

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE DESPORTOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

**FRANCIMARA BUDAL ARINS**

**ÍNDICES FISIOLÓGICOS E NEUROMUSCULARES  
RELACIONADOS À *PERFORMANCE* NAS PROVAS DE 800 m  
E 1500 m RASOS**

**Dissertação de Mestrado**

**FLORIANÓPOLIS, 2010**

# **Livros Grátis**

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

Milhares de livros grátis para download.



**FRANCIMARA BUDAL ARINS**

**ÍNDICES FISIOLÓGICOS E NEUROMUSCULARES  
RELACIONADOS À *PERFORMANCE* NAS PROVAS DE 800 m  
E 1500 m RASOS**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito final para obtenção do título de mestre em Educação Física

Orientadora: Dra Rosane C. Rosendo da Silva

**FLORIANÓPOLIS, FEVEREIRO DE 2010.**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE DESPORTOS**

A dissertação: ÍNDICES FISIOLÓGICOS E NEUROMUSCULARES RELACIONADOS À *PERFORMANCE* NAS PROVAS DE 800 m E 1500 m RASOS

Elaborada por: Francimara Budal Arins

foi aprovada por todos os membros da banca examinadora e aceita junto ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito final para a obtenção do título de **Mestre em Educação Física**.

Florianópolis, 04 de fevereiro de 2010.

---

Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Educação Física

**Banca Examinadora:**

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rosane Carla Rosendo da Silva - UFSC (orientadora)

---

Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo - UFSC

---

Prof. Dr. Fabrizio Caputo – UDESC



*“Seja a mudança que você quer ver no mundo”.  
(Mahatma Gandhi)*



## AGRADECIMENTOS

A todas as Instituições que contribuíram para a elaboração e execução deste estudo:

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação de Educação Física (PPGEF) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC);

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES);

Aos membros da Rede do Centro de Excelência Esportiva (GENESP/UFSC), em especial ao Jolmerson e ao Moro pela disponibilidade em ajudar;

À Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia (FINEP);

A todos os técnicos e atletas de Santa Catarina que acreditaram, participaram e contribuíram para este estudo.

Aos colegas do BIOMECC, por me fazerem sentir como uma de suas integrantes. Diogo, obrigada pelos consertos. Em especial ao Dal Pupo, por tantas horas de trabalho harmonioso e ajuda constante, e por ter se tornado um novo grande amigo e à Dani, por tantas conversas importantes. Obrigada “flor”, por sua amizade.

À “turminha” do LAEF, pela troca de idéias, ajuda e amizade. Em especial ao Ju, pela parceria e amizade inabalável, e ao Ricardo, pela disponibilidade em ensinar, mesmo quando não há tempo.

Aos meus eternos amigos, Ivana e Marcos, pelas palavras sábias nos momentos mais difíceis.

Aos membros da banca pela contribuição no aprimoramento deste estudo:

Caputo, por todo conhecimento, ajuda e descontração. Você é uma pessoa que serve como referência.

Luiz Guilherme, por adotar os órfãos de prática na fisiologia, que assim como eu, nunca conseguirão expressar a gratidão que sentimos por nos ter dado a oportunidade de fazermos parte do LAEF. Obrigada pela amizade, por todos os

ensinamentos, que foram imensuráveis, pelo bom humor e por ter confiado este projeto a mim.

Rosane, minha orientadora, por me aceitar como seu “*karma*” e amiga, me inspirando sempre, nos caminhos da fisiologia e da vida. Obrigada especial sempre.

À minha família, Lalo, Dete e Quique, por me ajudarem a ser quem sou, e pelo amor infinito que preenche a minha vida.

Ao amor da minha vida Coelho, o meu maior parceiro, sempre ao meu lado, me aguentando nos momentos em que mais ninguém está por perto.

Ao Papai do Céu, pela minha vida e tudo o que ela proporciona. Amém.

## RESUMO

O principal objetivo deste estudo foi analisar a relação dos índices fisiológicos consumo máximo de oxigênio ( $\text{VO}_2\text{max}$ ), velocidade correspondente ao  $\text{VO}_2\text{max}$  ( $\text{vVO}_2\text{max}$ ), tempo de exaustão (Tlim), economia de corrida (EC), velocidade correspondente ao OBLA ( $\text{vOBLA}$ ) e o máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD) e dos índices neuromusculares *Counter Movement Jump* (CMJ) e *Continuous Jump* (CJ) com a *performance* (tempo) de corredores nas provas de 800 m e 1500 m rasos. Onze corredores treinados ( $17,6 \pm 1,4$  anos;  $62,2 \pm 11,4$  kg;  $171,4 \pm 8,4$  cm) realizaram em dias diferentes os seguintes testes: 1) simulação das provas de 800 m e 1500 m para determinação da *performance*; 2) protocolo incremental na esteira rolante para a determinação do  $\text{VO}_2\text{max}$ ,  $\text{vVO}_2\text{max}$  e  $\text{vOBLA}$ ; 3) protocolo de saltos verticais para a determinação da potência muscular; 4) teste para determinação do Tlim a 100% do  $\text{VO}_2\text{max}$  e 5) testes submáximos para determinação da EC, seguido pelo teste supra-máximo, relativos ao protocolo para cálculo do MAOD. A  $\text{vOBLA}$  ( $16,5 \pm 1,2 \text{ km.h}^{-1}$ ) apresentou correlação moderada mas não significativa com os 1500 m ( $r = -0,43$ ;  $p = 0,39$ ). A EC ( $56,4 \pm 8,0 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) e o  $\text{VO}_2\text{max}$  ( $76,9 \pm 4,5 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) não se correlacionam com as *performances*. A  $\text{vVO}_2\text{max}$  ( $19,6 \pm 0,9 \text{ km.h}^{-1}$ ) apresentou correlação moderada com os 800 m ( $r = -0,74$ ;  $p \leq 0,01$ ) e alta com os 1500 m ( $r = -0,82$ ;  $p \leq 0,01$ ), ambas significantes. O Tlim ( $6,7 \pm 1,4 \text{ min}$ ) apresentou correlação moderada e significativa com os 800 m ( $r = -0,65$ ;  $p \leq 0,05$ ) e com os 1500 m ( $r = -0,79$ ;  $p \leq 0,01$ ). O MAOD ( $47,0 \pm 9,0 \text{ mL.kg}^{-1}$ ) não apresentou correlação significativa com as *performances* analisadas. Das variáveis neuromusculares, somente o CJ ( $37,5 \pm 5,5 \text{ cm}$ ) se correlacionou de forma moderada e significativa com os 800 m ( $r = -0,65$ ;  $p \leq 0,05$ ). Nessa amostra, a *performance* nos 800 m foi determinada pelos índices de potência aeróbia  $\text{vVO}_2\text{max}$  e Tlim, além da variável relativa à potência de membros inferiores CJ ( $R^2 = 0,81$ ), enquanto que a *performance* nos 1500 m principalmente pelos índices de potência aeróbia  $\text{vVO}_2\text{max}$  e Tlim ( $R^2 = 0,91$ ). A predição da *performance* de corredores de meio-fundo a partir das variáveis fisiológicas ( $\text{vOBLA}$ , EC,  $\text{VO}_2\text{max}$ ,  $\text{vVO}_2\text{max}$ , Tlim e MAOD) e das variáveis neuromusculares (CMJ e CJ) é dependente da distância da corrida (800 m x 1500 m).

**Palavras-chave:** corredores de média distância, *performance*, variáveis fisiológicas, variáveis neuromusculares.



## ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the relationship of physiological variables (maximum oxygen consumption- $\text{VO}_2\text{max}$ ; velocity at  $\text{VO}_2\text{max}$  - $v\text{VO}_2\text{max}$ ; time of exhaustion-Tlim; running economy-RE; velocity at OBLA- $v\text{OBLA}$ ; maximum accumulated oxygen deficit-MAOD) and of neuromuscular indices (continuous movement jump-CMJ and continuous jump-CJ) with performance (time) in 800 m and 1500 m run. Eleven trained runners ( $17.6\pm 1.4$  yrs;  $62.2\pm 11.4$  kg;  $171.4\pm 8.4$  cm) were evaluated in the following tests: 1) simulation of performance for 800 m and 1500 m; 2) incremental treadmill test for determination of  $\text{VO}_2\text{max}$ ,  $v\text{VO}_2\text{max}$  and  $v\text{OBLA}$ ; 3) vertical jumps for determination of muscle power; 4) running test for determination of Tlim at 100% of  $\text{VO}_2\text{max}$ ; and 5) submaximal tests for identification of RE, followed by a supramaximal test for determination of MAOD.  $v\text{OBLA}$  ( $16.5\pm 1.2\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) was moderately, although not significantly, correlated with 1500m ( $r=-0.43$ ,  $p=0.39$ ). Neither RE ( $56.4\pm 8.0\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) or  $\text{VO}_2\text{max}$  ( $76.9\pm 4.5\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) were correlated with the performances.  $v\text{VO}_2\text{max}$  ( $19.6\pm 0.9\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) was moderately correlated with the 800m performance ( $r=-0.74$ ,  $p<0.01$ ) while the correlation with 1500 m was high ( $r=-0.82$ ;  $p<0.01$ ), both significantly. The correlation of Tlim ( $6.7\pm 1.4\text{min}$ ) was moderate and significantly with both the 800 m ( $r=-0.65$ ,  $p<0.05$ ) and the 1500 m ( $r=-0.79$ ,  $p<0.01$ ). MAOD ( $47.0\pm 9.0\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) was not correlated with neither distances of performance. For the neuromuscular variables, only CJ ( $37.5\pm 5.5\text{cm}$ ) was related to 800 m ( $r=-0.65$ ,  $p<0.05$ ). In this sample, the 800m performance was explained by the aerobic indices  $v\text{VO}_2\text{max}$  and Tlim, besides CJ ( $R^2=0.81$ ), while the 1500 m was solely by the aerobic indices ( $R^2=0.91$ ). It is concluded that the prediction of performance of middle-distance runners from physiological ( $v\text{OBLA}$ , RE,  $\text{VO}_2\text{max}$ ,  $v\text{VO}_2\text{max}$ , Tlim e MAOD) and neuromuscular variables (CMJ and CJ) is dependent on the distance of the run (800 m vs 1500 m).

**Key-words:** middle distance runners, performance, physiological variables, neuromuscular variables.



## SUMÁRIO

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.  | INTRODUÇÃO  | 1  |
| 1.1 | Objetivo geral  | 4  |
| 1.2 | Objetivos específicos   | 4  |
| 1.3 | Definição das variáveis   | 5  |
| 2.  | REVISÃO DE LITERATURA   | 7  |
| 2.1 | <i>Onset of blood lactate accumulation</i>                                  | 8  |
| 2.2 | Economia de corrida   | 11 |
| 2.3 | Consumo máximo de oxigênio  | 13 |
| 2.4 | Velocidade correspondente ao consumo máximo de oxigênio e tempo de exaustão | 16 |
| 2.5 | Máximo déficit acumulado de oxigênio  | 19 |
| 2.6 | <i>Counter Movement Jump e Continuous Jump</i>                              | 23 |
| 3.  | MÉTODOS   | 27 |
| 3.1 | Modelo de estudo  | 27 |
| 3.2 | Sujeitos  | 27 |
| 3.3 | Procedimento para coleta de dados   | 28 |
| 3.4 | Calibração  | 33 |
| 3.5 | Determinação do lactato sanguíneo   | 34 |
| 3.6 | Determinação da frequência cardíaca   | 34 |
| 3.7 | Tratamento estatístico  | 34 |
| 4.  | RESULTADOS  | 36 |
| 5.  | DISCUSSÃO   | 49 |
| 6.  | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES  | 62 |
| 7.  | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS  | 63 |
|     | APÊNDICE 1  | 81 |



## 1. INTRODUÇÃO

É possível constatar o grande interesse por parte dos pesquisadores sobre a utilização de índices fisiológicos para a prescrição da intensidade e controle dos efeitos do treinamento que visam a melhora da *performance* de atletas de alto nível (BILLAT et al., 1999; DENADAI, 1999; PAAVOLAINEN et al., 1999). Além disso, diversos estudos buscam analisar a relação isolada, ou em combinação, das variáveis fisiológicas com o rendimento desportivo em corredores de média e longa duração para predição da *performance* (BRANDON; BOILEAU, 1987; BRANDON, 1995; DENADAI, 1996; DENADAI; ORTIZ; MELLO, 2004).

As principais variáveis fisiológicas que podem contribuir na *performance* de corredores de provas de meio-fundo e fundo incluem o consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ), a economia de corrida (EC), o *onset of blood lactate accumulation* (OBLA) e a *maximal lactate steady state* (MLSS) (LAFONTAINE; LONDEREE; SPATH, 1982; HAGBERG; COYLE, 1983; DENADAI; ORTIZ; MELLO, 2004; GUGLIELMO, 2005). Essas variáveis possuem uma alta correlação com a *performance* nessas provas e apresentam validade e reprodutibilidade para o acompanhamento do processo de treinamento do atleta (GUGLIELMO, 2005).

Embora o  $VO_{2max}$  seja o parâmetro fisiológico que melhor expressa a aptidão cardiorrespiratória do indivíduo (BASSET; HOWLEY, 2000; SILVA; TORRES, 2002), este índice apresenta pouco poder discriminatório da *performance* em atletas de elite. Em estudo realizado por Denadai, Ortiz e Mello (2004), com corredores de *endurance*, os valores obtidos de  $VO_{2max}$  não esclareceram de modo significativo a variação da *performance* dos atletas analisados. Inicialmente, a baixa correlação entre estes valores e a *performance* aeróbia pode ser explicada pela pequena sensibilidade do  $VO_{2max}$  de atletas treinados aos efeitos do treinamento. Nesses indivíduos, embora aconteçam importantes adaptações metabólicas e neuromusculares que podem determinar a melhora da *performance* aeróbia, a oferta central de oxigênio não permite que o  $VO_{2max}$  continue aumentando (DENADAI, ORTIZ; MELLO

2004). Nestas condições, tanto a resposta do lactato ao exercício como a EC podem ser melhoradas sem nenhuma alteração dos valores de  $VO_2\max$  (BILLAT et al., 1999). Dessa forma, surgiram outros índices fisiológicos capazes de prever a *performance* esportiva e auxiliar na prescrição e controle do treinamento do atleta de alto nível (DENADAI; ORTIZ; MELLO, 2004).

Nas últimas décadas foi verificado que a resposta do lactato sanguíneo ao exercício pode prever a *performance* em provas predominantemente aeróbias de modo mais preciso que o  $VO_2\max$  (DENADAI, 1995a). Mesmo em grupos de atletas altamente treinados, com valores similares de  $VO_2\max$ , a resposta do lactato sanguíneo, especialmente o OBLA, é altamente relacionada com a *performance* de provas de *endurance* (FARREL et al., 1979; TANAKA et al., 1984; DENADAI, 1999).

A EC pode ser definida como o custo de oxigênio para uma dada velocidade de corrida (DANIELS, 1985). A melhor EC pode ser vantajosa, principalmente em provas de *endurance*, pois permitirá menor utilização fracional do  $VO_2\max$  para qualquer intensidade submáxima de exercício (GUGLIELMO; GRECO; DENADAI, 2005). Por isso, tem sido apontada com um índice capaz de determinar a *performance* de corredores de *endurance*, visto que em provas de longa duração a EC possui forte correlação com a *performance* ( $r = 0,82$ ), particularmente quando os atletas apresentam valores similares de  $VO_2\max$  (BRANDON, 1995; DENADAI, 1999).

O índice velocidade correspondente ao  $VO_2\max$  ( $vVO_2\max$ ) tem sido proposto para o acompanhamento de atletas (DENADAI, 2000), uma vez que melhor descreve a associação entre a potência aeróbia máxima e a EC, explicando, em parte, as diferenças na *performance* de indivíduos com valores semelhantes de  $VO_2\max$  (GUGLIELMO, 2005). A partir desse índice, é possível determinar o tempo máximo de exercício ou tempo de exaustão ( $Tlim$ ) que pode ser sustentado nesta intensidade de exercício (DENADAI, 2000). Juntos, esses dois índices podem explicar 88% da variação de *performance* de corredores de *endurance* (DENADAI; ORTIZ; MELLO, 2004). Billat et al. (1999) preconizam que a avaliação de atletas de meio-fundo deve incluir a determinação da  $vVO_2\max$  e do  $Tlim$ . É importante enfatizar que o treinamento realizado para a melhora

do  $VO_2\text{max}$ , e conseqüentemente da  $vVO_2\text{max}$ , torna-se bastante atrativo para atletas que competem em provas de média duração (2 min até 15 min) (DENADAI, 2000).

Estudos recentes sugerem que as *performances* de *endurance* podem ser limitadas não somente por fatores centrais, mas também pelos fatores periféricos (PAAVOLAINEN et al., 1999; NUMMELA, et. al., 2006). Segundo Green e Patla (1992) e Paavolainen et al. (1999), a capacidade e a potência anaeróbias associadas aos fatores neuromusculares influenciam a *performance* aeróbia. Além disso, o máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD) tem sido utilizado como indicador da capacidade anaeróbia (MEDBO et. al., 1988; SCOTT et al., 1991), por demonstrar uma correlação moderada ( $r = 0,61$ ) com a velocidade de corrida na distância de 800 m (RAMSBOTTOM et al., 1994; NEVILL et al., 2008). Os fatores de potência muscular podem limitar a *performance* de *endurance* durante as competições (NOAKES, 1988). Neste contexto, Paavolainen et al. (1999) demonstraram que o treinamento de força explosiva aprimorou as características neuromusculares como resultado do aumento da potência muscular e da EC, possibilitando a melhora da *performance* de *endurance* na distância de 5 km.

A literatura apresenta estudos que analisaram a predição da *performance* de corrida a partir de índices fisiológicos ( $vOBLA$ , EC,  $VO_2\text{max}$ ,  $vVO_2\text{max}$  e MAOD), mas não relata informações sobre a relação das variáveis neuromusculares *Counter Movement Jump* (CMJ) e *Continuous Jump* (CJ), isoladas, ou associadas à tais índices com a *performance* nas diferentes distâncias de corrida. Além disso, não foram encontradas pesquisas que relacionassem a *performance* obtida pelo mesmo corredor pertencente a um grupo homogêneo de atletas treinados nas distâncias de 800 m e 1500 m, com dois ou mais índices fisiológicos e neuromusculares.

Constatando-se que a distância e conseqüentemente a intensidade da corrida podem interferir nas associações dos índices fisiológicos e neuromusculares com a *performance* (DENADAI; ORTIZ; MELLO, 2004), o presente estudo visa esclarecer quais são as variáveis fisiológicas e neuromusculares que melhor se associam com a *performance* nas provas de 800 m e 1500 m, a fim de contribuir para uma maior especificidade e

cientificidade dos programas de treinamento, auxiliando aos profissionais que trabalham no atletismo.

A partir dessas observações, a hipótese do presente estudo é que as relações entre as variáveis fisiológicas e neuromusculares com a *performance* obtida pelo mesmo atleta nas provas de 800 m e 1500 m são dependentes da distância analisada.

Assim, considerando a importância que a associação dos índices fisiológicos e neuromusculares possuem para a *performance* de atletas de provas de meio-fundo, formulou-se o seguinte problema de pesquisa: Qual o grau de relação entre os índices fisiológicos e neuromusculares com a *performance* de corredores nas distâncias de 800 m e 1500 m?

## 1.1 Objetivo geral

Analisar a relação dos valores dos índices fisiológicos referentes aos sistemas energéticos aeróbio ( $VO_2max$ ,  $vVO_2max$ ,  $Tlim$ , EC e  $vOBLA$ ) e anaeróbio (MAOD) e dos índices neuromusculares (hCMJ e hCJ) com a *performance* de corredores nas provas de 800 m e 1500 m.

## 1.2 Objetivos específicos

- 1) Caracterizar as *performances* dos atletas nas distâncias de 800 m e 1500 m;
- 2) Identificar os índices fisiológicos relacionados à capacidade aeróbia ( $vOBLA$  e EC) e à potência aeróbia ( $VO_2max$ ,  $vVO_2max$ ,  $Tlim$ ) e correlacioná-los com a *performance* nas distâncias de 800 m e 1500 m;
- 3) Identificar o índice anaeróbio MAOD e correlacioná-lo com a *performance* nas distâncias de 800 m e 1500 m;
- 4) Identificar os índices neuromusculares (hCMJ e hCJ) e correlacioná-los com a *performance* nas distâncias de 800 m e 1500 m;
- 5) Identificar a contribuição das variáveis  $vOBLA$ , EC,  $VO_2max$ ,  $vVO_2max$ ,  $Tlim$ , MAOD, hCMJ e hCJ para a *performance* nas distâncias de 800 m e 1500 m.

### 1.3 Definição das variáveis

#### ***Onset of blood lactate accumulation (OBLA)***

Conceitual: representa a intensidade de exercício correspondente a  $4,0 \text{ mmol.L}^{-1}$  de lactato no sangue (SJODIN; JACOBS, 1981).

Operacional: o OBLA foi determinado por meio de uma interpolação linear entre os valores de lactato e velocidade, obtidos no teste incremental em esteira rolante realizado no laboratório, considerando-se uma concentração fixa de  $3,5 \text{ mmol.L}^{-1}$  de lactato sanguíneo.

#### **Economia de corrida (EC)**

Conceitual: representa o consumo de oxigênio ( $\text{VO}_2$ ) para uma dada velocidade submáxima de corrida (DANIELS, 1985).

Operacional: a EC foi determinada através dos valores do  $\text{VO}_2$  obtidos em um teste em esteira rolante realizado no laboratório nas intensidades de  $12 \text{ km.h}^{-1}$  e  $13 \text{ km.h}^{-1}$ .

#### **Consumo máximo de oxigênio ( $\text{VO}_2\text{max}$ )**

Conceitual: representa a mais alta captação de oxigênio alcançada por um indivíduo, respirando ar atmosférico ao nível do mar (ASTRAND, 1952).

Operacional: o  $\text{VO}_2\text{max}$  foi obtido no teste incremental em esteira rolante realizado no laboratório com base nos critérios propostos Taylor et al. (1955) e Lacour et al. (1991).

