

PREDIÇÃO DO DESEMPENHO NA CORRIDA DE 5.000 m POR MEIO DE TESTES NO LABORATÓRIO E NO CAMPO, PARA CORREDORES DE FUNDO

Fernando Augusto Monteiro Saboia POMPEU^{*}

Átila Josef FLEGER^{**}

Marcelo Neves dos SANTOS^{***}

Paulo Sérgio Chagas GOMES^{****}

RESUMO

As curvas de lactato sanguíneo, durante o exercício, têm sido amplamente utilizadas na prescrição do estímulo de treinamento para corredores de longa distância. Uma vez que a transferência dos resultados do laboratório para a situação de campo tem demonstrado ser inadequada, o objetivo deste estudo foi propor um protocolo de campo para predição do desempenho na corrida de 5.000 m. Vinte e oito corredores de média e longa distância (idade = 28 ± 6 anos; peso = $61,5 \pm 6,1$ kg) foram submetidos ao: a) ESTEI - teste na esteira ergométrica sem inclinação, consistindo de quatro velocidades, com cada estágio de cinco minutos separados por um minuto de repouso (15, 17, 18 e 19 km.h^{-1} ou 17, 19, 20 e 21 km.h^{-1}), com as velocidades escolhidas para os sujeitos baseando-se no tempo mais recente na maratona (abaixo ou acima de duas horas e 30 minutos); b) CAMPO - quatro repetições de 1.600 metros com velocidades progressivas (3,5% abaixo da velocidade na esteira), separados por um minuto de repouso, como o empregado em a); e c) CORR - teste de corrida de 5.000 m. Amostras de sangue arterializado do lóbulo da orelha foram coletadas durante os primeiros 30 segundos dos períodos de recuperação nas condições ESTEI e CAMPO, com a concentração de lactato sendo analisada pelo método eletro enzimático (YSI 1500 Sport; Yellow Springs Inc., Ohio). As velocidades e frequências cardíacas nas duas situações de testes foram comparadas nas concentrações fixas de lactato de 2, 4 e 8 mmol.l^{-1} (ESTEIR: $V_{2\text{mM}} = 17,1 \pm 1,2$, $V_{4\text{mM}} = 19,1 \pm 1,4$, $V_{8\text{mM}} = 20,9 \pm 1,8$ km.h^{-1} e $FC_{2\text{mM}} = 164 \pm 7$, $FC_{4\text{mM}} = 178 \pm 6$, $FC_{8\text{mM}} = 193 \pm 8$ bpm; CAMPO: $V_{2\text{mM}} = 16,6 \pm 1,0$, $V_{4\text{mM}} = 18,1 \pm 1,0$, $V_{8\text{mM}} = 19,5 \pm 1,2$ km.h^{-1} e $FC_{2\text{mM}} = 165 \pm 6$, $FC_{4\text{mM}} = 178 \pm 8$, $FC_{8\text{mM}} = 190 \pm 9$ bpm). Correlações significativas foram observadas entre as condições ESTEI e o CAMPO nas três concentrações fixas de lactato ($p < 0,05$). Sendo que não foi observada correlação significativa para a frequência cardíaca a 8 mmol.l^{-1} . Os coeficientes de correlação para teste/reteste na condição CAMPO, foram na faixa de 0,72 a 0,96 (todos sig. $p < 0,05$) para as FC e para as V, nas três concentrações fixas. O melhor preditor da velocidade de corrida nos 5.000 m foi a velocidade nos 4 mmol.l^{-1} na condição CAMPO ($r = 0,90$, $p < 0,001$; $Y (\text{m.min}^{-1}) = 13,4196 + 0,9997X$, $SEE = 9,62$ m.min^{-1}). Baseado nos presentes resultados foi concluído que referências originadas no protocolo de campo são mais relacionadas ao desempenho na corrida de 5.000 m, do que as originadas no laboratório.

UNITERMOS: OBLA; Limiar anaeróbio; Protocolo de campo; "Endurance"

INTRODUÇÃO

Os testes de lactacidemia têm colaborado na determinação da carga mais adequada para treino de corredores de média e longa distância, e outros atletas (Jacobs, 1986; Sjodin & Svedenhag, 1985;

^{*} Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

^{**} Escola de Educação Física e Desportos da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

^{***} Clube de Regatas Vasco da Gama.

^{****} Universidade Gama Filho.

Yoshida, Suda & Takeuchi, 1982a). Contudo, a determinação da intensidade depende de inúmeros fatores relacionados aos procedimentos adotados, tais como: a duração dos estágios e das pausas do protocolo de testes (Heck, Mader, Hess, Mucker, Muller & Hollman, 1985; Yoshida, 1984); o meio para a análise bioquímica (Bishop, May, Smith, Kime, Mayo & Ten, 1992a); o método de determinação do lactato (Bishop, Smith, Kime, Mayo & Ten, 1992b; Rodriguez, Banguells, Pons, Dorbnic & Galilea, 1992) e o sítio anatômico para coleta sanguínea (Robergs, Moneta, Mitchele, Pascoe, Houmard & Costill, 1990; Yoshida, Takeuchi & Suda, 1982b).

O padrão de recrutamento motor é outra importante variável interveniente (Tesch, 1980; Tesch, Sharp & Saniels, 1981). Este padrão altera-se na dependência da inclinação do terreno (Pugh, 1971) ou do tipo de solo (Heck et alii, 1985). Portanto, os protocolos ergométricos criados no laboratório para detecção de uma determinada referência de lactacidemia, têm alta validade interna na previsão da carga do máximo estado de equilíbrio do lactato (Aunola & Rusko, 1992; Heck et alii, 1985), e validade externa desconhecida. Em razão destas dificuldades, tem sido sugerido estudos onde o critério de validade para o protocolo de laboratório é uma corrida contínua no campo (Foxdal, Sjodin & Ostman, 1994).

