



# Velocidade crítica como um método não invasivo para estimar a velocidade de lactato mínimo no ciclismo\*

Wolysson Carvalho Hiyane, Herbert Gustavo Simões e Carmen Sílvia Grubert Campbell

## RESUMO

A velocidade de lactato mínimo (VLM) representa o ponto de equilíbrio entre produção e remoção do lactato sanguíneo (lac). Com objetivo de analisar a validade da velocidade crítica (VC) como método não invasivo de estimar a VLM no ciclismo *outdoor*, 15 ciclistas ( $67,9 \pm 5,7$ kg;  $1,70 \pm 0,1$ m;  $26,7 \pm 4,2$  anos) percorreram as distâncias de 2, 4 e 6 km em velódromo no menor tempo possível. A VC foi identificada pelo modelo distância-tempo a partir das combinações de séries preditivas de 2 e 4 km ( $VC_{2/4}$ ), 2 e 6 km ( $VC_{2/6}$ ), 4 e 6 km ( $VC_{4/6}$ ) e 2, 4 e 6 km ( $VC_{2/4/6}$ ). Para identificação da VLM foi realizada uma série de 2 km à máxima velocidade, seguida de seis séries incrementais de 2 km com 1 minuto de pausa para dosagem de lac. A VLM foi identificada visualmente (VLMv) e aplicando-se função polinomial (VLMp). Não foram observadas diferenças entre VLMv ( $33,3 \pm 2,5$ km.h<sup>-1</sup>) e VLMp ( $33,1 \pm 2,6$ km.h<sup>-1</sup>). Com exceção da  $VC_{4/6}$  ( $34,6 \pm 3,5$ km.h<sup>-1</sup>), os valores de  $VC_{2/4}$  ( $38,0 \pm 2,2$ km.h<sup>-1</sup>),  $VC_{2/6}$  ( $36,1 \pm 2,4$ km.h<sup>-1</sup>) e  $VC_{2/4/6}$  ( $36,1 \pm 2,5$ km.h<sup>-1</sup>) diferiram da VLMp e VLMv. Os autores concluem que, apesar de ser ~1km/h acima da VLM, a VC identificada a partir de séries preditivas de maior duração (4 e 6 km – aproximadamente 6 e 10 min) não diferem estatisticamente e apresentam alta correlação e concordância com a VLM. No entanto, é necessário investigar se a VC representa um equilíbrio entre remoção e produção de lac durante exercícios de longa duração no ciclismo *outdoor*.

## ABSTRACT

### **Critical velocity as a noninvasive method to estimate the lactate minimum velocity on cycling**

The lactate minimum velocity (LMV) represents the equilibrium point between blood lactate (lac) production and removal. With the purpose of analyzing the validity of critical velocity (CV) as a non-invasive method to estimate the LMV on outdoor cycling, 15 cyclists ( $67.9 \pm 5.7$  kg;  $1.70 \pm 0.1$  m;  $26.7 \pm 4.2$  years) performed all-out tests on distances of 2, 4 and 6 km on velodrome. The CV was identified by distance-time model from combinations of 2 and 4 km ( $CV_{2/4}$ ), 2 and 6 km ( $CV_{2/6}$ ), 4 and 6 km ( $CV_{4/6}$ ) and 2, 4 and 6 km ( $CV_{2/4/6}$ ). The LMV was identified during 6 x 2 km incremental bouts after a lactic acidosis induced by the all-out 2 km. The lower lac during test identified the LMV visually (LMVv) and by applying a polynomial function (LMVp). No differences were observed between LMVv ( $33.3 \pm 2.5$  km.h<sup>-1</sup>) and LMVp ( $33.1 \pm 2.6$  km.h<sup>-1</sup>). Apart from  $CV_{4/6}$  ( $34.6 \pm 3.5$  km.h<sup>-1</sup>), the values of  $CV_{2/4}$  ( $38.0 \pm 2.2$  km.h<sup>-1</sup>),  $CV_{2/6}$  ( $36.1 \pm 2.4$  km.h<sup>-1</sup>) and  $CV_{2/4/6}$  ( $36.1 \pm 2.5$  km.h<sup>-1</sup>) differed from LMVp and LMVv ( $P < 0,001$ ). The authors concluded that, besides being ~1 km/h above the LMV, the CV determined

**Palavras-chave:** Limiar anaeróbio. Métodos indiretos. Séries preditivas. Máxima fase estável de lactato.

**Keywords:** Anaerobic threshold. Indirect methods. Predictive bouts. Maximal lactate steady state.

**Palabras-clave:** Límite anaeróbico. Métodos indirectos. Series predictivas. Máxima fase estable de lactato.

through predictive series of longer duration (4 and 6 km – approximately 6 and 10 min) did not differ statistically from LMV and presented a high correlation and agreement to each other. However, it is necessary to investigate whether the CV reflects the balance between lac production and removal during long-term exercise on outdoor cycling.