#### **Velocidade correspondente ao $\text{VO}_2\text{max}$ ( $v\text{VO}_2\text{max}$ )**

Conceitual: representa a velocidade (corrida e natação) ou potência (ciclismo estacionário) na qual o  $\text{VO}_2\text{max}$  é atingido durante um teste incremental (BILLAT et al., 1995).

Operacional: a menor velocidade de corrida na qual ocorreu o  $\text{VO}_2\text{max}$  durante o teste incremental em esteira rolante realizado no laboratório.

#### **Tempo de exaustão ( $T_{lim}$ )**

Conceitual: representa o tempo máximo que pode ser sustentado com a mesma intensidade de exercício (DENADAI, 2000).

Operacional: tempo em que o atleta permanece correndo durante um teste em esteira rolante realizado no laboratório, sustentando uma carga retangular referente a 100% da  $vVO_2max$ .

### **Máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD)**

Conceitual: representa a quantidade de adenosina trifosfato (ATP) produzida pelo sistema anaeróbio durante um exercício exaustivo (MEDBO et al., 1988).

Operacional: o MAOD foi obtido pela diferença da estimativa de 119,5 % do  $VO_2max$  calculada através da extrapolação da relação linear entre  $VO_2$  e intensidades submáximas de exercício e o  $VO_2$  acumulado no teste supra-máximo ( $Tlim$  119,5%).

### ***Counter Movement Jump (CMJ)***

Conceitual: salto vertical realizado a partir de um contra-movimento, com a contribuição do ciclo alongamento-encurtamento (BOSCO, 1999).

Operacional: representa a altura máxima de elevação do centro de gravidade durante o salto realizado com contra-movimento, considerada indicadora da potência muscular do atleta associada à ocorrência do ciclo alongamento-encurtamento.

### ***Continuous Jump (CJ)***

Conceitual: teste no qual são realizados saltos verticais de modo contínuo, objetivando avaliar as propriedades visco-elásticas dos músculos extensores do joelho e também investigar os processos metabólicos que sustentam a atividade muscular por um período de 5 a 60 segundos (BOSCO, 1999).

Operacional: representa a altura média de elevação do centro de gravidade relativa a todos os saltos realizados com contra-movimento de modo contínuo por um período de 15 segundos.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

O conhecimento sobre a participação dos sistemas anaeróbio e aeróbio durante o evento esportivo é um fator determinante no planejamento e implementação do programa de treinamento, a fim de aperfeiçoar a produção metabólica de adenosina trifosfato (ATP) e, portanto, alcançar o auge da *performance* (GASTIN, 2001; DUFFIELD; DAWSON; GOODMAN, 2005). Porém, existem poucos estudos na literatura que avaliam com precisão a contribuição relativa desses sistemas nas provas de atletismo (HILL, 1999; SPENCER; GASTIN, 2001).

Os sistemas de fornecimento de energia anaeróbio (alático e lático) disponibilizam aproximadamente 15 mmol ATP.kg massa magra<sup>-1</sup>.seg<sup>-1</sup> durante os primeiros seis segundos do exercício de *sprint*, sendo que cerca de 50% da produção de ATP é oriunda da degradação de CP (LAKOMY, 2000). Calcula-se que a velocidade máxima de ATP fornecida pela glicólise é menor que a metade proveniente do sistema ATP-CP, porém 1,5 vezes maior que a taxa máxima do sistema aeróbio (MAUGHAN; GLEESON, 2007).

Em eventos de maior duração, a contribuição global do metabolismo anaeróbio para a produção de energia declina, e a necessidade de uma alta disponibilidade anaeróbia é menor. Assim, nesses eventos, a participação do sistema aeróbio é de fundamental importância, desempenhando um papel significativo na *performance* de exercícios de alta intensidade. Durante o esforço máximo de 75 segundos parece haver um equilíbrio na participação dos sistemas anaeróbio e aeróbio (GASTIN, 2001). A via aeróbia torna-se a principal contribuição energética para eventos que excedem dois minutos, porém para as intensidades que possam ser mantidas por até 10 minutos, a velocidade na qual a ATP deve ser produzida excede a velocidade máxima dos processos oxidativos (MAUGHAN; GLEESON; GREENHAFF, 2000).

No atletismo, como nas demais modalidades esportivas, a participação de cada um dos sistemas é determinada pela duração (HILL, 1999) e intensidade (GASTIN, 2001) da prova. Eventos de média distância, como as corridas rasas de 800 m e 1500 m, dependem da interação dos sistemas energéticos

anaeróbio e aeróbio (LACOUR, et al., 1990, BILLAT et al., 2004a).

### 2.1. ***Onset of blood lactate accumulation (OBLA)***

Desde que Fletcher e Hopkins em 1907 demonstraram a formação do lactato durante a contração muscular, muita atenção tem sido dada aos prováveis mecanismos que controlam a produção e remoção de lactato durante o exercício (DENADAI, 1999).

Estudos sugerem que o aumento da concentração de lactato ([La]) no sangue resulta da interação de certos fatores que não estão relacionados com a hipóxia tecidual. Jobsis e Stainsby (1968) utilizaram uma técnica de fluorescência e verificaram que o estado redox mitocondrial (mostrado pela produção de NADH e NAD<sup>+</sup>) foi mais oxidado quando o músculo foi estimulado para se contrair em uma intensidade suficiente para atingir o VO<sub>2</sub>max e liberar uma grande quantidade de lactato, do que quando comparado ao repouso, concluindo que a tensão crítica de oxigênio mitocondrial não foi atingida. Stainby e Brooks (1990), baseados principalmente em estudos que utilizam modelos de contração muscular de cães *in situ*, afirmaram que a liberação de lactato pelo músculo é um pobre indicador de deficiência de oxigênio, visto que a produção de lactato ocorre por outros motivos e não pela queda na tensão de oxigênio. De acordo com Marquezi (2006), a produção de lactato no músculo esquelético em qualquer intensidade de exercício pode ser determinada pelo fluxo de substratos pela via glicolítica e pela atividade das enzimas que regulam o metabolismo do piruvato e o transporte do NADH através da membrana mitocondrial.

Por outro lado, Kattz e Sahlin (1990) demonstraram que no exercício submáximo (< 40 % VO<sub>2</sub>max) há uma queda na concentração de NADH mitocondrial e uma manutenção na [La]. Porém, acima dessa intensidade ocorre o aumento do NADH (superior aos valores de repouso), o qual é acompanhado pelo aumento do lactato muscular e sanguíneo. Para os autores, a diminuição da oferta de oxigênio estaria mais associada ao acréscimo da produção do lactato durante o exercício do que a limitação da lançadeira malato-aspartato, a qual é responsável pela introdução de equivalentes de redução do NADH

citoplasmático na cadeia de transporte de elétrons da mitocôndria, interferindo diretamente na síntese de lactato. Eles afirmaram que, com a diminuição da oferta de oxigênio, a respiração mitocondrial é estimulada pelo aumento de ADP, Pi e NADH extramitocondrial, o que provoca a estimulação da glicólise. Essas modificações combinadas ao aumento do NADH mitocondrial resultam numa elevação ainda maior do NADH citoplasmático, o que desvia a ação da lactato desidrogenase (LDH) para a formação de lactato. Mizock e Falk (1992) também observaram que a insuficiência de oxigênio é responsável por elevadas concentrações de ácido láctico.

Embora exista controvérsia sobre os mecanismos que controlam a produção e remoção do lactato, existe consenso na literatura de que a sua concentração no sangue varia muito pouco em relação aos valores de repouso, quando se realizam esforços que correspondem em até 50 % a 75 % do  $VO_2$ max, sendo que acima desta intensidade, existe um aumento exponencial da [La] no músculo e no sangue (DENADAI, 1999).

A resposta do lactato sanguíneo ao exercício pode ser descrita por diferentes terminologias, as quais podem ser utilizadas para a predição da *performance* de *endurance* (WELTMAN, 1995). Denadai (1999) observou que essas nomenclaturas podem ser divididas em duas categorias distintas: 1) limiares que identificam o início do acúmulo de lactato no sangue (*onset of plasma lactate accumulation* - OPLA, limiar de lactato e limiar aeróbio) e 2) limiares que identificam a máxima fase estável de lactato (MLSS) no sangue (limiar anaeróbio e *onset of blood lactate accumulation* - OBLA).

A MLSS, definida como a maior intensidade de exercício na qual ocorre o equilíbrio entre a produção e a remoção de lactato do sangue (FARREL et al., 1979; BENEKE, 1995), tem sido extensivamente investigada, devido a sua importância para a prescrição da intensidade adequada de exercício, predição da *performance* e avaliação dos efeitos do treinamento aeróbio (HECK et al., 1985; BENEKE; VON DUVILLARD, 1996; JONES; DOUST, 1998; DENADAI, 1999).

Esse índice representa o limite superior da intensidade de esforço denominada de domínio pesado por Gaesser e Poole (1986). De acordo com Santhiago et al. (2008), os exercícios realizados acima da intensidade de MLSS causam aumento

constante na produção de lactato sanguíneo. A acidose provocada pelo acúmulo dessa substância tem sido relacionada à diminuição das propriedades contráteis do músculo, o que pode prejudicar as atividades enzimáticas no metabolismo e contribuem para o surgimento precoce da fadiga (DENADAI, 1999). Por outro lado, nos exercícios realizados abaixo da MLSS, a quantidade de produção de lactato é inferior à de sua remoção, e, desse modo, o exercício pode ser sustentado por um período de tempo maior (DENADAI, 2000).

Para a determinação da MLSS é necessário que o avaliado realize, pelo menos, três testes de intensidade constante com duração de, aproximadamente 30 minutos, o que requer a presença do atleta no laboratório por vários dias. Na tentativa de solucionar o problema, Heck et al. (1985) indicaram a determinação indireta da MLSS a partir de um único teste incremental, utilizando a [La] sanguíneo fixa de  $4 \text{ mmol.L}^{-1}$ . Embora alguns estudos confirmem que a MLSS coincide com esse valor, uma variabilidade relativamente ampla tem sido observada (STEGMANN; KINDERMANN; SCHNALIEL, 1981; POOLE et al., 1988; JONES; DOUST, 1998).

Assim, Sjödin e Jacobs (1981) propuseram o termo OBLA para identificar a intensidade de exercício correspondente ao ponto no qual a [La] sanguíneo começa aumentar exponencialmente. Essa intensidade é determinada a partir da plotagem do gráfico (velocidade x [La]) obtido após a realização de apenas um único teste de cargas progressivas. A velocidade relativa ao OBLA (vOBLA) é a variável que melhor reflete as adaptações periféricas do treinamento aeróbio, visto que está associada ao aumento da densidade capilar e a maior capacidade de transportar lactato e íons  $\text{H}^+$  (BILLAT et al., 2003).

Jones e Doust (1998), utilizando um protocolo incremental com estágios de três minutos, verificaram que, para corredores de *endurance*, a intensidade referente ao OBLA e à MLSS não difere significativamente, além de apresentar forte correlação ( $r = 0,93$ ) entre si. No estudo apresentado por Denadai, Ortiz e Mello (2004), com 14 corredores treinados nas provas de 1500 e 5000 m, o limiar anaeróbio foi apontado como único índice preditor da *performance* dos 5000 m ( $R^2 = 0,50$ ).

Para avaliar a *performance* aeróbia e detectar as adaptações fisiológicas determinadas pelo treinamento de

*endurance*, a resposta do lactato sanguíneo ao exercício parece ser o índice fisiológico mais preciso (FARREL et al., 1979; COYLE, 1995; DENADAI, 1995a). Além disso, esta variável apresenta alta correlação ( $r = 0,90$  a  $0,95$ ) com a *performance* aeróbia de corredores de *endurance*, explicando até 95 % dessa variação (DENADAI, 1999). Caputo et al. (2009) afirmaram que, diferente do  $VO_2\max$ , os índices relativos à resposta do lactato sanguíneo são os que melhor representam a capacidade aeróbia, indicando teoricamente a quantidade total de energia que pode ser fornecida pelo metabolismo aeróbio e, desta forma, demonstrando uma grande relação com a *performance* de longa duração. Assim, pode-se concluir que a resposta do lactato sanguíneo reflete melhor as adaptações provocadas pelo treinamento, sendo apontado em diversos estudos como melhor preditor da *performance* de *endurance* (WELTMAN, 1995; BILLAT et al., 2004b; DENADAI; ORTIZ; MELLO, 2004).

Mesmo em grupos de atletas altamente treinados, com valores similares de  $VO_2\max$ , a resposta do lactato sanguíneo é altamente relacionada com a *performance* aeróbia (DENADAI, 1999). Gladen (2004) observou que a resposta do lactato sanguíneo ao exercício é especialmente relacionada aos fatores periféricos (tipo de fibra muscular, densidade capilar e o balanço entre a atividade enzimática glicolítica e oxidativa), os quais são mais suscetíveis as adaptações provocadas pelo treinamento aeróbio.

## **2.2. Economia de corrida (EC)**

A EC é entendida como o consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) obtido, para uma determinada atividade submáxima de esforço e é aplicada para descrever a relação entre velocidade de corrida e energia consumida (DANIELS, 1985). Assumindo esse pressuposto, um atleta mais econômico, consome menos oxigênio e, teoricamente, é capaz de se deslocar mais rapidamente ou conservar energia para os estágios finais da corrida (DENADAI, 1999), resultando na melhora de *performance*. Morgan, Martin e Krahenbuhl (1989) relataram que a EC encontra-se fortemente relacionada com a distância de corrida e é normalmente determinada pela mensuração do estado estável de  $VO_2$  nas velocidades submáximas. Porém,

Daniels e Daniels (1992) observaram que o comportamento interindividual da EC pode depender da velocidade analisada, pois os atletas mais econômicos em velocidades moderadas ( $< 15 \text{ km.h}^{-1}$ ) não são necessariamente os mais econômicos em velocidades elevadas ( $> 19 \text{ km.h}^{-1}$ ). Nesse sentido, os autores verificaram que especialistas nas provas de 800 m e 1500 m são mais econômicos que maratonistas nas velocidades superiores a  $19 \text{ km.h}^{-1}$  e, por sua vez, menos econômicos nas velocidades mais lentas.

Guglielmo, Greco e Denadai (2005), em estudo com 26 corredores bem treinados em provas de meio-fundo e fundo do atletismo, os quais apresentaram valor médio de  $EC = 48,0 \pm 6,6 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , relativo a velocidade de  $14 \text{ km.h}^{-1}$ , apontaram que o  $VO_2\text{max}$  ( $63,8 \pm 8,3 \text{ mL.Kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) foi significativamente relacionado com a EC ( $r = 0,63$ ). Para os autores, a determinação da EC de atletas que participam de provas de predomínio aeróbio tem-se mostrado cada vez mais importante.

Algumas pesquisas observam uma variabilidade interindividual elevada (20 a 30 %) na EC, mesmo entre indivíduos bem treinados e com valores similares de  $VO_2\text{max}$  (DANIELS, 1985; MORGAN et al., 1991; MORGAN; CRAIB, 1992). Por outro lado, em condições experimentais controladas, a EC apresentou boa reprodutibilidade, mostrando variação intra-individual de 1,5 a 5 %, o que indica que os resultados particulares são relativamente estáveis (SAUNDERS et al., 2004). Guglielmo, Greco e Denadai (2009) apresentaram que a variabilidade interindividual observada ( $> 15 \%$ ), mesmo em corredores altamente treinados e com valores homogêneos de  $VO_2\text{max}$ , tem sido atribuída à fatores antropométricos (distribuição da massa nos segmentos), fisiológicos (distribuição do tipo de fibra, ativação neural, força e *stiffness* muscular) e biomecânicos (amplitude e frequência da passada, propriedades mecânicas e morfológicas do músculos do tornozelo e joelho).

Embora os atletas altamente treinados possuam melhor EC que os indivíduos sedentários, os modelos de estudo longitudinais que analisaram os efeitos do treinamento de *endurance* sobre a EC produziram dados que a princípio são contraditórios (ORTIZ et al., 2003). Enquanto, Sjodin, Jacobs e Svendenhag (1982) encontraram melhora de 3 a 13 % na EC com o treinamento de *endurance*, Wilcox e Bulbulian (1984) não

observaram nenhum aumento significativo. Nesse sentido, Denadai (1999) observou que as mudanças provocadas na EC pelo treinamento de *endurance* podem ser atribuídas a modificações no padrão de recrutamento motor, diminuição da FC e ventilação pulmonar durante o exercício submáximo e melhora da técnica. Além disso, as variáveis associadas ao treinamento (volume, duração e intensidade) poderiam interferir em mudanças na EC.

Segundo Guglielmo, Greco e Denadai (2009), estudos sugerem que há relação entre as características neuromusculares e a EC. Noakes (1991) propôs que corredores com valores inferiores de EC possuem maior dificuldade de utilizar a energia produzida pela fase excêntrica da contração muscular, a qual depende do sistema de *stiffness* muscular. Arampatzis et al. (2006) também concluíram que os indivíduos mais econômicos apresentaram maiores níveis de força contrátil e *stiffness* muscular.

Brandon (1995) observou que a EC é uma variável fisiológica capaz de prever a *performance* de corredores de *endurance* mesmo para atletas com valores homogêneos de  $VO_2\max$ , visto que uma melhor EC permite a manutenção de níveis elevados de velocidade durante toda a prova (DANIELS, 1985; MORGAN; MARTIN; KRAHENBUHL, 1989). Da mesma forma, Bassett e Howley (2000) e di Prampero (2003) concluíram que a utilização fracional do  $VO_2\max$  e a EC são as principais variáveis fisiológicas capazes de determinar a velocidade que pode ser mantida nas corridas de *endurance*. Além disso, di Prampero (1993) estabeleceram que um aumento de 5 % nos valores de EC pode induzir ao aumento da *performance* de corredores de longa distância em aproximadamente 3,8 %.

### **2.3. Consumo máximo de oxigênio ( $VO_2\max$ )**

O  $VO_2$  do músculo durante o repouso ou a prática de exercícios físicos depende da velocidade do fluxo sanguíneo e da quantidade de oxigênio que pode ser extraída do sangue pelo tecido (MAUGHAN; GLEESON; GREENHAFF, 2000). Durante o exercício, a demanda de oxigênio para os músculos ativos pode aumentar em até 20 vezes, enquanto que para os músculos inativos, o consumo permanece inalterado (DENADAI, 1995a).

Com o acréscimo na intensidade do exercício, ocorre o aumento linear do  $VO_2$ , até o momento em que é atingido o platô ou estabilização, indicando o  $VO_{2max}$  do indivíduo (DENADAI, 1995a).

Em um interessante estudo de revisão, Billat e Koralsztein (1996) apresentaram que o  $VO_{2max}$  é definido como o ponto referente à relação entre o estado estável de  $VO_2$  e a velocidade de corrida na qual o  $VO_2$  atinge um valor de pico ou um platô ( $VO_{2max}$ ). Para se determinar com precisão o  $VO_{2max}$  é necessário observar a estabilização de seus valores durante o teste, que se dá quando a variação do  $VO_2$  é menor do que  $150 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$  ou  $2,1 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  para um aumento de  $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  na velocidade, um nível sérico de lactato pós-exercício entre  $8 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  e  $12 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  com uma razão da troca respiratória (R) igual ou superior a 1,1 e a FC máxima atingida igual ou superior a 90% da máxima predita para a idade ( $220 - \text{idade}$ ).

O  $VO_{2max}$  é um identificador da aptidão cardiorrespiratória (SILVA; TORRES, 2002), que representa a mais alta taxa na qual o oxigênio pode ser captado e utilizado pelo corpo durante o exercício máximo (BASSETT; HOWLEY, 2000). O  $VO_{2max}$  é um importante indicativo da intensidade que o atleta pode sustentar frente às ações exigidas pela modalidade e representa o índice fisiológico que prediz de forma eficiente a potência aeróbia, entendida como a medida da quantidade máxima de energia que pode ser produzida pelo metabolismo aeróbio em uma determinada unidade de tempo (DENADAI; ORTIZ; MELLO, 2004).

Esse índice pode ser expresso em valores absolutos ( $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$  e  $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ ) ou em valores relativos à massa corporal ( $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Como a necessidade de energia varia em função da área de superfície corporal, o  $VO_{2max}$  geralmente é expresso em valores relativos, principalmente na corrida, quando toda a massa é sustentada, ao contrário do ciclismo e da natação, modalidades em que o  $VO_{2max}$  pode ser expresso em valores absolutos (DENADAI, 1999). Brandon (1995) destacou que na corrida o  $VO_{2max}$  deve ser expresso em valores relativos, pois demonstra maior correlação com a *performance*.

Os primeiros modelos que relacionam  $VO_2$  com o desempenho esportivo surgiram no início do século passado e, desde então, o  $VO_{2max}$  tem sido considerado uma das variáveis

fisiológicas mais importantes (BASSETT; HOWLEY, 2000). Hill e Lupton (1923) foram os primeiros a estabelecer quatro postulados relativos ao  $\text{VO}_2\text{max}$ , os quais afirmavam que: 1) há um limite superior para o  $\text{VO}_2$ , 2) há diferenças individuais de  $\text{VO}_2\text{max}$ , 3) valores elevados de  $\text{VO}_2\text{max}$  são pré-requisito para o sucesso nas corridas de média e longa distância e 4) o  $\text{VO}_2\text{max}$  é limitado pela habilidade do sistema cardiorrespiratório transportar oxigênio para o músculo.

Bassett e Howley (2000) demonstraram que o  $\text{VO}_2\text{max}$  pode ser limitado principalmente por fatores centrais (débito cardíaco, capacidade de difusão pulmonar e de transportar oxigênio) e periféricos (níveis de enzimas mitocondriais e densidade capilar). Além disso, Noakes (1988) verificou que o  $\text{VO}_2\text{max}$  e a *performance* de *endurance* podem não ser limitados somente por fatores centrais ligados ao  $\text{VO}_2$ , mas também pelos chamados fatores de potência muscular, os quais são relacionados com as características neuromusculares e anaeróbia.