Outra dificuldade ao emprego das variáveis de lactato na prescrição e controle do treinamento ocorre quando as curvas de lactacidemia são originadas de protocolos escalonados em pista (Conconi, Ferrari, Ziglio, Droghetti & Codeca, 1982). Isto porque pelos argumentos supra citados, não seria possível a utilização de concentrações de lactato propostas por outros métodos como referências para tal orientação. Com isso, o objetivo deste estudo foi determinar se um protocolo de cargas escalonadas no campo está melhor associado ao desempenho na corrida de média duração, do que um protocolo similar em laboratório.

MATERIAL E MÉTODOS

Esta investigação foi organizada em quatro situações experimentais: a) estudo da relação entre o teste progressivo de campo e o de laboratório; b) confiabilidade intra-teste (teste/reteste) do protocolo de campo; c) determinação da capacidade preditiva da velocidade nos 5.000 m por meio do protocolo de laboratório; d) determinação da capacidade preditiva da velocidade nos 5.000 m por meio do protocolo de campo.

Sujeitos

Participaram deste estudo 28 corredores do sexo masculino, integrantes de equipes amadoras e da seleção brasileira de atletismo, cujas características são apresentadas na TABELA 1. Após receberem informações por escrito sobre os procedimentos adotados e dos possíveis riscos em participar de estudos desta natureza, os atletas foram solicitados a assinar um termo de consentimento. Foi também solicitado aos atletas que não treinassem no período de 24 horas antecedentes aos testes, assim como se apresentassem em jejum de três horas.

Medidas antropométricas

As medidas de dobras cutâneas de tríceps, subescápular, suprailíaca, abdômen e coxa anterior foram realizadas segundo Sinning, Dolny, Little, Cunningham & Shols (1985), empregando-se um plicômetro (CESCORF[®] Equipamentos para Esporte Brasil). Para as medidas de peso empregou-se uma balança com precisão de 0,1 kg (FILIZOLA[®] - Brasil). Todas as demais medidas foram realizadas segundo as técnicas propostas por Lohman (1988).

TABELA 1 - Características dos participantes (média \pm desvio padrão) nas diversas situações experimentais.

	LAB/CAMP	TESTE/RET	LAB/5 km	CAMP/5 km
	n = 20	n = 8	n = 19	n = 2
IDADE (anos)	28 \pm 6	31 \pm 6	23 \pm 5	27 \pm 5
PESO (kg)	61,5 \pm 6,2	63,8 \pm 5,2	63,5 \pm 7,9	62,3 \pm 5,8
ESTATURA (cm)	171 \pm 7	170 \pm 6	171 \pm 26	171 \pm 7
ALT. TRONCO-CEFÁLICA			89,1 \pm 2,9	
MEMBROS INFERIORES			82,4 \pm 5,0	
Σ D.C. (mm)			37,3 \pm 14,2	
CIRC. CINTURA (cm)			74,8 \pm 4,2	

MEMBROS INFERIORES = altura tronco-cefálica subtraída da estatura em cm; Σ D.C. = somatório das dobras cutâneas de tríceps, subescapular, suprailíaca, abdômen, e coxa em mm; CIR.CINT. = circunferência de cintura em cm.

Protocolos ergométricos

No laboratório os atletas correram em uma esteira ergométrica (Erich Jaeger GmbH® - Germany) sem inclinação (0%), após 10 minutos de aquecimento a 181 m.min⁻¹ quatro estágios de cinco minutos entremeados por um minuto de intervalo. As velocidades foram determinadas de acordo com o desempenho relatado para a maratona, sendo que aqueles com o tempo igual ou superior a duas horas e 30 minutos, correram a 250; 285; 302; 319 m.min⁻¹. Os atletas que relataram tempos inferiores a duas horas e 30 minutos na mesma prova, correram a 285; 319; 336 e 354 m.min⁻¹.

A velocidade da esteira foi controlada por meio da cronometragem de 30 revoluções do tapete, conforme Svedenhag & Sjodin (1984).

A temperatura de bulbo seco (TBS) e a umidade relativa do ar (URA) foram registradas a cada teste.

A frequência cardíaca foi controlada por um cardiocômetro (Polar Electro Finland). A validade deste instrumento foi determinada em estudo piloto, onde foram confrontadas as medidas de FC realizadas simultaneamente pelo eletrocardiograma e pelo monitor, sendo obtido $r = 0,976$, $p \leq 0,001$, (Pompeu, Flegner & Santos, 1995).

Testes de campo

Após um aquecimento o atleta, percorreu por quatro vezes a distância de 1.600 metros (uma milha) na pista oficial de atletismo. Estes estímulos foram de velocidades escalonadas e entremeados por um minuto de intervalo. As velocidades do teste foram estabelecidas com base nos tempos referidos pelos atletas para a maratona. Para aqueles com tempo igual ou superior a duas horas e 30 minutos, foram utilizadas as velocidades de 242; 271; 292 e 308 m.min⁻¹ e para aqueles com tempos inferiores a duas horas e 30 minutos, foram utilizadas as velocidades de 275; 308; 325 e 342 m.min⁻¹. As velocidades de corrida foram controladas a cada passagem de 400 metros, e as FC pelo monitor POLAR®.

Corrida contínua de 5.000m

O teste dos 5.000 metros foi realizado em pista oficial de atletismo. Os atletas foram motivados a correr o mais rápido possível, 12,5 voltas na pista. Estes testes também foram realizados no período vespertino, e registrou-se a TBS e a URA.

Coleta de sangue e análise do lactato

Foram coletados 25 micro litros de sangue por punção do lóbulo da orelha, segundo os procedimentos descritos por Shephard (1992, p.217). As amostras foram imediatamente analisadas pelo método eletro enzimático (YSI 1500 SPORT® - Yellow Springs Inc. USA). Para a determinação do lactato no sangue total, foi adicionado o agente hemolítico tripton X-100 (YSI 1515 Agent Cell Lysing® Yellow Springs Inc. - USA) a 0,25%. A cada hora de uso o analisador era recalibrado tendo sua linearidade confirmada até 30 mmol.l⁻¹ de lactato. Antes de cada teste, a calibragem era confirmada por meio de um padrão de 5,0 mmol.l⁻¹ de lactato. As coletas de sangue foram realizadas por um avaliador experiente e tiveram a duração aproximada de 20 a 25 segundos.

