



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

NILO MASSARU OKUNO

**UTILIZAÇÃO DO MODELO DE
POTÊNCIA CRÍTICA E LIMIAR DE
ESFORÇO PERCEBIDO EM
EXERCÍCIOS INTERMITENTES**

Londrina
2007

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

NILO MASSARU OKUNO

**UTILIZAÇÃO DO MODELO DE
POTÊNCIA CRÍTICA E LIMIAR DE
ESFORÇO PERCEBIDO EM
EXERCÍCIOS INTERMITENTES**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física – UEM/UEL para obtenção do título de Mestre em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura

Londrina
2007

NILO MASSARU OKUNO

**UTILIZAÇÃO DO MODELO DE POTÊNCIA CRÍTICA
E LIMIAR DE ESFORÇO PERCEBIDO EM
EXERCÍCIOS INTERMITENTES**

Este exemplar corresponde a defesa de
Dissertação de Mestrado defendida por
Nilo Massaru Okuno e aprovada pela
comissão julgadora em:
20/11/2007.

Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura
Orientador

Londrina
2007

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura
Orientador

Prof. Dr. Herbert Gustavo Simões

Prof. Dr. Edilson Serpeloni Cyrino

Dedicatória

Aos meus pais Walter e Kazue, e aos meus irmãos Hugo e Lidia, pela dedicação, confiança e apoio em todos os momentos da minha vida.

Agradecimentos

Primeiramente à Deus, por todos os acontecimentos que ocorreram em minha vida.

Ao Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura, pela amizade, pelas ajudas e pelos ensinamentos que têm me proporcionado ao longo desses anos, sempre me atendendo da melhor maneira possível.

Ao Prof. Dr. Herbert Gustavo Simões, por disponibilizar o laboratório (Universidade Católica de Brasília) para a realização das coletas de dados da minha dissertação, e pelas ajudas na minha formação tendo conseqüentemente as disseminações em conjunto.

Ao Prof. Dr. Edilson Serpeloni Cyrino, por sempre ter me incentivado a realizar o mestrado, e pelas contribuições durante a minha graduação e no mestrado.

Ao Luiz Augusto Buoro Perandini (Lulo), por ter me ajudado em vários momentos do meu mestrado, indo até Brasília para realizar as coletas da minha dissertação, e pela amizade que criamos ao longo desses dois anos.

Ao Lúcio Flávio Soares Caldeira e a Patrícia Chimin, pela amizade e pelas ajudas em várias tarefas durante o mestrado.

Aos meus amigos, em que conseguimos juntos muitas derrotas, mas também, grandes conquistas.

A todos os professores que contribuíram na minha formação.

Aos alunos da Universidade Católica de Brasília que me ajudaram nas coletas e/ou participaram dos testes.

À Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná pelo suporte financeiro com a bolsa de mestrado.

Em especial à minha família, que apesar de todas as dificuldades sempre buscou proporcionar o melhor caminho para o meu futuro.

OKUNO, Nilo Massaru. Utilização do modelo de potência crítica e limiar de esforço percebido em exercícios intermitentes. 2007. 62f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Centro de Educação Física e Esporte. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

RESUMO

A potência crítica e o limiar de esforço percebido estimados a partir de exercícios contínuos (PCc e LEPc, respectivamente) têm sido associados a intensidade em que as variáveis fisiológicas estabilizam. No entanto, não existem estudos demonstrando o comportamento das respostas fisiológicas em exercícios físicos realizados na potência crítica e limiar de esforço percebido intermitentes (PCi e LEPi, respectivamente). Dessa forma, o objetivo deste estudo foi comparar a PCi e LEPi com o máximo estado estável de lactato intermitente (MEELi) e seu indicador (MEEL_{indic}), e verificar as respostas de consumo de oxigênio (VO₂), concentração de lactato ([La]), frequência cardíaca (FC) e percepção subjetiva de esforço (PSE) na PCi. Participaram do estudo 10 universitários jovens do sexo masculino (24,4 ± 3,7 anos; 76,5 ± 11,7 kg; 176,6 ± 4,1 cm), que realizaram: 1) um teste incremental para a determinação do consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}); 2) quatro testes preditivos contínuos para a estimativa da PCc, capacidade de trabalho anaeróbio (CTAc), e LEPc; 3) quatro testes preditivos intermitentes utilizando regimes de esforços e pausas de 30:30 s para a estimativa da PCi, capacidade de trabalho anaeróbio intermitente (CTAi), LEPi e MEEL_{indic}; e 4) dois ou três testes intermitentes para a determinação do MEELi. Os resultados demonstraram que a PCi (267 ± 45 W), LEPi (262 ± 61 W), MEEL_{indic} (263 ± 67 W), e MEELi (254 ± 39 W) não foram diferentes entre si ($P > 0,05$) apresentando correlações de moderadas a altas (0,72-0,95). No entanto, essas variáveis foram maiores que a PCc (151 ± 30 W) e LEPc (150 ± 31 W) ($P < 0,05$). Além disso, a CTAi (27280 ± 8597 J) não foi diferente da CTAc (23905 ± 2974 J) ($P > 0,05$), tendo uma correlação de 0,62 entre as variáveis. Ao final dos 30 min de teste na PCi e MEELi foi verificado que o VO₂ foi menor que o VO_{2max} e VO₂ final dos testes preditivos ($P < 0,05$). De maneira semelhante, foi observado para a [La] que ao final do teste na PCi e MEELi os valores foram significativamente menores comparados aos obtidos no final dos testes preditivos intermitentes ($P < 0,05$). Quando foram analisadas o VO₂, [La], FC e PSE ao longo de 30 min de teste na PCi e MEEL, a resposta de VO₂ e FC foram semelhantes. No entanto, para a [La] e PSE ao final do teste essas variáveis foram maiores para a PCi. Adicionalmente, o presente estudo demonstrou haver uma relação entre a [La] e a PSE ($r = 0,78$), e as suas respectivas taxas de aumento ($r = 0,77$). Os resultados sugerem que, a PCi, LEPi, MEEL_{indic} e MEELi podem ser considerados parâmetros aeróbios específicos para exercícios intermitentes. Além disso, o lactato parece ser uma importante aferência para o aumento na PSE no domínio severo, realizado de forma intermitente.

Palavras-chave: Potência crítica; Limiar de esforço percebido; Máximo estado estável de lactato; Exercícios intermitentes.

OKUNO, Nilo Massaru. **Utilization of critical power and perceived exertion threshold model in intermittent exercises**. 2007. 62f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Centro de Educação Física e Esporte. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

ABSTRACT

The critical power (PC) and perceived exertion threshold (LEP) estimated in continuous exercise (PC_c and LEP_c, respectively) have been associated with the intensity that the physiological variables stabilize. However, there is no evidence showing the responses of these physiological responses at critical power and perceived exertion estimated in intermittent exercise (PC_i and LEP_i, respectively). Thus, the purpose of this study was to compare the PC_i and LEP_i with the intermittent maximal lactate steady state (MEEL_i) and its index (MEEL_{indic}), and to verify the oxygen consumption (VO₂), blood lactate concentration ([La]), heart rate (FC) and rating of perceived exertion (PSE) responses at PC_i. Ten undergraduate students (24.4 ± 3.7 years; 76.5 ± 11.7 kg; 176.6 ± 4.1 cm) performed: 1) one incremental test for the maximum oxygen consumption (VO_{2max}) determination; 2) four continuous predictive trials for the PC_c, anaerobic work capacity (CTAc), and LEP_c estimates; 3) four intermittent predictive trials with a 30s effort-pause regimen for the PC_i, intermittent anaerobic work capacity (CTAi), LEP_i and maximum lactate steady state indicator (MEEL_{indic}) estimates; and 4) two or three intermittent trials for the intermittent maximum lactate steady state (MEEL_i) determination. The results showed that the PC_i (267 ± 45 W), LEP_i (262 ± 61 W), MEEL_{indic} (263 ± 67 W) and MEEL_i (254 ± 39 W) were not different among each other ($P > 0.05$), with the correlation between 0.71-0.96. However, these variables were higher than PC_c (151 ± 30 W) and LEP_c (150 ± 31 W) ($P < 0.05$). Furthermore, the CTA_i (27280 ± 8597 J) was not different of CTAc (23905 ± 2974 J) ($P > 0.05$), with moderate correlation between the variables ($r = 0.62$). At the end of the 30 min PC_i and MEEL_i test it was observed that the VO₂ was lower than the VO_{2max} and final VO₂ of predictive trials ($P < 0.05$). Similarly, it was observed for the blood lactate concentration that in the end of the PC_i and MEEL_i test, the values for this physiological variable were significantly lower than the final values of predictive intermittent trials ($P < 0.05$). When the VO₂, [La], FC and PSE were analyzed throughout 30 min of the test at PC_i and MEEL, the VO₂ and FC responses were similar. However, the [La] and PSE at final of test these variables were higher for the PC_i. Additionally, the present study showed that the [La] and the PSE ($r = 0.78$), as well as their respective increase rate were correlated ($r = 0.77$). The results suggest that PC_i, LEP_i, MEEL_{indic} and MEEL_i can be considered specific aerobic parameters for intermittent exercise. Furthermore, the lactate seems to be an important afferent sensory cue to the increase in perceived exertion in severe domain, when performed intermittently exercise.

Keywords: Critical power; Perceived exertion threshold; Maximum lactate steady state; Intermittent exercises.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Cinética de consumo de oxigênio nos domínios moderado, intenso e severo.....	10
Figura 2 -	Aumento da percepção subjetiva de esforço ao longo do tempo em três testes retangulares exaustivos.....	16
Figura 3 -	Determinação do limiar de esforço percebido (LEP) por meio da relação linear entre taxa de aumento do esforço percebido e velocidade de corrida aquática.....	17
Figura 4 -	Aumento da concentração de lactato ao longo do tempo em quatro testes intermitentes exaustivos de um sujeito representativo.....	29
Figura 5 -	Determinação do indicador indireto de máximo estado estável de lactato ($MEEL_{indic}$) por meio da relação linear entre taxa de aumento da concentração de lactato e potência de um sujeito representativo.....	29
Figura 6 -	Médias de potência e tempo até à exaustão nos testes preditivos contínuos (círculos) e intermitentes (triângulo).....	32
Figura 7 -	Concentração de lactato sangüíneo durante teste intermitente no $MEEL_i$ e 10% acima do $MEEL_i$ ($MEEL_i + 10\%$).....	34
Figura 8 -	Consumo de oxigênio ao final dos testes preditivos contínuos, intermitentes, na PC_i e no $MEEL_i$	36
Figura 9 -	Concentração de lactato sangüíneo ao final dos testes preditivos intermitentes, na PC_i e no $MEEL_i$	37
Figura 10 -	Consumo de oxigênio (A), concentração de lactato sangüíneo (B), frequência cardíaca (C) e percepção subjetiva de esforço (D) durante 30 min de teste na PC_i	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios para a determinação do máximo estado estável de lactato (MEEL).....	7
Tabela 2 - Comparação entre valores obtidos de PCc, LEPc, PCi, LEPi, MEEL _{indic} , MEELi (n = 10).....	33
Tabela 3 - Correlação entre a PCc, LEPc, PCi, LEPi, MEEL _{indic} , MEELi, MPA, VO _{2max}	35

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

τ	Tau
μl	Microlitros
[La]	Concentração de lactato
CCI	Coeficiente de correlação intraclasse
CNAc	Capacidade de nado anaeróbio
CTA	Capacidade de trabalho anaeróbio
CTAc	Capacidade de trabalho anaeróbio estimada de maneira contínua
CTAi	Capacidade de trabalho anaeróbio estimada de maneira intermitente
CTAi _{15/15}	Capacidade de trabalho anaeróbio estimada em regimes de esforços e pausas de 15:15 s
CTAi _{30/30}	Capacidade de trabalho anaeróbio estimada em regimes de esforços e pausas de 30:30 s
CTA90	Trabalho total realizado acima da potência crítica em um “tiro” máximo de 90 s
DO90	Déficit de oxigênio durante o “tiro” máximo de 90 s
EPE	Erro padrão de estimativa
FC	Frequência cardíaca
J	Joules
kJ	Quilojoules
l	Litros
LEP	Limiar de esforço percebido

LEP₁₄₋₁₇	Limiar de esforço percebido estimado a partir das percepções de esforço 14 a 17
LEP_c	Limiar de esforço percebido estimado de maneira contínua
LEP_i	Limiar de esforço percebido estimado de maneira intermitente
m/s	Metros por segundo
MAOD	Máximo déficit acumulado de oxigênio
MPA	Máxima potência aeróbia
MEEL	Máximo estado estável de lactato
MEEL_i	Máximo estado estável de lactato estimado de maneira intermitente
MEEL_i + 10%	10% acima do máximo estado estável de lactato estimado de maneira intermitente
MEEL_{indic}	Indicador de máximo estado estável de lactato
min	Minutos
mM	Milimolar
NaF	Fluoreto de sódio
PC	Potência crítica
PC_c	Potência crítica estimada de maneira contínua
PC_i	Potência crítica estimada de maneira intermitente
PC_{i15/15}	PC _i estimada em regimes de esforços e pausas de 15:15 s
PC_{i30/30}	PC _i estimada em regimes de esforços e pausas de 30:30 s
PSE	Percepção subjetiva de esforço
r	Coeficiente de correlação de <i>Pearson</i>
rpm	Rotações por minuto

s	Segundos
t_{lim}	Tempo até a exaustão
v	Velocidade
V_{Cc}	Velocidade crítica
VO₂	Consumo de oxigênio
VO_{2max}	Consumo máximo de oxigênio
W	Watts

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	JUSTIFICATIVA	3
3	OBJETIVOS.....	5
3.1	Objetivo geral	5
3.2	Objetivos específicos.....	5
4	REVISÃO DE LITERATURA.....	6
4.1	Máximo estado estável de lactato sangüíneo (MEEL).....	6
4.2	Significado fisiológico da potência crítica estimada de maneira contínua (PCc).....	9
4.3	Significado fisiológico da capacidade de trabalho anaeróbio estimada de maneira contínua (CTAc).....	12
4.4	Limiar de esforço percebido (LEP).....	15
4.5	Aplicação do modelo de potência crítica em exercícios intermitentes	19
5	MÉTODOS	24
5.1	Familiarização	25
5.2	Teste incremental	26
5.3	Testes preditivos contínuos.....	27
5.4	Testes preditivos intermitentes	28
5.5	Determinação do máximo estado estável de lactato intermitente (MEELi).....	30
5.6	Análise estatística	30

6	RESULTADOS	32
7	DISCUSSÃO	39
7.1	Comparação dos parâmetros estimados de maneira contínua e intermitente.....	39
7.2	Respostas fisiológicas ao final dos testes preditivos, na PCi e no MEELi.....	40
7.3	Relação entre PSE e [La].....	43
7.4	Indicador de máximo estado estável de lactato (MEEL_{indic}).....	44
7.5	Possíveis aplicações práticas.....	45
8	CONCLUSÕES.....	48
	REFERÊNCIAS.....	49
	ANEXOS	55

1 INTRODUÇÃO

O modelo de potência crítica foi proposto inicialmente por Monod & Scherrer¹. Os autores demonstraram a partir da realização de exercícios monoarticulares, que a relação entre as cargas impostas e o tempo até a exaustão (t_{lim}) ajustava-se a uma função hiperbólica (equação 1).

$$t_{lim} = CTA / (potência - PC) \quad (\text{equação 1})$$

A partir dessa relação, é possível estimar dois parâmetros distintos: a potência crítica (PC) e a capacidade de trabalho anaeróbio (CTA). A PC é a assíntota da relação potência-tempo, sendo considerada a maior intensidade que poderia ser mantida indefinidamente sem fadiga. Por outro lado, a CTA é o grau de curvatura da hipérbole, ou seja, o trabalho total que poderia ser realizado pelo indivíduo acima da PC, a partir dos estoques de fosfagênicos e da glicólise anaeróbia, com conseqüente produção de lactato².

