UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

IDENTIFICAÇÃO DE LIMIARES METABÓLICOS DE CICLISTAS DE
ESTRADA A PARTIR DE TESTE DE CAMPO

Rafaella Della Giustina

SÃO PAULO
2008

IDENTIFICAÇÃO DE LIMIARES METABÓLICOS DE CICLISTAS DE
ESTRADA A PARTIR DE TESTE DE CAMPO

RAFAELLA DELLA GIUSTINA

Dissertação apresentada à Escola de
Educação Física e Esporte da
Universidade de São Paulo, como
requisito parcial para obtenção do título
de Mestre em Educação Física.

ORIENTADORA: PROF^a DRA. MARIA AUGUSTA PEDUTI DAL'MOLIN KISS

AGRADECIMENTOS

Sempre em primeiro lugar, meu maior e mais sincero agradecimento ao meu Pai e à minha Mãe, meus maiores incentivadores, apoiadores, professores e orientadores desde sempre... Nada disso seria possível sem seus ensinamentos, seu suporte, o amor incondicional. Dedico a vocês esta conquista, como mostra da minha eterna gratidão. Aos meus irmãos, Bruna e Alessandro, e meus avós queridos, seu carinho e cuidado me deram forças para suportar a distância, as saudades e seguir em frente sempre. Muito obrigada!

Ao Luis, meu namorado... Pelo amor, pelo apoio e incentivo constantes, por ter sempre compreendido os momentos de ausência e por fazer melhores os meus dias desde o início. À sua família, que considero minha também, por ter me acolhido, cuidado e apoiado sempre, fazendo com que eu estivesse em casa.

Minha enorme gratidão à Professora Dra. Maria Augusta Pedutti Dal'Molin Kiss, minha orientadora, que me recebeu, orientou e tornou possível o desenvolvimento deste trabalho e a conquista desta etapa, contribuindo grandemente para a minha formação pessoal e profissional.

Meus imensos agradecimentos ao Professor Dr. Fernando Roberto de Oliveira pelas grandes contribuições e o apoio ao longo deste trabalho e da vida acadêmica.

Aos meus amigos de Florianópolis, pelo incentivo mesmo de longe e pela alegria dos reencontros, demonstrando sempre o verdadeiro valor da amizade. Aos meus amigos de São Paulo, que tornam esta cidade meu outro lugar.

Aos meus colegas da UDESC/CEFID, em especial Tony e Thuany, pelo sempre disponível auxílio; aos colegas da USP/EEFE pelo convívio amistoso, e do LaDESP pela troca de experiências e conhecimentos, além da ajuda sempre que necessária, especialmente aos sábados e domingos de coletas de dados... Obrigada, Edson, Eduardo, Flávio, Adriano, César, Rodrigo. Muito obrigada à Prefeitura da USP, na pessoa do sr. Marino Benetti, que possibilitou e apoiou a realização dos testes no Campus, e aos ciclistas, em especial ao Américo, que prontamente se dispuseram a participar do estudo.

Sem estas pessoas, nada disso teria acontecido, ou teria tido a mesma continuidade.

*“A vida merece algo além do aumento da sua velocidade.”
(Mahatma Gandhi)*

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS	17
1.2 Geral	17
1.3 Específicos	17
1.4 Justificativa	17
1.5 Hipóteses do Estudo	18
1.6 Delimitação do Estudo	19
2 REVISÃO DA LITERATURA	20
2.1 Ciclismo	20
2.1.1 Avaliações Específicas	22
2.2 Frequência Cardíaca	27
2.3 Lactato	30
2.3.1 Limiares de Transição Metabólica	36
2.4 Percepção Subjetiva de Esforço	39
3 MATERIAIS E MÉTODOS	43
3.1 Caracterização da Pesquisa	43
3.2 População e Amostra	43
3.3 Procedimentos das Coletas e Análises dos Dados	44
3.4 Testes de Campo	44
3.4.1 Teste de 40 Km	45
3.4.2 Teste de 5 x 5 km	45
3.4.2.1 Identificação dos Limiares de Lactato (LL)	46
3.5 Instrumentos de Medida	48
3.6 Controle de Variáveis	49
3.7 Tratamento Estatístico	50

4	RESULTADOS.....	51
4.1	Amostra.....	51
4.2	Testes de Campo.....	51
4.2.1	Teste de 40 km	52
4.2.2	Teste de 5 x 5 Km	52
4.2.2.1	Limiares de Lactato (LL).....	52
5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	55
6	CONCLUSÕES.....	63
6.1	Sugestões	63
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 - Características morfológicas e tempo de experiência.....	51
TABELA 2 - Valores obtidos no teste de 40 km	52
TABELA 3 - Relação entre as variáveis determinantes do desempenho no teste de 40 km e variáveis preditoras de desempenho – Correlação de Pearson	52
TABELA 4 - Valores referentes ao LL ₁ de acordo com o Critério de Berg (Berg1) e com a Concentração Fixa de 2 mmol.L ⁻¹ (LL2)	53
TABELA 5 - Valores de LL ₂ de acordo com os diferentes métodos empregados (média ± dp)	53
TABELA 6 - Velocidades de limiar de 3 e de 4 mmol.L ⁻¹ , FC e PSE nos pontos de LL3 e LL4	54

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 - Determinação do PDFC pelo método de CONCONI, FERRARI, ZIGLIO, DROGHETTI & CODECA (1982)	30
FIGURA 2 - Exemplo de determinação do LL ₁ pelo critério de Berg	46
FIGURA 3 - Exemplo de identificação do D _{máx} pelo critério de KARA, GOKBEL, BEDIZ (1996).....	47
FIGURA 4 - Representação das técnicas de LL4 (AT4) e D _{máx} para determinação do limiar de lactato	48
FIGURA 5 - Exemplo de gráfico gerado pelo programa Polar Precision Performance® a partir dos dados registrados no teste progressivo de 5 x 5 km. A linha vermelha representa o comportamento da FC durante o teste e a linha marrom indica a altimetria do percurso.....	49
FIGURA 6 - Relação entre o LL4 e a Vel40 ($r = 0,72$) para todos os sujeitos	54

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

FC	Frequência Cardíaca
bpm	Batimentos por Minuto
LFC	Limiar de Frequência Cardíaca
PDFC	Ponto de Deflexão da Frequência Cardíaca
La	Lactato
LL	Limiar de Lactato
[La]	Concentração de Lactato
PSE	Percepção Subjetiva de Esforço
LPSE	Limiar de Percepção Subjetiva de Esforço
LTM	Limiar de Transição Metabólica
VO₂máx	Consumo Máximo de Oxigênio
CE	Ciclismo de Estrada
MTB	<i>Mountain Bike</i>
C-R	Contra-relógio
w	Watts
W	Potência
km	Quilômetro
km·h⁻¹	Quilômetro por hora
min	Minuto
s	Segundo
mmol·L⁻¹	Milimol por litro
rpm	Rotações por minuto
MEEL	Máximo Estado Estável de Lactato
OBLA	Ponto de início do acúmulo de lactato (<i>Onset of Blood Lactate Accumulation</i>)
d-p	Desvio-padrão
Mín.	Mínimo

Máx. Máximo

LISTA DE ANEXOS

	Página
ANEXO I - ESCALA DE PERCEPÇÃO DE ESFORÇO – BORG.....	83
ANEXO II – FICHA DE COLETA DE DADOS – Teste 40 Km C-R.....	77
ANEXO III – FICHA DE COLETA DE DADOS – Teste 5 x 5 Km	79
ANEXO IV – TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO	81

RESUMO

IDENTIFICAÇÃO DE LIMIARES METABÓLICOS DE CICLISTAS DE ESTRADA A PARTIR DE TESTE DE CAMPO.

Autora: RAFAELLA DELLA GIUSTINA

Orientadora: PROF^a DRA. MARIA AUGUSTA PEDUTI DAL'MOLIN KISS

O presente estudo teve por objetivo obter evidências da validade de identificação dos limiares de lactato e de percepção subjetiva de esforço (PSE) em teste de campo, comparando com o desempenho, em ciclistas de estrada. Esta é uma modalidade em que a aptidão aeróbia é uma importante determinante de desempenho; porém, haja vista que o $\text{VO}_2\text{máx}$ parece sofrer poucas alterações com o treinamento, são interessantes outras variáveis que permitam um efetivo e acessível planejamento e controle do treinamento. Testes de campo respeitam a especificidade do treinamento, avaliando atletas em situações próximas da realidade do esporte. Neste sentido, as concentrações de lactato sanguíneo ($[\text{La}]$) e a PSE parecem ferramentas eficazes através de seus limiares e correspondentes valores de FC e velocidade. Foram realizados dois testes: avaliação do desempenho (Teste de 40 km) e um teste de campo com intensidades crescentes controladas por valores fixos de FC (135 ± 5 , 145 ± 5 , 155 ± 5 , 165 ± 5 bpm e esforço máximo), em circuito de 5 km, com registro das velocidades, $[\text{La}]$, FC e PSE e posterior identificação dos limiares através do método Dmáx . Os LL também foram identificados a partir de concentrações fixas de 2, 3 e 4 mmol.L^{-1} . A normalidade da amostra foi determinada por Kolmogorov-Smirnov; a comparação entre os métodos de identificação dos limiares em campo através de ANOVA de Um Fator e a comparação das relações entre os limiares obtidos nos testes CR-40 km e 5x5 km pela Correlação de Pearson, além do Teste de Friedman para comparação entre as médias dos limiares. Os resultados demonstraram a possibilidade de utilização do LL4 como preditor de desempenho, além de indicarem associações significativas entre a FC e a PSE e entre La e FC.

Palavras-chave: Ciclismo, Frequência Cardíaca, Lactato, Percepção Subjetiva de Esforço.

ABSTRACT

IDENTIFICATION OF METABOLIC THRESHOLDS OF ROAD CYCLISTS
IN FIELD TEST.

Author: RAFAELLA DELLA GIUSTINA

Advisor: MARIA AUGUSTA PEDUTI DAL'MOLIN KISS, Ph.D.

The present study had the objective to obtain validity evidences of identifying lactate and rate of perceived exertion (RPE) metabolic thresholds in field tests, comparing them to performance, in road cyclists. Road cycling is a sport in which aerobic condition is an important performance determinant; however, considering that VO_2max seems not to change with the training season, it is necessary that other condition markers can be used, leading, this way, to an effective and accessible training plan and control. Field tests respect the training principle of specificity, evaluating athletes in situations as closest as possible from the sports reality. Concerning to this, blood lactate concentrations ([La]) and RPE have shown to be efficient tools for that, throughout the identification of their thresholds and corresponding heart rate and velocity values. Cyclists developed a performance test (40 km TT) and a field test in which intensity was controled by HR fixed values (135 ± 5 , 145 ± 5 , 155 ± 5 , 165 ± 5 bpm and maximal effort), in a 5 km extension circuit, with velocities, [La], HR, and RPE records, and posterior thresholds identification by the Dmax method. LT were also identified from fixed [La] of 2, 3, and 4 mmol.L⁻¹. The sample degree of normality was determined by the Kolmogorov-Smirnov test; the comparison between the field thresholds identification methods were calculated by One-Factor ANOVA, and the comparison of the relationship between the thresholds obtained in the CR40 and in the field tests by Pearson's correlation, besides the use of Friedman test for comparing the thresholds mean values. Results presented the possibility of utilizing LL4 in order to predict performance in field tests, and also showed a significative association between HR and RPE and La and HR.

Key-words: Cycling, Heart Rate, Lactate, Rate of Perceived Exertion.

1 INTRODUÇÃO

No Ciclismo de Estrada (CE), muitos são os fatores que interferem no desempenho dos atletas. Condições climáticas (vento, chuva, piso escorregadio) e alterações de terreno e altimetria, por exemplo, são variáveis de extrema importância no desempenho e que podem limitar a realização de testes de campo em avaliações específicas, justificando que a maior parte dos estudos com estes atletas e as avaliações da aptidão física sejam realizadas em laboratório.

O surgimento dos ciclosimuladores foi um grande avanço para este tipo de avaliação, permitindo que os testes em laboratório aproximem-se mais da realidade e da especificidade de movimento ao usar a própria bicicleta do atleta a eles acoplada (COSTA, NAKAMURA, DE-OLIVEIRA, 2007), no entanto, existe ainda uma crescente necessidade pela busca de uma avaliação mais próxima da realidade da modalidade.

O Ciclismo é uma modalidade em que a aptidão aeróbia é uma importante determinante de desempenho em todas as suas especialidades e, por isso, durante muito tempo, o $\text{VO}_2\text{máx}$ foi utilizado como variável padrão para a avaliação da aptidão aeróbia de ciclistas. No entanto, diversos estudos têm demonstrado que, em atletas de alto nível aeróbio de diversas modalidades, o $\text{VO}_2\text{máx}$ praticamente não sofre alterações no decorrer da temporada de treinamento (DE-OLIVEIRA, 2004; HASKVITZ, SEIP, WELTMAN, ROGOL & WELTMAN, 1992; DANIELS, YARBROUGH, FOSTER, 1978). BARBEAU, SERRESE, BOULAY (1993), com o objetivo de identificar a capacidade discriminadora e as mudanças de aptidão física de diversos indicadores fisiológicos em períodos de treinamento e competição, verificaram que não ocorreram modificações nas variáveis máximas e naquelas derivadas do limiar ventilatório de modo a discriminar progressos no estado de treinamento em ciclistas de elite durante os diversos períodos do ano competitivo. Portanto, a necessidade da utilização de outras variáveis indicadoras de modificação de aptidão funcional e desempenho tornou-se uma crescente. Além disso, embora seja uma variável confiável para predição, em geral o $\text{VO}_2\text{máx}$ não é considerado um

indicador válido do desempenho em ciclismo quando não associado a outros marcadores de desempenho esportivo, como o lactato sanguíneo ou a potência, por exemplo (FARIA, PARKER, FARIA, 2005a).

Neste sentido, têm-se estudado os limiares de lactato (LL) e a economia de movimento como variáveis discriminadoras dos efeitos do treinamento aeróbio (DE-OLIVEIRA, GAGLIARDI, KISS, 1994; RIBEIRO, 1995; WELTMAN, 1995). No ciclismo, alguns marcadores fisiológicos preditores do desempenho incluem a potência no segundo limiar de lactato (LL₂), a potência de pico (W_{pico}), o percentual de fibras musculares do tipo I no vasto lateral, o máximo estado estável de lactato (MEEL), a $\%W_{pico}$ no LL₂ e a W_{pico} durante um teste máximo (FARIA, PARKER, FARIA, 2005a). No entanto, no cotidiano de treinamento, no acompanhamento da evolução da aptidão aeróbia, são utilizadas as concentrações submáximas de lactato ([La]) e suas variáveis associadas, aplicando-se comumente a frequência cardíaca (FC), especialmente no controle das sessões de treino (intensidade, recuperação, fadiga).

Historicamente, em situações de prescrição de exercício e avaliação utilizando-se a FC, em geral, tem sido utilizado o modelo de ajuste linear (ASTRAND & RODHAL, 1977). No entanto, estudos (DE-OLIVEIRA, 2004; LIMA, 1997; HOFMANN, POKAN, SCHMID, ZWEIKER, SCHWABERGER, PREIDLER, LEITNER, EBER & FRUHWALD, 1996; HOFMANN, POKAN, PREIDLER, LEITNER, SZOLAR, EBER & SCHABERGER, 1994) demonstraram que a relação FC vs. carga de trabalho não é linear; CONCONI, FERRARI, ZIGLIO, DROGHETTI & CODECA (1982) mostraram a existência de um ponto de deflexão na curva de FC, que estaria relacionado ao denominado “limiar anaeróbio”. Em um teste progressivo, a parte superior da curva de FC apresenta-se curvilínea, com uma tendência de diminuição do incremento da FC.

Estudos de ZUNINO (2006) e de SABINO (2006) mostram uma relação curvilínea entre a FC e variáveis como as [La] e a Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) utilizando a Escala de Borg (BORG, 1982). ACEVEDO, KRAEMER, HALTOM & TRYNIECKI (2003) revelaram em seu estudo uma tendência a existir uma forte relação entre a PSE Borg e variáveis fisiológicas relacionadas ao limiar metabólico, como a FC e o La.

A PSE já foi apresentada como uma opção alternativa para identificação de limiares de transição (LT) (HASKVITZ, SEIP, WELTMAN, ROGOL & WELTMAN, 1992; HETZLER, SEIP, BOUTCHER, PIERCE, SNEAD & WELTMAN, 1991; SEIP, SNEAD, PIERCE, STEIN & WELTMAN, 1991), sendo utilizados testes em laboratório para este fim. Recentemente, ZUNINO (2006) e SABINO (2006) apresentaram a possibilidade de identificação de um limiar de PSE (LPSE), utilizando a escala de PSE de Borg de 10 pontos (Borg10), em testes de campo, empregando o método $D_{\text{máx}}$ proposto por CHENG, KUIPER, SNYDER, KEISER, JEUKENDRUP & HESSELING (1992). Este limiar foi identificado em intensidade similar ao limiar de FC, também identificado pelo método $D_{\text{máx}}$ (KARA, GOKBEL, BEDIZ, 1996).

Estes estudos demonstram uma estreita relação entre o comportamento da FC e da PSE em testes progressivos, suportando a sua utilização na aproximação de limiares de transição (LT). Além disso, a Borg10 foi criada para estudar variáveis que mantêm com a carga de esforço uma relação curvilínea, devendo, portanto, ter comportamento similar às [La]; contudo, a escala de Borg de 15 pontos (Borg15) deve ter relação curvilínea com as [La] e linear com a FC. A combinação entre FC e PSE também tem sido demonstrada como sendo útil para determinar as cargas de esforço aplicadas em treinamento (THOMPSON e WEST, 1998), assim como entre PSE e La (STEED, GAESSER, WELTMAN, 1994; HETZLER, SEIP, BOUTCHER, PIERCE, SNEAD & WELTMAN, 1991), restando ainda uma lacuna pela necessidade do emprego desta relação em atletas em testes de campo.

Em um modelo prévio, foi demonstrada a possibilidade de identificação de LT de FC e de La a partir do método $D_{\text{máx}}$ em corredores de alto nível, com a aplicação de testes de campo e utilização de apenas cinco pontos de cada variável para este fim (COLATTO, DE-OLIVEIRA, GONZÁLEZ DE SUSO, 2006; FINARDI, CAMBRI, GEVAERD & DE-OLIVEIRA, 2006), podendo ser utilizado como método alternativo. Assim, apesar do conhecimento de que a identificação dos limiares é protocolo-dependente (HECK, MADER, HESS, MÜKE, MÜLLER & HOLLMANN, 1985), as relações entre as [La] com variáveis como PSE e FC parecem ser consistentes, independentemente do local das avaliações. Além disso, como outros métodos anteriormente estudados, espera-se que os valores de LT, identificados

pela análise da PSE e FC, sejam associados ao desempenho aeróbio, apresentando-se como método válido para a avaliação de ciclistas em campo.

1.1 OBJETIVOS

1.2 Geral

Obter evidências da validade de identificação de limiares metabólicos de lactato, de FC e de percepção subjetiva de esforço em teste de campo em ciclistas de estrada.

1.3 Específicos

1. Identificar os limiares metabólicos pelo La a partir das concentrações fixas de 2, de 3 e de 4 mmol.L⁻¹, em testes de campo.
2. Identificar o limiar pela PSE em teste de campo para ciclistas, em cargas relativas à FC.
3. Identificar o limiar metabólico pelo La e pela FC a partir do método D_{máx}, em testes de campo para CE.
4. Relacionar todos os limiares obtidos no teste de campo por diversos métodos com as variáveis do teste de desempenho.

1.4 Justificativa

O desempenho é resultado de uma condição global que compreende aspectos de saúde (dieta, fadiga, lesão, drogas), biomecânicos, energéticos, cognitivos, emocionais, genéticos e ambientais (KISS, 2003). Nesta condição, destaca-se a importância do treinamento para obtenção do melhor rendimento.