Corredores treinados apresentam valores de  $\text{VO}_2\text{max}$  (60  $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  a 85  $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ), que, em média são duas vezes mais elevados que os apresentados por indivíduos sedentários (DENADAI, 1995a), sendo que, como resposta ao treinamento de *endurance*, os atletas da elite mundial podem aumentar o seu  $\text{VO}_2\text{max}$  em até 34 % (WILMORE; COSTILL, 2001). Costill et al. (1973) observou que para grupos heterogêneos os valores de  $\text{VO}_2\text{max}$  (54,8  $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  a 81,6  $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) apresentam correlação alta ( $r = - 0,91$ ) com a *performance* na distância de 10 milhas. Porém, os valores obtidos de  $\text{VO}_2\text{max}$  podem variar em até 15 %, mesmo entre corredores bem treinados. Denadai (1995a) destacou que, em avaliações realizadas com grupos homogêneos de atletas de *endurance*, os valores mensurados de  $\text{VO}_2\text{max}$  não permitem uma discriminação adequada da *performance* aeróbia, pois apresentam baixa correlação ( $r = 0,50$  a  $0,60$ ) com a *performance*, explicando a variação do desempenho em 25 % a 45%.

A menor capacidade de predição de *performance* do  $\text{VO}_2\text{max}$  pode ser explicada pela ausência de sensibilidade desse índice ao treinamento realizado por um período longo, pois podem existir adaptações sem mudanças proporcionais do

VO<sub>2</sub>max (DENADAI, 2000). Nos atletas de nível técnico elevado a limitação do VO<sub>2</sub>max é central, desse modo, mesmo que aconteçam adaptações periféricas, o VO<sub>2</sub>max não apresentará melhoras, pois as adaptações centrais ocorrem em menor amplitude (DENADAI, 1999).

Apesar das limitações para aplicação dessa variável, Midgley, McNaughton e Wilkinson (2006) apresentaram que o VO<sub>2</sub>max é considerado um determinante fisiológico da *performance* de corridas de média e longa distância. Nessas provas, os atletas sustentam velocidades supra máximas (> vVO<sub>2</sub>max), sendo que nos eventos com duração suficiente para permitir o alcance do VO<sub>2</sub>max (1500 m e 3000 m), o maior valor dessa variável indicará o aprimoramento da capacidade metabólica sustentável, independentemente da velocidade relativa ao limiar de lactato (BRANDON, 1995).

#### **2.4. Velocidade correspondente ao VO<sub>2</sub>max (vVO<sub>2</sub>max) e tempo de exaustão (Tlim)**

A velocidade correspondente ao VO<sub>2</sub>max (vVO<sub>2</sub>max), definida como a mínima velocidade na qual ocorre o VO<sub>2</sub>max (BILLAT et al., 1994b; BILLAT; KORALSZTEIN, 1996), vem chamando a atenção de pesquisadores, principalmente no que diz respeito à predição de *performance* em provas de média e longa duração (NOAKES; MYBURGH; SCHALL, 1990). O termo *velocity at VO<sub>2</sub>max* (vVO<sub>2</sub>max) foi introduzido por Daniels (1985), o qual relatou que esta variável poderia explicar as diferenças individuais na *performance* que o VO<sub>2</sub>max ou a EC não são capazes, quando utilizados de forma isolada.

A vVO<sub>2</sub>max é o índice que melhor descreve a associação entre potência aeróbia máxima e EC, visto que atletas com VO<sub>2</sub>max semelhantes podem apresentar valores distintos de vVO<sub>2</sub>max, o que representa diferentes *performances* aeróbia (BILLAT, 1994a). Para Noakes (1988), a vVO<sub>2</sub>max não é influenciada somente pelo VO<sub>2</sub>max e pela EC, mas também pelos fatores referentes à potência muscular, os quais estão relacionados com as características neuromusculares e anaeróbias. Dessa forma, a vVO<sub>2</sub>max pode apresentar uma melhor capacidade para a predição da *performance*, quando comparada ao VO<sub>2</sub>max.

Guglielmo (2005) verificou que a  $vVO_2\text{max}$  parece ser muito importante para os eventos de curta e média duração (1 a 10 minutos), visto que essas provas dependem mais da potência aeróbia, quando comparados com as corridas de longa duração, nas quais a capacidade aeróbia parece ser o aspecto mais importante para a *performance* do atleta. De acordo com Denadai (2000), diversos estudos apontaram que a  $vVO_2\text{max}$  pode ser um importante índice de predição da performance aeróbia durante a corrida de média e longa duração. Billat e Koralsztein (1996) e Billat et al. (1999) observaram que a  $vVO_2\text{max}$  é capaz de prever a intensidade de treinamento ideal para corridas de média e longa distância, além de apresentar similaridade com a velocidade que pode ser sustentada pelos atletas de elite na prova dos 3000 m. Além disso, Wenger e Bell (1986) concluíram que a realização do treinamento na velocidade correspondente à  $vVO_2\text{max}$  foi o aspecto mais importante para o melhora dos valores de  $VO_2\text{max}$ . Esse mecanismo acontece pelo fato de que nas intensidades próximas da  $vVO_2\text{max}$  há uma sobrecarga máxima de volume e pressão no miocárdio, que associada ao aumento do volume sistólico, acaba provocando o desenvolvimento do  $VO_2\text{max}$ .

A partir da  $vVO_2\text{max}$  é possível determinar o tempo de exaustão ( $T_{lim}$ ) ou tempo máximo de exercício que pode ser sustentado nesta intensidade de exercício (DENADAI, 2000), que pode variar de 2,5 minutos a 10 minutos (BILLAT et al., 1994a). Apesar de ser considerado um indicador da potência aeróbia, Faina et al. (1997) demonstraram que 16 % da energia utilizada durante o exercício realizado a 100 % da  $vVO_2\text{max}$  foi derivada do metabolismo anaeróbio. Os resultados encontrados pelos autores mostraram que o  $T_{lim}$  apresentou correlação significativa, mas moderada, com o MAOD ( $r = 0,62$ ) para um grupo composto por ciclistas ( $n = 8$ ), canoístas ( $n = 7$ ) e nadadores ( $n = 8$ ). Como o MAOD é uma medida fidedigna da capacidade anaeróbia (MEDBO et al., 1988), esta relação sugere que o  $T_{lim}$  depende do metabolismo anaeróbio, podendo ser utilizado também como indicador da capacidade anaeróbica láctica. De acordo com estudo de revisão elaborado por Billat e Koralsztein (1996), existe uma variação interindividual de até 25 % entre indivíduos com a mesma  $vVO_2\text{max}$ , que pode ser explicada por meio da participação do componente anaeróbio presente no exercício

realizado nessa intensidade. Além disso, Hill e Rowell (1996) observaram que somente 26 % da variabilidade do Tlim a 100% da  $vVO_2\text{max}$  pode ser explicada pelas diferenças na capacidade anaeróbia estimada pelo déficit de oxigênio, enquanto 44 % dessa variabilidade pode ser atribuída às diferenças intra-individuais no limiar anaeróbio.

Billat et al. (1994a) observaram que os valores de Tlim de um grupo homogêneo de corredores de *endurance* apresentaram correlação negativa com a  $vVO_2\text{max}$  ( $r = -0,36$ ,  $p < 0,05$ ) e o  $VO_2\text{max}$  ( $r = -0,34$ ,  $p < 0,05$ ), porém positiva com o limiar anaeróbio expressos em percentuais da  $vVO_2\text{max}$  ( $r = 0,37$ ,  $p < 0,05$ ). Billat et al. (1994b) também demonstraram que o Tlim isolado é capaz de discriminar a *performance* de um grupo homogêneo de corredores de *endurance*, visto que o mesmo apresentou correlação com a velocidade sustentada na prova de meia maratona ( $r = 0,71$ ) e com a velocidade correspondentes ao limiar anaeróbio expresso em % do  $VO_2\text{max}$  ( $r = 0,74$ ). Em outro estudo desenvolvido por Billat et al. (1996), foi verificada uma forte correlação ( $r = 0,86$ ) do Tlim com a *performance* de um grupo de corredores de nível moderado.

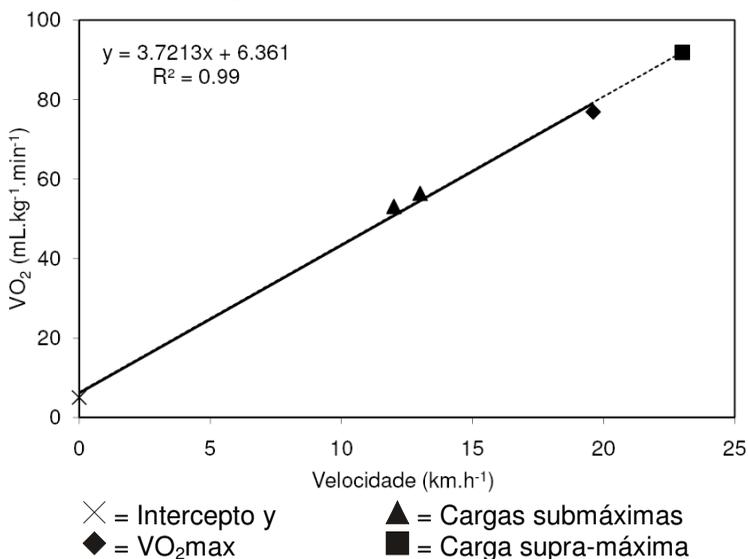
Além disso, a  $vVO_2\text{max}$  e o Tlim têm demonstrado uma alta reprodutibilidade e, também, validade para a predição da *performance* em provas de média e longa duração (LINDSAY et al., 1996; HILL; ROWELL, 1996). Em estudo com corredores de ambos os sexos de elite de provas de média distância, Billat et al. (1995) identificaram que o Tlim e a  $vVO_2\text{max}$  explicaram 95% da variação da *performance* nos 1500 m. Denadai, Ortiz e Melo (2004) verificaram com corredores bem treinados nas provas de meio-fundo e fundo, que o Tlim e a  $vVO_2\text{max}$  explicaram 88% da variação da *performance* nos 1500 m, mostrando que a potência aeróbia parece ser determinante para essa distância de corrida.

De acordo com Guglielmo (2005), quando o Tlim é utilizado para determinar a duração individualizada do tempo do exercício, é preciso considerar o tempo necessário para atingir o  $VO_2\text{max}$  e o seu respectivo tempo de sustentação. Durante exercícios a 92 % e a 100 % do  $VO_2\text{max}$ , o Tlim apresenta uma grande variabilidade individual, o que pode interferir na precisão da utilização dessa variável para o controle do tempo do exercício.

## 2.5. Máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD)

Os testes mais adotados para a avaliação da capacidade anaeróbia estão baseados na quantificação do desempenho mecânico em exercício supra-máximo exaustivo (NAKAMURA; FRANCHINI, 2006). Nesse sentido, o máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD) proposto por Medbo et al. (1988) é o método mais aceito para estimar a capacidade anaeróbia (SALTIN, 1990; GASTIN, 1994; WEYAND et al., 1994). O MAOD representa a quantidade de ATP produzida pelo sistema anaeróbio durante um exercício exaustivo (MEDBO et al., 1988).

As observações iniciais de Medbo et al. (1988) indicam que o primeiro passo para determinação do MAOD consiste no estabelecimento de uma relação linear individual entre a demanda de oxigênio e intensidades submáximas de exercício, que podem variar entre 35 % a 100 % do  $VO_2\text{max}$ . Posteriormente, a estimativa da demanda energética para intensidades supra-máximas é realizada através da extrapolação da relação linear (figura 1).

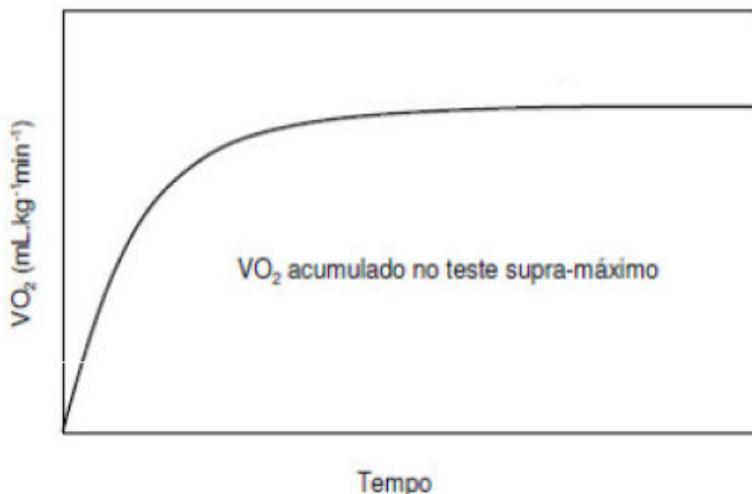


**Figura 1.** Extrapolação da relação linear entre consumo de oxigênio e intensidades submáximas realizada para estimar a demanda energética em intensidade supra-máxima.

Para determinação dessas intensidades, é necessária a realização de 10 a 20 testes de 10 minutos de duração, nos quais o consumo de oxigênio é o valor médio observado nos dois últimos minutos. Apesar do número elevado de dias para realização desses testes, o procedimento é pertinente devido à considerável variação interindividual da eficiência mecânica, que pode afetar a precisão da estimativa do MAOD (MEDBO, 1988). A intensidade do exercício é expressa em unidades específicas, dependendo do ergômetro utilizado, sendo potência (W) para a bicicleta ergométrica e velocidade ( $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) para a esteira rolante.

Para a realização do cálculo do MAOD é preciso considerar dois pressupostos metodológicos importantes: 1) a demanda de oxigênio pode ser estimada a partir da extrapolação linear do consumo de estado estável de intensidades submáximas, e 2) a demanda de oxigênio é constante durante o teste retangular de intensidade supra-máxima.

Os testes supra-máximos realizados com cargas retangulares de 110 % a 125 % do  $\text{VO}_{2\text{max}}$ , que levam a exaustão por volta de 2 a 7 minutos, são considerados ideais para estimativa do MAOD (NAKAMURA; FRANCHINI, 2006). A demanda de oxigênio acumulada no teste supra-máximo é estimada pela multiplicação da demanda de oxigênio extrapolada pelo tempo de exercício até a exaustão. O MAOD é calculado pela diferença da demanda de oxigênio estimada na extrapolação linear ( $\text{VO}_2 \times \text{intensidade}$ ) pelo consumo de oxigênio acumulado no teste supra-máximo (Figura 2) (MEDBO et al., 1988).



**Figura 2.** Cálculo do MAOD consiste na diferença da demanda de oxigênio estimada na extrapolação linear ( $VO_2 \times$  intensidade) pelo consumo de oxigênio acumulado no teste supra-máximo, representando o déficit de oxigênio (MEDBO et al., 1988).

Para verificar as evidências de validade do MAOD no seu estudo original Medbo et al. (1988) submeteram 11 indivíduos saudáveis a um protocolo de 10 a 20 sessões de testes submáximos de 10 minutos de duração em normoxia. Posteriormente, para evidenciar a validade do MAOD como preditor da capacidade anaeróbia, os indivíduos realizaram um teste sob condição de hipóxia a 13,5 % de concentração inspirada de oxigênio, simulando a altitude de 3500 m acima do nível do mar. Os resultados demonstraram que houve a diminuição da tolerância ao esforço e dos valores de  $VO_{2\text{max}}$ , porém o MAOD permaneceu inalterado, comprovando a natureza anaeróbia do teste (MEDBO, et al., 1988).

Medbo e Tabata (1993), em testes máximos de duração de 30 a 180 segundos no cicloergômetro, mostraram uma forte correlação ( $r = 0,94$ ) entre a estimativa da velocidade de utilização das fontes energéticas utilizadas pelo sistema anaeróbio, observada pela mudança de concentrações de metabólitos musculares associados a esse sistema, e a estimativa do MAOD pelo método original proposto por Medbo et

al. (1988), reafirmando assim a validade deste procedimento para avaliação da capacidade anaeróbia.

Outros estudos apontaram que o MAOD se correlaciona com outros testes utilizados para estimar a capacidade anaeróbia como o teste máximo de corrida anaeróbia -  $V_{\text{MART}}$  (MAXWELL; NIMMO, 1996) e o teste de Wingate (SCOTT et al., 1991).

Vários trabalhos com o atletismo que objetivaram verificar a participação relativa dos sistemas de produção energética utilizam o MAOD como preditor da capacidade anaeróbia de corredores de curta e média distância (WEYAND et al., 1993; RAMSBOTTOM et al., 1994; CRAIG; MORGAN, 1998; SPENCER, GASTIN, 2001; DUFFFIELD; DAWSON; GOODMAN, 2005).

Em um estudo para analisar a validade do MAOD, Scott et al. (1991) avaliaram 12 atletas universitários da divisão 1 da NCAA e demonstraram que o MAOD discrimina a capacidade anaeróbia de corredores fundistas ( $56,9 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ ), meio-fundistas ( $74,2 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ ) e velocistas ( $78,3 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ ). Estes resultados indicam que a maior capacidade anaeróbia dos velocistas, está atribuída a alguns fatores como um maior número de fibras e contração rápida (MERO; JAAKKOLA; KOMI, 1991), além da maior capacidade glicolítica desses atletas, obtida com o treinamento específico.

Porém, devido ao problema operacional encontrado nas recomendações originais para estimativa do MAOD, que requer a presença do atleta no laboratório por vários dias, visto o número elevado de testes submáximos para a determinação da relação entre a demanda energética e a intensidade de exercício, Scott et al. (1991) desenvolveram um protocolo alternativo. Esse protocolo adota o intercepto  $y$  de  $5 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , referente aos valores de consumo de oxigênio de repouso, comum a todos os indivíduos e propõe a realização de apenas três testes submáximos. Essa adaptação melhora a aplicabilidade do MAOD e resulta em estimativas semelhantes às obtidas pelo método original (HILL, 1996).

Craig e Morgan (1998), ao avaliarem um grupo homogêneo de corredores de meio-fundo, realizaram quatro testes em esteira rolante para calcular o MAOD e uma corrida simulando a prova de 800 m. Os resultados mostraram não haver correlação significativa do MAOD com a *performance* nos 800 m,

demonstrando que a capacidade anaeróbia parece não ser a principal determinante desta prova. Contudo, Ramsbottom et al. (1994) compararam o tempo de prova de 14 atletas nas distâncias de 100, 400 e 800 m com os valores de MAOD. Foram encontradas fortes correlações negativas com o tempo nas provas de 100 ( $r = -0,88$ ) e 400 m ( $r = -0,82$ ), porém, nos 800 m a correlação foi moderada ( $r = -0,61$ ) (SPENCER; GASTIN, 2001; BILLAT et al, 2004a). Calculando o MAOD de acordo com os procedimentos originais sugeridos por Medbo et al. (1988), Nevill et al. (2008) também encontraram fortes correlações com a velocidade nas provas de 100 ( $r = 0,87$ ) e 400 m ( $r = 0,80$ ), enquanto que na prova de 800 m a correlação foi moderada ( $r = 0,61$ ).

Com base nas evidências demonstradas, o MAOD é apontado na literatura como o método indireto de quantificação da capacidade anaeróbia, apresentando moderadas correlações com provas de média duração. Assim, considerando que as provas de 800 e 1500 m do atletismo dependem da interação dos sistemas energéticos anaeróbio e aeróbio (LACOUR et al., 1990; SPENCER; GASTIN, 2001; BILLAT et al., 2004a) e que o MAOD também apresenta sensibilidade aos efeitos específicos do treinamento (MEDBO; BURGERS, 1990; TABATA et al., 1996; NAKAMURA; FRANCHINI, 2006), sua utilização torna-se indispensável como um dos preditores da *performance* de corredores meio-fundo.

## **2.6. Counter Movement Jump (CMJ) e Continuous Jump (CJ)**

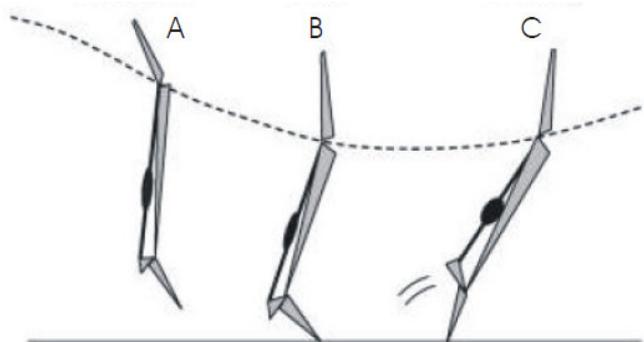
A *performance* de *endurance* pode ser limitada não somente por fatores centrais, mas também pelos mecanismos associados à potência muscular (NOAKES, 1988; GREEN; PATLA, 1992). Paavolainen, Nummela e Rusko (1999) observaram que as características anaeróbia e neuromusculares apresentaram correlação significativa com a *performance* na distância de 5000 m, confirmando que os fatores de potência muscular podem interferir na *performance* de *endurance*.

A potência muscular é definida como a capacidade do sistema neuromuscular de produzir potência durante o exercício máximo quando a produção de energia glicolítica e/ou oxidativa é

elevada e, assim, a capacidade de contração muscular pode ser limitada (PAAVOLAINEN; NUMMELA; RUSKO, 1999). Esse fenômeno complexo de difícil mensuração *in vivo*, é normalmente estimado indiretamente por meio de saltos verticais, tais como, *Squat Jump* (SJ), *Counter Movement Jump* (CMJ) e *Continuous Jump* (CJ), os quais são válidos e de grande confiabilidade (MARKOVIC et al., 2004).

O SJ mensura a potência muscular utilizando somente a fase concêntrica do movimento, que reflete a habilidade de recrutamento neural do atleta (BOSCO, 1999). Nesse salto, a altura de elevação do centro de gravidade é consideravelmente inferior à obtida no CMJ, o que pode ser explicado pela participação do ciclo alongamento-encurtamento (CAE) neste último, potencializando a ação muscular por meio da energia elástica acumulada e aos reflexos de estiramento (KOMI, 2000). O CMJ investiga os níveis de força explosiva exercida, a capacidade de recrutamento neural e a reutilização da energia elástica (BOSCO, 1999). O CJ, caracterizado pela repetição de sucessivos CMJ, torna-se um índice importante capaz de diagnosticar a participação dos processos neuromuscular e metabólico que sustentam a potência muscular durante intensidades máximas de exercício de curta duração (BOSCO, 1999).