Análise estatística

Além da estatística descritiva empregou-se análise de regressão curvelinear para ajustar à função monoexponencial ($y = ae^{bx}$) a concentração de lactato e a velocidade de corrida (V) ou frequência cardíaca (FC) para cada atleta. Como esperava-se que as curvas de lactacidemia diferissem do laboratório para o campo, testou-se a diferença não dos coeficientes angulares, mas das velocidades e frequências cardíacas interpoladas para as concentrações médias de lactacidemia para o primeiro (2,0 mmol.l⁻¹) e segundo (4,0 mmol.l⁻¹) limiares metabólicos (Kindermann, Simon & Keul, 1979) e a correspondente ao VO_{2máx} (8,0 mmol.l⁻¹ - Astrand & Rodahl, 1992, p.256), buscando áreas onde as curvas aproximavam-se. A transformação de Fisher foi empregada para o cálculo do intervalo de confiança do coeficiente de correlação. A razão F foi empregada para determinar o intervalo de confiança do intercepto, do coeficiente angular, do melhoramento, e para o cálculo do erro padrão da estimativa. Com o intuito de acurar a estimativa da velocidade de corrida nos 5 km, para possibilitar o emprego destes resultados por aqueles que não possuem o equipamento necessário, foram deduzidas equações de regressão múltipla pela técnica dos mínimos quadrados. Estas equações foram testadas pela ANOVA. O nível de significância aceito foi de $p \leq 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Relação entre os protocolos escalonados de esteira rolante e de campo

As velocidades e FCs obtidas no confronto entre os dados de laboratório e de campo, são apresentadas na TABELA 2. A TBS e a URA no teste de laboratório e de campo foram respectivamente de $21,5 \pm 1,7$ °C, $69 \pm 9\%$ e $24,3 \pm 3,3$ °C, $72 \pm 11\%$.

As correlações para os ajustes à função exponencial, entre as velocidades de corrida na esteira rolante (x) e a concentração de lactato sanguíneo (y), foram de $r = 0,900$ a $r = 0,999$ ($0,985 \pm 0,022$). No teste de campo, os ajustes à função exponencial das velocidades e lactacidemias, tiveram correlações de $r = 0,890$ a $r = 0,999$ ($0,980 \pm 0,030$). Tais dados, são coincidentes com os de Heck et alii (1985) de $r = 0,994 \pm 0,004$.

Quanto a relação entre a FC e o lactato sanguíneo, foram observadas correlações de $r = 0,937$ a $r = 0,999$ ($0,975 \pm 0,026$) para o teste escalonado de campo, e de $r = 0,865$ a $r = 0,998$ ($0,976 \pm 0,351$) para o de laboratório.

Pode-se notar que as diferenças percentuais entre a velocidade de corrida no campo e na esteira, para as intensidades equivalentes 2, 4 e 8 mmol.l⁻¹ de lactato, não foi a mesma. Sendo progressivamente maior, quanto mais intensa foi a carga de trabalho. Porém, nota-se que as FCs não apresentaram diferenças significativas entre os dois testes, para as mesmas concentrações.

TABELA 2 - Velocidade e frequência cardíaca obtidas no teste de campo e de laboratório, referentes às concentrações de lactato empregadas.

	Campo		Laboratório		
	Velocidade	FC	Velocidade	FC	Δ Vel.
2,0mM					
X	276,45	165	285,52*	164	3,28%
σ	16,59	9	19,91	7	5,55
4,0mM					
X	300,98	178	318,63***	178	5,87%
σ	17,18	8	24,02	6	4,45
8,0mM					
X	325,47	190	348,84**	193	7,18%
σ	19,42	9	29,83	8	4,35

X = média, σ = desvio padrão, velocidade em $m \cdot min^{-1}$ e FC em batimentos por minuto, Δ Vel = diferença em % entre as médias das velocidades, * para $p \leq 0,05$, ** para $p \leq 0,01$ e *** para $p \leq 0,001$.

Quatro atletas tiveram, no teste em esteira rolante, suas FCs e velocidades extrapoladas até $8,0 \text{ mmol} \cdot l^{-1}$ uma vez que a concentração atingida no último estágio foi abaixo da esperada. Esta extrapolação pode ter projetado FCs acima da máxima destes sujeitos, causando a correlação não significativa observada na TABELA 4.

Os dados deste estudo coincidem com os de Foster, Cohen, Donovan, Gastrau, Killian, Schragger & Snyder (1993), que observaram uma diferença significativa entre as velocidades obtidas no "onset of blood lactate accumulation" (OBLA = $V_{4,0mM}$), quando confrontaram um protocolo de campo em bicicleta no velódromo, com dois teste no ciclo ergômetro. O primeiro teste ciclo ergométrico apresentava estágios de tempo fixo em quatro minutos (OBLA = +12,83%) e o segundo com estágios de distância fixa de 2 km (OBLA = +14,72%). Porém, estes autores observaram fracas correlações para as velocidades na concentração de lactato referenciada acima ($r = 0,41$ e $r = 0,47$ respectivamente). A mais elevada resistência do ar no estudo de Foster et alii (1993) foi provavelmente o que dissociou mais intensamente a velocidade do OBLA no teste de laboratório ($571,7 m \cdot min^{-1}$) daquela obtida no teste de campo ($498,3 m \cdot min^{-1}$), conforme a tendência aqui observada. Também como no presente estudo, as FCs não apresentaram diferenças significativas, sendo as correlações obtidas de $r = 0,97$ e $r = 0,93$.