No ciclismo, assim como em diversas modalidades, o treinamento ainda acontece, muitas vezes, de maneira pouco estruturada por diversas razões. De acordo com recente estudo de COSTA, NAKAMURA, DE-OLIVEIRA (2007) com ciclistas de estrada e *mountain bikers*, apenas 34% já foram submetidos a avaliações

em laboratório ou em campo, mas somente 24% destes utilizam os resultados para controle do treinamento.

No cotidiano de treinamento e no acompanhamento da evolução da aptidão aeróbia, para o controle das sessões de treino, a FC apresenta-se como uma importante ferramenta, diante do baixo custo e da grande facilidade de acesso. Os monitores de FC aparecem como uma opção compatível e têm sido utilizados como uma ferramenta útil em esportes de resistência. Devido à precisão de medidas, grande capacidade de armazenar informações e funções práticas, muitos atletas têm comprovado suas vantagens nas competições e no treinamento (ACHTEN e JEUKENDRUP, 2003). Hoje, este acessório de amplo uso entre atletas e treinadores, permite controle e registro de variáveis auxiliares como velocidade, altitude, potência, tempo de treino. Assim, de uso simples e descomplicado, pode ser um excelente aliado no controle diário das sessões de treinamento, associando-se os valores de FC a outros limiares de transição metabólica, como LL e a PSE.

Apesar de todo o exposto, no entanto, comumente o acesso às metodologias padrões para avaliações e testes é limitado e, para alguns, desconfortável ou dispendioso, levando treinadores e atletas à busca de alternativas válidas e acessíveis, sendo que neste ponto a literatura pouco contribui, uma vez que a maior parte dos estudos com ciclistas são realizados em laboratórios (MUJICA e PADILLA, 2001; LUCÍA, HOYOS, PÉREZ & CHICHARRO, 2000; KENNY, REARDON, MARION & THODEN, 1995).

Assim, frente ao exposto, justifica-se como útil e necessário demonstrar as relações entre variáveis registradas em testes de campo para o CE, visando à manutenção da especificidade, a uma maior confiabilidade dos dados e aplicabilidade prática destas avaliações e seu uso para controle do treinamento e melhor desempenho esportivo.

1.5 Hipóteses do Estudo

- Existe possibilidade de se prever o desempenho no teste de 40 km pelos limiares de lactato, PSE e FC.

- A relação La vs. velocidade é válida para identificar limiares de transição metabólica em testes de campo.
- A relação PSE vs. velocidade é válida para identificar limiares de transição metabólica em testes de campo.
- A relação FC vs. velocidade é válida para identificar limiares de transição metabólica em testes de campo.
- Existe associação entre limiares de lactato, PSE e FC em campo.

1.6 Delimitação do Estudo

Este estudo delimitou-se a obter evidências da validade de identificação de limiares de transição metabólica em testes de campo, analisando a relação da FC com o lactato e com a PSE em ciclistas de estrada, comparando com os limiares obtidos em teste de desempenho.

Participaram voluntariamente do estudo ciclistas do gênero masculino, com idade igual ou superior a 18 anos e pelo menos um ano de prática esportiva, devidamente registrados na Confederação Brasileira de Ciclismo (CBC) no ano de 2007.

As coletas de dados foram totalmente realizadas em campo, em circuitos de estrada.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Ciclismo

Dirigido pela União Ciclista Internacional (UCI), o Ciclismo como modalidade esportiva existe há mais de um século – no Brasil, organizado pelos primeiros clubes em SP, desde a década de 1890 (DA COSTA, 2005). Dentre suas especialidades, destacam-se especialmente pela popularidade e pelo número de praticantes o Ciclismo de Estrada (CE) e o *Mountain Bike* (MTB).

As competições internacionais de CE podem ser divididas em provas realizadas em etapas únicas ou competições que se estendem de quatro dias até três semanas consecutivas, como o renomado Tour de France (MUJICA & PADILLA, 2001). Integrando o ranking das “Três Grandes Voltas”, estão ainda as tradicionais provas por etapas Vuelta a España e Giro d’Itália, que somam ao final de todas as etapas, em três semanas, até mais de 3000 km cada. No Brasil, as mais importantes provas com essas características são o Tour Internacional de Santa Catarina e a Volta Ciclística do Estado de São Paulo (com distâncias totais acima dos 1000 km em cerca de 10 dias de competição). A corrida típica pode ter duração entre uma e cinco horas e, durante todos estes eventos, o ciclista deve ainda ser capaz de vencer as resistências aerodinâmica e de rolamento, gerada pelo contato com o solo (FARIA, PARKER, FARIA, 2005a).

De uma forma geral, as competições podem ser divididas, basicamente, em dois formatos: contra-relógio e estrada. As provas de contra-relógio podem ser realizadas em percursos com distâncias mais curtas, como no prólogo de competições por etapas, e as mais longas, como no contra-relógio por equipes. Caracterizam-se pela partida parada e contra o tempo. As distâncias oficiais das provas individuais de contra-relógio em Campeonatos do Mundo e Jogos Olímpicos, de acordo com a UCI (2008), compreendem de 40 a 50 km para a categoria Elite masculina e 20 a 30 km para a Elite feminina; em outros eventos, estas distâncias

podem ser de até 80 e 40 km, respectivamente, a serem percorridas no menor tempo possível, com relação livre de marchas para estas categorias. Nos contra-relógios por equipes, estas distâncias podem aumentar para até 100 km para homens e 50 km para mulheres. As competições de estrada são classificadas de acordo com a dificuldade dos percursos, sendo predominantemente planos, semi-montanhosos e montanhosos (MUJICA e PADILLA, 2001). Para as corridas de um dia, as distâncias máximas a serem percorridas, conforme regulamento da UCI (2008), são de 250 a 280 km para Elite Masculina e 120 a 140 km para Elite Feminina em Campeonatos do Mundo e Jogos Olímpicos. Em competições regionais, assim como nos Campeonatos Continentais, os percursos podem compreender até 240 e 140 km, respectivamente, para estas mesmas categorias. Quando competindo em circuitos, as distâncias mínimas das provas são de 12 km, em circuitos de 3 km de extensão no mínimo.

Ao se comparar ciclistas de estrada com *mountain bikers*, observam-se perfis fisiológicos muito similares, contudo, atletas homens têm uma tendência a apresentar maiores valores de potência (FARIA, PARKER, FARIA, 2005a). WILBER, ZAWADZKI, KEARNEY (1997) descreveram características de atletas da Federação de Ciclismo dos Estados Unidos (USCF) relacionadas ao desempenho que refletem bem as exigências desta modalidade: as respostas no limiar de lactato correspondem a $56,4 \pm 4,4 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ do VO_2 , $80,1 \pm 3,2 \text{ \%VO}_2\text{máx}$, $[\text{La}]$ de $2,7 \pm 0,4 \text{ mmol.L}^{-1}$, FC $169 \pm 13 \text{ bpm}$, $84,9 \pm 4,3 \text{ \%FCmáx}$, potência $321 \pm 17 \text{ w}$ e $4,4, \pm 0,3 \text{ w.kg}^{-1}$ de potência relativa.

FARIA, PARKER, FARIA (2005a), comparando diversos estudos com ciclistas de nível amador, elite e profissional, relataram valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ de 66,1 a 79,3 $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, e os descreveram como úteis para a seleção e subsequente classificação de ciclistas, embora, conforme anteriormente reportado por SJÖDIN e SVEDENHAG (1985), o $\text{VO}_2\text{máx}$ tenha limitado valor preditivo do desempenho para grupos homogêneos de alto rendimento. Ainda assim, esta parece ser uma variável que se apresenta como um pré-requisito para competir no alto nível desta modalidade, sendo comum encontrarem-se altos valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ em estudos com ciclistas de estrada. Durante as tradicionais provas *Tour de France* e *Vuelta a España*, o valor médio de $\text{VO}_2\text{máx}$ encontrado para homens foi de $73,5 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$;

ainda, o segundo limiar de lactato foi observado em intensidade correspondente a 90% desta variável, segundo estudo de FERNÁNDEZ-GARCÍA, PEREZ-LANDALUCE, RODRIGUEZ-ALONSO & TERRADOS (2000). Além disso, LUCÍA, HOYOS, PÉREZ & CHICHARRO (2000) reportaram que os melhores ciclistas das “Três Grandes Voltas” eram capazes de tolerar altas cargas submáximas constantes, próximas ao seu 2º limiar ventilatório (LV_2) ou cerca de 90% do $VO_{2máx}$, por cerca de 60 min. De acordo com PADILLA, MUJICA, CUESTA & GOIRIENA (1999), apresentar altos valores de LV_2 é um fator de vantagem para ciclistas, tendo em vista que os estágios de subida de montanha com duração entre 30 e 60 min, muito comuns nestas competições, demandam que o ciclista trabalhe próximo do seu LV_2 ou OBLA.

Em outro estudo com ciclistas, STAPELFELDT, SCWIRTZ, SCHUMACHER & HILLEBRECHT (2004) apresentam um importante achado descrevendo o comportamento constante da FC, que se mantém permanentemente elevada durante as provas, apesar das grandes oscilações na potência produzida – especialmente em função da variabilidade do terreno, mais fatores como vento e participação no pelotão. Estes achados sugerem que, apesar de terem uma exigência cardíaca semelhante, a potência produzida pelos membros inferiores no MTB não é constante como nas etapas de contra-relógio do ciclismo de estrada (COSTA, 2006).

Os mecanismos responsáveis pelo desempenho esportivo são tópicos de grande interesse aos profissionais que trabalham com o treinamento esportivo, assim como métodos práticos e acessíveis de avaliação para maximizar o rendimento. Como existe grande diversidade nas características das provas no CE, faz-se interessante a discussão de fatores morfo-fisiológicos determinantes para estas modalidades, quais sejam os locais de avaliação (campo ou laboratório).

2.1.1 Avaliações Específicas

O controle do treinamento através de avaliações morfo-fisiológicas e metabólicas periódicas é de suma importância para uma prescrição precisa do treinamento. No que tange às variáveis morfológicas, a massa corporal, a estatura, a

superfície da área corporal e a área frontal podem ser determinantes para os diferentes tipos de terrenos e etapas presentes nas competições de ciclismo (SWAIN, 1994). Assim, PADILLA, MUJICA, CUESTA & GOIRIENA (1999) descreveram características fisiológicas e de desempenho em ciclistas de estrada profissionais com relação à sua constituição morfológica. Estes autores classificaram os ciclistas em quatro tipos de especialistas quanto às variáveis morfológicas: atletas que se destacam nas subidas, no plano, em contra-relógio e em todos os tipos de terreno, e sugeriram uma relação entre potência e massa corporal de pelo menos 5,5 W/kg como um pré-requisito para ciclistas de altíssimo nível.

A perda pela resistência do ar que tem grande importância nas etapas planas de ciclismo é compensada devido à sua ausência nas subidas, considerando-se que, quanto maior a inclinação da montanha, menor é a velocidade desenvolvida. Neste momento, a gravidade tem grande influência no custo energético para o atleta, portanto, ciclistas mais leves podem se beneficiar (SWAIN, 1994).

As atividades que constituem o programa de treinamento de atletas têm por objetivo gerar adaptações específicas ao esporte para melhora do rendimento (COSTA, FERNANDES, ADAMI, DELLA GIUSTINA & DE-OLIVEIRA, 2004). As avaliações de variáveis fisiológicas e metabólicas são realizadas tanto em campo como em laboratório, no entanto, os testes de campo, especialmente, estão mais próximos da especificidade do esporte, além de não exigirem um ambiente informatizado e de alto custo, como os laboratórios – o que, frequentemente, afasta atletas e treinadores de uma rotina de avaliações. Portanto, atualmente, recomenda-se principalmente a utilização de testes de campo para se estabelecerem intensidades que orientem a busca pela otimização do treinamento e a discriminação de seus efeitos (KISS, REGAZZINI, REGAZZINI & PIRES, 1995), fazendo-se necessários, desta maneira, modelos preditórios obtidos em teste de campo.

Recentemente, COSTA (2006) apresentou um estudo realizado com *mountain bikers* em que apenas 34% dos participantes já haviam sido submetidos a avaliações laboratoriais e de campo, sendo que 24% utilizavam as variáveis fisiológicas identificadas para o controle das sessões de treinamento. Adicionalmente, somente 24% utilizavam periodização das cargas para a organização do treinamento. Quanto ao treinamento complementar, 38% reportaram

realizar alongamentos, 34% musculação, 24% corrida e, apenas um sujeito, natação. Além disto, 24% praticavam dois ou mais exercícios físicos complementares, e 39% apenas praticavam MTB. A experiência prática tem mostrado que esta situação assemelha-se muito à realidade encontrada entre ciclistas de estrada. Diante desses dados, o autor conclui que grande parte da programação do treinamento ao longo do tempo pode ter sido realizada sem a detecção de variáveis determinantes de desempenho, em oposição aos mais recentes métodos de treinamento, inclusive para modalidades esportivas com características semelhantes.

Com o surgimento e a evolução tecnológica dos monitores de FC, tornou-se possível e mais acessível monitorar e controlar a intensidade do treinamento, detectar e prevenir o *overtraining*, estimar o $VO_{2\text{máx}}$ e custo energético da atividade (ACHTEN e JEUKENDRUP, 2003). Assim, de acordo com COSTA, NAKAMURA, DE-OLIVEIRA (2006), por ser de fácil medida, a FC é um dos indicadores de intensidade de esforço mais utilizados em esportes como o ciclismo e o MTB, podendo ser utilizado, portanto, em ambos o treinamento e as avaliações – seja em campo ou em laboratório.

Estudo de STAPELFELDT, SCWIRTZ, SCHUMACHER & HILLEBRECHT (2004), utilizando-se de monitores de FC e dinamômetros portáteis nas bicicletas durante competições de MTB *Cross Country* (XC), verificou que *mountain bikers* competem em média a 91% $FC_{\text{máx}}$ e permanecem por 42% do tempo da prova em intensidade acima da correspondente ao LL_2 . Estes resultados estão de acordo com os reportados para as competições de XC por IMPELLIZZERI, SASSI, RODRIGUEZ-ALONSO, MOGNONI, MARCORA (2002) que acrescentaram ainda que os *mountain bikers* permanecem durante toda a prova em valores muito próximos ao $VO_{2\text{máx}}$, ou com $[La]$ acima de 4 mmol.L⁻¹. Assim, percebe-se que os atletas necessitam apresentar LL_2 em intensidades elevadas próximas a 85-90% do $VO_{2\text{máx}}$.

Apesar de o MTB e o ciclismo de estrada serem modalidades distintas, estes achados referentes ao XC estão de acordo com o perfil das provas de contra-relógio identificadas por PADILLA, MUJICA, ORBAÑANOS & ANGULO (2000). No entanto, quando o critério selecionado para caracterizar a intensidade de uma competição considera a duração do esforço, as competições de MTB parecem apresentar intensidade mais elevada, uma vez que sua duração é de

aproximadamente duas horas, contra os cerca de apenas 70 minutos das provas de contra-relógio (IMPELLIZZERI, SASSI, RODRIGUEZ-ALONSO, MOGNONI & MARCORA, 2002).

Alguns dos componentes importantes para os ganhos no desempenho, como a frequência e a duração das sessões de treino, são fáceis de serem controlados, contudo, a intensidade depende de outros fatores, apresentando maior dificuldade de controle. As principais referências amplamente utilizadas na quantificação do treinamento aeróbio por pesquisadores – a determinação do $VO_2\text{máx}$ e das $[La]$ – apresentam ainda, no entanto, muitas dificuldades de mensuração nas situações em campo (HOPKINS, 1991). Em modalidades como a corrida e a natação, por exemplo, a velocidade pode ser usada como um indicador de intensidade de esforço, porém, talvez isto não seja possível no ciclismo dados os diversos fatores que influenciam esta variável (JEUKENDRUP e VAN DIEMEN, 1998). Existe ainda uma fraca relação entre velocidade-intensidade no ciclismo de estrada, principalmente em trechos de subidas e descidas. Nas subidas, a velocidade é mais baixa, enquanto que a FC e a potência produzida são altas; o contrário normalmente ocorre nas descidas (STAPELFELDT, SCWIRTZ, SCHUMACHER & HILLEBRECHT, 2004).

O ciclismo competitivo requer ambas as potências aeróbia e anaeróbia, além de ser, por conceito, uma modalidade altamente de resistência (DELLA GIUSTINA, DELLA GIUSTINA, XAVIER, CARMINATTI & BENETTI, 2001). O ciclista deve ter capacidade de gerar uma potência relativamente alta e de curta duração nas largadas, subidas e na chegada das corridas. Além disso, existe ainda uma demanda por tiros com alta potência, seguidos de *sprints* de alta intensidade (FARIA, PARKER, FARIA, 2005a).

Alguns dos marcadores fisiológicos tidos como preditores do desempenho no ciclismo de estrada incluem a potência no limiar de lactato (LL), a potência de pico (W_{pico}), o percentual de fibras do tipo I no músculo vasto lateral, o máximo estado estável de lactato (MEEL), a W_{pico} no LL, e a W_{pico} durante um teste máximo de ciclismo (FARIA, PARKER, FARIA, 2005a). LUCÍA, HOYOS, PÉREZ & CHICHARRO (2000) destacam o comportamento geral do lactato durante teste incremental, além de apontarem o primeiro e do segundo limiares ventilatório como um importante

determinante do desempenho e nível de condicionamento em exercícios de resistência aeróbia. Além disso, sugerem que apenas uma sessão de testes em laboratório ao início da temporada possa ser suficiente para prescrever adequadamente as cargas de treinamento com base nos dados relativos à FC, simplificando a rotina de avaliações.

Diversos métodos para identificação destes parâmetros têm sido reportados na literatura, todavia, existe uma grande controvérsia quanto aos diferentes métodos de identificação de limiares de transição metabólica em ciclistas, sendo utilizados protocolos com estágios que variam, principalmente, entre três e quatro minutos de duração para estabelecimento da curva de lactato em função da intensidade (STAPELFELDT, SCWIRTZ, SCHUMACHER & HILLEBRECHT, 2004; PADILLA, MUJICA, CUESTA & GOIRIENA, 1999). No entanto, outros estudos utilizaram-se da identificação de limiares ventilatórios em protocolos de rampa com estágios e menor incremento de intensidade (LUCÍA, HOYOS & CHICHARRO, 2001; LUCÍA, CARVAJAL, BORAITA, SERRATOSA, HOYOS & CHICHARRO, 1999). Respeitando-se a cinética das [La] para cada carga, pequenos incrementos de velocidade podem levar a menores valores de [La] que com incrementos maiores (DE-OLIVEIRA, 2004).

Alguns tipos de dinamômetros portáteis que são acoplados às bicicletas foram recentemente desenvolvidos e podem mensurar a potência produzida de uma forma direta nas próprias sessões de treinamento e/ou durante as competições, fornecendo outras importantes informações sobre o esforço em campo. STAPELFELDT, SCWIRTZ, SCHUMACHER & HILLEBRECHT (2004) verificaram que esta medida da potência durante as competições de XC poderia ser um bom indicador para o controle da intensidade do esforço, uma vez que pode discriminar a exigência fisiológica do treino ou da prova, o que poderia ser extrapolado para o CE com os mesmos objetivos. Todavia, a utilização de equipamentos sofisticados requer alto investimento e ainda não se enquadra nos padrões para a maior parte dos atletas e treinadores.

Avaliando-se a potência em laboratório, LUCÍA, HOYOS, PÉREZ & CHICHARRO (2000) sugerem que ciclistas profissionais atingem uma $W_{m\acute{a}x}$ mais elevada em protocolo com incremento de carga e estágios reduzidos. LUCÍA,

HOYOS, CHICHARRO (2001) descrevem que, no ciclismo de estrada, os valores de $W_{m\acute{a}x}$ e $VO_{2m\acute{a}x}$ são bastante expressivos para atletas profissionais, e sua determinação também é protocolo-dependente: em testes com estágios de duração curta, os valores ficam próximos a 450 – 500 w ($6,5 - 7,5 \text{ w.kg}^{-1}$) e, em estágios mais longos, 400 – 450 w ($6,0 - 6,5 \text{ w.kg}^{-1}$). O $VO_{2m\acute{a}x}$ varia entre 5,0 e 5,5 L.min^{-1} ($70 - 80 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$). Em parte, estes valores podem ser explicados dado o grande volume de treinamento e competições a que os atletas são submetidos (cerca de 35.000 km/ano), além da determinação genotípica que deve ser sempre considerada.