O CAE é definido como a ação muscular caracterizada por um pré-alongamento das fibras musculares na fase excêntrica do movimento, na qual são ativados os reflexos de estiramento e os elementos elásticos alongados, armazenando energia elástica que é reutilizada na contração concêntrica (KOMI, 2000). Segundo Komi e Bosco (1978), a utilização imediata do mecanismo elástico antes da contração concêntrica aumenta a fase de contração, resultando na melhora da produção de força e potência do músculo (figura 3).



A = Pré-ativação. B = Alongamento. C = Encurtamento.

**Figura 3.** Ilustração, da musculatura posterior da perna, que representa o fenômeno do ciclo alongamento-encurtamento (CAE), o qual resulta no aumento da potência muscular (KOMI, 2006).

O CAE é caracterizado por um alongamento com geração de força durante a fase excêntrica e armazenamento de energia potencial nos componentes elásticos do complexo músculo-tendão, sendo que dessa forma, na passagem rápida da fase excêntrica para a concêntrica, essa energia pode ser reutilizada, gerando uma maior quantidade de trabalho positivo, explicando a melhor *performance* no salto vertical quando precedido de um contra movimento (GUGLIELMO, 2005).

Bosco (1999) define *stiffness* como uma capacidade neuromuscular de desenvolver altos níveis de força e impor uma resistência ao alongamento muscular. Para Brughelli e Cronin (2008), o mecanismo do *stiffness* interfere na regulação do desenvolvimento de força muscular, no armazenamento e utilização da energia elástica e no contato, tempo de voo, amplitude e frequência da passada.

A eficácia do CAE é influenciada pela razão e magnitude do alongamento, pelo nível de ativação do *stiffness* da estrutura músculo-tendão, pela mudança no comprimento do músculo durante o alongamento e pelo tempo decorrido entre a realização do alongamento e o início da contração concêntrica (ANDERSON, 1996).

De acordo com Guglielmo (2005), as adaptações neurais associadas ao aumento da capacidade de utilizar energia elástica estocada no conjunto músculo-tendão, representada pelo CAE, são apontadas como os prováveis mecanismos que podem determinar a melhora da EC e conseqüentemente, da *performance* de *endurance*. Além disso, Cavagna, Dusman e Margaria (1968) estimaram que o  $VO_2$  durante a corrida pode ser de 30 % a 40 % maior sem a contribuição do CAE, ou seja, há uma perda de eficiência na realização do esforço.

Smirniotou et al. (2008) analisaram a relação de vários parâmetros de força e potência com a *performance* nos 100 m de 25 jovens e verificaram que a associação em conjunto dos índices neuromusculares SJ e CMJ explica em grande parte dessa *performance*. Ainda, Henessy e Kilty (2001), em estudo com 17 velocistas do sexo feminino de nível competitivo, verificaram que a altura de salto no CMJ possui correlação significativa com a *performance* nas corridas de 100 ( $r = - 0,64$ ) e 300 m rasos ( $r = - 0,55$ ). Esses resultados reafirmam que o CMJ é um índice capaz de discriminar a *performance* de corredores velocistas.

Harrison, Keane e Coglan (2004) realizaram um estudo que teve como um dos objetivos comparar a função do CAE entre corredores de provas de velocidade e de *endurance*, por meio da realização dos saltos verticais SJ, CMJ e *Drop Jump* (DJ). Os autores observaram que a habilidade de empregar o CAE é importante para a *performance* de todos os corredores. Porém, os valores de altura e potência obtidos no CMJ foram estatisticamente superiores para o grupo de velocistas, sugerindo que essa variável pode ser melhor para diferenciar atletas dessas duas modalidades de corrida.

Apesar da importância que os índices neuromusculares associados à potência muscular apresentam para a *performance* de atletas de *endurance*, ao nosso conhecimento, nenhum trabalho analisou a relação dos saltos verticais CMJ e CJ com a *performance* nas distâncias de 800 m e 1500 m. Portanto, é necessário investigar as relações existentes entre esses índices e distâncias, analisados isoladamente ou em associação com as variáveis fisiológicas.

### 3. MÉTODOS

#### 3.1 Modelo de estudo

O presente estudo pode ser classificado quanto a sua natureza como sendo uma pesquisa aplicada, por possuir como objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigidos para solucionar problemas específicos (SANTOS, 2008). Segundo a mesma autora, quanto à abordagem do problema, o estudo é considerado uma pesquisa quantitativa, visto que considera que os dados foram quantificados para serem classificados e analisados. Quanto aos objetivos propostos, a pesquisa caracteriza-se como sendo descritiva, tendo um *design* correlacional, pois segundo Thomas e Nelson (2002), a pesquisa correlacional é uma forma de pesquisa descritiva que tem como delineamento básico coletar dados sobre duas ou mais variáveis nos mesmos sujeitos e explorar as associações existentes entre elas.

#### 3.2 Sujeitos

Participaram da pesquisa 11 corredores do sexo masculino (tabela 1) treinados nas provas de 800 m e 1500 m e registrados na Federação Catarinense de Atletismo, os quais treinavam seis dias por semana, com um volume médio semanal de 70 km. A seleção dos sujeitos para o estudo foi não probabilística, do tipo intencional, tendo como critério para seleção os corredores que possuíam o mínimo de dois anos de treinamento regular.

**Tabela 1.** Valores descritivos das características antropométricas e de composição corporal dos atletas do estudo.

|                     | <b>Média ± DP</b> | <b>CV</b> |
|---------------------|-------------------|-----------|
| Idade (anos)        | 17,6 ± 1,4        | 7,7       |
| Massa Corporal (kg) | 62,2 ± 11,4       | 18,3      |
| Estatuta (cm)       | 171,4 ± 8,4       | 4,9       |
| Gordura (%)         | 7,0 ± 1,8         | 25,5      |

### 3.3 Procedimento para coleta de dados

O estudo fez parte do projeto intitulado “Atletismo do século XXI: estudo interdisciplinar na avaliação de corredores federados nas diferentes etapas do ciclo de treinamento”, o qual é vinculado à rede CENESP-UFSC e financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia (FINEP), sob o convênio nº 1743/06. Este projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) sob o número 319/07 (apêndice 1).

Todas as avaliações, previamente agendadas, foram realizadas no Laboratório de Esforço Físico (LAEF), no Laboratório de Biomecânica (BIOMEC) e na pista de atletismo, localizados do Centro de Desportos (CDS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) nos meses de abril a setembro de 2008.

Antes de iniciarem os procedimentos para a coleta de dados, os atletas participantes do estudo foram esclarecidos sobre os objetivos e os métodos da pesquisa e na sequência assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

No primeiro dia, os atletas realizaram a simulação da prova de 800 m e na sequência, após quatro horas de intervalo, a simulação da prova de 1500 m para determinação da *performance* nas respectivas distâncias. No segundo dia, após a realização da avaliação antropométrica para caracterização da amostra, os atletas foram submetidos a um protocolo incremental na esteira rolante para a determinação do  $\dot{V}O_2\text{max}$ ,  $v\dot{V}O_2\text{max}$  e  $v\text{OBLA}$ . No terceiro dia, os atletas foram submetidos ao protocolo de saltos verticais para a determinação da potência muscular e na sequência, após uma hora de intervalo, realizaram o teste para determinação do  $T_{lim}$  a 100% do  $\dot{V}O_2\text{max}$ . No quarto dia, os atletas realizaram os testes submáximos para determinação da EC, seguido pelo teste supra-máximo (119,5 % do  $\dot{V}O_2\text{max}$ ), que fazem parte dos procedimentos do protocolo para cálculo do MAOD. Todos os testes foram realizados no mesmo horário do dia, respeitando intervalo mínimo de 24 horas. Os participantes foram orientados a não realizar treinamentos intensos nos dias

de coletas e a comparecer alimentados e hidratados para realização das avaliações.

### 3.3.1 Protocolos de campo

#### 3.3.1.1 Protocolo de determinação das *performances*

Os atletas realizaram uma corrida nas distâncias de 800 m e, após uma recuperação de 4 horas, de 1500 m em uma pista de atletismo de carvão com dimensões oficiais (400 m), sendo que os mesmos foram encorajados verbalmente a correr na intensidade máxima durante todo o teste.

Todos utilizaram sapatos com pregos, específicos para este tipo de pista e realizaram um aquecimento prévio, conforme rotina de costume do atleta para uma competição, com duração aproximada de 15 minutos.

Os tempos foram registrados por meio de dois cronômetros manuais de precisão de 0,01 segundos (TIMEX®, modelo Marathon), sendo que o valor médio de ambos foi utilizado para a análise.

### 3.3.2 Protocolos de laboratório

#### 3.3.2.1 Avaliação antropométrica

Os procedimentos utilizados para realizar as mensurações antropométricas seguiram os protocolos definidos em Alvarez e Pavan (2003) e Benedetti, Pinho e Ramos (2003). A massa corporal foi medida utilizando-se uma balança com precisão de 0,1 kg (TOLEDO®). Para a determinação da estatura utilizou-se um estadiômetro com precisão de 1 mm (SANNY®). Foram medidas sete dobras cutâneas, com o adipômetro científico com precisão de 1 mm (CESCORF®). A densidade corporal (DC) foi estimada pela equação (1) Forsyth e Sinning (1973), específica para atletas do sexo masculino e idade entre 14 e 19 anos, com aplicação deste valor para estimar o percentual de gordura deste por meio da equação (2) de Siri (1961).

$$DC=1,10647-(0,00162*SUB)-(0,00144*AB)- \\ -(0,00077*TR)+(0,00071*AM) \quad (1)$$

Onde: SUB = dobra subescapular; AB = dobra abdominal;  
TR = dobra tricipital; AM = dobra axilar média

$$\%GC = [(4,95/DC) - 4,50] * 100 \quad (2)$$

### 3.3.2.2 Protocolo de determinação dos saltos verticais

Para mensurar os índices neuromusculares os atletas realizaram uma série de saltos verticais *Counter Movement Jump* (CMJ) e *Continuous Jump* (CJ), de acordo com o protocolo proposto por Bosco (1999), a partir dos quais se analisou a variável altura de salto (h), considerada o melhor indicador da potência muscular de membros inferiores (BOSCO et al., 1982).

Todos os saltos possuem índice de fidedignidade de 0,94 e 0,97 para especificidade. Para os testes utilizou-se uma plataforma de força (QUATTRO JUMP, modelo 9290AD) tipo piezométrica. As informações adquiridas foram transmitidas via cabo a um computador na frequência de 500 Hz.

A altura foi calculada pelo software *Quatro Jump* através do método de integração dupla. A partir dos valores de força obtidos na plataforma, de massa corporal do indivíduo e da velocidade inicial conhecida, calculou-se a velocidade instantânea. Para obter o valor de h, basta conhecer a variação da velocidade, ou seja, o impulso gerado durante a fase propulsiva do salto, de acordo com a equação 3.

$$h = \int (v - v_0) dt \quad (3)$$

Onde: h = altura do salto. v = velocidade final.  $v_0$  = velocidade inicial. dt = intervalo de tempo infinitesimal.

Antes da execução dos saltos (descritos abaixo) os atletas realizaram um aquecimento de duração aproximada de 10 minutos constituído de alongamento e saltos.

#### a) *Counter Movement Jump* (CMJ)

O CMJ foi realizado utilizando a contribuição do CAE, objetivando estimar a potência muscular associada com o aproveitamento da energia elástica dos músculos extensores do

joelho. Neste protocolo, o indivíduo realizou os saltos verticais a partir de uma posição em pé, com as mãos na cintura, sendo o mesmo precedido por um contra movimento, o qual consiste em uma aceleração para baixo do CG, flexionando os joelhos até próximo aos  $90^\circ$ . Durante o salto, o tronco deveria manter-se o mais vertical possível. Foram realizadas três tentativas para o CMJ, sendo considerada para análise a média das h obtidas nas mesmas.



A = posição inicial. B = ângulo do joelho próximo a  $90^\circ$ .  
C = joelho em completa extensão no salto. D = aterrissagem.

**Figura 4.** Ilustração da realização do CMJ (BOSCO, 1999).

#### b) *Continuous Jump (CJ)*

O CJ consistiu na execução de saltos com contra movimento, de modo contínuo, por um período de 15 segundos. Como nos demais saltos, o sujeito manteve o tronco o mais vertical possível e as mãos no quadril, com o ângulo do joelho sempre próximo aos  $90^\circ$  ao final da fase de descida. No protocolo CJ, realizou-se apenas uma tentativa, tendo em vista ser um teste mais exaustivo, o que poderia gerar fadiga. Assim, utilizou-se para análise a altura média relativa a todos os saltos realizados no período de 15 segundos.

### 3.3.2.3 Protocolo de determinação do $\text{VO}_2\text{max}$ , da $\text{vVO}_2\text{max}$ e da $\text{vOBLA}$

Para a determinação do  $\text{VO}_2\text{max}$  utilizou-se o protocolo de cargas progressivas realizado em esteira rolante (IMBRAMED, modelo 10.200). A velocidade inicial foi de  $11 \text{ km.h}^{-1}$  e 1% de inclinação com incrementos de  $1 \text{ km.h}^{-1}$  a cada 3 minutos até a exaustão voluntária. O  $\text{VO}_2\text{max}$  foi mensurado respiração a respiração durante todo o procedimento a partir do gás expirado por meio do analisador de gases portátil (COSMED, modelo K4 b<sup>2</sup>) com os dados reduzidos a média de 15 segundos. O  $\text{VO}_2\text{max}$  foi adotado como o maior valor de 15 segundos obtido durante o teste. Para considerar que durante o teste os indivíduos atingiram o  $\text{VO}_2\text{max}$  foram adotados os critérios propostos por Taylor, Buskirk e Henshel (1955) e Lacour et al. (1991). A  $\text{vVO}_2\text{max}$  foi considerada como sendo a menor intensidade de exercício na qual ocorreu o  $\text{VO}_2\text{max}$  (BILLAT et al., 1996; BILLAT et al., 1999).

Entre cada estágio houve um intervalo de 30 segundos para coleta de sangue do lóbulo da orelha para a dosagem do lactato sanguíneo (BILLAT et al., 2000). A  $\text{vOBLA}$  foi determinada por meio de uma interpolação linear (lactato x intensidade), considerando-se uma concentração fixa de  $3,5 \text{ mmol.L}^{-1}$  (HECK et al., 1985).

### 3.3.2.4 Protocolo de determinação do $\text{Tlim}$ a 100% da $\text{vVO}_2\text{max}$

Para a determinação do  $\text{Tlim}$ , utilizou-se um protocolo de cargas contínuas em esteira rolante (IMBRAMED, modelo 10.200). Inicialmente os atletas realizaram um aquecimento durante 7 minutos a  $12 \text{ km.h}^{-1}$ , seguido por um descanso de 3 minutos e, posteriormente, correram por mais 7 minutos a  $13 \text{ km.h}^{-1}$ . Para determinação do  $\text{Tlim}$  a intensidade das cargas foi ajustada até 100% da  $\text{vVO}_2\text{max}$ , após um intervalo para descanso de 5 minutos. Os indivíduos foram estimulados verbalmente a manter o esforço até a exaustão voluntária. O  $\text{Tlim}$  foi considerado como o tempo total de esforço mantido na  $\text{vVO}_2\text{max}$ , sendo expresso em segundos.

O  $\text{VO}_2$  foi mensurado respiração a respiração durante todo o protocolo a partir do gás expirado por meio do analisador

de gases portátil (COSMED, modelo K4 b<sup>2</sup>) com os dados reduzidos à média de 15 segundos.

### 3.3.2.5 Protocolo de determinação da EC e do MAOD

Para a determinação da EC e do MAOD, utilizou-se um protocolo de cargas contínuas em esteira rolante (IMBRAMED, modelo 10.200). Inicialmente os atletas realizaram um teste de duas corridas submáximas, primeiro a 12 km.h<sup>-1</sup> (69,0 % do VO<sub>2</sub>max) durante 7 minutos e, após 3 minutos de intervalo, a 13 km.h<sup>-1</sup> (73,2 % do VO<sub>2</sub>max), tendo o VO<sub>2</sub> medido entre o 5<sup>o</sup> e 6<sup>o</sup> minuto, a partir do qual se determinou a EC (GUGLIELMO; GRECO; DENADAI, 2005).

Posteriormente, houve um período de pausa de 5 minutos, para restabelecimento do VO<sub>2</sub> de repouso, para então o atleta correr até a exaustão, na velocidade supra-máxima correspondente a 120 % da vVO<sub>2</sub>max (Tlim = 119,5 % VO<sub>2</sub>max). O VO<sub>2</sub> foi mensurado continuamente respiração a respiração durante todo o protocolo a partir do gás expirado por meio do analisador de gases portátil (COSMED, modelo K4 b<sup>2</sup>) e expresso pela média a cada 15 segundos.

Para a estimativa do MAOD estabeleceu-se uma relação linear individual entre demanda de oxigênio e intensidade de exercício, baseado no método desenvolvido por Scott et al. (1991), que utiliza quatro valores como descrito na sequência: 1) intercepto y de 5 mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, que representa os valores de consumo de oxigênio de repouso, comum a todos os indivíduos; 2) os valores de consumo de oxigênio submáximos a 12 e 13 km.h<sup>-1</sup>; 3) valor de VO<sub>2</sub>max. O MAOD, que foi calculado por meio do *software Origin 6.0 Professional*, consistiu na diferença da demanda de oxigênio estimada na extrapolação linear (VO<sub>2</sub> x velocidade) pelo consumo de oxigênio acumulado no teste supra-máximo (Tlim = 119,5 % VO<sub>2</sub>max), representando o déficit de oxigênio.

## 3.4 Calibração

A calibração do analisador de gases portátil (COSMED, modelo K4 b<sup>2</sup>) foi realizada antes de cada teste de acordo com as recomendações do fabricante, como descrito na sequência.

1) Calibração do ar ambiente: consiste em utilizar uma amostra do ar ambiente para comparação dos valores de  $VO_2$  (20,93 %) e  $CO_2$  (0,03 %) atmosféricos.

2) Calibração do gás: consiste em enviar para o analisador de gases uma amostra padrão de gás do cilindro ( $VO_2 = 16 \%$ ;  $CO_2 = 5 \%$ )

3) Calibração da turbina: consiste em mensurar o volume de uma seringa de 3 L para calibração do fluxo da turbina.

4) Calibração *delay*: consiste em mensurar o tempo necessário para a amostra de gás passar através da linha de ar antes de ser analisada.

A calibração do analisador bioquímico (YSI 2700, modelo Stat Select) foi realizada antes da leitura da amostra de sangue através do uso de uma solução de concentração conhecida ( $0,50 \text{ g.L}^{-1}$ ), de acordo com as recomendações do fabricante.

### **3.5 Determinação do lactato sanguíneo**

Para determinação da concentração de lactato sanguíneo foram coletados  $25 \mu\text{L}$  de sangue do lóbulo da orelha em capilar heparinizado, o qual foi imediatamente transferido para microtubos de polietileno com tampa - tipo Eppendorff - de  $1,5 \text{ mL}$ , contendo  $50 \mu\text{L}$  de solução de NaF 1% e armazenado em gelo. A análise do lactato foi realizada por intermédio de um analisador bioquímico (YSI 2700, modelo Stat Select) que possui precisão de 2 %.

### **3.6 Determinação da frequência cardíaca**

Nos testes laboratoriais a frequência cardíaca foi registrada com o uso do frequencímetro (Polar<sup>®</sup>) incorporado ao analisador de gases portátil (COSMED, modelo K4 b<sup>2</sup>), que permitiu registrar e armazenar os valores do comportamento da FC em sincronia com os valores de  $VO_2$ .

### **3.7 Tratamento estatístico**

Para apresentação dos dados foi utilizada estatística descritiva na forma de média, desvio-padrão (DP) e coeficiente de variação

(CV). Foram utilizados os critérios estabelecidos por Gomes (1990) para determinar a homogeneidade das variáveis. Inicialmente foi realizado o teste de *Shapiro-Wilk* e verificou-se que os dados possuíam distribuição normal. Para determinar a relação entre os índices analisados foi realizada a correlação linear de *Pearson*. Para verificar a contribuição das variáveis independentes (índices fisiológicos e neuromusculares) nas variáveis dependentes (*performance* de 800 m e 1500 m) foi aplicada a análise de regressão múltipla pelo método *enter*, utilizando somente as variáveis que apresentarem valor de correlação (*r*) maior que 0,2. Em todas as análises, realizadas no *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS), versão 15.0 para *Windows*, foi adotado o valor de  $p \leq 0,05$  para significância.

#### 4. RESULTADOS

A tabela 2 apresenta os valores dos testes de campo realizados na pista de atletismo (800 m e 1500 m). De acordo com os critérios propostos por Gomes (1990), pode-se observar que o grupo de corredores é homogêneo quanto à *performance* na distância de 800 m e de 1500 m.

**Tabela 2.** Valores descritivos da *performance* nas distâncias de 800 m e 1500 m.

| Distância<br>(m) | Média ± DP<br>(min:s) | Mínimo<br>(min:s) | Máximo<br>(min:s) | CV  |
|------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-----|
| 800 m            | 2:09 ± 0:12           | 1:50              | 2:18              | 5,6 |
| 1500 m           | 4:37 ± 0:21           | 4:07              | 4:48              | 4,8 |

A tabela 3 apresenta os valores percentuais dos recordes juvenil brasileiro e juvenil mundial relativos à *performance* realizada pelos corredores nas distâncias de 800 m e 1500 m rasos.