As discrepâncias nas velocidades nos testes escalonados de pista e de esteira rolante eram esperadas, porque diversos fatores de origem biomecânica, como a postura, a aplicação do trabalho horizontal e vertical (Cavagna, Saibene & Margaria, 1964), a resistência do ar ao deslocamento (Davies, 1980; Pugh, 1970), o atrito com o solo (Heck et alii, 1985), e a densidade do ar (Davies, 1980); possivelmente afetaram os resultados.

Pugh (1970) observou num experimento que utilizou um túnel de vento, que a diferença no VO_2 determinado na esteira com e sem a resistência do ar é proporcional ao cubo da velocidade de deslocamento e a área de projeção do atleta. Porém, a eficiência mecânica do trabalho horizontal contra o vento é maior que a eficiência do trabalho vertical contra a gravidade (Pugh, 1971), não sendo possível a substituição de um pelo outro para se obter a mesma demanda metabólica. Outro argumento para a utilização da mesma inclinação no campo e no laboratório, é que provavelmente a área de projeção do atleta altera-se em função da velocidade de deslocamento e da resistência do ar (Davies, 1980). Além disto, não há consenso quanto à metodologia para quantificar a energia mecânica externa na corrida (Belli, Avella & Komi, 1993).

Outra variável que poderia ter deslocado a curva de acúmulo do lactato no teste de campo para a esquerda, é a duração de cada estágio. Heck et alii (1985); demonstraram um deslocamento de $9,6 m \cdot min^{-1}$ para esquerda na velocidade do limiar anaeróbio-aeróbio ($V_{4,0mM}$), para cada dois minutos acrescidos ao tempo dos estágios. Neste trabalho, os estágios do teste de laboratório, tiveram a duração média de cinco minutos, e no campo estes foram de 5 min.:46s e 5 min.:09s, nos protocolos lento e rápido, respectivamente. Mader (1991), relata que para se obter a mesma velocidade na concentração de $2,5 \text{ mmol} \cdot l^{-1}$ de lactato no laboratório com um protocolo semelhante ao aqui empregado, é necessário utilizar no campo a distância de

2.000 metros. Assim, a duração média por estágio será de provavelmente 8 min:36s, ou 3 min:36s a mais do que a observada na esteira ergométrica.

Confiabilidade do teste escalonado de campo

Nesta investigação, observou-se TBS e URA, respectivamente no primeiro e no segundo momento, de $26,5 \pm 2,6$ °C e $73 \pm 7\%$ e de $24,6 \pm 1,5$ °C e $71 \pm 10\%$.

Os dados de velocidade e FC obtidas nas concentrações sanguíneas de lactato, consideradas neste estudo, são apresentadas na TABELA 3. Nota-se que as diferenças entre as médias das velocidades e das FCs não foram significativas. Os coeficientes de correlação observados no estudo da confiabilidade do teste de campo, apresentados na TABELA 4, demonstraram valores próximos aos obtidos por Weltman, Snead, Stein, Scip, Schurrer, Rutt & Weltman (1990); em estudo semelhante no laboratório (V 2,0 mM, $r = 0,91$; V 4,0mM, $r = 0,95$; FC 4,0 mM, $r = 0,96$), com exceção para FC 2,0 mM ($r = 0,94$).

Davis, Vodka, Wilmore, Vodka & Kurtz (1976), observaram um coeficiente de correlação de 0,74 para o VO_2 no primeiro limiar ventilatório no teste e reteste em esteira ergométrica. Apesar da grande discussão sobre a precisão do método adotado (Dennis, Noakes & Bosch, 1992; Powers, Dodd & Garner, 1984; Yeh, Gardner, Adams, Yanowitz & Crapo, 1983), é possível que concentrações mais baixas de lactato estejam mais sujeitas a “ruídos biológicos” que possam alterar a taxa de produção e de transporte pela membrana plasmática.

TABELA 3 - Velocidades e frequências cardíacas referentes às concentrações de lactato obtidas no teste e reteste de campo.

Referência	Teste		Reteste	
	Velocidade (m.min ⁻¹)	FC (bpm)	Velocidade (m.min ⁻¹)	FC(bpm)
2,0mmol.l ⁻¹				
X	262,6	162	259,7	156
σ	11,5	12	18,7	19
4,0mmol.l ⁻¹				
X	285,7	174	279,4	172
σ	11,9	13	13,6	14
8,0mmol.l ⁻¹				
X	308,7	186	306,4	188
σ	13,9	12	14,6	15

TABELA 4 Coeficientes de correlação de Pearson e seus intervalos de confiança para os estudos comparativos entre esteira e campo e teste e reteste de campo.

Critérios	S _{xy}	r	Intervalo de Confiança
LAB/CAMPO			
V 2,0mmol.l ⁻¹	3,30	0,70	P(0,56 ≤ p ≤ 0,81) = 0,95
FC 2,0 mmol.l ⁻¹	1,39	0,76	P(0,63 ≤ p ≤ 0,84) = 0,95
V 4,0 mmol.l ⁻¹	3,34	0,80	P(0,70 ≤ p ≤ 0,87) = 95
FC 4,0mmol.l ⁻¹	1,27	0,74	P(0,62 ≤ p ≤ 0,84) = 0,95
V 8,0mmol.l ⁻¹	4,02	0,83	P(0,74 ≤ p ≤ 0,89) = 0,95
FC 8,0mmol.l ⁻¹	1,37	0,43	N.S.
TESTE/RETESTE			
V2,0mmol.l ⁻¹	3,87	0,87	P(0,42 ≤ p ≤ 0,98) = 0,95
FC 2,0mmol.l ⁻¹	4,96	0,72	P(0,42 ≤ p ≤ 0,88) = 95
V 4,0 mmol.l ⁻¹	2,41	0,91	P(0,80 ≤ p ≤ 0,96) = 0,95
FC 4,0 mmol.l ⁻¹	1,90	0,91	P(0,89 ≤ p ≤ 0,98) = 0,95
V 8,0 mmol.l ⁻¹	1,84	0,94	P(0,87 ≤ p ≤ 0,98) = 0,95
FC 8,0 mmol.l ⁻¹	3,63	0,78	P(0,53 ≤ p ≤ 0,90) = 0,95

S_{xy} = erro padrão da diferença entre as médias, V = velocidade, FC = Frequência Cardíaca. O intervalo de confiança do r foi calculado pela transformação de Fisher.

