

# Variáveis Fisiológicas e Neuromusculares Associadas com a *Performance* Aeróbia em Corredores de *Endurance*: Efeitos da Distância da Prova

CIÊNCIAS DO EXERCÍCIO  
E DO ESPORTE



ARTIGO ORIGINAL

## *Physiological and Neuromuscular Variables Associated to Aerobic Performance in Endurance Runners: Effects of the Event Distance*

Kristopher Mendes de Souza<sup>1</sup>  
George Vieira<sup>1</sup>  
Marcelo Figueiró Baldi<sup>1</sup>  
Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo<sup>1</sup>  
Ricardo Dantas de Lucas<sup>1</sup>  
Benedito Sérgio Denadai<sup>2</sup>

1. Laboratório de Esforço Físico (LAEF) – UFSC – Florianópolis, SC.  
2. Laboratório de Avaliação da Performance Humana – UNESP – Rio Claro, SP.

### Endereço para correspondência:

Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo  
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - Centro de Desportos – Laboratório de Esforço Físico (LAEF) – Bloco V Trindade – 88040-900 Florianópolis, SC  
E-mail: luizguglielmo@cds.ufsc.br

### RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar a validade do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ), velocidade associada ao  $VO_{2max}$  ( $vVO_{2max}$ ), tempo de exaustão na  $vVO_{2max}$  (Tlim), limiar anaeróbio (LAN), economia de corrida (EC) e força explosiva (FE) para prever a *performance* aeróbia de corredores de *endurance* nas distâncias de 1.500m, 5.000m e 10.000m. Participaram deste estudo 11 corredores de *endurance* moderadamente treinados ( $28,36 \pm 6,47$  anos) que realizaram os seguintes testes: provas simuladas em uma pista de 400m em diferentes dias, nas distâncias de 10.000m, 5.000m e 1.500m; teste incremental máximo para determinar os índices  $VO_{2max}$ ,  $vVO_{2max}$ , e LAN; um teste submáximo de carga constante para determinar a EC, seguido por um teste máximo também de carga constante a 100% da  $vVO_{2max}$  para determinar o Tlim; e um teste de salto vertical para determinar a FE. De acordo com a análise de regressão múltipla, a  $vVO_{2max}$  utilizada de forma isolada explicou 57% da variação de *performance* na prova de 1.500m. No entanto, quando o Tlim, a FE e a  $vVO_{2max}$  foram analisados em conjunto, a explicação para a *performance* nessa prova foi de 88%. Nos 5.000m, o Tlim, a  $vVO_{2max}$  e o LAN responderam por 88% da variação de *performance* ( $p < 0,05$ ). Diferentemente, na prova de 10.000m, o LAN foi a única variável que apresentou capacidade de predição de *performance*. Em conclusão, a predição da *performance* aeróbia de corredores moderadamente treinados por meio de variáveis fisiológicas e neuromusculares é dependente da distância da prova (1.500m, 5.000m e 10.000m).

**Palavras-chave:** predição, provas de *endurance*, *performance* de corrida.

### ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the validity of maximal oxygen uptake ( $VO_{2max}$ ), velocity corresponding to the maximal oxygen uptake ( $vVO_{2max}$ ), time to exhaustion in the  $vVO_{2max}$  (Texh), anaerobic threshold (AT), running economy (RE), and explosive strength (ES) to predict performance in 1.500m, 5,000m, and 10,000m running events. Eleven moderately trained endurance runners ( $28.36 \pm 6.47$  years) participated in this study and performed: 10.000m, 5.000m, and 1.500m time trials on a 400m track; a maximal incremental load test to determine the  $VO_{2max}$ ,  $vVO_{2max}$ , and AT; a submaximal and maximal constant load test to determine RE and Texh, respectively; and a vertical jump test to determine ES. The  $vVO_{2max}$  alone accounted for 57% of variance in the 1.500m running performance. However, when the Texh, ES, and  $vVO_{2max}$  were analyzed together, they were able to explain 88% of the performance. In the 5.000m running trial, Texh,  $vVO_{2max}$ , and vAT responded for 88% of the performance ( $p < 0.05$ ). Differently, in the 10.000m time trial, the vAT was the only variable able to predict performance. In conclusion, the prediction of aerobic running performance based on  $VO_{2max}$ ,  $vVO_{2max}$ , Texh, AT, RE, and ES is dependent on the running distance (1.500m, 5.000m, and 10.000m).

