text{LT}_{1\text{mmol}}$  ( $< 5\%$ ) and a large bias was found between the power output of measured RPET and other thresholds ( $\text{LT}_{\text{Dmax}}$  and  $\text{LT}_{4\text{mmol}}$ ) ( $> 5\%$ ). For the NA the REPT was found in higher intensity that  $\text{LT}_{1\text{mmol}}$  ( $p < 0.05$ ) and in similar intensities that  $\text{LT}_{\text{Dmax}}$  and  $\text{LT}_{4\text{mmol}}$  ( $p > 0.05$ ). Although a large bias was found between the power output measured at RPET and thresholds ( $\text{LT}_{\text{Dmax}}$  and  $\text{LT}_{4\text{mmol}}$ ). These results suggest that RPET may alternatively predict the LT identified in exercise intensity above an increase in lactate concentration of  $1 \text{ mmol.l}^{-1}$  over basal levels in athletes,

however the RPET should to be utilized with precaution to predict to  $LT_{D_{max}}$ , since RPET tends to underestimate the  $LT_{D_{max}}$  in athletes and non-athletes.

**Key words:** Perception exertion threshold; athletes; Physiological transition threshold; Athletes evaluation; Performance.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação gráfica dos modelos de limiares de lactato (primeiro limiar de lactato ( $LL_1$ ) e segundo limiar de lactato ( $LL_2$ )) segundo o modelo didático tradicional.....	27
Figura 2: Identificação do limiar de lactato pelo método Dmax ( $LL_{Dmax}$ ) maior distância perpendicular entre um ajuste polinomial de 3° ordem e um ajuste linear (ajuste entre o primeiro e último ponto). Dados de um indivíduo representativo da amostra. ....	40
Figura 3: Identificação do limiar de PSE pelo método Dmax (LPSE) maior distância perpendicular entre um ajuste polinomial de 3° ordem e um ajuste linear (ajuste entre o primeiro e último ponto). Dados de um indivíduo representativo da amostra. ....	41
Figura 4: Análise de Bland- Altman para concordância entre a potência de ocorrência do $LL_{1mmol}$ e LPSE ( $WLL_{1mmol}$ e $WLPSE$ , respectivamente) para o GA. A linha fina representa a diferença das médias dos limiares e as duas linhas extremas representam o limite de concordância (1,96 desvio padrão em torno da diferença das médias).....	48
Figura 5: Análise de Bland- Altman para concordância entre a potência de ocorrência do $LL_{4mmol}$ e LPSE ( $WLL_{4mmol}$ e $WLPSE$ , respectivamente) para o GA. A linha fina representa a diferença das médias dos limiares e as duas linhas extremas representam o limite de concordância (1,96 desvio padrão em torno da diferença das médias).....	48
Figura 6: Análise de Bland- Altman para concordância entre a potência de ocorrência do $LL_{Dmax}$ e LPSE ( $WLL_{Dmax}$ e $WLPSE$ , respectivamente) para o GA. A linha fina representa a diferença das médias dos limiares e as duas linhas extremas representam o limite de concordância (1,96 desvio padrão em torno da diferença das médias) .....	49
Figura 7: Análise de Bland- Altman para concordância entre a potência de ocorrência do $LL_{1mmol}$ e LPSE ( $WLL_{1mmol}$ e $WLPSE$ , respectivamente) para o NA. A linha fina representa a diferença das médias dos limiares e as duas linhas extremas representam o limite de concordância (1,96 desvio padrão em torno da diferença das médias).....	49

Figura 8: Análise de Bland- Altman para concordância entre a potência de ocorrência do  $LL_{4mmol}$  e LPSE ( $WLL_{4mmol}$  e  $WLPSE$ , respectivamente) para o NA. A linha fina representa a diferença das médias dos limiares e as duas linhas extremas representam o limite de concordância (1,96 desvio padrão em torno da diferença das médias).....50

Figura 9: Análise de Bland- Altman para concordância entre a potência de ocorrência do  $LL_{Dmax}$  e LPSE ( $WLL_{Dmax}$  e  $WLPSE$ , respectivamente) para o NA. A linha fina representa a diferença das médias dos limiares e as duas linhas extremas representam o limite de concordância (1,96 desvio padrão em torno da diferença das médias).....50

Figura 10: Frequência cardíaca (bpm) em função da potência (W) durante teste progressivo para GA e Na. Os valores da FC são consistentemente superiores para o NA nas intensidades 110, 157, 204 e 251 W, respectivamente. \* $p < 0,05$ .....51

Figura 11: Frequência cardíaca (bpm) em função da potência relativa (% $W_{max}$ ) durante teste progressivo para GA e Na. Os valores da FC quando descritos em % $W_{max}$  são similares entre grupos.  $p > 0,05$ .....52

Figura 12: Percepção subjetiva de esforço em função da potência (W) durante teste progressivo para GA e Na. Os valores da PSE são consistentemente maiores para o NA nas intensidades 110, 157, 204 e 251 W, respectivamente. \* $p < 0,05$ . .....53

Figura 13: Percepção subjetiva de esforço em função da potência relativa (% $W_{max}$ ) durante teste progressivo para GA e Na. Os valores da PSE quando descritos em % $W_{max}$  são similares entre grupos.  $p > 0,05$ .....53

Figura 14: Concentração de lactato ( $mmol.l^{-1}$ ) em função da potência (W) durante teste progressivo para GA e Na. Os valores da concentração de lactato são consistentemente superiores para o NA nas intensidades 110, 157, 204 e 251 W, respectivamente. \* $p < 0,05$ .....54

Figura 15: Concentração de lactato [La] em função da potência relativa (% $W_{max}$ ) durante teste progressivo para GA e Na. Os valores da [La] são consistentemente maiores para o NA a 60% da  $W_{max}$ . \* $p < 0,05$ . .....55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características morfológicas dos indivíduos do grupo atletas (GA) e não atletas (NA). .....	43
Tabela 2: Características fisiológicas dos indivíduos do grupo atletas (GA) e não atletas (NA) identificadas em repouso e ao final do teste progressivo. ....	44
Tabela 3: Potência e frequência cardíaca absoluta e relativa obtidos nos LL e LPSE para o grupo atletas (GA) e não atletas (NA). ....	47

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1: Limiares que indicam o início da produção de Lactato .....	29
Quadro 2: Limiares que indicam máximo estado estável de lactato.....	30

## LISTA DE ABREVIATURAS

%FCpico	Porcentagem da frequência cardíaca de pico
%G	Percentual de gordura
%Wmax	Porcentagem da potência máxima
[La]	Concentração de lactato
[La]final	Concentração de lactato no final do teste
[La]rep	Concentração de lactato em repouso
cm	Centímetro
CR-10	<i>Category Scale Rating</i> 10
CR-100	<i>Category Scale Rating</i> 100
Dmax	Terminologia utilizada para a maior diferença entre valores ajustados por uma linha polinomial de 3° ordem e um ajuste linear unindo os extremos
FC	Frequência cardíaca
FCpico	Frequência cardíaca de pico
FCrep	Frequência cardíaca de repouso
GA	Grupo atletas
IAT	Limiar anaeróbico individual
kg	Quilogramas
Lae	Limiar aeróbio
Lan	Limiar anaeróbio
LL <sub>1</sub>	Primeiro limiar de lactato
LL <sub>2</sub>	Segundo limiar de lactato
LL <sub>1mmol</sub>	Limiar de lactato 1mmol.l <sup>-1</sup>
LL <sub>4mmol</sub>	Limiar de lactato 4 mmol.l <sup>-1</sup>
LL	Limiar de lactato
LL <sub>Dmax</sub>	Limiar de lactato Dmax

LPSE	Limiar de Percepção subjetiva de esforço
LT <sub>1</sub>	Primeiro limiar de transição fisiológica
LT <sub>2</sub>	Segundo limiar de transição fisiológica
LT	Limiar de transição fisiológica
LV <sub>1</sub>	Primeiro limiar ventilatório
LV <sub>2</sub>	Segundo limiar ventilatório
NA	Grupo não atletas
OBLA	<i>Onset blood lactate accumulation</i>
OPLA	<i>Onset plasma lactate accumulation</i>
PSE	Percepção subjetiva de esforço
PSEfinal	Percepção subjetiva de esforço ao final do teste
RPE	<i>Rating Perceived Exertion</i>
TP	Teste progressivo
W	Watts
Wmax	Potência máxima

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b><u>INTRODUÇÃO</u></b> .....	<b>19</b>
<b>2</b>	<b><u>OBJETIVOS</u></b> .....	<b>22</b>
2.1	OBJETIVO GERAL .....	22
2.1.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	22
<b>3</b>	<b><u>HIPÓTESES</u></b> .....	<b>22</b>
<b>4</b>	<b><u>JUSTIFICATIVA</u></b> .....	<b>23</b>
<b>5</b>	<b><u>REVISÃO DE LITERATURA</u></b> .....	<b>24</b>
5.1	LIMIARES METABÓLICOS .....	24
5.1.1	LIMIARES DE LACTATO .....	26
5.2	PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO.....	33
5.2.1	PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO E A IDENTIFICAÇÃO DOS LIMIARES DE TRANSIÇÃO FISIOLÓGICA.....	34
<b>6</b>	<b><u>MATERIAIS E MÉTODOS</u></b> .....	<b>37</b>
6.1	AMOSTRA .....	37
6.2	PROCEDIMENTOS .....	37
6.3	TESTE PROGRESSIVO .....	38
6.4	INSTRUMENTOS DE MEDIDA.....	39
6.4.1	AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA.....	39
6.5	DETERMINAÇÃO DOS LIMIARES DE TRANSIÇÃO FISIOLÓGICA .....	39
6.5.1	LIMIARES DE LACTATO .....	39
6.5.2	LIMIAR DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO .....	41
6.6	TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....	41
<b>7</b>	<b><u>RESULTADOS</u></b> .....	<b>43</b>
7.1	CARACTERÍSTICAS DOS SUJEITOS .....	43
7.2	COMPORTAMENTO DAS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E PERCEPTUAIS DURANTE TESTE PROGRESSIVO .....	44

7.2.1	LIMIARES DE TRANSIÇÃO FISIOLÓGICA .....	44
7.2.2	COMPORTAMENTO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA .....	51
7.2.3	COMPORTAMENTO DA PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO .....	52
7.2.4	COMPORTAMENTO DA CONCENTRAÇÃO DE LACTATO .....	54
<b>8</b>	<b><u>DISCUSSÃO</u></b> .....	<b>56</b>
8.1	LIMITAÇÕES DO ESTUDO .....	61
<b>9</b>	<b><u>CONCLUSÕES</u></b> .....	<b>62</b>
<b>10</b>	<b><u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u></b> .....	<b>63</b>
<b>11</b>	<b><u>ANEXOS</u></b> .....	<b>73</b>
11.1	ANEXO I: INSTRUÇÕES VERBAIS PARA APLICAÇÃO DA CR-100 .....	73
11.2	ANEXO II: ESCALA CR-100 .....	74
<b>12</b>	<b><u>APÊNDICE</u></b> .....	<b>75</b>
12.1	APÊNDICE I – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....	75
12.2	APÊNDICE II: FICHA DE COLETA DE DADOS – TESTE PROGRESSIVO .....	80
12.3	APÊNDICE III: FICHA DE COLETA DE DADOS – ANTROPOMETRIA .....	81

## 1 Introdução

A identificação dos limiares de lactato (LL) durante teste progressivo tem sido comumente utilizados na avaliação e prescrição do treinamento de atletas (Bentley *et al.*, 2001; Bentley; Newell; Bishop, 2007; Faude; Kindermann; Meyer, 2009). O comportamento trifásico das concentrações de lactato ([La]) sanguíneo em teste incremental máximo permite a identificação de dois LL, o primeiro (LL<sub>1</sub>) identificado na intensidade em que começa a ocorrer um aumento nas [La] sanguíneo acima dos valores de base, e um segundo LL (LL<sub>2</sub>) identificado na maior intensidade em que existe um equilíbrio entre a taxa de produção/remoção de lactato (Faude; Kindermann; Meyer, 2009). Valores fixos de 2 mmol.l<sup>-1</sup> e 4 mmol.l<sup>-1</sup> têm sido empregados na identificação do LL<sub>1</sub> e LL<sub>2</sub>, respectivamente (Kindermann; Simon; Keul, 1979; Sjodin; Jacobs, 1981). Entretanto, o uso de [La] fixas não levam em conta diferenças interindividuais e particularidades no tipo de treinamento (Faude; Kindermann; Meyer, 2009). Uma solução para este problema é o uso de marcadores que facilite a identificação de pontos de ruptura na curva de lactato durante teste incremental (Bentley; Newell; Bishop, 2007). Por exemplo, o LL obtido na intensidade do exercício que precede um aumento na concentração de lactato em 1 mmol.l<sup>-1</sup> sobre os valores de repouso pode ser utilizado como um objetivo marcador de LL<sub>1</sub> (Dumke *et al.*, 2006; Hagberg; Coyle, 1983), enquanto o LL identificado pelo método Dmax (LL<sub>Dmax</sub>) é um bom marcador de LL<sub>2</sub>, além de estar associado com desempenho em provas contra relógio (Bentley *et al.*, 2001; Bentley; Newell; Bishop, 2007; Czuba *et al.*, 2009).

A intensidade de ocorrência dos LL (i.e. LL<sub>1</sub> e LL<sub>2</sub>) são regulados por diversos fatores associados com alterações das características morfofuncionais (e.g. idade, gênero, estado de treinamento) (Allen *et al.*, 1985; Beneke *et al.*, 2009; Demello *et al.*, 1987; Emhoff *et al.*, 2013; Messonnier *et al.*, 2013; Rynders *et al.*, 2011; Wiswell *et al.*, 2000). Diversos estudos sugerem que atletas de *endurance* tem maior capacidade de produção e remoção de lactato sanguíneo, afetando deste modo, a intensidade de ocorrência dos LL (Denadai *et al.*, 2004; Gollnick; Bayly; Hodgson, 1986; Messonnier *et al.*, 2013; Simon *et al.*, 1986). Neste sentido, tem sido observado que o LL em atletas de *endurance* é identificado em maiores intensidades

quando comparados aos seus pares destreinados (Denadai *et al.*, 2004; Gollnick; Bayly; Hodgson, 1986; Messonnier *et al.*, 2013; Simon *et al.*, 1986).

Alternativamente, a percepção subjetiva de esforço (PSE) tem sido utilizada com o propósito de avaliar e prescrever o treinamento de atletas e não atletas (Borg; Kaijser, 2006; Demello *et al.*, 1987; Fabre *et al.*, 2013; Foster, 1998; Scherr *et al.*, 2013; Zamunér *et al.*, 2011). A PSE é uma integração entre sinais aferentes periféricos e centrais de vários sistemas fisiológicos (Borg; Kaijser, 2006; Crewe; Tucker; Noakes, 2008; Eston, 2012; Tucker, 2009). Estes sinais aferentes são herméticos às alterações centrais e periféricas que podem ser potenciais sinalizadores para PSE durante o exercício (e.g. ventilação, lactato sanguíneo, frequência cardíaca, entre outros) (Borg; Hassmen; Lagerstrom, 1987; Davies; Rowlands; Eston, 2009; Robertson, 1982). Alguns autores têm sugerido que valores fixos da PSE podem ser utilizados para identificação dos LL (Boutcher *et al.*, 1989; Scherr *et al.*, 2013; Zamunér *et al.*, 2011). De maneira mais abrangente, valores fixos de PSE 10 na escala de índices de esforço percebido de Borg com 6 a 20 pontos (RPE) e 3,1 pontos na escala de 10 pontos (OMNI-PSE) têm sido descritos para intensidade de ocorrência do LL<sub>1</sub> (Boutcher *et al.*, 1989; Irving *et al.*, 2006). Enquanto valores de PSE entre 13 – 15 nessa mesma escala ou 5 - 6 pontos na escala de relações de categorias de 10 pontos (CR-10) têm sido descritos para intensidade de ocorrência do LL<sub>2</sub> (Monnier-Benoit; Gros Lambert; Rouillon, 2009; Scherr *et al.*, 2013; Zamunér *et al.*, 2011).

O problema central destes modelos, é que eles assumem valores fixos de PSE para identificação dos LL, e não levam em consideração a variação da individualidade biológica e aspectos nutricionais (Fabre *et al.*, 2013; Ferreira *et al.*, 2014). Embora algumas limitações do uso da PSE tenham sido apontadas, a validade deste instrumento na identificação do LL tem sido visto de diferentes perspectivas. A este respeito, alguns autores têm sugerido o uso de escalas de categorias para avaliação das respostas perceptivas durante teste incremental (i.e. CR-10 e CR-100) por apresentarem comportamento curvilíneo similar aos ajustes fisiológicos (e.g. [La]) (Borg; Kaijser, 2006; Monnier-Benoit; Gros Lambert; Rouillon,

2009). Fabre *et al.* (2013) e Ferreira *et al.* (2014) demonstraram que durante teste incremental em ciclo ergômetro, a PSE possui um comportamento curvilíneo, e a aplicação do modelo matemático proposto por Cheng *et al.* (1992) (i.e. método  $D_{max}$ ) possibilitaria a identificação de um limiar de PSE (LPSE) identificado em intensidades similares ao  $LL_{D_{max}}$ , sugerindo que o LPSE pode estimar satisfatoriamente o  $LL_{D_{max}}$ .

Tem sido proposto que o LL é um ponto de ancoragem para PSE (Demello *et al.*, 1987; Ferreira *et al.*, 2014). Por exemplo, Ferreira *et al.* (2014) ao avaliarem 9 indivíduos após três dias de manipulação de CHO na dieta (i.e. dieta com redução de CHO e dieta controle 60% de CHO), observaram que em intensidades acima do  $LL_{D_{max}}$  as [La] sanguíneo eram reduzidas para situação de dieta com redução de CHO, embora os valores de PSE se mantinham constantes. Contudo, os valores obtidos para PSE no  $LL_{D_{max}}$  eram similares entre as dietas. Em um outro estudo Demello *et al.* (1987) ao avaliarem indivíduos treinados e destreinados encontraram valores similares para PSE obtida no LL. Em adição, Boutcher *et al.* (1989), demonstraram que o limiar de lactato (LL) era encontrado em maiores intensidades do exercício após 10 semanas de treinamento, e os valores fixos de PSE obtidos no LL após treinamento eram mantidos. Em um primeiro momento, isto sugere que a PSE durante exercício independente do estado de treinamento do indivíduo está vinculada ao LL.

Baseado nos estudos acima mencionados seria atraente sugerir que o LPSE possa ser utilizado para identificação do LL em atletas de *endurance*. Neste sentido, espera-se que o LPSE tenha comportamento similar ao LL. Além disto, não está clara a qual LL (i.e.  $LL_1$  e  $LL_2$ ) o LPSE está associado. No estudo de Fabre *et al.* (2013) os autores encontraram o LPSE em intensidade similares ao  $LL_{D_{max}}$ , mas em intensidades superiores e inferiores aos LL identificados a partir da concentração fixa de 2 e 4  $mmol.l^{-1}$ , respectivamente. Uma vez que o  $LL_{D_{max}}$  é indicador de  $LL_2$  em atletas de *endurance*, é esperado que o LPSE seja encontrado em intensidades similares ao  $LL_2$ . A avaliação das concentrações de lactato sanguíneo apresenta sérias desvantagens, por ser uma metodologia invasiva e de difícil aplicação em

rotinas diárias de treinamento. Por esta razão, o LPSE se torna uma atraente alternativa para avaliação do LL. No entanto, os estudos realizados com o LPSE identificado através do método Dmax não foram conduzidos com atletas, restando dúvidas sobre a intensidade de sua ocorrência e sua associação com os LL nesta população. Em adição, demonstrar a possibilidade de identificação do LPSE em atletas e sua associação com os LL resultaria em um modelo alternativo atraente para o processo de avaliação aeróbia.

Baseado no exposto anteriormente, neste estudo foi investigado a intensidade de ocorrência do LPSE e sua associação com o LL<sub>1</sub> e LL<sub>2</sub> em atletas de *endurance*.

## 2 Objetivos

### 2.1 Objetivo geral

Verificar a intensidade de ocorrência do LPSE e sua associação com o LL<sub>1</sub> e LL<sub>2</sub> em atletas de *endurance*.