Previsão da velocidade nos 5 km por meio do teste em esteira rolante

Neste estudo se obteve V 2,0 mM = 285,6 ± 19,1; V 4,0 mM = 318,1 ± 24,7; V 8,0 mM = 350,5 ± 31,6 e V 5km = 312,0 ± 18,7 m.min⁻¹

Com exceção da velocidade a V4,0 mM e V5km, que foram significativamente correlacionadas ao somatório de dobras cutâneas (r = -0,48 e r = -0,61 respectivamente), e da V5 km à idade (r = -0,54), as variáveis antropométricas não correlacionavam-se às velocidades de corrida.

Tanaka, Matsuura, Matsuzaka, Hirakoba, Kumagai, Sun & Asano (1984), observaram um coeficiente de correlação de r = 0,79 entre a velocidade do limiar anaeróbio no laboratório e o tempo nos 5 km. O VO₂ no limiar anaeróbio e o tempo na prova citada acima, segundo Kumagai, Tanaka, Matsuura, Matsuzaka, Hiraboka & Asano (1982), apresenta r = 0,95.

Outros estudos que empregaram distâncias próximas aos 5 km apresentaram resultados distintos. Este é o caso do estudo de Yoshida, Udo, Iwai, Chida, Ichioka, Nakadomo & Yamaguchi (1990), que observaram correlação de 0,88 (p ≤ 0,01) entre V 4,0mM e a velocidade nos 3 km. Weltman, Snead, Seip, Schurrer, Levine, Rutt, Rilley, Eltman & Rogol (1987) obtiveram para o tempo nos 3,2 km, r = 0,85 e r = 0,88 com a V 2,0mM e com a V 4,0mM, respectivamente. Farrell, Wilmore, Coyle, Billing & Costill (1979), observaram r = 0,91 (p ≤ 0,05) entre o desempenho nos 3,2 km com o início do acúmulo do lactato no plasma (OPLA). Foxdal et alii (1994), comparam vários protocolos de testes na esteira ergométrica com a corrida contínua de 12 km para indivíduos ativos e de 21 km para atletas, e observaram um erro da predição de 3,95% para protocolos ergométricos com estágios de quatro minutos e de 5,02% para os de seis minutos. Além de correlações de r = 0,76 a r = 0,98 e SEE de 12 a 16,8 m.min⁻¹ para os vários protocolos estudados com o desempenho.

No entanto, a diferença na mecânica da corrida no campo e na esteira rolante pode ser um fator importante na determinação dos coeficientes de correlação expressos acima. Sendo assim, a inclusão de mais um preditor para os testes de laboratório torna-se relevante. Berg & Bell (1980), estudando as variáveis que atuam no desempenho da milha observaram um coeficiente de correlação de 0,61 com o percentual de gordura, porém não observaram correlação significativa com a idade. Em outro estudo, (Tanaka, Nakagawa, Hazama, Matsuura, Asano & Idrki, 1985) a idade correlacionou-se ao VO₂ no limiar anaeróbio (r = -0,484).

Previsão da velocidade nos 5 km a partir do teste escalonado em pista

Nesta fase, observou-se $V_{2,0\text{ mM}} = 277,8 \pm 22,1$; $V_{4,0\text{ mM}} = 302,0 \pm 20,5$; $V_{8,0\text{ mM}} = 327,7 \pm 21,7$ e $V_{5\text{ km}} = 315,4 \pm 22,8\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$. E, se obteve novamente, correlação significativa entre a idade e $V_{5\text{ km}}$ ($r = -0,45$). Foi observada também, a correlação entre a estatura e a velocidade a 2,0 e a 4,0 mM ($r = 0,59$ e $r = 0,50$ respectivamente).

Quando interpolada a velocidade de corrida obtida nos 5 km na curva de acúmulo de lactato no teste de laboratório foi observada a concentração de $3,77 \pm 1,12\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, não havendo diferença significativa com a velocidade interpolada para o $V_{4,0\text{ mM}}$. Quando interpolada a mesma velocidade ($V_{5\text{ km}}$) na curva de acúmulo do lactato obtida no teste escalonado de campo, a concentração de lactato estimada foi de $6,45 \pm 2,25\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$. Na TABELA 5 e FIGURA 1 pode-se observar a previsão da velocidade nos 5 km por meio de dados de lactacidemia obtidos no campo e no laboratório.

A ANOVA apresentou F significativo para a inclusão da variável idade na previsão da $V_{5\text{ km}}$, quando associada as concentrações fixas de lactacidemia determinadas no laboratório e a $V_{2,0\text{ mM}}$ no campo. O somatório das dobras cutâneas só melhorou a previsão da $V_{5\text{ km}}$ quando associado a velocidade a 8,0 mM obtida no laboratório (TABELA 6).

Pode-se notar que a velocidade a 4,0 $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ de lactato no teste escalonado de campo é o melhor preditor do desempenho na corrida contínua de 5 km. Os dados obtidos no laboratório, mesmo quando empregados dois preditores, não apresentam uma maior capacidade preditiva que os dados obtidos no campo. Isto provavelmente porque a exata coordenação das unidades motoras empregadas no campo não se reproduza no laboratório. O padrão de recrutamento motor pode ser um elemento de grande importância na produção do lactato (Tesch & Lindeberg, 1984; Tesch et Alii, 1981). Com isto justifica-se o emprego de protocolos de campo, quando as condições ambientais forem favoráveis.