O modelo de potência crítica tem sido aplicado em vários tipos de exercícios físicos realizados de maneira contínua, tais como corrida³, ciclismo², natação⁴ e remo⁵. Entretanto, alguns autores, utilizando diferentes pressupostos, têm procurado aplicar o modelo de potência crítica também em exercícios intermitentes⁶⁻⁹.

Do ponto de vista fisiológico, alguns estudos têm demonstrado que a PC estimada de maneira contínua (PC_c) corresponde à intensidade do máximo estado estável de lactato sangüíneo (MEEL)¹⁰⁻¹² e de consumo de oxigênio (VO₂) em

exercícios contínuos^{11,13}. Desta forma, a PCc é um importante demarcador de transição entre os domínios intenso e severo¹⁴, e um parâmetro relacionado à capacidade aeróbia do indivíduo. Adicionalmente, a PCc tem demonstrado ser sensível ao treinamento^{15,16}, tendo relação com a performance de média¹⁷ e longa duração¹⁸.

Compatibilizando o modelo de potência crítica com a medida de variáveis psicofísicas, foi demonstrado que a PCc equivale à intensidade em que a taxa de aumento do esforço percebido seria teoricamente igual a zero, denominada limiar de esforço percebido (LEPc)^{19,20}. Acima desta intensidade, o aumento da percepção subjetiva de esforço (PSE) seria modulado pela utilização da CTAc^{19,20}.

2 JUSTIFICATIVA

Vários autores têm procurado encontrar formas simples e de baixo custo operacional para a identificação de pontos de transições metabólicas durante a prática de exercícios físicos^{21,23}.

Apesar da compreensão acerca dos parâmetros do modelo de potência crítica estimados de maneira contínua, os estudos que utilizaram esse modelo em exercício intermitente ainda não demonstraram nenhuma evidência acerca do significado fisiológico da PC estimada neste tipo de exercício⁶⁻⁹.

Além disso, segundo os pressupostos do modelo de limiar de esforço percebido, o aumento na PSE é linear em cargas superiores ao LEPc (ou PCc), sendo modulado provavelmente pela taxa de utilização da CTAc. No entanto, estudos anteriores aplicaram o LEP somente em exercícios contínuos, e não se utilizaram de nenhuma medida fisiológica indicando realmente que a CTAc seria o provável modulador para o aumento da PSE em exercícios físicos no domínio severo (acima da PCc).

Portanto, há a necessidade de verificar se o modelo de limiar de esforço percebido pode ser utilizado em exercícios físicos intermitentes, e se o LEP estimado de maneira intermitente (LEPi) é equivalente à PC intermitente (PCi). Adicionalmente, como a glicólise anaeróbia com conseqüente formação de lactato está relacionada à capacidade anaeróbia, a medida dessa variável fisiológica poderia indicar a participação da CTA como um provável fator que influencia no aumento da PSE.

A compreensão dessas questões seria importante para a prescrição de exercícios físicos intermitentes, considerando que em exercício intermitentes há múltiplas variáveis que podem ser manipuladas (períodos de esforços e pausas, intensidade de esforço, tipo de recuperação (ativo e passivo)). Um modelo matemático que auxilie na descrição e interpretação do desempenho em exercício intermitente, portanto, se faz necessário. Além disso, a medida de concentração de lactato ([La]) pode ser um indicador de pelo menos um fator que explique o aumento na PSE em exercícios no domínio severo.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Verificar as respostas fisiológicas em exercícios físicos intermitentes no domínio severo, na PCi e no máximo estado estável de lactato determinado em exercícios intermitentes (MEELi).

3.2 Objetivos específicos

- Comparar as estimativas dos parâmetros do modelo de potência crítica e limiar de esforço percebido estimados de maneira contínua e intermitente;
- Verificar se a PSE durante protocolos intermitentes de exercício está relacionada à [La];
- Estimar a partir das respostas da [La] dos testes intermitentes, um indicador de máximo estado estável de lactato (MEEL_{indic});
- Verificar se a PCi, LEPi, MEEL_{indic} representam a intensidade correspondente ao máximo estado estável de lactato determinado em exercícios intermitentes (MEELi).
- Comparar as respostas de VO₂ e [La], frequência cardíaca (FC) e PSE em testes na PCi e no MEELi.

4 REVISÃO DA LITERATURA

4.1 Máximo estado estável de lactato sangüíneo (MEEL)

O MEEL é a maior intensidade de exercício em que há uma equivalência entre as taxas de liberação e remoção de lactato sangüíneo. Em intensidades inferiores ao MEEL, inicialmente, a [La] aumenta de maneira transitória, tendo subsequente uma rápida estabilização. Por outro lado, em intensidades superiores ao MEEL, não é verificada a ocorrência da estabilização na [La] ao longo do teste retangular²⁴.

Vários autores (tabela 1) têm utilizado diferentes critérios para a determinação da intensidade relativa ao MEEL em diferentes formas de exercício, dentre as quais são consideradas as diferentes durações nas sessões de testes e o máximo aumento na [La] aceito em uma “janela” de tempo pré-estabelecida.

Tabela 1 – Critérios para a determinação do máximo estado estável de lactato (MEEL).

Autores	n	Idade (anos)	Gênero	Tipo de exercício	Duração da sessão de teste (min)	Máximo aumento na [La] (mM/min)	Período utilizado para análise no aumento da [La] (min)
Almarwaey <i>et al.</i> ²⁵	25	16,6 ± 0,8	Masculino e Feminino	Esteira	20	0,05	10-20
Beneke e Von-Duvillard ²⁶	11 16 6	20,1 ± 1,5 23,6 ± 3,0 23,3 ± 6,6	Masculino Masculino Masculino e Feminino	Remoergômetro Cicloergômetro Patinação de velocidade	30 30 ~27	0,05 0,05 ~0,05	10-30 10-30 ~10-27
Haverty <i>et al.</i> ²⁷	11	22,4 ± 3,6	Masculino	Esteira	20	0,02	10-20
Heck <i>et al.</i> ²⁸	16	29,8 ± 6,0	Não foi especificado	Esteira	25	0,05	5-25
MacIntosh <i>et al.</i> ²⁹	14	27,2 ± 3,7	Masculino e Feminino	Ciclismo	30	0,035	10-30
Mocellin <i>et al.</i> ³⁰	10	11,2 ± 0,4	Masculino	Esteira	15,5	0,08	3,5-15,5
Urhausen <i>et al.</i> ³¹	16 14	24,6 ± 5,6 28,0 ± 5,1	Masculino Masculino	Cicloergômetro Esteira	30 45	0,05 0,033	10-30 15-45

Na tentativa de verificar qual seria o método mais adequado para a determinação do MEEL, Beneke²⁴ comparou, em cicloergômetro, os três diferentes critérios encontrados na literatura: (1) maior intensidade em que o aumento na [La] foi menor que 1 mM nos últimos 20 min em um teste retangular com duração de 30 min^{26,31}; (2) maior intensidade em que o aumento na [La] foi menor que 0,5 mM nos últimos 10 min em um teste retangular com duração de 20 min²⁵; e (3) maior intensidade em que o aumento na [La] foi menor que 0,2 mM nos últimos 10 min em um teste retangular com duração de 20 min²⁷. Os resultados indicaram que a [La] ao final do teste de MEEL utilizando o primeiro critério ($5,1 \pm 1,3$ mM) foi significativamente maior que a concentração final adotando-se o segundo ($4,9 \pm 1,3$ mM) e o terceiro ($4,3 \pm 1,3$ mM) critério. Por outro lado, a intensidade relativa ao MEEL foi diferente apenas quando comparados o primeiro ($254,0 \pm 40,8$ W) e segundo critério ($251,9 \pm 40,4$ W) com o terceiro ($244,8 \pm 44,0$ W). Além disso, quando se verificou a constante de tempo equivalente à manifestação de 63% da resposta da cinética de aumento na [La] (τ), o critério que mais se adequou ao verdadeiro MEEL foi o primeiro, com a estabilização sendo observada ao final do exercício de 30 min. Adicionalmente, a 6% acima da intensidade determinada pelo primeiro, houve um aumento significativo na [La], sem uma tendência de estabilização.

Assim, o critério mais aceitável para a determinação do MEEL em cicloergômetro parece ser aquele em que a maior intensidade do exercício não induza um aumento na [La] maior do que 1 mM nos últimos 20 dos 30 min de teste, ou seja, até 0,05 mM/min.

4.2 Significado fisiológico da potência crítica estimada de maneira contínua (PCc)

A PCc é definida como a intensidade de esforço na qual o mesmo pode ser mantido sem a ocorrência da exaustão¹². Ela representa o maior limite para a estabilidade do VO_2 , [La] e o pH; sendo, portanto, um importante indicador dos domínios de intensidade, com significantes implicações para os perfis de respostas fisiológicas e metabólicas durante o exercício físico³².

Analisando o comportamento da cinética de VO_2 , Gaesser e Poole (1996) sugeriram que as intensidades de esforço podem ser discriminadas em três domínios: moderado, intenso e severo. O domínio moderado abrange toda intensidade na qual não se observa indução da acidose láctica (abaixo do limiar de lactato). Em exercício físico com intensidade constante realizado nesse domínio, o VO_2 aumenta monoexponencialmente, até alcançar o estado estável (figura 1).

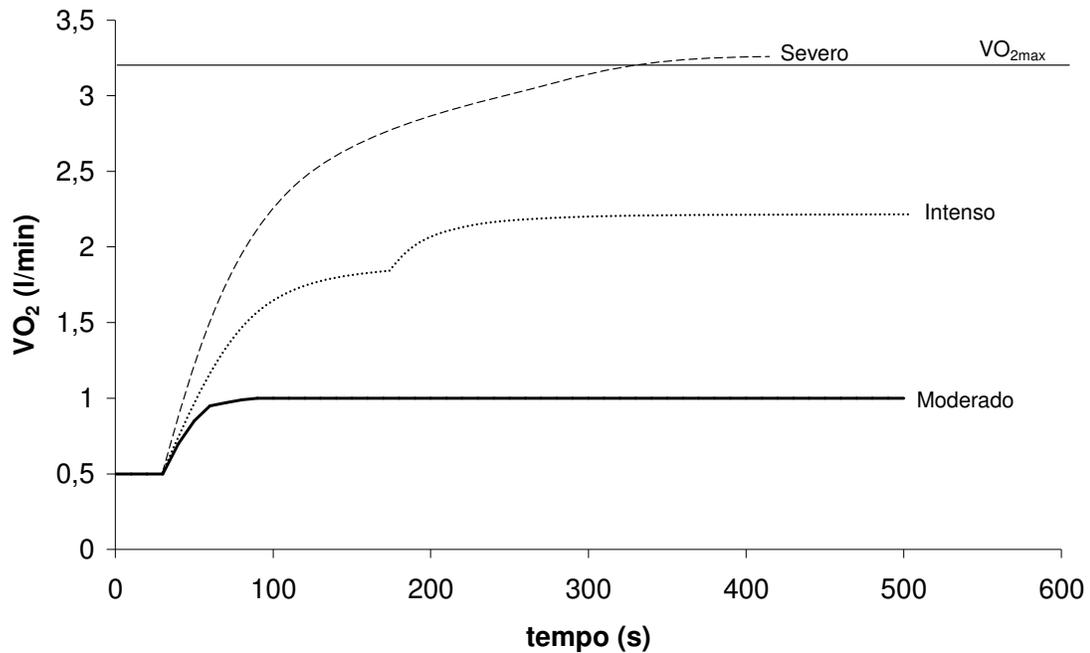


Figura 1 – Cinética de consumo de oxigênio nos domínios moderado, intenso e severo.

O limite inferior do domínio de exercício intenso é a menor intensidade na qual a produção de lactato sangüíneo excede transitoriamente a taxa de remoção (limiar de lactato), e tem como limite superior a maior intensidade na qual a [La] pode ser estabilizada (MEEL). Considerando um exercício retangular neste domínio, o VO_2 aumenta de maneira biexponencial (figura 1), tendo um componente rápido nos instante iniciais do exercício (aproximadamente três minutos) e um lento após este período, fazendo com que haja um atraso em sua estabilização¹⁴.

Dentro do domínio severo, verifica-se um aumento da [La] durante todo o exercício físico, provocando conseqüentemente uma queda do pH sangüíneo, induzindo a ocorrência do VO_{2max} e exaustão (~2-15 min)¹⁴.

Apesar de haver controvérsias^{33,34}, alguns estudos têm demonstrado que a PCc indica o ponto de transição entre os domínios intenso e severo^{11,32}. Além disso, a PCc tem sido relacionada a alguns índices de aptidão aeróbia, tais como o limiar anaeróbio ($r = 0,91$) e VO_{2max} ($r = 0,87$)².

Poole *et al.*¹¹ demonstraram, em cicloergômetro, que em 24 min de exercício contínuo realizados na intensidade da PCc, tanto a [La] ($5,6 \pm 0,9$ mM) quanto o VO_2 ($2,99 \pm 0,11$ l/min) se estabilizaram. Considerando um incremento na carga de aproximadamente 15 W acima da PCc, foi verificado um aumento gradual do VO_2 até alcançar o seu valor máximo ($3,70 \pm 0,38$ l/min). Vale ressaltar que a [La] atingiu valores de 11,3 mM, em média, nos sujeitos avaliados quando da ocorrência da exaustão.

Na natação, os pioneiros na aplicação do modelo de potência crítica foram Wakayoshi *et al.*¹². Os autores demonstraram que em quatro “tiros” de 400 m a 102% da velocidade crítica (VCc) (similar a PCc), a [La] aumentava significativamente até o último “tiro”. Em contrapartida, quando todos os “tiros” foram realizados na intensidade da VCc, a [La] se estabilizou, ao passo que na intensidade abaixo da VCc (98%), houve aumento transitório inicial, com decréscimo significativo da [La] ao longo dos “tiros”. Esses resultados foram posteriormente corroborados por Kokubun¹⁰ que, além de verificar que a VCc corresponde à mesma intensidade de MEEL, constatou também que a VCc ($1,267 \pm 0,117$ m/s) foi semelhante à intensidade correspondente à concentração fixa de 4 mM de [La] ($1,269 \pm 0,115$ m/s), com essas variáveis apresentando ainda alta correlação entre si ($r = 0,89$).

Apesar desses achados, outros estudos têm encontrado resultados que se contrapõem aos dos trabalhos citados anteriormente. Nessa linha, Smith e Jones³⁵ verificaram que apesar da VCc estimada em esteira não ser diferente do

MEEL, a correlação entre as variáveis foi apenas moderada ($r = 0,62$), apresentando uma baixa concordância a partir da plotagem de Bland-Altma³⁶. Além disso, outros estudos têm relatado que a PCc superestima o limiar anaeróbio e o MEEL^{33,34,37,38}.

Hill e Smith¹³ e Hill e Ferguson³⁹ confirmaram a hipótese de que a PCc representa a maior intensidade na qual o VO_2 não atinge o seu valor máximo. Os resultados desses estudos indicaram que a relação hiperbólica da carga utilizada até o tempo de exaustão e do tempo até alcançar o VO_{2max} foi relativamente semelhante, sendo verificados valores de intensidade similares nas assíntotas das hipérbolas, tanto da PCc estimada de forma convencional quanto da estimada por meio do tempo até o VO_{2max} . Esse fato sugere que a PCc coincide com o máximo estado estável de VO_2 .