#### 2.1.1 Objetivos Específicos

- a) Verificar a intensidade de ocorrência do LPSE em atleta de *endurance*;
- b) Verificar a associação entre o LPSE e o LL<sub>1</sub> e LL<sub>2</sub> atletas de *endurance*.

## 3 Hipóteses

De acordo com os referenciais teóricos supracitados, as hipóteses formuladas foram:

- a) O LPSE é identificado em cargas similares ao LL<sub>Dmax</sub> em atletas de *endurance*, sendo um indicador de LL<sub>2</sub> ;
- b) O LPSE está associado aos LL<sub>Dmax</sub> em atletas de *endurance*.

Adicionalmente, se as hipóteses forem encontradas, isto sugere que o monitoramento do treinamento através do LL pode ser realizado alternativamente pelo LPSE.

#### 4 Justificativa

A implementação de novas técnicas não invasivas e de baixo custo operacional para identificação do LL são importantes ferramentas para uso em rotinas de avaliação de atletas. Neste estudo foi investigada a intensidade de ocorrência do LPSE em atletas de *endurance*, o que poderia demonstrar o potencial da LPSE para identificação do LL. Neste sentido, o presente estudo fornece informações adicionais sobre o LPSE e seu uso como meio alternativo aos métodos tradicionais de identificação dos LL, que são invasivos e de alto custo operacional.

## 5 Revisão de literatura

Os limiares de transição fisiológica, especialmente quando identificados pela curva de lactato sanguíneo, têm sido alvo de amplo interesse dentro da fisiologia do exercício, sobretudo pela sua associação com o desempenho em provas de longa duração. Além disto, protocolos não invasivos utilizados na identificação destes limiares, como a percepção subjetiva de esforço, têm sido objeto de intensa investigação. Neste contexto, esta revisão irá apresentar ao leitor o atual estado da arte sobre os aspectos teóricos dos modelos abordados, especialmente a identificação dos limiares de transição fisiológica a partir da curva das concentrações de lactato e percepção subjetiva de esforço durante exercício progressivo. Outro aspecto importante é sobre a seleção dos critérios de identificação destes limiares. Considerando, que as diferenças metodológicas empregadas para identificação dos limiares de lactato diferem entre elas, os aspectos acima mencionados podem influenciar na interpretação do verdadeiro significado fisiológico do limiar de lactato e, por conseguinte, na interpretação de protocolos não-invasivos para sua determinação. Portanto, com fins didáticos, os tópicos abordados referem-se ao significado dos limiares de transição fisiológica e o uso das concentrações de lactato para sua identificação, ou aqui chamados de limiares de lactato, e os principais critérios utilizados para sua determinação, em seguida, serão apresentados os aspectos gerais sobre o uso da PSE e a identificação do limiar de lactato a partir da escala de 15 pontos 6 – 20 pontos, e as escala de 10 e 100 pontos (CR-10 e CR-100) de Borg (Borg; Kaijser, 2006). Contudo, como em alguns momentos, o aprofundamento de determinado assunto fuja ao escopo desta revisão, serão indicados alguns estudos para leitura.

### 5.1 Limiares Metabólicos

Tradicionalmente preditores fisiológicos de desempenho de longa duração têm sido identificados utilizando testes progressivos (Bentley *et al.*, 2001). A ideia de limiares de transição deriva do comportamento de medidas fisiológicas, como lactato sanguíneo obtidas durante exercício com incremento de carga em função do tempo. As respostas destas variáveis frente a um exercício progressivo possibilita a identificação de dois limiares de transição fisiológica (LT): primeiro LT (LT<sub>1</sub>) e

segundo LT (LT<sub>2</sub>) (Gaesser; Poole, 1996; Whipp; Wasserman, 1972). A elegância no uso dos LTs para avaliação da *performance* de *endurance* encontra-se na associação entre os limiares e o desempenho (Farrell *et al.*, 1979; Faude; Kindermann; Meyer, 2009). Os LTs são pontos de transição da contribuição de determinado sistema energético para ressíntese de ATP e manutenção da contração muscular (Svedahl; Macintosh, 2003) que podem facilmente serem identificados pelos limiares de lactato (LL) (para melhor entendimento veja Chicharro *et al.* (2004) e Svedahl e Macintosh (2003)). Neste contexto, o LT<sub>1</sub> representa a intensidade do exercício em que ocorre a maior contribuição aeróbia durante exercício em termos percentuais (Achten; Jeukendrup, 2003; Bertuzzi *et al.*, 2013) e a partir deste ponto começa a ocorrer um aumento nas [La] sanguíneo (Hagberg; Coyle, 1983; Kindermann; Simon; Keul, 1979). O LT<sub>2</sub> representa a intensidade do exercício em que a produção de lactato excede as taxas de remoção, havendo desta forma, um aumento abrupto nas concentrações de lactato ([La]) sanguíneo (Sjodin; Jacobs, 1981). Talvez, o maior conflito de definição de termos para determinação dos LTs encontrados na literatura seja a respeito do LT<sub>2</sub> ou limiar anaeróbio (Lan). A limitação deste conceito está associada à restrição metodológica empregada nos estudos para sua definição (Bertuzzi *et al.*, 2013). De fato, o Lan representa a intensidade do exercício em que a taxa de produção de lactato excede a taxa de remoção (Svedahl; Macintosh, 2003). Embora a definição por si só leve a uma interpretação equivocada do fenômeno, *i.e.* a existência de um ponto de transição na contribuição energética aeróbia-anaeróbia, com predominância anaeróbia para ressíntese de ATP (Peronnet; Aguilaniu, 2014). Durante exercício progressivo, isto parece não ocorrer (Bertuzzi *et al.*, 2013). O que se tem conhecimento é que durante exercício incremental a contribuição aeróbia para manutenção da ressíntese de ATP reduz de 95,7% no início do exercício para 86,1% na exaustão (Bertuzzi *et al.*, 2013).

A este respeito, as numerosas investigações realizadas desde os estudos de Wasserman e Mcilroy (1964) em relação transição aeróbia-anaeróbia e as diversas terminologias empregadas para classificação do fenômeno tem implantado uma falta

de consenso na literatura atual e, assim, gerando controvérsias na definição dos termos para identificação do fenômeno e seu significado (para melhor entendimento, consulte Chicharro *et al.* (2004), Svedahl e Macintosh (2003) e Bertuzzi *et al.* (2013).

Uma das razões para a contínua controvérsia existente na literatura a respeito dos LTs é devida a falta de anuência na definição dos termos e nas diferentes metodologias empregadas para identificação do mesmo momento metabólico. Por exemplo, ao todo são mais de 25 terminologias empregadas para definição e identificação do LL amplamente utilizado na identificação dos LTs (Faude; Kindermann; Meyer, 2009). Por esta razão, nesta revisão os LL serão definidos como:

Primeiro Limiar de Lactato (LL<sub>1</sub>): intensidade do exercício que indica o começo da produção de lactato sanguíneo (Hagberg; Coyle, 1983) ou o primeiro aumento do lactato sanguíneo em teste progressivo (Faude; Kindermann; Meyer, 2009). Este termo será empregado para definir o LT<sub>1</sub> ou limiar aeróbico (Lae) (Faude; Kindermann; Meyer, 2009).

Segundo limiar de lactato (LL<sub>2</sub>): intensidade do exercício que indicam um máximo estado estável de lactato no sangue (Svedahl; Macintosh, 2003) ou segundo aumento no lactato sanguíneo (Faude; Kindermann; Meyer, 2009). Aqui, este termo será empregado para definir o LT<sub>2</sub> ou limiar anaeróbico (Lan).

### 5.1.1 Limiares de lactato

Durante os últimos 50 anos os LL e sua aplicabilidade nas ciências dos esportes para avaliação cardiorrespiratória e desempenho têm sido alvo de diversas investigações. Durante um teste incremental máximo o comportamento trifásico da [La] no sangue permite a identificação de dois LL verificados em pontos da cinética do lactato pela potência onde ocorre um desequilíbrio entre a taxa de produção e remoção de lactato (Messonnier *et al.*, 2013), definidos como primeiro LL (LL<sub>1</sub>) e segundo LL (LL<sub>2</sub>) (FIGURA1) que são tradicionalmente utilizados na avaliação de atletas (Bentley *et al.*, 2001; Bentley; Newell; Bishop, 2007; Faude; Kindermann; Meyer, 2009).

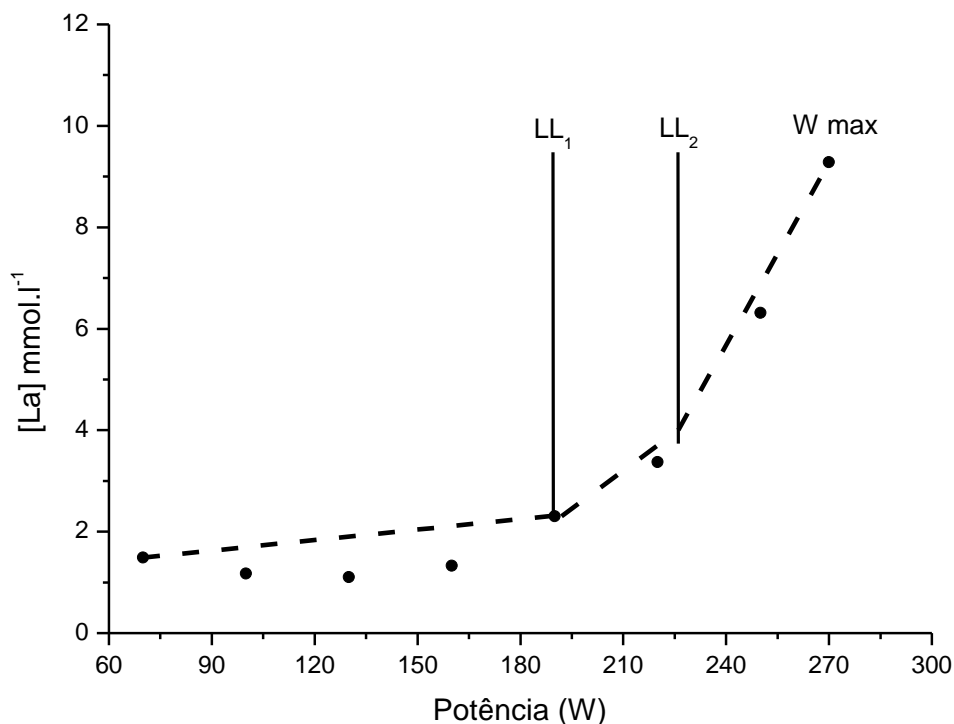


Figura 1

Figura 1: Representação gráfica dos modelos de limiares de lactato (primeiro limiar de lactato (LL<sub>1</sub>) e segundo limiar de lactato (LL<sub>2</sub>)) segundo o modelo didático tradicional.

Para fins didáticos nessa revisão será dada maior ênfase ao primeiro Limiar de lactato (LL<sub>1</sub>) – Definido na intensidade do exercício que precede um aumento na concentração de lactato em 1 mmol.l<sup>-1</sup> sobre os valores de repouso utilizado para identificar o LL<sub>1</sub> (Faria; Parker; Faria, 2005; Hagberg; Coyle, 1983), ao Início do acúmulo de lactato sanguíneo (*Onset of blood lactate accumulation* - OBLA) – definido com a intensidade do exercício correspondente a concentração fixa de lactato sanguíneo de 4 mmol.l<sup>-1</sup> (Sjodin; Jacobs, 1981), aqui denominado de Limiar de lactato 4 mmol.l<sup>-1</sup> (LL<sub>4mmol</sub>) e Limiar de lactato Dmax (LL<sub>Dmax</sub>) – Definido no Dmax da diferença entre um ajuste polinomial de 3° ordem da curva formada pela relação Lactato/carga e um ajuste linear ligando os extremos da curva (Cheng *et al.*, 1992) ambos utilizados na identificação do LL<sub>2</sub> (Faria; Parker; Faria, 2005).

### 5.1.1.1 Primeiro limiar de lactato

O termo "limiar" de intensidade foi utilizado pela primeira vez na década de 30, quando Owles (1930) em um elegante estudo, avaliou dois indivíduos em teste de cargas constantes de caminhada e ciclo ergômetro em diferentes dias com diferentes intensidades. Os autores observaram que em baixa intensidade as [La] se mantinha constantes, mas em alta intensidade havia um aumento nas [La]. Em primeiro momento, os autores interpretaram este resultado como falta do aporte de oxigênio para o músculo. Em meados da década de 60 surge o termo limiar aeróbio-anaeróbio. Um dos primeiros estudos sobre o LL foi realizado por Wasserman e McIlroy (1964), e talvez, estes autores tenham sido os primeiros a definirem o termo limiar aeróbio-anaeróbio utilizado para delimitar uma rota metabólica. Neste estudo, os autores avaliaram a transição aeróbia-anaeróbia em pacientes cardíacos, a partir deste momento, inúmeros investigações foram realizados para identificação do fenômeno.

Atualmente se tem conhecimento que a taxa de aparecimento de lactato sanguíneo tem comportamento trifásico. Entretanto, inicialmente acreditava-se que a taxa de aparecimento de lactato no sangue tinha comportamento bifásico, apresentando apenas um ponto de ruptura no comportamento da [La] sanguíneo durante teste incremental (Chicharro *et al.*, 2004). Este ponto conhecido como limiar de lactato (LL) foi por longo período utilizado para determinar o limiar aeróbio-anaeróbio. O LL é identificado na intensidade do exercício que ocorre o começo da produção de lactato sanguíneo (Hagberg; Coyle, 1983; Kindermann; Simon; Keul, 1979). Com o avanço das pesquisas, diversas terminologias foram empregadas para definição do fenômeno (veja alguns exemplos no QUADRO1). Contudo, alguns termos como LL<sub>1</sub> e Lae descrevem melhor a intensidade de ocorrência da primeira zona de transição observada no comportamento das [La] durante teste incremental. Achados recentes como os de Bertuzzi *et al.* (2013) e Achten e Jeukendrup (2003), têm demonstrado que em intensidades ao LL<sub>1</sub> é observado a maior taxa de oxidação de lipídeos, e que a partir deste ponto, ocorre uma redução na contribuição das vias

metabólicas aeróbias durante teste progressivo. Portanto, evidenciando a ocorrência de um limiar de transição metabólico.

Com o passar dos anos o LL<sub>1</sub> ganhou ampla aplicação dentro do esporte de alto rendimento. Neste sentido, surgiram diversos estudos (experimentais e revisão) realizados com atletas de *endurance* para identificação do LL<sub>1</sub> e sua associação com a performance (Allen *et al.*, 1985; Bentley *et al.*, 2001; Bentley; Newell; Bishop, 2007; Faria; Parker; Faria, 2005; Hagberg; Coyle, 1983; Kindermann; Simon; Keul, 1979).

Quadro 1: Limiares que indicam o início da produção de Lactato

Limiar de metabolismo anaeróbio	(Wasserman; Mcilroy, 1964)
Limiar aeróbico	(Kindermann; Simon; Keul, 1979)
OPLA (Início do acúmulo de lactato no plasma)	(Farrell <i>et al.</i> , 1979)
LL	(Hagberg; Coyle, 1983)
Limiar Láctico	(Davis <i>et al.</i> , 1976)
Limiar ventilatório 1 (LV <sub>1</sub> )	(Orr <i>et al.</i> , 1982)

Por exemplo, Bentley *et al.* (2001) ao avaliar o LL<sub>1</sub> pela transformação logarítmica em 9 ciclistas do sexo masculino observaram a potência de ocorrência do LL<sub>1</sub> era fortemente associado à potência média em prova contra relógio de 20 e 90 minutos ( $r = 0,91$  e  $r = 0,67$ , respectivamente,  $p < 0,05$ ). Num outro estudo, Hagberg e Coyle (1983) avaliaram o LL<sub>1</sub> atletas de marcha atlética a partir do aumento de  $1 \text{ mmol.l}^{-1}$  a partir do valores de base (LL<sub>1</sub>  $\sim 2,4 \text{ mmol.l}^{-1}$ ) encontraram fortes associações entre o LL<sub>1</sub> e o desempenho em prova. Adicionalmente, intensidades abaixo do LL<sub>1</sub> são incorporadas aos programas de treinamento de atletas, e estão associadas ao aprimoramento de diversos componentes de aptidão aeróbia (e.g. LL e  $\text{VO}_{2\text{max}}$ ) (Mcrae *et al.*, 2012; Mendes *et al.*, 2013). Em geral, 80% da distribuição do volume de treinamento de atletas estão situados em intensidades sub e/ou fechadas no LL<sub>1</sub> (Seiler; Kjerland, 2006). Neste sentido, avaliar a intensidade de ocorrência do LL<sub>1</sub> se torna um importante mecanismo de prescrição do treinamento, pois permite o ajuste adequado da carga de treinamento de acordo com o estado atual do indivíduo, permitindo deste modo, melhores ajustes morfofuncionais e adequação da carga imposta (Esteve-Lanao *et al.*, 2007).

### 5.1.1.2 Segundo limiar de lactato

Passados alguns anos após a introdução do conceito de limiar de transição aeróbio-anaeróbio, Skinner e Mclellan (1980) descreveram um segundo ponto de ruptura na curva formada pelo lactato sanguíneo em teste incremental. Os autores foram os primeiros a descrever o segundo limiar de lactato (LL<sub>2</sub>), neste estudo, foi observado dois pontos de ruptura nas [La], um primeiro aumento [La] em relação aos valores de repouso  $\sim 1\text{mmol.l}^{-1}$  (i.e. LL<sub>1</sub>) e um segundo aumento de  $\sim 2,5\text{mmol.l}^{-1}$  (i.e. LL<sub>2</sub>). O LL<sub>2</sub> parece representar a intensidade do exercício em que a taxa de produção supera a remoção do lactato sanguíneo durante exercício prolongado. A este respeito, Smith e Jones (2001) não encontraram diferenças significativas entre o LL<sub>2</sub> e a máxima estado estável de lactato (MEEL) (13,7 vs. 13,8  $\text{km.h}^{-1}$ , respectivamente,  $p > 0,05$ ). Portanto, o LL<sub>2</sub> é identificado na intensidade de exercício que representa a maior intensidade do exercício em que existe um equilíbrio entre a produção e remoção do lactato sanguíneo durante teste progressivo (Kindermann; Simon; Keul, 1979; Sjodin; Jacobs, 1981; Smith; Jones, 2001) e pode estar associado à máxima fase estável de lactato (Svedahl; Macintosh, 2003). Contudo, assim como observado para o LL<sub>1</sub>, diversas terminologias identificadas por diferentes critérios são empregadas na descrição do LL<sub>2</sub> (veja QUADRO 2).

Quadro 2: Limiares que indicam máximo estado estável de lactato.

Limiar aeróbico-anaeróbico	(Mader; Heck; Hollmann, 1976)
Limiar anaeróbico	(Kindermann; Simon; Keul, 1979)
IAT (Limiar anaeróbico individual)	(Stegmann; Kindermann; Schnabel, 1981)
OBLA ( <i>onset blood lactate accumulation</i> )	(Sjodin; Jacobs, 1981)
LT <sub>2</sub> (Segundo limiar ventilatório)	(Orr <i>et al.</i> , 1982)
Potência crítica	(Dekerle <i>et al.</i> , 2003)

Além disto, inequivocamente, este limiar tem sido denominado como Lan, uma vez que não existe a predominância do metabolismo anaeróbio em teste

progressivo máximo (Bertuzzi *et al.*, 2013; Svedahl; Macintosh, 2003), ou até mesmo em esforços realizados em intensidades supra  $LL_2$  e sub  $VO_{2max}$  (Duffield; Dawson; Goodman, 2005).

O  $LL_2$  permite predizer de forma simplificada o MEEL (Dekerle *et al.*, 2003). Para melhor entendimento, o MEEL é a maior intensidade de exercício em que a [La] que pode ser mantida sem que a taxa de produção de lactato exceda a taxa de remoção (Billat *et al.*, 2003). A limitação do uso desta metodologia, é que ela exige diversas visitas ao laboratório o que a torna impraticável do ponto de vista prático e, em rotinas de treinamento (Svedahl; Macintosh, 2003). Neste sentido, o  $LL_2$  aparece como uma atraente alternativa para identificação do MEEL.