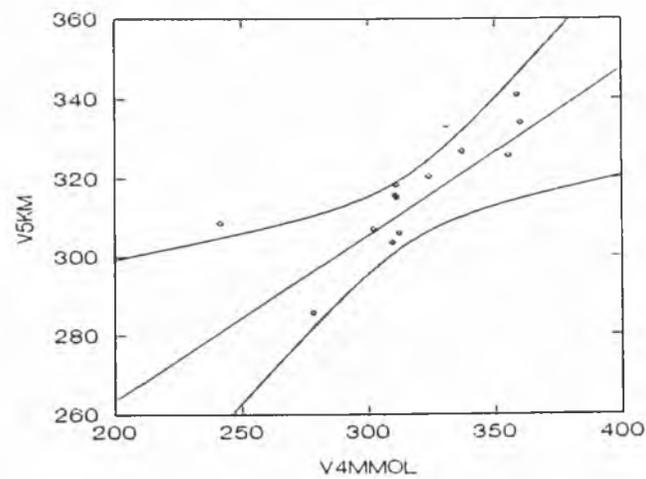
TABELA 5 - Predição da velocidade de corrida nos 5 km em pista, a partir da velocidade de corrida em três concentrações de lactato.

CONDIÇÃO	Equação de Regressão	SEE	r ²
LAB/5 km	$V_{5\text{ km}} = 94,837 + 0,7692(V_{2,0\text{ mM}})$	11,45	0,60
	$V_{5\text{ km}} = 121,6604 + 0,5984(V_{4,0\text{ mM}})$	11,79	0,63
	$V_{5\text{ km}} = 152,7841 + 0,4543(V_{8,0\text{ mM}})$	12,26	0,59
CAMPO/5 km	$V_{5\text{ km}} = 70,7539 + 0,8590(V_{2,0\text{ mM}})$	12,87	0,70
	$V_{5\text{ km}} = 13,4196 + 0,9997(V_{4,0\text{ mM}})$	9,62	0,81
	$V_{5\text{ km}} = 22,7828 + 0,8928(V_{8,0\text{ mM}})$	12,23	0,73

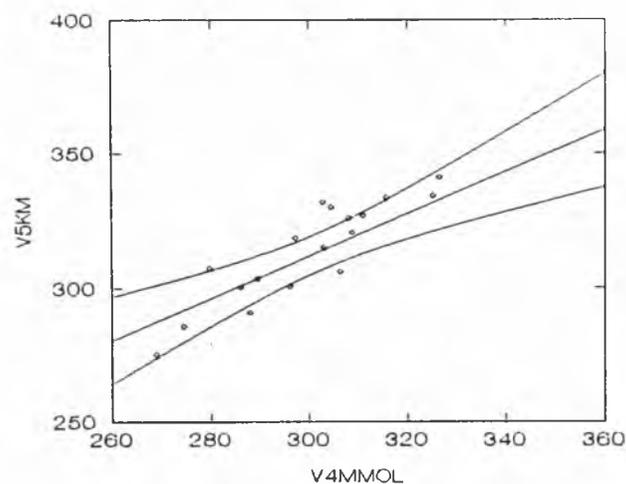
TABELA 6 - Equações de regressão múltipla para a previsão da velocidade de corrida nos 5 km em pista a partir de testes de lactacidemia e de variáveis antropométricas.

CONDIÇÃO	Equação de Regressão	r ²	SEE
LAB/5 km	$V_{5\text{ km}} = 149,72 + 0,67(V_{2,0\text{ mM}}) - 1,30(I)$	0,75	10,00
	$V_{5\text{ km}} = 172,50 + 0,54(V_{4,0\text{ mM}}) - 1,33(I)$	0,77	9,41
	$V_{5\text{ km}} = 202,60 + 0,40(V_{8,0\text{ mM}}) - 1,38(I)$	0,75	9,93
	$V_{5\text{ km}} = 211,04 + 0,36(V_{8,0\text{ mM}}) - 0,77(\Sigma\text{DC})$	0,68	11,93
CAMPO/5 km	$V_{5\text{ km}} = 85,50 + 0,93(V_{2,0\text{ mM}}) - 1,00(I)$	0,85	9,28

Velocidade em $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ I = idade em anos, $\Sigma\text{ DC}$ = somatório das dobras cutâneas tríceps, subescápula, suprailíaca, abdômem e coxa anterior em mm.



a)



b)

FIGURA 1 - Diagrama de dispersão das velocidades obtidas a $4,0 \text{ mmol.l}^{-1}$ de lactato sanguíneo no laboratório a) e no campo b) e a velocidade no teste dos 5.000 m.

ABSTRACT

PREDICTION OF PERFORMANCE IN THE 5 000 m RUN BY MEANS OF LABORATORY AND FIELD TESTS IN MALE DISTANCE RUNNERS

Blood lactate curves during exercise have been widely used in the prescription of training stimulus for long distance runners. Since transferring laboratory results to field situations has been shown to be inadequate, the purpose of the present study was to propose a field protocol to predict performance in a 5 000 m run. Twenty-eight middle and long distance runners (age 28 ± 6 years; weight = 61.5 ± 6.1 kg) were submitted to: a) TREAD - a treadmill test with no inclination, consisting of four velocities, with each stage lasting five minutes separated by one minute rest ($15, 17, 18$ and 19 k.h^{-1} or $17, 19, 20$ and 21 k.h^{-1}), with the velocities being assigned to subjects based on their most recent marathon times (below or above two hours and 30 minutes); b) TRACK - four 1 600 meters runs at increasing velocities (3.5% below treadmill velocities), separated by one minute rests, chosen as in a); and c) RUN - a 5 000 m run test. Arterialized ear lobe blood samples were collected during the first 30 seconds of the recovering periods in the TRACK and TREAD conditions and analyzed for lactate concentrations by electroenzymatic method (YSI 1500 Sport;