Acredita-se que esses resultados contraditórios possam ser atribuídos em grande parte às diferentes metodologias empregadas, uma vez que não há uma padronização nos testes preditivos para a determinação dos parâmetros do modelo de potência crítica, nos procedimentos para a determinação do limiar anaeróbio, bem como nos critérios adotados para a determinação do MEEL.

4.3 Significado fisiológico da capacidade de trabalho anaeróbio estimada de maneira contínua (CTAc)

A CTAc é a quantidade total de trabalho que pode ser realizada acima da PCc até a exaustão, proveniente das fontes energéticas anaeróbias. Essa capacidade está relacionada com os estoques de fosfagênios, capacidade glicolítica

e estoques de oxigênio ligados à mioglobina dos músculos^{2,9}. Entretanto, alguns estudos têm demonstrado resultados conflitantes sobre a validade desse parâmetro.

Moritani *et al.*², por meio de manipulação da concentração de oxigênio inspirado, demonstraram que a inclinação da função linear trabalho-tempo é afetada pela quantidade de oxigênio disponível, mas que o intercepto não, demonstrando que o intercepto y da equação trabalho-tempo representa uma variável anaeróbia.

Em esforços físicos intermitentes máximos, com duração de um minuto e intervalo de cinco minutos entre os tiros, foi demonstrado que a CTAc tem uma correlação moderada com o trabalho total realizado ($r = 0,74$). Embora tenha sido encontrada uma correlação fraca entre o trabalho total realizado e o pico de lactado sangüíneo ($r = 0,16$), foi verificado que o trabalho total realizado no exercício intermitente e a CTAc se correlacionam bem com o pH sangüíneo pós-exercício (ambos $r = 0,92$)⁴⁰.

Outros estudos, no entanto, têm questionado validade da CTAc na natação. A CTAc apresentou correlações de baixas a moderadas com a aptidão anaeróbia e performance nos nados entre as distâncias de 100 a 600 m. No entanto, houveram correlações de moderadas a altas ($r = 0,70-0,82$) com as performances máximas nessas mesmas distâncias e com a aptidão anaeróbia (simulação do teste de Wingate na natação) avaliada em nado atado⁴¹.

Os achados de Dekerle *et al.*⁴² demonstram que a distância anaeróbia estimada pelo teste de nado semi-atado ($14,80 \pm 2,23$ m) e a capacidade de nado anaeróbio (CNAc), calculada a partir das distâncias de 100 e 200 m, e 200 e 400 m de nado, não foram diferentes estatisticamente ($16,00 \pm 4,96$ m e $18,33 \pm 4,46$ m; respectivamente), mas não houve correlação significativa entre essas

variáveis (valor de r não foi reportada). A [La] ao final da performance de 200 m também não se correlacionou com a CNAc. Assim, pôde ser observado que CNAc não parece ser um bom parâmetro na avaliação da aptidão anaeróbia e predição do desempenho físico, ao menos na natação.

Apesar dos achados apresentados anteriormente, outros estudos demonstraram que a CTAc foi fortemente correlacionada com o máximo déficit acumulado de oxigênio^{43,44}. Nos indivíduos onde as estimativas de CTAc foram realizadas pela equação hiperbólica (equação 1), associadas a uma baixa variabilidade (< 10%) quando comparada com as outras duas equações lineares, bem como a um baixo erro padrão de estimativa (EPE < 5%), a correlação entre a CTAc e o máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD) foi de 0,92, não sendo encontradas diferenças significativas entre o MAOD ($13,9 \pm 1,1$ kJ) e CTAc ($13,2 \pm 1,4$ kJ)⁴⁴. Por outro lado, Chatagnon *et al.*⁴² demonstraram correlações significativas, todavia de menor magnitude entre as mesmas variáveis ($r = 0,76$). Entretanto, quando realizada a comparação entre os valores, a CTAc ($25,7 \pm 5,7$ kJ) foi significativamente maior do que o MAOD ($14,3 \pm 2,7$ kJ) ($P < 0,001$).

Dekerle *et al.*⁴⁵ testaram a validade da CTAc comparando-a com o trabalho total realizado acima da PC em um “tiro” máximo de 90 s (CTA90), e com o déficit de oxigênio durante o “tiro” máximo de 90 s (DO90). Os resultados demonstraram que a CTAc não foi diferente da CTA90, mas foi menor que o DO90. Apesar de moderada a alta correlações (0,60-0,88) entre as variáveis, foi observada uma baixa concordância, quando avaliada por meio da plotagem de Bland e Altman³⁶. Esse valor inferior para a CTAc em relação ao DO90 pode ser explicado pela desconsideração da “inércia” na cinética do VO_2 pelo modelo de potência crítica.

Dessa forma, a CTAc parece não ser um bom discriminante da performance anaeróbia, tendo resultados controversos com relação a certos indicadores bioenergéticos anaeróbios.

4.4 Limiar de esforço percebido (LEP)

A PSE é uma variável psicofísica resultante da integração de informações de pré-alimentação (*feedforward*) e retroalimentação (*feedback*) entre o sistema nervoso central e as diversas estruturas do organismo humano⁴⁶. A pré-alimentação corresponde aos sinais eferentes transmitidos pelo córtex motor à musculatura esquelética, com uma “cópia” enviada ao córtex sensorial. A retroalimentação é a informação aferente enviada ao córtex sensorial proveniente, sobretudo, dos tecidos musculares e segmentos corporais ativos⁴⁶.

Durante a realização do exercício físico, várias aferências fazem com que ocorra o aumento na PSE. Dentre os principais fatores periféricos que estão relacionados a esse aumento podemos listar o acúmulo de lactato, aumento da atividade eletromiográfica, aumento da temperatura muscular, dor, informações provenientes de mecanorreceptores e quimiorreceptores^{47,48}. Em relação a fatores centrais encontramos a FC, VO_2 e ventilação como os principais fatores que estão relacionadas a esse aumento^{47,48}.

Em exercícios físicos executados no domínio severo, Nakamura *et al.*¹⁹ verificaram em corrida aquática que o esforço percebido em testes contínuos aumentava de forma linear (figura 2), sendo essa taxa de aumento diretamente proporcional à intensidade do esforço. A partir da relação entre intensidade e taxa de

aumento do esforço percebido, por meio de regressão linear foi determinada a intensidade em que a taxa de aumento do esforço percebido seria teoricamente zero, sendo neste ponto determinado o limiar de esforço percebido estimado de maneira contínua (LEPc) (figura 3). O LEPc ($0,24 \pm 0,03$ m/s) não foi diferente da PCc ($0,23 \pm 0,02$ m/s), sendo as variáveis altamente correlacionadas ($r = 0,85$). Estendendo esses achados para o cicloergômetro, Nakamura *et al.*²⁰ verificaram que a PCc (174 ± 43 W) e o LEPc (180 ± 61 W) não eram diferentes da maior intensidade na qual o VO_2 teoricamente não atingia o valor máximo (176 ± 48 W), com correlações elevadas ($r > 0,90$) entre as variáveis.

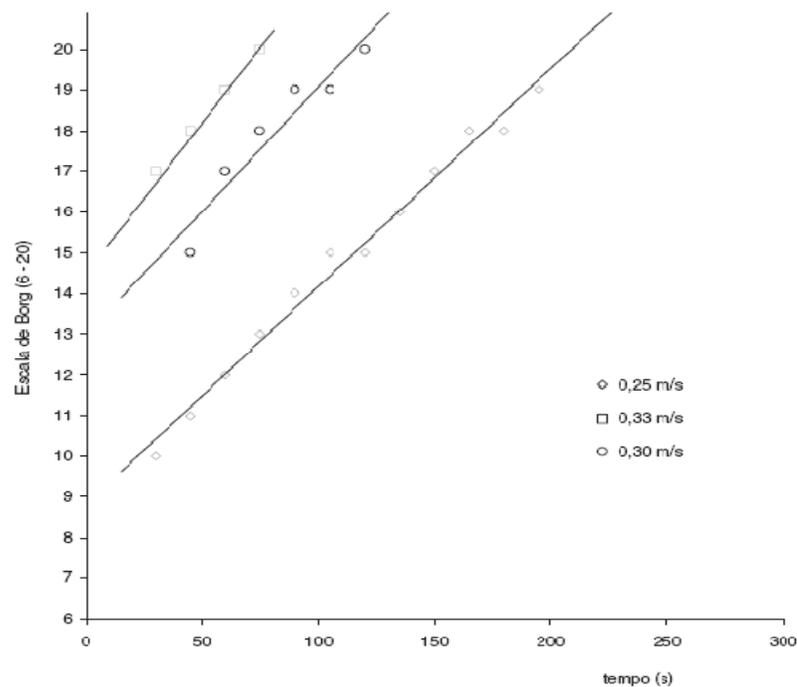


Figura 2 – Aumento da percepção subjetiva de esforço ao longo do tempo em três testes retangulares exaustivos¹⁹.

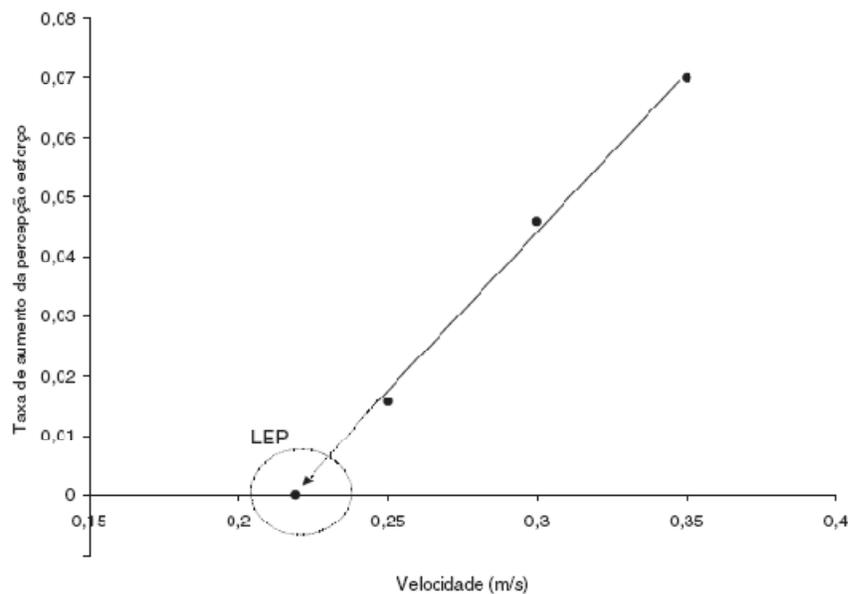


Figura 3 - Determinação do limiar de esforço percebido (LEP) a partir da relação linear entre taxa de aumento do esforço percebido e velocidade de corrida aquática¹⁹.

A possível explicação para esses achados é que o aumento do esforço percebido seria modulado pela taxa de utilização da CTAc, sendo que quanto maior a intensidade de exercício realizada acima da PC, maior a utilização dessa reserva, e conseqüentemente, maior a taxa de aumento do esforço percebido¹⁹. Assim, os distúrbios periféricos associados à depleção parcial de glicogênio muscular e a acidose metabólica fazem com que a excitação-contracção da musculatura esquelética seja prejudicada, demandando um aumento de recrutamento das unidades motoras para que seja mantida a intensidade do exercício⁴⁸, e tendo conseqüentemente um aumento na PSE.

Adicionalmente, Batista *et al.*⁵⁰ demonstraram também em cicloergômetro que o LEPc (211 ± 15 W) corresponde a mesma intensidade do limiar de fadiga eletromiográfica (220 ± 30 W).

Buscando uma alternativa não exaustiva para a determinação do LEPc, Nakamura *et al.*⁵¹ propuseram a utilização apenas dos pontos experimentais de 14-17 da escala de Borg de 15 pontos⁵² para a realização da estimativa do LEPc (LEP₁₄₋₁₇). Os autores demonstraram que além de ter uma alta reprodutibilidade (CCI = 0,83), o LEP₁₄₋₁₇ não foi diferente do LEPc e da PCc. Este método foi proposto como uma alternativa para minimizar os desconfortos e riscos associados ao exercício exaustivo.

Recentemente, Correia⁵³ aplicou o modelo de limiar de esforço percebido em saltos verticais. No estudo, os sujeitos deveriam saltar a uma altura pré-estabelecida durante o maior tempo possível. A manipulação da intensidade nos testes preditivos foi realizada variando o período de descanso entre os saltos. Desta forma, o LEP seria teoricamente, nesse caso, o período necessário de repouso entre os saltos para que o indivíduo não entrasse em exaustão. Foi verificada uma alta reprodutibilidade do LEP (CCI = 0,91). No entanto, o LEP foi menor que o intervalo crítico, determinado a partir dos pressupostos do modelo de potência crítica.

Por ser um método proposto recentemente, poucos estudos têm analisado a validade e o significado fisiológico do modelo de limiar de esforço percebido. Portanto, mais estudos são necessários para esclarecer essas dúvidas em relação ao modelo, e a compreensão acerca dos fatores que levam ao aumento da PSE, considerando que em diferentes domínios de exercício físico há diferenças nos fatores que modulam esse aumento.

4.5 Aplicação do modelo de potência crítica em exercícios intermitentes

Alguns pesquisadores têm voltado as suas atenções para a realização de trabalhos relacionados a exercícios com características intermitentes^{6,7,54}. Acredita-se em parte que este tipo de exercício físico possua algumas vantagens em relação a certas adaptações fisiológicas, em comparação ao exercício contínuo. Além disso, os exercícios físicos intermitentes assemelham-se mais ao padrão de esforço e pausa de algumas modalidades esportivas.

Billat *et al.*⁵⁴ afirmaram que o aumento da potência aeróbia pode ser potencializado com a realização de um treinamento intervalado, por ser possível a manutenção do VO_{2max} por um período prolongado durante uma sessão de exercício, em comparação ao exercício contínuo. Nesse sentido, Billat *et al.*⁵⁵ procuraram verificar o tempo de tolerância no VO_{2max} utilizando diferentes combinações de exercício intermitente com intensidades variando em torno da PCc. Os autores verificaram em exercícios intermitentes (15:15 s), em que a amplitude dos esforços e das recuperações ativas variavam em 11% e 35% em torno da PCc, que o tempo de tolerância no VO_{2max} era o dobro quando comparado com uma amplitude de variação de 59% (~14 min *versus* 7 min).

Recentemente, Brickley *et al.*⁵⁶ analisaram o metabolismo muscular durante exercício constante na PCc e alternando a intensidade do exercício por 30 s a 158% e por dois minutos a 73% da PCc. Embora tenha ocorrido uma alteração significativa ao longo do exercício para o glicogênio muscular, lactato, creatina fosfato e pH, quando o exercício contínuo foi comparado com o intermitente na

mesma situação (pré ou pós exercício), os valores não foram diferentes. Esses resultados talvez possam ter ocorrido devido à amplitude da intensidade não induzir uma grande sobrecarga anaeróbia, inicialmente esperada.

Podemos observar que em exercícios intermitentes com a mesma intensidade e razão de esforço:pausa (ex: 1:1), contudo, com períodos diferenciados (ex: 30:30 s e 60:60 s), que o tempo de tolerância é maior quando os períodos de esforços e pausas são menores. Isso ocorre por causa de um comportamento bifásico da cinética de recuperação da CTA, sendo rápido nos primeiros instantes de recuperação (57,4 s) e mais lento nas fases mais tardias da recuperação⁵⁷. Assim, o que se verifica é uma sobrecarga anaeróbia superior em exercícios intermitentes com durações de esforços e pausas maiores, mesmo mantendo a razão fixa entre essas variáveis⁵⁸.