Já WILBER, ZAWADZI, KEARNEY, SHANNON & DISALVO (1997) apresentaram valores de potência no limiar anaeróbio em níveis inferiores para *mountain bikers* comparados a ciclistas de estrada (271 ± 29 vs. 321 ± 17 w; $3,8 \pm 0,3$ vs. $4,4 \pm 0,3 \text{ w.kg}^{-1}$), diferentemente do estudo de LEE, MARTIN, ANSON, GRUNDY & HAHN (2002) que, em uma análise comparativa, demonstrou valores mais expressivos para o grupo de *mountain bikers* na potência relativa ($5,2 \pm 0,6$ vs. $4,7 \pm 0,3 \text{ w.kg}^{-1}$). Apesar destes resultados, de forma geral, ciclistas profissionais especialistas em etapas de contra-relógio, atingem valores de potência no LA e OBLA (357 ± 41 e 409 ± 46 w) mais elevados do que atletas de XC (276 ± 17 e 318 ± 14 w) (IMPELLIZZERI, SASSI, RODRIGUEZ-ALONSO, MOGNONI & MARCORA, 2002; MUJICA e PADILLA, 2001). Diante do exposto, portanto, percebe-se que, além das diferenças metodológicas encontradas nos estudos, o conflito relatado na literatura possivelmente esteja, ainda, relacionado ao nível competitivo e de treinamento dos diferentes atletas investigados nestes estudos.

2.2 Freqüência Cardíaca

A aplicação da FC como referência de intensidade de exercício é sustentada pela relação existente entre a FC e o gasto de energia em cargas de trabalho, identificada, indiretamente, pelo VO_2 (DE-OLIVEIRA, 2004). Vários modelos teóricos, derivados da relação entre intensidade de exercício e FC, estão baseados na idéia de que esta associação é linear (ÅSTRAND e SALTIN, 1961). Como o modelo linear permite uma análise satisfatória em várias situações, não houve muito investimento em outras abordagens para estudar o comportamento da FC com o

incremento das cargas de exercício. Contudo, ao observarem-se os resultados de alguns trabalhos (DE-OLIVEIRA, 2004; LIMA, 1997), pode-se verificar que, em diversas situações, não é evidente que a relação entre a FC e a intensidade do exercício físico seja linear.

Em menores cargas de trabalho, desde o repouso até cerca de 130 bpm, a FC parece aumentar proporcionalmente menos que os incrementos da intensidade, apresentando um comportamento mais curvilíneo que linear (LIMA, 1997). O ajuste linear das curvas de FC parece não funcionar quando são tomados valores tão baixos, aumentando os resíduos neste intervalo de intensidade. No entanto, parece que o tempo necessário para o ajuste da FC à carga está entre 15 e 30 s, com pequenos incrementos de carga (VACHON, BASSET, CLARKE, 1999), sendo que outros estudos apresentaram a possibilidade de identificação do PDFC em protocolos com tempo fixo de estágios (BODNER, RHODES, COUTTS, 1998; HOFMANN, POKAN, PREIDLER, LEITNER, SZOLAR, EBER & SCHABERGER, 1994; BUNC e HELLER, 1992; BUNC, HELLER, LESO, 1988).

Por outro lado, em cargas maiores, próximas à FC_{máx}, foi verificada uma tendência progressiva de estabilização dos valores de FC. A transição de um aumento linear (ou quase linear) da FC em cargas intermediárias a um incremento não-linear em cargas maiores foi definida como a intensidade do ponto de deflexão da FC (PDFC) (CONCONI, FERRARI, ZIGLIO, DROGHETTI & CODECA, 1982). Em um ajuste sigmóide, existe uma área de saturação superior da FC; o PDFC é a intensidade discriminadora do início desta tendência.

Ao determinarem o PDFC, CONCONI, FERRARI, ZIGLIO, DROGHETTI & CODECA (1982) sugeriram que este ponto seria um indicador de LAn, podendo ainda ser um método indireto e não-invasivo para sua determinação. De acordo com VACHON, BASSET, CLARKE (1999), este LAn refere-se à velocidade correspondente ao ponto de quebra da linearidade de aumento das [La]. Embora de utilização prática para determinação indireta deste limiar, este método ainda apresenta-se controverso e criticado, tendo em vista que o PDFC parece não ser uma variável fisiológica generalizável diante da possibilidade de não ser encontrado em diversos sujeitos (JONES e DOUST, 1995; RIBEIRO, FIELDING, HUGHES, 1985).

Existem algumas tentativas de fundamentação teórica para a existência e para a não existência do PDFC. A partir de estudos de ecocardiografia, foi demonstrado que os atletas que apresentam um PDFC durante um teste progressivo são aqueles que têm maior espessura de parede do miocárdio, especulando-se que a ocorrência do PDFC é causada por uma melhor eficiência da função cardíaca durante exercício de alta intensidade, em atletas com maiores espessuras das paredes do coração (LUCÍA, CARVAJAL, BORAITA, SERRATOSA, HOYOS & CHICHARRO, 1999). JEUKENDRUP, HESSELINK, KUIPERS & HEIZER (1997) argumentaram que o PDFC é mais um artefato, antes que um fenômeno fisiológico. As razões apresentadas são:

“... quando a duração do exercício é muito curta (<1 min), a adaptação do sistema circulatório a certa velocidade ou taxa de trabalho pode ser incompleta e a FC pode iniciar um atraso progressivo. Quando a FC é plotada em função da velocidade ou da taxa de trabalho, um ponto de deflexão é automaticamente encontrado. Contudo, quando a duração de cada estágio (cada intensidade de exercício) é automaticamente aumentado, alguns ajustes do sistema cardiovascular ocorrem e é mais difícil de encontrar um ponto de deflexão. Portanto, nós acreditamos que o ponto de deflexão da FC, como determinado por CONCONI, FERRARI, ZIGLIO, DROGHETTI & CODECA, é um artefato antes que um reflexo do limiar de lactato...”

A partir das análises dos diversos domínios de intensidade de exercício, LIMA (1997) e DE-OLIVEIRA (2004) sugerem que o comportamento da FC em testes progressivos responda melhor a um ajuste sigmóide do que ao linear. Em uma curva sigmóide, entretanto, existe ainda uma transição entre dois momentos curvilineares, cuja identificação pode ser complementar para análises do controle cardíaco durante o exercício físico.

FIGURA 1 - Determinação do PDFC pelo método de CONCONI, FERRARI, ZIGLIO, DROGHETTI & CODECA (1982)

De acordo com DE-OLIVEIRA (2004), a determinação do melhor ajuste da FC em teste progressivo é de utilidade para o melhor aproveitamento dos dados obtidos em uma avaliação física, uma vez que o PDFC é uma variável freqüentemente utilizada na avaliação e prescrição do treinamento de atletas.

Diversos estudos demonstraram uma diminuição da FC durante o exercício submáximo depois de um período de treinamento aeróbio (DE-OLIVEIRA, 2004). A razão deste decréscimo pode ser atribuída a um aumento do volume sistólico, uma redução da FC intrínseca, diminuição do tônus simpático e/ou redução nos níveis circulantes de catecolaminas (DE-OLIVEIRA, 2004). Assim como as catecolaminas (epinefrina e norepinefrina), outros aspectos metabólicos da capacidade aeróbia, como potássio, amônia e lactato, estão associados à capacidade de desenvolvimento de atividade física por tempo prolongado, em possível equilíbrio metabólico, com retardo da fadiga aguda (KISS, REGAZZINI, REGAZZINI & PIRES, 2006).

2.3 Lactato

Por muitos anos, o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2\text{máx}}$) foi considerado como o fator biológico discriminador da aptidão física de desportistas praticantes de modalidades aeróbias (DE-OLIVEIRA, 1995). Com o aumento da

intensidade de exercício, aumentam também as exigências impostas aos sistemas de fornecimento de energia aeróbia e anaeróbia. No metabolismo aeróbio, o $\text{VO}_2\text{máx}$ – capacidade máxima de absorção, transporte e utilização periférica de O_2 por unidade de tempo – parece ser o limite superior da possibilidade de transformação de energia através desta via, sendo o indicador “fisiológico” da potência aeróbia máxima (KISS, REGAZZINI, REGAZZINI & PIRES, 2005). Por suas características e exigências fisiológicas, o ciclismo competitivo requer ambas as potências aeróbia e anaeróbia (FARIA, PARKER, FARIA, 2005a).

O $\text{VO}_2\text{máx}$, entretanto, parece não explicar o desempenho atlético no ciclismo, tendo em vista que, em atletas de alto nível aeróbio, não sofre modificações significativas com o treinamento, sendo um indicador insuficiente para a estimativa da capacidade aeróbia (FARIA, PARKER, FARIA, 2005a; BARBEAU, SERRESE, BOULAY, 1993). Embora não venha a se apresentar como a melhor variável a ser utilizada para estimativa do desempenho em modalidades de longa duração como o ciclismo, altos valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ ainda parecem apresentar-se como um pré-requisito para o bom rendimento de ciclistas.

Diante destas observações, houve necessidade de procurarem-se outros parâmetros que traduzissem com maior sensibilidade as variações induzidas pelo treinamento da capacidade de utilização do sistema aeróbio durante o esforço.

Diversos achados indicam que as adaptações periféricas da musculatura em questão representam um papel mais importante na melhora da capacidade submáxima no ciclismo que as adaptações centrais (FARIA, PARKER, FARIA, 2005a).

O aumento das $[\text{La}]$ intramusculares apresenta um comportamento exponencial em função do VO_2 , enquanto o efluxo do La muscular se comporta de maneira linear decorrente da carga de trabalho até uma dada intensidade, o que sugere que exista um ponto ótimo entre a produção e a liberação do La muscular (KISS, REGAZZINI, REGAZZINI & PIRES, 2006). Os mesmos autores apresentam outra consideração já bem estabelecida que diz respeito ao acúmulo muscular e sangüíneo de La, diretamente associado à redução do desempenho físico – o que justifica sua importância como marcador metabólico.

Desta maneira, as [La] em intensidades de esforço submáximo se apresentam como indicadores metabólicos em modalidades em que a capacidade aeróbia é determinante. É reconhecido que a melhor variável a ser mensurada na determinação da capacidade aeróbia refere-se ao momento de transição metabólica denominado “limiar anaeróbio” (HECK, MADER, HESS, MÜKE, MÜLLER & HOLLMANN, 1985).

Ao se analisar as [La], é possível se identificarem uma ou duas zonas de transição fisiológica, comumente denominadas limiar de lactato (LL) – contudo, dependente de terminologia e metodologia adotadas (RIBEIRO, 1995). Teoricamente, este ponto representa um estado de equilíbrio máximo das [La] durante exercício constante, o que destaca suas propriedades na detecção do nível de capacidade aeróbia, tornando-o objeto de estudo (BILLAT, 1996; SIMÕES, CAMPBELL, KOKUBUN, DENADAI & BALDISSERA, 1996). Frequentemente, de fato, assume-se o segundo ponto como referência da intensidade correspondente às zonas de transição fisiológica (RIBEIRO, YANG, ADAMS, KUCA & KNUTTEN, 1986). Assim, diversos métodos têm sido propostos para a determinação tanto prática (HECK, MADER, HESS, MÜKE, MÜLLER & HOLLMANN, 1985; FARREL, WILMORE, COYLE, BILLING & COSTILL, 1979), quanto objetiva (BEAVER, WASSERMANN, WHIPP, 1986; STEGMANN, KINDERMANN, SHNABEL, 1981) deste ponto, contudo, muitos com ressalvas metodológicas e implicações que os limitam. A principal justificativa para tanto são as modificações nas características do acúmulo do lactato sanguíneo após o treinamento físico (MAASSEN e BUSSE, 1989).

Diversos estudos já demonstraram que, durante teste incremental, indivíduos com maior condicionamento aeróbio conseguem se manter durante um período prolongado em baixas [La], adiando o início do aumento progressivo desta variável (BILLAT, 1996; MADER, 1991; FARREL, WILMORE, COYLE, BILLING & COSTILL, 1979) e, portanto, um possível aumento exponencial na curva de La. Este comportamento parece estar associado, nestes indivíduos, à maior capacidade dos sistemas tampão (MONODERO e DONNE, 2000), melhor remoção (GREEN, HALESTRAP, MOCKETT, 2002; MONODERO e DONNE, 2000) e/ou menor taxa de

produção (MACRAE, DENNIS, BOSCH & NOAKES, 1992) do lactato durante o exercício.

Faz interessante destacar que as [La] são tempo-dependente e, portanto, estágios de curta duração resultam em um aparecimento atrasado de lactato no sangue e, conseqüentemente, podem superestimar os valores das intensidades de exercício referentes aos limiares, principalmente quando se adotam valores fixos para sua determinação (DENADAI, 1995; RIBEIRO, YANG, ADAMS, KUCA & KNUTTEN, 1986).

A concentração fixa de lactato sanguíneo de 4 mmol.L^{-1} é um dos métodos mais utilizados como referência, e tem sua utilização justificada por corresponder ao máximo estado estável entre a produção e a remoção de lactato (MEEL) (HECK, MADER, HESS, MÜKE, MÜLLER & HOLLMANN, 1985). No que se refere ao critério fixo de LL_2 , COEN, URHAUSEN, KINDERMANN (2001), verificaram que o critério de 4 mmol.L^{-1} é sensível às modificações de duração e amplitude do estágio. Yoshida (1984), aplicando protocolos incrementais em cicloergômetro com estágios de 1 e de 4 min, também utilizou-se deste critério fixo para determinação do LL_2 e observou que a intensidade de esforço se apresentou significativamente maior nos estágios com menor duração. A duração dos estágios, entretanto, não interfere na identificação do LL_2 quando expresso em valores de VO_2 .

A investigação sobre as razões causais do acúmulo de lactato em esforço submáximo e de uma zona metabólica a partir da qual a [La] não pode mais ser mantida constante, a intensidade de máximo estado estável de lactato (MEEL), têm sido pontos de grande interesse para especialistas em exercício físico (RIEU, 1986). WASSERMAN e MCILROY (1964) denominaram limiar anaeróbio (LAn) a intensidade estimativa de MEEL, obtida através da aplicação de testes progressivos com estágios de curta duração. DE-OLIVEIRA, GAGLIARDI, KISS (1994) apresentaram metodologias alternativas para a predição de MEEL e LAn em testes em laboratório e em campo.

Em pouco tempo, a utilização do conceito de LAn se generalizou, sendo que tanto pesquisadores quanto treinadores verificaram a sua aplicabilidade prática, mesmo que, em algumas situações, a medida do LAn possa tornar-se inacessível, haja vista o alto custo e necessidade de mão de obra especializada e material

sofisticado (DE-OLIVEIRA, 2004). Já os LL são comumente utilizados como indicadores de Capacidade Aeróbia (CAe), uma vez que se presume que uma maior CAe determine uma menor FC em uma carga submáxima (FCsub) (DE-OLIVEIRA, 1995).

Como exposto anteriormente, sabe-se que o ciclismo é uma modalidade de longa duração, cujas provas são terminadas em valores de intensidade média próxima ou ligeiramente superior ao segundo limiar de lactato (LL₂), correspondente à concentração fixa de lactato de 4 mmol.L⁻¹ proposta por HECK, MADER, HESS, MÜKE, MÜLLER & HOLLMANN (1985) (IMPELLIZZERI, SASSI, RODRIGUEZ-ALONSO, MOGNONI & MARCORA; 2002 PADILLA, MUJICA, ORBAÑANOS & ANGULO, 2000), contudo, de acordo com HECK, MADER, HESS, MÜKE, MÜLLER & HOLLMANN (1985) e STEGMANN, KINDERMANN, SHNABEL (1981), há uma tendência à superestimação do LL quando do uso de [La] fixas, principalmente em indivíduos com maiores níveis de aptidão aeróbia.

O estudo de HECK, MADER, HESS, MÜKE, MÜLLER & HOLLMANN (1985) é uma das investigações clássicas sobre o MEEL, tendo tornado-se referência em inúmeros artigos sobre este tema; todavia, alguns autores criticaram seus resultados, apresentando problemas. De acordo com BENEKE, HOFMANN, STRAUB, HARTWIG, HOFFMANN & BEHN (1993), o MEEL depende da modalidade esportiva que está sendo avaliada, apresentando variações intra-individuais de acordo com a metodologia utilizada. Portanto, far-se-ia necessária a determinação de MEEL em atividade similar àquela do desporto praticado.

É igualmente importante destacar que os valores fixos de lactato de 3,5 e de 4 mmol.L⁻¹ foram determinados a partir de médias e não de valores individuais (HOLLMANN, 2001; HECK, 1990), e que a realização de exercícios em intensidades correspondentes aos mesmos não necessariamente representa o equilíbrio entre o aparecimento e desaparecimento de lactato, podendo ou não se equilibrar em [La] idêntica, maiores ou menores que estes valores (HECK, 1990). Neste caso, a possibilidade de discriminação da capacidade aeróbia se faz através da intensidade em que são encontradas estas [La] durante os testes.

Estudos seguintes (HECK, 1990; HECK, REINHARDS, MADER & HOLLMANN, 1987) confrontaram estes valores utilizando o valor de [La] de 3

mmol.L⁻¹ como indicador mais apropriado de MEEL em bicicleta, já que as conclusões de STEGMANN e KINDERMANN (1982), que estudaram a carga de [La] de 4 mmol.L⁻¹ em cicloergômetro, com protocolo diferente do proposto por HECK, MADER, HESS, MÜKE, MÜLLER & HOLLMANN (1985), provavelmente levaram a uma superestimação desta intensidade.

BORCH, INGER, LARSEN & TOMTEM (1993), estudando somente atletas de esportes aeróbios, propuseram que o valor de [La] de 3 mmol.L⁻¹ deva ser utilizado como índice de MEEL em teste progressivo em esteira, justificando que o grupo estudado possuía melhor condicionamento aeróbio que aquele do estudo de HECK, MADER, HESS, MÜKE, MÜLLER & HOLLMANN (1985), além das diferenças metodológicas existentes entre os estudos, portanto, parece ainda ser necessário que estes resultados sejam confirmados por outros trabalhos.

Alguns resultados apresentados corroboram com a idéia de que a [La] de 4 mmol.L⁻¹ seja elevada para aproximar a intensidade de MEEL entre corredores de provas de longa duração e que possa ser um valor baixo para outros tipos de atletas (HECK, MADER, HESS, MÜKE, MÜLLER & HOLLMANN, 1985; STEGMANN e KINDERMANN, 1982), por exemplo, ciclistas de estrada e *mountain bikers*.

Outros estudos ainda utilizaram-se de diferentes metodologias tentando prever o MEEL. SNYDER, FOSTER E WOULFE (1989), estudando 20 atletas, demonstraram a possibilidade de predição do MEEL através da identificação da intensidade correspondente ao ponto 5 na escala de BORG de 10 pontos e o valor de carga de 87% da FC_{máx}, não apresentando, porém, qual a metodologia empregada, o grau de associação entre as variáveis e o grupo de validação cruzada. HELD, KUMMER, MARTI (1997) apresentaram um normograma, construído a partir de dados de um grupo heterogêneo de 319 homens. Este monograma foi montado a partir do comportamento típico da [La], FC e PSE em teste progressivo em esteira. A partir do mesmo, a velocidade no LL4 (V4) pôde ser estimada. Em um grupo independente de 100 indivíduos, os valores de V4 medidos e aqueles preditos pelos normogramas foram comparados. A predição foi melhor a partir de valores submáximos de [La], sendo mais válida que com a utilização da FC e da PSE. JACOBS, SJÖDIN, SCHELE (1983) sugeriram que a medida da [La] em uma única intensidade de exercício submáximo é necessária para a aproximação da intensidade

à W4. Esta sugestão surgiu a partir da verificação de uma alta correlação entre a W4 e a [La] na intensidade de 200 w. Estes resultados foram confirmados por JACOBS, SCHÉLE, SJÖDIN em 1985 ($r = 0,94$), sendo que neste estudo também foi apresentado um grau de associação de $r = 0,84$ entre a W4 e a carga média em um esforço máximo de 6 minutos em bicicleta.