Entre as metodologias utilizadas para a identificação do  $LL_2$ , as mais comuns são o uso das concentrações fixas de  $4 \text{ mmol.l}^{-1}$  ( $LL_4$ ), o IAT,  $LV_2$  e limiar de lactato  $D_{max}$  ( $LL_{D_{max}}$ ) (Baldari; Guidetti, 2000; Bentley *et al.*, 2001; Czuba *et al.*, 2009; Faria; Parker; Faria, 2005; Faude; Kindermann; Meyer, 2009; Monnier-Benoit; Gros Lambert; Rouillon, 2009; Robinson; Plasschaert; Kisaalita, 2011). O  $LL_2$  tem sido amplamente aplicado na avaliação de atletas, assim como o  $LL_1$ . A importância do uso do  $LL_2$  para avaliação da *performance* encontra-se na sensibilidade ao treinamento (Robinson; Plasschaert; Kisaalita, 2011) e, sua associação com a potência em provas contra relógio de 20 e 90 minutos (Bentley *et al.*, 2001) e tempo desempenhado em testes de carga constantes (Baldari; Guidetti, 2000). Por exemplo, Bentley *et al.* (2001) ao avaliarem ciclistas encontraram fortes associações entre o  $LL_{D_{max}}$  e potência média em prova contra relógio de 90 minutos ( $r = 0,77$ ,  $p < 0,05$ ). Num outro estudo, Baldari e Guidetti (2000) ao avaliarem 41 atletas (21 homens e 20 mulheres) envolvidos em diferentes programas de treinamento, observaram que o IAT era um válido preditor de máxima fase estável e que as concentrações lactato se mantinha constante durante 30 minutos de exercício realizado na intensidade de identificação do IAT. Entretanto, existem controvérsia sobre a validade do  $LL_2$  quando identificados a partir de [La] fixas para predizer o desempenho (Bentley *et al.*, 2001). Originalmente, o uso de uma [La] fixa de  $4 \text{ mmol.l}^{-1}$  foi estabilizado por ser a mais alta [La] que pode ser mantida por um longo

período de tempo. Entretanto, tem sido sugerido que o uso de concentrações fixas de lactato para identificação do LL<sub>2</sub> não leva em conta diferenças interindividuais, e pode subestimar (indivíduos treinados anaerobiamente) e superestimar (indivíduos treinados aerobiamente) a capacidade real de *endurance* (Faude; Kindermann; Meyer, 2009).

#### 5.1.1.3 Intensidade de identificação dos limiares de lactato indivíduos treinados vs. destreinados

Diversos fatores estão associados ao aparecimento de lactato sanguíneo e a identificação dos LL, como idade, gênero, estado de treinamento (Allen *et al.*, 1985; Beneke *et al.*, 2009; Demello *et al.*, 1987; Emhoff *et al.*, 2013; Messonnier *et al.*, 2013; Rynders *et al.*, 2011; Wiswell *et al.*, 2000). Neste contexto, indivíduos treinados aerobiamente parecerem apresentar um maior balanço entre a produção/remoção de lactato (Emhoff *et al.*, 2013; Messonnier *et al.*, 2013). Além disto, tem sido observado que o treinamento de *endurance* implica no deslocamento do LL para maiores intensidades (Rønnestad *et al.*, 2014). Os mecanismos envolvidos nestes processos estão associados às adaptações morfofuncionais decorrentes do treinamento de *endurance* (Helgerud *et al.*, 2007). No geral, indivíduos treinados aerobiamente possuem maior capacidade oxidativa, aumento nos estoques de glicogênio muscular em repouso, menor taxa de utilização de glicogênio, maior taxa de oxidação de lipídeos, maior capacidade vascular periférica estrutural e funcional, aumento da atividade de enzimas oxidativas (e.g. Citrato sintase), entre outros (Gibala; Jones, 2013; Gibala *et al.*, 2012). Em tese, estas explicações explicariam o motivo do LL ser encontrado em maiores intensidades em indivíduos treinados que destreinados. Além disto, o acima mencionado, justifica o uso do LL na avaliação e prescrição do treinamento para diversas populações, por refletir diretamente mudanças na capacidade funcional e sua associação com desempenho.

## 5.2 Percepção subjetiva de esforço

Durante décadas, o entendimento de como as pessoas reagem quanto à dor e ao esforço durante o exercício foi de grande interesse para pesquisadores (Borg, 1982). Em meados da década de 50 foi introduzido o conceito de esforço percebido para inferir o grau de esforço percebido geral, fadiga localizada e a falta de ar. A partir deste momento, começaram a surgir diversos estudos no que diz respeito a sua aplicabilidade clínica relacionada ao desporto (Borg, 1962). A partir deste ponto a percepção subjetiva de esforço se tornou uma ampla área de pesquisa dentro do exercício e do esporte (Eston, 2012).

A percepção subjetiva de esforço (PSE) é uma integração entre sinais aferentes periféricos e centrais de vários sistemas fisiológicos e frequentemente utilizados como um indicador de intensidade durante o exercício (Borg; Kaijser, 2006; Crewe; Tucker; Noakes, 2008; Eston, 2012; Tucker, 2009). Durante a realização do trabalho muscular, tem sido proposto que o cérebro regula o grau de ativação muscular, de tal forma a preservar o organismo de possíveis distúrbios fisiológicos (Noakes, 2012; Noakes; St Clair Gibson, 2004). Durante o exercício a percepção subjetiva de esforço (PSE) aumenta concomitantemente com o esforço realizado e reflete a ativação neural durante o movimento, demonstrando estreita relação com o comando motor central (Christian *et al.*, 2014; De Morree; Klein; Marcora, 2012). Talvez o mecanismo que melhor explique este evento esteja associado à descarga cololária do córtex motor para regiões motoras perceptivas do cérebro (Fontes *et al.*, 2013; Okano *et al.*, 2013). Adicionalmente, sinais centrais em respostas às alterações metabólicas periféricas podem ser potenciais sinalizadores para PSE durante o exercício (Borg; Hassmen; Lagerstrom, 1987; Davies; Rowlands; Eston, 2009; Robertson, 1982), somando se a isto, alguns estudos sugerem que o estado nutricional, reservas intramusculares de CHO e fatores ambientais (Crewe; Tucker; Noakes, 2008; Lima-Silva *et al.*, 2010; Meeusen; Watson; Dvorak, 2006) podem alterar as respostas perceptivas. De acordo com estes achados, podemos sugerir que a percepção de esforço é gerada a partir da interação de diversas condições intrínsecas e extrínsecas, que de algum modo, possam interferir no

recrutamento muscular demandando alteração no padrão de recrutamento da unidade motora que são refletidas em regiões sensoriais do cérebro. Portanto, são interpretadas de acordo com a dificuldade de manutenção de prolongar o exercício. Deste modo gerando respostas subjetivas quanto à classificação do esforço, ou grau de dificuldade de manutenção da carga imposta.

A PSE pode ser definida como uma subjetiva intensidade do esforço, tensão, desconforto e/ou fadiga, que é experimentado durante o exercício físico (Robertson; Noble, 1997). O esforço percebido em respostas a diferentes intensidades de exercício avaliado a partir de escalas de PSE tem sido uma atraente opção para monitoramento da intensidade do exercício (Borg; Kaijser, 2006; Borg, 1962; Eston, 2012; Eston, 2009). Ao longo dos anos, a PSE tem demonstrado ser um precioso instrumento para avaliação de respostas psicofísicas durante o exercício. A forte relação existente entre os limiares de transição fisiológicos (LT) e valores de percepção subjetiva de esforço tem possibilitado a identificação destes limiares a partir de valores fixos de PSE (Faulkner; Eston, 2008; Kang *et al.*, 2003; Scherr *et al.*, 2013; Zamunér *et al.*, 2011). Portanto, a PSE passa a integrar um conjunto de ferramentas de grande importância no contexto esportivo, por ser uma metodologia de fácil aplicação e baixo custo operacional (Borg, 1998; Utter *et al.*, 2006) e fornecer informações sobre a intensidade de ocorrência dos limiares.

#### 5.2.1 Percepção subjetiva de esforço e a identificação dos limiares de transição fisiológica

Os limiares de transição fisiológica (LTs) são importantes variáveis obtidas durante um teste incremental que nos permite prescrever intensidades de exercício, acompanhar o treinamento e prever a *performance* esportiva (Sjodin; Jacobs, 1981). A percepção subjetiva de esforço (PSE) tem sido usada alternativamente na identificação dos LTs (Zamunér *et al.*, 2011). Os métodos mais comuns utilizados na avaliação da PSE em adultos tem sido através da escala de Borg categoria 6 – 20 pontos, Borg *Category-Ratio-10 scale* (escala CR-10 de Borg) (Borg; Kaijser, 2006; Borg, 1982) e Borg *centiMax scale* (escala CR – 100 de Borg) (Borg; Kaijser, 2006; Fabre *et al.*, 2013). O uso da PSE nos permite prescrever intensidades de exercício

para diferentes populações e modalidades de exercício. Por exemplo, em crianças e adultos (Eston, 2009; Faulkner; Eston, 2008), ciclistas e corredores (Kang *et al.*, 2003), indivíduos treinados e destreinados (Scherr *et al.*, 2013). Além de ser um bom indicador de intensidade da carga interna de treinamento (Foster, 1998; Foster *et al.*, 2001; Gomes *et al.*, 2013; Wallace; Slattery; Coutts, 2014). Entretanto, qual valor de PSE deve ser usado na prescrição do exercício?

Para responder esta pergunta, Scherr *et al.* (2013) avaliaram 2560 homens e mulheres em um exercício progressivo em esteira e ciclo ergômetro. Os autores avaliaram a frequência cardíaca (FC), concentração de lactato [La] e PSE pela escala de Borg categoria 6 – 20 pontos ao final de cada estágio durante o exercício para ambos os protocolos. Limiares identificados pela [La] fixa de 3 e 4 mmol.l<sup>-1</sup> eram correspondentes aos valores fixos de PSE de 11 – 13 e 13 – 15, respectivamente. Neste estudo foi observado que independente da idade, sexo, doença arterial coronariana, estado de treinamento e tipo do ergômetro utilizado os limiares estavam associados, sendo demonstrado a validade da percepção subjetiva de esforço na identificação do LL<sub>2</sub> identificados pelas concentrações fixas de 3 e 4 mmol.l<sup>-1</sup>. Em outro estudo utilizando a escala CR-10 de Borg, realizado por Zamunér *et al.* (2011), foi observado que valores fixos de 5 pontos da escala CR 10 de Borg podia ser usado como parâmetro para quantificar exercício aeróbio, tanto para mulheres ativas como sedentárias. Além disto, Monnier-Benoit; Gros Lambert e Rouillon (2009) avaliando ciclistas, obtiveram valores de 5,85 pontos na escala CR-10 de Borg no LV<sub>2</sub>. Portanto, deflagrando a utilização de valores fixos da percepção subjetiva de esforço (PSE), identificados por escalas de 15 e 10 pontos para identificação do LT<sub>2</sub>, que delimita a transição de intensidade do exercício do domínio pesado para domínio severo.

Recentemente, foi proposta a aplicação do modelo matemático Dmax no comportamento da PSE durante teste progressivo (Fabre *et al.*, 2013; Ferreira *et al.*, 2014) isto possibilitaria a identificação de um limiar de transição fisiológica identificado em intensidade similar ao LL identificado pelo método Dmax. O método matemático Dmax foi sugerido na década de 90 por Cheng *et al.* (1992) para a

identificação de um limiar de lactato (LL). Neste estudo os autores observaram que o LL identificado pelo método Dmax era associado ao tempo de prova de atletas de *endurance*, sendo um importante critério para avaliação de atletas. O método consiste na realização de um ajuste polinomial de 3º ordem por todos os pontos do gráfico formado pela curva da relação lactato-carga, e um ajuste linear unindo os dois extremos da curva, em seguida subtraindo os valores preditos de (y) obtidos entre os ajustes, o limiar é identificado na maior diferença encontrada entre os ajustes (Cheng *et al.*, 1992).

Recentemente, alguns autores utilizaram o método para identificação de um limiar a partir do comportamento da PSE durante teste progressivo. Por exemplo, Fabre *et al.* (2013) avaliaram 21 indivíduos em teste progressivo em ciclo ergômetro, durante o teste os autores avaliaram a PSE através da escala CR-100 de Borg. Os autores identificaram o limiar de percepção subjetiva de esforço (LPSE) em intensidade similar ao limiar de lactato Dmax ( $LL_{Dmax}$ ) e valores de escores 35 da PSE na escala CR-100 de Borg, sendo encontrada fortes associações entre limiares. (Ferreira *et al.*, 2014) ao avaliar nove indivíduos ativos fisicamente em ciclo ergômetro, identificaram o LPSE em intensidade similar ao  $LL_{Dmax}$ , entretanto, neste estudo o autor utilizou a escala CR-10 de Borg, encontrando valores de 3,4 para o LPSE.

De acordo com os resultados acima mencionados, podemos propor a identificação de dois limiares de transição fisiológica (LTs) durante o exercício progressivo através da PSE, sugerindo a PSE como um importante instrumento na prescrição do treinamento para populações diversificadas quanto ao estado de saúde e treinamento.

## 6 Materiais e métodos

### 6.1 Amostra

Foram avaliados, em uma amostragem intencional, 14 atletas amadores de *endurance* – grupo atleta (GA) (10 ciclistas e 4 triatletas) e 15 indivíduos fisicamente ativos – grupo não atleta (NA) do sexo masculino. As características morfológicas dos indivíduos estão descritas na tabela 1. Para participação no estudo o GA deveriam: 1) estar treinando há no mínimo 2 anos, 2 vezes por semanas, com volume semanal de no mínimo 6 horas; 2) ter participado de ao menos duas provas de ciclismo de 20 km nos últimos seis meses. Para participação no estudo o NA deveriam: 1) praticar atividade física a no mínimo 6 meses, 2 vezes por semanas, com volume semanal de no mínimo 1,5 horas; 2) estarem familiarizados com a prática de ciclismo. Todos os indivíduos selecionados não tiveram históricos de lesões musculoesqueléticas recentes e não possuíam patologias cardiorrespiratórias. Os participantes foram orientados a não realizarem exercícios físicos a partir de 24 horas antecedendo o teste. Cada participante foi informado sobre os procedimentos e riscos relacionados ao estudo e, em seguida assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido de acordo com a resolução nº 466/2012 concordando com a participação voluntária no estudo. Os procedimentos adotados no presente estudo passaram pela aprovação do comitê de ética em pesquisas com seres humanos da Universidade Estadual do Centro Oeste – UNICENTRO (CAAE: 33221414.3.0000.0106).

### 6.2 Procedimentos

Os 29 indivíduos foram encaminhados de acordo com seu nível de treinamento para um de dois grupos: grupo atletas (GA) (n = 14) e grupo não atletas (NA) (n = 15). Cada participante compareceu ao laboratório em uma ocasião, sendo que, nesta visita foi realizada uma avaliação antropométrica para determinação da estatura, massa corporal, massa livre de gordura e percentual de gordura, este último foi realizado utilizando as dobras cutâneas da supra-ílica, tricipital, sub escapular, abdominal, coxa-medial, axilar media, bicipital, peitoral, panturrilha (Jackson; Pollock, 2004). Em seguida, todos os indivíduos realizaram um exercício

progressivo em ciclo ergômetro para determinação da potência máxima, limiar de lactato (LL) e limiar de percepção subjetiva de esforço (LPSE). Todos participantes foram instruídos a não consumirem alimentos que continham cafeína ou álcool por um período de 24 hrs antecedendo os testes e não ingerirem alimentos sólidos até 3 hrs antes dos testes, neste período foi permitido apenas a ingestão de líquidos.

### 6.3 Teste Progressivo

Os sujeitos realizaram um teste progressivo (TP) em ciclo ergômetro de frenagem mecânica (CEFISE Biotecnologia esportiva, São Paulo, Brasil) com carga inicial de 110 W durante 5 minutos e incrementos de 47 W a cada 3 minutos com cadência de pedalada a 80 rpm até a exaustão. Para interrupção dos testes foram adotados dois procedimentos: 1° = incapacidade de manutenção da cadência indicada e 2° = exaustão voluntária. Um protocolo com incremento de carga de 3 minutos foi escolhido por providenciar melhores ajustes psico-fisiológicos (i.e. lactato sanguíneo e percepção subjetiva de esforço) (Bentley; Newell; Bishop, 2007; Borg; Kaijser, 2006). Durante o protocolo foram obtidos nos 15 segundos finais de cada estágio a frequência cardíaca (FC) batimento a batimento cardíaco (Polar Electro Oy, FI-90440, Kempele, Finlândia), a percepção subjetiva de esforço (PSE) pela escala CR100 de Borg (Borg; Kaijser, 2006) e amostras de sangue capilar a partir de 25 µl da punção capilar do dedo indicador direito e analisadas as concentrações de lactato [La] mmol.l<sup>-1</sup> (Yellow Springs Instruments, Ohio,USA).

A potência máxima (Wmax) foi considerada a maior potência encontrada durante o teste progressivo em que o indivíduo foi capaz de manter por um ou mais minutos. Quando o último estágio não foi completo, foi realizado o ajuste da potência máxima alcançado pelo proposto por Kuipers *et al.* (1985), em que a potência final é dada pela soma da potência do último estágio completo e a razão entre o tempo de permanência no estágio e amplitude de incremento de carga. O teste foi considerado máximo quando dois ou mais dos seguintes critérios foram atendidos: Frequência cardíaca (FC) atingisse valores de  $\pm 10$ bpm da FC máxima predita (220 – idade), concentração de lactato  $\geq 8$  mmol.l<sup>-1</sup>, valores de PSE = 100 (Cooke, 2009). Além

disto, quando os indivíduos não conseguiram permanecer em 4 ou mais estágios durante o teste, o mesmo não foi incluído na análise final dos dados. A FC de pico (FC<sub>pico</sub>) e a [La] de pico ([La]<sub>pico</sub>) foram considerados os valores de FC e [La] obtidos ao final do teste.

#### 6.4 INSTRUMENTOS DE MEDIDA

O registro da FC foi realizado batimento-a-batimento, através de um monitor cardíaco Polar S810 (Polar Electro Oy, FI-90440, Kempele, Finlândia). As [La] foram obtidas por um lactímetro (Yellow Springs Instruments, Ohio, USA) usando 25 µl de sangue capilar da polpa digital do dedo indicador direito. A PSE foi obtida através da escala CR100 de Borg (Borg; Kaijser, 2006) com os descritores nenhum esforço zero e esforço máximo 100. Todos os indivíduos foram familiarizados com a escala e foram instruídos a incorporar tanto a sensação cardiorrespiratória como a muscular e indicar como eles se sentiam em relação ao esforço do estágio. A CR-100 foi escolhida porque possui uma graduação mais fina e maior variação intermediária de esforço subjetiva entre mínimo e máximo (i.e. mínimo, extremamente fraco, muito fraco, fraco, moderado, forte, muito forte, muito forte, maximo) (Borg; Kaijser, 2006).

##### 6.4.1 Avaliação antropométrica

Na avaliação antropométrica foi coletada a estatura, massa corporal e dobras cutâneas (supra-ílica, tricípital, subescapular, abdominal, coxa-medial, axilar media, bicipital, peitoral, panturrilha). A densidade corporal foi estimada pelo protocolo de Jackson e Pollock (1978) e o percentual de gordura (%G) determinado pelo proposto por Siri (1993). Para as medidas antropométricas foram utilizados uma balança e estadiômetro Welmy<sup>®</sup> e compasso Cescorf<sup>®</sup>.

#### 6.5 Determinação dos limiares de transição fisiológica

##### 6.5.1 Limiares de lactato

Os limiares de lactato foram determinados de acordo com os seguintes critérios:

- Limiar de lactato  $1\text{mmol.l}^{-1}$  ( $LL_{1\text{mmol}}$ ) – Definido na intensidade do exercício que precede um aumento na concentração de lactato em  $1\text{mmol.l}^{-1}$  sobre os valores de repouso (Dumke *et al.*, 2006; Hagberg; Coyle, 1983).