Apesar dos estudos citados anteriormente serem realizados em exercícios intermitentes, todos esses trabalhos buscaram interpretar os seus resultados utilizando como base os parâmetros do modelo de potência crítica estimados de maneira contínua.

Na tentativa de estimar os parâmetros de maneira específica para exercícios intermitentes, Kachouri *et al.*⁸ adaptaram o modelo de potência crítica para este tipo de exercício. Os indivíduos, após a realização de um teste incremental em corrida, realizaram a estimativa dos parâmetros com corridas até a exaustão a 95% e 105% da velocidade do VO_{2max} , de maneira contínua e intermitente. Durante as corridas realizadas de maneira intermitente, os sujeitos realizavam uma razão de esforço e pausa de 1:1 na metade do tlim contínuo das respectivas intensidades. Foi verificado que a VC estimada de maneira contínua não foi diferente da estimada no exercício intermitente. Além disso, como há um período de recuperação no exercício

intermitente, a CTA do exercício intermitente foi maior do que a CTA do exercício contínuo.

Já Dupont *et al.*⁷ aplicaram o modelo de potência crítica em exercícios intermitentes de maneira diferente ao estudo de Kachouri *et al.*⁸. Os autores, ao invés de variarem os períodos de esforços e pausas, de acordo com os testes preditivos, conforme protocolo adotado no estudo de Kachouri *et al.*⁸, mantiveram essas variáveis fixas. Os testes preditivos foram realizadas em corridas intermitentes máximas a 110, 120, 130 e 140% da máxima velocidade aeróbia com regimes de esforço e pausa de 15:15 s. Para a estimativa dos parâmetros, os cálculos matemáticos foram realizados excluindo os períodos das pausas dos testes preditivos. Isso faz com que parte da CTA, reposta durante as pausas, seja matematicamente incluída como taxa na estimativa da PCi. Assim, a PCi acaba sendo maior que a PCc, e a CTAi não difere da CTAc⁶.

Apesar disso, Buchheit *et al.*⁵⁹ encontraram resultados que contestam a validade do modelo proposto por Dupont *et al.*⁷. Os autores realizaram predições da PCi utilizando regimes de esforços e pausas de 15:15 s (PCi_{15/15}) e 30:30 s (PCi_{30/30}), e encontraram que a PCi_{15/15} não foi diferente da PCi_{30/30}. Além disso, a CTA estimada em regimes de esforços e pausas de 15:15 s (CTAi_{15/15}) foi maior do que a estimada em 30:30 s (CTAi_{30/30}). Como em regimes de esforços e pausas de 30:30 s induz a uma sobrecarga anaeróbia maior, e a taxa de reposição da CTA durante as pausas é matematicamente incluída na PCi, esperava-se que a PCi_{15/15} fosse maior que a PCi_{30/30}, e que não houvesse diferença significativa entre a CTAi_{15/15} e CTAi_{30/30}. Esses resultados ocorreram provavelmente pelos autores não manipularem as intensidades dos testes preditivos, em que induzissem à exaustão em uma “janela” de tempo pré-estabelecido (ex. 2-15 min), tendo em alguns casos

sujeitos que ultrapassaram os 30 min de exercício físico. Além disso, como foram realizados os testes preditivos em corrida bidirecional, com distância entre os cones de 40 m, nos testes preditivos de 30:30 s os sujeitos tiveram que realizar um maior número de aceleração e desaceleração para contornar os cones. Isso provavelmente deva ter influenciado nas predições dos parâmetros.

No entanto, tanto nos modelos propostos por Kachouri *et al.*⁸ quanto por Dupont *et al.*⁷, as equações utilizadas eram as mesmas empregadas em exercícios contínuos, sendo apenas adaptadas ao exercício intermitente. Desta forma, Morton e Billat⁹ propuseram uma equação específica para exercícios intermitentes. Nesta equação, a taxa de utilização da CTA seria a diferença entre potência do exercício subtraído pela PC. Durante as pausas, a equação assume que a reposição da CTA é a diferença entre a PC e a potência de recuperação. Apesar do conceito teórico da equação ser interessante, os resultados foram diferentes da expectativa inicial, na qual a VC estimada de forma contínua ($4,00 \pm 0,26$ m/s) foi diferente da estimada no exercício intermitente ($3,28 \pm 0,27$ m/s).

Posteriormente, Midgley *et al.*⁶⁰ testaram a validade da equação proposta por Morton e Billat⁹ substituindo os parâmetros utilizados na equação por medidas fisiológicas (limiar de lactato, MAOD). Foi verificado que, apesar de não se encontrar diferenças significativas no tlim predito pela equação ($23,1 \pm 24,5$ min), quando comparado com o valor observado ($20,8 \pm 7,7$ min), houve uma grande variabilidade do valor predito e a concordância entre os valores, observado por meio da plotagem de Bland e Altman³⁶ não foi satisfatória. Esses resultados demonstram que a equação específica para exercícios intermitentes do modelo de potência crítica proposta por Morton e Billat⁹ não prediz de maneira acurada a tlim em exercícios intermitentes.

Apesar desses estudos utilizarem o modelo de potência crítica em exercício intermitente em diferentes situações experimentais, não foi demonstrado ainda o significado fisiológico dos parâmetros estimados. Isso nos leva a questionar a validade da utilização do modelo neste tipo de exercício.

5 MÉTODOS

O estudo iniciou-se com 15 voluntários, sendo todos universitários jovens, do sexo masculino. No entanto, apenas 10 indivíduos (idade: $24,4 \pm 3,7$ anos; massa corporal: $76,5 \pm 11,7$ kg; estatura: $176,6 \pm 4,1$ cm) realizaram todos os testes. Previamente aos testes, os sujeitos foram informados dos procedimentos aos quais seriam submetidos e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (anexo A). Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos (anexo B).

Antes de iniciar o estudo, os sujeitos foram orientados a não realizarem atividade física vigorosa nas 24 h antecedentes aos testes. O estudo foi dividido em cinco etapas, e realizadas na seguinte ordem: (1) familiarização; (2) teste incremental; (3) testes preditivos contínuos; (4) testes preditivos intermitentes; (5) determinação do MEELi. Os testes foram realizados em dias diferentes, com um intervalo de descanso variando entre 24-96 h. A temperatura do laboratório foi controlada entre 20-24°C.

O primeiro teste de familiarização foi acompanhado por um cardiologista, o qual realizou avaliação da função cardiovascular por meio de eletrocardiografia de esforço, verificando assim se cada participante teria condição de realizar esforços máximos. Em nenhum dos sujeitos foi observada qualquer alteração eletrocardiográfica que impedisse a participação no estudo.

As coletas de dados foram realizadas na Universidade Católica de Brasília (UCB), mediante a colaboração entre os programas de pós-graduação da

Universidade Estadual de Maringá / Universidade Estadual de Londrina e Universidade Católica de Brasília.

5.1 Familiarização

Para adaptar os participantes ao tipo de esforço exigido nos testes, foram realizados inicialmente, em um cicloergômetro de frenagem mecânica Biotec 2100 (Cefise), duas sessões de testes retangulares em dias diferentes. A altura do selim foi ajustada individualmente para permitir que os joelhos atingissem extensão quase completa durante cada revolução do pedal.

Anteriormente a cada teste, foi realizado um aquecimento com duração de cinco minutos no próprio cicloergômetro, sem a imposição de nenhuma resistência mecânica, seguido de uma pausa com a duração de três minutos. As cargas impostas nos testes foram selecionadas na tentativa de levar o indivíduo à exaustão em um período compreendido entre 2-15 min. A cadência estabelecida foi de ~60 rpm.

Durante os testes, os sujeitos foram familiarizados também a reportarem a PSE a partir da escala de Borg de 15 pontos⁵². Os valores foram relatados de acordo com a alteração da PSE relativa às atribuições designadas a cada valor da escala (por exemplo: 7 – muito, muito leve; 19 – muito, muito intenso). O primeiro valor foi reportado quando os sujeitos se encontravam preparados para manifestarem a PSE verbalmente já durante o esforço.

Os testes serviram como parâmetro para a escolha das cargas nas fases subseqüentes do estudo, mas foram descartados para qualquer outro tipo de análise.

5.2 Teste incremental

O teste incremental foi realizado inicialmente com uma carga de 30 W, sendo que a cada minuto foi incrementado 30 W até a exaustão voluntária do indivíduo, ou até o momento em que o mesmo não conseguisse manter a cadência pré-estabelecida (~60 rpm) por um período superior a cinco segundos. Durante o teste incremental e nos testes subseqüentes, medidas de VO_2 foram coletadas por meio de um analisador de gases MetaLyzer 3B (Cortex). A calibração foi feita a partir do ar ambiente e por meio de uma concentração de gás conhecida de O_2 (16%) e CO_2 (5%). O fluxo de ar foi calibrado utilizando uma seringa de três litros.

O VO_{2max} foi considerado como a média dos valores nos últimos 30 s de esforço. Para confirmar a ocorrência do VO_{2max} , deveria ser observado pelo menos dois dos três critérios a seguir: (1) incidência de um platô no VO_2 (aumento < 150 ml/min); (2) razão de trocas respiratórias acima de 1,10; e/ou (3) FC maior que 90% do máximo predito para a idade⁶¹.

A máxima potência aeróbia (MPA) foi calculada usando a seguinte equação⁶²:

$$MPA (W) = \text{Número de estágios completos} * 30 W + (\text{tempo no último estágio} / 60) * 30 W$$

Além disso, em todos os testes, os sujeitos utilizaram uma cinta transmissora para a coleta da FC por meio de um cardiófreqüencímetro (Polar S810i).

5.3 Testes preditivos contínuos

Os sujeitos realizaram quatro testes preditivos com cargas aleatorizadas para a estimativa dos parâmetros do modelo de potência crítica e do limiar de esforço percebido. As cargas foram baseadas nas potências e tempos até à exaustão obtidos nos testes de familiarização. A exaustão durante os testes ocorreu entre 2-15 min. Não foram dadas informações sobre as cargas impostas e a expectativa de duração dos testes.

A estimativa da PCc foi realizada por meio da função hiperbólica do modelo de dois parâmetros⁶³, onde:

$$t_{lim} = CTAc / (P - PCc)$$

Nestes testes, os sujeitos reportaram os valores da escala de PSE, realizando os mesmos procedimentos adotados nas sessões de familiarização. Por meio desses dados, foi verificado o coeficiente angular de regressão entre o tempo (variável independente) e o aumento de esforço percebido (variável dependente). O LEPC foi definido a partir de uma regressão linear que considera a potência em que a taxa de aumento do esforço percebido seria teoricamente zero^{19,20}.

5.4 Testes preditivos intermitentes

Quatro testes preditivos intermitentes, com períodos de alternância entre os esforços e as recuperações passivas a cada 30 s. As potências utilizadas nos protocolos intermitentes (110, 120, 130 e 140% da MPA) foram escolhidas respeitando-se o limite de duração de 2-15 min de esforço (excluindo os períodos das pausas)^{6,7}.

A PSE, diferentemente dos testes preditivos contínuos, foi reportada pelos sujeitos ao final de cada “tiro”. Além disso, 25 microlitros (μl) de sangue foram coletados do lóbulo da orelha em repouso e ao final de cada dois “tiros”. As amostras de sangue foram coletadas utilizando capilares de vidro heparinizados, que foram armazenadas em microtubos de polietileno, tipo Eppendorf, contendo 50 μl de NaF (1%) para posterior análise (aparelho Yellow Spring 2300).

Os procedimentos matemáticos para a estimativa da PCi e do LEPi foram os mesmos adotados quando da estimativa da PCc e LEPc. No entanto, para a realização dos cálculos foram excluídos os períodos das pausas. Além disso, a partir das coletas de lactato nos testes preditivos intermitentes e com os mesmos procedimentos matemáticos para a determinação LEPi (figura 4), foi estimado o $\text{MEEL}_{\text{indic}}$, ou seja, a intensidade em que a taxa de aumento da [La] seria teoricamente zero (figura 5).

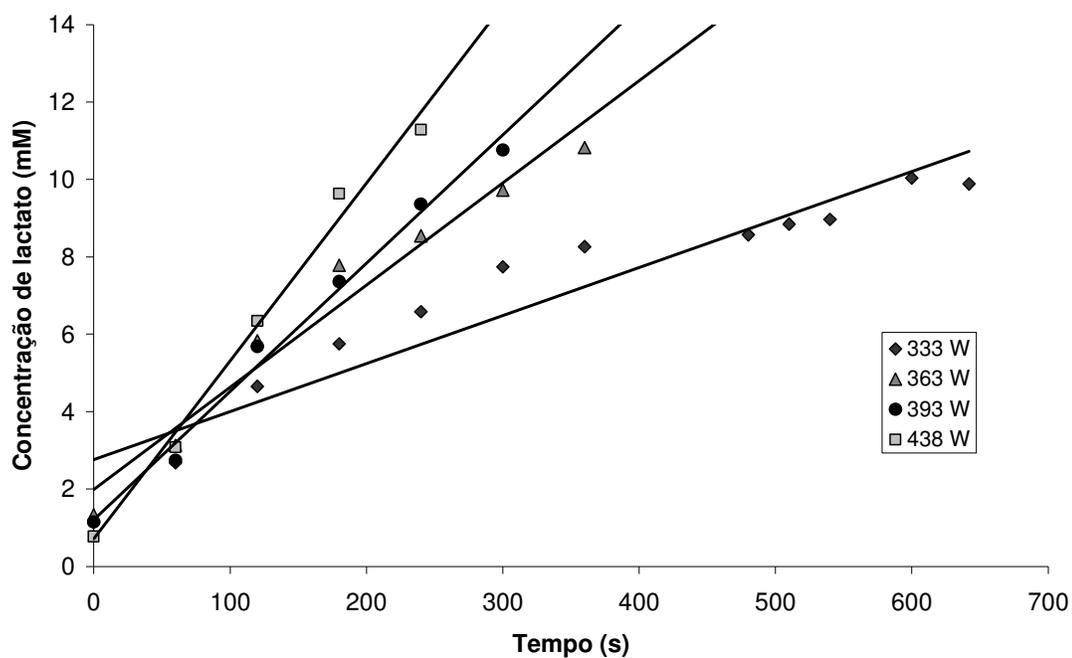


Figura 4 – Aumento da concentração de lactato ao longo do tempo em quatro testes intermitentes exaustivos de um sujeito representativo.