**Keywords:** prediction, time trial, running performance.

## INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, as principais variáveis que exercem importante relação com a *performance* de corredores de *endurance* incluem o consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ )<sup>(1,2)</sup>, o limiar de lactato (LL)<sup>(2,3)</sup>, o limiar anaeróbio (LAN)<sup>(3,4)</sup> e a economia de corrida (EC)<sup>(1,2,5)</sup>. Entretanto,

corredores treinados podem apresentar valores similares nesses índices e, assim, outras variáveis, como a velocidade associada ao  $VO_{2max}$  ( $vVO_{2max}$ ) e o tempo de exaustão na  $vVO_{2max}$  (Tlim), podem contribuir para o sucesso em eventos predominantemente aeróbios<sup>(2,4,6)</sup>. A  $vVO_{2max}$  e o Tlim têm mostrado uma importante relação com a *performance* de *endurance* em corridas de curta e média distância (800m a 5.000m).

Essas provas são predominantemente dependentes da potência aeróbia, enquanto que em provas de longa distância (> 5.000m) a capacidade aeróbia parece ser o aspecto mais importante<sup>(4)</sup>.

Por outro lado, têm-se encontrado evidências sobre uma importante participação do metabolismo anaeróbio na *performance* de corredores treinados em provas de *endurance*<sup>(7)</sup>. Adicionalmente, Noakes<sup>(8)</sup> também sugere que, além da participação anaeróbia na *performance* desses corredores, aspectos relacionados à potência muscular, os quais estão diretamente integrados com o processo de contração muscular independente do fornecimento de oxigênio ao tecido, podem limitar a *performance* de *endurance* durante as competições. Com relação às variáveis neuomusculares, as mais destacadas na literatura são a força explosiva (FE) e a força máxima (FM)<sup>(9-12)</sup>.

Diferentes estudos têm analisado a predição da *performance* aeróbia durante a corrida a partir dos índices citados anteriormente. Estes estudos, no entanto, utilizaram modelos de regressão simples ou múltipla, analisando, no mesmo grupo de atletas, as relações entre os índices fisiológicos e neuomusculares com o desempenho aeróbio em uma única distância, a qual varia frequentemente entre 1.500m e 10.000m<sup>(4)</sup>. Além disso, é possível notar ainda a ausência de informações suficientes na literatura acerca dos efeitos da distância da prova sobre a relação entre os índices fisiológicos ( $VO_{2max}$ ,  $vVO_{2max}$ , Tlim, LAn e EC) e pelo menos um índice neuomuscular (FE) com a *performance* aeróbia (diferentes distâncias) em corredores moderadamente treinados com características homogêneas, ressaltando a relevância da realização desta investigação.

Dessa forma, tem sido proposto que a distância da prova e, portanto, a intensidade do exercício, pode influenciar as relações entre os índices fisiológicos e a *performance* aeróbia<sup>(4)</sup>. Entretanto, não foram encontrados estudos que procuraram relacionar a *performance* aeróbia obtida nos mesmos atletas, em diferentes distâncias, com dois ou mais índices fisiológicos e neuomusculares, particularmente utilizando a  $vVO_{2max}$ , o Tlim e a FE. Deste modo, como o percentual de contribuição aeróbia (85% x 95%) e a intensidade relativa à  $vVO_{2max}$  (aproximadamente 105% x 95%) são proporcionalmente diferentes entre as provas de 1.500m e 5.000m, respectivamente<sup>(13)</sup>, e, possivelmente, na prova de 10.000m, a hipótese deste estudo é que as relações entre as variáveis fisiológicas ( $VO_{2max}$ ,  $vVO_{2max}$ , Tlim, LAn e EC) e neuomusculares (FE) com a *performance* nestas distâncias possam ser diferentes.

Sendo assim, os objetivos deste estudo foram: 1) analisar a capacidade de predição do  $VO_{2max}$ ,  $vVO_{2max}$ , Tlim, LAn, EC e FE para a *performance* nas distâncias de 1.500m, 5.000m e 10.000m de corredores de *endurance* moderadamente treinados; e 2) analisar os efeitos da distância da prova na relação entre os índices fisiológicos ( $VO_{2max}$ ,  $vVO_{2max}$ , Tlim, LAn e EC) e neuomusculares (FE) com a *performance* aeróbia nas distâncias de 1.500m, 5.000m e 10.000m.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Sujeitos

Participaram deste estudo 11 corredores moderadamente treinados (28,36 ± 6,47 anos; 68,67 ± 8,05kg; 173,77 ± 7,23cm; e 10,62 ± 2,95% de gordura corporal). Todos os corredores tinham no mínimo dois anos de experiência com treinamento e provas de *endurance* e, no período que antecedeu a realização deste estudo, estavam treinando seis dias por semana, com um volume semanal que oscilava entre 70 e 90km. Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina (protocolo nº 336/06). Os participantes foram informados e familiarizados com todos os procedimentos do experimento, assim como os riscos e benefícios, assinando um termo de consentimento livre e esclarecido.