**Tabela 3.** Valores percentuais dos recordes juvenil brasileiro e juvenil mundial relativos à *performance* nas distâncias de 800 m e 1500 m.

| Distância<br>(m) | Percentual Médio do<br>Recorde Brasileiro<br>Juvenil <sup>1</sup> | Percentual Médio<br>do Recorde<br>Mundial Juvenil <sup>2</sup> |
|------------------|---|--|
| 800 m            | 120,5   | 122,3  |
| 1500 m           | 117,8   | 124,6  |

<sup>1</sup> Confederação Brasileira de Atletismo  
(P800 = 1:44.30; P1500 = 3:42.45)

<sup>2</sup> *International Amateur Athletic Federation*  
(P800 = 1:42.69; P1500 = 3:30.24)

As variáveis fisiológicas obtidas nos testes realizados em esteira rolante: 1) protocolo incremental (vOBLA, VO<sub>2</sub>max e vVO<sub>2</sub>max); 2) protocolo de carga contínua a 100% do VO<sub>2</sub>max

(Tlim); 3) protocolo de carga contínua submáxima a 73,2 % do VO<sub>2</sub>max (EC) e protocolo com carga contínua a 119,5 % do VO<sub>2</sub>max (MAOD) estão demonstradas na tabela 4.

**Tabela 4.** Valores descritivos das variáveis fisiológicas dos atletas.

| Variáveis   | Média ± DP | CV   |
|---|------------|------|
| vOBLA (km.h <sup>-1</sup> )                                   | 16,5 ± 1,2 | 7,5  |
| EC (mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )                  | 56,4 ± 8,0 | 14,2 |
| VO <sub>2</sub> max (mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> ) | 76,9 ± 4,5 | 5,9  |
| VO <sub>2</sub> max (L.min <sup>-1</sup> )                    | 4,8 ± 0,9  | 18,0 |
| vVO <sub>2</sub> max (km.h <sup>-1</sup> )                    | 19,6 ± 0,9 | 4,7  |
| Tlim (min)  | 6,7 ± 1,4  | 21,8 |
| MAOD (mL.kg <sup>-1</sup> )                                   | 47,0 ± 9,0 | 19,2 |

vOBLA = Velocidade referente ao *onset of blood lactate accumulation*. EC = Economia de corrida (13 km.h<sup>-1</sup>). VO<sub>2</sub>max = Consumo máximo de oxigênio. vVO<sub>2</sub>max = velocidade correspondente ao VO<sub>2</sub>max. Tlim = Tempo de exaustão. MAOD = Máximo déficit acumulado de oxigênio.

A tabela 5 apresenta as velocidades médias mantidas nas distâncias de 800 m e 1500 m, expressas em valores absolutos (km.h<sup>-1</sup>) e relativos das velocidades referentes à capacidade (vOBLA) e potência (vVO<sub>2</sub>max) aeróbia. As velocidades nos 800 m e nos 1500 m foram acima da vOBLA e da vVO<sub>2</sub>max.

**Tabela 5.** Relação entre as velocidades médias mantidas nas distâncias de 800 m e 1500 m e as velocidades relativas à capacidade (vOBLA) e potência (vVO<sub>2</sub>max) aeróbia.

|                      | <b>Velocidade</b><br>(km.h <sup>-1</sup> ) | <b>% vVO<sub>2</sub>max</b> | <b>% vOBLA</b> |
|----------------------|--|-----------------------------|----------------|
| vVO <sub>2</sub> max | 19,6 ± 0,9                                 | -                           | -              |
| vOBLA                | 16,5 ± 1,2                                 | 83,9 ± 5,4                  | -              |
| 800 m                | 23,0 ± 1,2                                 | 117,1 ± 4,3                 | 140,1 ± 11,4   |
| 1500 m               | 20,7 ± 0,9                                 | 105,2 ± 2,9                 | 125,8 ± 8,8    |

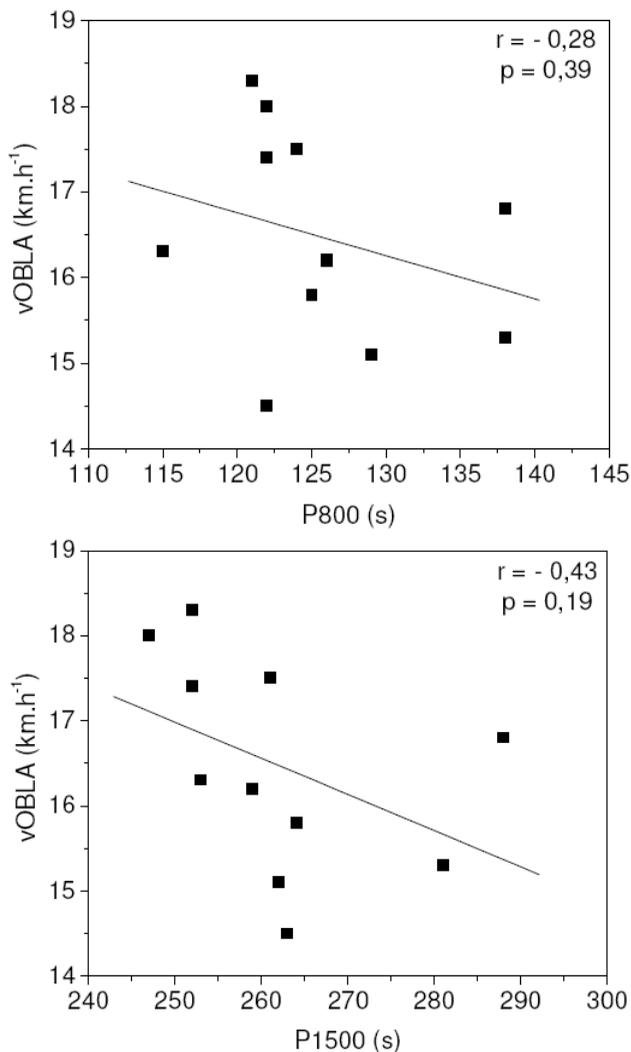
As variáveis neuromusculares obtidas nos saltos verticais CMJ e CJ realizados na plataforma de força estão demonstradas na tabela 6.

**Tabela 6.** Valores descritivos das variáveis e neuromusculares dos atletas.

| <b>Variáveis</b> | <b>Média ± DP</b> | <b>CV</b> |
|------------------|-------------------|-----------|
| CMJ (cm)         | 42,8 ± 6,5        | 15,1      |
| CJ (cm)          | 37,5 ± 5,5        | 14,6      |

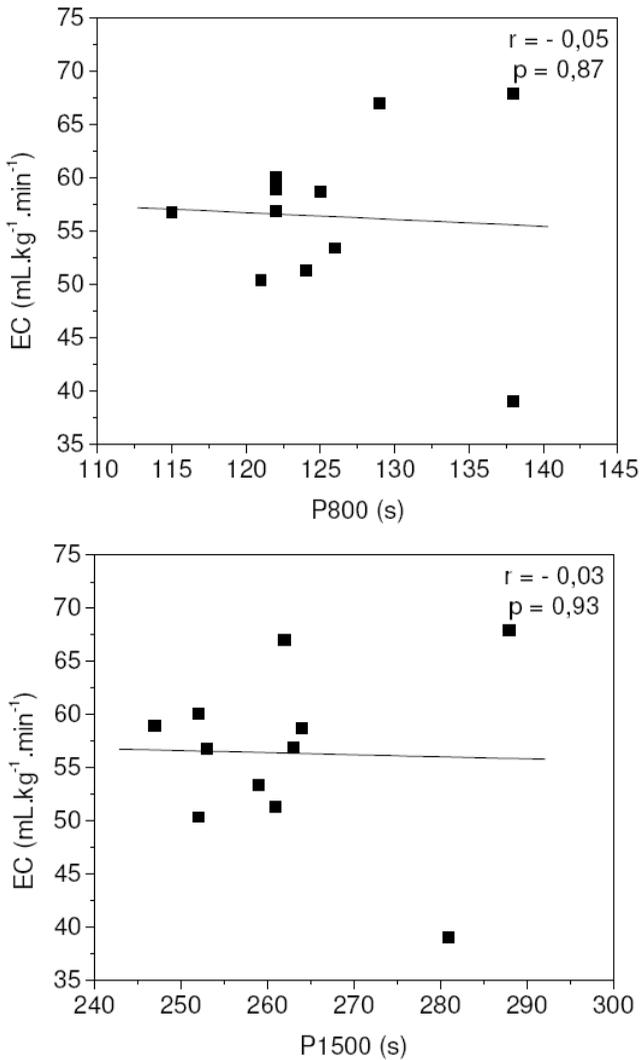
CMJ = *Counter Movement Jump*. CJ = *Continuous Jump*.

Das variáveis de capacidade aeróbia, a vOBLA apresentou correlação negativa, moderada, mas não significativa somente com os 1500 m (figura 5), enquanto que a EC não se correlacionou com nenhuma das duas *performances* analisadas no estudo (figura 6).



**Figura 5.** Correlação entre vOBLA e P800 e P1500.

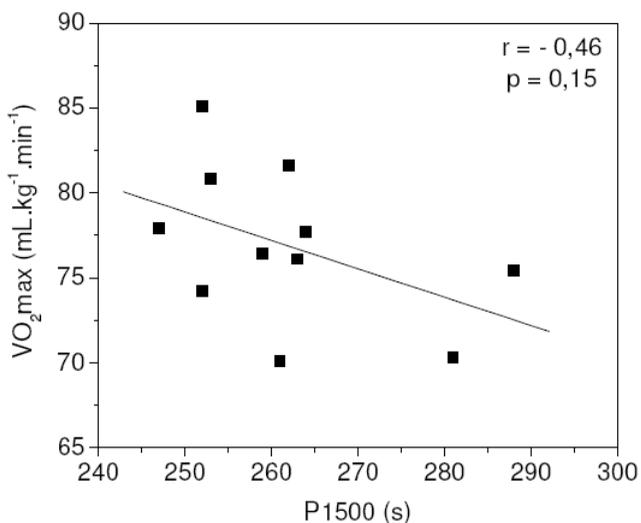
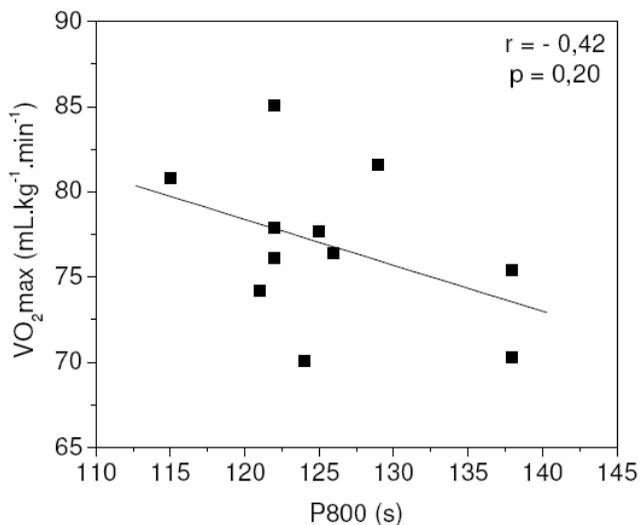
P800 = Tempo obtido na distância de 800 m. P1500 = Tempo obtido na distância de 1500 m. vOBLA = Velocidade referente ao *onset of blood lactate accumulation*.



**Figura 6.** Correlação entre EC e P800 e P1500.

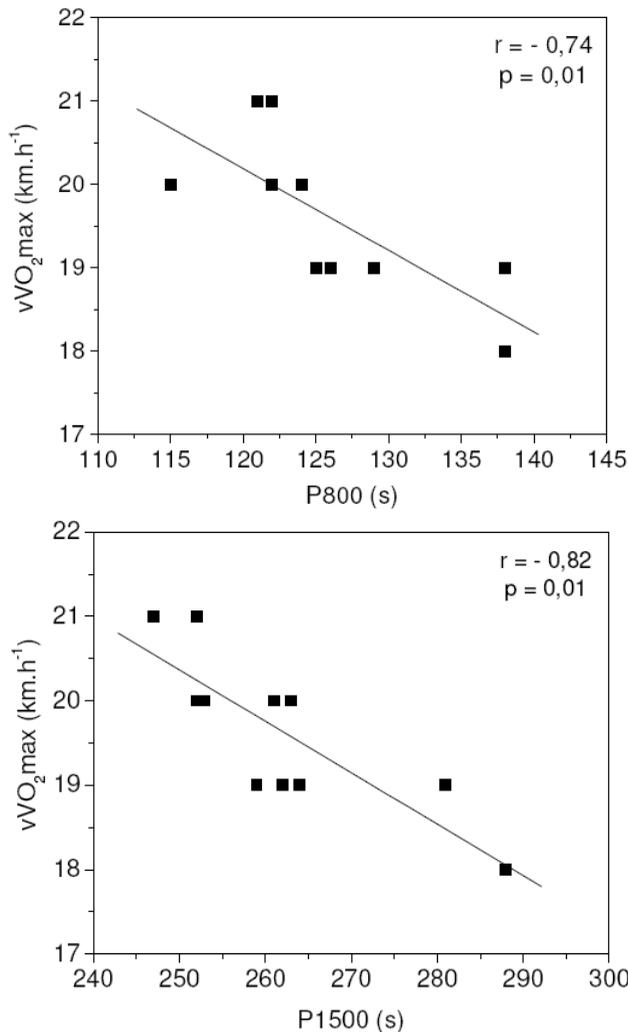
P800 = Tempo obtido na distância de 800 m. P1500 = Tempo obtido na distância de 1500 m. EC = Economia de corrida a 13 km.h<sup>-1</sup> (73,2 % do VO<sub>2</sub>max).

Das variáveis de potência aeróbia, o  $VO_2\text{max}$  se correlacionou de modo negativo, moderado, mas não significativo com as duas *performances* analisadas (figura 7). A  $vVO_2\text{max}$  apresentou correlação negativa e significativa para ambas as distâncias, tendo um coeficiente moderado para os 800 m e alto para os 1500 m (figura 8). O  $Tlim$  apresentou correlação negativa, moderada e significativa com as duas *performances* (figura 9).



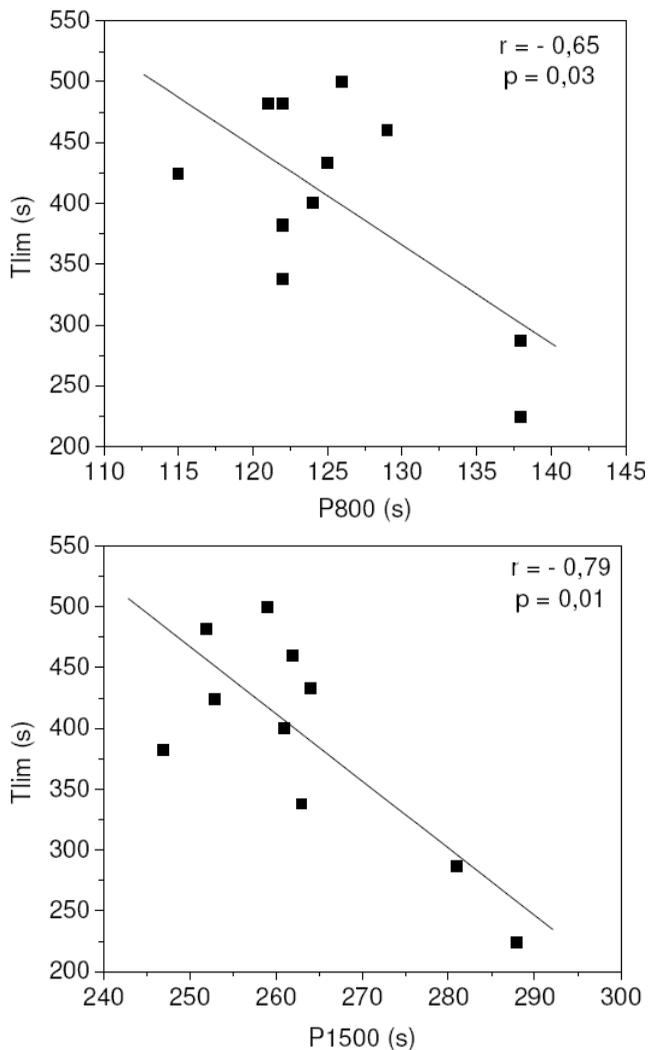
**Figura 7.** Correlação entre  $VO_2\text{max}$  e P800 e P1500.

P800 = Tempo obtido na distância de 800 m. P1500 = Tempo obtido na distância de 1500 m.  $VO_2\text{max}$  ( $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) = Consumo máximo de oxigênio.



**Figura 8.** Correlação entre  $vVO_2\text{max}$  e P800 e P1500.

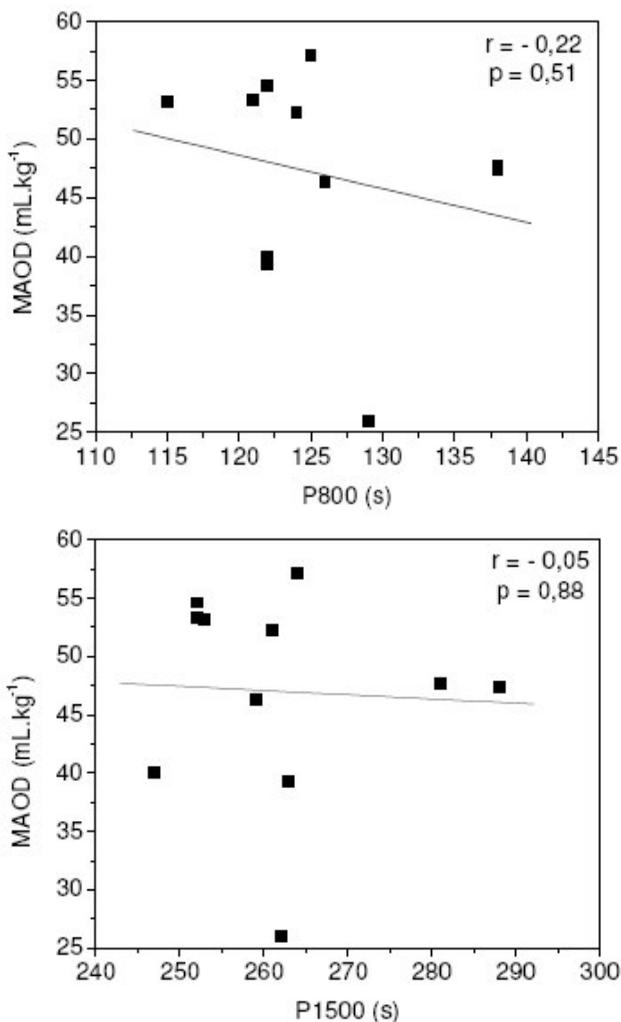
P800 = Tempo obtido na distância de 800 m. P1500 = Tempo obtido na distância de 1500 m.  $vVO_2\text{max}$  = velocidade correspondente ao  $VO_2\text{max}$ .



**Figura 9.** Correlação entre Tlim e P800 e P1500.

P800 = Tempo obtido na distância de 800 m. P1500 = Tempo obtido na distância de 1500 m. Tlim = Tempo de exaustão.

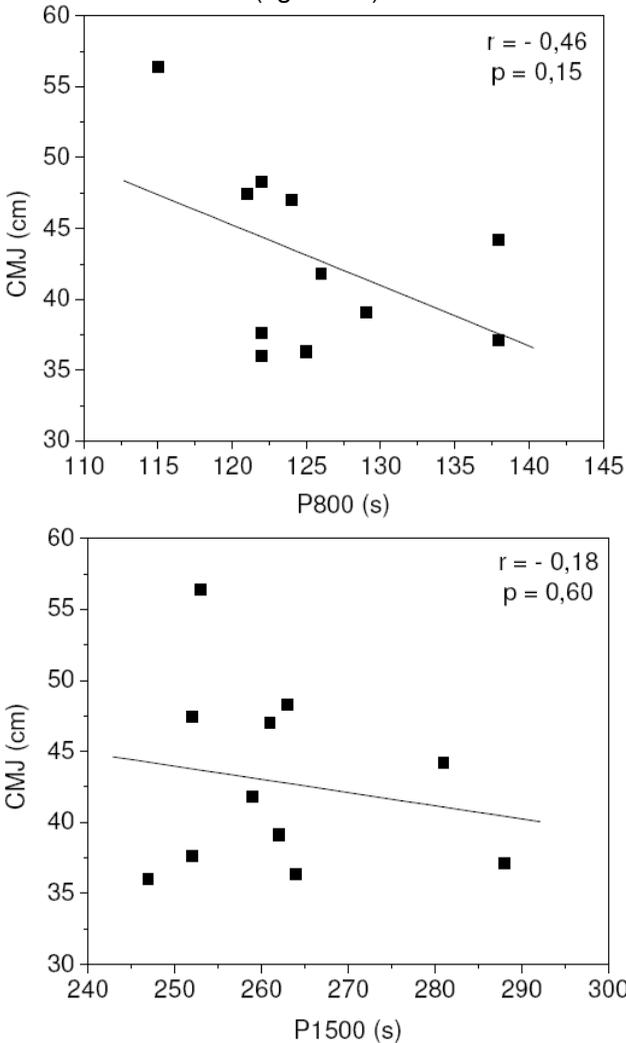
O MAOD apresentou correlação negativa, baixa, mas não significativa somente com os 800 m (figura 10).