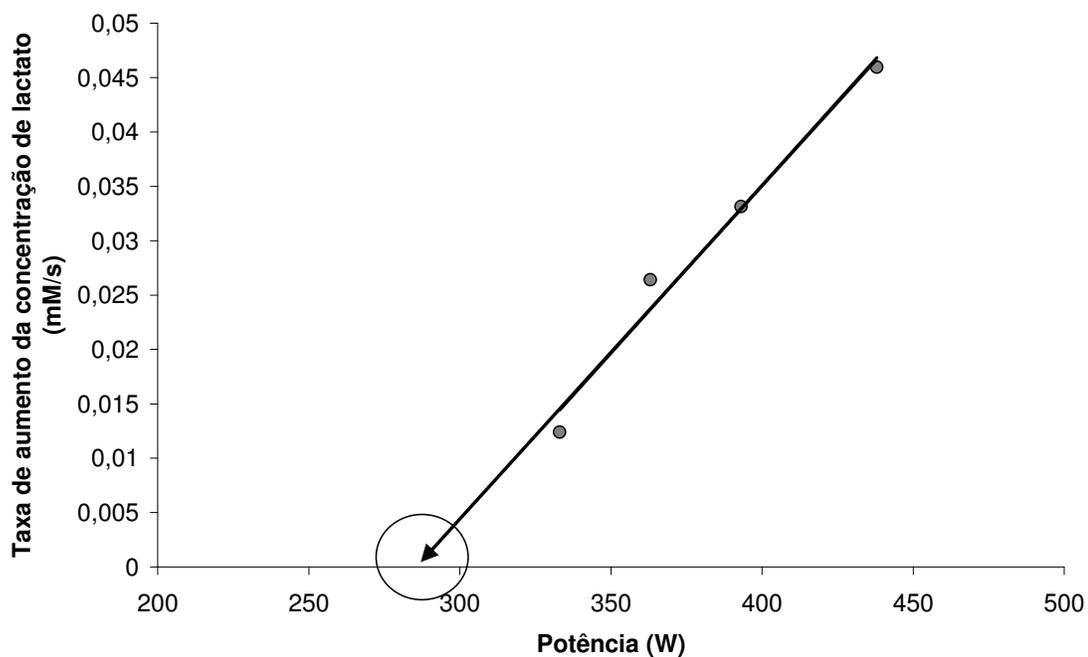


Figura 5 - Determinação do indicador de máximo estado estável de lactato (MEEL_{indic}) por meio da relação linear entre taxa de aumento da concentração de lactato e potência de um sujeito representativo.

5.5 Determinação do máximo estado estável de lactato intermitente (MEELi)

Após a estimativa da PC_i, os sujeitos realizaram os testes nesta intensidade alternando períodos de esforços e recuperação passiva a cada 30 s. Coletas de sangue foram realizadas com os mesmos procedimentos descritos anteriormente, com o indivíduo em repouso e a cada cinco minutos de teste. O teste teve duração máxima de 30 min. Quando foi verificada a ocorrência de estado estável na [La], testes subseqüentes foram realizados em dias diferentes com uma carga 10% maior, até que a estabilização não fosse mais observada²⁴. Caso durante o primeiro teste o estado estável não tivesse ocorrido, a potência seria diminuída na mesma porcentagem. O MEELi foi determinado analisando-se a [La] entre o décimo e o trigésimo minutos de teste. Durante este período, a estabilização foi assumida quando a [La] aumentou menos que 1 mM²⁴.

5.6 Análise estatística

A normalidade dos dados foi analisada por meio do teste de *Kolmogorov-Smirnov* com correção de *Lilliefors*. Os dados foram caracterizados por média e desvio padrão (DP), e em um dos casos o intervalo de confiança de 95% (IC95%). O teste *t* de *Student* para amostras dependentes foi utilizado para comparar os valores de CT_{Ac} e CT_{Ai}. Para comparar parâmetros do modelo de potência crítica e de limiar de esforço percebido, bem como o VO₂ e [La] ao final dos testes, foi utilizada ANOVA para medidas repetidas. ANOVA *two-way* foi utilizado para comparar a [La] no

teste no MEELi e 10% acima (MEELi + 10%), bem como para o comportamento do VO_2 , [La], FC e PSE na PCi e MEELi. A esfericidade dos dados foi verificada por meio do teste de *Mauchly*, e nas situações nas quais os valores fossem significantes, utilizou-se a correção de *Greenhouse-Geisser*. Para identificação das diferenças foi utilizado o teste *post hoc* de *Scheffé*. A relação entre as variáveis foi verificada por meio da correlação de *Pearson*. A significância das análises foi assumida quando $P < 0,05$.

6 RESULTADOS

A maior potência atingida no teste incremental foi de 284 ± 29 W, com o VO_{2max} de $3,12 \pm 0,37$ l/min.

As médias de potência e tempo até a exaustão dos quatro testes preditivos contínuos e intermitentes estão apresentadas na figura 6.

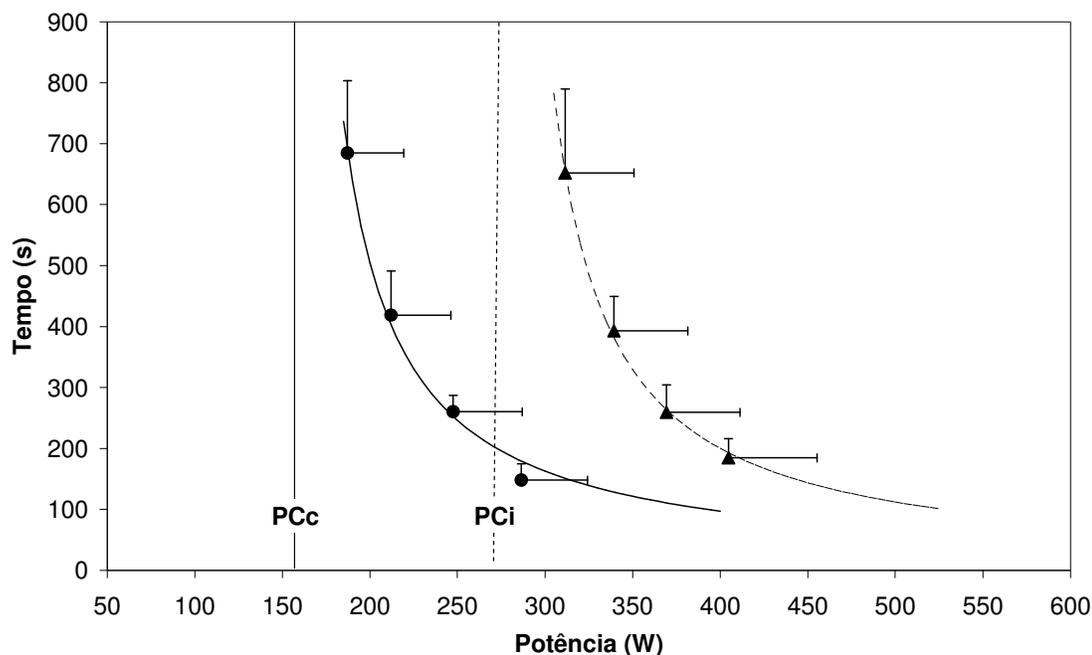


Figura 6 – Médias de potência e tempo até à exaustão nos testes preditivos contínuos (círculos) e intermitentes (triângulo) ($n = 10$).

Os valores das estimativas dos parâmetros aeróbios estão apresentados na tabela 2. A PCc e LEPc foram significativamente menores em relação a PCi, LEPi, MEEL_{indic} e MEELi ($P < 0,01$). No entanto, as variáveis estimadas de maneira intermitente por meio de diferentes métodos não foram diferentes entre si, e em relação ao MEELi ($P > 0,05$).

Além disso, a CTAc (23905 ± 2974 J) e a CTAi (27280 ± 8597 J) não foram diferentes ($t = 1,51$; $P > 0,05$), embora, a correlação entre essas variáveis tenha sido apenas moderada ($r = 0,62$).

Tabela 2 – Comparação entre valores obtidos de PCc, LEPc, PCi, LEPi, MEEL_{indic}, MEELi (n = 10).

	PCc (W)	LEPc (W)	PCi (W)	LEPi (W)	MEEL_{indic} (W)	MEELi (W)
Média	151*	150*	267	262	263	254
DP	30	31	45	61	37	39
IC95%	19	19	28	38	23	24

* Diferença significativa em relação à PCi, LEPi, MEEL_{indic} e MEELi ($F = 67,62$; $P < 0,01$)

O MEELi foi considerado como a maior intensidade em que a [La] no sangue não aumentou mais que 1 mM entre o décimo e o trigésimo minuto. A ANOVA confirmou a estabilização dessa variável após o décimo minuto na intensidade do MEELi, sendo que acima desta intensidade a estabilização não foi observada. No décimo e trigésimo minutos, a [La] no MEELi foi de $4,8 \pm 0,7$ mM e $5,1 \pm 0,9$ mM, respectivamente ($P > 0,05$). Já no MEELi + 10%, no décimo minuto foi de $6,3 \pm 1,3$ mM e no trigésimo de $8,2 \pm 1,8$ mM ($P < 0,05$) (figura 7).

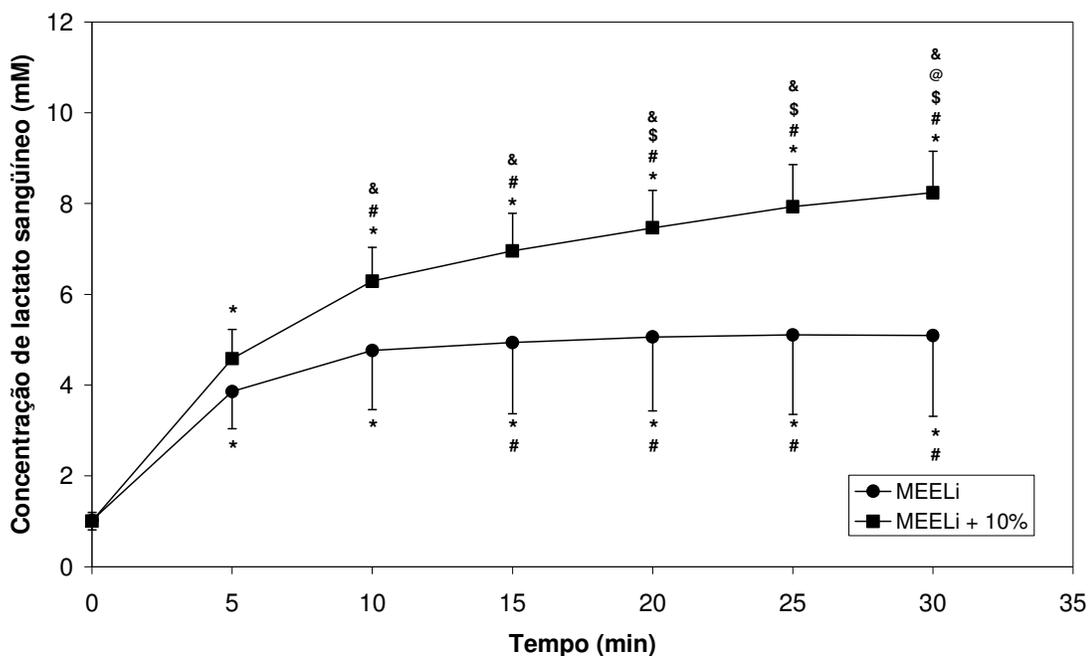


Figura 7 – Concentração de lactato sanguíneo durante teste intermitente no MEELi e 10% acima do MEELi (MEELi + 10%) (n = 10).

* Diferença significativa em relação ao valor de repouso do mesmo teste ($P < 0,01$).

Diferença significativa em relação ao valor de cinco minutos do mesmo teste ($P < 0,01$).

\$ Diferença significativa em relação ao valor de 10 min do mesmo teste ($P < 0,01$).

@ Diferença significativa em relação ao valor de 15 min do mesmo teste ($P < 0,01$).

& Diferença significativa entre MEELi e MEELi + 10% ($P < 0,01$)

Intensidade: $F = 60,00$; $P < 0,01$.

Tempo: $F = 142,37$; $P < 0,01$.

Intensidade x tempo: $F = 29,21$; $P < 0,01$.

A tabela 3 mostra as correlações entre as variáveis estimadas no teste incremental, e nos testes preditivos contínuos e intermitentes. As únicas variáveis que não tiveram correlação significativa foram o LEPc com a PCi e LEPi, e o MEEL_{indic} com o VO_{2max} ($P > 0,05$).

Tabela 3 - Correlações entre as variáveis PCc, LEPc, PCi, LEPi, MEEL_{indic}, MEELi, MPA, VO_{2max} (n = 10).

	PCc	LEPc	PCi	LEPi	MEEL_{indic}	MEELi	MPA	VO_{2max}
PCc	1	0,80**	0,79**	0,72*	0,85**	0,89**	0,98**	0,78**
LEPc	-	1	0,60	0,53	0,67*	0,72*	0,87**	0,68*
PCi	-	-	1	0,95**	0,76*	0,88**	0,75*	0,76*
LEPi	-	-	-	1	0,72*	0,90**	0,69*	0,77**
MEEL_{indic}	-	-	-	-	1	0,80**	0,79**	0,55
MEELi	-	-	-	-	-	1	0,87**	0,85**
MPA	-	-	-	-	-	-	1	0,81**
VO_{2max}	-	-	-	-	-	-	-	1

* $P < 0,05$ ** $P < 0,01$

O VO_2 ao final dos testes preditivos contínuos e intermitentes não foi diferente do VO_{2max} determinado no teste incremental (figura 8). No entanto, ao final do teste de 30 min na intensidade da PCi e MEELi o VO_2 foi significativamente menor do que o VO_{2max} . De forma semelhante, pôde-se observar que as [La] ao final dos testes preditivos intermitentes foram maiores do que ao final do teste na PCi e MEELi (figura 9).

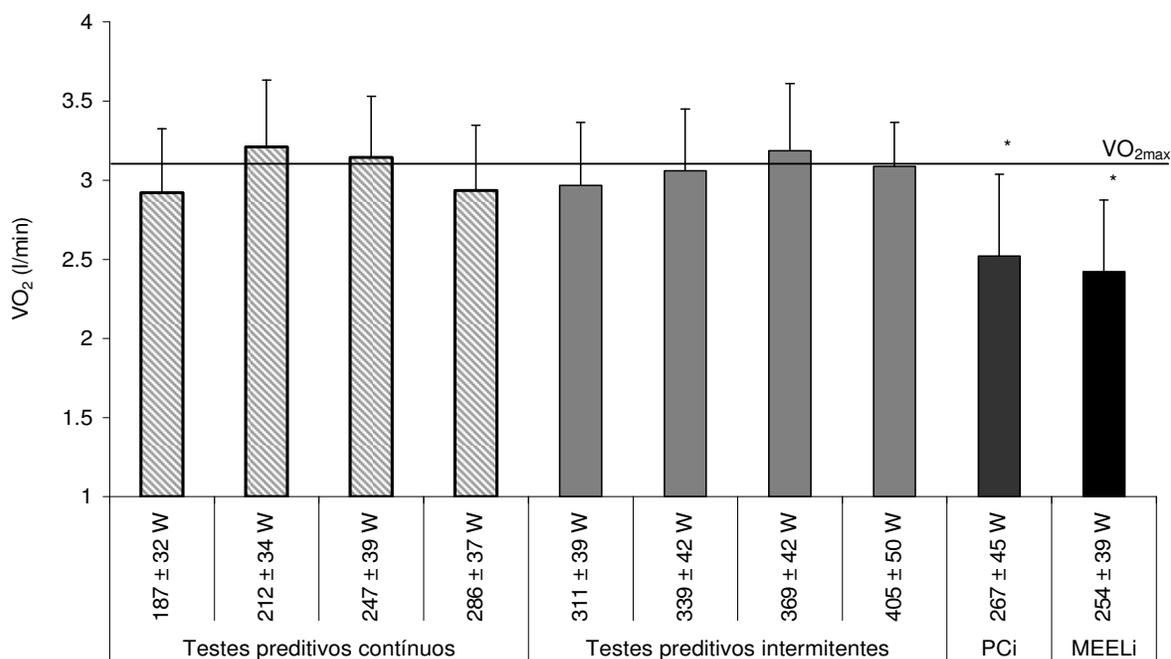


Figura 8 – Consumo de oxigênio ao final dos testes preditivos contínuos, intermitentes, na PCi e no MEELi. A linha contínua representa o VO_{2max} médio estimado no teste incremental (n= 10).