### Protocolo experimental e procedimentos

O protocolo experimental foi realizado dentro de um prazo de duas semanas com todos os testes sendo realizados em um mesmo período do dia. Inicialmente, os atletas realizaram em uma pista de 400m as provas simuladas de *performance* ordenadas nas distâncias de 10.000m, 5.000m e 1.500m, respectivamente. Na semana seguinte, iniciaram os testes de laboratório para realização das mensurações antropométricas e determinação do  $VO_{2max}$ ,  $vVO_{2max}$ , LAn, EC, Tlim e FE. Todos os testes (condições de laboratório e campo) foram realizados em situações climáticas similares (T = 23-25°C e URA = 60-68%) (Cosmed, Roma, Itália) e com um intervalo de no mínimo 48h entre cada um deles.

### Determinação da *performance* de corrida nas provas de 10.000m, 5.000m e 1.500m

Os corredores realizaram provas simuladas em uma pista de 400m em diferentes dias, nas distâncias de 10.000m, 5.000m e 1.500m. Antes de cada prova, foi permitido aos atletas realizarem um aquecimento de intensidade moderada seguido de alongamento.

### Avaliação antropométrica

A massa corporal foi mensurada em uma balança com precisão de 0,1kg (Filizola®, São Paulo, Brasil). A estatura foi medida em um estadiômetro com precisão de 0,1cm (Sanny, São Paulo, Brasil). O percentual de gordura corporal foi estimado a partir da equação de três dobras cutâneas (tricipital, abdominal, coxa média) proposta por Evans *et al.*<sup>(14)</sup> para atletas, sendo utilizado para realização das medidas um adipômetro com precisão de 0,1mm (Cescorf, Porto Alegre, Brasil).

### Determinação do $VO_{2max}$ , da $vVO_{2max}$ e do LAn

O  $VO_{2max}$  foi determinado utilizando-se um protocolo incremental em esteira rolante (Imbramed Super ATL, Porto Alegre, Brasil). A velocidade inicial foi de 12km.h<sup>-1</sup> (1% de inclinação), com incrementos de 1km.h<sup>-1</sup> a cada 3min até à exaustão voluntária. Entre cada estágio houve um intervalo de 30s para a coleta de 25µl de sangue do lóbulo da orelha para a dosagem do lactato sanguíneo. A análise do lactato foi realizada por meio de um analisador eletroquímico (YSI 2700 STAT, Yellow Springs, OH, USA). O  $VO_{2}$  foi mensurado respiração a respiração durante todo o protocolo a partir do gás expirado (K4b<sup>2</sup>, Cosmed, Roma, Itália), sendo os dados reduzidos à média de 15s. O  $VO_{2max}$  foi considerado como o maior valor obtido durante o teste nestes intervalos de 15s. Para considerar que durante o teste os indivíduos atingiram o  $VO_{2max}$ , foram adotados os critérios propostos por Taylor *et al.*<sup>(15)</sup> e Lacour *et al.*<sup>(16)</sup>. A  $vVO_{2max}$  foi considerada como sendo a menor velocidade de corrida, na qual ocorreu o  $VO_{2max}$ <sup>(17,18)</sup>. A velocidade referente ao LAn (vLAn) foi encontrada a partir da concentração fixa de lactato de 3,5mmol.L<sup>-1</sup><sup>(19)</sup>.

### Determinação da EC e Tlim

Inicialmente, os indivíduos realizaram um aquecimento de 7min a 12km.h<sup>-1</sup>, seguido por um descanso de 3min. Posteriormente, correram por mais 8min a 14km.h<sup>-1</sup>, com o  $VO_{2}$  sendo medido entre o sexto e o sétimo min, a partir do qual foi determinada a EC do atleta, que foi definida como a relação entre o  $VO_{2}$  e a velocidade de corrida<sup>(5)</sup>. Em seguida, repousaram por 5min na esteira rolante e a velocidade foi ajustada para 100% da  $vVO_{2max}$  e o indivíduo foi estimulado verbalmente a manter o esforço até a exaustão. O  $VO_{2}$  foi também mensurado continuamente durante todo o protocolo a partir do gás expirado. O Tlim foi considerado como o tempo total de esforço mantido na  $vVO_{2max}$  e foi expresso em segundos.