**Figura 10.** Correlação entre MAOD e P800 e P1500.

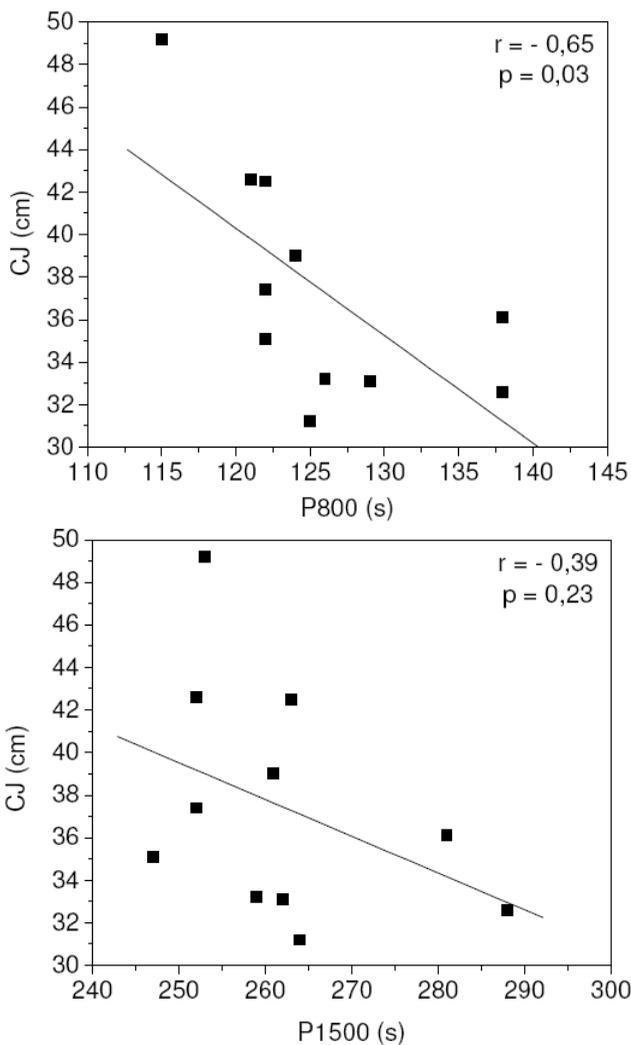
P800 = Tempo obtido na distância de 800 m. P1500 = Tempo obtido na distância de 1500 m. MAOD = Máximo déficit acumulado de oxigênio.

Das variáveis neuromusculares, a hCMJ se correlacionou de modo inverso e moderado, mas não significativa com os 800 m (figura 11). A hCJ apresentou correlação negativa, moderada e significativa com os 800 m e correlação negativa, baixa, mas não significativa com os 1500 m (figura 12).



**Figura 11.** Correlação entre hCMJ e P800 e P1500.

P800 = Tempo obtido na distância de 800 m. P1500 = Tempo obtido na distância de 1500 m. CMJ = *Counter Movement Jump*.



**Figura 12.** Correlação entre hCJ e P800 e P1500.

P800 = Tempo obtido na distância de 800 m. P1500 = Tempo obtido na distância de 1500 m. CJ = *Continuous Jump*.

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) dos índices obtidos em laboratório (vOBLA, EC,  $VO_2\text{max}$ ,  $vVO_2\text{max}$ , Tlim, MAOD, CMJ e CJ) com o tempo de prova nas distâncias de 800 m e 1500 m estão demonstradas na tabela 7. As variáveis fisiológicas relativas à potência aeróbia ( $vVO_2\text{max} + \text{Tlim}$ ) foram capazes de explicar 69 % da *performance* na distância dos 800 m. Quando a variável referente ao salto vertical hCJ foi acrescentada ao modelo ( $vVO_2\text{max} + \text{Tlim} + \text{hCJ}$ ), o valor de capacidade de predição da *performance* aumentou para 81 %. As variáveis fisiológicas de potência aeróbia ( $vVO_2\text{max} + \text{Tlim}$ ) foram capazes de explicar 91 % da *performance* na distância dos 1500 m. Foi observado que a inclusão da vOBLA não modificou o grau de explicação do modelo para o 1500 m.

**Tabela 7.** Valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) dos índices fisiológicos e neuromusculares (variáveis independentes) para os tempos de provas nas distâncias de 800 m e 1500 m (variáveis dependentes).

| Distância | Variável independente                          | $R^2$ | $p$   |
|-----------|--|-------|-------|
| 800 m     | $vVO_2\text{max}$                              | 0,56  | 0,008 |
|           | $vVO_2\text{max} + \text{Tlim}$                | 0,69  | 0,009 |
|           | $vVO_2\text{max} + \text{Tlim} + \text{hCJ}$   | 0,81  | 0,006 |
| 1500 m    | $vVO_2\text{max}$                              | 0,68  | 0,002 |
|           | $vVO_2\text{max} + \text{Tlim}$                | 0,91  | 0,001 |
|           | $vVO_2\text{max} + \text{Tlim} + \text{vOBLA}$ | 0,91  | 0,001 |

## 5. DISCUSSÃO

O principal achado do presente estudo foi que a predição da *performance* de corredores de meio-fundo a partir das variáveis fisiológicas ( $VO_2\text{max}$ ,  $vVO_2\text{max}$ ,  $Tlim$ , EC,  $vOBLA$  e MAOD) e neuromusculares (CMJ e CJ) é dependente da distância da prova (800 m x 1500 m), corroborando a hipótese central da pesquisa.

A participação de cada um dos sistemas energéticos é determinada pela duração (HILL, 1999) e intensidade (GASTIN, 2001) da corrida, sendo que as provas de média distância dependem da interação aeróbia e anaeróbia (LACOUR, et al., 1990, BILLAT et al., 2004a).

Nas corridas de longa duração, os índices aeróbios ( $VO_2\text{max}$ , OBLA e EC) possuem relação direta com a distância, pois durante todo o tempo, o atleta precisa sustentar um alto  $VO_2$  (ou frações elevadas do  $VO_2\text{max}$ ) para a produção da energia (FARELL et al., 1979; COSTILL; THOMASON; ROBERTS, 1973). As provas de velocidade se relacionam com as variáveis anaeróbias e a velocidade máxima de corrida (GREEN; DAWSON, 1993). Por outro lado, as corridas de média distância, as quais são realizadas numa intensidade maior que as provas de longa duração e numa intensidade menor que as corridas de velocidade, parecem sofrer influência de um conjunto maior de variáveis aeróbias e anaeróbias (BRANDON; BOILEAU, 1992).

Hill (1999) demonstrou que a variação de participação do sistema aeróbio nos 800 m (56 % a 71 %) é menor que nos 1500 m (76 % a 86 %), sendo que nos 400 m, 800 m e 1500 m, o início da produção de energia significativa por esse sistema metabólico ocorre entre 15 e 30 segundos (SPENCER; GASTIN, 2001). Porém, embora o sistema aeróbio seja predominante nessas provas, no presente estudo, as variáveis de capacidade aeróbia  $vOBLA$  e EC não foram determinantes da *performance* para nenhuma das duas distâncias de corrida analisadas.

Os valores de  $vOBLA$  foram inferiores aos achados de outras pesquisas, as quais avaliaram corredores bem treinados nas provas de fundo do atletismo. É importante destacar que corredores com elevada  $vOBLA$  são capazes de realizar *performances* melhores, quando comparados aos atletas com valores inferiores, pois a habilidade de realizar o exercício de

modo eficiente numa fração elevada de  $\text{VO}_2\text{max}$ , sem que haja o acúmulo de lactato e a conseqüentemente diminuição do pH, pode determinar o sucesso para os corredores de um grupo homogêneo em relação a outras variáveis aeróbias (COSTILL; THOMASON; ROBERTS, 1973). Billat et al. (1999) observaram que, após oito semanas de treinamento intervalado intenso, a  $\text{vOBLA}$  ( $17,6 \pm 1 \text{ km.h}^{-1}$ ) de oito corredores especializados nas provas média e longa distância (1500 m a meia maratona) não apresentou melhoras significantes. Ao analisar os efeitos de dois tipos de treinamento intervalado de alta intensidade na EC de 17 atletas bem treinados nas provas de fundo, Ortiz et al. (2003) encontraram valores de limiar anaeróbio correspondente a uma concentração fixa  $4 \text{ mmol.L}^{-1}$ , no pré ( $17,31 \pm 1,3 \text{ km.h}^{-1}$ ) e pós-treinamento ( $17,98 \pm 1,1 \text{ km.h}^{-1}$ ) para o grupo que executou corridas a 95 % da  $\text{vVO}_2\text{max}$ , e valores de pré ( $17,35 \pm 0,8 \text{ km.h}^{-1}$ ) e pós-treinamento ( $18,11 \pm 0,6 \text{ km.h}^{-1}$ ) para o grupo que executou corridas a 100 % da  $\text{vVO}_2\text{max}$ . Denadai, Ortiz e Mello (2004) encontraram valor médio de limiar anaeróbio de  $17,3 \pm 1,1 \text{ km.h}^{-1}$  para a velocidade correspondente a uma concentração fixa  $3,5 \text{ mmol.L}^{-1}$  em um grupo de 14 corredores de longa distância bem treinados. Essas diferenças entre os corredores de meio-fundo e fundo podem ser explicadas pelo fato de a  $\text{vOBLA}$  ser a variável determinante da *performance* nas corridas de longa duração, visto que estas relacionam-se aos esforços submáximos (KRIEDER et al., 1990). Tais esforços dependem principalmente do sistema aeróbio de fornecimento de energia. Como o treinamento aeróbio pode aumentar a capacidade de remoção do lactato, e conseqüentemente, contribuir para uma diminuição da sua concentração sanguínea para a mesma intensidade de exercício (provocando o desvio à direita na curva lactato x intensidade) (DENADAI, 2000), a diferença do nível de treinamento dos corredores (treinados x bem treinados) também pode explicar os resultados apresentados pelos estudos.

A falta de correlação significativa da  $\text{vOBLA}$  com a *performance* nas duas distâncias analisadas se assemelha aos dados relatados por outras pesquisas que avaliaram a relação da resposta do lactato sanguíneo com a velocidade de corrida. Denadai, Ortiz e Mello (2004) observaram que o limiar anaeróbio foi capaz de prever a *performance* somente na distância dos 5000 m ( $R^2 = 0,50$ ), sendo que o mesmo não ocorreu para os

1500 m. Do mesmo modo, Tanaka e Matsuura (1984) e Föhrenbach, Mader e Hollmann (1987), constataram que a vOBLA, mensurada à uma concentração fixa de 4 mmol.L<sup>-1</sup>, encontra-se mais relacionada com a corrida de 10 km. Ainda, Maffuli, Capasso e Lancia (1991), ao avaliarem 112 corredores de média e longa distância, constataram que a vOBLA possui correlação somente com a velocidade de corrida das provas de *endurance* (> 5000 m).

Os dados do presente estudo demonstram que a velocidade média dos 800 m ( $23,0 \pm 1,2$  km.h<sup>-1</sup>) e dos 1500 m ( $20,7 \pm 0,9$  km.h<sup>-1</sup>) foram  $140,1 \pm 11,4$  % e  $125,8 \pm 8,8$  %, respectivamente, acima da vOBLA. Esses resultados podem explicar a falta de correlação desta variável com as distâncias analisadas, pois, de acordo com Denadai (1999), a predição da *performance* pode apresentar maior precisão, desde que o índice utilizado para determinar a resposta do lactato sanguíneo seja capaz de identificar a velocidade que se aproxime daquela empregada na prova que se quer prever. Outro aspecto a ser destacado é que o valor da vOBLA para a predição da *performance* de corredores de média distância é considerado menos importante que para atletas de fundo (LACOUR; BOUVAT; BARTHELEMEY, 1990), pois os primeiros correm por curtos períodos de tempo à velocidades elevadas (> vVO<sub>2</sub>max) e, aparentemente, são menos sensíveis que os corredores de longa distância aos níveis elevados de [La] sanguíneo (DANIELS, 1985).

A EC medida na velocidade de 13 km.h<sup>-1</sup> foi superior a outras pesquisas que analisaram corredores de média e longa distância, indicando que os nossos atletas são menos econômicos. Porém, é importante lembrar que corredores com uma melhor EC (menor VO<sub>2</sub> para uma determinada velocidade) estão em vantagem porque eles serão capazes de se exercitar em um percentual menor do pico de VO<sub>2</sub> ou VO<sub>2</sub>max para determinada intensidade de exercício (ALMARWAEY; JONES; TOLFREY, 2003). Tanto Billat et al. (1999) como Guglielmo, Greco e Denadai (2005) demonstraram que a EC, medida no teste submáximo de corrida na esteira a velocidade de 14 km.h<sup>-1</sup>, apresentou valores similares ( $50,6 \pm 3,2$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> e  $48,0 \pm 6,6$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) para um grupo de atletas bem treinados nas provas de média e longa distância. As diferenças observadas

entre o presente estudo e os apresentados acima podem ser atribuídas ao fato de que parte da variabilidade da EC pode estar associada ao nível dos corredores. Nesse aspecto, os atletas com nível inferior de treinamento realizam uma determinada atividade submáxima de corrida com maior custo de oxigênio (DANIELS, 1985; DENADAI, 1999), ao contrário dos atletas bem treinados, que normalmente são capazes de correr numa menor fração do  $VO_2\text{max}$  (SAUNDERS, et al. 2004), dependendo da velocidade analisada (DANIELS; DANIELS, 1992).

Mesmo quando a EC é obtida a uma velocidade maior ( $16,1 \text{ km.h}^{-1}$ ), os resultados do presente estudo são superiores aos dos corredores de *endurance* altamente treinados avaliados nas pesquisas de Weston, Mbambo e Myburgh (2000) e Conley e Krahenbuhl (1980), na distância de 10 km ( $49,9 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  e  $50,3 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) e Costill, Thomason e Robert (1973), na distância de 16,1 km ( $51,7 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ). É possível fazer uma constatação semelhante quando os dados de EC do presente estudo são comparados ao trabalho de Denadai, Ortiz e Mello (2004), os quais verificaram que corredores bem treinados nas provas de fundo possuem uma melhor EC ( $37,4 \pm 3,0 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) para a velocidade de  $14 \text{ km.h}^{-1}$ . A diferença observada entre os corredores de média e longa distância pode ser explicada pelos aspectos apontados por Jones e Carter (2000), os quais verificaram que uma boa EC estaria relacionada ao volume total de treinamento, visto que os melhores valores de EC encontram-se associados aos atletas que cumprem uma elevada quilometragem semanal. Nesse sentido, Denadai (1999) apontou que as mudanças provocadas na EC pelo treinamento de *endurance* podem ser atribuídas a modificações no padrão de recrutamento motor, diminuição da FC e ventilação pulmonar durante o exercício submáximo e à melhora da técnica. Além disso, Daniels (1985) indica que corredores de longa distância são mais econômicos que corredores de média distância. Esse fato pode ser atribuído ao deslocamento vertical do centro de massa do fundista durante a corrida, provavelmente relacionado às adaptações neuromusculares induzidas pelo treinamento de *endurance* (SVEDENHAG; SJODIN, 1984), o qual promove um aumento na morfologia e funcionalidade da mitocôndria do músculo esquelético. Esse ganho na capacidade respiratória muscular permite aos corredores treinados utilizar, no total,

menos oxigênio para uma dada velocidade submáxima (SAUNDERS et al., 2004), induzindo a melhorias na EC e a menor perturbação da homeostase (HOLLOSZY et al., 1977). Entretanto, é importante notar que há limitação nas comparações entre diferentes delineamentos experimentais nas pesquisas que analisam a EC, as quais normalmente avaliam a EC em apenas uma velocidade.

A falta de relação da EC no presente estudo se assemelha ao relatado no artigo de revisão de Saunders et al. (2004), os quais revelaram que são poucas pesquisas que apresentaram associação entre a EC e a *performance* de corredores. Craig e Morgan (1998) verificaram que a EC de um grupo homogêneo de nove corredores de meio-fundo bem treinados não apresentou correlação significativa com a *performance* na distância de 800 m ( $r = -0,24$ ). Mesmo quando analisada em conjunto com as demais variáveis ( $VO_2max$ ,  $vVO_2max$ , MAOD), a EC não foi capaz de prever a *performance* nessa prova ( $R^2 = 0,28$ ). Os dados do presente trabalho corroboram os achados de Craig e Morgan (1998) e ainda sustentam estudos prévios que afirmam que a EC não se correlaciona com a *performance* nos 800 m (DEASON et al., 1991). Esses resultados podem ser justificados pelo fato de que essa prova requer uma ampla contribuição do sistema energético anaeróbio, de modo que a *performance* nos 800 m não pode ser predita somente pelas variáveis de capacidade aeróbia (SCOTT et al., 1991). Denadai, Ortiz e Mello (2004) também não observaram correlação da EC com a *performance* nas distâncias de 1500 m e 5000 m, nem quando associada ao  $VO_2max$ ,  $vVO_2max$ , Tlim e limiar anaeróbio.

Os achados do presente estudo demonstram que as velocidades dos 800 m ( $23,0 \pm 1,2 \text{ km.h}^{-1}$ ) e dos 1500 m ( $20,7 \pm 0,9 \text{ km.h}^{-1}$ ) foram  $117,1 \pm 4,3 \%$  e  $105,2 \pm 2,9 \%$  acima da  $vVO_2max$ , respectivamente, o que pode justificar a inexistência de correlação da EC com as distâncias analisadas, visto que esta variável é utilizada para descrever a relação entre atividade submáxima de esforço e energia consumida (DANIELS, 1985). Além disso, Conley e Krahenbuhl (1980) observaram que a EC é fortemente associada com a distância da prova, sendo normalmente determinada pela mensuração do estado estável de

VO<sub>2</sub> nas velocidades submáximas (MORGAN; MARTIN; KRAHENBUHL, 1989).

Os valores de vVO<sub>2</sub>max observados estão de acordo com outras pesquisas mais recentes que analisaram corredores de média e longa duração (ORTIZ et al., 2003; DENADAI; ORTIZ; MELLO, 2004; MIDGLEY; MAC NAUGHTON; WILKINSON, 2006; BILLAT et al., 2009). Do mesmo modo, os valores de Tlim do estudo encontram-se de acordo com o reportado na literatura, que afirmam que medidas diretas de vVO<sub>2</sub>max (denominada nesses estudos de máxima velocidade aeróbia - MAS) indicam que a média do Tlim a 100 % do VO<sub>2</sub>max ou da MAS varia de 2,5 minutos a 10 minutos (BILLAT et al., 1994a).

Um achado a ser destacado no presente estudo foi que, ao contrário das variáveis de capacidade, os índices de potência aeróbia vVO<sub>2</sub>max e Tlim foram os principais determinantes da *performance* para as duas distâncias de corrida analisadas, conforme os resultados de outras pesquisas. Lacour et al. (1990), ao avaliarem corredores de meio-fundo e fundo, verificaram que a vVO<sub>2</sub>max (21,9 km.h<sup>-1</sup>), denominada de Vamax, se correlacionou com os 1500 m ( $r = 0,62$ ;  $p < 0,02$ ;  $n = 24$ ), entretanto, a mesma variável (22,1 km.h<sup>-1</sup>) não apresentou correlação significativa com os 800 m ( $r = 0,32$ ;  $n = 13$ ). Em outro estudo com 18 corredores de média e longa distância do sexo masculino, Lacour et al. (1991) observaram que a vVO<sub>2</sub>max (22,4 km.h<sup>-1</sup>), também denominada de Vamax, se correlacionou com a *performance* dos 1500 m ( $r = 0,66$ ;  $p < 0,01$ ). Billat et al. (1996) indicaram que o Tlim e a vVO<sub>2</sub>max explicaram 95 % da variação da *performance* nos 1500 m em um grupo de corredoras ( $n = 14$ ) e corredores ( $n = 15$ ) de elite em provas de média distância. Denadai, Ortiz e Mello (2004) afirmaram que o principal achado de seu estudo foi que a predição da *performance* de atletas de *endurance* a partir do VO<sub>2</sub>max, vVO<sub>2</sub>max, Tlim, EC e limiar anaeróbio é dependente da distância da corrida (1500 m x 5000 m), verificando que o Tlim associado a vVO<sub>2</sub>max explicaram 88 % da variação da *performance* nos 1500 m.

No presente estudo, as velocidades médias alcançadas nas duas distâncias de corrida foram supra-máximas, ou seja, maiores do que a vVO<sub>2</sub>max, indicando que, apesar do predomínio aeróbio, o sistema anaeróbio desempenha um papel

importante nessas provas de média duração. Esses dados podem explicar a correlação da  $vVO_2max$  e do  $Tlim$  com as *performances* analisadas, pois, de acordo com Faina et al. (1997), 16 % da energia utilizada durante o exercício realizado a 100 % da  $vVO_2max$  é derivada do metabolismo anaeróbio. Os autores ainda observaram que o  $Tlim$  pode ser usado como indicador de capacidade anaeróbia láctica, pois, essa variável tem apresentado correlação significativa com o MAOD. Outra evidência da participação do metabolismo anaeróbio no  $Tlim$  a 100 % do  $VO_2max$  é a grande variabilidade (~ 25 %) que existe entre indivíduos com valores semelhantes de  $vVO_2max$ , que pode ser parcialmente explicada pela participação do componente anaeróbio durante o exercício realizado nessa intensidade (BILLAT et al., 1994b). Noakes (1988) afirmou que as características neuromusculares e anaeróbias podem influenciar os valores de  $vVO_2max$ . Outra explicação para as correlações encontradas pode ser o fato de que a  $vVO_2max$  é a variável que melhor descreve a relação entre potência aeróbia máxima e EC, justificando, em parte, as diferenças na *performance* de indivíduos com valores homogêneos de  $VO_2max$  (GUGLIELMO, 2005).

Os resultados de  $VO_2max$  encontram-se de acordo com o reportado na literatura para corredores de meio-fundo, os quais indicaram que os valores estão entre  $68 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  e  $77 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  (BOILEAU et al., 1982). Do mesmo modo, Denadai (2000) observou que o  $VO_2max$  de corredores altamente treinados pode variar de  $60 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  a  $85 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , sendo que os atletas de longa distância são os que apresentam os valores mais elevados ( $65 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  a  $85 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ). Brandon (1995) explicou que os maiores  $VO_2max$  dos corredores de *endurance* são, provavelmente, resultantes de uma combinação de aspectos relacionados à genética e ao treinamento. Entretanto, destaca-se que, embora os corredores de média distância possuam menor  $VO_2max$ , quando comparados aos corredores de *endurance*, os primeiros competem numa percentagem maior do  $VO_2max$  (> 110 % x 75 % a 90 %) e possuem um custo maior de energia por distância percorrida (DANIELS, 1985; BRANDON, 1995).