* Diferença significativa em relação aos testes preditivos contínuos e intermitentes, e ao VO_{2max} ($F = 25,18$; $P \leq 0,01$).

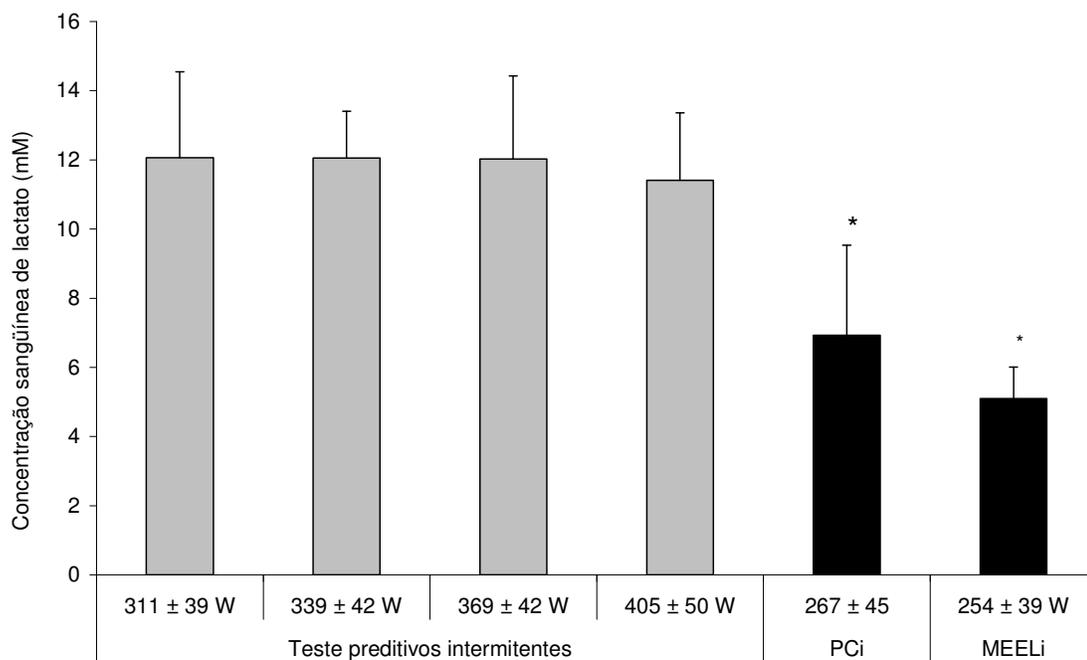


Figura 9 – Concentração de lactato sanguíneo ao final dos testes preditivos intermitentes, na PCi e no MEELi (n = 10).

* Diferença significativa em relação aos testes preditivos intermitentes ($F = 38,69$; $P < 0,01$).

As respostas de VO_2 , [La], FC e PSE ao longo dos 30 min de teste na PCi e MEELi está demonstrada na figura 10. O VO_2 e a FC não foram diferentes durante os 30 min de teste na PCi quando comparados com as respostas no MEELi. No entanto, a [La] foi diferente a partir do vigésimo (PCi = $6,4 \pm 2,2$ mM; MEELi = $5,1 \pm 0,8$ mM; $P < 0,05$), e a PSE a partir do vigésimo quinto minuto de exercício (PCi = $16,8 \pm 2,1$; MEELi = $15,4 \pm 1,6$; $P < 0,05$), quando comparadas as duas intensidades.

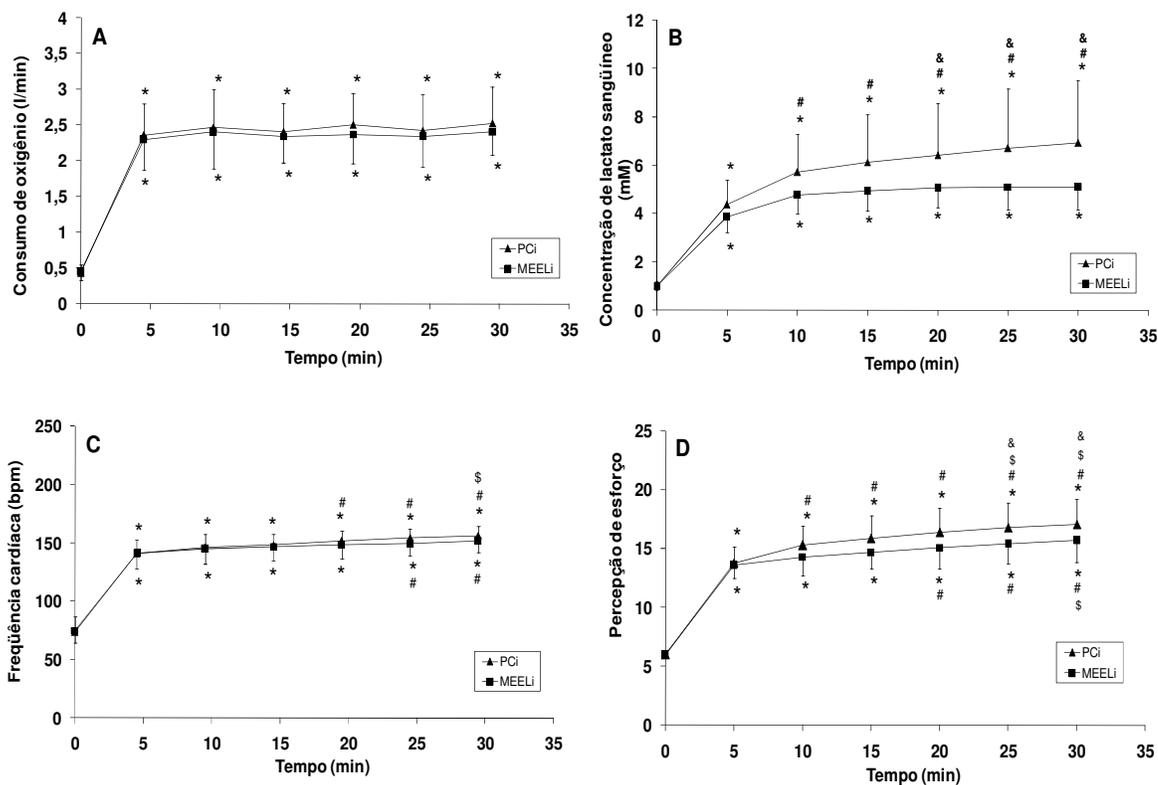


Figura 10 – Consumo de oxigênio (A), concentração de lactato sanguíneo (B), frequência cardíaca (C) e percepção subjetiva de esforço (D) durante 30 min de teste na PCi.

* Diferença significativa em relação aos valores de repouso ($P < 0,01$).

Diferença significativa diferente em relação aos 5 min ($P < 0,05$).

\$ Diferença significativa diferente em relação aos 10 min ($P < 0,05$).

& Diferença significativa entre a PCi e MEELi ($P < 0,05$).

Além desses achados, foi verificado que a [La] obtida ao final de cada dois “tiros” nos testes preditivos intermitentes correlacionou-se moderadamente com a PSE ($r = 0,78$). Correlação de mesma magnitude foi reportada entre as taxas de aumento da PSE e a [La] nos testes preditivos intermitentes ($r = 0,77$).

7 DISCUSSÃO

O presente estudo comparou a PCi, o LEPi, o MEEL_{indic} com o MEELi, e o VO₂ e a [La] ao final de exercícios intermitentes severos com as obtidas na PCi e MEELi. Além disso, foram verificadas as respostas de VO₂, [La], FC e PSE na PCi e MEELi. Os principais resultados demonstraram que a PCi, o LEPi, o MEEL_{indic} não foram diferentes do MEELi, e que ao final de 30 min de exercício físico, tanto o VO₂ quanto a [La] foram significativamente menores na intensidade da PCi e MEELi do que ao final dos testes preditivos. Além disso, as respostas de VO₂ e FC ao longo do teste na PCi e MEELi foram semelhantes, no entanto, para a [La] e PSE houve diferenças significativas a partir do vigésimo e vigésimo quinto minuto, respectivamente, quando comparado a PCi com MEELi.

7.1 Comparação dos parâmetros estimados de maneira contínua e intermitente

Apesar da PCi (267 ± 45 W) e LEPi (262 ± 61 W) serem maiores que PCc (151 ± 30 W) e LEPc (150 ± 31 W), ambos os parâmetros demonstraram ser indicadores aceitáveis de capacidade aeróbia, tendo uma correlação moderada com a MPA e VO_{2max} ($r = 0,69-0,77$). Recentemente, Berthoin *et al.*⁶ aplicaram o modelo de potência crítica intermitente em crianças utilizando períodos de esforços e pausas de 15:15 s em corrida. Os autores demonstraram que a PCi foi maior do que a PCc, tendo uma correlação de 0,69 do parâmetro aeróbio estimado de maneira intermitente com o VO_{2max}, e de 0,84 com a MPA. O coeficiente de determinação para a relação linear distância-tempo foi de $0,998 \pm 0,003$, sendo superior ao

encontrado no presente estudo para a relação hiperbólica potência-tempo ($0,962 \pm 0,055$). Apesar disso, o valor de coeficiente de determinação encontrado no presente estudo é considerado alto.

A CTAc não foi diferente da CTAi (23911 ± 3135 J *versus* 27280 ± 8597 J, respectivamente). No entanto, a correlação foi apenas moderada ($r = 0,62$). Como durante a estimativa dos parâmetros do modelo de potência crítica de maneira intermitente são excluídos os períodos de pausas, a taxa de reposição da CTA durante este período seria transferida como parte da PCi. Isso explica o valor superior da PCi quando comparado a PCc, e a ausência de diferença entre a CTAc e CTAi.

Além desses achados, a PCi, LEPi e MEELi não foram diferentes entre si, havendo uma forte correlação entre as três variáveis ($r = 0,88-0,95$) (tabela 3). Esses resultados confirmam que a PCi e o LEPi são bons indicadores de capacidade aeróbia específicos para exercício físico intermitente, da mesma forma que a PCc para o exercício contínuo. Alguns estudos demonstraram que a PCc corresponde ao MEEL^{11,12,32}, e que a PCc e o LEPc coincidem com a maior intensidade em que o VO_2 não atinge seu valor máximo²⁰. Apesar disso, outros estudos contrapõem esses resultados^{33,38}.

7.2 Respostas fisiológicas ao final dos testes preditivos, na PCi e no MEELi

Ao final dos testes preditivos intermitentes e contínuos, os valores de VO_2 não foram diferentes do VO_{2max} . Adicionalmente, quando da ocorrência da exaustão nos testes preditivos intermitentes, os sujeitos atingiram altos valores de

[La] (~12 mM). Esses resultados corroboram os achados de Dupont *et al.*⁷, em que o pico de VO₂ nos testes preditivos intermitentes (54,5 ml/kg/min) foi semelhante ao VO_{2max} (54,1 ml/kg/min), e a [La] ao final dos testes preditivos foi em média de ~13 mM.

Nos testes realizados na PCi e MEELi, o VO₂ e a [La] ao final dos 30 min foram significativamente menores do que ao final dos testes preditivos. O VO₂ final foi em média de 80,3% na PCi e 77,6% no MEELi do VO_{2max}, e a [La] de 6,9 mM na PCi e 5,1 mM no MEELi. Poole *et al.*³² demonstraram resultados similares para o exercício físico realizado na PCc, em que o VO₂ foi de 79,4% do VO_{2max} e o valor de [La] foi 5,6 mM ao final de 24 min de esforço.

Esta similaridade nas respostas de VO₂ e [La] entre os exercícios físicos contínuos e intermitentes pode ser atribuída em grande parte à participação da creatina fosfato. Glaister *et al.*⁶⁴ demonstraram que em exercícios físicos intermitentes, durante os períodos de pausas, a ressíntese de creatina fosfato é um dos principais fatores que permite a tolerância por um longo período de tempo, mesmo em intensidades maiores do que em exercícios contínuos. Como há uma interdependência entre a cinética de VO₂ com a creatina fosfato⁶⁵, durante as pausas ocorre uma queda no VO₂ concomitante à ressíntese desse substrato energético. Com isso, haveria menor ativação glicolítica durante este tipo de exercício, tendo como resultado uma menor [La]^{55,64}. Desta forma, apesar de em algumas ocasiões a intensidade ser maior durante em exercício físico intermitente, o VO₂ e a [La] final acabam sendo semelhantes ao exercício físico contínuo, pois a creatina fosfato atenderia a uma porção significativa da demanda metabólica.

Beneke *et al.* (2003) compararam o comportamento da [La] com e sem interrupções ao longo do teste de determinação do MEEL. Os autores

demonstraram que em uma mesma carga, quando os indivíduos realizam interrupções ao longo do teste, a [La] foi menor do que quando realizado continuamente. Dessa forma, a intensidade correspondente ao MEEL é maior com a realização de pausas ao longo do teste do que quando realizada continuamente.

Durante os testes na PCi e MEELi o VO_2 , [La], FC e PSE se estabilizaram, no entanto, em diferentes “janelas” de tempo (figura 10). Parte desses resultados corrobora os achados de Lonsdorfer-Wolf et al.⁶⁷. Os autores verificaram que, durante 30 min de exercícios intermitentes alternando quatro minutos no primeiro e um minuto no segundo limiar ventilatório, o VO_2 estabilizou após o quinto minuto e a FC aumentou significativamente após este período. Este aumento da FC foi causado provavelmente por uma vasodilatação da pele com uma mudança do volume sanguíneo da circulação central para a periférica, e pela desidratação com o decréscimo do volume plasmático⁶⁷. Além disso, o presente trabalho demonstrou que, apesar de não haver diferença significativa entre as intensidade de PCi e MEELi, a partir do vigésimo minuto para a [La] e vigésimo quinto minuto para a PSE, foram verificadas diferenças significativas nas respostas dessas variáveis na PCi quando comparado ao MEELi (as relações entre a [La] e PSE são discutidas no tópico seguinte). Essas diferenças ocorreram provavelmente porque para cinco dos dez sujeitos, a carga correspondente a PCi superestimou o MEELi, e em apenas um o MEELi foi subestimado pela PCi.

Parte dos resultados do presente estudo é semelhante ao encontrado por Turner et al.⁶⁸. Os autores demonstraram em exercícios físicos intermitentes com durações de até 30 min que o comportamento das variáveis fisiológicas (VO_2 e [La]) tem características de domínios de intensidade de esforço similar ao exercício físico contínuo, como descrito por Gaesser e Poole¹⁴.

7.3 Relação entre a PSE e [La]

Nos testes preditivos intermitentes foi verificado um aumento linear da PSE e da [La], com uma correlação moderada entre os valores de ambas as variáveis e as suas respectivas taxas de aumento ($r = 0,77-0,78$). Esse aumento linear na PSE em exercícios físicos no domínio severo, segundo os pressupostos do modelo de limiar de esforço percebido, está relacionado à utilização da CTA^{19,20}. Como a glicólise anaeróbia com conseqüente formação de lactato corresponde ao maior componente da CTA, acreditava-se que haveria uma relação entre a PSE e [La], sendo este fato aqui confirmado. Os mecanismos que levam ao aumento na PSE durante exercícios no domínio severo estão relacionados à formação de lactato, com conseqüente queda no pH, o que prejudica o acoplamento do cálcio à troponina. Com isso, há um déficit no desenvolvimento de força⁴⁹. Essas perturbações periféricas geram uma necessidade maior de estímulos eferentes para que o indivíduo mantenha a intensidade do exercício, tendo conseqüentemente um aumento na PSE⁴⁶. Portanto, parece que o lactato é um importante fator que influencia no aumento da PSE em exercícios físicos no domínio severo. Esses fatores podem explicar as diferentes respostas para a [La] e PSE observadas durante os testes na PCi e MEELi.