## Determinação da FE

Os sujeitos realizaram um protocolo de salto vertical em plataforma de força *Quattro Jump* (Kistler, modelo 9290AD) para a determinação da FE. Foi utilizada uma técnica de salto vertical com um movimento de preparação (contramovimento) em que é permitido ao executante realizar a fase excêntrica para em seguida executar a fase concêntrica do movimento<sup>(20)</sup>. Este salto tem sua aplicação na determinação do nível de força explosiva dos membros inferiores<sup>(20-22)</sup>. Todos os indivíduos realizaram um aquecimento com duração de 10min, o qual foi constituído por exercícios de alongamento e saltos e, em seguida, realizaram três saltos na plataforma de força com 1min de intervalo entre cada salto. A altura máxima foi considerada a partir do melhor salto obtido nas três tentativas permitidas.

## Análise dos dados

Os dados estão expressos em média  $\pm$  desvio padrão (DP). A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk ( $n < 50$ ). A correlação entre o tempo de prova nos 1.500m, 5.000m e 10.000m e o  $VO_2\text{max}$ ,  $vVO_2\text{max}$ , LAn, EC, Tlim e FE foi realizada pela análise de regressão múltipla utilizando o método *Stepwise*. Para a comparação dos valores de velocidade média nas provas com a  $vVO_2\text{max}$  e a vLAn, foi utilizada a análise de variância ANOVA *one way*, sendo complementada pelo teste *post hoc* LSD. Em todas as análises foi adotado um nível de significância de 5%.

## RESULTADOS

Os tempos de *performance*, as variáveis fisiológicas e a variável FE estão descritos na tabela 1.

**Tabela 1.** Média  $\pm$  DP e coeficiente de variação (CV) dos índices determinados em laboratório e campo.

Variáveis	Média $\pm$ DP	CV (%)
$VO_2\text{max}$ (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	64,2 $\pm$ 5,4	8,4
$vVO_2\text{max}$ (km.h <sup>-1</sup> )	18,4 $\pm$ 0,7	3,7
Tlim (s)	344 $\pm$ 71	20,7
vLAn (km.h <sup>-1</sup> )	14,9 $\pm$ 0,7	4,6
$VO_2\text{LAn}$ (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	53,1 $\pm$ 4,9	8,2
EC (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	50,4 $\pm$ 3,8	7,5
FE (cm)	41,7 $\pm$ 4,1	1,7
T1.500m (s)	288 $\pm$ 12	4,2
T5.000m (s)	1094 $\pm$ 48	4,4
T10.000m (s)	2313 $\pm$ 91	3,9

$VO_2\text{max}$  = consumo máximo de oxigênio;  $vVO_2\text{max}$  = velocidade referente ao consumo máximo de oxigênio; Tlim = tempo de sustentação a 100% $vVO_2\text{max}$ ; vLAn = velocidade referente ao limiar anaeróbio;  $VO_2\text{LAn}$  = consumo de oxigênio referente ao limiar anaeróbio; EC = economia de corrida; FE = força explosiva; T1.500m = tempo da prova de 1.500m; T5.000m = tempo da prova de 5.000m; T10.000m = tempo da prova de 10.000m.

As associações entre a  $vVO_2\text{max}$  e a vLAn com a velocidade média apresentada em cada uma das provas simuladas estão expressas na tabela 2. De acordo com a análise de variância, a velocidade média da prova de 1.500m ( $v1.500m$ ) não apresentou diferença significativa em relação à  $vVO_2\text{max}$ . Em relação à velocidade média sustentada durante a prova de 10.000m ( $v10.000m$ ), foi verificada uma  $v10.000m$  significativamente maior do que a vLAn ( $p < 0,01$ ).

A tabela 3 destaca os índices que apresentaram capacidade de predição nas diferentes distâncias analisadas. Nesse sentido, pode-se observar que a  $vVO_2\text{max}$ , quando utilizada de forma isolada, é capaz de explicar 57% da *performance* na prova de 1.500m. Contudo, quando a  $vVO_2\text{max}$  é utilizada em conjunto com o Tlim e a FE, esses índices explicam 88% da *performance* nessa prova. Para prever a *performance*

na prova de 5.000m, as variáveis selecionadas pela análise de regressão múltipla foram o Tlim, a  $vVO_2\text{max}$  e a vLAn ( $R^2 = 0,88$ ,  $p < 0,05$ ). Já na prova de 10.000m, a vLAn foi a única variável que apresentou predição de *performance* (30% de explicação).