Yellow Springs Inc.; Ohio). Velocities and heart rates for the two testing situations were compared at the fixed lactate concentrations of 2, 4 and 8 mmol.l⁻¹ (TREADMILL: V2mM = 17.1±1.2, V4mM = 19.1±1.4, V8mM = 20.9±1.8 km.h⁻¹ and HR2mM = 164±7, HR4mM = 178±6, HR8mM = 193±8 bpm; TRACK: V2mM = 16.6±1.0, V4mM = 18.1±1.0, V8mM = 19.5±1.2 km.h⁻¹ and HR2mM = 165±6, HR4mM = 178±8, HR8mM = 190±9 bpm). Significant correlations between velocities on the TREAD and TRACK conditions were observed at the three fixed lactate concentrations (p < 0.05). The same was observed for the heart rates (exception for the 8 mmol.l⁻¹). Test/retest correlation coefficients for the TRACK condition ranged from 0.72 to 0.96 (all sig. p < 0.05) for HR and VEL at the three fixed lactate concentrations. The best 5 000 run time predictor was the velocity at 4 mmol.l⁻¹ in the TRACK condition (r= 0.90, p < 0.001; Y (m.min⁻¹) = 13.4196 + 0.9997 X; SEE = 9.62 m.min⁻¹). Based on the present results it was concluded that the running velocity at the 4 mmol.l⁻¹ fixed lactate concentration on TRACK is the best predictor of performance in the 5 000 m run.

UNITERMS: OBLA; Anaerobic threshold; Field test; Endurance.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTRAND, P.O.; RODHAL, K. *Fisiologia del trabajo fisico: bases fisiológicas del ejercicio*. 3.ed. Buenos Aires, Panamericana, 1992.
- AUNOLA, S.; RUSKO, H. Does anaerobic threshold correlate with maximal lactate steady state. *Journal of Sports Sciences*, n.10, p.309-23, 1992.
- BELLI, A.; AVELA, J.; KOMI, P.V. Mechanical energy assessment with different methods during running. *International Journal of Sports Medicine*, v.14, n.5, p.252-6, 1993.
- BERG, K.; BELL, C.W. Physiological and anthropometric determinants of mile run time. *Journal of Sports Medicine*, v.20, p.390-6, 1980.
- BISHOP, P.A.; MAY, M.; SMITH, J.F.; KIME, J.; MAYO, J.M.; TEN, J.H. Influence of blood handling techniques on lactic acid concentrations. *International Journal of Sports Medicine*, v.43, n.1, p.56-9, 1992a.
- BISHOP, P.A.; SMITH, J.F.; KIME, J.; MAYO, J.M.; TEN, J.H. Comparison of a manual and automated enzymatic technique for determining blood lactate concentrations. *International Journal of Sports Medicine*, v.13, n.1, p.31-3, 1992b.
- CAVAGNA, G.A.; SAIBENE, F.P.; MARGARIA, R. Mechanical work in running. *Journal of Applied Physiology*, v.19, n.2, p.249-56, 1964.
- CONCONI, F.; FERRARI, H.; ZIGLIO, P.G.; DROGHETTI, P.; CODECA, L. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *Journal of Applied Physiology*, v.52, n.4, p.869-73, 1982.
- DAVIES, C.T.M. Effects of wind assistance and resistance on the forward motion of a runner. *Journal of Applied Physiology*, v.48, n.4, p.702-9, 1980.
- DAVIS, J.A.; VODKA, P.; WILMORE, J.H.; VODKA, J.; KURTZ, P. Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *Journal of Applied Physiology*, v.41, n.4, p.540-50, 1976.
- DENNIS, S.C.; NOAKES, T.D.; BOSCH, A.N. Ventilation and blood lactate increase exponentially during incremental exercise. *Journal of Sports Science*, v.10, p.437-49, 1992.
- FARRELL, P.A.; WILMORE, J.H.; COYLE, E.F.; BILINC, J.E.; COSTILL, D.L. Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Medicine and Science in Sports*, v.11, n.4, p.338-44, 1979.
- FOSTER, C.; COHEN, J.; DONAVAN, K.; GASTRAU, P.; KILLIAN, P.J.; SCHRAGER, M.; SNYDER, A.C. Fixed time versus fixed distance protocols for the blood lactate profile in athletes. *International Journal of Sports Medicine*, v.14, n.5, p.264-8, 1993.
- FOXDAL, P.; SJODIN, B.; OSTMAN, B. The validity and accuracy of blood lactate measurements for prediction of maximal endurance running capacity: dependency of analyzed blood media in combination with different designs of the exercise test. *International Journal of Sports Medicine*, v.15, n.2, p.89-95, 1994.
- HECK, K.; MADER, A.; HESS, G.; MUCKE, S.; MULLER, R.; HOLLMAN, W. Justification of the 4,0 mmol/l lactate threshold. *International Journal of Sports Medicine*, v.6, n.2, p.117-30, 1985.
- JACOBS, I. Blood lactate implications for training and sports performance. *Sports Medicine*, v.3, p.10-25, 1986.
- KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for determination of work load intensities during endurance training. *European Journal of Applied Physiology*, v.42, p.25-34, 1979.
- KUMAGAI, S.; TANAKA, K.; MATSUURA, Y.; MATSUZAKA, A.; HIRABOKA, K.; ASANO, K. Relationships of the anaerobic threshold with the 5 km, 10 km, and 10 mile race. *European Journal of Applied Physiology*, v.49, p.17-23, 1982.