SNYDER, WOULFE, WALSH, FOSTER & WOULFE (1994), estudando corredores e ciclistas em corrida e bicicleta, respectivamente, verificaram a possibilidade de prever faixas de MEEL a partir da determinação de valores de % da FCmáx. Estudo posterior de FOSTER, CROWE, HOLUM, SANDVIG, SCHRAGER, SNYDER & ZAJAKOWSKI (1995) criticou esta referência, apontando uma deficiência deste método, que não oferece referências sobre velocidades apropriadas de treinamento – dados que são comumente utilizados por treinadores e atletas de diversas modalidades. Assim, investigando patinadores, utilizaram [La] entre 4,0 e 6,5 mmol.L⁻¹ como zona de referência de estado de equilíbrio de lactato e verificaram o poder preditivo do percentual de velocidade (78-88%) (%Vmáx) e do %FCmáx (84-92%) correspondentes a esta faixa. Os autores verificaram, em simulações de treinamentos, que o modelo baseado na %Vmáx prediz corretamente 81% das ocorrências no comportamento das [La] (com ou sem steady-state), enquanto o modelo de %FCmáx acerta em 68% dos casos. Utilizando raciocínio similar, SWENSEN, HARNISH, BETTMAN & KELLER (1999) apresentaram modelo de predição do MEEL a partir de 90% da velocidade média de um teste de 5 km (90%V5) em ciclismo com simulador de vento, sugerindo que a média da FC atingida nos últimos 20 min de um esforço de 30 min, com intensidade de 90%V5, é a FC no MEEL.

2.3.1 Limiares de Transição Metabólica

Os limiares de transição metabólica, como os obtidos através de métodos ventilatórios, análise das concentrações de lactato e pelo comportamento da FC, têm sido amplamente utilizados na prática de avaliação e prescrição de treinamento físico. Apesar de diversas controvérsias em torno da sua fundamentação teórica e sobre os seus protocolos de identificação, o limiar de transição metabólica (LTM),

freqüentemente identificado a partir das medidas de concentrações sanguíneas de lactato ($[La]$), é considerado o melhor marcador fisiológico para a predição de performance em provas nas quais a produção de energia deve-se, predominantemente, ao sistema aeróbio (SVEDAHL e MacINTOSH, 2003; PYNE, LEE, SWANWICK, 2001; BILLAT, 1996).

Poucos são os estudos analisando as variáveis envolvidas nos limiares de transição metabólica e utilizando-se de metodologias em teste com distâncias fixas, uma vez que o mais comum são os testes progressivos máximos (DE-OLIVEIRA, 2004). Contudo, já foi demonstrado (STEGMANN e KINDERMANN, 1982; KINDERMANN, SIMON, KEUL, 1979) que a determinação de limiares de transição metabólica pode ser dependente do critério empregado. Limiares como, por exemplo, o primeiro e o segundo limiar de lactato (LL_1 e LL_2) ou o primeiro e segundo limiar ventilatório (LV_1 e LV_2), são parâmetros que identificam a transição entre diferentes domínios de exercício, comumente utilizados como referência para a prescrição de exercício e treinamento físico (GAESSER e POOLE, 1996).

A literatura reporta que os limiares de transição metabólica são parâmetros importantes para avaliação da aptidão física de indivíduos saudáveis, atletas ou pacientes (RIBEIRO, 1995) e, portanto, para obtenção de interpretações precisas das variáveis mensuradas os aspectos metodológicos devem ser considerados. Alguns autores sugerem que os limiares de lactato (LL_1 e LL_2) e ventilatório (LV_1 e LV_2) são de natureza protocolo-dependente, ou seja, fatores como incrementos e duração dos estágios de testes podem interferir na determinação desses limiares, apontando diferentes intensidades para o mesmo fenômeno fisiológico (DENADAI, 1995; RIBEIRO, 1995; YOSHIDA, 1984).

Existe uma grande controvérsia sobre os diferentes métodos de identificação de limiares de transição metabólica em atletas. Alguns autores utilizam protocolos com estágios entre três e quatro minutos de duração para a construção da curva de lactato em função da intensidade (STAPELFELDT, SCWIRTZ, SCHUMACHER & HILLEBRECHT, 2004; PADILLA, MUJICA, CUESTA & GOIRIENA, 1999). No entanto, outros utilizam a identificação de limiares ventilatórios em protocolos de rampa com estágios e incremento de intensidades mais curto (LUCIA, HOYOS, CHICHARRO, 2000; LUCÍA, CARVAJAL, BORAITA, SERRATOSA,

HOYOS & CHICHARRO, 1999). Os vários conceitos do LTM propuseram, por exemplo, a carga/velocidade que corresponde a um máximo estado estável da [La] no sangue durante uma carga de trabalho constante ser um limiar fixo em uma concentração do lactato do sangue do 4 mmol.L⁻¹ (HOFMANN, POKAN, PREIDLER, LEITNER, SZOLAR, EBER & SCHABERGER, 1994; MADER e HECK, 1986; DAVIS, BASSETT, HUGHES & GASS, 1983). A maioria dos protocolos para identificação de LTM utiliza teste progressivo máximo (CAMBRI, FOZA, NAKAMURA & DE-OLIVEIRA, 2006; LUCÍA, HOYOS, SANTALLA, PÉREZ & CHICHARRO, 2002; VACHON, BASSETT, CLARKE, 1999; DROGHETTI, BORSETTO, CASONI, CELLINI, FERRARI, PAOLINI, ZIGLIO & CONCONI, 1985, RIBEIRO, FIELDING, HUGHES, 1985), sendo poucos os trabalhos que analisaram estas variáveis em metodologias alternativas, como por exemplo, durante teste progressivo de distâncias fixas em pista.

Em função das modificações das respostas fisiológicas em exercício progressivo, ajustes lineares da FC, das [La] e da PSE podem proporcionar uma relação sustentável entre essas variáveis em diferentes intensidades. Dessa forma, nos permite selecionar percentuais que podem ser utilizados como marcadores de intensidade do esforço (GILMAN, 1996).

Enquanto a utilização do método de inspeção visual possui maior subjetividade, implicando em maior grau de variabilidade entre os avaliadores (GLADDEN, YATES, STREMEL & STANFORD, 1985) e menor sensibilidade na identificação do fenômeno (PIRES, LIMA-SILVA, BARROS, GAGLIARDI, DEGAKI & KISS, 2005; VACHON, BASSETT, CLARKE, 1999), os modelos matemáticos permitem determinar um ponto de maneira direta e objetiva (LUCÍA, HOYOS, SANTALLA, PÉREZ & CHICHARRO, 2002; KARA, GOKBEL, BEDIZ, 1996). De fato, diferenças entre LTM identificados por métodos visuais e matemáticos freqüentemente são encontrados na literatura (PIRES, LIMA-SILVA, GAGLIARDI, BARROS & KISS, 2006; PIRES, LIMA-SILVA, BARROS, GAGLIARDI, DEGAKI & KISS, 2005).

Originalmente, CHENG, KUIPER, SNYDER, KEISER, JEUKENDRUP & HESSELING (1992) propuseram o modelo D_{máx} para determinar os limiares ventilatórios e de lactato, sob a suposição de permitir identificações mais

individualizadas do que a utilização de concentrações fixas, e menos subjetivas do que as análises visuais, pois calcula esta intensidade de forma objetiva ao considerar todos os valores contidos na curva. Conseqüentemente, o ponto identificado pelo $D_{\text{máx}}$ está diretamente atrelado ao comportamento de toda a curva do lactato sanguíneo, durante teste incremental, fornecendo um limiar individualizado — diferentemente dos valores fixos comumente utilizados e diminuindo a subjetividade da identificação do PDFC quando do emprego do método visual. Alguns estudos já demonstraram evidências de validade deste modelo (BAPTISTA, OLIVEIRA, FIGUEIREDO & OLIVEIRA, 2003; PIRES, LIMA-SILVA, BARROS, GAGLIARDI, DEGAKI & KISS, 2003; KARA, GÖKBEL, BEDIZ, 1999).

Por meio desta abordagem, determina-se a maior distância entre os valores estimados da variável a partir de dois ajustes matemáticos: o polinomial e o linear. Referências mais recentes (FRONCHETTI, DE-OLIVEIRA, DOS SANTOS, PIOVEZANA, CAMBRI, LIMA-SILVA & FERNANDES, 2006; SABINO, 2006; ZUNINO, 2006) demonstraram a aplicabilidade do método $D_{\text{máx}}$ também na identificação de um limiar de percepção subjetiva de esforço (LPSE), a partir da aplicação do modelo aos valores apontados pela escala de Borg, ainda possivelmente associados ao $D_{\text{máxFC}}$.

2.4 Percepção Subjetiva de Esforço

Durante um trabalho físico intenso com a duração de alguns minutos, o coração, os pulmões e os músculos que estão em funcionamento são muito exigidos. Considerando que o coração tem de trabalhar intensamente, a FC é uma medida comum do grau de esforço. Contudo, BORG (2000) afirma que o próprio esforço percebido também pode proporcionar uma medida satisfatória do esforço físico e da intensidade do exercício. Ainda, segundo o autor, o termo “esforço percebido” refere-se, principalmente, ao trabalho muscular intenso que envolve uma tensão relativamente grande sobre os sistemas músculo-esquelético, cardiovascular e pulmonar. Conseqüentemente, é um indicador importante do grau de esforço realizado em uma determinada atividade, comumente utilizada para determinar a

PSE em testes ergométricos, treinamentos e reabilitação. A avaliação da intensidade é feita com base na falta de ar e fadiga durante exercícios contínuos.

BORG (2000) afirma que este conceito do esforço percebido foi introduzido ao final da década de 50, juntamente com métodos que possibilitassem medir o esforço percebido em geral, a fadiga localizada e a falta de ar. Desde então, surgiram estudos científicos e aplicações clínicas relacionados ao esporte, à reabilitação e à ergonomia, uma vez que, de acordo com o mesmo autor, a PSE é uma variável alternativa que pode proporcionar uma medida satisfatória da carga interna a que o corpo está sendo submetido durante o esforço físico. A PSE é um campo parcialmente inserido na psicofísica, o campo científico que abrange a mensuração das percepções sensoriais. Seus principais subcampos envolvem detecção, identificação, discriminação e classificação progressiva, sendo este último o mais utilizado (BORG, 2000).

O índice de PSE representa uma escala de valores através da qual o avaliado informa a sensação de intensidade de trabalho que lhe está sendo imposta durante a realização do exercício físico. Trata-se de uma escala de pontos em que se inicia com o nível mínimo e se termina com o nível máximo de cansaço (NEVES & SANTOS, 2003).

Na Escala de 15 Pontos de Borg (BORG, 2000), a numeração da tabela vai de 6 a 20, e cada número ímpar é verbalmente ancorado. O número 6 equivale a uma FC de aproximadamente 60 bpm, considerado um valor médio de repouso, ao passo que o número 20 refere-se à sensação máxima absoluta, a qual muitos indivíduos jamais experimentaram. Em 1985, Borg fez algumas alterações na Escala, tendo mudado as âncoras verbais e deslocado a expressão do número 7 um pouco para cima, melhorando, assim, a linearidade dos níveis de esforço e a frequência cardíaca (SILVA, DIAS, FRANCO, LIMA & NOVAES, 2005).

A Escala de Relações de Categorias (*category-ratio* – CR10) é similar à Escala de 15 Pontos, porém, determinada por critérios psicofísicos internos. Esta é uma escala ancorada no número 10, valor que representa a intensidade máxima. A CR10 é uma escala geral de intensidade para a maioria das magnitudes subjetivas e pode ser utilizada na mensuração do esforço e da dor, com a possibilidade de determinar tanto níveis relativos quanto absolutos de intensidade de esforço (BORG,

2000). A CR10 tem sido amplamente utilizada para avaliar a PSE e intensidade do treinamento de força (KRAEMER, NOBLE, CLARK & CULVER, 1987), contudo, recentemente, ROBERTSON, GOSS, RUTKOWSKI, LENZ, DIXON, TIMMER, FRAZEE, DUBE & ANDREACCI (2003) validou a escala OMNI-Resistance Exercise Scale (OMNI-RES) desenvolvida especialmente para tanto.

O índice de PSE tem mostrado ser um indicador confiável do nível de esforço físico (MARINS & GIANNICHI, 1998), além de proporcionar maior segurança, pois através do escore atribuído pelo avaliado é possível interromper o teste, evitando em casos extremos, um colapso fisiológico que poderia acontecer devido à não-detecção deste estado crítico por meio de outros protocolos de mensuração (NEVES & SANTOS, 2003).

De acordo com CHEN, XITAO, SONDRÁ (2002) uso da escala de Borg já foi validado em diversas atividades (cicloergometria e caminhada, por exemplo) contra três medidas fisiológicas indicadoras do esforço físico: a FC, o % do $\text{VO}_2\text{máx}$ e as [La]. As maiores correlações encontradas entre as escalas de PSE e as variáveis fisiológicas foram aquelas quando sujeitos do gênero masculino foram solicitados a se exercitar em esforço máximo; quando a tarefa envolvida era menos comum que caminhar ou correr, como por exemplo nadar; ou quando foi utilizada a Escala de 15 Pontos de Borg com medidas das [La].

A identificação da PSE utilizando-se a escala de 15 pontos de Borg (BORG, 2000) é um instrumento prático, de simples manipulação e ligado à intensidade do exercício, o que possibilitaria sua utilização na prescrição do treinamento, tanto para indivíduos saudáveis, como, igualmente, para grupos especiais (COLBERG, SWAIN, VINIK, 2003; SHEPHARD, KAVANAGH, MERTENS & YACOB, 1996; JAKICIC, DONNELLY, PRONK, JAWAD & JACOBSEN, 1995). Alguns estudos buscaram estimar o limiar aeróbio (LA) por meio da PSE, tendo constatado que este se encontra entre os pontos 12-15 na Escala de Borg (GREEN, CREWS, BOSAK & PEVELER, 2003; FERICHE, CHICHARRO, VAQUERO, PEREZ & LUCÍA, 1998; MAHON, GAY, STOLEN, 1998; MAHON, DUNCAN, HOWE & DEL CORRAL, 1997; SWAINE, EMMET, MURTY, DICKINSON & DUDFIELD, 1995; HILL, CURETON, GRISHAM & COLLINS, 1989; HILL, CURETON, GRISHAM & COLLINS, 1987).

Além disso, diversos estudos encontram forte relação entre os resultados obtidos no protocolo subjetivo quando comparados a testes diretos, inclusive abrangendo atletas (FRANCHINI, TAKITO, LIMA, HADDAD, KISS, REGAZZINI & BÖHME, 1998; LAJOIE, LAURENCELLE, TRUDEAU, 2000). Outro estudo (MAHLER e ROSTAN, 1990), ainda, apresentou uma correlação significativa entre a FC e a Escala de Borg durante um teste de Conconi na esteira, para determinação do limiar anaeróbio (LAn). A PSE também já foi utilizada para estimar o LL, como no estudo de SNYDER, FOSTER, WOULFE (1989). Outros estudos (STOUDEMIRE, WIDEMAN, PASS, MCGINNIS, GAESSER & WELTMAN, 1996; STEED, GAESSER, WELTMAN, 1994) ainda concluíram que a PSE é uma ferramenta válida para a prescrição de intensidades de treinamento correspondentes às concentrações fixas de 2,5 e de 4,0 mmol.L⁻¹, podendo, portanto, ser uma alternativa acessível para este fim.

Trabalho de BOUTCHER, SEIP, HETZLER, PIERCE, SNEAD & WELTMAN (1992) concluiu que, mesmo após um período de treinamento, a PSE no LAn não apresentou diferenças, apesar de este ocorrer a cargas mais altas após treinamento e ser associado a maiores demandas cardiorrespiratórias e metabólicas absolutas e relativas.

Estudo de SNYDER, FOSTER, WOULFE (1989), com 20 atletas, demonstrou ainda a possibilidade de predição do MEEL através da identificação da intensidade correspondente ao ponto 5 na escala de Borg de 10 pontos e o valor de carga de 87% da FC_{máx} deixando, no entanto, algumas questões em aberto.

A PSE tem se mostrado ser um indicador confiável do nível de esforço físico. A possibilidade de identificação de um limiar de transição a partir da PSE (LPSE) por meio da utilização do método D_{máx} pode agregar valor ao seu emprego, permitindo, talvez, que seja aceito como mais um método de aproximação dos limiares de transição metabólica, especialmente por ser este de forma indireta, não-invasiva e de fácil aplicação.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Pesquisa

Esta é uma pesquisa descritiva, correlacional e com delineamento *Ex-post facto* (THOMAS e NELSON, 2002).

3.2 População e Amostra

A população considerada para este estudo foi de todos os ciclistas devidamente registrados na Confederação Brasileira de Ciclismo (CBC) no ano de 2007.

A amostra foi intencional, não-probabilística e heterogênea, composta de nove sujeitos voluntários, do gênero masculino, com idade igual ou superior a 18 anos e mais de um ano de prática esportiva, de diferentes níveis competitivos: profissional Elite, Sub-23 e Junior, e amador. Foram realizados contatos com dirigentes e atletas de equipes de ciclismo do Estado de São Paulo e, por indicação do técnico ou iniciativa do ciclista em participar do estudo, os nove sujeitos foram selecionados. Todos estavam competindo regularmente em nível nacional e apresentaram similaridade nas fases atuais de treinamento.

Os atletas participantes do estudo tinham uma rotina de treinamento similar, com frequência de quatro a seis sessões de treinamento em bicicleta por semana, com duração entre 1h30 e 4 horas cada. Apenas dois dos sujeitos desenvolviam, paralelamente, treinamento neuromuscular, um deles praticava também natação, e sete deles costumavam se locomover de bicicleta com grande frequência.

3.3 Procedimentos das Coletas e Análises dos Dados

As coletas de dados com todos os atletas foram realizadas em um período de seis semanas, com intervalo médio de uma semana entre o teste de performance de 40 km e o teste de 5 x 5 km em campo. Todos os sujeitos foram informados dos procedimentos e potenciais riscos do estudo e assinaram termo de consentimento conforme protocolo do Comitê de Ética da EEFÉ-USP.

Para a caracterização da amostra, as medidas antropométricas coletadas foram: massa corporal, estatura e medidas de dobras cutâneas – torácica, abdominal e coxa – para determinação do percentual de gordura segundo protocolo de Jackson & Pollock (1978). A avaliação antropométrica foi realizada antes da execução do primeiro teste físico.

3.4 Testes de Campo

A realização dos testes aconteceu em duas visitas distintas ao Campus da USP, e foram divididas de maneira que cinco sujeitos realizaram, inicialmente, o teste de 40 km, seguido em outro dia do teste de 5 x 5 km, ao passo que os quatro outros sujeitos realizaram os testes em ordem inversa. O objetivo desta abordagem foi atenuar o efeito teste sobre os achados do estudo.

O percurso de ambos os testes, com cinco quilômetros de extensão e dentro do Campus da Capital da USP, foi previamente escolhido e calibrado com o auxílio de um profissional especializado em determinação de circuitos de competições. O circuito montado para o teste compreendeu piso de asfalto, curvas – inclusive algumas mais acentuadas, como nos retornos – e inclinação (ative/declive, com altitude em torno dos 700 m acima do nível do mar e variação de até 50 m), conforme situações de treino e de prova comuns aos ciclistas.

Nos dias de avaliação, realizadas aos sábados e domingos com o objetivo de evitar o trânsito de carros e ônibus no campus, sempre no período vespertino, o percurso foi anteriormente reconhecido por cada um dos atletas, e foi demarcado visando a preservar a segurança dos mesmos, bem como evitar quaisquer possíveis

interferências nos testes. A relação de marchas escolhida foi livre, com igual comportamento de utilização mantido em ambos os testes para cada indivíduo.