**Tabela 2.** Relação entre  $vVO_2\text{max}$  e vLAn com as performances nas diferentes distâncias.

Variáveis	(km.h <sup>-1</sup> )	% $vVO_2\text{max}$	%vLAn
$vVO_2\text{max}$	18,4 $\pm$ 0,7	-	-
vLAn	14,9 $\pm$ 0,7	81,3 $\pm$ 5,4	-
$v1.500m$	18,8 $\pm$ 0,8	102,3 $\pm$ 2,7	126,3 $\pm$ 9,0
$v5.000m$	16,5 $\pm$ 0,7	89,8 $\pm$ 3,3	110,7 $\pm$ 6,6
$v10.000m$	15,6 $\pm$ 0,6	84,9 $\pm$ 3,9	104,6 $\pm$ 4,2

$vVO_2\text{max}$  = velocidade referente ao consumo máximo de oxigênio; vLAn = velocidade referente ao limiar anaeróbio;  $v1.500m$  = velocidade referente à prova de 1.500m;  $v5.000m$  = velocidade referente à prova de 5.000m;  $v10.000m$  = velocidade referente à prova de 10.000m.

**Tabela 3.** Coeficientes de correlação múltipla dos índices determinados em laboratório com o tempo de prova nas distâncias de 1.500m, 5.000m e 10.000m.

Distância	Variáveis	R <sup>2</sup>
1.500m	$vVO_2\text{max}$	0,57
	$vVO_2\text{max}$ + Tlim	0,70
	$vVO_2\text{max}$ + Tlim + FE	0,88
5.000m	Tlim	0,41
	Tlim + $vVO_2\text{max}$	0,7
	Tlim + $vVO_2\text{max}$ + vLAn	0,88
10.000m	vLAn	0,30

$vVO_2\text{max}$  = velocidade referente ao consumo máximo de oxigênio; Tlim = tempo de sustentação a 100% $vVO_2\text{max}$ ; vLAn = velocidade referente ao limiar anaeróbio; FE = força explosiva.

## DISCUSSÃO

O principal resultado encontrado neste estudo foi que a predição da *performance* de *endurance* de corredores moderadamente treinados a partir de variáveis de caráter fisiológico ( $VO_2\text{max}$ ,  $vVO_2\text{max}$ , Tlim, LAn e EC) e neuromuscular (FE) é dependente da distância da prova (1.500m, 5.000m e 10.000m). Contudo, apesar da duração da prova apresentar efeitos na relação entre esses índices e a *performance* dos atletas nestas distâncias, é importante ressaltar que o sistema aeróbio de produção de energia é predominante em todas as provas estudadas<sup>(13,23)</sup>.

Alguns estudos têm analisado a capacidade de variáveis fisiológicas e neuromusculares de prever *performance* de corredores de *endurance*<sup>(4,9-13,23-25)</sup>. Além disso, esses estudos têm verificado a influência da distância da prova na relação entre essas variáveis com a *performance* aeróbia, visto que o percentual de contribuição do metabolismo aeróbio e as intensidades relativas à  $vVO_2\text{max}$  e à vLAn são proporcionalmente diferentes entre provas de *endurance*<sup>(4,9-13,23-25)</sup>.

Apesar de o  $VO_2\text{max}$  ser considerado um determinante fisiológico da *performance* aeróbia de corredores de *endurance*, quando se analisam grupos homogêneos de corredores, essa variável tem apresentado pouco poder discriminatório da *performance* em eventos predominantemente aeróbios<sup>(4)</sup>. Isso pode ser evidenciado também no presente estudo, visto que não houve correlação entre nenhuma prova e esse índice fisiológico. Uma das explicações para esse comportamento pode ser devido ao baixo coeficiente de variação do  $VO_2\text{max}$  (8,4%).

Além disso, quando se avaliam corredores que apresentam *performances* similares e baixa variabilidade do  $VO_2\text{max}$ , pode-se encontrar dificuldade na associação entre as variáveis. Um baixo coeficiente de variação para a faixa de valores de uma ou ambas as variáveis (neste caso, os tempos de *performance* e  $VO_2\text{max}$ ) determina um coeficiente

de correlação próximo de zero quando se associa uma variável com a outra. Uma vez que corredores que apresentam valores similares de  $\text{VO}_2\text{max}$  são analisados, tem-se acreditado que a homogeneidade do grupo pode fornecer informações mais precisas quanto à capacidade de predição de *performance* por parte de outras variáveis fisiológicas e neuromusculares (ex:  $\text{vVO}_2\text{max}$  e FE).

Interessantemente, assim como o  $\text{VO}_2\text{max}$ , foi o fato de a EC não apresentar correlação com nenhuma prova estudada. Isso é um tanto surpreendente, visto que, entre corredores homogêneos quanto aos valores de  $\text{VO}_2\text{max}$ , a EC tem sido considerada uma variável fisiológica importante na determinação da *performance* de *endurance*<sup>(5)</sup>. No entanto, neste estudo, a EC também apresentou uma baixa variabilidade (CV = 7,5%), encontrando, dessa forma, dificuldade na associação entre as variáveis (*performance* x EC).