Apesar disso, a relação entre a [La] e PSE parece não ser causal. Green *et al.*⁶⁹ demonstraram uma baixa correlação entre essas duas variáveis em exercícios de baixa intensidade ($r = - 0,11$ a $0,01$). Além disso, Simões *et al.*²³ verificaram em testes incrementais que, após a indução de aumento na [La] com um exercício prévio, a resposta da PSE não foi diferente da situação sem a realização

do exercício prévio. Entretanto, a participação da acidose metabólica na modulação da PSE em protocolos intermitentes não pode ser totalmente descartada, tendo em vista que a indução de alcalose durante a realização de exercício intermitente de alta intensidade (90% do VO_{2max}) atenua as respostas desta variável psicofísica⁷⁰. Além disso, Robertson *et al.*⁷¹ demonstraram em testes incrementais que a ingestão de bicarbonato de sódio influencia na resposta da PSE em intensidades acima de 60% do VO_{2max} . Isso pode explicar, em parte, as diferenças encontradas para a [La] e a PSE após o 15^o e 20^o min, respectivamente, para a PCi quando comparada ao MEELi.

7.4 Indicador do máximo estado estável de lactato (MEEL_{indic})

Em exercícios no domínio severo, como o padrão de aumento da [La] foi aproximadamente linear, e a taxa de aumento foi proporcional à intensidade de esforço, foi possível propor um novo método, chamado de MEEL_{indic}. O MEEL_{indic} foi estimado utilizando os mesmos procedimentos matemáticos realizados para a determinação do LEPi. Não houve diferença significativa do MEEL_{indic} com o LEPi.

Outros estudos demonstraram um padrão aproximadamente linear para a resposta da [La] em exercícios intermitentes de alta intensidade^{68,72}. No entanto, no estudo de Margaria *et al.*⁷² e Turner *et al.*⁶⁸, ao invés de manipularem a intensidade dos esforços, a sobrecarga foi aumentada diminuindo os períodos das pausas.

Na intensidade do MEEL_{indic} ou abaixo, teoricamente nunca haveria aumento da [La] e também da PSE. De fato, o MEEL_{indic} corresponde a maior

intensidade na qual há a estabilização da [La]. No entanto, a intensidade em que não haveria, indefinidamente, um aumento na PSE é meramente um construto teórico. Alguns estudos têm demonstrado que em exercícios de baixa intensidade a PSE ainda aumenta ao longo do teste^{69,73}. Apesar disso, as principais aferências que influenciam neste aumento parecem se diferenciar entre os domínios de intensidade de esforço.

Esses fatores demonstram que a partir da PSE é possível monitorar as perturbações que ocorrem no organismo e de quanto tempo o indivíduo ainda tolera o exercício. Noakes⁷⁴ sugere a existência de um mecanismo antecipatório, que permite que os sujeitos realizem cálculos de maneira subconsciente do tempo de tolerância do exercício físico.

7.5 Possíveis aplicações práticas

Os resultados do presente estudo podem trazer novas compreensões acerca da prescrição de treinamento intermitente, sendo importantes parâmetros para este tipo de exercício. Alguns trabalhos têm demonstrado que exercícios físicos intermitentes promovem inúmeros benefícios como, por exemplo, aumento no débito cardíaco^{75,76}, capacidade de tamponamento⁷⁷, atividade de algumas enzimas glicolíticas e oxidativas⁷⁸ e adaptações neuromusculares, tendo conseqüentemente melhoria no desempenho⁷⁹.

Podemos encontrar na literatura dois trabalhos que verificaram o efeito do treinamento intermitente sobre os parâmetros do modelo de potência

crítica^{15,16}. Apesar da característica intermitente, os efeitos do treinamento sobre os parâmetros foram diferentes entre os dois estudos.

No estudo de Gaesser e Wilson¹⁵, os sujeitos realizaram treinamento intervalado por seis semanas a uma intensidade de 100% do MPA. Em cada sessão, foram realizados 10 “tiros” com durações de esforços e pausas de dois minutos. Após oito semanas de treinamento, foi verificado que a PCc foi significativamente maior (pré treinamento: 220 ± 12 W; pós treinamento: 254 ± 15 W; $P < 0,05$), sem alteração na CTAc. Jenkins e Quigley¹⁶ levaram os sujeitos a realizarem treinamento intervalado pelo mesmo período (oito semanas), no entanto, cada sessão de treinamento consistiu da realização de cinco “tiros” máximos de 60 s, separados por repouso passivo de cinco minutos entre os “tiros”. Foi verificado após o período de treinamento aumento na CTAc de $13,4 \pm 3,2$ kJ para $20,0 \pm 3,8$ kJ ($P = 0,003$), sem alteração no PCc. Esses resultados diferenciados entre os estudos ocorreram provavelmente pelas diferentes características do treinamento. No estudo de Gaesser e Wilson¹⁵, o treinamento intervalado tinha característica mais aeróbia (provavelmente abaixo da MEELi) e no estudo de Jenkins e Quigley¹⁶ mais anaeróbia (provavelmente acima da MEELi). Dessa forma, a PCi, LEPI, MEEL_{indic} ou MEELi (como não houve diferença significativa entre as variáveis) podem ser importantes parâmetros para a prescrição de treinamento intermitente visando a diferentes tipos de adaptações fisiológicas.

Um das limitações desse estudo foi a não realização de testes nas intensidades do LEPI e MEEL_{indic}, em que se possibilitaria a observação ou não de estabilização das variáveis fisiológicas. Além disso, a utilização de medidas fisiológicas diferentes ao do presente estudo (atividade eletromiográfica, desoxigenação muscular) e a comparação das respostas fisiológicas na intensidade

dos parâmetros estimados de maneira contínua e intermitente trariam informações adicionais para a compreensão do significado fisiológico dos modelos matemáticos aqui apresentados.

Mais estudos são necessários buscando atender essas limitações e com diferentes protocolos experimentais como, por exemplo: (1) verificar as alterações dos parâmetros dos modelos matemáticos em exercícios físicos intermitentes utilizando a suplementação de creatina; (2) comparar o efeito do treinamento em exercícios contínuos e intermitentes utilizando como parâmetros para a prescrição a PCc, LEPc, PCi, LEPi, MEEL_{indic} e MEELi; e (3) comparar o efeito do treinamento realizando diferentes manipulações de períodos de esforços e pausas, intensidade de esforço, tipo de recuperação (ativa ou passiva), com base nos parâmetros supra-citados.

8 CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou que a PC_i e LEP_i foram significativamente maiores que a PC_c e LEP_c, tendo altas correlações entre as variáveis estimadas na mesma situação experimental.

A [La] e a PSE, e as suas respectivas taxas de aumento, foram correlacionadas, sendo desta forma o lactato um fator que pode influenciar de maneira indireta no aumento da PSE. Esse fato, e o aumento linear da [La] em exercícios no domínio severo permitiram que fosse possível estimar o MEEL_{indic} utilizando os mesmos procedimentos matemáticos para determinar o LEP_i.

Foi verificado que a PC_i, LEP_i, MEEL_{indic} e MEEL_i não foram diferentes entre si, havendo uma correlação de moderada a alta entre as variáveis.

Ao final do teste na PC_i e no MEEL_i, o VO₂ e [La] foram menores do que nos testes preditivos. Quando o VO₂, [La], FC e PSE foram analisadas ao longo dos 30 min de exercício na PC_i e no MEEL_i, as respostas foram semelhantes. No entanto, a partir do vigésimo e vigésimo quinto minuto de exercício a [La] e PSE, respectivamente, foram maiores na PC_i.

REFERÊNCIAS

1. Monod H, Scherrer J. The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics* 1965; 8:329-338.
2. Moritani T, Nagata A, deVries HA, Muro M. Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. *Ergonomics* 1981; 24:339-350.
3. Hughson RL, Orok CJ, Staudt LE. A high velocity treadmill running test to assess endurance running potential. *Int J Sports Med.* 1994; 5:23-25.
4. Wakayoshi K, Yoshida T, Udo M, Kasai T, Moritani T, Mutoh Y, Miashita M. A simple method for determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. *Int J Sports Med.* 1992; 13:367-371.
5. Kennedy MDJ, Bell GJ. A comparison of critical velocity estimates to actual velocities in prediction simulated rowing performance. *Can J Appl Physiol.* 2000; 25:223-235.
6. Berthoin S, Baquet G, Dupont G, Van Praagh E. Critical velocity during continuous and intermittent exercise in children. *Eur J Appl Physiol.* 2006; 98:132-138
7. Dupont G, Blondel N, Lensele G, Berthoin S. Critical velocity and time spent at a high level of for short intermittent runs at supramaximal velocities. *Can J Appl Physiol* 2002; 27:103-115.
8. Kachouri M, Vandewalle H, Billat V, Huet M, Thomaïdis M, Jousselin E, Monod H. Critical velocity of continuous and intermittent running exercise: An example of the limits of the critical power concept. *Eur J Appl Physiol.* 1996;73:484-487.
9. Morton, R.H.; Billat, L.V. The critical power model for intermittent exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2004; 91:303-307.
10. Kokubun E. Velocidade Crítica como estimador do limiar anaeróbio na natação. *Rev Paul Educ Fís.* 1996; 10:5-20.
11. Poole DC, Ward SA, Gardner GW, Whipp BJ. Metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. *Ergonomics* 1988;31:1265-1279.
12. Wakayoshi K, Yoshida T, Udo M, Harada T, Moritani M, Mutoh Y, Miyashita M. Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? *Eur J Appl Physiol.* 1993;66:90-95.
13. Hill DW, Smith JC. Determination of critical power by pulmonary gas exchange. *Can J Appl Physiol.* 1999;24:74-86.
14. Gaesser GA, Poole D. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Exerc Sport Sci Reviews* 1996; 24:35-70.

15. Gaesser GA, Wilson LA. Effects of continuous and interval training on the parameters of the power-endurance time relationship for high-intensity exercise. *Int J Sports Med.* 1988;9:417-421.
16. Jenkins D, Quigley BM (1993) The influence of high-intensity exercise training on the Wlim-Tlim relationship. *Med Sci Sports Exerc* 25:275-282.
17. Bosquet L, Duchene A, Lecot F, Dupont G, Leger L. Vmax estimate from tree-parameter critical velocity models: validity and impact on 800 m running performance prediction. *Eur J Appl Physiol* 2006; 97:34-42.
18. Gamelin FX, Coquart J, Ferrari N, Vodougnon H, Matran R, Leger L, Bosquet L. Prediction of one-hour running performance using constant duration tests. *J Strength Cond Res.* 2006; 20:735-739.
19. Nakamura FY, Gancedo MR, Silva LA, Lima JRP, Kokubun E. Use of perceived exertion in determining critical velocity in deep water running. *Rev Bras Med Esporte* 2005;11:1-5.
20. Nakamura FY, Brunetto AF, Hirai DM, Roseguini BT, Kokubun E. The perceived exertion threshold (PET) corresponds to the critical power and to an indicator of maximal oxygen uptake steady state. *Rev Bras Med Esporte* 2005;11:197-202.
21. Hopkins WG, Edmon IM, Hamilton BH, Macfarlane DJ, Ross BH Relation between power and endurance for treadmill running of short duration. *Ergonomics* 1989; 32:1565-1571, 1989.
22. Morton RH. A 3-parameter critical power model. *Ergonomics* 1996;39:611-619.
23. Simões HG, Campbell CS, Kushnick MR, Nakamura A, Katsanos C, Baldissera V, Moffatt RJ. Blood glucose threshold and the metabolic responses to incremental exercise tests with and without prior lactic acidosis induction. *Eur J Appl Physiol.* 2003; 89:603-611.
24. Beneke R. Methodological aspects of maximal lactate steady state – implications for performance testing. *Eur J Appl Physiol.* 2003; 89:95-99.
25. Almarwaey OA, Jones AM, Tolfrey K. Maximal lactate steady state in trained adolescent runners. *J Sports Sci.* 2004; 22:215-225.
26. Beneke R, Von Duvillard SP. Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events. *Med Sci Sports Exerc.* 1996; 28:241-246, 1996.
27. Haverty M, Kenney WL, Hodgson JL. Lactate and gas exchange responses to incremental and steady state running. *Bri J Sports Med.* 1988; 22:51-54.
28. Heck H, Mader A, Hess G, Mücke S, Müller R, Hollmann W. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med* 1985; 6:117-130.

29. Macintosh BR, Esau S, Svedahl K. The lactate minimum test for cycling: estimation of the maximal lactate steady state. *Can J Appl Physiol.* 2002; 27:232-249.
30. Mocellin R, Heusgen M, Korsten-Reck U. Maximal steady-state blood lactate levels in 11-year-old-boys. *Eur J Pediatrics* 1990; 149:771-773.
31. Urhausen A, Coen B, Weiler B, Kindermann W. Individual anaerobic threshold and maximum lactate steady-state. *Int J Sports Med.* 1993; 14:134-139.
32. Poole DC, Ward SA, Whipp BJ. The effect of training on the metabolic and respiratory profile of high-intensity cycle ergometer exercise. *Eur J Appl Physiol.* 1990;59:421-429.
33. Brickley G, Doust J, Williams CA. Physiological responses during exercise to exhaustion at critical power. *Eur J Appl Physiol.* 2002;88:146-151.
34. McLellan TM, Cheung KSY. A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power. *Med Sci Sports Exerc.* 1992;24:543-550.
35. Smith CGM, Jones AM. The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners. *Eur J Appl Physiol.* 2001;85:19-26.
36. Bland JM, Altman DG.. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1:307-310.
37. Dekerle J, Baron B, Dupont L, Vanvelcenaher J, Pelayo P. Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. *Eur J Appl Physiol.* 2003;89:281-8.
38. Pringle JS, Jones AM. Maximal lactate steady state, critical power and EMG during cycling. *Eur J Appl Physiol.* 2002; 88:214-226.
39. Hill DW, Ferguson CS. A physiological description of critical velocity. *Eur J Appl Physiol.* 1999;79:290-293.
40. Jenkins DG, Quigley BM. The y-intercept of the critical power function as a measure of anaerobic work capacity. *Ergonomics* 1991; 34:13-22.
41. Papoti M, Zagatto AM, Freitas Junior PB, Cunha SA, Martins LEB, Gobatto CA. Utilização do intercepto-y na avaliação da aptidão anaeróbia e predição da performance de nadadores treinados. *Rev Bras Med Esporte.* 2005; 11:126-130.
42. Dekerle J, Sidney M, Hespel J, Pelayo P. Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate and anerobic work capacity in relation to front crawl swimming. *Int J Sports Med.* 2002; 23:93-98.