Imediatamente antes de de cada avaliação, todos os sujeitos receberam explicações padronizadas sobre a utilização da Escala de 15 Pontos de Borg (PSE), de acordo com a metodologia proposta por Borg (2000), assim como sobre o teste em questão.

Em ambos os testes, a coleta de sangue para posterior análise das [La] foi realizada a partir de 25 µl de sangue arterializado (lóbulo da orelha, previamente hiperemiado), tendo sido armazenado em microtubos com adição de 50 µl de fluoreto de sódio e mantido refrigerado abaixo de 3°C. As análises em lactímetro foram realizadas no laboratório em até 72 horas, após calibração do aparelho conforme instruções do fabricante.

3.4.1 Teste de 40 Km

O Teste de Contra-relógio de 40 km foi realizado para avaliação do desempenho esportivo, com registro e análise das variáveis fisiológicas (FC, La, PSE) e de desempenho (velocidade média). Os atletas realizaram um aquecimento progressivo, padronizado, até atingir FC de 120 bpm. Em seguida foram encorajados a pedalar no menor tempo possível por 40 km no circuito previamente determinado, simulando um contra-relógio.

A FC foi monitorada e registrada durante todo o teste; a PSE pela Escala de Borg e a coleta de sangue para determinação da maior concentração de La (Lamáu) foram tomadas ao final do mesmo (minutos 1 e 3).

3.4.2 Teste de 5 x 5 km

O teste de 5 x 5 km constituiu-se de cinco voltas realizadas no circuito de cinco quilômetros, após aquecimento progressivo até que o indivíduo atingisse FC de aproximadamente 120 bpm.

Observações práticas têm demonstrado que, para manutenção do estresse metabólico a que o atleta está sendo submetido, são necessários cerca de 10 bpm em torno da FC correspondente à intensidade pretendida, portanto, após o

aquecimento, cada volta foi percorrida pelos atletas em cinco diferentes intensidades, gradualmente crescentes, com a FC controlada: 135 (130 – 140), 145 (140 – 150), 155 (150 – 160), 165 (160 - 170) bpm e em esforço máximo (simulando um contra-relógio), com 1 minuto de intervalo entre os estágios para registro da FC e da PSE, além de coleta de sangue, conforme metodologia do teste de performance, previamente descrita.

A FC foi registrada por monitor de FC para posterior análise dos dados e identificação dos pontos correspondentes aos LL e ao LPSE.

3.4.2.1 Identificação dos Limiares de Lactato (LL)

Foram utilizados os seguintes critérios de identificação de LL:

a) 1º Limiar de lactato (LL_1)

1) Critério de Berg: O LL_1 foi determinado pelo cálculo do menor valor equivalente da relação $[La]/\text{velocidade}$ (BERG, JACOB, LEHMANN, DICKHUTH, HUBLER & KEUL, 1990) (Figura 2).

FIGURA 2 - Exemplo de determinação do LL_1 pelo critério de Berg

2) Método de 2 mmol.L⁻¹ (LL_2): o limiar foi determinado utilizando-se uma concentração fixa de lactato sanguíneo de 2 mmol.L⁻¹, através de interpolação linear (HECK, MADER, HESS, MÜKE, MÜLLER & HOLLMANN, 1985).

b) 2º Limiar de Lactato (LL_2)

Para o segundo LL (LL_2), foram utilizados seis métodos:

1) Método de 3 mmol.L⁻¹: a partir de uma função linear de 1º grau, com a utilização de dois pontos de [La] adjacentes a 3 mmol.L⁻¹ – a carga correspondente representa o Limiar de 3 mmol.L⁻¹ (LL_3) (NEUMANN, 1991), com identificação através da FC e da PSE;

2) Método de 4 mmol.L⁻¹ (LL_4): o limiar foi determinado utilizando-se uma concentração fixa de lactato sanguíneo de 4 mmol.L⁻¹, através de interpolação linear (HECK, MADER, HESS, MÜKE, MÜLLER & HOLLMANN, 1985).

3) Critério de Berg: a partir do cálculo do LL_1 pela relação [La]/velocidade, acrescentou-se 1,5 ao valor mais baixo desta divisão, obtendo-se a estimativa do LL_2 (BERG, JACOB, LEHMANN, DICKHUTH, HUBLER & KEUL, 1990).

4) Método $D_{\max}FC$ – foi determinado pelo ajuste dos pontos da FC em uma função polinomial de terceira ordem; posteriormente, foi empregado um ajuste linear ligando os dois extremos da curva, obtendo-se uma reta. O ponto mais distante entre as duas linhas foi então denominado $D_{\max}$ (KARA, GOKBEL, BEDIZ, 1996) (Figura 2).

FIGURA 3 - Exemplo de identificação do $D_{\max}$ pelo critério de KARA, GOKBEL, BEDIZ (1996)

5) $D_{\max}La$ - os valores de [La] de cada volta foram plotados em um gráfico contra os valores de FC da respectiva volta. O método $D_{\max}$ (PIRES, LIMA-

SILVA, GAGLIARDI, BARROS & KISS, 2006; BAPTISTA, OLIVEIRA, FIGUEIREDO, CONTIERI, LOSS & OLIVEIRA, 2005; NICHOLSON e SLEIVERT, 2001; CHENG, KUIPER, SNYDER, KEISER, JEUKENDRUP & HESSELING, 1992) foi então utilizado, conforme anteriormente descrito, para obter-se a maior distância entre a reta confeccionada e a curva de lactato, a qual foi considerada o ponto de limiar de lactato, registrando-se o valor correspondente à FC.

6) D_{máx}PSE - O método D_{máx} também foi utilizado para PSE (FRONCHETTI, DE-OLIVEIRA, DOS SANTOS, PIOVEZANA, CAMBRI, LIMA-SILVA & FERNANDES, 2006; PIOVEZANA, DE-OLIVEIRA, STUPP, FRONCHETTI & DOS SANTOS, 2006; SABINO, 2006; ZUNINO, 2006;), aplicando-se os mesmos ajustes para encontrar a D_{máx}PSE e a D_{máx}FC em função da velocidade, registrando-se seus valores correspondentes.

FIGURA 4 - Representação das técnicas de LL4 (AT4) e D_{máx} para determinação do limiar de lactato

3.5 Instrumentos de Medida

Na avaliação antropométrica, foram utilizados balança mecânica com precisão de 10 gramas (peso) e estadiômetro fixo com precisão de 1 milímetro

(estatura), ambos Filizola® (Filizola®, Brasil) além de compasso de dobras cutâneas Sanny® (American Medical do Brasil®, Brasil) com precisão de 0,2 milímetro.

Em ambos os testes de campo, a FC foi monitorada e registrada por monitor de FC Polar® (modelos S720i e S725i, Polar Electro™, Finlândia), com dados transferidos por interface a um microcomputador para posterior análise e ajustes pelo programa Polar Precision Performance® (versão SW 3.0, Polar Electro™, Finlândia) (Figura 4).

Após assepsia local com uso de material descartável, o sangue para análise das [La] foi coletado no lóbulo da orelha, previamente hiperemiado com Finalgom®. As amostras foram mantidas refrigeradas a 3°C por até 72 horas e então analisadas em lactímetro YSI 1500 (Yellow Springs®, EUA), calibrado conforme instruções do fabricante.

FIGURA 5 - Exemplo de gráfico gerado pelo programa Polar Precision Performance® a partir dos dados registrados no teste progressivo de 5 x 5 km. A linha vermelha representa o comportamento da FC durante o teste e a linha marrom indica a altimetria do percurso.

3.6 Controle de Variáveis

Com o intuito de minimizar interferências nas avaliações, foi recomendado que os atletas não treinassem nas 24 horas anteriores ao teste, sendo permitida

apenas a realização de atividades físicas de baixa intensidade. Além disso, foram evitadas situações extremas para a realização dos testes, como vento e chuva fortes. A temperatura em todos os dias de avaliação variou entre 23 e 26°C, próxima daquela que os atletas costumam encontrar nas sessões de treino, com umidade relativa do ar em torno de 55%.

Os atletas foram igualmente orientados a manter suas dietas-padrão e evitar, por 12 horas antes do teste, o consumo de álcool, além de bebidas com cafeína e medicamentos (somente aqueles que pudessem ser interrompidos conforme instruções do médico do atleta – em caso contrário, foram anotados nome, horário, via de administração e dosagem do medicamento). Foi permitida a ingestão de líquidos, principalmente água, imediatamente antes e durante a realização dos testes.

3.7 Tratamento Estatístico

Todas as variáveis deste estudo serão apresentadas na forma de média $\pm$ desvio-padrão e foram calculadas através dos pacotes estatísticos SPSS® (versão 13.0, SPSS Inc., EUA) e Statistica® (versão 6.0, StatSoft, EUA).

Antes do uso de testes paramétricos, o grau de normalidade da amostra foi determinado a partir do teste Kolmogorov-Smirnov. Devido ao reduzido n da amostra, a comparação entre as médias de limiares foi realizada pelo teste de Friedman.

A comparação entre os métodos de identificação dos limiares em campo foi realizada através de ANOVA de Um Fator; possíveis diferenças, identificadas com a aplicação do *post hoc* de Sheffé. Para comparação das relações entre os limiares e os parâmetros de desempenho foi utilizada a análise de correlações de Pearson.

Para todas as análises, o nível de significância considerado foi de $p < 0,05$.

4 RESULTADOS

4.1 Amostra

Todos os nove atletas que constituíram a amostra realizaram ambos os testes em semelhantes condições de equipamentos, com bicicletas próprias (*Look*®, EUA; *Pinarello*®, Itália; *Cannondale*®, EUA; *Volare*®, Brasil; *Aerotech*®, Taiwan; peso médio $9,4 \pm 1,0$ kg), fazendo uso de capacete, sapatilha com *clip* e vestimentas adequadas. Não foi utilizado o *clip* de guidão para a realização do contra-relógio de 40 km ou no teste de 5 x 5 km.

As características morfológicas e o tempo de experiência com ciclismo dos sujeitos são apresentadas na Tabela 1 (média, desvio-padrão, valor mínimo e valor máximo).

TABELA 1 - Características morfológicas e tempo de experiência

	Média	dp	Mín.	Máx.
Idade (anos)	29	9,4	18	45
Peso (kg)	66,3	10,6	50,5	88,5
Estatuta (cm)	173,8	6,5	166	184,5
DCtórax (mm)	10,3	7,1	4,2	28
DCabd (mm)	22,2	14	7	47,1
DCcx (mm)	14,4	7,8	6,4	34,4
%G	13,3	8,2	3,2	27,5
tEXP. (anos)	15,3	6	5	25

4.2 Testes de Campo

Respeitando-se o princípio da especificidade, foi permitido aos ciclistas que alterassem a relação de marchas conforme preferissem; a cadência mantida foi aquela normalmente utilizada em treinamentos e competições (entre 90 e 120 rpm). Estes comportamentos foram mantidos para cada indivíduo em ambos os testes.

A distribuição dos dados foi normal, conforme o teste de Kolmogorov-Smirnov, com o nível de significância considerado maior que 0,20.

4.2.1 Teste de 40 km

Os resultados obtidos no teste de contra-relógio de 40 km para avaliação do desempenho estão apresentados abaixo, na Tabela 2.

TABELA 2 - Valores obtidos no teste de 40 km

	Média	dp	Mín.	Máx.
Vel40 (km.h⁻¹)	32,2	2,6	27,1	35,8
FC40 (bpm)	174	7	163	183
La_{máx} (mmol.L⁻¹)	3,79	1,5	1,62	6,39
PSE40 (pontos)	16	1	13	17

Na Tabela 3 são apresentadas as relações encontradas entre as variáveis determinantes de desempenho, obtidas pelo teste de 40 km, e variáveis preditoras de desempenho, como o LL3 e o LL4, determinados a partir do teste de 5 x 5 km. A PSE40 e a FC40 também mostraram relação entre si ($r = 0,70$).

TABELA 3 - Relação entre as variáveis determinantes do desempenho no teste de 40 km e variáveis preditoras de desempenho – Correlação de Pearson

	LL3	LL4	FC40	PSE40
Vel40 (km.h⁻¹)	-0,05	0,72*	-0,29	-0,14
FC40 (bpm)	-0,15	-0,05	-	0,70*
La_{máx} (mmol.L⁻¹)	-0,82*	-0,01	0,19	-0,17
PSE40 (pontos)	0,36	0,01	0,70*	-

* $p < 0,05$

4.2.2 Teste de 5 x 5 Km

Os valores obtidos a partir dos testes de 5 x 5 km em campo são descritos a seguir, conforme a variável analisada.

4.2.2.1 Limiares de Lactato (LL)

a) 1º Limiar de Lactato (LL₁)

A Tabela 4 apresenta os valores de LL₁ de acordo com o critério de Berg (Berg1) e com a concentração fixa de 2 mmol.L⁻¹ (LL2), com correspondentes valores de velocidade, FC e PSE. A média ($\pm$ dp) da [La] determinada pelo critério de Berg foi $1,76 \pm 1,32$ mmol.L⁻¹, apresentando correlação significativa ($p < 0,05$) com o D_{máx}La ($r = 0,88$).

Ambos o Berg1 e o LL2 apresentaram correlação significativa ($p < 0,05$) com a FC no limiar de 3 mmol.L⁻¹ (FC3), com $r = -0,73$ e $r = 0,69$, respectivamente. A FC correspondente ao LL2 (FC2) apresentou correlação ($p < 0,05$) com a FC3 ($r = 0,79$), com a PSE2 ($r = 0,71$), com a PSE3 ($r = 0,80$) e com a PSE4 ($r = 0,70$). A PSE correspondente ao LL2 (PSE2) também apresentou correlação significativa ($p < 0,05$) com a PSE3 ($r = 0,78$) e com o DmáxFC ($r = -0,72$).

Não houve diferença significativa entre os valores de velocidade obtidos por ambos os métodos de determinação do LL₁.

TABELA 4 - Valores referentes ao LL₁ de acordo com o Critério de Berg (Berg1) e com a Concentração Fixa de 2 mmol.L⁻¹ (LL2)

	Média	dp	Mín.	Máx.
Berg1 (mmol.L ⁻¹)	1,76	1,32	0,57	4,17
Berg1Vel (km.h ⁻¹)	27,2*	4,1	21,9	30,9
Berg1FC (bpm)	142	10	130	162
Berg1PSE (pontos)	9	2	7	13
VeLL2 (km.h ⁻¹)	26,3*	2,6	24,1	30,5
FC2 (bpm)	145	18	104	164
PSE2 (pontos)	10	3	4	17

* Diferença não significativa

b) 2º Limiar de Lactato (LL₂)

Foram empregados seis diferentes métodos de determinação do 2º limiar de lactato (LL₂): critério de Berg (Berg2), Concentração Fixa de 3 (LL3) e de 4 mmol.L⁻¹ (LL4), DmáxFC, DmáxLa e DmáxPSE. Por interpolação linear, foram estabelecidos os valores correspondentes para velocidade (km.h⁻¹), FC (bpm), [La] (mmol.L⁻¹) e PSE (pontos). Abaixo, a Tabela 5 apresenta estes resultados, com diferença significativa entre os valores de velocidades entre os seis métodos.

TABELA 5 - Valores de LL₂ de acordo com os diferentes métodos empregados (média ± dp)

	Método Utilizado					
	Berg2	LL3	LL4	DmáxFC	DmáxLa	DmáxPSE
Vel (km.h ⁻¹)	28,1 ± 2,3	26,5 ± 4,1	29,8 ± 3,8	26,4 ± 3,4	28,5 ± 4,4	25,6 ± 3,3
FC (bpm)	160 ± 11	159 ± 18	168 ± 14	156 ± 9		
[La] (mmol.L ⁻¹)	3,26 ± 1,3	3	4		3,62 ± 3,12	
PSE (pontos)	11 ± 2	11 ± 3	12 ± 3			10 ± 3

Critério de Berg (Berg2): o Berg2 apresentou correlação significativa ($p < 0,05$) com o LL4, com $r = 0,68$.

Concentrações Fixas de $[La]$ 3 e de 4 mmol.L^{-1} : para a determinação dos LL a partir das concentrações fixas de 3 (LL3) e de 4 mmol.L^{-1} (LL4), foram determinadas a velocidade média e sua respectiva $[La]$ por interpolação linear, a partir do que foi possível identificarem-se, igualmente, os respectivos valores de FC e de PSE. Os resultados são apresentados na Tabela 6. O LL3 apresentou correlação significativa com o $La_{\text{máx}}$ do teste de desempenho ($r = -0,82$), ao passo que o LL4 mostrou correlação ($p < 0,05$) com a FC4 ($r = 0,71$), com o $D_{\text{máx}}FC$ ($r = 0,68$) e com a Vel40 (0,75) (Figura 5). Além das variáveis apresentadas anteriormente no LL₁, a FC3 também mostrou correlação significativa ($p < 0,05$) com a PSE3 ($r = 0,73$) e, esta, com a PSE4 ($r = 0,87$).

TABELA 6 - Velocidades de limiar de 3 e de 4 mmol.L^{-1} , FC e PSE nos pontos de LL3 e LL4

	Média	dp	Mín.	Máx.
VLL3 (km.h^{-1})	26,5	3,9	18,6	33,1
VLL4 (km.h^{-1})	29,8	3,8	25,8	35,7
FC3 (bpm)	159	7	132	185
FC4 (bpm)	168	14	144	190
PSE3 (pontos)	11	3	6	14
PSE4 (pontos)	12	3	6	17

$D_{\text{máx}}[La]$ apresentou correlação significativa ($p < 0,05$) com o Berg1 e o Berg2 (com $r = 0,88$ para ambos) e com a FCL4 ($r = -0,70$), ao passo que o $D_{\text{máx}}FC$ e o $D_{\text{máx}}PSE$ apresentaram alta correlação significativa ($p < 0,05$) entre si, com $r = 0,93$.

FIGURA 6 - Relação entre o LL4 e a Vel40 ($r = 0,72$) para todos os sujeitos

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O presente estudo teve por objetivo principal obter evidências de validade da identificação de limiares de transição metabólica (LTM) em ciclistas, realizando apenas testes de campo e utilizando, para tanto, distintos métodos já reportados na literatura.

Algumas estratégias simplificadas de estimativa dos limiares de transição metabólica, visando a ampliar sua utilização na prática de avaliação física e na prescrição do exercício físico, têm sido abordadas por diversos estudos. Dentro deste contexto, alguns trabalhos recentes (FRONCHETTI, DE-OLIVEIRA, DOS SANTOS, PIOVEZANA, CAMBRI, LIMA-SILVA & FERNANDES, 2006; PIOVEZANA, DE-OLIVEIRA, STUPP, FRONCHETTI & DOS SANTOS, 2006; SABINO, 2006; ZUNINO, 2006) sugeriram a existência de um limiar de PSE (LPSE), identificado a partir da aplicação do método $D_{máx}$. De acordo com o apresentado por estes, o LPSE foi encontrado pelo mesmo método em sete dos nove sujeitos da nossa amostra, sugerindo sua existência, mas não apresentando evidência de validade como limiar de transição metabólica, pois não teve correlação com o desempenho.

No presente trabalho, confirmamos a associação do $D_{máx}FC$ com o $D_{máx}PSE$, com um r de 0,93, assim como a FC_{40} apresentou alta correlação com a PSE_{40} . Esta relação FC vs. PSE já foi demonstrada em estudos anteriores (SABINO, 2006; ZUNINO, 2006), de modo que os resultados sugerem a validade da utilização da escala de PSE para controle e prescrição do exercício, especialmente se levados em conta o baixo custo e a alta acessibilidade deste método. Uma questão ainda não apresentada nos poucos estudos existentes com utilização do método $D_{máx}PSE$ é, contudo, a existência de mudanças nesta relação com a evolução do treinamento físico, havendo, portanto, uma lacuna a ser investigada em estudos futuros.

PIOVEZANA, DE-OLIVEIRA, STUPP, FRONCHETTI & DOS SANTOS (2006), a partir da utilização dos métodos $D_{máx}$ e Análise Visual, identificaram o LPSE e concluíram que este se encontra na mesma faixa de intensidade do LL_1 .