Das variáveis de potência aeróbia, o  $VO_2max$  foi a única que não se correlacionou de modo significativo com nenhuma

das duas distâncias analisadas. Esse resultado era esperado, visto que, de acordo com Denadai (2000), uma série de pesquisas que analisaram grupos homogêneos de corredores possibilitou a conclusão de que o  $VO_2\text{max}$  não permite uma discriminação adequada da *performance* aeróbia. A baixa correlação do  $VO_2\text{max}$  com a *performance* pode ser explicada pela pequena sensibilidade dessa variável aos efeitos do treinamento de atletas com melhor nível técnico (DENADAI; ORTIZ; MELLO, 2004). Nesses indivíduos, embora continuem existindo importantes adaptações (metabólicas e neuromusculares) que podem determinar a melhora da *performance* aeróbia, a oferta central de oxigênio, principalmente o débito cardíaco máximo, não permite que o  $VO_2\text{max}$  continue aumentando com o treinamento (BILLAT, et al. 1999; DENADAI, 2000). Como demonstrado por Denadai, Ortiz e Mello (2004), essa hipótese é fundamentada em estudos que analisaram o aumento ou diminuição da *performance* aeróbia, sem que tenha ocorrido modificação nos valores de  $VO_2\text{max}$ . Além disso, Guglielmo (2005) apontou que está bem relatado na literatura que atletas de elite apresentam uma estabilização do  $VO_2\text{max}$  em determinados momentos de seu treinamento, embora grande parte deles adquira uma melhora da *performance*. Assim, as adaptações periféricas, como o aumento da capilarização e da atividade enzimática que continuam ocorrendo durante o período de treinamento, acabam não sendo detectadas por esse índice (DENADAI, 1999).

O MAOD verificado neste estudo é semelhante aos dados apresentados por Weyand et al. (1994), que encontraram valores de  $46,8 \pm 11,0 \text{ mL.kg}^{-1}$  em 13 corredores de longa distância. Do mesmo modo, Spencer e Gatin (2001), ao avaliarem um grupo de atletas de alto nível técnico, observaram valores de  $48,8 \pm 10,1 \text{ mL.kg}^{-1}$  e  $47,1 \pm 9,2 \text{ mL.kg}^{-1}$  para os corredores especialistas nos 800 m nos 1500 m, respectivamente. Por outro lado, encontram-se abaixo do relatado por Scott et al. (1991), os quais observaram que o MAOD de corredores de meio-fundo ( $74,2 \pm 7,2 \text{ mL.kg}^{-1}$ ) é superior aos fundistas ( $56,9 \pm 5,1 \text{ mL.kg}^{-1}$ ) e inferior aos velocistas ( $78,3 \pm 3,5 \text{ mL.kg}^{-1}$ ). As diferenças dos valores de MAOD para os velocistas e os corredores de média e longa duração podem ser atribuídas ao fato de que os primeiros possuem uma capacidade anaeróbia superior, justificada pelo

maior número de fibras de contração rápida (MERO; JAAKKOLA; KOMI, 1991), maior recrutamento de unidades motoras e envolvimento de maior número de fibras musculares durante o exercício, aumentando assim o potencial de transferência de energia pelos processos anaeróbios (NAKAMURA; FRANCHINI, 2006). Além disso, é importante destacar que o MAOD parece ser protocolo dependente, sobretudo em relação à escolha da duração dos testes submáximos (NAKAMURA; FRANCHINI, 2006). Além disso, Olesen (1992) demonstrou que a variação da inclinação da esteira pode determinar diferenças significativas dos valores de MAOD. O argumento para esse achado é que na corrida num plano mais inclinado há necessidade de uma maior participação da fase concêntrica das contrações musculares em detrimento das excêntricas, ocasionando uma demanda energética maior, resultando na elevação dos valores de MAOD.

A ausência de relação do MAOD com as *performances* analisadas no presente estudo encontra-se de acordo com os achados de Craig e Morgan (1998), que observaram não haver correlação dessa variável ( $45 \text{ mL.kg}^{-1}$ ) e a *performance* de um grupo homogêneo de nove corredores treinados nos 800 m ( $r = -0,02$ ). Por outro lado, pesquisas que analisaram grupos heterogêneos constataram que houve relação do MAOD com a *performance*. Ramsbottom et al. (1994) observaram que correlações elevadas do MAOD com o tempo de prova nos 100 m ( $r = -0,88$ ) e nos 400 m ( $r = -0,82$ ), sendo que nos 800 m a correlação encontrada foi moderada ( $r = -0,61$ ). Resultados semelhantes foram obtidos em recente pesquisa de Nevill et al. (2008), os quais confirmaram existir correlações elevadas do MAOD com a velocidade média obtida nos 100 m ( $r = 0,86$ ), 400 m ( $r = 0,80$ ) e moderada com os 800 m ( $r = 0,61$ ). Esses achados sugerem que o fato de não haver correlação no presente estudo pode ser atribuído à homogeneidade do grupo, o que torna mais difícil a observação de associações. Além disso, o número reduzido de sujeitos ( $n = 11$ ) também pode ter sido uma limitação para a obtenção de correlação entre o MAOD e as *performances*. Outro aspecto a ser destacado para a ausência de correlação do MAOD, é que a importância do fornecimento energético via metabolismo anaeróbio diminui à medida que a distância da corrida aumenta (SPENCER; GASTIN, 2001), sobretudo nos 1500 m.

Apesar de o MAOD estar sendo descrito na literatura como uma das técnicas indiretas de quantificação da capacidade anaeróbia mais promissoras, seus principais pressupostos teóricos encontram-se sob tensão teórica e experimental (NAKAMURA; FRANCHINI, 2006). A principal crítica é relativa ao pressuposto 1, o qual indica que a demanda de  $O_2$  pode ser estimada a partir da extrapolação linear do  $VO_2$  de estado estável de cargas submáximas. Entretanto, Gaesser e Poole (1996) mostraram que o fenômeno do componente lento da cinética do  $VO_2$  pode interferir na falta de linearidade entre o  $VO_2$  e a intensidade de esforço. Sobre o pressuposto 2, o qual define que a demanda de  $O_2$  é constante durante o teste contínuo na carga supra- $VO_{2max}$ , os estudos alertam para a escolha da duração do teste de determinação do MAOD, visto que a velocidade da cinética do  $VO_2$  depende da especialidade e do nível de técnico de cada atleta (CRAIG et al., 2005).

O resultado mais interessante do presente estudo foi a correlação observada do CJ com a *performance* nos 800 m, confirmando que essa prova sofre influência da produção de elevados níveis de potência muscular. De acordo com Bosco (1999), o CJ é a variável neuromuscular que é capaz de diagnosticar, não somente os níveis de potência muscular de membros inferiores e as propriedades visco-elásticas dos músculos, mas também a capacidade do sistema metabólico que sustenta o trabalho da musculatura em eventos de curta duração e alta intensidade, podendo, desta forma, explicar a associação encontrada. Esse achado destaca a importância da potência muscular para os corredores de média distância, visto que os mesmos devem ser capazes de manter velocidades elevadas durante toda a prova, mesmo com elevados níveis de [La] muscular e sanguíneo (DI PRAMPERO et al., 1993). Outra consideração interessante é a importância das características neuromusculares e da potência muscular para a *performance* de corridas aeróbias em grupos homogêneos de corredores, que apresentam uma alta potência aeróbia máxima (GUGLIELMO, 2005). Guglielmo, Greco e Denadai (2008) sugerem que os fatores neural, mecânico e muscular (padrão de recrutamento de unidades motoras, propriedades mecânicas e morfológicas da unidade músculo-tendão, distribuição das fibras musculares) podem contribuir para a *performance*. Nesse aspecto, Komi

(1991) demonstrou a importância da capacidade de armazenamento e liberação energia durante o CAE para a produção de força e eficiência mecânica para os corredores de *endurance*. Além disso, destaca-se que a velocidade desempenhada na pista de atletismo é determinada pelo produto de dois fatores: comprimento da passada x frequência da passada (HAY, 1981). De acordo com este autor, o número de passadas que o corredor realiza em uma prova é determinado pelo tempo gasto por ele para completar uma passada (soma da fase aérea com a fase de contato no solo), sendo que o tempo que o atleta permanece em contato com o solo é regido, fundamentalmente, pela velocidade com que a musculatura da sua perna de apoio pode mover seu corpo para frente e, na sequência, para frente e para cima, dando início a próxima fase aérea. Desse modo, os fatores relativos à potência muscular, representada no presente estudo pela variável neuromuscular CJ, poderão influenciar a *performance* dos corredores. No caso do presente estudo, esta variável contribui com cerca de 42 % da variação da *performance* dos 800 m.

Por outro lado, o CMJ, que investiga somente os níveis de força explosiva exercida, a capacidade de recrutamento neural e a reutilização da energia elástica (BOSCO, 1999), não se correlacionou de modo significativo com a *performance*. A explicação provável pode ser dada pelas características das provas de média distância, as quais se mostram mais associadas aos fatores relacionados à potência aeróbia (DENADAI; ORTIZ; MELLO, 2004). Além disso, estudos recentes observaram que o CMJ encontra-se mais relacionado à *performance* nas corridas de velocidade (HENESSY; KILTY, 2001; SMIRNIOTOU et al., 2008). De acordo com Gastin (2001), nos esforços máximos de curta duração, a exemplo dos 100 m e 200 m, é necessária uma elevada taxa de liberação de energia anaeróbia, principalmente provinda das fontes aláticas, para produção de elevados níveis de potência. É importante registrar que não foram encontrados estudos que analisaram as relações das variáveis neuromusculares com a *performance* nas distâncias dos 800 m e 1500 m. Tal fato ressalta a contribuição do presente estudo, porém dificulta a comparação dos resultados obtidos.

Outro achado a ser destacado no presente estudo refere-se aos modelos de regressão múltipla originados pela

associação em conjunto de variáveis fisiológicas e neuromusculares para o mesmo grupo de corredores especializados em duas distâncias de corridas diferentes (800 m x 1500 m).

O modelo para os 800 m indicou que esta *performance* m pode ser explicada, em grande parte, pelas variáveis fisiológicas  $vVO_2\text{max} + T_{lim}$ , associadas à variável neuromuscular hCJ. Esse achado aponta que a *performance* na distância de 800 m parece depender principalmente da potência aeróbia máxima e da potência muscular de membros inferiores associada a capacidade do sistema metabólico que sustenta o trabalho da musculatura em eventos de curta duração e alta intensidade. Os resultados confirmam os dados relatados na literatura de que a potência aeróbia máxima parece ser o principal determinante da *performance* nas corridas de média distância (BILLAT et al., 1996; DENADAI; ORTIZ; MELLO, 2004). Considerando que o desempenho no CJ é influenciado pela ação do CAE, pode-se afirmar que parte da explicação da *performance* nos 800 m atribuída aos níveis de potência muscular dos atletas está associada à habilidade em gerar e reutilizar a energia elástica acumulada durante o CAE. Por sua vez, a eficiência na utilização dessa energia elástica durante a corrida é dependente do grau de *stiffness* dos tendões dos membros inferiores (KUBO et al., 2006) e dos níveis de elasticidade do tendão calcâneo em situações de alta produção de potência (KUBO et al., 2000). Além disso, os reflexos de estiramento (BOBBERT; CASIUS, 2005) e os níveis de pré-ativação muscular antes do contato com o solo (DIETZ; SCHMIDTBLEICHER; NOTH, 1979) também são considerados fatores importantes na potencialização muscular do CAE e conseqüente aumento da potência muscular durante a corrida.

O modelo de regressão para os 1500 m também indicou que a *performance* nesta distância é determinada pelas variáveis de potência aeróbia  $vVO_2\text{max} + T_{lim}$ . Os resultados encontram-se de acordo com o estudo de Billat et al. (1996), que verificou que essas variáveis explicaram 95 % da variação da *performance* de corredores de elite de ambos os sexos nessa distância de corrida. Do mesmo modo, Denadai, Ortiz e Mello (2004) observaram que a  $vVO_2\text{max} + T_{lim}$  foram capazes de prever a *performance* nos 1500 m ( $R^2 = 0,88$ ). Esse achado

confirma os dados já mostrados de que a potência aeróbia máxima é principal determinante da *performance* de corredores de média-distância, visto que, como relatado, a velocidade média mantida ao longo da corrida de 1500 m é muito próxima dos valores de  $v\dot{V}O_2\text{max}$  ( $105,2 \pm 2,9 \%$ ).

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos nesta pesquisa, pode-se concluir que:

1) a predição da *performance* de corredores de meio-fundo a partir das variáveis fisiológicas ( $vOBLA$ ,  $EC$ ,  $VO_2max$ ,  $vVO_2max$ ,  $Tlim$  e  $MAOD$ ) e das variáveis neuromusculares ( $CMJ$  e  $CJ$ ) é dependente da distância da corrida (800 m x 1500 m);

2) a *performance* nos 800 m pode ser determinada pelos índices de potência aeróbia  $vVO_2max$  e  $Tlim$ , os quais sofrem influência da capacidade anaeróbia, associadas à variável relativa à potência de membros inferiores  $CJ$ ;

3) a *performance* nos 1500 m pode ser determinada, principalmente, pelos índices de potência aeróbia  $vVO_2max$  e  $Tlim$ , os quais sofrem influência da capacidade anaeróbia.

Como aplicações práticas para os profissionais que trabalham com o atletismo pode-se recomendar:

1) a inclusão de uma a duas sessões semanais de treinamento intervalado em uma intensidade próxima ou superior a  $vVO_2max$ , utilizando como referência a relação entre as variáveis de potência aeróbia  $vVO_2max$  e  $Tlim$ , com a finalidade de melhorar a potência aeróbia máxima e, por consequência, a capacidade aeróbia dos corredores de média distância;

2) a inclusão de sessões de treinamentos variados de força, com a finalidade de desenvolver a potência muscular de membros inferiores e as propriedades visco-elásticas dos músculos, em conjunto com a capacidade do sistema metabólico que sustenta o trabalho da musculatura em eventos de curta duração e alta intensidade.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMARWAEY, O. A.; JONES, A. M.; TOLFREY, K. Physiological correlates with endurance running performance in trained adolescents. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 35, p. 480-487, 2003.

ALVAREZ, B. R.; PAVAN, A. L. Alturas e comprimentos. In: PETROSKI, E. L. **Antropometria: técnicas e padronizações**. 2ª ed. Porto Alegre: Pallotti, 2003. cap. 2.

ANDERSON, T. Biomechanics and running economy. **Sports Medicine**, v. 22, p. 76-89, 1996.

ARAMPATZIS, A.; DE MONTE, G.; KARAMANÍDIS, K.; MOREY-KLAPSING, G.; STAFILIDIS, S.; BRÜGGEMANN, G. P. Influence of the muscle-tendon unit's mechanical and morphological properties on running economy. **Journal of Experimental Biology**, v. 209, p. 3345-3357, 2006.

ASTRAND, P. O. **Experimental studies of physical work capacity in relation to sex and age**. Copenhagen: Ejnar Munksgaard, 1952.

BASSETT, D. R. Jr.; HOWLEY, E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 32, n. 1, p. 70-84, 2000.

BENEDETTI, T. R. B.; PINHO, R. A.; RAMOS, V. M. Dobras cutâneas. In: PETROSKI, E. L. **Antropometria: técnicas e padronizações**. 2ª ed. Porto Alegre: Pallotti, 2003. cap. 3.

BENEKE, R.; VON DUVILLARD S. P. Determination of maximal lactate steady-state response in selected sports events. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 28, p. 242-246, 1996.

BENEKE, R. Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 27, p. 863-867, 1995.

BILLAT, V.; PINOTEAU, J.; PETIT, B.; RENOUX, J. C.; KORALSZTEIN, P. Time to exhaustion at 100% of velocity at  $VO_2$ max and modeling of the relation time-limit/velocity in elite long distance runners. **European Journal of Applied Physiology**, v.69, p.271-273, 1994a.

BILLAT, V.L.; RENOUX, J.C.; PINOTEAU, J.; PETIT, B.; KORALSZTEIN, J.P. Reproducibility of running time to exhaustion at  $VO_2$ max in sub-elite runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.26, n.2, p.254-257, 1994b.

BILLAT, V.; RENOUX, J. C.; PINOTEAU, J.; PETIT, B.; KORALSZTEIN, J. P. Times to exhaustion at 90, 100 and 105% of velocity at  $VO_2$  max (maximal aerobic speed) and critical speed in elite long-distance runners. **Archive of Physiology and Biochemistry**, v. 103, p. 129-35, 1995.

BILLAT, V.; BEILLOT, J.; JAN, J.; ROCHOONGAR P.; CARRE, F. Gender effect on the relationship of time limit at 100 %  $VO_2$ max with other bioenergetics characteristics. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 28, p. 1049-1055, 1996.

BILLAT, V.; KORALSZTEIN, J.P. Significance of the velocity at  $VO_2$ max at time to exhaustion at this velocity. **Sports Medicine**, v. 22, p. 90-108, 1996.

BILLAT, V.; FLECHET, B.; PETIT, B.; MURIAUX, G.; KORALSZTEIN, J.P. Interval training at  $VO_2$ max: effects on aerobic performance and overtraining markers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 31, p.156-163, 1999.

BILLAT, V. L.; MORTON, R. H.; BLONDEL, N.; BERTHOIN, S.; BOCQUET, V.; KORALSZTEIN, J.P.; BARSTOW, T.J. Oxygen kinetics and modeling of time to exhaustion whilst running at various velocities at maximal oxygen uptake. **European Journal of Applied Physiology**, v.82, p.178-187, 2000.

BILLAT, V. L.; SIRVENT, P. PY, G.; KORALSZTEIN, J. P.; MERCIER, J. The concept of maximal lactate steady state. **Sports Medicine**, v. 33, p. 406-426, 2003.

BILLAT, V. L.; LEPRETRE, P.; HEUGAS, A.; KORALSZTEIN, J. P. Energetics of middle-distance running performances in male and female junior using track measurements. **Japanese Journal of Physiology**, n. 54, p. 125-135, 2004a.

BILLAT, V. L.; SIRVENT, P. LEPRETRE, P. M.; KORALSZTEIN, J. P. Training effect on performance, substrate balance and blood lactate concentration at maximal lactate steady state in master endurance-runners. **European Journal of Applied Physiology**, v. 447, p. 875-883, 2004b.

BILLAT, V. L.; HAMARD, L.; KORALSZTEIN, J. P.; MORTON, R. H. Differential modeling of anaerobic and aerobic metabolism in the 800-m and 1500-m run. **Journal of Applied Physiology**, v. 107, p.478-487, 2009.

BOBBERT, M.F.; CASIUS, L.J.R. Is the Effect of a countermovement on Jump Height due to Active State Development? **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 37, n.3, p.440-446, 2005.

BOILEAU, R. A.; MAYHEW, J. L.; RINER, W. F.; LUSSIER, L. Physiological characteristics of elite middle and long distance runners. **Canadian Journal of Applied Sport Sciences**, v. 7, n. 3, p. 167-172, 1982.

BOSCO, C. **Strength assessment with the Bosco's test**. Italian Society of Sport Science, Rome, 1999.

BOSCO, C.; VIITASALO, J.T.; KOMI, P.V.; LUHTANEN, P. Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle, **Acta PhysiologicaScandinavia**, v. 114, p. 557-565, 1982.

BRANDON, L. J. Physiological factors associated with middle-distance running performance. **Sports Medicine**, v. 19, p.268-77, 1995.

BRANDON, L. J. BOILEAU, R. A. Influence of metabolic, mechanical and physique variables on middle distance running. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 32, p. 1-9, 1992.

BRANDON, L. J. BOILEAU, R. A. The contribution of selected variables to middle an log distance run performance. **Sports Medicine**, v. 27, p.157-64, 1987.

BRUGHELLI , M.; CRONIN, J. A review of research on the mechanical stiffness in running and jumping: methodology and implications. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 18, n. 4, p. 417-426, 2008.

CAPUTO, F.; OLIVEIRA, M. F. M.; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Exercício aeróbio: Aspectos bioenergéticos, ajustes fisiológicos, fadiga e índices de desempenho. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 11, n. 1, p. 94-102, 2009.

CAVAGNA, G. A.; DUSMAN, B.; MARGARIA, R. Positive work done by a previously stretched muscle. **Journal of Applied Physiology**, v. 44, p.21-32, 1968.

CONLEY, D. L.; KRAHENBUHL, G. S; Running economy and distance running performance of highly trained athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 12, n. 5, p. 357-360,1980.

COSMED S. R. L. **Manual K4 b<sup>2</sup> – Instruções de uso**, 2003.

COSTIL, D. L.; THOMASON, H.; ROBERTS, E. Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 5, p. 246-252, 1973.

COYLE, E. F. Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v.23, p. 25-63, 1995.

CRAIG, I. S.; MORGAN, D. W. Relationship between 800-m running performance and accumulated oxygen deficit in middle-distance runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 30, p.1631-1636, 1998.

CRAIG, N.P.; NORTON, K.I.; CONYERS, R.A.; WOOLFORD, S.M.; BOURDON, P.C.; STANEF, T.; WALSH, C.B. Influence of test duration and event specificity on maximal accumulated oxygen deficit of high performance track cyclists. **International Journal of Sports Medicine**, v. 16, n. 8, p. 534-540, 1995.

DANIELS, J. T. A physiologist's view of running economy. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 17, p. 332-338, 1985.

DANIELS, J.; DANIELS, N. Running economy of elite male and elite female runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 24, p. 483-489, 1992.

DEASON, J.; POERS, S. R.; LAWLER, J.; AYERS, D.; STUART, M. K. Physiological correlates to 800 meter running performance. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. V. 31, p. 499-504, 1991.

DENADAI, B. S. Consumo máximo de oxigênio: fatores determinantes e limitantes. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, v.1, n.1, p. 85-94,1995a.

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

DENADAI, B. S. Fatores fisiológicos associados com o desempenho em exercícios de média e longa duração. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, v. 1, n. 4, p. 82-91, 1996.

DENADAI, B. S. **Índices Fisiológicos de Avaliação Aeróbia: Conceitos e Aplicações**. Ribeirão Preto: B.S.D., 1999.

DENADAI, B. S. Intensidade e tempo de exaustão a 100 % do  $VO_2$ max: implicações para o treinamento e a performance. **Revista de Educação Física**, n.124, p.23-36, 2000.

DENADAI, B. S.; ORTIZ, M.J.; MELLO, M.T. Índices fisiológicos associados com a *performance* aeróbia em corredores de *endurance*: efeitos da duração da prova. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 10, n. 5, p.401-404, 2004.