-Início do acúmulo de lactato sanguíneo (*Onset of blood lactate accumulation* - OBLA) – definido na intensidade do exercício correspondente a concentração fixa de lactato sanguíneo de  $4\text{mmol.l}^{-1}$  (Sjodin; Jacobs, 1981), aqui denominado de Limiar de lactato  $4\text{mmol.l}^{-1}$  ( $LL_{4\text{mmol}}$ ).

- Limiar de lactato Dmax ( $LL_{D\text{max}}$ ) – Definido no Dmax da diferença entre um ajuste polinomial de 3° ordem da curva formada pela relação Lactato/carga e um ajuste linear ligando os extremos da curva (Cheng *et al.*, 1992) (FIGURA 2).

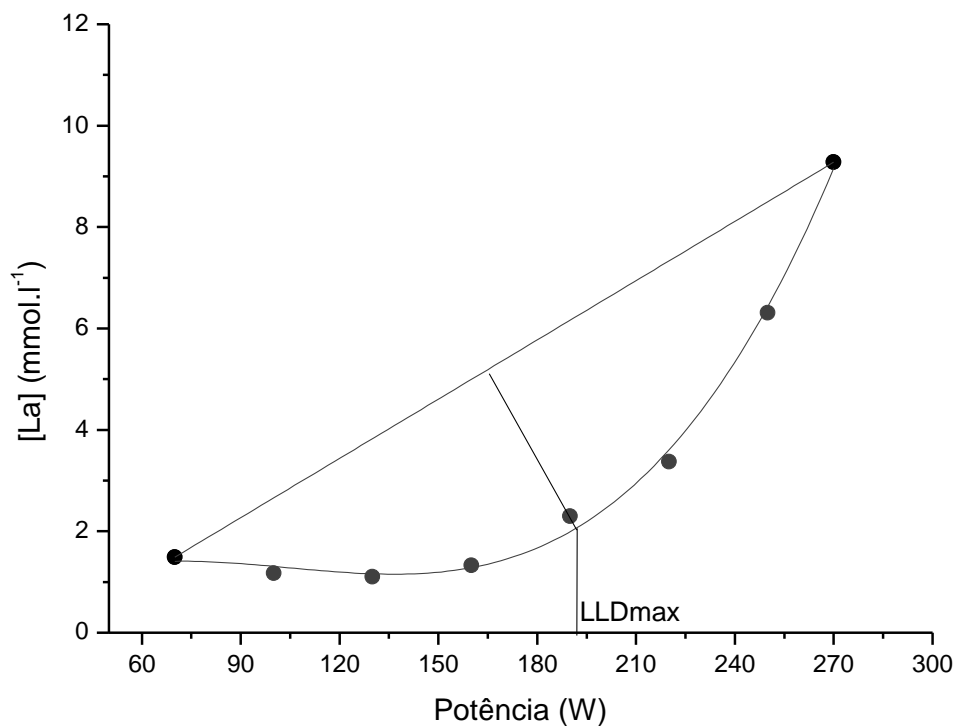


Figura 2

Figura 2: Identificação do limiar de lactato pelo método Dmax ( $LL_{D\text{max}}$ ) maior distância perpendicular entre um ajuste polinomial de 3° ordem e um ajuste linear (ajuste entre o primeiro e último ponto). Dados de um indivíduo representativo da amostra.

### 6.5.2 Limiar de percepção subjetiva de esforço

- Limiar de percepção subjetiva de esforço (LPSE) - definido no Dmax da diferença entre um ajuste polinomial de 3° ordem da curva formada pela relação PSE/carga e um ajuste linear ligando os extremos da curva (Fabre *et al.*, 2013) (FIGURA 3).

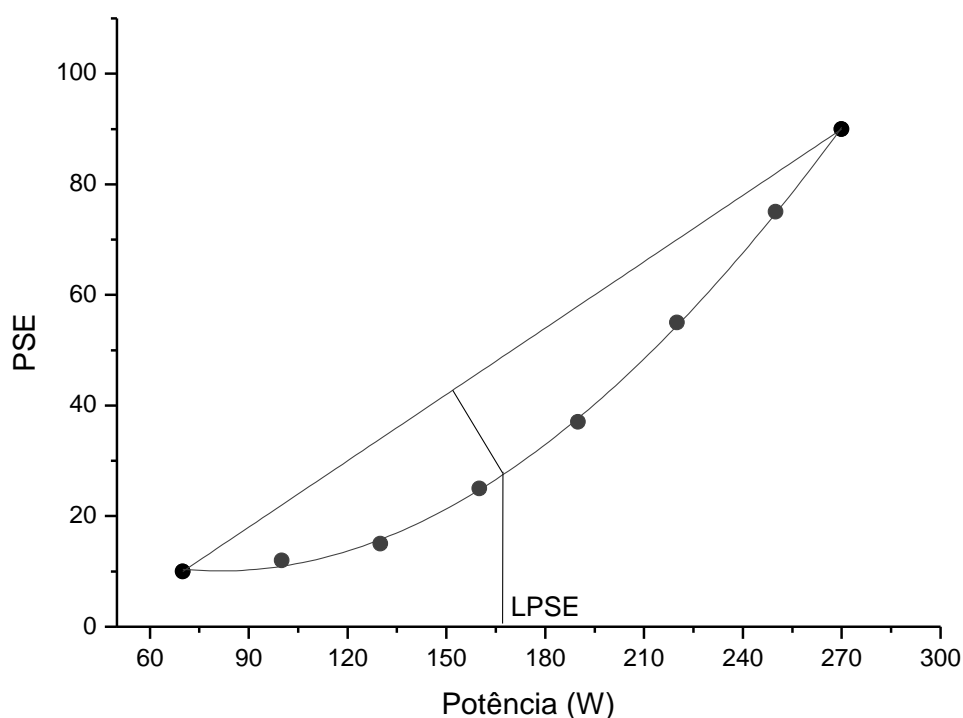


Figura 3

Figura 3: Identificação do limiar de PSE pelo método Dmax (LPSE) maior distância perpendicular entre um ajuste polinomial de 3° ordem e um ajuste linear (ajuste entre o primeiro e último ponto). Dados de um indivíduo representativo da amostra.

### 6.6 Tratamento estatístico

A distribuição dos dados foi analisada pelo teste Kolmogorov Smirnov. Variáveis com distribuição não-normal foram expressas em mediana e intervalo interquartil (Q1 – Q3). Variáveis com distribuição normal foram expressas em média e desvio padrão. As variáveis mensuradas em repouso, a cada estágio (dados

absolutos e normalizados) e ao final do teste progressivo (GA vs NA) com distribuição normal foram comparadas utilizando o teste T de *Student* para amostras independentes. As variáveis mensuradas em repouso, a cada estágio (dados absolutos e normalizados) e ao final do teste progressivo (GA vs NA) com distribuição não-normal foram comparadas utilizando o teste U de *Mann-Whitney* para variáveis independentes. Para comparação das variáveis identificadas nos limiares (LPSE e LL) foi utilizada a análise de Variância de duas vias (2 x 4) (ANOVA *two-way* – grupo (GA e NA) vs. limiares (LPSE, LL<sub>1mmol</sub>, LL<sub>Dmax</sub> e LL<sub>4mmol</sub>) com post Hoc de *Fisher's protected LSD* para múltiplas comparações para identificar as diferenças encontradas (Mason; Gunst; Hess, 2003). Para associação dos limiares foi utilizado correlação simples de Pearson. Por fim, a plotagem de Bland e Altman (1986) foi usada para comparar a concordância entre a W obtida nos limiares (i.e. LPSE, LL<sub>1mmol</sub>, LL<sub>Dmax</sub> e LL<sub>4mmol</sub>), foi considerado um viés de 5%. O nível de significância adotado foi  $p < 0,05$ . Todos os procedimentos estatísticos adotados foram carreados no software Statistica 10 (StataSoft inc., Tulsa, Ok, Estados Unidos).

## 7 Resultados

### 7.1 Características dos sujeitos

Na tabela 1 estão descritos as principais características morfológicas dos indivíduos do estudo, não foram incluídos nas análises estatísticas 5 indivíduos (1 GA e 4 NA) por deixarem de atender a dois ou mais critérios para caracterização do teste como máximo e/ou permanecerem apenas 3 estágios durante o teste progressivo; este último critério foi adotado por não providenciar pontos suficientes para ajuste matemático da curva de PSE e lactato.

Tabela 1: Características morfológicas dos indivíduos do grupo atletas (GA) e não atletas (NA).

	Atletas (n = 13)	Não Atletas (n = 11)
Idade (anos)	35,9 ± 9,3	28,5 ± 10,1
Massa corporal (kg)	72,4 ± 5,4	88,8 ± 11,0*
Estatura (cm)	176,0 ± 4,9	179,6 ± 7,2
Percentual de gordura (%)	9,3 ± 3,2	14,5 ± 6,2*

\*Denota diferenças significativas entre GA e NA,  $p < 0,05$ .

Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre GA e NA para a variável massa corporal e percentual de gordura ( $p < 0,05$ ). Não foram encontradas diferenças significativas para a variável idade e estatura ( $p > 0,05$ ).

Na tabela 2 estão descritos as características fisiológicas em repouso e ao final do teste progressivo dos indivíduos de cada um dos grupos estudados. A  $W_{max}$  e  $PSE_{final}$  foram expressas em mediana e em percentil 25 e 75 [Q1 - Q3] por apresentarem uma distribuição não-normal. O GA atingiu uma maior  $W_{max}$  que o NA ( $p < 0,05$ ). Para as demais variáveis identificadas em repouso e ao final do teste não foram encontradas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ).

Tabela 2: Características fisiológicas dos indivíduos do grupo atletas (GA) e não atletas (NA) identificadas em repouso e ao final do teste progressivo.

	Atletas n = 13	Não Atletas n = 11
FCrep. (bpm)	61 ± 7	68 ± 10
[La]rep. (mmol.l <sup>-1</sup> )	1,2 ± 0,5	1,0 ± 0,4
Wmax (Watts)	371,7 ± 45,9	291,0 ± 6,6*
Mediana [Q1 – Q3]	392,3 [345,2 – 392,3]	298,1[282,4 – 298,1]*
FCpico (bpm)	179 ± 7	182 ± 13
[La]final (mmol.l <sup>-1</sup> )	10,3 ± 2,1	11,5 ± 3,0
PSEfinal (escores)	98,9 ± 3,0	94,5 ± 9,5
Mediana [Q1 – Q3]	100 [100 – 100]	99 [90 – 100]
%FCpred.	97,2 ± 3,7	95,3 ± 6,0

FCrep.: frequência cardíaca de repouso; [La]rep.: concentração de lactato sanguíneo de repouso; Wmax: potência máxima; FCpico: frequência cardíaca de pico; [La]final: concentração de lactato sanguíneo no final do teste, PSEfinal: percepção subjetiva de esforço final, %FCpred.: porcentagem da frequência cardíaca máxima predita (220 - idade). \*Denota diferenças significativas entre GA e NA,  $p < 0,05$ .

## 7.2 Comportamento das variáveis fisiológicas e perceptuais durante teste progressivo

### 7.2.1 Limiares de transição fisiológica

Não foram encontradas diferenças significativas entre o GA e NA para os valores de PSE identificados no LPSE ( $31 \pm 13$  e  $27 \pm 7$  unidades, respectivamente,  $p > 0,05$ ). Do mesmo modo, não foram encontradas diferenças significativas entre o GA e NA para os valores de PSE identificados no LL<sub>Dmax</sub> ( $48 \pm 18$  e  $48 \pm 19$ , respectivamente,  $p > 0,05$ ). Diferentemente, foram encontradas diferenças significativas entre GA e NA para os valores de PSE obtidos no LL<sub>1mmol</sub> ( $37 \pm 20$  e  $18 \pm 12$  unidades, respectivamente,  $p < 0,05$ ) e LL<sub>4mmol</sub> ( $59 \pm 17$  e  $44 \pm 18$  unidades, respectivamente,  $p < 0,05$ ).

Na tabela 3 estão descritos a potência e FC obtidos nos LL (i.e. LL<sub>1mmol</sub>, LL<sub>Dmax</sub> e LL<sub>4mmol</sub>) e LPSE em valores absolutos (Watts e batimento por minuto,

respectivamente) e relativos (%Wmax e %FCpico, respectivamente) para o GA e NA. Para o GA a potência (W), FC (bpm), %Wmax e %FCpico de ocorrência do LL<sub>4mmol</sub> foram significativamente maiores do que os encontrados para os LPSE e LL<sub>1mmol</sub> ( $p < 0,05$ ). A %FCpico de ocorrência do LL<sub>4mmol</sub> foi significativamente maior do que a %FCpico encontrada para o LL<sub>Dmax</sub> ( $p < 0,05$ ). A potência (W), %Wmax e %FC de ocorrência do LL<sub>Dmax</sub> foram significativamente maiores do que os encontrados para os LPSE ( $p < 0,05$ ). Não foram encontradas diferenças significativas entre a potência (W), FC (bpm), %Wmax e %FCpico obtidas no LL<sub>Dmax</sub> e LL<sub>1mmol</sub> ( $p > 0,05$ ). O mesmo foi observado entre a potência (W), FC (bpm), %Wmax e %FCpico obtidas no LL<sub>1mmol</sub> e LPSE ( $p > 0,05$ ). Para o NA a potência (W), FC (bpm), %Wmax e %FCpico obtidos para o LL<sub>1mmol</sub> foram significativamente menores do que os encontrados para LPSE, LL<sub>Dmax</sub> e LL<sub>4mmol</sub> ( $p < 0,05$ ). A %Wmax de ocorrência do LPSE foi significativamente menor que a %Wmax de ocorrência do LL<sub>Dmax</sub> e LL<sub>4mmol</sub> ( $p < 0,05$ ), mas o mesmo não foi observado para a potência (W) ( $p > 0,5$ ). A FC e a %FCpico de ocorrência do LPSE foi significativamente menor que a FC e a %FCpico de ocorrência do LL<sub>Dmax</sub> ( $p < 0,05$ ). Entre os grupos, a potência (W) de ocorrência do LPSE, LL<sub>Dmax</sub>, LL<sub>1mmol</sub> e LL<sub>4mmol</sub> foram significativamente menores para o NA do que GA ( $p < 0,05$ ). Do mesmo modo, a FC (bpm), %Wmax e %FCpico obtidas no LL<sub>1mmol</sub> e a FC (bpm), e %FCpico obtidas no LL<sub>4mmol</sub> foram significativamente menores para o NA do que GA ( $p < 0,05$ ). Não foram encontradas diferenças significativas entre GA e NA para a FC (bpm), %Wmax e %FCpico identificadas no LPSE e LL<sub>Dmax</sub> ( $p > 0,05$ ).

A concordância entre a potência (W) de identificação do LPSE vs. LL (i.e. LL<sub>2mmol</sub>, LL<sub>4mmol</sub> e LL<sub>Dmax</sub>) foi avaliada a partir da plotagem gráfica de Bland-Altman e, estão ilustrados nas figuras 4, 5, 6, 7, 8 e 9, respectivamente. Para o GA a análise de Bland-Altman mostrou um pequeno viés para potência de Identificação do LL<sub>1mmol</sub> e LPSE ( $< 5\%$  da média) (FIGURA 4). Diferentemente, foi encontrado um amplo viés para a potência (W) de ocorrência do LPSE e LL<sub>4mmol</sub> e a potência (W) de ocorrência do LPSE e LL<sub>Dmax</sub> ( $> 5\%$  da média) (FIGURAS 5 e 6). Para o NA a análise de Bland-Altman mostrou um amplo viés para a potência (W) de identificação

doLPSE vs. LL<sub>1mmol</sub>, LPSE vs. LL<sub>Dmax</sub> e LPSE vs. LL<sub>4mmol</sub> (> 5% da média) (FIGURAS 7, 8 e 9).

Para o GA não foram encontradas associações significativas entre a potência de ocorrência do LPSE e critérios de identificação do LL ( $r = 0,46$  para LL<sub>1mmol</sub>,  $r = 0,22$  para LL<sub>Dmax</sub> e  $r = 0,45$  para LL<sub>4mmol</sub>,  $p > 0,05$ ). Não foram encontradas associações significativas entre a %Wmax de ocorrência do LPSE e critérios de identificação do LL ( $r = 0,29$  para LL<sub>1mmol</sub>,  $r = -0,20$  para LL<sub>Dmax</sub> e  $r = 0,02$  para LL<sub>4mmol</sub>,  $p > 0,05$ ). Da mesma maneira, não foram encontradas associações significativas entre FC de ocorrência do LPSE e critérios de identificação do LL ( $r = 0,39$  para LL<sub>1mmol</sub>,  $r = 0,32$  para LL<sub>Dmax</sub> e  $r = 0,33$  para LL<sub>4mmol</sub>,  $p > 0,05$ ) e a %FCpico de ocorrência do LPSE e critérios de identificação do LL ( $r = 0,35$  para LL<sub>1mmol</sub>,  $r = 0,23$  para LL<sub>Dmax</sub> e  $r = -0,03$  para LL<sub>4mmol</sub>,  $p > 0,05$ ). Para o NA Não foram encontradas associações significativas entre a potência de ocorrência do LPSE e critérios de identificação do LL ( $r = 0,42$  para LL<sub>1mmol</sub>,  $r = 0,09$  para LL<sub>Dmax</sub> e  $r = 0,45$  para LL<sub>4mmol</sub>,  $p > 0,05$ ). Do mesmo modo, não encontradas associações significativas entre a %Wmax de ocorrência do LPSE e critérios de identificação do LL ( $r = 0,39$  para LL<sub>1mmol</sub>,  $r = -0,13$  para LL<sub>Dmax</sub> e  $r = 0,29$  para LL<sub>4mmol</sub>,  $p > 0,05$ ). Foram encontradas associações significativas entre a FC de ocorrência do LPSE dois dos três critérios de identificação do LL ( $r = 0,66$  para LL<sub>1mmol</sub>,  $r = 0,70$  para LL<sub>4mmol</sub>,  $p < 0,05$ ), e a %FCpico de ocorrência do LPSE e critérios de identificação do LL ( $r = 0,83$  para LL<sub>1mmol</sub> e  $r = 0,74$  para LL<sub>4mmol</sub>,  $p < 0,05$ ). Não foram encontradas associações significativas para a FC de ocorrência do LPSE e LL<sub>Dmax</sub> ( $r = 0,46$ ,  $p > 0,05$ ) e %FCpico do ocorrência do LPSE e LL<sub>Dmax</sub> ( $r = 0,26$ ,  $p > 0,05$ ).

Tabela 3: Potência e frequência cardíaca absoluta e relativa obtidos nos LL e LPSE para o grupo atletas (GA) e não atletas (NA).

	Atletas n = 13				Não Atletas n = 11			
	LPSE	LL <sub>1mmol</sub>	LL <sub>4mmol</sub>	LL <sub>Dmax</sub>	LPSE	LL <sub>1mmol</sub>	LL <sub>4mmol</sub>	LL <sub>Dmax</sub>
Potência (W)	220,3 ± 36,8	225,8 ± 68,8	281,4 ± 57,0 <sup>†</sup>	256,2 ± 46,6 <sup>††</sup>	170,6 ± 23,5 <sup>a</sup>	133,3 ± 36,7 <sup>‡a</sup>	199,6 ± 33,9 <sup>a</sup>	206,1 ± 32,2 <sup>a</sup>
FC (bpm)	138 ± 14	141 ± 17	159 ± 8 <sup>†</sup>	148 ± 13	140 ± 13	124 ± 13 <sup>‡a</sup>	147 ± 13 <sup>a</sup>	152 ± 18 <sup>‡‡</sup>
%Wmax	59,7 ± 9,8	60,8 ± 14,5	77,3 ± 7,5 <sup>†</sup>	68,8 ± 8,6 <sup>††</sup>	58,6 ± 7,4	45,9 ± 12,2 <sup>‡a</sup>	68,5 ± 10,3 <sup>‡‡a</sup>	70,7 ± 9,7 <sup>‡‡</sup>
%FCpico	77,2 ± 6,4	79,1 ± 9,5	89,0 ± 3,6 <sup>†††</sup>	83,0 ± 7,7 <sup>††</sup>	76,7 ± 6,3	68,9 ± 9,1 <sup>‡a</sup>	80,7 ± 7,4 <sup>a</sup>	83,1 ± 7,3 <sup>‡‡</sup>

<sup>†</sup>Diferença significativa para LPSE e LL<sub>1mmol</sub>, p < 0,05;

<sup>††</sup>Diferença significativa para LPSE, p < 0,05;

<sup>†††</sup>Diferença significativa para LPSE, LL<sub>Dmax</sub> e LL<sub>1mmol</sub>, p < 0,05;

<sup>‡</sup>Diferença significativa para LPSE, LL<sub>Dmax</sub> e LL<sub>4mmol</sub>, p < 0,05;

<sup>‡‡</sup>Diferença significativa para LPSE, p < 0,05;

<sup>a</sup>Diferença significativa entre atletas e não atletas, p < 0,05.