Com base na observação dos resultados, surgiu uma questão quanto à aplicação deste marcador – seria o LPSE um indicador de LL₁ ou, conforme indicaram estes dados, de LL₂? Trabalho de SILVA, DIAS, FRANCO, LIMA & NOVAES (2005) corrobora esta dúvida, uma vez que apresentou forte relação entre o LA e a PSE. Estando o LA na mesma faixa de intensidade que o LL₁ – o domínio fisiológico moderado – talvez tenhamos de reconsiderar o LPSE como um indicador deste limiar de transição metabólica.

De acordo com SILVA, DIAS, FRANCO, LIMA & NOVAES (2005), o LA situa-se entre os pontos 12-15 da Escala de Borg, corroborando com nossos resultados. No presente estudo, os valores (média $\pm$ dp) de PSE encontrados pelo método DmáxPSE foram 10 ± 3 – diferente do que apresentaram estes colegas, porém, exatamente iguais àqueles obtidos por interpolação linear para a concentração fixa de $2 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ (média $\pm$ dp), que é um indicador de LL₁. A velocidade no DmáxPSE ($25,6 \pm 3,3 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, média $\pm$ dp) situa-se entre os valores de velocidade obtidos pelos métodos Berg1 e LL2: $24,5 \pm 1,9$ e $26,3 \pm 2,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, respectivamente (média $\pm$ dp), sem diferença significativa entre si. Aplicando o método de identificação visual do LPSE e o matemático DmáxPSE a partir de testes em cicloergômetro, FRONCHETTI, DE-OLIVEIRA, DOS SANTOS, PIOVEZANA, CAMBRI, LIMA-SILVA & FERNANDES (2006) encontraram associação significativa entre os valores obtidos por ambos os métodos, porém, em domínio fisiológico distinto do LL₂, sendo considerada uma variável discriminadora de capacidade aeróbia. Embora utilizando-se da Escala de Borg de 10 Pontos, diferentemente de nosso estudo, em que utilizamos a Escala de 15 Pontos, e com populações evidentemente diferentes, os resultados encontrados corroboram nossos achados. Além disso, conforme levantado por CHEN, XITAO, SONDRÁ (2002), as situações em que a PSE pôde ser validada contra uma variável fisiológica com maiores valores de correlação foram aquelas em que se utilizou a Escala de 15 Pontos de Borg, especialmente se associada à medida das [La], como fizemos em nosso estudo.

Ainda no que diz respeito a esta questão e em consideração a outros marcadores de LTM, de acordo com PIOVEZANA (2007), quando assumimos a existência de dois pontos de transição fisiológica, é difícil identificar para qual destes se aproximaram o DmáxFC e o DmáxLa. Em seu estudo com atletas de basquete

portadores de necessidades especiais, a autora concluiu que, pelo percentual da velocidade máxima em que estes marcadores ocorreram (84,9% e 84,5% do pico de velocidade), seria razoável esperar que $D_{\text{máxFC}}$ e $D_{\text{máxLa}}$ fossem aproximações do 2º LTM. As evidências de que o $D_{\text{máxLa}}$ e as $[La]$ de $3 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ sejam aproximações do MEEL corroboram esta proposição (VAN SCHUYLENBERGH, EYNDE, HESPEL, 2004; BENEKE, 1995), reforçada ainda por nossos resultados: em nosso estudo, os valores da velocidade no $D_{\text{máxFC}}$ apresentaram-se muito próximos dos valores no LL3, em conformidade, portanto, com as referências anteriores.

No presente trabalho, o LL_1 foi determinado a partir de dois métodos distintos e já descritos anteriormente na literatura: o Critério de Berg (Berg1) e a Concentração Fixa de $2 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ (LL2). O Berg1 permite uma avaliação mais individualizada, tendo em vista que leva em consideração o menor valor da razão $La/carga$ para cada sujeito; o LL2, tem sido apresentado, por diversos e diferentes tipos de estudos, como um importante e válido referencial do 1º limiar de lactato, embora criticado em função da pouca individualização que os protocolos de cargas fixas permitem.

Nossos resultados demonstraram valores de LL_1 por meio de ambos os métodos muito similares, permitindo-nos inferir que, a despeito das divergentes metodologias, tanto o critério de Berg, quanto a Concentração Fixa de $2 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ são marcadores válidos para aproximação do 1º LTM.

Para determinação do LL_2 , foram utilizados seis diferentes métodos, todos amplamente descritos na literatura: Critério de Berg (Berg2), Concentração Fixa de 3 (LL3) e de $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ (LL4), $D_{\text{máxFC}}$, $D_{\text{máxLa}}$ e $D_{\text{máxPSE}}$. Mesmo com a heterogeneidade da amostra deste estudo e com a aplicação de vários métodos, os valores correspondentes de velocidade para o LL_2 apresentaram-se próximos, mas com diferenças significativas.

Dentre todas as relações encontradas entre as variáveis determinantes de desempenho e as variáveis preditoras de desempenho do presente estudo, a única significativa é a relação entre a velocidade correspondente no LL4 (V_4) e a Vel_{40} ($r = 0,72$), conforme registros anteriores na literatura (DE-OLIVEIRA, 2004; HARNISH, SWENSEN, PATE, 2001; BALIKIAN JR. e DENADAI, 1996; COYLE, 1988). O limiar determinado pelos outros métodos não foi significativamente associado ao

desempenho (com r entre -0,05 e 0,31), portanto, apenas o LL4 poderia prever o desempenho no Teste de 40 km.

Tão importante quanto este achado foi o valor do erro-padrão de estimativa da Vel40 a partir do LL4 (com $R = 0,72$ e $R^2 = 0,52$), de apenas 1,9%. Com base em nosso mais amplo conhecimento da literatura, podemos afirmar que este é, até o presente, o menor erro-padrão já publicado para estimativa de desempenho de ciclistas em testes de campo, sendo um modelo de predição preliminar satisfatório, apesar da possibilidade de ter sido apresentado em função do reduzido número de nossa amostra.

Além disso, poucos estudos tiveram todas as suas etapas realizadas em campo, perdendo em algum momento um pouco da sua especificidade – especialmente se considerarmos a resistência do ar (aerodinâmica) e a resistência de rolamento altamente presentes no ciclismo de estrada, o que pode consideravelmente interferir no desempenho dos atletas e resultados dos testes, uma vez que são as maiores resistências que um ciclista tem de vencer enquanto pedala (FARIA, PARKER, FARIA, 2005b). Considerados estes aspectos, um erro-padrão baixo como o que obtivemos para estimativa da Vel40 a partir de LL4 agrega grande valor ao presente trabalho.

Em estudo com corredores, TOKMAKIDIS, LÉGER, PILIANIDIS (1998) compararam vários métodos e critérios para identificar o LL₂ e verificaram que a intensidade correspondente a este limiar está entre 79 e 91% da intensidade de pico na corrida e, ainda, que embora exista uma grande variação dependente do critério utilizado, todos estes são altamente correlacionados entre si ($r > 0,92$) e com o desempenho na corrida dos 10, 15, 20 e 42 km (com valores de r entre 0,83 e 0,98).

De acordo com SWENSEN, HARNISH, BETTMAN & KELLER (1999), investigando ciclistas, a Vel40 representa 90% da velocidade média obtida no contra-relógio de 5 km, achado posteriormente confirmado por HARNISH, SWENSEN, PATE (2001), confirmando a validade do teste de contra-relógio de 40 km para estimativa do MEEL, uma vez que tal intensidade seria correspondente a este indicador fisiológico. Diversos estudos (HOLLMANN, ROST, LIESEN, DUFAUX, HECK & MADER, 1981; SJÖDIN e JACOBS, 1981; KINDERMANN, SIMON, KEUL, 1979) relacionam o 2º LTM à [La] fixa de 4 mmol·L⁻¹, a qual parece ser uma boa

referência de 2º LTM para ciclistas de estrada e outros atletas em que a capacidade aeróbia é um importante determinante do desempenho.

No estudo de SWENSEN, HARNISH, BETTMAN & KELLER (1999), foi encontrada uma forte relação entre a velocidade média no MEEL e variáveis correspondentes no contra-relógio de 40 km (CR40 km), sugerindo que o CR40 km seja realizado em intensidade similar àquele em que o MEEL ocorre. Estudo de CHICHARRO, CARVAJAL, PARDO, PÉREZ & LUCÍA (1999) reforça que a intensidade em que o OBLA acontece parece ser aquela em que ciclistas realizam exercício contínuo, conforme anteriormente apontado por HECK, MADER, HESS, MÜKE, MÜLLER & HOLLMANN (1985) e reforçando nosso achado de que o LL4 está relacionado com a Vel40. HARNISH, SWENSEN, PATE (2001) apontaram, ainda, a validade do CR 40 km para estimativa do MEEL, uma vez que tal intensidade seria correspondente a este indicador fisiológico. O LL4, portanto, apresenta-se como uma variável válida para predizer o desempenho no CR40 km. Além disso, esta afirmação é reforçada pelo fato que, a despeito das críticas à falta de individualização gerada pela utilização de concentrações fixas de lactato, dentre as diversas metodologias disponíveis para a obtenção do LL, a sugerida pelo estudo de HECK, MADER, HESS, MÜKE, MÜLLER & HOLLMANN (1985) pode ser considerada uma das mais fundamentadas e suportada em um modelo teórico consistente, haja vista que, entre outros resultados, a possibilidade de se identificar o equilíbrio dinâmico das [La] a partir de teste incremental no referido trabalho foi testada e confirmada.

KENEFICK, MATTERN, MAHOOD & QUINN (2002) afirmaram, em seu estudo com ciclistas de nível regional, que as variáveis fisiológicas no LL₂ não representam a intensidade do CR no ciclismo. Seus resultados, no entanto, foram obtidos e analisados a partir da realização de um CR de 20 km, que é uma distância extra-oficial. De acordo com o descrito por PADILLA, MUJICA, ORBAÑANOS & ANGULO (2000), esta seria uma distância correspondente a um contra-relógio curto (menor que 40 km), ao passo que a distância oficial da UCI para este tipo de prova é de 40 a 50 km para homens e 20 a 30 km para mulheres em campeonatos do Mundo e Jogos Olímpicos (UNION CYCLISTE INTERNATIONALE, 2008). Deste modo, podemos concluir que, ao realizar um teste com distância significativamente inferior

àquela comumente percorrida, as variáveis fisiológicas por eles estudadas (La , FC e %FCmáx, VO_2 e % VO_2 máx e potência) apresentassem valores acima dos já conhecidos e anteriormente descritos na literatura, refletindo maior intensidade do esforço em menores distância e tempo. PADILLA, MUJICA, ORBAÑANOS & ANGULO (2000) descreveram que nem sempre um CR é realizado no maior ritmo possível. KENEFICK, MATTERN, MAHOOD & QUINN (2002) confirmaram que a intensidade e a potência no CR são livremente escolhidas pelos atletas em busca de um desempenho ótimo, no entanto, com base em alguns estudos que sugerem que esta intensidade possa ser substancialmente mais alta que a intensidade no LAn. Dentre estas referências, porém, apenas um estudo envolveu ciclistas profissionais, ao passo que os demais foram realizados com triatletas e ciclistas mulheres de categoria Master.

Em acordo com a baixa associação entre $DmáxLa$ e $DmáxFC$ obtidas por nossos resultados, estudo realizado por CAMPOS em 2004, com corredores, não observou associação significativa para FC e velocidade no $DmáxLa$ em teste progressivo de distâncias fixas e $DmáxFC$, com valores médios de $[La]$ de $3,4 \text{ mmol.L}^{-1}$ no $DmáxLa$, similares aos nossos ($3,6 \pm 3, 1 \text{ mmol.L}^{-1}$). O $DmáxFC$ apresentou correlação significativa, no entanto, com a FC4. Os ajustes polinomiais realizados pela aplicação do método $Dmáx$ nos permitem afirmar, ainda, que existe uma relação curvilínea entre a FC e a PSE, conforme já descrito em estudos anteriores (PIOVEZANA, 2007; FRONCHETTI, DE-OLIVEIRA, DOS SANTOS, PIOVEZANA, CAMBRI, LIMA-SILVA & FERNANDES, 2006; PIOVEZANA, DE-OLIVEIRA, STUPP, FRONCHETTI & DOS SANTOS, 2006; ZUNINO, 2006).

Os valores de FC4 ($168 \pm 14 \text{ bpm}$) e V4 ($29,8 \pm 3,8 \text{ km.h}^{-1}$) obtidos no presente trabalho ainda apresentam-se inferiores àqueles apresentados por BALIKIAN JR. e DENADAI (1996) em teste de campo para ciclistas (teste e reteste, respectivamente: $171 \pm 13,0 \text{ bpm}$ e $35,9 \pm 1,4 \text{ km.h}^{-1}$; $173,0 \pm 35 \text{ bpm}$ e $35,5 \pm 1,4 \text{ km.h}^{-1}$), apesar dos diferentes protocolos de teste e métodos utilizados para sua determinação. Há de se considerar, igualmente, que os registros referentes ao CR40 km do estudo citado foram coletados durante uma competição, o que pode, parcialmente, explicar a diferença existente entre os resultados acima descritos. Fatores intrínsecos, como ansiedade pré-competição, além de extrínsecos, como

vento ou participação no pelotão, podem influenciar significativamente nos valores de FC e de velocidade. Além disso, em nosso estudo foi realizado um CR individual, o que exclui o fator pelotão, dos resultados obtidos. A participação no pelotão é conhecida por permitir ao atleta manter o ritmo e a intensidade com menor esforço, resultando em menores valores de FC e maiores de velocidade (PADILLA, MUJICA, ORBAÑANOS & ANGULO, 2000).

A FC40 apresentada em nossos resultados, contudo, está de acordo com aquelas apresentadas pelos estudos de BALIKIAN JR. e DENADAI (1996) para o teste de contra-relógio de 40 km. Da mesma maneira, encontra-se próxima à FC fixa sugerida por CHICHARRO, CARVAJAL, PARDO, PÉREZ & LUCÍA (1999), de 175 bpm, para estimar o OBLA de ciclistas amadores – com nível mais próximo daquele de nossa amostra –, reforçando a idéia de que esta intensidade do teste de 40 km representaria a intensidade correspondente àquela do 2º LTM anteriormente descrita.

Especialmente explicada pela pouca similaridade de características entre as amostras, entretanto, as velocidades médias (Vel40) da maior parte dos estudos que pudemos observar (HARNISH, SWENSEN, PATE, 2001; PADILLA, MUJICA, ORBAÑANOS & ANGULO, 2000; CHICHARRO, CARVAJAL, PARDO, PÉREZ & LUCÍA, 1999; SWENSEN, HARNISH, BETTMAN & KELLER, 1999; BALIKIAN JR. e DENADAI, 1996) apresentam distintos valores, da mesma maneira que a V4. Ainda assim, porém, as Vel40 de todos os grupos estudados representam, para seus sujeitos, valores correspondentes à intensidade correspondente ao 2º LTM, condizendo com o observado na literatura e, na prática, por ciclistas e treinadores: os atletas realizam a prova em intensidade correspondente à do limiar anaeróbio.

Os valores de Vel40 obtidos pela nossa amostra são também reflexo absoluto da presença de curva no percurso, que obrigava os ciclistas a diminuírem a velocidade em dado momento, além da diferença no nível técnico entre os sujeitos, tendo em vista que grande parte da literatura nesta área refere-se a estudos realizados com ciclistas das melhores equipes européias, líderes do ranking mundial, ao passo que a nossa amostra foi constituída de ciclistas de nível nacional. Embora cada vez mais ciclistas brasileiros estejam sendo contratados por equipes de toda a Europa (especialmente Itália), onde estão as melhores do mundo, a diferença no nível técnico/competitivo ainda é um empecilho para que o Brasil possa participar de

maiores disputas e alcançar melhores colocações no cenário mundial. O Brasil não tem, por exemplo, equipe alguma entre as 20 primeiras colocadas no Ranking ProTour da UCI de 2007, liderado por uma equipe dinamarquesa, seguida de uma alemã e outra italiana. No ranking por países, cuja primeira colocada é a Espanha, seguida de Itália em segundo e Bélgica em terceiro lugar, o Brasil sequer pontua. Por outro lado, no entanto, no Ranking UCI das Américas, o Brasil foi em 2007 o país líder, seguido pela Colômbia e pela Venezuela (UNION CYCLISTE INTERNATIONALE, 2008), países americanos com grande tradição no ciclismo, refletindo o desenvolvimento da modalidade no país e os investimentos crescentes que vêm recebendo nos últimos anos. Fatores como os equipamentos utilizados quando da realização dos testes (bicicletas da mais alta qualidade disponível no mercado, com alta tecnologia, aerodinâmica e leveza de material, por exemplo) também explicam parcialmente as diferenças encontradas.

A utilização de diferentes métodos para a determinação de um limiar fisiológico freqüentemente justifica as diferenças encontradas entre resultados de estudos, contudo, especialmente devido à grande variabilidade entre as condições de testes (laboratório ou teste de campo, categorias diferentes, nível profissional ou amador, resistência que o ciclista deve enfrentar nas configurações em laboratório ou a resistência variável em campo), torna-se mais complexo comparar os valores que representam a intensidade do exercício e justificar algumas diferenças entre os dados presentes e previamente publicados.

6 CONCLUSÕES

A partir dos resultados observados em nosso estudo, podemos reforçar a possibilidade de utilização do LL4 como referencial preditor de desempenho em teste de campo para ciclistas de estrada, com valores correspondentes de FC muito próximos àqueles comumente encontrados tanto na literatura, quanto em observações práticas de rotinas de treinamentos e competições. Entretanto, de modo contrário, neste estudo os limiares de FC e de PSE não apresentaram-se válidos para predizer o desempenho, assim como suas relações com a velocidade não parecem indicar limiares de transição metabólica. Existem, ainda, associações significativas entre FC e PSE e entre La e FC.

6.1 Sugestões

Sugere-se a realização de estudo similar em ciclistas profissionais e *mountain bikers*, com ampliação do número de sujeitos da amostra, com o objetivo de obter evidências de validade da determinação dos limiares de lactato, frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço, através da comparação de variáveis de diversos critérios de limiares de lactato. Seria de igual interesse comparar estas duas especialidades do ciclismo e confrontar os valores obtidos para ambas. Além disso, é interessante verificar, além da velocidade e das respostas fisiológicas, a potência produzida nestes testes, com determinação da sensibilidade destes aos efeitos de treinamento.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO, E. O.; KRAEMER, R. R.; HALTOM RW; TRYNIECKI JL. Percentual responses proximal to the onset of blood lactate accumulation. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, v. 43, n. 3, p. 267-73, 2003.

ACHTEN, J.; JEUKENDRUP, A. E. Heart Rate Monitoring: Applications and Limitations. Sports Medicine, v. 33, n. 7, p. 5117-538, 2003.

ÄSTRAND, P. O.; SALTIN, B. Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity. Journal of Applied Physiology, v. 16, p. 977-981, 1961.

ÄSTRAND, P. O.; RODAHL, K. Textbook of Work Physiology. New York: McGraw-Hill, 1977.

BALIKIAN, J. R. P.; DENADAI, B. S. Aplicações do limiar anaeróbio determinado em teste de campo para o ciclismo: comparação com valores obtidos em laboratório. Motriz, v. 2, n. 1: p. 26-31, 1996.

BAPTISTA, R. R.; OLIVEIRA, L. G.; FIGUEIREDO, J. B.; CONTIERI, J. R.; LOSS, J. F.; OLIVEIRA, A. R. Limiar de Lactato em remadores: comparação entre dois métodos de determinação. Revista Brasileira de Medicina do Esporte, v. 11, n. 4, p. 247-250, 2005.

BAPTISTA, R. R.; OLIVEIRA, L. G.; FIGUEIREDO, J. B.; OLIVEIRA, A. R. Comparação entre a determinação do limiar de lactato em remadores pelos métodos D_{máx} e limiar de 4,0 mmol.L⁻¹. Revista Brasileira de Medicina do Esporte, v. 9, Supl. 1, S57, 2003.