Na distância de 1.500m, a  $\text{vVO}_2\text{max}$ , o Tlim e a FE foram as variáveis que apresentaram correlação significativa com a prova, explicando 88% da variação da *performance* dos corredores do presente estudo. Além de apresentar correlação com os 1.500m, explicando 57% da *performance* quando utilizada de forma isolada, a  $\text{vVO}_2\text{max}$  não apresentou diferença da v1.500m. Nos estudos de Lacour *et al.*<sup>(25)</sup> e Lacour *et al.*<sup>(16)</sup>, encontrou-se correlação significativa entre a  $\text{vVO}_2\text{max}$  e a *performance* de corredores de *endurance* na prova de 1.500m ( $r = -0,62$  e  $r = -0,90$ , respectivamente). No entanto, no estudo de Lacour *et al.*<sup>(25)</sup> a amostra foi composta por um grupo de atletas mais homogêneos (CV = 10% na v1.500m), sendo que no estudo de Lacour *et al.*<sup>(16)</sup> os corredores analisados tinham uma maior variação na *performance* dos 1.500m (CV = 30% na v1.500m). Essa maior variação de *performance* encontrada no estudo de Lacour *et al.*<sup>(16)</sup> pode explicar a alta correlação apresentada entre a  $\text{vVO}_2\text{max}$  e a *performance* dos 1.500m. Além disso, a  $\text{vVO}_2\text{max}$  pode explicar melhor as diferenças de *performance* entre corredores bem treinados, sendo assim mais fidedigna que outras variáveis como  $\text{VO}_2\text{max}$  e EC<sup>(24)</sup>.

No estudo de Denadai *et al.*<sup>(4)</sup> foi observado que, em corredores de *endurance* moderadamente treinados, a  $\text{vVO}_2\text{max}$  e o Tlim explicaram 88% da variação da *performance* nos 1.500m. Resultados semelhantes foram apresentados por Billat *et al.*<sup>(26)</sup>, nos quais a  $\text{vVO}_2\text{max}$  e o Tlim foram as variáveis que explicaram quase que totalmente a variação da *performance* de corredores de elite na prova de 1.500m (95% de explicação).

Muitos estudos têm mostrado que, além de variáveis fisiológicas, variáveis neuromusculares são também importantes para prever *performance* de *endurance*<sup>(9-11)</sup>. Assim, uma das propostas do presente estudo foi analisar a capacidade de predição de *performance* por variáveis fisiológicas e neuromusculares, visto que no modelo de Paavolainen *et al.*<sup>(9)</sup> a *performance* de corrida é influenciada não somente pelo consumo e utilização de oxigênio, mas também por fatores relacionados à capacidade de recrutamento de unidades motoras e produção de força muscular. Alguns autores<sup>(27)</sup> têm suportado essa ideia, destacando que em alguns estudos que utilizaram o pico de velocidade no teste anaeróbio máximo de corrida ( $V_{\text{MART}}$ ), o qual tem sido utilizado para mensurar a capacidade anaeróbia e a potência muscular, foi encontrada relação com a prova de 1.500m. Outros estudos<sup>(9-11)</sup> também suportam essa ideia, visto que apresentam resultados que associam características neuromusculares com a *performance* em provas de 5.000m e 10.000m. Isso enfatiza a importância da potência muscular em esportes de *endurance*, visto que tanto o componente anaeróbio como as características neuromusculares podem desempenhar um papel importante na *performance* aeróbia, principalmente quando os atletas apresentam características aeróbias similares<sup>(9-11)</sup>.

No presente estudo, a velocidade sustentada durante os 5.000m ( $\sim 16,5\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) foi superior à vLAN ( $\sim 111\%$ ); no entanto, ficou abaixo da  $\text{vVO}_2\text{max}$  ( $\sim 90\%$ ). As variáveis que explicaram a *performance* nessa

distância foram o Tlim, a  $\text{vVO}_2\text{max}$  e a vLAN (88% de explicação). Com referência à correlação encontrada entre a *performance* dos 5.000m e o Tlim, o qual pode ser empregado para obter informações sobre a capacidade anaeróbia láctica<sup>(28)</sup>, os resultados apresentados são semelhantes aos resultados anteriormente destacados na literatura<sup>(7)</sup>, em que foi encontrada correlação significativa ( $r = -0,74$ ) entre a participação do componente anaeróbio e a *performance* nos 5.000m. Destaca-se, assim, como em outros estudos, a importância da capacidade anaeróbia para *performance* de corredores de *endurance*.