- LOHMAN, T.G. Anthropometry and body composition. In: LOHMAN, T.G.; ROCHE, A.F.; MARTORELL, R., eds. **Anthropometric standardization reference manual**. Champaign, Human Kinetics, 1988. p.125-9.
- MADER, A. Evaluation of endurance performance of marathon runners and the critical analysis. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.31, n.1, p.1-19, 1991.
- POMPEU, F.A.M.S.; FLEGNER, A.J.; SANTOS, M.N. A validade e a objetividade de diferentes marcas e modelos de monitores de frequência cardíaca (FC) com transmissores de tórax. In: CONGRESSO BRASILEIRO E JORNADA INTERNACIONAL DE MEDICINA DO ESPORTE, 12., Vitória, 1995. **Anais**. Vitória, 1995. p.54.
- POWERS, S.K.; DODD, S.; GARNER, R. Precision of ventilatory and gas exchange alterations as a predictor of the anaerobic threshold. **European Journal of Applied Physiology**, v.52, p.173-7, 1984.
- PUGH, L.G.C.E. The influence of wind resistance in running and walking and the mechanical efficiency of work against horizontal or vertical forces. **Journal of Physiology**, v.213, p.255-76, 1971.
- _____. Oxygen intake in track and treadmill running with observations on the effect of air resistance. **Journal of Physiology**, v.207, p.823-35, 1970.
- ROBERGS, R.A.; MONETA, J.C.; MITCHELL, J.B.; PASCOE, D.D.; HOUMARD, J.; COSTILL, D.L. Blood lactate threshold differences between arterialized and venous blood. **International Journal of Sports Medicine**, v.11, n.6, p.446-51, 1990.
- RODRIGUEZ, F.A.; BANGUELLES, M.; PONS, V.; DORBNIC, F.; GALILEA, P.A. A comparative study of blood lactate analytic methods. **International Journal of Sports Medicine**, v.13, n.6, p.462-6, 1992.
- SHEPHARD, R.J. Muscular endurance and blood lactate. In: SHEPHARD, R.J.; ASTRAND, P.O. **Endurance in sport**, Oxford, Blackwell Scientific, 1992. Cap.22, p.215-25.
- SINNING, W.I.; DOLNY, D.G.; LITTLE, K.D.; CUNNINGHAM, L.N.; SHOELS, J.L. Validity of "generalized" equations for body composition analysis in male athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.17, n.1, p.124-30, 1985.
- SJODIN, B.; SVEDENHAG, J. Applied physiology of marathon running. **Sports Medicine**, v.2, p.83-99, 1985.
- SVEDENHAG, J.; SJODIN, B. Maximal and submaximal oxygen uptake and blood lactate levels in elite male middle and long distance runners. **Internacional Journal of Sports Medicine**, v.5, n.5, p.255-61, 1984.
- TANAKA, K.; MATSUURA, Y.; MATSUZAKA, A.; HIRAKOBA, K.; KUMAGAI, S.; SUN, S.O.; ASANO, K. A longitudinal assessment of anaerobic threshold and distance running performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.16, n.3, p.278-82, 1984.
- TANAKA, K.; NAKAGAWA, T.; HAZAMA, T.; MATSUURA, Y.; ASANO, K.; IDRKI, T. A prediction equation for indirect assessment of anaerobic threshold in male distance runners. **European Journal of Applied Physiology**, n.54, p.386-90, 1985.
- TESCH, P.A. Muscle fatigue in man: with special reference to lactate accumulation during short term intense exercise. **Acta Physiologica Scandinavica**, p.1-40, 1980. Supplement 480.
- TESCH, P.A.; LINDEBERG, S. Blood lactate accumulation during arm exercise in world kayak paddle, and strength trained athletes. **European Journal of Applied Physiology**, v.52, p.441-5, 1984.
- TESCH, P.A.; SHARP, S.D.; SANIELS, W. Influence of fiber type composition and capillary density on onset of blood lactate accumulation. **International Journal of Sports Medicine**, v.2, p.252-5, 1981.
- WELTMAN, A.; SNEAD, D.; SEIP, R.; SCHURRER, R.; LEVINE, S.; RUTT, R.; RILLEY, T.; ELTMAN, J.; ROGOL, A. Prediction of lactate threshold and fixed load concentration from 3200 m running performance in male runners. **International Journal of Sports Medicine**, v.8, n.6, p.401-6, 1987.
- WELTMAN, A.; SNEAD, D.; STEIN, P.; SEIP, R.; SCHURRER, R.; RUTT, R.; WELTMAN, J. Reliability and validity of a continuous incremental treadmill protocol for the determination of lactate threshold, fixed blood lactate concentrations and VO_{2max} . **International Journal of Sports Medicine**, v.11, n.1, p.26-32, 1990.
- YEH, M.P.; GARDNER, R.M.; ADAMS, T.D.; YANOWITZ, F.G.; CRAPO, R.O. "Anaerobic threshold"; problems of determination and validation. **Journal of Applied Physiology**, v.55, n.4, p.1168-86, 1983.
- YOSHIDA, T. Effect of exercise duration during incremental exercise on the determination of anaerobic threshold and the onset of lactate accumulation. **European Journal of Applied Physiology**, v.53, p.196-9, 1984.
- YOSHIDA, T.; SUDA, Y.; TAKEUCHI, N. Endurance training regimen based upon arterial blood lactate effects on anaerobic threshold. **European Journal of Applied Physiology**, v.49, p.223-30, 1982a.
- YOSHIDA, T.; TAKEUCHI, T.; SUDA, Y. Arterial versus venous blood lactate increase in the forearm during exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v.50, p.87-93, 1982b.
- YOSHIDA, T.; UDO, M.; IWAI, K.; CHIDA, M.; ICHIOKA, M.; NAKADOMO, F.; YAMAGUCHI, T. Significance of the contribution of aerobic and anaerobic components to several distance running performance in female athletes. **European Journal of Applied Physiology**, v.60, p.49-53, 1990.

Agradecemos à Escola de Educação Física do Exército, na pessoa do Sargento Jorge Santos que gentilmente nos ofereceu as instalações de atletismo. Ao LABOFISE da UFRJ na pessoa do Prof. José Ney Guimarães e aos técnicos e atletas das equipes participantes deste estudo.

Recebido em: 02 out. 1996
Revisado em: 24 fev. 1997
Aceito em: 13 nov. 1997

ENDEREÇO: Fernando Augusto M.S. Pompeu
Rua Coelho Neto 12 apt. 301 - Laranjeiras
22231-110 - Rio de Janeiro - RJ BRASIL
e-mail: pscgomes@openlink.com.br