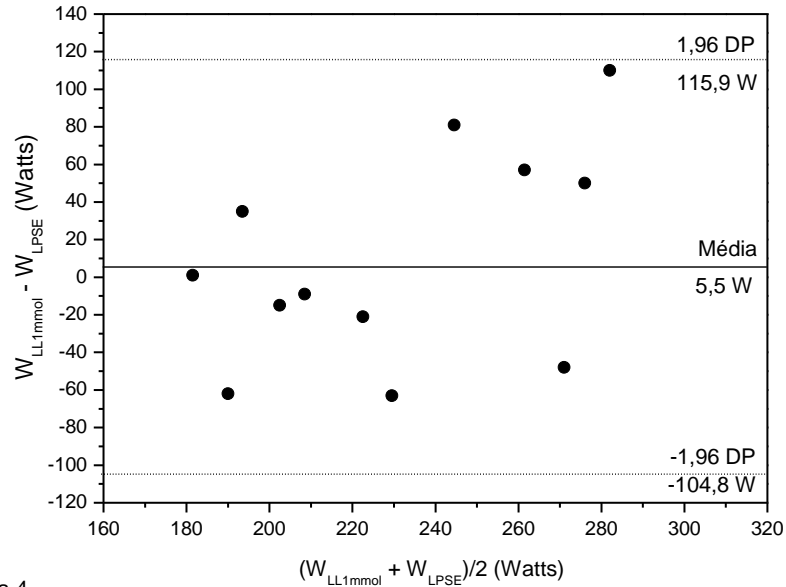


Figura 4

Figura 4: Análise de Bland- Altman para concordância entre a potência de ocorrência do  $LL_{1mmol}$  e LPSE ( $W_{LL_{1mmol}}$  e  $W_{LPSE}$ , respectivamente) para o GA. A linha fina representa a diferença das médias dos limiares e as duas linhas extremas representam o limite de concordância (1,96 desvio padrão em torno da diferença das médias).

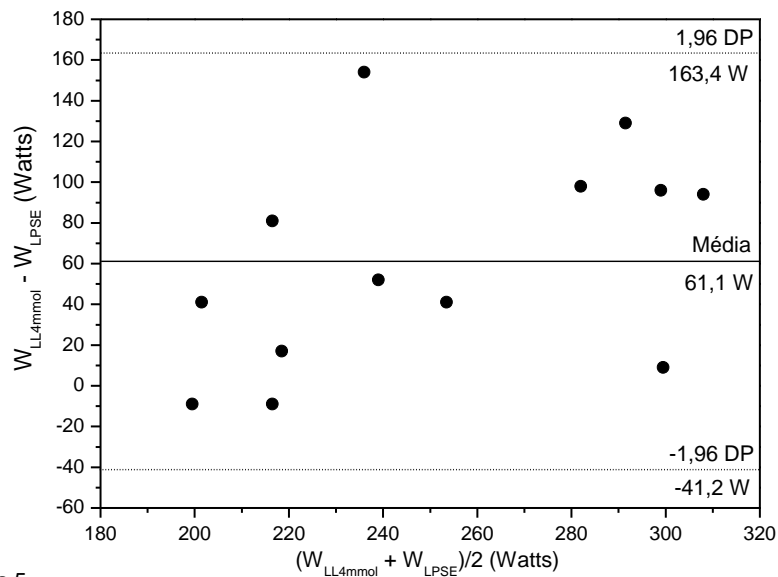


Figura 5

Figura 5: Análise de Bland- Altman para concordância entre a potência de ocorrência do  $LL_{4mmol}$  e LPSE ( $W_{LL_{4mmol}}$  e  $W_{LPSE}$ , respectivamente) para o GA. A linha fina representa a diferença das médias dos limiares e as duas linhas extremas representam o limite de concordância (1,96 desvio padrão em torno da diferença das médias).

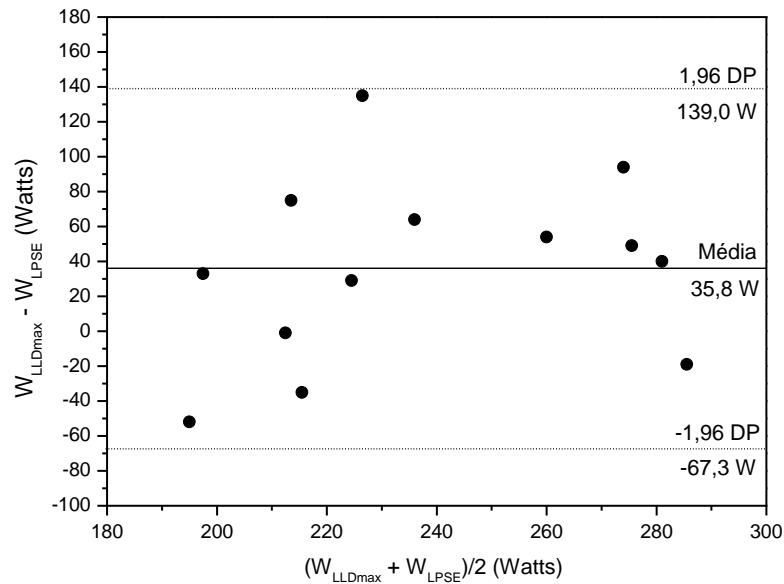


Figura 6

Figura 6: Análise de Bland- Altman para concordância entre a potência de ocorrência do  $LL_{Dmax}$  e LPSE ( $W_{LL_{Dmax}}$  e  $W_{LPSE}$ , respectivamente) para o GA. A linha fina representa a diferença das médias dos limiares e as duas linhas extremas representam o limite de concordância (1,96 desvio padrão em torno da diferença das médias)

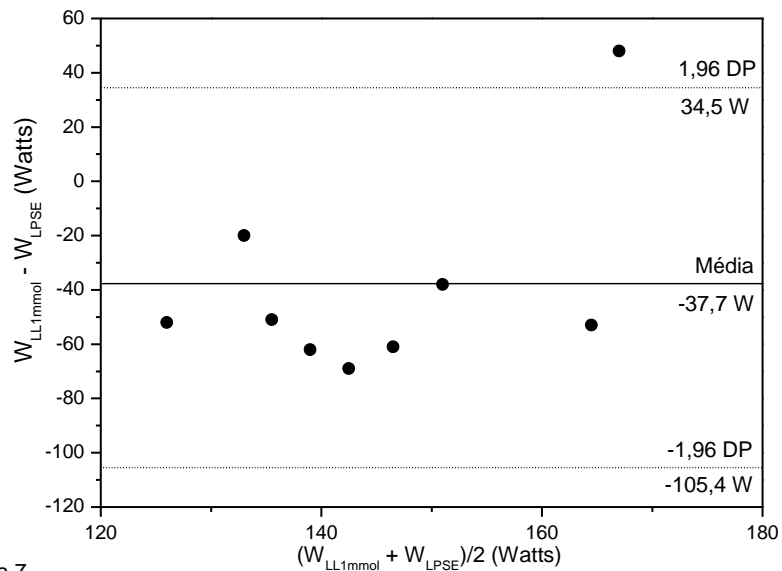


Figura 7

Figura 7: Análise de Bland- Altman para concordância entre a potência de ocorrência do  $LL_{1mmol}$  e LPSE ( $W_{LL_{1mmol}}$  e  $W_{LPSE}$ , respectivamente) para o NA. A linha fina representa a diferença das médias dos limiares e as duas linhas extremas representam o limite de concordância (1,96 desvio padrão em torno da diferença das médias).

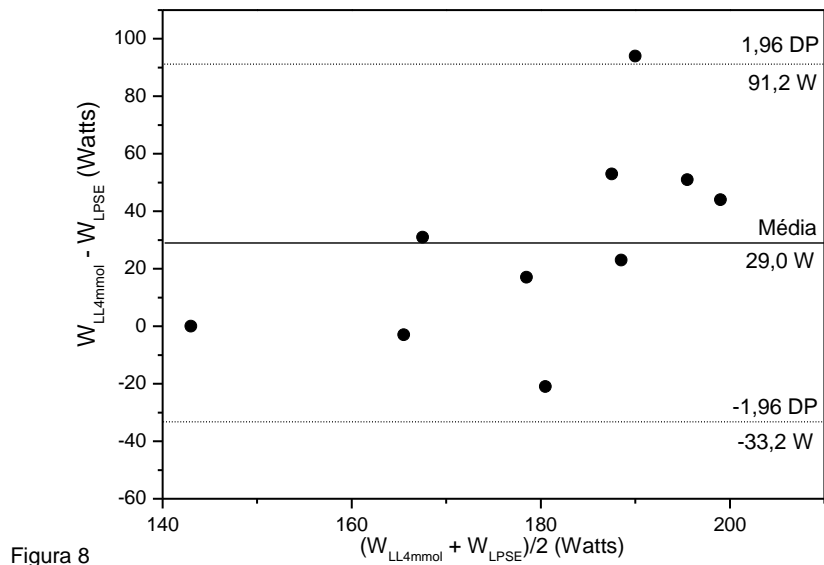


Figura 8

Figura 8: Análise de Bland- Altman para concordância entre a potência de ocorrência do  $LL_{4mmol}$  e LPSE ( $W_{LL_{4mmol}}$  e  $W_{LPSE}$ , respectivamente) para o NA. A linha fina representa a diferença das médias dos limiares e as duas linhas extremas representam o limite de concordância (1,96 desvio padrão em torno da diferença das médias).

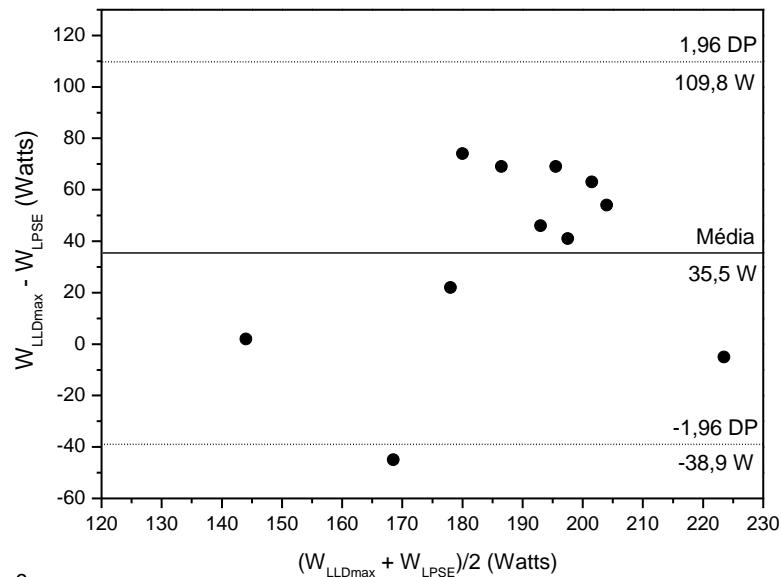


Figura 9

Figura 9: Análise de Bland- Altman para concordância entre a potência de ocorrência do  $LL_{Dmax}$  e LPSE ( $W_{LL_{Dmax}}$  e  $W_{LPSE}$ , respectivamente) para o NA. A linha fina representa a diferença das médias dos limiares e as duas linhas extremas representam o limite de concordância (1,96 desvio padrão em torno da diferença das médias).

### 7.2.2 Comportamento da Frequência cardíaca

O comportamento da FC em termos absolutos e normalizados para os GA e NA estão descritos nas figuras 10 e 11, respectivamente. Os valores da FC foram significativamente maiores para NA quando comparados ao GA nas intensidades 110, 157, 204 e 251 W ( $P < 0,05$ ). No entanto, os valores encontrados para a FCpico não foram estatisticamente diferentes entre o NA e GA ( $p > 0,05$ ). Da mesma maneira, quando os valores da FC foram expressos em porcentagem da potência máxima não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre NA e GA ( $p > 0,05$ ).

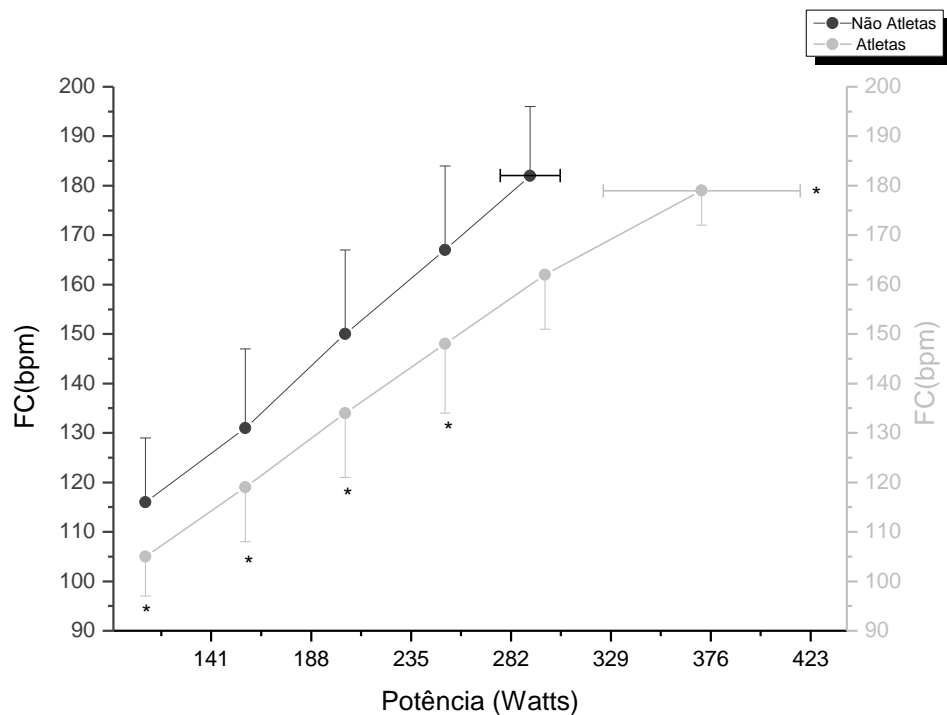


Figura 10

Figura 10: Frequência cardíaca (bpm) em função da potência (W) durante teste progressivo para GA e Na. Os valores da FC são consistentemente superiores para o NA nas intensidades 110, 157, 204 e 251 W, respectivamente. \* $p < 0,05$ .

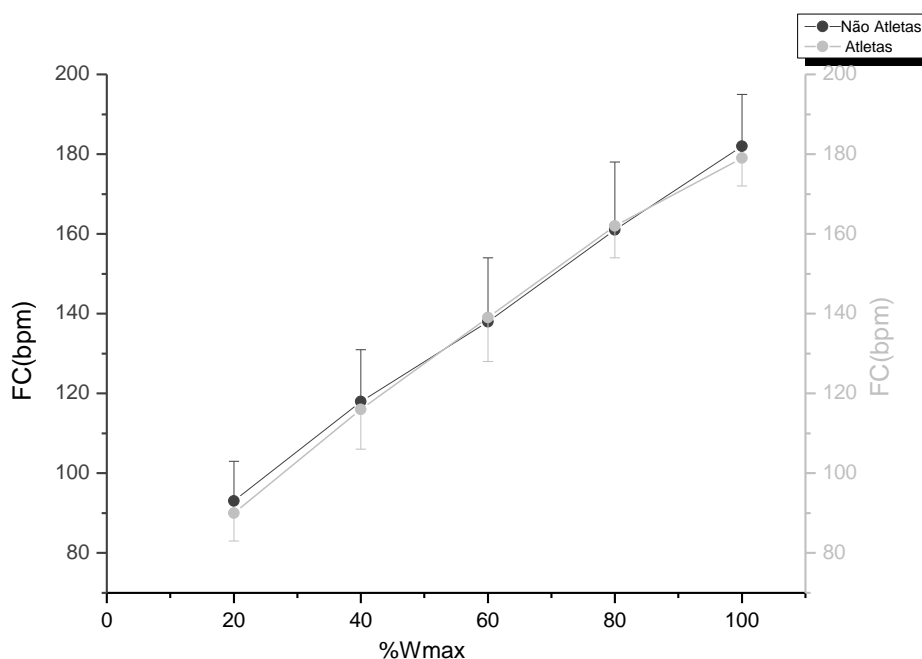


Figura 11

Figura 11: Frequência cardíaca (bpm) em função da potência relativa (%Wmax) durante teste progressivo para GA e Na. Os valores da FC quando descritos em %Wmax são similares entre grupos.  $p > 0,05$ .

### 7.2.3 Comportamento da percepção subjetiva de esforço

O comportamento da PSE em termos absolutos e normalizados para os GA e NA estão ilustrados nas figuras 12 e 13, respectivamente. Os valores da PSE foram significativamente maiores para NA quando comparados ao GA nas intensidades 110, 157, 204 e 251 W ( $P < 0,05$ ). No entanto, os valores encontrados para a PSEfinal não foram estatisticamente diferentes entre o NA e GA ( $p > 0,05$ ). Da mesma maneira, quando os valores da PSE foram expressos em porcentagem da potência máxima não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre NA e GA ( $p > 0,05$ ).

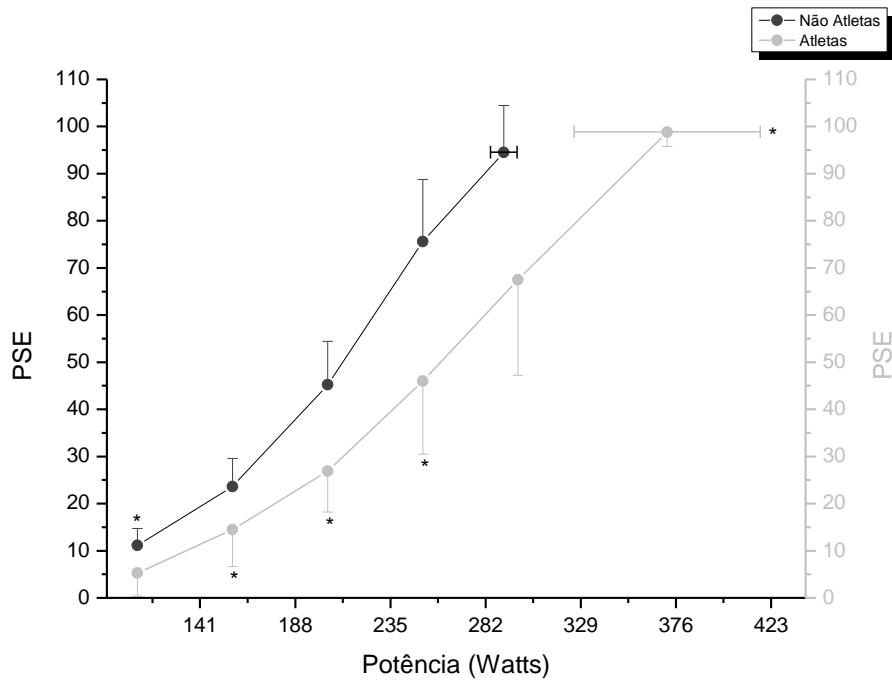


Figura 12

Figura 12: Percepção subjetiva de esforço em função da potência (W) durante teste progressivo para GA e Na. Os valores da PSE são consistentemente maiores para o NA nas intensidades 110, 157, 204 e 251 W, respectivamente. \* $p < 0,05$ .