43. Chatagnon M, Pouilly J-P, Thomas V, Busso T. Comparison between maximal power in the power-endurance relationship and maximal instantaneous power. *Eur J Appl Physiol.* 2005;94:711-717.
44. Hill DW, Smith JC. A method to ensure the accuracy of estimates of anaerobic capacity derived using the critical power concept. *J Sports Med Phys Fitness* 1994;34:23-37.
45. Dekerle J, Brickley G, Hammond AJP, Pringle JSM, Carter H. Validity of the two-parameter model in estimating the anaerobic work capacity, *Eur J Appl Physiol.* 96:257-264, 2006.
46. Cafarelli E. Peripheral contributions to the perception of effort. *Med Sci Sports Exerc* 1982; 14:382-389.
47. Mihevic, PM. Sensory cues for perceived exertion: a review. *Med Sci Sports Exerc.* 1981; 13:150-163.
48. Pandolf KB. Differentiated ratings of perceived exertion during physical exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1982; 14:397-405.
49. De Vries HA, Moritani T, Nagata A, Magnussen K. The relation between critical power and neuromuscular fatigue as estimated from electromyographic data. *Ergonomics.* 1982; 25:783-91.
50. Batista AR, Fontes EB, Triana RO, Altimari LR, Nakamura FY, Okano AH, Chacon-Mikahil MPT, Moraes AC. Existe correspondência entre limiar de fadiga eletromiográfica, potência crítica e limiar de esforço percebido? In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 29, 2006, São Paulo. Anais... São Paulo: CELAFISCS, 2006, p.99.
51. Nakamura FY, Okuno NM, Perandini LAB, Caldeira LFS, Simões HG, Cardoso JR, Bishop D. Critical power can be estimated from non-exhaustive tests based on rating of perceived exertion responses. *J Strength Cond Res.* 2008 (Prelo).
52. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982; 14:377-81.
53. Correia, R.A. Limiar de esforço percebido na determinação do intervalo crítico em saltos verticais. Trabalho de Conclusão de Curso. UNESP. Rio Claro, 2006.
54. Billat VL, Slawinski J, Bocquet V, Demarle A, Lafitte L, Chassaing P, Koralsztein JP. Intermittent runs at the velocity associated with maximal oxygen uptake enables subjects to remain at maximal oxygen uptake for a longer time than intense but submaximal runs. *Eur J Appl Physiol.* 2000; 81:188-196.
55. Billat VL, Slawinski J, Bocquet V, Chassaing P, Demarle A, Koralsztein J-P. Very short (15s-15s) interval-training around the critical velocity allows middle-aged runners to maintain $VO_2\text{max}$ for 14 minutes. *Int J Sports Med.* 2001; 22:201-208.

56. Brickley G, Green S, Jenkins DG, Mceinery M, Wishart C, Doust JD, Williams CA. Muscle metabolism during constant- and alternating-intensity exercise around critical power. *Int J Sports Med.* 2007; 28:300-305.
57. Moura RF, Oliveira AB, Nakamura FY, Kokubun E. Comportamento cinético da reposição da capacidade de trabalho anaeróbio. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 25., 2002, São Paulo. Anais... São Paulo: CELAFISCS, 2002. p.72.
58. Nakamura FY, Silva KRT, Moura RF, Kokubun E. Sobrecarga anaeróbia em protocolos intermitentes de exercício inferida a partir do modelo de potência crítica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METABOLISMO, NUTRIÇÃO E EXERCÍCIO, 1, 2006, Londrina. Anais... Londrina: 2006, p.52.
59. Buchheit M, Laursen P, Millet GP, Pactat F, Ahmaidi S. Predicting intermittent endurance: critical velocity versus endurance index. *Int J Sports Med.* 2008 (Prelo).
60. Midgley AW, Mcnaughton LR, Carroll S. Physiological determinants of time to exhaustion during intermittent treadmill running at $v\dot{V}O_{2max}$. *Int J Sports Med.* 2007; 28:273-280.
61. Heubert RAP, Billat VL, Chassaing P, Bocquet V, Morton RH, Koralsztein JP, di Prampero PE. Effect of a previous sprint on the parameters of work-time to exhaustion relationship in high intensity cycling. *Int J Sports Med.* 2005;26:583-592.
62. Luttikholt H, McNaughton LR, Midgley AW, Bentley DJ. A prediction model for peak power output from different incremental exercise testes. *Int J Sports Physiol Perform* 2006; 1:122-136.
63. Hill DW. The critical power concept: A review. *Sports Med.* 1993;16:237-254.
64. Glaister M. Multiple sprint work: physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Med.* 2005;35:757-777.
65. Rossiter HB, Ward SA, Kowalchuk JM, Howe FA, Griffiths JR, Whipp BJ. Dynamic asymmetry of phosphocreatine concentration and O_2 uptake between the on- and off-transients of moderate- and high-intensity exercise in humans. *J Physiol.* 2002; 541:991-1002.
66. Beneke R, Hütler M, Von Duvillard SP, Sellens M, Leithäuser RM. Effect of test interruptions on blood lactate during constant workload testing. *Med Sci Sports Exerc.* 2003; 35:1626-1630.
67. Lonsdorfer-Wolf E, Richard R, Doutreleau S, Billat VL, Oswald-Mammosser M, Lonsdorfer J. Pulmonary hemodynamics during a strenuous intermittent exercise in healthy subjects. *Med Sci Sports Exerc.* 2003; 35:1866-1874
68. Turner AP, Cathcart AJ, Parker ME, Butterworth C, Wilson J, Ward SA. Oxygen uptake and muscle desaturation kinetics during intermittent cycling. *Med Sci Sports Exerc.* 2006; 38:492-503.

69. Green JM, Mclester JR, Crews TR, Wickwire PJ, Pritchett RC, Redden A. RPE-lactate dissociation during extended cycling. *Eur J Appl Physiol.* 2003; 94:145-150.
70. Swank A, Robertson RJ. Effect of induced alkalosis on perception of exertion during intermittent exercise. *J Appl Physiol* 1989; 67:1862-1867.
71. Robertson RJ, Falkel JE, Drash AM, Swank AM, Metz KF, Spungen SA, LeBoeuf JR. Effects of blood pH on peripheral and central signals of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1986; 18:114-122
72. Margaria R, Oliva RD, Di Prampero PE, Cerretelli P. Energy utilization in intermittent exercise of supramaximal intensity. *J Appl Physiol.* 1969; 26:752-756.
73. Baldwin J, Snow RJ, Gibala MJ, Garnham A, Howarth K, Febbraio MA. Glycogen availability does not affect the TCA cycle or TAN pools during prolonged, fatiguing exercise. *J Appl Physiol.* 2003; 94:2181-2187
74. Noakes TD. Linear relationship between the perception of effort and the duration of constant load exercise that remains. *J Appl Physiol.* 2004; 96:1571-1572.
75. Daussin FN, Ponsot E, Dufour SP, Lonsdorfer-Wolf E, Doutreleau S, Geny B, Piquard F, Richard R. Improvement of VO₂max by cardiac output and oxygen extraction adaptation during intermittent versus continuous endurance training. *Eur J Appl Physiol.* 2007; 101:377-383.
76. Helgerud J, Høydal K, Wang E, Karlsen T, Berg P, Bjerkaas M, Simonsen T, Helgesen C, Hjorth N, Bach R, Hoff J. Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Med Sci Sports Exerc.* 2007 ;39:665-671.
77. Weston AR, Myburgh KH, Lindsay FH, Dennis SC, Noakes TD, Hawley JA. Skeletal muscle buffering capacity and endurance performance after high-intensity interval training by well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1997; 75:7-13.
78. MacDougall JD, Hicks AL, MacDonald JR, McKelvie RS, Green HJ, Smith KM. Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. *J Appl Physiol.* 1998; 84:2138-2142.
79. Laursen PB, Jenkins DG. The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med.* 2002; 32:53-73.

ANEXOS

ANEXO A: Carta do comitê de ética em pesquisa envolvendo seres humanos.**COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS**

Parecer N° 100/06	Londrina, 23 de agosto de 2006.
-------------------	---------------------------------

PESQUISADOR(A): FÁBIO YUZO NAKAMURA

Ilmo(a) Sr(a),

O Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina – CEP – UEL – de acordo com as orientações da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS, **APROVA** a realização do projeto: **“UTILIZAÇÃO DO MODELO DE POTÊNCIA E LIMIAR DE ESFORÇO PERCEBIDO EM EXERCÍCIOS INTERMITENTES”**.

Informamos que deverá ser comunicado, por escrito, qualquer modificação que ocorra no desenvolvimento da pesquisa e deverá ser apresentado ao CEP/UEL relatório final da pesquisa.

Situação do Projeto: **APROVADO**

Atenciosamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to be "N. Diniz".

Prof.^a. Dra. Nilza Maria Diniz
Comitê de Ética em Pesquisa
Coordenadora

ANEXO B: Termo de consentimento livre e esclarecido.**I – DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU LEGAL RESPONSÁVEL****1. Nome do participante:**

.....
 Documento de Identidade Nº :.....Sexo: () M () F
 Data de Nascimento:...../...../.....
 Endereço:.....Nº:.....A
 pto:.....Bairro:.....CEP:.....
 Cidade:.....
 Telefone:.....E-mail:.....

II – DADOS SOBRE A PESQUISA

1. Título do Protocolo de Pesquisa: Utilização do modelo de potência crítica e limiar de esforço percebido em exercícios intermitentes.

2. Pesquisador: Dr. Fábio Yuzo Nakamura
 Função: Professor Adjunto do Centro de Educação Física e Desportos - UEL
 Departamento de Fundamentos da Educação Física

3. Avaliação do Risco da Pesquisa:

Sem Risco () Risco Mínimo (X) Risco Médio ()
 Risco Baixo () Risco Maior ()

1. Duração da Pesquisa: O experimento será conduzido em 1 (uma) fase, sendo realizado somente coleta de dados.

III – REGISTRO DAS EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO PACIENTE OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA, CONSIGNANDO:

1. Justificativa e objetivo: Além da PC e LEP demarcarem a transição entre os domínios intenso e severo de esforço, a estimativa dos mesmos pode ser realizada de maneira fácil e com um baixo custo operacional. Isto facilita a aplicação dos modelos de potência crítica e LEP em situações práticas, sendo utilizados como boas ferramentas na avaliação da capacidade aeróbia e como parâmetros para a prescrição de intensidades de treinamento.

No entanto, a aplicação do modelo de potência crítica e LEP tem sido realizada convencionalmente em exercícios contínuos. Já em exercícios

intermitentes, não se sabe ao certo qual o significado fisiológico da PC e do LEP (PC_i e LEP_i, respectivamente), e conseqüentemente pouco se sabe sobre a aplicação prática desses parâmetros em situações de avaliação e prescrição de exercícios com alternância de esforços e pausas.

A determinação desses parâmetros poderia servir de base para que treinamentos intermitentes possam ser quantificados com relação à sobrecarga imposta ao organismo. Nosso grupo já apresentou anteriormente algumas formas alternativas de aplicação do modelo de potência crítica nesse tipo de esforço. No entanto, ainda não há consenso sobre a forma mais adequada de utilização do modelo, já que recentemente outros autores têm proposto modelagens diferenciadas. Além disso, o LEP não foi aplicado em exercícios intermitentes até o presente momento.

Desta forma o objetivo do presente estudo é estender a aplicação do modelo de potência crítica e do limiar de esforço percebido para protocolos de exercício intermitente.

2. Procedimentos que serão adotados durante a pesquisa: O estudo será dividido em cinco etapas compostas por: (1) duas sessões de familiarização; (2) um teste incremental (3) quatro testes de estimativa da PC e LEP por meio de protocolos contínuos; (4) quatro testes de estimativa da PC e LEP em protocolos intermitentes; e, (5) teste intermitente na PC_i e 10% acima ou abaixo da PC_i. Haverá pelo menos 24h de intervalo entre cada teste.

Teste incremental: O teste incremental será realizado inicialmente com uma carga a 20 W e a cada três minutos será aumentado 20 W até a exaustão voluntária do indivíduo, ou até o momento em que o mesmo não conseguir manter a velocidade pré-estabelecida.

Estimativa da PC e do LEP por meio de protocolos contínuos: Os sujeitos realizarão quatro testes de cargas constantes até a exaustão em uma intensidade em que poderão tolerar por um período compreendido entre 2-15 min. A exaustão será considerada quando o indivíduo não conseguir manter a cadência do pedal pré-estabelecida (~60 rpm)

Estimativa da PC e do LEP de forma intermitente: os sujeitos realizarão testes máximos com durações de esforços e pausas de 30:30 s. As cargas impostas deverão induzir os indivíduos à exaustão por um período compreendido de 2-15 somente computando os períodos de esforços.

Teste máximo intermitente na PC_{intermitente}: Após as realizações das estimativas os sujeitos serão submetidos a um teste de esforço intermitente na intensidade da PC_i realizando-se períodos de alternância entre esforços e pausas de 30:30 s.

Vinte e cinco microlitros de sangue serão coletados do lóbulo anteriormente ao início do teste, e a cada 10 min de esforço, bem como ao final do teste. O teste terá duração máxima de 30 min. Os avaliadores utilizarão luvas descartáveis, e o lóbulo da orelha do participante será desinfetado com algodão embebido em álcool. A perfuração será realizada com lancetas descartáveis, e o sangue será coletado por meio de capilares de vidro, também descartáveis.

Caso seja verificado a ocorrência de estado estável na concentração de lactato, testes subseqüentes serão realizados em dias diferentes com uma carga 10% maior até não for verificado a estabilização. Se durante o primeiro teste o estado estável não tenha ocorrido, a potência será diminuída em mesma magnitude.

Em todos os testes os participantes utilizarão uma máscara para verificar o consumo de oxigênio.

3. Desconfortos e riscos: No presente estudo todo o esforço será feito para minimizar os possíveis riscos a integridade física dos participantes através de informações preliminares relacionadas aos níveis de saúde e aptidão física desses sujeitos mediante observações realizadas durante o período dos testes.

4. Benefício esperado: Espera-se que a partir dos resultados obtidos neste experimento possa estender a aplicação do modelo de potência crítica e limiar de esforço percebido em exercícios intermitentes, demonstrando a validade e o significado fisiológico neste tipo de exercício.

V – ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA

1. Exposição dos resultados e preservação da privacidade dos voluntários: Os resultados obtidos nesse estudo serão publicados, independente dos resultados encontrados, contudo sem que haja a identificação dos indivíduos que prestaram sua contribuição como sujeitos da amostra que serão mantidos em sigilo respeitando a privacidade conforme normas éticas.

2. Despesas decorrentes da participação no projeto de pesquisa: Os voluntários estarão isentos de qualquer despesa ou ressarcimento decorrente desse projeto de pesquisa.

3. Liberdade de consentimento: A permissão para participar desse projeto é voluntária. Portanto, os sujeitos estarão livres para negar esse consentimento ou parar de participar em qualquer momento desse estudo, se desejar, sem que isto traga prejuízo à continuidade da assistência.

4. Questionamentos: Os sujeitos envolvidos no experimento terão acesso, a qualquer tempo, às informações sobre procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa. Quaisquer perguntas sobre os procedimentos experimentais utilizados nesse projeto são encorajadas. Se houver qualquer dúvida ou questionamento, por favor, nos solicite informações adicionais.

5. Responsabilidade do participante: As informações que você possui sobre o seu estado de saúde ou experiências prévias de sensações incomuns com o esforço físico poderão afetar a segurança e o valor do seu desempenho. O seu relato imediato das sensações durante os esforços também são de grande importância. Você é

responsável por fornecer por completo tais informações quando solicitado pelos avaliadores.

VI – PARA CONTATO

Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura
Rua Maria de Lourdes Cardoso de Lima, 113.
Condomínio Vale do Arvoredo - CEP 86047-590
Telefone: (43) 33423975
E-mail: fabioy_nakamura@yahoo.com.br
Londrina/PR

VII – CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Protocolo de Pesquisa.

Brasília, _____ de _____ de 2006.

Assinatura do participante

Assinatura do pesquisador
(carimbo ou nome legível)

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)