DIETZ, V.; SCHMIDTBLEICHER, D.; NOTH, J. Neuronal mechanisms of human locomotion. **Journal of Neurophysiology**, v. 42, n. 5, p.1212-22, 1979.

DI PRAMPERO, P. E.; CAPELLI, C.; PAGLIARO, P.; ANTONUTTO, G.; GIRARDIS, M.; ZAMPARO, P.; SOULE, R.G. Energetics of best performances in middle-distance running. **Journal of Applied Physiology**, v.74, n. 5, p.2318-2324, 1993.

DI PRAMPERO, P. E. Factors limiting maximal performance in humans. **European Journal of Applied Physiology**, v. 90, p. 420-429, 2003.

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

FAINA, M.; BILLAT, V. L.; SQUADRONE, R.; De ANGELIS, M.; KORALSZTEIN, J.P.; Dal MONTE, A. Anaerobic contribution to the time to exhaustion at minimal exercise intensity at which maximal oxygen uptake occurs in elite cyclists, kayakists and swimmers. **European Journal of Applied Physiology**, v. 76, p.13-20, 1997.

FARREL, P. A.; WILMORE, J. H.; COYLE, E. F.; BILLING, J. E.; COSTILL, D. L. Plasma lactate accumulation and distance running performance. **Medicine and Science in Sports**, v. 11, p. 338-344, 1979.

FÖHRENBACH, R.; MADER, A.; HOLLMANN, W. Determination of endurance capacity and prediction of exercise intensities for training and competition in marathon runners. **International Journal of Sports Medicine**, v. 8, p. 8-18, 1987.

FORSYTH, H. L.; SINNING, W. E. The anthropometric estimation of body density and lean body weight of male athletes. **Medicine and Science in Sports**, n. 5, p. 174-180, 1973.

GAESSER, G.; POOLE, D. C. Lactate and ventilatory thresholds: disparity in time course of adaptations to training. **Journal of Applied Physiology**, v. 61, p. 999-1004, 1986.

GAESSER, G.; POOLE, D. C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 24, p.35-70, 1996.

GASTIN, P. B.; Quantification of anaerobic capacity. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, n. 4, p. 91-112, 1994.

GASTIN, P.B. Energy System Interaction and Relative Contribution During Maximal Exercise. **Sports Medicine**, v.31, n.10, p. 725-741, 2001.

GLADEN, L. B.; Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. **Journal of Physiology**, v. 558, p. 5-30, 2004.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 13<sup>a</sup> ed. Piracicaba: Nobel AS, 1990.

GREEN, H. J.; PATLA, A. E. Maximal aerobic power: neuromuscular and metabolic considerations. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 24, p.38-46, 1992.

GREEN, S.; DAWSON, B. Measurement of anaerobic capacities in humans: definition, limitations and unsolved problems. **Sports Medicine**, v. 15, p. 317-327, 1993.

GUGLIELMO, L. G. A. **Efeitos de diferentes tipos de treinamento sobre a intensidade e o tempo de exaustão a 100 % do VO<sub>2</sub>max. 2005.** Tese (Doutorado em Ciências da Motricidade) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Universidade do Estado de São Paulo, São Paulo.

GUGLIELMO, L. G. A.; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Relação da potência aeróbia máxima e da força muscular com a economia de corrida em atletas de *endurance*. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, n. 1, p. 53-56, 2005.

GUGLIELMO, L. G. A.; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Effects of strength training on running economy. **International Journal of Sports Medicine**, v. 30, p. 27-32, 2009.

HAGBERG, J. M.; COYLE, E. F. Physiological determinants of endurance performance as studied in competitive racewalkers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 15, n. 5, p. 287-289, 1983.

HAY, J. G. **Biomecânica das técnicas desportivas.** 2ª ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1981.

HECK, H.; MADER, A.; HESS, G.; MUCKE, S.; MULLER, R.; HOLLMANN, W. Justification of the 4mmol/l lactate threshold. **International Journal of Sports Medicine**, v.6, p.117-130, 1985.

HENNESSY, L.; KILTY, J. Relationship of the stretch-shortening cycle to sprint performance in trained female athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.15, n.3, p.326-331, 2001.

HILL, A. V.; LUPTON, H. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. **Quarterly Journal of Medicine**, v. 16, p. 135-171, 1923.

- HILL, D.W.; ROWELL, A.L. Running velocity at  $VO_2$ max. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.28, p.114-119, 1996.
- HILL, D.W. Determination of accumulated  $O_2$  deficit in exhaustive short-duration exercise. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 21, p.63-74, 1996.
- HILL, D. W. Energy system contributions in middle-distance running events. **Journal of Sports Sciences**, v. 17, n. 6, p. 477-483, 1999.
- HILL, D. W.; ROWELL, A. L. Significance of time to exhaustion during exercise at the velocity associated with  $VO_2$ max. . **European Journal of Applied Physiology**, v. 72, p. 383-386, 1996
- HOLLOSZY, J. O.; RENNIE, M. J.; HICKSON, R. C.; CONLEE, R. K.; HAGBERG, J. M. Physiological consequences of the biochemical adaptations to endurance exercise. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 301, p. 440-450, 1977.
- JOBSIS, F. F.; STAINSBY, W. N. Oxidation of NADH during contractions of circulated mammalian skeletal muscle. **Respiration physiology**, v. 4, p. 292-300, 1968.
- JONES, A. M.; DOUST, J. H. The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 30, p. 1304-1313, 1998.
- JONES, A. M.; CARTER, H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. **Sports Medicine**, v. 29, p. 373-386, 2000.
- KATZ, A.; SAHLIN, K. Role of oxygen in regulation glycolysis and lactate production in human skeletal muscle. **Exercise and Sport Sciences Review**, v. 18, p.1-28, 1990.

KOMI, P.V.; BOSCO, C. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and woman. **Medicine and Science in Sports**, v.10, n.4, p. 261-265, 1978.

KOMI, P. V. **Strength and Power in Sport**. London: Blackwell Scientific, 1991.

KOMI, P.V. Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. **Journal of Biomechanics**, v. 33, p. 1197-1206, 2000.

KOMI, P. V. **Força e Potência no Esporte**. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

KRIEDER, R. B.; MILLER, G. W.; WILLIAMS, M. H; SOMMA, C. T; NASSER, T. A. Effects of phosphate loading on oxygen uptake, ventilatory anaerobic threshold, and run performance. **Medicine and Science in Sports**, v.22, n.2, p. 250-256, 1990.

KUBO, K; KANEHISA, H.; KAWAKAMI, Y.; FUKUNAGA, T. Elasticity of tendon structures of the lower limbs in sprinters. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 168, p. 327-335, 2000.

KUBO, K.; MORIMOTO, M.; KOMURO, T.; TSUNODA, N.; KANEHISA, H.; FUKUNAGA, T. Influences of tendon stiffness, joint stiffness, and electromyographic activity on jump performances using single joint. **European Journal of Applied Physiology**, v.99, p.235-243, 2006.

LACOUR, J. R.; BOUVAT, E.; BARTHELEMEY, J. C. Post-competition blood lactate concentrations as indicators of anaerobic energy expenditure during 400-m and 800-m races. **European Journal of Applied Physiology**, v. 61, p.172-176, 1990.

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

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

LAFONTAINE, T. P.,LONDEREE, B. R.; SPATH, W. K. The maximal steady-state versus selected running events. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.13, p. 190-192, 1982.

LAKOMY, H. K. A. Physiology and biochemistry of sprinting. In: Hawley, J. A. (Ed.) **Running: handbook of sports medicine and science**. Oxford: Blackwell Science, p. 1-13, 2000.

LINDSAY, F.H.; HAWLEY, J.A.; MYBURGH, K.H.; SCHOMER, H.H.; NOAKES, T.D.; DENNIS, S.C. Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 28, p.1427-1434, 1996.

MAFFULI, N. CAPASSO, G. LANCIA, A. Anaerobic threshold and performance in middle and long distance running. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 31, p. 332-338, 1991.

MARKOVIC, G.D; DIZDAR, I.; JUKIC, M.; CARDINALE, M. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, p.551-555, 2004.

MARQUEZI, M. L. Bases metabólicas do conceito limiar anaeróbio. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, v. 5, p. 53-64, 2006.

MAUGHAN, R. J; GLEESON, M.; GREENHAFF, P. L. **Bioquímica do exercício e do treinamento**. 1ª ed. São Paulo: Manole, 2000.

MAUGHAN, R. J; GLEESON, M. **As bases bioquímicas do desempenho nos esportes**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

MAXWELL, N.S.; NIMMO, M.A. Anaerobic capacity: A maximal anaerobic running capacity test versus the maximal accumulated oxygen deficit. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 21, p. 35-47, 1996.

MEDBO, J. I.; MOHN, A.C.; TABATA, I. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O<sub>2</sub> deficit. **Journal of Applied Physiology**, v. 64, p. 50-60, 1988.

MEDBO, J. I.; BURGERS, S. Effect of training on the anaerobic capacity. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 22, p. 501-507, 1990.

MEDBO, J. I. TABATA, I. Anaerobic energy release in working muscle during 30 s to 3 min of exhausting bicycling. **Journal of Applied Physiology**, v. 75, p. 1654-1660, 1993.

MERO, A.; JAAKKOLA, L.; KOMI, P.V. Relationships between muscle fiber characteristics and physical performance capacity in trained athletic boys. **Journal of Sports Science**, v. 9, p.161-71, 1991.

MIDGLEY, A. W.; Mc NAUGHTON, L. R.; WILKINSON, M. The relationship between the lactate turnpoint and the time at VO<sub>2</sub>max during a constant velocity run to exhaustion. **International Journal of Sports Medicine**, v. 27, p. 278-282, 2006.

MORGAN, D. W.; MARTIN, P. E.; KRAHENBUHL, G. S. Factors affecting running economy. **Sports Medicine**, v. 7; p. 310–330, 1989.

MORGAN, D.W.; MARTIN, P. E.; KRAHENBUHL G. S.; BALDINI, F. D. Variability in running and mechanics among trained male runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 23, p. 378–383, 1991.

MORGAN, D.W.; CRAIB, M. Physiological aspects of running economy. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 24, p. 456–461, 1992.

NAKAMURA, F.Y.; FRANCHINI, E. Máximo déficit acumulado de oxigênio como preditor de capacidade anaeróbia. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v.8, n.1, p. 88-95, 2006.

NEVILL, A.M.; RAMSBOTTOM, R.; NEVILL, M.E.; NEWPORT, S.; WILLIAMS, C. The relative contributions of anaerobic e aerobic energy supply during track 100-, 400- and 800-m performance. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.48, p. 138- 142, 2008.

NOAKES, T. D. Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: A contemporary perspective. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 20, p. 319-330, 1988.

NOAKES, T. D; MYBURGH, K. H.; SCHALL, R. Peak treadmill running velocity during the VO<sub>2</sub>max tests predicts running performance. **Journal of Sports Sciences**, v. 8, p. 35-45, 1990.

NOAKES, T. D. **The Lore of Running**. Champaign: Human Kinetics, 1991.

NUMMELA, A. T.; PAAVOLAINEN, L. M.; SHARWOOD, K. A.; LAMBERT, M. I.; NOAKES, T. D.; RUSKO, H. K. Neuromuscular factors determining 5 km running performance and running economy in well-trained athletes. **European Journal of Applied Physiology**, v. 97, p. 1-8, 2006.

ORTIZ, M. J.; DENADAI, B. S.; STELLA, S.; MELLO, M. T. Efeitos do treinamento aeróbio de alta intensidade sobre a economia de corrida em atletas de *endurance*. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 11, p. 53-56, 2003.

OLESEN, H. L. Accumulated oxygen deficit increases with inclination of uphill running. **Journal of Applied Physiology**, v. 73, n. 3, p. 1130-1134, 1992.

PAAVOLAINEN, L.; HAKKINEN, K.; HAMALAINEN, I.; NUMMELA, A.; RUSKO, H. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. **Journal of Applied Physiology**, v. 86, n. 5, p. 1527-1533, 1999.

PAAVOLAINEN, L.; NUMMELA, A.; RUSKO, H. Neuromuscular characteristics and muscle power as determinants of 5-km running performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 31, p. 124-130, 1999.

POLLOCK, MI. L.; JACKSON, A. S.; PATE, R. R. Discriminant analysis of physiological differences between good and elite distance runners. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, V.51, n. 3, p.521-532, 1980.

POOLE, D. C.; WARD, S. A.; GARDNER, G. W.; WHIPP, B.J.. A metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. **Ergonomics**, v. 31, p. 1265-1279, 1988.

RAMSBOTTOM, R.; NEVILL, A.M.; NEVILL, M.E.; NEWPORT, S.; WILLIAMS, C. Accumulated oxygen deficit and short-distance running performance. **Journal of Sports Science**, v. 12, n.5, p. 447-53, 1994.

SALTIN, B. Anaerobic capacity: past, present, and future. In: Taylor, A. W. (Ed.). **Biochemistry of exercise VII: international series on sport sciences**. Champaign: Human Kinetics, p. 387-412, 1990.

SANTOS, S. G. **Classificação das pesquisas: disciplina de Metodologia da Pesquisa em Educação Física**, março de 2008. 11f. Notas de aulas. Apostila impressa.

SAUNDERS, P.U.; PYNE, D. B.; TELFORD, R. D.; HAWLEY, J. A. Factors affecting running economy in trained distance runners. **Sports Medicine**, v. 34, n. 7, p. 465-485, 2004.

SAUNDERS, P.U.; PYNE, D. B.; TELFORD, R. D.; HAWLEY, J. A. Reliability and variability of running economy in elite distance runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 36, p. 1972-1976, 2004.

SCOTT, C.B.; ROBY, F.B.; LOHMAN, T.G.; BUNT, J.C. The maximal accumulated oxygen deficit as an indicator of anaerobic capacity. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 23, n.5, p. 618-623, 1991.

SIRI, W.E. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. In: Brozek, J.; Henschel, A. (Eds). **Techniques for measuring body composition**. Washington, DC: National Academy of Sciences, p.223-244, 1961.

SILVA, A. C; TORRES, F. C. Ergoespirometria em atletas paraolímpicos brasileiros. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 8, n. 3, 2002.

SILVA A. S. R.; SANTOS, F. N. C.; SANTHIAGO, V.; GOBATTO, C. A. Comparação entre métodos invasivos e não invasivo de determinação da capacidade aeróbia em futebolistas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. v. 11, p. 233-237, 2008.

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

SJODIN, B.; JACOBS, I.; SVENDENHAG, J. Changes in the onset blood lactate accumulation (OBLA) and muscle enzymes after training at OBLA. **European Journal of Applied Physiology**, v. 49, p. 45-57, 1982.

SMIRNIOTOU, A.; KATSIKAS, C.; PARADISI, G.; ARGEITAKI, P. ZACHAROGIANNIS, E.; TZIORTZIS, S. Strength-power parameters as predictors of sprinting performance. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 48, p. 447-54, 2008.

SPENCER, M.R; GASTIN, P.B. Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 33, p. 157-162, 2001.

STAINBY, W. N.; BROOKS, G. A. Control of lactic acid metabolism in contracting muscles and during exercise. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 18, p. 29-63, 1990.

STEGMANN, H.; KINDERMANN, W.; SCHNALIEL, A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. **International Journal of Sports Medicine**, v. 2, p. 160-165, 1981.

SVEDENHAG, J; SJODIN, B. Maximal and submaximal oxygen uptakes and blood lactate levels in elite male middle- and long-distance runners. **International Journal of Sports Medicine**, v. 5, n. 5, p. 255-261, 1984.

TABATA, I.; NISHIMURA, K.; KOUZAKI, M.; HIRAI, Y.; OGITA, F.; MIYACHI, M.; YAMAMOTO, K. Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and  $VO_2$ max. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 28, p. 1327-1330, 1996.

TANAKA, K.; MATSUURA, Y. Marathon performance, anaerobic threshold, and onset of blood lactate accumulation. **Journal of Applied Physiology**, v. 57, n. 3, p. 640-643, 1984.

TANAKA, K.; MATSUURA, Y.; MATSUZAKA, A.; HIRAKOBA, K.; KUMAGAI, S.; SUN, S. O. A longitudinal assessment of anaerobic threshold and distance performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 16, p. 278-282, 1984.

TAYLOR, H.L.; BUSKIRK, E.; HENSCHER, A. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardiorespiratory performance. **Journal of Applied Physiology**, v. 8, p.73-80, 1955.

THOMAS, J. R.; NELSON, J. K. **Métodos de pesquisa em atividade física**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

WELTMAN, A. **The Blood Lactate Response to Exercise**. Champaign: Human Kinetics, 1995.

WEYAND, P. G.; CURETON, K. J.; CONLEY, D. S.; SLONIGER, M. A.; LIU, Y. L. Peak oxygen deficit predicts sprint and middle-distance track performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 26, p. 1174-1180, 1994.

WILCOX, A.; BULBULIAN, R. Changes in running economy relative to  $VO_2$ max during a cross-country season. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 24, p. 321-326, 1984.

WILLIAMS, K. R.; CAVANAGH, P. R. Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. **Journal of Applied Physiology**, v. 63, n.3, p.1236-1245, 1987.

WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. **Fisiologia do esporte e do exercício**. 2ª ed. São Paulo: Manole, 2001.



## APÊNDICE 1



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SANTA CATARINA  
CENTRO DE DESPORTOS**



### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você está sendo convidado a participar como voluntário da pesquisa intitulada: “Atletismo do Século XXI: Estudo interdisciplinar na avaliação de corredores federados nas diferentes etapas de treinamento”, a ser realizada junto aos Laboratórios de Pesquisa vinculados ao Centro de Desportos (CDS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Com sua adesão ao estudo, você ficará disponível para a pesquisa em um total de quatro dias de avaliações, organizado da seguinte maneira:

a) No primeiro dia será realizada a avaliação antropométrica para definir % de gordura, e em seguida, os atletas realizarão uma simulação das provas de 200 e 400m rasos (para velocistas) e de 800 e 1500 (para meio-fundistas), nesta ordem, na pista atlética de carvão da UFSC, a fim de determinar a performance nestas provas. Ao final de cada repetição serão coletadas amostras de 25  $\mu$ L de sangue do lóbulo da orelha, no 3º, 5º, 7º, 9º e 11º minutos da recuperação, a fim de determinar a concentração de lactato sanguíneo.

b) No segundo dia os atletas serão submetidos a um protocolo incremental para a determinação do  $VO_2\max$  e  $I VO_2\max$ , em esteira rolante. Entre cada estágio do teste incremental haverá um intervalo de 30 segundos para a coleta de sangue do lóbulo da orelha para a dosagem do lactato sanguíneo, a fim de determinar o limiar anaeróbio.

c) No terceiro dia os indivíduos serão submetidos aos protocolos de saltos verticais para a determinação da potência muscular. Na seqüência, após 30 min de intervalo, realizarão o teste para determinação do  $Tlim$  a 100% do  $VO_2\max$ , destinado

a avaliar a potência aeróbia. Para a realização deste, inicialmente o atleta realizará um aquecimento de dois estágios de 7 min com intensidades submáximas e, após, a intensidade da esteira será ajustada a 100% da  $IVO_2max$ , sendo que o atleta deverá manter o esforço até a exaustão máxima.

d) O último dia de avaliações será destinado para realização de sprints de 20m, realizados na pista de atletismo, cronometrados eletronicamente. A seguir, será realizado um teste para determinação da capacidade anaeróbia ( $Tlim_{120\%}$ ), semelhante ao descrito no item c, mudando somente a intensidade de esforço até a exaustão, que será 120%.

Todas as avaliações serão realizadas respeitando um intervalo mínimo de 24 h. Todos deverão evitar realizar treinos intensos nestes dias e comparecerem alimentados e hidratados para realização das avaliações.

Para participar deste estudo você deve estar apto para realizar exercícios físicos de alta intensidade. Da mesma forma deve estar ciente que tem a possibilidade de apresentar náuseas e vômito em decorrência do esforço na realização do teste. No entanto, menos de 1% da população americana apresenta desconforto durante a este tipo de teste (American College of Sports Medicine).

Os pesquisadores responsáveis por este estudo estarão preparados para qualquer emergência efetuando os primeiros socorros. A sua identidade será preservada, pois cada sujeito da amostra será identificado por número.

As pessoas que estarão lhe acompanhando fazem parte de uma equipe treinada e coordenada pelos professores Dr. Antônio Renato Pereira Moro e Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo.

Quanto aos benefícios e vantagens em participar deste estudo, você estará contribuindo de forma única para o desenvolvimento da ciência esportiva. Os resultados provenientes de tais testes servirão de diagnóstico de sua atual condição física, além disso, o objetivo das avaliações será identificar, por meio de análise estatísticas, qual são as variáveis mais importantes para a performance de corredores de velocidade ou meio-fundo.

Se você estiver de acordo em participar do estudo, garantimos que as informações fornecidas serão confidenciais e

só serão utilizadas neste trabalho. Da mesma forma, se tiveres alguma dúvida em relação aos objetivos e procedimentos da pesquisa, ou mesmo, queira desistir da mesma, poderá a qualquer momento entrar em contato conosco pelos telefones (48) 3721-9924 / 3721-8530 ou pessoalmente nos laboratórios de pesquisa do Centro de Desporto.

Agradecemos desde já a sua colaboração e participação.

---

Prof. Dr. Antônio Renato  
Pereira Moro

---

Prof. Dr. Luiz Guilherme  
Guglielmo

Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro de Desportos - Campus Universitário da Trindade s/n  
88040-900 - Florianópolis - SC  
Tel: (48) 33319924 - (48) 3721-8530 - (48) 91523445

**TERMO DE CONSENTIMENTO**

Declaro que fui informado sobre todos os procedimentos da pesquisa e, que recebi de forma clara e objetiva todas as explicações pertinentes ao projeto e, que todos os dados a meu respeito serão sigilosos. Eu compreendo que neste estudo, as medições dos experimentos/procedimentos serão feitas em mim.

Declaro que fui informado que posso me retirar do estudo a qualquer momento.

Nome por extenso \_\_\_\_\_

Assinatura \_\_\_\_\_

Florianópolis, \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

# Livros Grátis

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

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

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

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

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