Analisando também a *performance* nos 5.000m, Lacour *et al.*<sup>(25)</sup> encontraram correlação significativa ( $r = 0,86$ ) entre a  $\text{vVO}_2\text{max}$  e velocidade média nesta distância. Adicionalmente, tem sido encontrada correlação significativa ( $r = -0,63$ ) entre o  $\text{VO}_2\text{max demand}$  e a *performance* na distância de 5.000m<sup>(9)</sup>. No estudo realizado por Paavolainen *et al.*<sup>(9)</sup>, a velocidade máxima atingida em um teste incremental durante a corrida na esteira foi calculada por meio do  $\text{VO}_2\text{max demand}$ ; no entanto, a inclinação da esteira foi aumentada (velocidade constante) nos últimos estágios do teste, sendo dessa forma a *performance* de corrida na esteira calculada não pela  $\text{vVO}_2\text{max}$ , mas pelo  $\text{O}_2 demand$  no último minuto antes da exaustão ( $\text{VO}_2\text{max demand}$ ), como proposto pelo ACSM<sup>(29)</sup>.

Tanaka *et al.*<sup>(30)</sup> verificaram os efeitos do treinamento de *endurance* (nove meses) na relação entre variáveis fisiológicas e os 5.000m. Os autores verificaram que, dentre as variáveis correlacionadas com a *performance* na prova de 5.000m, a  $\text{vVO}_2\text{max}$  apresentou correlação significativa antes do programa de treinamento ( $r = -0,79$ ), ao longo do treinamento ( $r = -0,75$ ) e depois do treinamento ( $r = -0,67$ )<sup>(30)</sup>. O estudo de Tanaka *et al.*<sup>(30)</sup> também encontrou correlações significativas entre a *performance* nos 5.000m e a vLAN (coeficientes de correlação entre  $-0,79$  e  $-0,83$ ) para os mesmos períodos do treinamento citados acima<sup>(30)</sup>.

Por outro lado, a velocidade na distância de 10.000m ( $\sim 15,6\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) foi significativamente superior à vLAN ( $\sim 105\%$ ,  $p < 0,01$ ) e próxima de 85% da  $\text{vVO}_2\text{max}$ . Com relação às variáveis estudadas, a análise de regressão múltipla selecionou apenas a vLAN para explicar a *performance* nessa prova (30% de explicação). Tanaka *et al.*<sup>(30)</sup> verificaram também os efeitos do treinamento sobre a relação de variáveis fisiológicas e os 10.000m. Dentre as variáveis que apresentaram correlação com a *performance* neste estudo<sup>(30)</sup>, a vLAN também foi o melhor preditor apresentando valores de  $r$  variando entre  $-0,81$  e  $-0,84$  com o tempo nesta distância.

Resultados semelhantes foram encontrados no estudo de Morgan *et al.*<sup>(24)</sup> que verificaram um  $r = -0,82$  entre vLAN e a *performance* nos 10.000m de corredores bem treinados. É importante ressaltar que, semelhante ao presente estudo, Morgan *et al.*<sup>(24)</sup> analisaram um grupo de corredores com características homogêneas de  $\text{VO}_2\text{max}$  ( $64,8 \pm 2,1\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ; CV = 3,2%) e de *performance* nos 10.000m ( $1.937 \pm 76\text{s}$ ; CV = 3,9%). Assim, em corredores moderadamente treinados, quando a distância da prova determina uma intensidade próxima à vLAN, a *performance* parece ser mais dependente da capacidade aeróbia (resposta do lactato sanguíneo) que da potência aeróbia ou FE.

Contudo, de acordo com os resultados apresentados no presente estudo, pode-se concluir que a predição da *performance* aeróbia de corredores de *endurance* moderadamente treinados, a partir do  $\text{VO}_2\text{max}$ ,  $\text{vVO}_2\text{max}$ , Tlim, EC, LAN e FE é dependente da distância da prova analisada (1.500m, 5.000m e 10.000m). Recomenda-se, entretanto, a realização de estudos similares com corredores de *endurance* de elite, para verificar as possíveis influências destes fatores na *performance* desses atletas em diferentes distâncias.