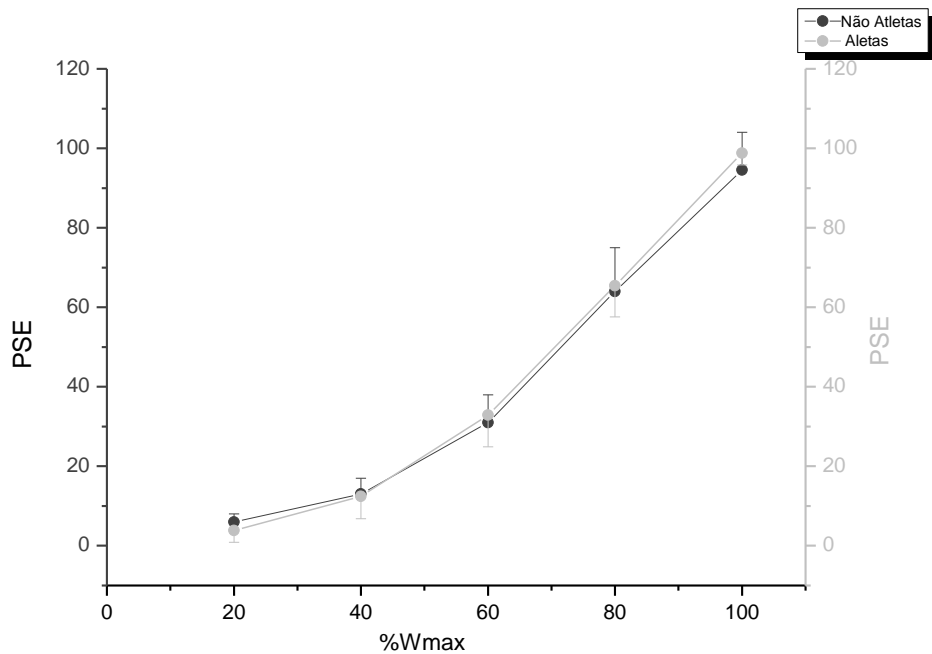


Figura 13

Figura 13: Percepção subjetiva de esforço em função da potência relativa (%Wmax) durante teste progressivo para GA e Na. Os valores da PSE quando descritos em %Wmax são similares entre grupos.  $p > 0,05$ .

#### 7.2.4 Comportamento da concentração de lactato

O comportamento da [La] em termos absolutos e normalizados para os GA e NA estão ilustrados nas figuras 14 e 15, respectivamente. Os valores da [La] foram significativamente maiores para NA quando comparados ao GA nas intensidades 110, 157, 204 e 251 W ( $P < 0,05$ ). Da mesma maneira, quando os valores da [La] foram expressos em porcentagem da potência máxima foram encontradas diferenças significativas a 60%  $W_{max}$  entre NA e GA ( $p < 0,05$ ). No entanto, os valores encontrados para a [La] a 20, 40, 80 e 100% da  $W_{max}$  não foram estatisticamente diferentes entre o NA e GA ( $p > 0,05$ ).

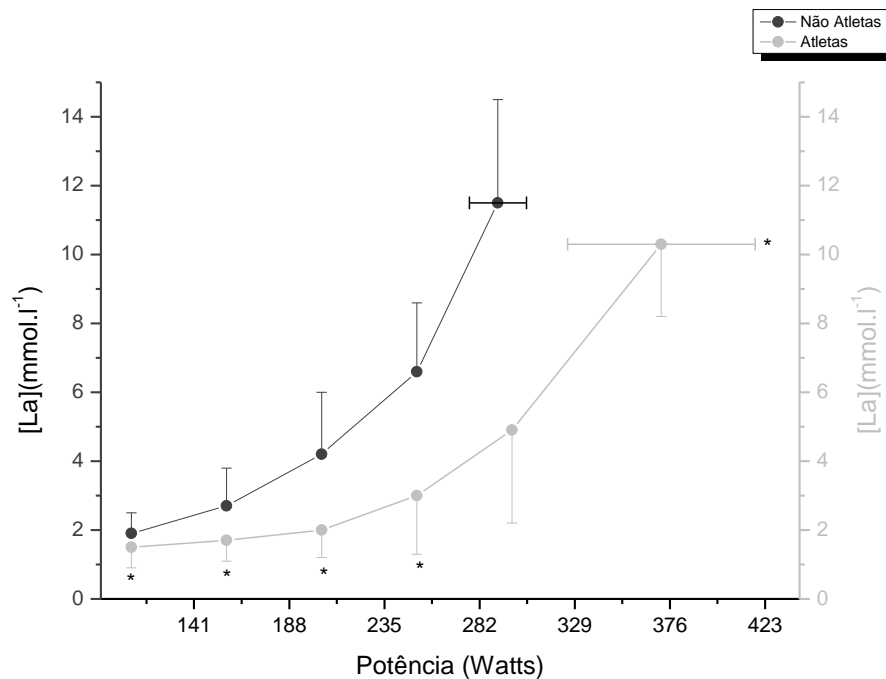


Figura 14

Figura 14: Concentração de lactato ( $\text{mmol.l}^{-1}$ ) em função da potência (W) durante teste progressivo para GA e Na. Os valores da concentração de lactato são consistentemente superiores para o NA nas intensidades 110, 157, 204 e 251 W, respectivamente.  $*p < 0,05$ .

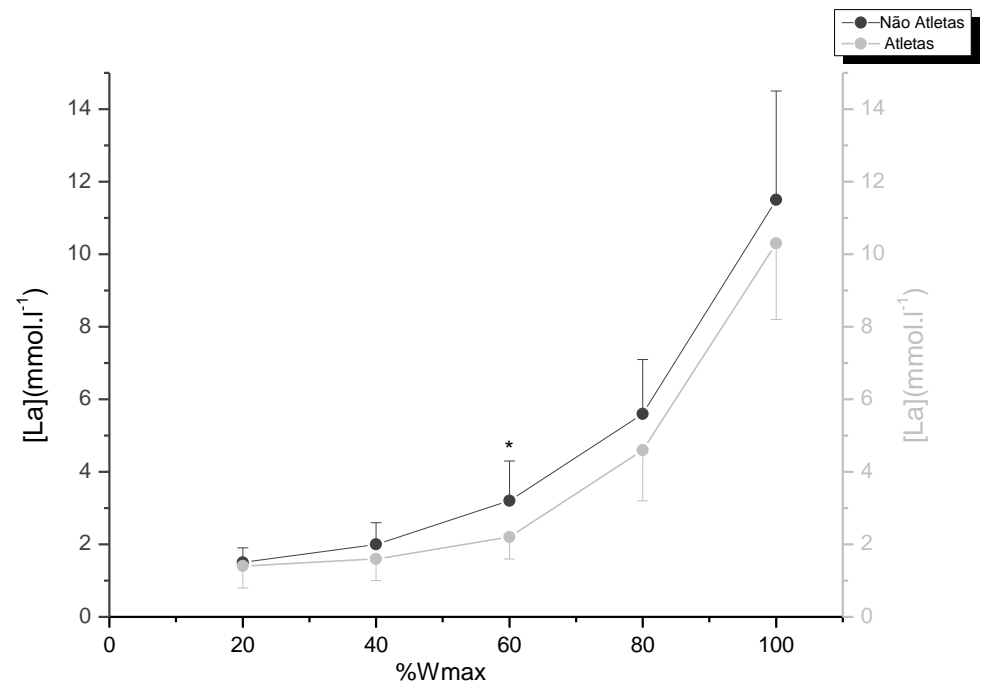


Figura 15

Figura 15: Concentração de lactato [La] em função da potência relativa (%Wmax) durante teste progressivo para GA e Na. Os valores da [La] são consistentemente maiores para o NA a 60% da Wmax. \* $p < 0,05$ .

## 8 Discussão

Estratégias simplificadas têm sido amplamente abordadas na estimativa dos limiares de lactato em atletas, não atletas, pacientes coronarianos, etc. O objetivo de novas estratégias para estimativa dos limiares é facilitar a avaliação de parâmetros fisiológicos em rotinas clínicas de avaliação do desempenho. Nesta perspectiva, o LPSE obtido pelos valores de PSE tem sido alvo de recentes estudos. Em especial, o LPSE identificado através do método Dmax. Inserido neste contexto, uma das principais contribuições do presente estudo foi fornecer informações a respeito do LPSE identificado em atletas de *endurance*. Até o momento, para nosso conhecimento, este é o primeiro estudo realizando esta abordagem.

O principal achado do presente estudo foi fornecer informações sobre o comportamento da PSE avaliada pela CR-100 e demonstrar a possibilidade de identificação do LPSE a partir do método Dmax como critério para predizer o LL<sub>1</sub> e o uso de um valor fixo de PSE obtido pela CR-100 para predição do LL<sub>2</sub> em atletas de *endurance*. O comportamento de algumas variáveis fisiológicas tem sido avaliado de acordo com o estado de treinamento do indivíduo. Por exemplo, identificação do LL em indivíduos treinados e destreinados (Heitkamp; Holdt; Scheib, 1991), treinados aerobiamente e indivíduos ativos (Heck *et al.*, 1985). E ainda de acordo com as comparações de diferentes metodologias de identificação do fenômeno. Por exemplo, identificação do LL a partir do LPSE (Ferreira *et al.*, 2014). Neste sentido, nossa abordagem foi baseada no pressuposto de que duas variáveis (LL e LPSE) dependentes mantêm uma relação causa - efeito entre elas e com uma terceira variável independente (estado de treinamento). Portanto, era esperado que a magnitude de alteração do LL em atletas fosse acompanhada pelo LPSE.

Em contraste com prévias especulações em que o LPSE era identificado em intensidade similares ao LL<sub>Dmax</sub> (Fabre *et al.*, 2013; Ferreira *et al.*, 2014), no presente estudo o LPSE foi encontrado em intensidades similares ao LL<sub>1mmol</sub> ( $p < 0,05$ ) e, em menores intensidades que o LL<sub>4mmol</sub> e LL<sub>Dmax</sub> ( $p < 0,05$ ) em atletas de *endurance* (TABELA 3). Não obstante, para os indivíduos do NA o LPSE foi identificado em maiores intensidades que o LL<sub>1mmol</sub> e, em intensidades similares ao LL<sub>Dmax</sub> e LL<sub>4mmol</sub> (TABELA 3). Entretanto, foi observado um amplo viés entre a intensidade de

ocorrência do LPSE e a intensidade de ocorrência do  $LL_{Dmax}$  e  $LL_{4mmol}$ , ( $> 10\%$ ), sugerindo que o LPSE pode subestimar o  $LL_{4mmol}$  e  $LL_{Dmax}$  para o NA (FIGURAS 8 e 9, respectivamente). Quando o LPSE foi expresso em %Wmax, FC e %FCpico, não foram encontradas diferenças significativas entre GA e NA (TABELA 3). Do mesmo modo os achados do presente estudo para %Wmax, FC e %FCpico obtidos no LPSE para o GA e NA foram similares aos descritos por Ferreira *et al.* (2014) ( $54,6 \pm 17,2\%$ ,  $133 \pm 24$  bpm e  $72,1 \pm 11,9\%$ , respectivamente). Em um primeiro momento, estes resultados sugerem que a FC e %Wmax obtidas no LPSE não são influenciadas pelo estado de treinamento (i.e. ocorre em % da intensidade e valores de FC (termos absolutos e relativos) similares, independente do estado de treinamento dos indivíduos). Entretanto, sua associação com os LL parece questionável, uma vez que os LL são extremantes associados ao nível de treinamento individual. Diversos autores tem sugerido o uso de escalas de PSE para identificação dos LTs (Fabre *et al.*, 2013; Ferreira *et al.*, 2014; Irving *et al.*, 2006; Monnier-Benoit; Gros Lambert; Rouillon, 2009). Embora, em alguns momentos ocorra uma variação nos critérios utilizados para identificação dos LTs (i.e. metodologia de identificação e variável fisiológica de referência lactato e/ou ventilação), é possível propor que valores fixos de PSE 3,1 em escalas de 10 pontos pode satisfatoriamente predizer o Lae (Irving *et al.*, 2006) e valores entre 5 – 6 podem satisfatoriamente predizer o Lan (Monnier-Benoit; Gros Lambert; Rouillon, 2009; Zamunér *et al.*, 2011). De acordo com nossos resultados, é possível que LPSE possa predizer o  $LL_1$  ou Lae em atletas, mas o mesmo pode não ocorrer em não atletas.

Apesar de algumas limitações sobre o uso dos LL e a melhor descrição de seu comportamento, é possível assumir que o acúmulo de lactato sanguíneo em teste progressivo possua comportamento trifásico, possibilitando a identificação de dois limiares (i.e.  $LL_1 = Lae$  e  $LL_2 = Lan = MEEL$ ) (Faria; Parker; Faria, 2005; Faude; Kindermann; Meyer, 2009). De acordo com nossos resultados, o LPSE parece estar situado em intensidades similares ao  $LL_1$  em atletas. No entanto, para indivíduos não atletas ainda não está clara a intensidade de ocorrência do LPSE. Em nossos

achados, os LL identificados pelos critérios  $LL_{1\text{mmol}}$  e  $LL_{4\text{mmol}}$  foram dissociados pelo estado de treinamento, mas o mesmo não observado para o LPSE e  $LL_{D\text{max}}$  (TABELA 3). O Treinamento aeróbio parece afetar o balanço entre a produção/remoção de lactato (Emhoff *et al.*, 2013; Messonnier *et al.*, 2013). Portanto, promovendo um atraso no aparecimento de indivíduos treinados quando comparados aos seus pares destreinados. Além promover o deslocamento do LL para maiores intensidades (Rønnestad *et al.*, 2014). Os mecanismos envolvidos nestes processos estão associados à adaptações morfofuncionais decorrentes do treinamento de *endurance* (Helgerud *et al.*, 2007). No geral, indivíduos treinados aerobicamente possuem maior capacidade oxidativa, aumento nos estoques de glicogênio muscular em repouso, menor taxa de utilização de glicogênio, maior taxa de oxidação de lipídeos, maior capacidade vascular periférica estrutural e funcional, aumento da atividade de enzimas oxidativas (e.g. Citrato sintase), entre outros (Gibala; Jones, 2013; Gibala *et al.*, 2012). Isto explicaria a dissociação dos LL encontrado em no presente ensaio. Apesar da dissociação observada para o  $LL_1$  e  $LL_4$ , os valores obtidos para o LPSE e  $LL_{D\text{max}}$  descritos em %Wmax, FC e %FCpico, se mantiveram constantes. Além disto, tem sido sugerido que os LL podem ser dissociados pelo protocolo de teste (i.e. pela relação duração de estágio vs. incremento de carga). Embora tenha sido observado que a partir de um teste incremental em que sejam identificados pontos suficientes para realização do ajuste matemático, a carga inicial não influencia na aplicação do método Dmax (Bentley; Newell; Bishop, 2007). Nossos resultados suportam este modelo porque não foram encontradas diferenças significativas para o  $LL_{D\text{max}}$  e LPSE entre GA e NA. Portanto, evidenciando que os limiares identificados a partir do método Dmax (i.e.  $LL_{d\text{max}}$  e LPSE) podem não ter sido influenciados pela carga inicial, duração do estágio e carga de incremento do teste. Interessantemente, os valores encontrados para a PSE no LPSE em estudos prévios (3,4 e 35) (Fabre *et al.*, 2013; Ferreira *et al.*, 2014) e para o  $LL_1$  (3,1) (Irving *et al.*, 2006) sugerem que valores de ~ 3 e ~ 35 podem prever alternativamente o  $LL_1$ . Os valores para PSE acima mencionados são similares aos encontrados em nosso estudo ( $30 \pm 12$  e  $28 \pm 10$ , GA e NA, respectivamente). Coletivamente, estes resultados suportam a ideia de que o ponto de ruptura observado no comportamento

da PSE durante teste progressivo que ocorre em intensidade similar ao  $LL_1$ . Ainda de acordo com nossos achados, é possível sugerir o uso de valores fixos de 59 pontos na CR-100 para prever o  $LL_2$ . A este respeito Irving *et al.* (2006) encontraram valores fixos de 5,85 na CR-10 de borg equivalentes ao  $LV_2$  em ciclistas. Assim, nos demonstramos a possibilidade de identificação de dois limiares a partir da CR-100 em atletas de *endurance*.

Ainda que os indivíduos do GA apresentassem menores valores de PSE, identificados para uma mesma carga absoluta quando comparados ao NA (FIGURA 12), não foram encontradas diferenças significativas entre GA e NA quando os valores da PSE foram normalizados (i.e. valores expresso em % $W_{max}$ ) (FIGURA 13). Em adição, os valores identificados para PSE no LPSE e ao final do teste foram similares entre GA e NA (PSE no limiar =  $30 \pm 12$  e  $28 \pm 10$  e PSEfinal =  $98,9 \pm 3$  e  $94,5 \pm 9,5$ , respectivamente,  $p > 0,05$ ). O mesmo comportamento foi observado para a FC (Figuras 10 e 11, respectivamente), mas não para o lactato sanguíneo, sendo observadas menores [La] a 60% da  $W_{max}$  para o GA (FIGURA 15). A princípio, isto sugere que o PSE está vinculada à FC, mas não às [La] sanguíneo, independente ao estado de treinamento do indivíduo, embora nossos resultados sugiram que as [La] sejam dependentes do nível de treinamento. Alguns autores têm sugerido que a PSE é uma integração entre sinais aferentes periféricos e centrais de vários sistemas fisiológicos (Borg; Kaijser, 2006; Crewe; Tucker; Noakes, 2008; Eston, 2012; Tucker, 2009). A este respeito, tem sido demonstrado que a PSE parece estar vinculada à demanda metabólica evidenciada pela FC durante o exercício (Green *et al.*, 2005). Em adição, alguns autores têm sugerido que as [La] sanguíneas não são fortes mediadoras da PSE durante o exercício (Ferreira *et al.*, 2014; Green *et al.*, 2005). Por exemplo, Green *et al.* (2005) ao avaliarem 14 indivíduos ativos durante um teste submáximo, verificaram que o *drift* da PSE era dissociado da cinética do lactato sanguíneo durante exercício de longa duração. Num outro estudo, Ferreira *et al.* (2014) ao avaliarem nove indivíduos ativos em duas situações de disponibilidade de CHO na dieta, observaram que as alterações no lactato sanguíneo não eram acompanhadas pelas alterações na PSE durante exercício progressivo após o

*breakpoint* de lactato. Portanto, suportando a dissociação entre a PSE e lactato sanguíneo observado no presente estudo.

Em adição, durante a realização do trabalho muscular, tem sido proposto que o cérebro regula o grau de ativação muscular, de tal forma a preservar o organismo de possíveis distúrbios fisiológicos (Noakes, 2012; Noakes; St Clair Gibson, 2004). Durante o exercício a percepção subjetiva de esforço (PSE) aumenta concomitantemente com o esforço realizado e reflete a ativação neural durante o movimento, demonstrando estreita relação com o comando motor central (Christian *et al.*, 2014; De Morree; Klein; Marcora, 2012). O mecanismo pelo qual isto ocorre ainda não está bem descrito na literatura, mas tem sido postulado que a PSE esta associada à descarga corolária do córtex motor para regiões motoras perceptivas do cérebro (Fontes *et al.*, 2013; Okano *et al.*, 2013). Portanto, é plausível sugerir, que as alterações no padrão de recrutamento da unidade motora descrita em função da capacidade máxima são refletidas em regiões sensórias do cérebro, sendo manifestadas e interpretadas de acordo com a dificuldade de prolongar o exercício. Além disto, tem sido proposto que a PSE é formulada quanto à classificação do grau de esforço em função do tempo restante de exercício (Crewe; Tucker; Noakes, 2008; Ferreira *et al.*, 2014; Noakes, 2004). Deste modo, é possível que o nível de treinamento não altere as respostas perceptivas durante o exercício quando a intensidade é dada em função capacidade máxima individual e/ou tempo restante de exercício, ainda que para uma mesma intensidade absoluta indivíduos mais bem treinados apresente uma menor PSE. Nossos resultados sustentam isto em teoria, porque não foram encontradas diferenças significativas para PSE entre atletas e não atletas quando a PSE foi descrita em função da  $W_{max}$ . Adicionalmente, de acordo com os achados do presente estudo, é atraente sugerir que entre 50 - 60 % da  $W_{max}$  ocorre uma ruptura na linearidade da PSE em função da carga, havendo um ponto de aceleração da PSE que ocorre em intensidades similares ao  $LL_1$ .