BARBEAU, P.; SERRESSE, O.; BOULAY, MR. Using maximal and submaximal aerobic variables to monitor elite cyclists during a season. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 25, n. 9, p. 1062-9, 1993.

BEAVER, W. L.; WASSERMAN, K.; WHIPP, B. J. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. Journal of Applied Physiology, v. 60, p. 2020-7, 1986.

BENEKE, R.; HOFMANN, CH.; STRAUB, N.; HARTWIG, F.; HOFFMANN, K.; BEHN, C. Maximal lactate steady-state depends on sports discipline. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 25, n. 5, s66, 1993.

BENEKE, R. Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 27, p. 863-7, 1995.

BERG, A.; JACOB, E.; LEHMANN, M.; DICKHUTH, H. H.; HUBLER, C.; KEUL, J. Aktuelle aspekte der modernen ergometrie. Pneumologie, v. 44, p. 2-13, 1990.

BILLAT, L. V. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. Sports Medicine, v. 22, p. 157-75, 1996.

BODNER, M. E.; RHODES, E. C.; COUTTS, K. D. Reliability of a mathematical model to reproduce heart rate threshold and the relationship to ventilatory threshold. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 30, p. 320, 1998.

BORCH KW, INGER F, LARSEN S, TOMTEM SE. Rate of accumulation of blood lactate during graded exercise as a predictor of "anaerobic threshold". Journal of Sports Science, v. 11, p. 49-55, 1993.

BORG, G. Escalas de Borg para a dor e o esforço percebido. São Paulo: Editora Manole, 2000.

BORG, G. Psychophysical bases of perceived exertion. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 14, p. 377-81, 1982.

BOUTCHER, S. H.; SEIP, R. L.; HETZLER, R. K.; PIERCE, E. F.; SNEAD, D.; WELTMAN, A. The effects of specificity of training on rating of perceived exertion at the lactate threshold. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, v. 59, n. 5, p. 365-9, 1989.

BUNC, V.; HELLER, J. Comparison of two methods of noninvasive anaerobic threshold determination in middle aged men. Sports Medicine Training and Rehabilitation, v. 3, p. 87 – 94, 1992.

CAMBRI, L. T.; FOZA, V.; NAKAMURA, F. Y.; DE-OLIVEIRA, F. R. Frequência cardíaca e a identificação dos pontos de transição metabólica em esteira rolante. Revista da Educação Física/UEM, v. 17, n. 2, p. 131-137, 2006.

CHEN, M. J.; FAN, X.; MOE, S. T. Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: a meta-analysis. Journal of Sports Science, v. 20, n. 11, p. 873-99, 2002.

CHENG, A.; KUIPER, H.; SNYDER, A. C.; KEISER, H. A.; JEUKENDRUP, A.; HESSELING, M. A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. International Journal of Sports Medicine, v. 13, n. 7, p. 518-522, 1992.

CHICHARRO, J. L.; CARVAJAL, A.; PARDO, J.; PÉREZ, M.; LUCÍA, A. Physiological parameters determined at OBLA vs. a fixed heart rate of 175 beats.min⁻¹ in an incremental test performed by amateur and professional cyclists. Japanese Journal of Physiology, v. 49, p. 63-69, 1999.

COEN, B.; URHAUSEN, A.; KINDERMANN, W. Individual anaerobic threshold: methodological aspects of its assessment in running. International Journal of Sports Medicine, v. 22, p. 8-16, 2001.

COLATTO, D.; DE-OLIVEIRA, F. R.; GONZÁLEZ DE SUSO, J. M. Método D_{máx} da FC e [La] obtidos a partir de teste de campo em atletas de alto nível aeróbio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METABOLISMO, NUTRIÇÃO E EXERCÍCIO, n. 1, 2006, Londrina. Anais do 1º Congresso Brasileiro de Metabolismo, Nutrição e Exercício, Londrina. p. 51.

COLBERG, S. R.; SWAIN, D. P.; VINIK, A. I. Use of Heart Rate Reserve and Rating of Perceived Exertion to Prescribe Exercise Intensity in Diabetic Autonomic Neuropathy. Diabetes Care, v. 26, n. 4, p. 986-90, 2003.

CONCONI, F.; FERRARI, M.; ZIGLIO, P. G.; DROGHETTI, P.; CODECA, L. Determination of anaerobic threshold by non invasive field test in runners. Journal of Applied Physiology Resp. Env. Exercise Physiology, v. 52, n. 4, p. 869-873, 1982.

COSTA, V. P.; FERNANDES, T. C.; ADAMI, F.; DELLA GIUSTINA, M.C.; DE-OLIVEIRA, F.R. Aspectos nutricionais e de treinamento de *mountain bikers* brasileiros. Revista Brasileira Ciência e Movimento, v. 12, p. 270, 2004.

COSTA, V. P.; NAKAMURA, F. Y.; DE-OLIVEIRA, F. R. Aspectos Fisiológicos e de Treinamento de *Mountain bikers* Brasileiros. Revista de Educação Física, v. 136, p. 5-11, 2007.

COSTA, V. P. Variáveis fisiológicas determinantes de performance em *mountain bikers*. Florianópolis, 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência do Movimento Humano). Centro de Educação Física, Fisioterapia e Desportos. Universidade do Estado de Santa Catarina.

COYLE, E. F.; COGGAN, A. R.; HOPPER, M. K.; WALTERS, T. J. Determinants of endurance in well-trained cyclists. Journal of Applied Physiology, v. 64, n. 6, p. 2622-2630, 1988.

DA COSTA, L. (Org.). Atlas do Esporte no Brasil, Rio de Janeiro: CONFEF, 2005. 924 p.

DANIELS, J.T.; YARBROUGH, R.A.; FOSTER, C. Changes in VO_2 max and running performance with training. European Journal of Applied Physiology, v. 39, p. 249-58, 1978.

DAVIS, H. A.; BASSETT, J.; HUGHES, P.; GASS, G. C. Anaerobic threshold and lactate turn point. European Journal of Applied Physiology, v. 50, p. 383-392, 1983.

DELLA GIUSTINA, M. C.; DELLA GIUSTINA, R.; XAVIER, G. N. A.; CARMINATTI, L. J.; BENETTI, M. Treinamento de Aumento de Potência de Limiar Anaeróbio para Ciclista: um estudo de caso. Anais. In: II Fórum Brasil Esporte. Recife, 2001.

DENADAI, B. S. Limiar anaeróbio: considerações fisiológicas e metodológicas. Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde, v.1, n. 2, p. 74-88, 1995.

DE-OLIVEIRA, F. R. Predição da velocidade de referência de concentração de lactato de 4 mmol/L a partir da velocidade de frequência cardíaca de 170 bpm em pista. Rio de Janeiro, 1995. Dissertação (Mestrado). Escola de Educação Física e Desportos. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

DE-OLIVEIRA, F. R. Predición de Umbrales de Lactato y Ajustes de Frecuencia Cardíaca en el Test de Léger – Boucher. San Sebastián, 2004. Tese (Doutorado) – Facultad de Filosofia y Ciencias de la Educación de la Universidad del País Vasco – Euskal Herriko Unibertsitatea.

DE-OLIVEIRA, F. R.; GAGLIARDI, J. F. L.; KISS M. A. P. D. M. Proposta de Referências para a Prescrição de Treinamento Aeróbio e Anaeróbio para Corredores de Média e Longa Duração. Revista Paulista de Educação Física, v. 1, p. 68-76, 1994.

DROGHETTI, P.; BORSETTO, C.; CASONI, I.; CELLINI, M.; FERRARI, M.; PAOLINI, A.; ZIGLIO, P.; CONCONI, F. Non-invasive determination of the anaerobic threshold in canoeing, cross-country, skiing, cycling, roller, and ice skating, rowing, and walking. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, v. 53, p. 299-303, 1985.

FARIA, E. W.; PARKER, A. L.; FARIA, I. E. The Science of Cycling: Physiology and Training – Part 1. Sports Medicine, v. 35, n.4, p. 285-312, 2005.

FARIA, E. W.; PARKER, A. L.; FARIA, I. E. The Science of Cycling: Factors Affecting Performance – Part 2. Sports Medicine, v. 35, n.4, p. 313-337, 2005.

FARREL, P. A.; WILMORE, J. H.; COYLE, E. F.; BILLING, J. E.; COSTILL, D. A.; Plasma lactate accumulation and distance running performance. Medicine and Science in Sports, v. 11, p. 338-44, 1979.

FERICHE, B.; CHICHARRO, J.L.; VAQUERO, A.F.; PEREZ, M.; LUCÍA, A. The use of a fixed value of RPE during a ramp protocol. Comparison with the ventilatory threshold. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, v. 38, n. 1, p. 35-38, 1998.

FERNÁNDEZ-GARCÍA, B., PÉREZ-LANDALUCE, J.; RODRÍGUEZ-ALONSO M.; TERRADOS, N. Intensity of exercise during road race pro-cycling competition. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 32, p. 1002-6, 2000.

FINARDI, D. W., CAMBRI, L. T., GEVAERD, M. S., DE-OLIVEIRA, F. R. Evidências de validade da utilização da FC para identificação do limiar de transição fisiológica através do método Dmáx em corredores de alto nível. In: Anais do Congresso Brasileiro de Biodinâmica. p.46, 2006.

FOSTER, C.; CROWE, M. P.; HOLUM, D.; SANDVIG, S.; SCHRAGER, M.; SNYDER, A. C.; ZAJAKOWSKI, S. The bloodless lactate profile. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 27, n. 6, p. 927-933, 1995.

FRANCHINI, E.; TAKITO, M.Y.; LIMA, J. R. P.; HADDAD, S.; KISS, M. A. P. D. M.; REGAZZINI, M.; BÖHME, M. T. Características fisiológicas em testes laboratoriais e resposta da concentração de lactato sangüíneo em três lutas em judocas das classes Juvenil-A, Júnior e Sênior. Revista Paulista de Educação Física, v. 12, n. 1, 1998.

FRONCHETTI, L.; DE-OLIVEIRA, F. R.; DOS SANTOS, R. Z.; PIOVEZANA, P. S.; CAMBRI, L. T.; LIMA-SILVA, A. E.; FERNANDES, T. C. Limiar de Percepção Subjetiva de Esforço e Segundo Limiar de Lactato. Pôster. In: Fórum Internacional de Esportes, Florianópolis, n. 6, 2006.

GAESSER, G. A.; POOLE, D. C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. Exercise Sports Science Review, v. 24, p. 35-71, 1996.

GILMAN, M. B. The use of heart rate to monitor the intensity of endurance training, Sports Medicine, v. 21, n. 2, p. 73-79, 1996.

GLADDEN, L. B.; YATES, J. W.; STREMEL, R. W. & STAMFORD, B. A. Gas exchange and lactate anaerobic threshold: inter- and intraevaluator agreement. Journal of Applied Physiology, v. 58, n. 6, p. 2.082-2.089, 1985.

GREEN, H.; HALESTRAP, A.; MOCKETT, C. Increases in muscle MCT are associated with reductions in muscle lactate after a single exercise session in humans. American Journal of Physiology, v. 282, p. 154-60, 2002.

GREEN, J. M.; CREWS, T. R.; BOSAK, A. M.; PEVELER, W. W. Overall and differentiated ratings of perceived exertion at the respiratory compensation threshold: effects of gender and mode. European Journal of Applied Physiology, v. 89, p. 445-450, 2003.

HARNISH, C. R.; SWENSEN, T. C.; PATE, R. R. Methods for estimating the maximal lactate steady state in trained cyclists. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 33, n. 6, p. 1052-1055, 2001.

HASKVITZ, E. M.; SEIP, R. L.; WELTMAN, J. Y.; ROGOL, A. D.; WELTMAN, A. The effect of training intensity on ratings of perceived exertion. International Journal of Sports Medicine, v. 13, n. 5, p. 377-83, 1992.

HECK, H.; MADER, A.; HESS, G.; MÜKE, S.; MÜLLER, R.; HOLLMANN, W. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. International Journal of Sports Medicine, v. 6 p. 117-30, 1985.

HECK, H.; REINHARDS, G.; MADER, A.; HOLLMANN, W. Maximal lactate steady state and anaerobic threshold in children. International Journal of Sports Medicine, v. 8, p. 141, 1987.

HELD, T.; KUMMER, R.; MARTI, B. Heart rate, blood lactate concentration and subjective stress perception in maximal running: new normograms for assessment of endurance capacity. Schweiz Med. Wochenschr, v. 127, n. 23, p. 978-87, 1997.

HETZLER, R. K.; SEIP, R. L.; BOUTCHER, S. H.; PIERCE, E.; SNEAD, D.; WELTMAN, A. Effect of exercise modality on ratings of perceived exertion at various lactate concentrations. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 23, p. 88-92, 1991.

HILL, D. W.; CURETON, K. J.; COLLINS, M. A. Effect of time of day on perceived exertion at work rates above and below the ventilatory threshold. Research Quarterly in Exercise and Sport, v.60, n.2, p.127-133, 1989.

HILL, D. W.; CURETON, K. J.; GRISHAM, S. C.; COLLINS, M. A. Effect of training on the rating of perceived exertion at the ventilatory threshold. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, v. 56, p. 206-211, 1987.

HOFMANN, P.; POKAN, R.; PREIDLER, K.; LEITNER, H.; SZOLAR, D.; EBER, B.; SCHABERGER, G. Relationship between heart rate threshold lactate turn point and myocardial function. International Journal of Sports Medicine, v. 15, n. 5, p. 232-237, 1994.

HOFMANN, P.; POKAN, R.; SCHMID, P.; ZWEIKER, R.; SCHWABERGER, G.; PREIDLER, W.; LEITNER, H.; EBER, B.; FRUHWALD, F. M. Load dependent myocardial function and heart rate performance curve in healthy young and older male subjects. International Journal of Sports Medicine, v. 17, p. 131, 1996.

HOLLMANN, W. 42 years ago-development of the concepts of ventilatory and lactate threshold. Sports Medicine, v. 31, n. 5, p. 315-20, 2001.

HOLLMANN, W.; ROST, R.; LIESEN, H.; DUFAUX, B.; HECK, H.; MADER, A. Assessment of Different Forms of Physical Activity with Respect to Preventive and Rehabilitative Cardiology. International Journal of Sports Medicine, v. 2, p. 67-80, 1981.

HOPKINS, W. G. Quantification of training in competitive sports, methods and application. Sports Medicine, v.12, n. 3, p. 161 - 83, 1991.

IMPELLIZZERI, F. M.; SASSI, A.; RODRIGUEZ-ALONZO, M.; MOGNONI, P.; MARCORA, S. Exercise intensity during off-road cycling competitions. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 34, p. 1808-13, 2002.

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

JACOBS, I.; SCHELE, R.; SJÖDIN, B. Blood lactate vs. exhaustive exercise to evaluate aerobic fitness. European Journal of Applied Physiology, v. 54, p. 151-155, 1985.

JACOBS, I.; SJÖDIN, B.; SCHELE, R. A single blood lactate determination as an indicator of cycle ergometer endurance capacity. European Journal of Applied Physiology, v. 50, p. 355-64, 1983.

JAKICIC, J. M.; DONNELLY, J. E.; PRONK, N. P.; JAWAD, A. F.; JACOBSEN, D. J. Prescription of exercise intensity for the obese patient: the relationship between heart rate, VO₂ and perceived exertion. International Journal of Obesity Related Metabolism Disorders, v. 19, n. 6, p. 382-7, 1995.

JEUKENDRUP, A.; VAN DIEMEN, A. Heart rate monitoring during training and competition in cyclists. Journal of Sports Science, v. 16, p. 91-99, 1998.

JEUKENDRUP, A. E.; HESSELINK, M. K. C.; KUIPERS, H.; KEIZER, H. A. The Conconi Test. International Journal of Sports Medicine, n. 18, p. 393-394, 1997.

JONES, A. M.; DOUST, J. H. Lack of Reliability in Conconi's Heart Rate Deflection Point. International Journal of Sports Medicine, v. 16, n. 8, p. 541-544, 1995.

KARA, M.; GOKBEL, H.; BEDIZ, C. Determination of the heart rate deflection point by the Dmax method. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, v. 36, p. 31-34, 1996.

KARA, M.; GÖKBEL, H.; BEDIZ, C. S. A combined method for estimating ventilatory threshold. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, v. 39, p. 16-9, 1999.

KENEFICK, R. W.; MATTERN, C. O.; MAHOOD, N. V.; QUINN T. J. Physiological variables at lactate threshold under-represent cycling time-trial intensity. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, v. 42, n. 4, p. 396-402, 2002.

KENNY, G. P.; REARDON, F. D.; MARION, A.; THODEN, J. S. A comparative analysis of physiological responses at submaximal workloads during different laboratory simulations of field cycling. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, v. 71, n. 5, p. 409-15, 1995.

KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. European Journal of Applied Physiology, v. 42, p. 25-34, 1979.

KISS, M. A. P. D. M.; REGAZZINI, M.; REGAZZINI, V. M.; PIRES, F. O. Perfil Metabólico e Aptidão Aeróbica. In: GHORAYEB, N.; DIOGUARDI, G. S. Tratado de Cardiologia do Exercício e do Esporte. São Paulo: Atheneu, p. 27-38, 2006.

KISS, M. A. P. D. M. Esporte e Exercício: avaliação e prescrição. São Paulo: Roca, 2003.

KRAEMER, W. J.; NOBLE, B.; CLARK, M.; CULVER B. Physiologic responses to heavy-resistance exercise with very short rest periods. International Journal of Sports Medicine, v. 8, n. 2, p 247-252, 1987.

LAJOIE, C.; LAURENCELLE, L.; TRUDEAU, F. Physiological responses to cycling for 60 minutes at maximal lactate steady state. Canadian Journal of Applied Physiology, v. 25, n. 4, 2000

LEE, H.; MARTIN, D. T.; ANSON, J. M.; GRUNDY, D.; HAHN, A. G. Physiological characteristics of successful mountain bikers and professional road cyclists. Journal of Sports Sciences, v. 20, n. 12, p. 1001-8, 2002.

LIMA, J. R. P. Frequência cardíaca em cargas crescentes de trabalho: ajuste sigmóide, ponto de inflexão e limiar de variabilidade da frequência cardíaca. São Paulo, 1997. 129 pp. Tese (Doutorado). Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

LUCÍA A, CARVAJAL A, BORAITA A, SERRATOSA L, HYOS J, CHICHARRO JL. Heart dimensions might influence the occurrence of heart rate deflection point in highly trained cyclists. Brazilian Journal of Sports Medicine, v. 33, p. 387-392, 1999.

LUCÍA, A.; HOYOS, J.; CHICHARRO, J. L. Physiology of Professional road Cycling. Sports Medicine, v. 31, n. 5, p. 325-337, 2001.

LUCÍA, A.; HOYOS, J.; PÉREZ, M.; CHICHARRO, J. L. Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 32, n. 10, p. 1777-1782, 2000.

LUCÍA, A.; HOYOS, J.; SANTALLA, A.; PÉREZ, M.; CHICHARRO, J. L. Kinetics of VO_2 in professional cyclists. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 34, n. 2, p. 320-325, 2002.

MAASSEN, N.; BUSSE, M. W. The relationship between lactic acid and work load: a measure for endurance capacity or an indicator of carbohydrate deficiency? European Journal of Applied Physiology, v. 58, p. 728-37, 1989.

MACRAE, H. S. H.; DENNIS, S. C.; BOSCH, A. N.; NOAKES, T. D. Effects of training on lactate production and removal during progressive exercise in humans. Journal of Applied Physiology, v. 72, p. 1649-56, 1992.

MADER, A. Evaluation of the endurance performance of marathon runners and theoretical analysis of test results. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, v. 31, n. 1, p. 1-19, 1991.

MADER, A.; HECK, H. A theory of the metabolic origin of "anaerobic threshold". International Journal of Sports Medicine, v. 7, suppl., p. 45-65, 1986.

MADER, A.; HECK, H.; HOLLMANN, W. Evaluation of lactic acid anaerobic energy contribution by determination of post-exercise lactic concentration of ear capillary blood in middle-distance runners and swimmers. Exercise Physiology, Miami: Symposia Specialists, v. 4, p. 187-199, 1976.