---

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

## REFERÊNCIAS

1. Bassett DR Jr, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:70-84.
2. McLaughlin JE, Howley ET, Bassett DR Jr, Thompson DL, Fitzhugh EC. Test of the classic model for predicting endurance running performance. *Med Sci Sports Exerc* 2010;42:991-7.
3. Jones AM, Doust JH. The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:1304-13.
4. Denadai BS, Ortiz MJ, Mello MT. Índices fisiológicos associados com a performance aeróbia em corredores de endurance: efeitos da duração da prova. *Rev Bras Med Esporte* 2004;10:401-4.
5. Daniels J, Daniels N. Running economy of elite male and elite female runners. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24:483-9.
6. Denadai BS, Ortiz MJ, Greco CC, Mello MT. Interval training at 95% and 100% of the velocity at VO<sub>2</sub>-max: effects on aerobic physiological indexes and running performance. *Appl Physiol Nutr Metab* 2006;31:737-43.
7. Houmard JA, Costill DL, Mitchell JB, Park SH, Chenier TC. The role of anaerobic ability in middle distance running performance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1991;62:40-3.
8. Noakes TD. Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: A contemporary perspective. *Med Sci Sports Exerc* 1988;20:319-30.
9. Paavolainen LM, Häkkinen K, Hämmäläinen I, Nummela AT, Rusko HK. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscular power. *J Appl Physiol* 1999;86:1527-33.
10. Paavolainen LM, Nummela AT, Rusko HK. Neuromuscular characteristics and muscle power as determinants of 5-Km running performance. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:124-30.
11. Paavolainen LM, Nummela AT, Rusko HK, Häkkinen K. Neuromuscular characteristics and fatigue during 10-km running. *Int J Sports Med* 1999;20:516-21.
12. Guglielmo LGA, Greco CC, Denadai BS. Effects of strength training on running economy. *Int J Sports Med* 2009;30:27-32.
13. Billat VL. Interval training for performance: a scientific and empirical practice special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: Aerobic interval training. *Sports Med* 2001;31:13-31.
14. Evans EM, Rowe DA, Mistic MM, Prior BM, Arngrimsson SA. Skinfold prediction equation for athletes developed using a four-component model. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37:2006-11.
15. Taylor HL, Buskirk E, Henschel A. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardiorespiratory performance. *J Appl Physiol* 1955;8:73-80.
16. Lacour JR, Padilla-Magunacelaya S, Chatard JC, Arsac L, Barthélémy JC. Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1991;62:77-82.
17. Billat VL, Faina M, Sardella F, Marini C, Fanton F, Lupo S, et al. A comparison of time to exhaustion at VO<sub>2</sub>max in elite cyclists, kayak paddlers, swimmers and runners. *Ergonomics* 1996;39:267-77.
18. Billat VL, Flechet B, Petit B, Muriaux G, Koralsztein JP. Interval training at VO<sub>2</sub>max: effects on aerobic performance and over training markers. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:156-63.
19. Heck H, Mader A, Hess G, Mucke S, Muller R, Hollmann W. Justification of the 4mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med* 1985;6:117-30.
20. Guglielmo LGA, Greco CC, Denadai BS. Relação da potência aeróbica máxima e da força muscular com a economia de corrida em atletas de endurance. *Rev Bras Med Esporte* 2005;11:53-6.
21. Bosco C, Luhtanen P, Komi PV. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1983;50:273-82.
22. Bosco C. Strength assessment with the Bosco's test. Rome: Italian Society of Sport Science, 1999.
23. Spencer MR, Gastin PB. Energy system contribution during 200 to 1500m running in highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:157-62.
24. Morgan DW, Baldini FD, Martin PE, Kohrt WM. Ten kilometer performance and predict velocity at VO<sub>2</sub>max among well-trained male runners. *Med Sci Sports Exerc* 1989;21:78-83.
25. Lacour JR, Padilla-Magunacelaya S, Barthélémy JC, Dormois D. The energetics of middle distance running. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1990;60:38-43.
26. Billat VL, Beillot J, Jan J, Rochcongar P, Carre F. Gender effect on the relationship of time limit at 100% VO<sub>2</sub>max with other bioenergetic characteristics. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:1049-55.
27. Rusko HK, Nummela AT, Mero A. A new method for the evaluation of anaerobic running power in athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1993;66:97-101.
28. Faina M, Billat VL, Squadrone R, De Angelis M, Koralsztein JP, Dalmonte A. Anaerobic contribution to the time to exhaustion at minimal exercise intensity at which maximal oxygen uptake occurs in elite cyclists, kayakers and swimmers. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1997;76:13-20.
29. American College of Sports Medicine. Guidelines for exercise testing and prescription. Philadelphia: Lea & Febiger, 1991.
30. Tanaka K, Matsuura Y, Matsuzaka A, Hirakoba K, Kumagai S, Sun SO, et al. A longitudinal assessment of anaerobic threshold and distance running performance. *Med Sci Sports Exerc* 1984;16:278-82.