## 8.1 Limitações do estudo

A validade dos resultados apresentados depende da eficácia protocolo de teste e emprego da PSE. Protocolos de testes incrementais com estágios com três minutos de duração induzem melhores ajustes psicofisiológicos (Bentley; Newell; Bishop, 2007; Borg; Kaijser, 2006). Por esta razão, um protocolo com estágios com 3 minutos de duração e escala de categorias (*Category Ratio* (CR) de Borg foram escolhidos. Durante teste incremental, variáveis fisiológicas (e.g. lactato sanguíneo) possuem comportamento não linear. A este respeito, o uso da escala 6–20 PSE de Borg é limitado para aplicação durante teste progressivo. A escala 6 – 20 PSE de Borg foi construída seguindo um ajuste linear das demandas fisiológicas para incremento da intensidade de exercício, escalas de categorias (i.e. CR-10 e CR-100) possuem um ajuste não linear em testes incrementais, similarmente aos ajustes fisiológicos, portanto, elas parecem mais apropriadas para descreverem estes ajustes durante exercício (Borg; Kaijser, 2006). A CR-100 foi escolhida porque possui uma graduação mais fina e maior variação intermediária de esforço subjetiva entre mínimo e máximo (i.e. mínimo, extremamente fraco, muito fraco, fraco, moderado, forte, muito forte, muito forte, maximo) (Borg; Borg, 2002). Além disto, foi realizada uma familiarização com a escala e dada informações verbais explicando todos os procedimentos de avaliação para o avaliado (Anexo I).

Apesar da adequação do protocolo para atletas de *endurance*, em especial ciclistas e triatletas. O protocolo de teste não proporcionou bons ajustes em alguns indivíduos não atletas (estes indivíduos não foram incluídos nos tratamentos dos dados). A possibilidade de identificação de poucos pontos durante o teste não possibilitou o ajuste polinomial de 3° ordem do comportamento do lactato e PSE durante o teste em quatro indivíduos do grupo controle. Fatores como a intensidade de início do teste, carga de incremento e duração do estágio podem influenciar nas respostas fisiológicas durante um teste incremental. Como acima mencionado, a carga inicial não influencia na aplicação do método  $D_{max}$  (Bentley; Newell; Bishop, 2007). Nossos resultados suportam este modelo porque não foram encontradas diferenças significativas para o  $LL_{D_{max}}$  entre GA e NA. Portanto, evidenciando que os

limiares identificados a partir do método Dmax (i.e.  $LL_{dmax}$  e LPSE) podem não ter sido influenciados pela carga inicial, duração do estágio e carga de incremento do teste, desde quando o teste proporciona pontos suficientes para o ajuste matemático. Embora os demais limiares ( $LL_{1mmol}$  e  $LL_{4mmol}$ ) possam ter sofrido alguma influência destas variáveis, pela estreita relação entre elas e o aparecimento do lactato sanguíneo (Bentley; Newell; Bishop, 2007; Faude; Kindermann; Meyer, 2009).

Por fim, não foram mensuradas variáveis respiratórias no presente estudo, o que poderia auxiliar na descrição dos fenômenos fisiológicos durante os testes e sua associação com a PSE. Para futuras investigações, seria atraente avaliar a intensidade de ocorrência dos limiares identificados a partir da CR-100 de Borg e sua associação com o desempenho em provas contra relógio, deste modo, realçando o seu uso para avaliação do treinamento. A este respeito, tem sido proposto que respostas perceptivas estão associadas ao desempenho em provas de longa duração (Bertuzzi *et al.*, 2014).

## 9 Conclusões

O LPSE pode prever alternativamente o  $LL_1$  em atletas de *endurance*. No entanto, não foi possível definir qual intensidade de ocorrência do LPSE em indivíduos ativos, talvez pela influência do protocolo de teste sobre as respostas de lactato sanguíneo, deste modo afetando a identificação dos LL. Para um ponto de vista prático, o LPSE parece representar breakpoint entre a sensação de esforço de exercício moderado-pesado em atletas e não atletas, entretanto, é preciso ter cautela quanto a sua utilização para prescrição da intensidade de treinamento para não atletas. Em adição, nós sugerimos a identificação de dois limiares de PSE a partir da CR-100 de Borg, um primeiro limiar de PSE identificado pelo método Dmax usado como indicador de  $LL_1$  e um segundo Limiar usando um valor fixo de 59 pontos na CR-100 que pode ser usado como indicador de  $LL_2$ .

## 10 Referências bibliográficas

ACHTEN, J.; JEUKENDRUP, A. E. Maximal fat oxidation during exercise in trained men. **Int J Sports Med**, v. 24, n. 8, p. 603-8, Nov 2003.

ALLEN, W. K.; SEALS, D. R.; HURLEY, B. F.; EHSANI, A. A.; HAGBERG, J. M. Lactate threshold and distance-running performance in young and older endurance athletes. **J Appl Physiol (1985)**, v. 58, n. 4, p. 1281-4, Apr 1985.

BALDARI, C.; GUIDETTI, L. A simple method for individual anaerobic threshold as predictor of max lactate steady state. **Med Sci Sports Exerc**, v. 32, n. 10, p. 1798-802, Oct 2000.

BENEKE, R.; HECK, H.; HEBESTREIT, H.; LEITHAUSER, R. M. Predicting maximal lactate steady state in children and adults. **Pediatr Exerc Sci**, v. 21, n. 4, p. 493-505, Nov 2009.

BENTLEY, D. J.; MCNAUGHTON, L. R.; THOMPSON, D.; VLECK, V. E.; BATTERHAM, A. M. Peak power output, the lactate threshold, and time trial performance in cyclists. **Med Sci Sports Exerc**, v. 33, n. 12, p. 2077-81, Dec 2001.

BENTLEY, D. J.; NEWELL, J.; BISHOP, D. Incremental exercise test design and analysis: implications for performance diagnostics in endurance athletes. **Sports Med**, v. 37, n. 7, p. 575-86, 2007.

BERTUZZI, R.; LIMA-SILVA, A. E.; PIRES, F. O.; DAMASCENO, M. V.; BUENO, S.; PASQUA, L. A. et al. Pacing Strategy Determinants During a 10-km Running Time Trial: Contributions of Perceived Effort, Physiological, and Muscular Parameters. **J Strength Cond Res**, v. 28, n. 6, p. 1688-96, Jun 2014.

BERTUZZI, R.; NASCIMENTO, E. M. F.; URSO, R. P.; DAMASCENO, M.; LIMA-SILVA, A. E. Energy System Contributions During Incremental Exercise Test. **Journal of Sports Science & Medicine**, v. 12, n. 3, p. 454-460, 2013.

BILLAT, V. L.; SIRVENT, P.; PY, G.; KORALSZTEIN, J. P.; MERCIER, J. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. **Sports Med**, v. 33, n. 6, p. 407-26, 2003.

BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **Lancet**, v. 1, n. 8476, p. 307-10, Feb 8 1986.

BORG, E.; BORG, G. A comparison of AME and CR100 for scaling perceived exertion. **Acta Psychol (Amst)**, v. 109, n. 2, p. 157-75, Feb 2002.

BORG, E.; KAIJSER, L. A comparison between three rating scales for perceived exertion and two different work tests. **Scand J Med Sci Sports**, v. 16, n. 1, p. 57-69, Feb 2006.

BORG, G. **Borg's Perceived Exertion and Pain Scales**. Human Kinetics, 1998.

BORG, G. **Physical performance and perceived exertion**. C. W. K. Gleerup, 1962.

BORG, G.; HASSMEN, P.; LAGERSTROM, M. Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 56, n. 6, p. 679-85, 1987.

BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Med Sci Sports Exerc**, v. 14, n. 5, p. 377-81, 1982.

BOUTCHER, S. H.; SEIP, R. L.; HETZLER, R. K.; PIERCE, E. F.; SNEAD, D.; WELTMAN, A. The effects of specificity of training on rating of perceived exertion at the lactate threshold. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 59, n. 5, p. 365-9, 1989.

CHENG, B.; KUIPERS, H.; SNYDER, A. C.; KEIZER, H. A.; JEUKENDRUP, A.; HESSELINK, M. A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. **Int J Sports Med**, v. 13, n. 7, p. 518-22, Oct 1992.

CHICHARRO, J. L.; LAÍN, S. A.; VAQUEIRO, A. F.; MOJARES, L. M. L.; MULAS, A. L.; RUIZ, M. P. **Transición aeróbica-anaeróbica: concepto, metodología de determinación y aplicaciones**. Master Line, 2004.

CHRISTIAN, R. J.; BISHOP, D. J.; BILLAUT, F.; GIRARD, O. The role of sense of effort on self-selected cycling power output. **Front Physiol**, v. 5, p. 115, 2014.

COOKE, C. B. Maximal oxygen uptake, economy and efficiency. In: ESTON, R. G. e REILLY, T. (Ed.). **Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual: tests, procedures and data: exercise physiology**. Routledge, London,, 2009. p.147 - 173.

CREWE, H.; TUCKER, R.; NOAKES, T. D. The rate of increase in rating of perceived exertion predicts the duration of exercise to fatigue at a fixed power output in different environmental conditions. **Eur J Appl Physiol**, v. 103, n. 5, p. 569-77, Jul 2008.

CZUBA, M.; ZAJĄC, A.; CHOLEWA, J.; POPRZECKI, S.; WAŚKIEWICZ, Z.; MIKOŁAJEC, K. Lactate threshold (D-max method) and maximal lactate steady state in cyclists. **Journal of Human Kinetics**, v. 21, p. 49-56, 2009.

DAVIES, R. C.; ROWLANDS, A. V.; ESTON, R. G. Effect of exercise-induced muscle damage on ventilatory and perceived exertion responses to moderate and severe intensity cycle exercise. **Eur J Appl Physiol**, v. 107, n. 1, p. 11-9, Sep 2009.

DAVIS, J. A.; VODAK, P.; WILMORE, J. H.; VODAK, J.; KURTZ, P. Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. **J Appl Physiol**, v. 41, n. 4, p. 544-50, Oct 1976.

DE MORREE, H. M.; KLEIN, C.; MARCORA, S. M. Perception of effort reflects central motor command during movement execution. **Psychophysiology**, v. 49, n. 9, p. 1242-53, Sep 2012.

DEKERLE, J.; BARON, B.; DUPONT, L.; VANVELCENAHAR, J.; PELAYO, P. Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. **Eur J Appl Physiol**, v. 89, n. 3-4, p. 281-8, May 2003.

DEMELLO, J. J.; CURETON, K. J.; BOINEAU, R. E.; SINGH, M. M. Ratings of perceived exertion at the lactate threshold in trained and untrained men and women. **Med Sci Sports Exerc**, v. 19, n. 4, p. 354-62, Aug 1987.

DENADAI, B. S.; FIGUEIRA, T. R.; FAVARO, O. R.; GONCALVES, M. Effect of the aerobic capacity on the validity of the anaerobic threshold for determination of the maximal lactate steady state in cycling. **Braz J Med Biol Res**, v. 37, n. 10, p. 1551-6, Oct 2004.

DUFFIELD, R.; DAWSON, B.; GOODMAN, C. Energy system contribution to 400-metre and 800-metre track running. **J Sports Sci**, v. 23, n. 3, p. 299-307, Mar 2005.

DUMKE, C. L.; BROCK, D. W.; HELMS, B. H.; HAFF, G. G. Heart rate at lactate threshold and cycling time trials. **J Strength Cond Res**, v. 20, n. 3, p. 601-7, Aug 2006.

EMHOFF, C. A.; MESSONNIER, L. A.; HORNING, M. A.; FATTOR, J. A.; CARLSON, T. J.; BROOKS, G. A. Direct and indirect lactate oxidation in trained and untrained men. **J Appl Physiol (1985)**, v. 115, n. 6, p. 829-38, Sep 2013.

ESTEVE-LANA, J.; FOSTER, C.; SEILER, S.; LUCIA, A. Impact of training intensity distribution on performance in endurance athletes. **J Strength Cond Res**, v. 21, n. 3, p. 943-9, Aug 2007.

ESTON, R. Use of ratings of perceived exertion in sports. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 7, n. 2, p. 175-82, Jun 2012.

ESTON, R. G. Perceived Exertion: Recent Advances and Novel Applications in Children and Adults. **Journal of Exercise Science & Fitness**, v. 7, n. 2, Supplement, p. S11-S17, 2009.

FABRE, N.; MOUROT, L.; ZERBINI, L.; PELLEGRINI, B.; BORTOLAN, L.; SCHENA, F. A novel approach for lactate threshold assessment based on rating of perceived exertion. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 8, n. 3, p. 263-70, May 2013.

FARIA, E. W.; PARKER, D. L.; FARIA, I. E. The science of cycling: physiology and training - part 1. **Sports Med**, v. 35, n. 4, p. 285-312, 2005.

FARRELL, P. A.; WILMORE, J. H.; COYLE, E. F.; BILLING, J. E.; COSTILL, D. L. Plasma lactate accumulation and distance running performance. **Med Sci Sports**, v. 11, n. 4, p. 338-44, Winter 1979.

FAUDE, O.; KINDERMANN, W.; MEYER, T. Lactate threshold concepts: how valid are they? **Sports Med**, v. 39, n. 6, p. 469-90, 2009.

FAULKNER, J.; ESTON, R. G. Perceived Exertion Research in the 21st Century: Developments, Reflections and Questions for the Future. **Journal of Exercise Science and Fitness**, v. 6, n. 1, p. 1 - 14, 2008.

FERREIRA, G. A.; OSIECKI, R.; LIMA-SILVA, A. E.; ANGELIS-PEREIRA, M. C.; DE-OLIVEIRA, F. R. Effect of a Reduced-CHO Diet on the Rate of Perceived Exertion Curve During an Incremental Test. **Int J Sport Nutr Exerc Metab**, v. 24, n. 5, p. 532-542, Oct 2014.

FONTES, E. B.; OKANO, A. H.; DE GUIO, F.; SCHABORT, E. J.; MIN, L. L.; BASSET, F. A. et al. Brain activity and perceived exertion during cycling exercise: an fMRI study. **Br J Sports Med**, Jun 1 2013.

FOSTER, C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. **Med Sci Sports Exerc**, v. 30, n. 7, p. 1164-8, Jul 1998.

FOSTER, C.; FLORHAUG, J. A.; FRANKLIN, J.; GOTTSCHALL, L.; HROVATIN, L. A.; PARKER, S. et al. A new approach to monitoring exercise training. **J Strength Cond Res**, v. 15, n. 1, p. 109-15, Feb 2001.

GAESSER, G. A.; POOLE, D. C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exerc Sport Sci Rev**, v. 24, p. 35-71, 1996.

GIBALA, M. J.; JONES, A. M. Physiological and performance adaptations to high-intensity interval training. **Nestle Nutr Inst Workshop Ser**, v. 76, p. 51-60, 2013.

GIBALA, M. J.; LITTLE, J. P.; MACDONALD, M. J.; HAWLEY, J. A. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. **J Physiol**, v. 590, n. Pt 5, p. 1077-84, Mar 1 2012.

GOLLNICK, P. D.; BAYLY, W. M.; HODGSON, D. R. Exercise intensity, training, diet, and lactate concentration in muscle and blood. **Med Sci Sports Exerc**, v. 18, n. 3, p. 334-40, Jun 1986.

GOMES, R. V.; MOREIRA, A.; LODO, L.; NOSAKA, K.; COUTTS, A. J.; AOKI, M. S. Monitoring training loads, stress, immune-endocrine responses and performance in tennis players. **Biol Sport**, v. 30, n. 3, p. 173-80, Sep 2013.

GREEN, J. M.; MCLESTER, J. R.; CREWS, T. R.; WICKWIRE, P. J.; PRITCHETT, R. C.; REDDEN, A. RPE-lactate dissociation during extended cycling. **Eur J Appl Physiol**, v. 94, n. 1-2, p. 145-50, May 2005.

HAGBERG, J. M.; COYLE, E. F. Physiological determinants of endurance performance as studied in competitive racewalkers. **Med Sci Sports Exerc**, v. 15, n. 4, p. 287-9, 1983.

HECK, H.; MADER, A.; HESS, G.; MUCKE, S.; MULLER, R.; HOLLMANN, W. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. **Int J Sports Med**, v. 6, n. 3, p. 117-30, Jun 1985.

HEITKAMP, H. C.; HOLDT, M.; SCHEIB, K. The reproducibility of the 4 mmol/l lactate threshold in trained and untrained women. **Int J Sports Med**, v. 12, n. 4, p. 363-8, Aug 1991.

HELGERUD, J.; HOYDAL, K.; WANG, E.; KARLSEN, T.; BERG, P.; BJERKAAS, M. et al. Aerobic high-intensity intervals improve VO<sub>2</sub>max more than moderate training. **Med Sci Sports Exerc**, v. 39, n. 4, p. 665-71, Apr 2007.

IRVING, B. A.; RUTKOWSKI, J.; BROCK, D. W.; DAVIS, C. K.; BARRETT, E. J.; GAESSER, G. A. et al. Comparison of Borg- and OMNI-RPE as markers of the blood lactate response to exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v. 38, n. 7, p. 1348-52, Jul 2006.

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

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. 1978. **Br J Nutr**, v. 91, n. 1, p. 161-8, Jan 2004.

KANG, J.; HOFFMAN, J. R.; WALKER, H.; CHALOUPKA, E. C.; UTTER, A. C. Regulating intensity using perceived exertion during extended exercise periods. **Eur J Appl Physiol**, v. 89, n. 5, p. 475-82, Jun 2003.

KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 42, n. 1, p. 25-34, Sep 1979.

KUIPERS, H.; VERSTAPPEN, F. T.; KEIZER, H. A.; GEURTEN, P.; VAN KRANENBURG, G. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. **Int J Sports Med**, v. 6, n. 4, p. 197-201, Aug 1985.

LIMA-SILVA, A. E.; BERTUZZI, R. C.; PIRES, F. O.; BARROS, R. V.; GAGLIARDI, J. F.; HAMMOND, J. et al. Effect of performance level on pacing strategy during a 10-km running race. **Eur J Appl Physiol**, v. 108, n. 5, p. 1045-53, Mar 2010.

MADER, A.; HECK, H.; HOLLMANN, W. Evaluation of lactic acid anaerobic energy contribution by determination of postexercise lactic acid concentration of ear capillary blood in middle-distance runners and swimmers. In: LANDING, F. e ORBAN, W. (Ed.). **Exercie Physiology**. Miami: Symposia Specialists, v.4, 1976. p.187-199.

MASON, R. L.; GUNST, R. F.; HESS, J. L. **Statistical Design and Analysis of Experiments: With Applications to Engineering and Science**. Wiley, 2003.

MCRAE, G.; PAYNE, A.; ZELT, J. G.; SCRIBBANS, T. D.; JUNG, M. E.; LITTLE, J. P. et al. Extremely low volume, whole-body aerobic-resistance training improves aerobic fitness and muscular endurance in females. **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 37, n. 6, p. 1124-31, Dec 2012.

MEEUSEN, R.; WATSON, P.; DVORAK, J. The brain and fatigue: new opportunities for nutritional interventions? **J Sports Sci**, v. 24, n. 7, p. 773-82, Jul 2006.

MENDES, T. T.; FONSECA, T. R.; RAMOS, G. P.; WILKE, C. F.; CABIDO, C. E.; DE BARROS, C. L. et al. Six weeks of aerobic training improves VO<sub>2</sub>max and MLSS but does not improve the time to fatigue at the MLSS. **Eur J Appl Physiol**, v. 113, n. 4, p. 965-73, Apr 2013.

MESSONNIER, L. A.; EMHOFF, C. A.; FATTOR, J. A.; HORNING, M. A.; CARLSON, T. J.; BROOKS, G. A. Lactate kinetics at the lactate threshold in trained and untrained men. **J Appl Physiol (1985)**, v. 114, n. 11, p. 1593-602, Jun 2013.

MONNIER-BENOIT, P.; GROSLAMBERT, A.; ROUILLON, J. D. Determination of the ventilatory threshold with affective valence and perceived exertion in trained cyclists: a preliminary study. **J Strength Cond Res**, v. 23, n. 6, p. 1752-7, Sep 2009.

NOAKES, T. D. Fatigue is a Brain-Derived Emotion that Regulates the Exercise Behavior to Ensure the Protection of Whole Body Homeostasis. **Front Physiol**, v. 3, p. 82, 2012.