MAHLER, P. B.; ROSTAN, A. Perceived effort: correlation with the anaerobic threshold and usefulness in a training program. Schweiz Z Sportmed, v. 38, n. 4, p. 187-91, 1990.

MAHON, A. D.; DUNCAN, G. E.; HOWE, C. A.; DEL CORRAL, P. Blood lactate and perceived exertion relative to ventilatory threshold: boys versus men. Medicine & Science in Sports & Exercise, v.29, n.10, p.1332-1337,1997.

MAHON, A. D.; GAY, J. A.; STOLEN, K. Q. Differentiated ratings of perceived exertion at ventilatory threshold in children and adults. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, v. 78, p. 115-20, 1998.

MARINS, J. C.; GIANNICHI, R. S. Avaliação e Prescrição de Atividade Física. 2 ed. Rio de Janeiro: Shape, 1998.

MONODERO, J.; DONNE, B. Effect of recovery interventions on lactate removal and subsequent performance. International Journal of Sports Medicine, v. 21, p. 593-7, 2000.

MUJICA, I.; PADILLA, S. Physiological and performance characteristics of male professional road cyclists. Sports Medicine, v. 31, n. 7, p. 479 – 487, 2001.

NEUMANN, G. Comparison between ergometric methods of investigation and field Tests. In: BACHL, N.; GRAHAM, T. E.; LÖLLGEN, H. Advances in Ergometry. Berlin: Springer Verlag. p. 215-227, 1991.

NEVES, C. E. B.; SANTOS, E. L. Avaliação Funcional. Rio de Janeiro: Sprint, 2003.

NICHOLSON, R. M.; SLEIVERT, G. G. Indices of lactate threshold and their relationship with 10-km running velocity. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 33, p. 339-42, 2001.

PADILLA, S.; MUJICA, I.; ORBANANOS, J.; ANGULO, F. Exercise intensity during competition time trials in professional road cycling. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 32, n. 4, p. 850-6, 2000.

PADILLA, S.; MUJICA, I.; CUESTA, G; GOIRIENA, J. J. Level ground and uphill cycling ability in profesional road cycling. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 31, n. 6, p. 878-885, 1999.

PIOVEZANA, P. S. Avaliação Aeróbia em Quadra e Stress Fisiológico Durante as Partidas em Jogadores de Basquete Cadeirantes. Florianópolis. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências do Movimento Humano). Centro de Educação Física, Fisioterapia e Desportos, Universidade do Estado de Santa Catarina.

PIOVEZANA, P. S.; DE-OLIVEIRA, F. R.; STUPP, B. P.; FRONCHETTI, L.; DOS SANTOS, R. Z. Limiares de PSE e Lactato em Teste Progressivo Intermitente em Cadeira de Rodas. In: Fórum Internacional de Esportes, n. 6, 2006, Florianópolis. Pôster.

PIRES, F.; LIMA-SILVA, A. E.; GAGLIARDI, J. F. L.; BARROS, R. V.; KISS M. A. P. D. M. K. Caracterização da curva do lactato sangüíneo e aplicabilidade do modelo Dmáx durante protocolo progressivo em esteira rolante. Revista Brasileira de Medicina do Esporte, v. 12, n. 2, p. 71-75, 2006.

PIRES, F. O.; LIMA-SILVA, A. E.; BARROS, R. V.; GAGLIARDI, J. F. L.; DEGAKI, E.; KISS, M. A. P. D. M. K. Possibilidade da ocorrência dos 1º e 2º limiares ventilatórios em cargas de trabalho coincidentes, durante protocolos progressivos com incrementos de longa duração. Revista Brasileira de Ciência e Movimento, v. 13, p. 61-9, 2006.

PIRES, F. O.; LIMA-SILVA, A. E.; GAGLIARDI, J. F. L. ; BARROS, R. V.; DEGAKI, E.; KISS, M. A. P. D. M. K. . Estimativa do segundo limiar de lactato pelo modelo Dmáx. In: Congresso Brasileiro de Medicina do Esporte, n. 16, 2003, Florianópolis. Revista Brasileira de Medicina do Esporte, v. 9. p. s56-s56, 2003.

PYNE, D. B.; LEE, H.; SWANWICK, K. M. Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. Medicine and Science in Sports & Exercise, v. 33, n. 2, p. 291–297, 2001.

RIBEIRO, J. P. Limiares metabólicos e ventilatórios durante o exercício. Aspectos fisiológicos e metodológicos. Arquivos Brasileiros de Cardiologia, v. 64. p. 171-181, 2005.

RIBEIRO, J. P.; YANG, J.; ADAMS, R. P.; KUCA, B.; KNUTTEN, H. G. Effect of different incremental exercise protocols on the determination of lactate and ventilatory thresholds. Brazilian Journal of Medical and Biological Research, v. 19, n. 1, p. 109-117, 1986.

RIBEIRO, J. P.; FIELDING, R.; HUGHES, V.; BLACK, A.; BOCHESSE, M. A.; KNUTTGEN, H. G. Heart rate break point may coincide with the anaerobic and not the aerobic threshold. International Journal of Sports Medicine, n. 6, p. 220-4, 1985.

RIEU, M. Lactatémie et exercice musculaire. Signification et analyse critique du concept de “seuil aérobie-anaérobie”. Science in Sports, v. 1, p. 1-23, 1986.

ROBERTSON, R. J.; GOSS, F. L.; RUTKOWSKI, J.; LENZ, B.; DIXON, C.; TIMMER, J.; FRAZEE, K.; DUBE, J.; ANDREACCI, J. Concurrent Validation of the OMNI Perceived Exertion Scale for Resistance Exercise. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 35, n. 2, p. 333–341, 2003.

SABINO, A. Aptidão Aeróbia e Percepção Subjetiva de Esforço em Teste Progressivo Intermitente de Campo. Florianópolis, 2006. Monografia (Especialização): Escola de Educação Física, Fisioterapia e Desportos, Universidade do Estado de Santa Catarina.

SEIP, R. L.; SNEAD, D.; PIERCE, E. F.; STEIN, P.; WELTMAN, A. Perceptual responses and blood lactate concentration: effect of training state. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 23, n. 1, p. 80-7, 1991.

SHEPHARD, R. J.; KAVANAGH, T.; MERTENS, D. J.; YACOUB, M. The place of perceived exertion ratings in exercise prescription for cardiac transplant patients before and after training. British Journal of Sports Medicine, v. 30, p. 116-121, 1996.

SILVA, A. C.; DIAS, M. R. C.; FRANCO, V. H. P.; LIMA, J. R. P.; NOVAES, J. S. Estimativa do Limiar de Conconi por Meio da Escala de Borg em Cicloergômetro. Fitness & Performance Journal, v. 4, n. 4, p. 215-219. 2005.

SIMÕES, H. G.; CAMPBELL, C. S. G.; KOKUBUN, E.; DENADAI, B. S.; BALDISSERA, V. Determination of maximal lactate steady state velocity coincidence with lower blood glucose. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 28, p.S68, 1996.

SJÖDIN, B.; JACOBS, I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. International Journal of Sports Medicine, v. 2, n. 1, p. 23 -26, 1981.

SJÖDIN, B.; SVENDENHAG, J. Applied physiology of marathon running. Sports Medicine, v. 2, p. 83-99, 1985.

SNYDER, A. C.; WOULFE, T.; WALSH, R.; FOSTER, C.; WOULFE T. J. A Simplified approach to estimating the maximal lactate steady state. International Journal of Sports Medicine, v. 15, p. 27-31, 1994.

SNYDER, A. C.; FOSTER, C.; WOULFE, T. J. Prediction of maximal lactate steady-state. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 21, n. 2, s. 22, 1989.

STAPELFELDT, B.; SCWIRTZ, A.; SCHUMACHER, Y. O.; HILLEBRECHT, M. Workload demands in mountain bike racing. International Journal of Sports Medicine, v. 18, n. 33, p. 294-300, 2004.

STEED, J.; GAESSER, G. A.; WELTMAN, A. Rating of perceived exertion and blood lactate concentration during submaximal running. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 26, p. 797-803, 1994.

STEGMANN, H.; KINDERMANN, W.; SHNABEL, A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. International Journal of Sports Medicine, v. 2, p. 160-5, 1981.

STEGMANN, H.; KINDERMANN, W. Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4 mmol/L. International Journal of Sports Medicine, v. 3, p. 105-110, 1982.

STOUDEMIRE, N. M.; WIDEMAN, L.; PASS, K. A.; MCGINNES, C. L.; GAESSER, G. A.; WELTMAN, A. The validity of regulating blood lactate concentration during running by ratings of perceived exertion. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 28, n. 4, p. 490-5, 1996.

SVEDAHL, K.; MacINTOSH, B. R. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. Canadian Journal of Applied Physiology, v. 28, n. 2, p. 299-323, 2003.

SWAIN, D. P. The influence of body mass in endurance bicycling. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 26, n. 1, p. 58-63, 1994.

SWAINE, I. L.; EMMETT, J.; MURTY, D.; DICKINSON, C.; DUDFIELD, M. Rating of perceived exertion and heart rate relative to ventilatory threshold in women. British Journal of Sports Medicine, v. 29, p. 57-60, 1995.

SWENSEN, T. C.; HARNISH, C. R.; BETTMAN, L.; KELLER, B. Non-invasive estimation of the maximal lactate steady state in trained cyclists. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 31, p. 742-746, 1999.

THOMAS, J. R. e NELSON, J. K. Métodos de Pesquisa em Atividade Física. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. 419 p.

THOMPSON, D. L.; WEST, K. A. Ratings of perceived exertion to determine intensity during outdoor running. Canadian Journal of Applied Physiology, v. 23, n. 1, p. 56-65, 1998.

TOKMAKIDIS, S. P.; LÉGER, L. A.; PILIANIDIS, T.C. Failure to obtain a unique threshold on the blood lactate concentration curve during exercise. European Journal of Applied Physiology, v. 77, p. 33-342, 1998.

UNION CYCLISTE INTERNATIONALE (UCI). Road: Rules. Results/Rankings: Road. Disponível em: <<http://www.uci.ch>>. Acesso em: 18 Janeiro 2008.

VACHON, J. A.; BASSSETT, D. R. JR.; CLARKE, S. Validity of the heart rate deflection point as a predictor of lactate threshold during running. Journal of Applied Physiology, v. 87, n. 1, p. 452-9, 1999.

VAN SCHUYLENBERGH, R.; EYNDE, B. V.; HESPEL, P. Prediction of sprint triathlon performance from laboratory tests. European Journal of Applied Physiology, v. 91, p. 94-99, 2004.

WASSERMAN, K.; McILROY, M. B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in patients during exercise. American Journal of Cardiology, v. 14, p. 844-852, 1964.

WELTMAN, A. The blood lactate response to exercise. Champaign: Human Kinetics, 1995.

WILBER, R. L.; ZAWADZI, K. M.; KEARNEY, J. T.; SHANNON, M. P.; DISALVO, D. Physiological profiles of elite off-road and road cyclists. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 29, p. 1090-1094, 1997.

YOSHIDA, T. Effect of exercise duration during incremental exercise on the determination of anaerobic threshold and the onset of blood lactate accumulation. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, v. 53, n. 3, p. 196-199, 1984.

ZUNINO, A. P. Limiar de Percepção Subjetiva de Esforço (LPSE) e Aptidão Aeróbia em Atletas de Squash. Florianópolis, 2006. 45pp. Monografia (Especialização). Centro de Educação Física, Fisioterapia e Desportos, Universidade do Estado de Santa Catarina.

ANEXOS

ANEXO I - ESCALA DE PERCEPÇÃO DE ESFORÇO – BORG

ESCALA DE PERCEPÇÃO DE ESFORÇO – BORG

- 06 –
- 07 – MUITO, MUITO LEVE
- 08 –
- 09 – MUITO LEVE
- 10 –
- 11 – RAZOAVELMENTE LEVE
- 12 –
- 13 – ALGO DIFÍCIL
- 14 –
- 15 – DIFÍCIL
- 16 –
- 17 – MUITO DIFÍCIL
- 18 –
- 19 – MUITO, MUITO DIFÍCIL
- 20 –

ANEXO II – FICHA DE COLETA DE DADOS – Teste 40 Km C-R

ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE – USP
Laboratório de Determinantes Energéticos e Desempenho Esportivo

FICHA DE COLETA DE DADOS – TESTE 40 KM C-R

Data: ____/____/____

Hora: ____:____

Temperatura: ____°C

U.R.A.: ____%

Nome do atleta: _____

Data de Nascimento: ____/____/____

Categoria: _____

Nível: _____

Tempo de experiência como atleta: _____

Fase atual de treinamento: _____ Peso da bicicleta: _____ kg

Observações: _____

FC repouso: _____ bpm

La repouso: _____ mmol/L

Nº volta	FC	PSE	La – nº amostra	Velocidade média
1			-	
2			-	
3			-	
4			-	
5			-	
6			-	
7			-	
8			-	
Pós-teste				
1 min				
3 min				

ANEXO III – FICHA DE COLETA DE DADOS – Teste 5 x 5 Km

ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTES – USP
Laboratório de Determinantes Energéticos e Desempenho Esportivo

FICHA DE COLETA DE DADOS – TESTE 5 x 5 KM

Data: ____/____/____

Hora: ____:____

Temperatura: ____°C

U.R.A.: ____%

Nome do atleta: _____

Data de Nascimento: ____/____/____

Categoria: _____

Nível: _____

Tempo de experiência como atleta: _____

Fase atual de treinamento: _____ Peso da bicicleta: _____kg

Observações: _____

FC repouso: _____ bpm

La repouso: _____ mmol/L

Nº volta	FC	PSE	La – nº amostra	Velocidade média
1				
2				
3				
4				
5				
Pós-teste				
1 min				
3 min				

ANEXO IV – TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE USP
CENTRO DE EXCELÊNCIA ESPORTIVA – CENESP USP
Laboratório de Determinantes Energéticos de Desempenho Esportivo - LaDESP

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

1. NOME DO INDIVÍDUO:
DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº: SEXO: M ☐ F ☐
DATA NASCIMENTO:/...../.....
ENDEREÇO: Nº APTO
BAIRRO: CIDADE:
CEP: TELEFONE: DDD (.....).....
2. RESPONSÁVEL LEGAL:
NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador, etc.)
DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº: SEXO: M ☐ F ☐
DATA NASCIMENTO:/...../.....
ENDEREÇO: Nº APTO
BAIRRO: CIDADE:
CEP: TELEFONE: DDD (.....).....

II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA: “IDENTIFICAÇÃO DE LIMIARES METABÓLICOS DE CICLISTAS DE ESTRADA A PARTIR DE TESTE DE CAMPO”

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Dra. Maria Augusta Peduti Dal’Molin KISS

CARGO/FUNÇÃO: Professora Titular do Departamento de Esporte da EEF/USP

AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA (probabilidade de que o indivíduo sofra algum dano como consequência imediata ou tardia do estudo):

RISCO MÍNIMO ☐

RISCO MÉDIO ☐

RISCO BAIXO ☒

RISCO MAIOR ☐

DURAÇÃO DA PESQUISA: Três (03) semanas

III - EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO INDIVÍDUO OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA, DE FORMA CLARA E SIMPLES, CONSIGNANDO:

Justificativa e objetivos da pesquisa:

Esta pesquisa tem por objetivo buscar validade no método de avaliação de ciclistas em campo, comparando com testes de rendimento máximo, também em campo, mantendo preservadas as características específicas da modalidade, como terreno e suas variações, intensidade, fatores externos (vento).

Procedimentos que serão utilizados e propósitos, incluindo a identificação dos procedimentos que são experimentais: Após uma avaliação inicial em que será aplicado um breve questionário e tomadas as medidas antropométricas (peso, estatura, percentual de gordura), os sujeitos participantes deste estudo serão submetidos ao primeiro teste de campo, dos dois que constituem esta pesquisa. Os testes, realizados em circuito demarcado e isolado, para sua segurança, no campus da USP, terão um intervalo mínimo de uma semana entre si. O primeiro teste consiste de cinco voltas de cinco quilômetros, cada uma com uma diferente intensidade controlada pelo uso de monitor de frequência cardíaca (Polar®), sendo a última em esforço máximo. Antes do início, a cada passagem pela área de largada e no final do teste, haverá coleta de uma pequena amostra de sangue para dosagem de lactato e será tomada a percepção subjetiva de esforço do indivíduo com base na Escala de Borg, indicada numeralmente por uma tabela. O segundo teste será um teste de performance, ou seja, de rendimento máximo em 40 km contínuos. Serão oito voltas no circuito, que estará igualmente demarcado e delimitado, como no primeiro teste, para assegurar a integridade física dos sujeitos e minimizar possíveis interferências. Também serão coletadas pequenas amostras de sangue antes do início e ao final do teste, assim como a percepção de esforço pela Escala de Borg.

Desconfortos e riscos esperados:

Uma vez que os sujeitos são atletas competitivos, pouco desconforto é esperado em decorrência do esforço a que serão submetidos nos testes, uma vez que já estão acostumados a tanto. Um desconforto mínimo pode ocorrer apenas

pela coleta das amostras de sangue para dosagem de lactato – um pequeno furo será realizado no lóbulo da orelha de cada indivíduo, após limpeza apropriada do local, com material descartável e esterilizado. Antes, será aplicada uma pomada vasodilatadora que pode provocar um pouco de vermelhidão e leve ardência, de desconforto mínimo. Os riscos são igualmente muito pequenos, já que os testes serão realizados em horários em que o campus da USP está fechado para a circulação de automóveis e pedestres; o circuito será delimitado com cones também para minimizar riscos de interferência enquanto os ciclistas pedalam. No entanto, como em qualquer situação em que se esteja pedalando, existe pequeno risco de queda – pouco provável para atletas experientes, mas que aqui será considerado.

Benefícios que poderão ser obtidos:

Os sujeitos voluntários desta pesquisa terão por benefício maior a obtenção de dados importantes para a criação do seu programa de treinamento, diante de sua condição física presente, a partir dos testes realizados e resultados discutidos pela pesquisadora e colaboradores deste estudo. Assim, sem custo algum, o atleta que participa deste estudo tem assegurado o recebimento de um relatório pessoal com todos os resultados dos testes que realizar, com esclarecimentos sobre os mesmos, de maneira a torná-lo aplicável e útil à sua rotina de treinamentos e competições.

Procedimentos alternativos que possam ser vantajosos para o indivíduo:

IV - ESCLARECIMENTOS DADOS PELA PESQUISADORA SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA:

1. Fica garantido o acesso, a qualquer tempo, às informações sobre os procedimentos dos testes, bem como riscos e benefícios relacionados à pesquisa, inclusive para dirimir eventuais dúvidas.
2. O sujeito da pesquisa tem total liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e de deixar de participar do estudo se julgar necessário, sem que isto traga qualquer prejuízo à continuidade da assistência por parte da pesquisadora.
3. São inteiramente salvaguardadas a confidencialidade, o sigilo e a privacidade sobre a identidade, as imagens e os dados de todos os sujeitos no que se refere a todo o processo de avaliação.
4. A pesquisadora assegura disponibilidade de assistência no HU ou no HCFMUSP, por eventuais acidentes durante os testes ou danos à saúde, decorrentes desta pesquisa.

V - RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA, PARA CONTATO EM CASO DE INTERCORRÊNCIAS CLÍNICAS E/OU REAÇÕES ADVERSAS:

Profª Rafaella Della Giustina

Dra. Maria Augusta Peduti Dal'Molin KISS

Av. Profº Mello de Moraes, 65 – Butantã – São Paulo – SP – CEP: 05508-900

Telefone: (11) 3091-3168

VI - OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES:

Fica firmado o compromisso da pesquisadora com os sujeitos voluntários neste estudo de fornecer a cada um, individual e privadamente, os resultados obtidos nos testes pertinentes à pesquisa, bem como do resultado final da mesma e sua contribuição para o processo de avaliação de ciclistas.

VII - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

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

São Paulo, ____ de _____ de 2007.

Assinatura do Sujeito da Pesquisa ou Responsável Legal

Assinatura do Pesquisador
Profª Dra. Maria Augusta P. D. M. KISS