NOAKES, T. D. Linear relationship between the perception of effort and the duration of constant load exercise that remains. **J Appl Physiol (1985)**, v. 96, n. 4, p. 1571-2; author reply 1572-3, Apr 2004.

NOAKES, T. D.; ST CLAIR GIBSON, A. Logical limitations to the "catastrophe" models of fatigue during exercise in humans. **Br J Sports Med**, v. 38, n. 5, p. 648-9, Oct 2004.

OKANO, A. H.; FONTES, E. B.; MONTENEGRO, R. A.; FARINATTI, P. D.; CYRINO, E. S.; LI, L. M. et al. Brain stimulation modulates the autonomic nervous system, rating of perceived exertion and performance during maximal exercise. **Br J Sports Med**, Feb 27 2013.

ORR, G. W.; GREEN, H. J.; HUGHSON, R. L.; BENNETT, G. W. A computer linear regression model to determine ventilatory anaerobic threshold. **J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol**, v. 52, n. 5, p. 1349-52, May 1982.

OWLES, W. H. Alterations in the lactic acid content of the blood as a result of light exercise, and associated changes in the co(2)-combining power of the blood and in the alveolar co(2) pressure. **J Physiol**, v. 69, n. 2, p. 214-237, 1930.

PERONNET, F.; AGUILANIU, B. [Physiological significance and interpretation of plasma lactate concentration and pH in clinical exercise testing]. **Rev Mal Respir**, v. 31, n. 6, p. 525-51, Jun 2014.

ROBERTSON, R. J. Central signals of perceived exertion during dynamic exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v. 14, n. 5, p. 390-6, 1982.

ROBERTSON, R. J.; NOBLE, B. J. Perception of physical exertion: methods, mediators, and applications. **Exerc Sport Sci Rev**, v. 25, p. 407-52, 1997.

ROBINSON, M. E.; PLASSCHAERT, J.; KISAALITA, N. R. Effects of high intensity training by heart rate or power in recreational cyclists. **J Sports Sci Med**, v. 10, n. 3, p. 498-501, 2011.

RONNESTAD, B. R.; HANSEN, J.; VEGGE, G.; TONNESSEN, E.; SLETTALOKKEN, G. Short intervals induce superior training adaptations compared with long intervals in cyclists - An effort-matched approach. **Scand J Med Sci Sports**, Jan 1 2014.

RYNDERS, C. A.; ANGADI, S. S.; WELTMAN, N. Y.; GAESSER, G. A.; WELTMAN, A. Oxygen uptake and ratings of perceived exertion at the lactate threshold and maximal fat oxidation rate in untrained adults. **Eur J Appl Physiol**, v. 111, n. 9, p. 2063-8, Sep 2011.

SCHERR, J.; WOLFARTH, B.; CHRISTLE, J. W.; PRESSLER, A.; WAGENPFEIL, S.; HALLE, M. Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. **Eur J Appl Physiol**, v. 113, n. 1, p. 147-55, Jan 2013.

SEILER, K. S.; KJERLAND, G. O. Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an "optimal" distribution? **Scand J Med Sci Sports**, v. 16, n. 1, p. 49-56, Feb 2006.

SIMON, J.; YOUNG, J. L.; BLOOD, D. K.; SEGAL, K. R.; CASE, R. B.; GUTIN, B. Plasma lactate and ventilation thresholds in trained and untrained cyclists. **J Appl Physiol (1985)**, v. 60, n. 3, p. 777-81, Mar 1986.

SIRI, W. E. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. 1961. **Nutrition**, v. 9, n. 5, p. 480-91; discussion 480, 492, Sep-Oct 1993.

SJODIN, B.; JACOBS, I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. **Int J Sports Med**, v. 2, n. 1, p. 23-6, Feb 1981.

SKINNER, J. S.; MCLELLAN, T. M. The transition from aerobic to anaerobic metabolism. **Res Q Exerc Sport**, v. 51, n. 1, p. 234-48, Mar 1980.

SMITH, C. G.; JONES, A. M. The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners. **Eur J Appl Physiol**, v. 85, n. 1-2, p. 19-26, Jul 2001.

STEGMANN, H.; KINDERMANN, W.; SCHNABEL, A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. **Int J Sports Med**, v. 2, n. 3, p. 160-5, Aug 1981.

SVEDAHL, K.; MACINTOSH, B. R. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. **Can J Appl Physiol**, v. 28, n. 2, p. 299-323, Apr 2003.

TUCKER, R. The anticipatory regulation of performance: the physiological basis for pacing strategies and the development of a perception-based model for exercise performance. **Br J Sports Med**, v. 43, n. 6, p. 392-400, Jun 2009.

UTTER, A. C.; KANG, J.; NIEMAN, D. C.; DUMKE, C. L.; MCANULTY, S. R. Validation of Omni scale of perceived exertion during prolonged cycling. **Med Sci Sports Exerc**, v. 38, n. 4, p. 780-6, Apr 2006.

WALLACE, L. K.; SLATTERY, K. M.; COUTTS, A. J. A comparison of methods for quantifying training load: relationships between modelled and actual training responses. **Eur J Appl Physiol**, v. 114, n. 1, p. 11-20, Jan 2014.

WASSERMAN, K.; MCILROY, M. B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. **Am J Cardiol**, v. 14, p. 844-52, Dec 1964.

WHIPP, B. J.; WASSERMAN, K. Oxygen uptake kinetics for various intensities of constant-load work. **J Appl Physiol**, v. 33, n. 3, p. 351-6, Sep 1972.

WISWELL, R. A.; JAQUE, S. V.; MARCELL, T. J.; HAWKINS, S. A.; TARPENNING, K. M.; CONSTANTINO, N. et al. Maximal aerobic power, lactate threshold, and running performance in master athletes. **Med Sci Sports Exerc**, v. 32, n. 6, p. 1165-70, Jun 2000.

ZAMUNÉR, A. R.; MORENO, M. A.; CAMARGO, T. M.; GRAETZ, J. P.; REBELO, A. C. S.; TAMBURÚS, N. Y. et al. Assessment of subjective perceived exertion at the anaerobic threshold with the Borg CR-10 scale. **Journal of Sports Science & Medicine**, v. 10, n. 1, p. 130-136, 2011.

## 11 Anexos

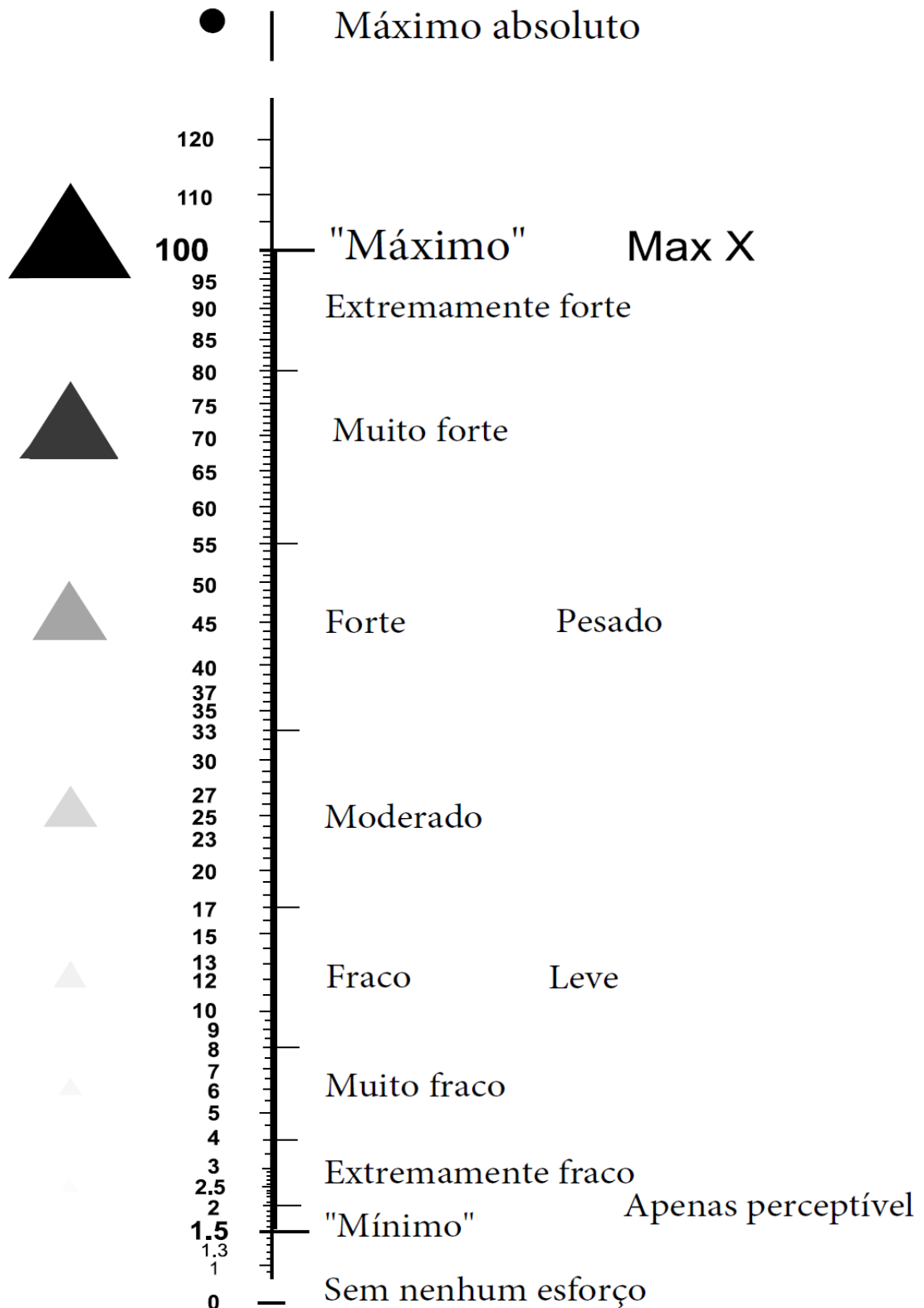
### 11.1 Anexo I: Instruções verbais para aplicação da CR-100

**Instruções básicas:** Use esta escala de classificação de dizer o quão forte é a sua experiência. 100 ("Máximo") é um nível de intensidade muito importante. Este nível deve ser considerado como um ponto de referência na escala. É a experiência mais forte ou o sentimento (por exemplo, de esforço) que você já teve. Ainda assim, é possível experimentar ou imaginar algo ainda mais forte. Por essa razão, existe na escala "máximo absoluto" na parte superior da escala, marcado com um "•". Se a sua experiência ou sentimento é mais forte do que 100, você pode usar um número maior. Normalmente a intensidade nas nossas experiências não é tão forte como 100, e muitas vezes números abaixo de 2-3 não são necessários.

Comece com uma *expressão verbal* e, em seguida, escolha um *número*. Se a sua percepção é "muito fraca" escolha entre 4 - 8; se "Moderada", escolha entre 17 - 33, etc. É muito importante que você responda o que percebeu, e não o que acredita que deveria responder. Seja o mais honesto possível, e tente não superestimar nem subestimar as intensidades.

**Estimativa do esforço percebido:** Desejamos que você estime o seu esforço percebido (D), ou seja, como você sente a intensidade do exercício pesado. Isso depende principalmente da tensão e da fadiga nos seus músculos e da sua sensação de falta de ar ou de dor no peito. Mas você deve prestar atenção somente às suas sensações subjetivas e não aos sinais fisiológicos ou em qual é a atual carga física.

# Escala CR100 de Borg



## 12 Apêndice

### 12.1 Apêndice I – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

#### I. Dados de identificação do sujeito de pesquisa ou responsável legal

##### 1. Dados do sujeito

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

Sexo: ( ) masculino ( ) feminino.

RG: \_\_\_\_\_

Endereço: Rua, AV: \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_

Bairro: \_\_\_\_\_, CEP: \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_

Cidade: \_\_\_\_\_, Tel:( ) \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_

#### II. Dados sobre a pesquisa científica

1. Título do projeto: efeito do treinamento polarizado sobre variáveis perceptivas e fisiológicas determinantes de aptidão aeróbia durante o ciclismo.

2. Pesquisador responsável: Raul Osiecki

3. Risco da pesquisa:

( x ) risco mínimo, ( ) risco baixo, ( ) risco médio, ( ) risco maior

4. Duração da pesquisa: 11 semanas

III. Explicação de forma clara do pesquisador ao indivíduo sobre a pesquisa de forma clara e simples, consignado.

O objetivo do estudo é verificar o efeito do treinamento polarizado aplicado durante nove semanas sobre as variáveis perceptivas e fisiológicas determinantes de desempenho e sobre a estratégia de prova de ciclistas amadores em uma corrida de 40 km. O estudo terá onze semanas de duração divididos em 3 fases, pré treinamento, uma semana de duração, treinamento, 9 semanas de duração, e pós

treinamento, com uma semana de duração. Na primeira fase ou pré-treinamento você irá realizar duas visitas ao laboratório, na primeira visita, você irá realizar uma coleta sanguínea no período da manhã em jejum de 12 horas e, 72 horas sem praticar atividade física. Em seguida você irá realizar um teste progressivo máximo em ciclo ergômetro com carga inicial de 60 W e incrementos de 35 W a cada 3 minutos, antecedendo o teste você irá realizar um aquecimento de 5 minutos com carga de 100 W e seguido por repouso de 10 minutos, o tempo total para realização do teste progressivo será de 60 minutos. Durante todo o teste serão monitorados variáveis fisiológicas e perceptivas. Imediatamente antes do aquecimento, após o aquecimento, ao final de cada estágio e imediatamente após o teste progressivo será coletado 25  $\mu$ l de sangue através da punção capilar do seu dedo indicador direito para análise do lactato sanguíneo. A frequência cardíaca será monitorada batimento a batimento por um monitor cardíaco preso ao seu tórax paralelamente à uma linha imaginária traçada sob o apêndice xifoide durante todo o teste progressivo. A escala de percepção subjetiva de esforço de 10 pontos CR10 Borg será avaliada ao final de cada estágio e ao término do teste progressivo. Além disto, você realizará uma avaliação antropométrica, onde serão coletados dados como estatura, peso, dobras cutâneas e a fluídos corporais. Na segunda visita, 48 horas após a primeira visita, você irá realizar uma corrida contra relógio, neste teste sua Frequência cardíaca, lactato e percepção subjetiva de esforço serão monitorados. O teste irá consistir na realização de uma prova contra relógio de 40 km, onde você deverá percorrer no menor espaço de tempo possível a distância pré determinada, antecedendo o teste será realizado um aquecimento de 5 minutos em intensidade igual a 100 w seguido por um repouso de 5 minutos. Amostras sanguíneas serão retiradas do seu dedo indicador direito antes e imediatamente após o aquecimento, imediatamente, a cada 5km e um minuto após o teste contra relógio para análise do lactato sanguíneo. A Frequência cardíaca será monitorada batimento a batimento durante todo o protocolo de teste. A percepção subjetiva de esforço será analisada a cada um km. A duração, velocidade e potência gerada será mensurada durante todo o teste contra relógio. Durante esta semana você será orientado a anotar sua rotina alimentar em um diário, e será sugerido que você mantenha um cardápio

padronizado durante todo o estudo. A segunda fase do estudo, ou treinamento, você será direcionado para um de dois grupos, grupo – 1 = treinamento de alto volume e baixa intensidade ou grupo 2 = treinamento polarizado. Nesta fase você irá realizar um treinamento de acordo com o grupo para o qual você foi direcionado, o treinamento terá duração de nove semanas, e será dividido em três blocos com três semanas de duração cada bloco. Cada bloco irá consistir em duas semanas de treinamento com seis sessões de treinamento e um dia de repouso e uma semana de recuperação com três sessões de treinamento e quatro dias de repouso. Durante esta fase, você irá realizar 8 visitas ao laboratório no período da manhã 24 horas após a última sessão de treinamento de cada semana e, em jejum de 12 horas para coleta de 5 ml de sangue venoso da veia antecubital, estas amostras serão utilizadas para avaliação dos níveis hormonais de cortisol, testosterona e triiodotironina. Durante a segunda fase, você será instruído a anotar ao final de cada sessão de treinamento a frequência cardíaca, percepção subjetiva de esforço 30 minutos após o término da sessão, duração e distância percorrida. Por fim, a terceira fase do estudo, ou pós treinamento, serão repetidos os mesmo procedimentos realizados na fase 1. Todos os materiais utilizados para coleta de material biológico serão descartáveis, todos procedimentos serão acompanhados por no mínimo dois pesquisadores experientes e as amostras de sangue venoso serão coletados por um profissional da área da saúde habilitado para realização do procedimento.

Existem poucos riscos e desconfortos relacionados aos procedimentos que serão realizados. Entre os possíveis desconfortos estão relacionados os associados ao teste progressivo máximo, enjoo, vômito e náuseas. Além disto, pode haver um desconforto na inserção da lanceta na polpa digital do dedo indicador e na inserção da agulha na veia antecubital.

Ao final do estudo você terá acesso total aos seus dados. Com os testes realizados será fornecidos dados como composição corporal (estatura, peso, massa livre de gordura e percentual de gordura corporal), índices fisiológicos (limiar de lactato, potência de pico, frequência cardíaca). Além disto, você receberá instruções verbais de como utilizar estas variáveis para realização do treinamento.

IV. Esclarecimentos dados pelo pesquisador pelas garantias do sujeito da pesquisa.

1. Acesso, a qualquer momento, às informações sobre procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa.

Os resultados obtidos durante o estudo serão mantidos em sigilo e, apenas serão divulgados em publicações ou congressos científicos, e não serão divulgados dados pessoais. Sua identificação será realizada por um número. Se você quiser, você poderá tomar conhecimento de todos os resultados ao final do estudo e/ou eventuais esclarecimentos sobre todos os procedimentos em qualquer etapa do estudo.

2. Liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem que isto traga prejuízo à continuidade da assistência.

Você terá o direito de não querer participar ou de sair deste estudo a qualquer momento, sem penalidades ou perda de qualquer benefício ou cuidados a que tenha direito nesta instituição.

3. Salva guarda de confidencialidade, sigilo ou privacidade.

A sua identidade será preservada, pois cada sujeito da amostra será identificado por um número. Se houver necessidade de tirar fotos ou filmar algum procedimento do estudo, serão utilizados recursos pertinentes à ocultação da identidade dos sujeitos envolvidos

4. Disponibilidade de assistência, por eventuais danos à saúde, decorrentes da pesquisa.

No caso de possível desconforto provocado pelos procedimentos desta pesquisa, você será prontamente encaminhado pela equipe responsável pelo projeto para atendimento especializado em uma unidade de pronto atendimento. Em casos mais cuidadosos terá assistência médica.

- V. Informações de nomes, endereços e telefone dos responsáveis pelo acompanhamento da pesquisa, para contato em caso de intercorrências clínicas e reações adversas.

Professor Raul Osiecki

End.

Telefone:

Guilherme Assunção Ferreira

Rua Frei Fabiano de cristo, 240

Jardim das américas

Telefone: 41 8804 5262

- VI. Consentimento pós esclarecido

Declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

---

Nome	Assinatura do Participante	Data
------	----------------------------	------

---

Nome	Assinatura do Pesquisador	Data
------	---------------------------	------

---

Nome	Assinatura da Testemunha	Data
------	--------------------------	------

## 12.2 Apêndice II: Ficha de coleta de dados – Teste Progressivo

Nome: \_\_\_\_\_ n° de identificação \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_. Peso: \_\_\_\_\_. Fcbpm repouso: \_\_\_\_\_. Lactato repouso: \_\_\_\_\_

Cadência 80 rpm Teste progressivo

Potência		Tempo	Fcbpm	PSE	[La]
Kp	W				
1,4	110	5			
2	157	8			
2,6	204	11			
3,2	251	14			
3,8	298	17			
4,4	345	20			
5	392	23			
5,6	439	26			
6,2	486	29			
6,8	533	32			
7,4	580	35			
8	627	38			
8,6	674	41			
9,2	721	44			
9,8	768	47			
10,4	815	50			
11	862	53			

## 12.3 Apêndice III: Ficha de coleta de dados – Antropometria

Nome: \_\_\_\_\_ n° de identificação \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ Peso: \_\_\_\_\_ Estatura \_\_\_\_\_

SE	AB
Pe	Co
Tc	Pa
Bc	AX
SI	