## RESUMEN

### **La velocidad crítica como un método no invasivo para estimar la velocidad de lactato mínimo en el ciclismo**

La velocidad de lactato mínimo (VLM) representa el punto de equilibrio entre la producción y la remoción de lactato sanguíneo (lac). Con el objetivo de analizar la validez de la velocidad crítica (VC) como método no invasivo de estimar la VLM en el ciclismo "outdoor", 15 ciclistas ( $67,9 \pm 5,7$  kg;  $1,70 \pm 0,1$  m;  $26,7 \pm 4,2$  años) recorrieron distancias de 2, 4 y 6 km en velódromo en el menor tiempo posible. La VC fue identificada por el modelo distancia-tiempo a partir de las combinaciones de series predictivas de 2 y 4 km ( $VC_{2/4}$ ), 2 y 6 km ( $VC_{2/6}$ ), 4 y 6 km ( $VC_{4/6}$ ) y 2, 4 y 6 km ( $VC_{2/4/6}$ ). Para la identificación de VLM fue realizada una serie de 2 km a máxima velocidad, seguida de 6 series incrementales de 2 km con 1 minuto de pausa para dosaje de lac. La VLM fue identificada visualmente (VLMv) y aplicando función polinomial (VLMp). No se observaron diferencias entre VLMv ( $33,3 \pm 2,5$ km.h<sup>-1</sup>) y VLMp ( $33,1 \pm 2,6$ km.h<sup>-1</sup>). A excepción de  $VC_{4/6}$  ( $34,6 \pm 3,5$ km.h<sup>-1</sup>), los valores de  $VC_{2/4}$  ( $38,0 \pm 2,2$ km.h<sup>-1</sup>),  $VC_{2/6}$  ( $36,1 \pm 2,4$ km.h<sup>-1</sup>) y  $VC_{2/4/6}$  ( $36,1 \pm 2,5$ km.h<sup>-1</sup>) difirieron de VLMp y VLMv. Concluimos que, a pesar de ser ~1km/h por encima de VLM, la VC identificada a partir de series predictivas de mayor duración (4 y 6km - aproximadamente 6 y 10 min) no tienen diferencia estadística y presentan alta correlación y concordancia con VLM. A pesar de esto, es necesario investigar si la VC representa un equilibrio entre remoción y producción de lac durante los ejercicios de larga duración en ciclismo *outdoor*.

## INTRODUÇÃO

Davis e Gass<sup>(1)</sup> observaram, durante testes incrementais realizados após um exercício de alta intensidade, que as concentrações de lactato sanguíneo diminuam nas primeiras cargas incrementais até um ponto mínimo e voltavam a aumentar nas cargas subsequentes. Esses autores concluíram que a intensidade de exercício correspondente ao ponto de equilíbrio entre produção e remoção do lactato sanguíneo poderia ser identificada durante exercícios incrementais realizados após indução de acidose metabólica. Posteriormente, esse protocolo foi aprimorado e chamado

\* Programa de Pós-Graduação *Stricto-Senso* em Educação Física. Universidade Católica de Brasília-UCB, Brasília-DF, Brasil.

Recebido em 4/7/05. Versão final recebida em 21/7/06. Aceito em 25/7/06.

**Endereço para correspondência:** Dr. Herbert Gustavo Simões, QS07, LT1 s/n, sala 116, bloco G – 72030-170 – Águas Claras, DF, Brasil. E-mail: wolysson@pop.com.br / hsimoes@pos.ucb.br

de lactato mínimo<sup>(2)</sup> (LM), e diversos estudos subsequentemente<sup>(3-9)</sup> foram realizados para verificar sua validade.

Simões *et al.*<sup>(5)</sup>, analisando a relação entre o LM e outros protocolos propostos para identificar a máxima fase estável de lactato (MFEL) em corredores, não encontraram diferenças estatisticamente significativas entre a velocidade de lactato mínimo (VLM) e as velocidades correspondentes ao limiar anaeróbio individual e à concentração fixa de 4mM de lactato sanguíneo. Esses autores observaram ainda que a VLM não diferia da velocidade de corrida na qual fora observada fase estável de lactato sanguíneo durante exercício de longa duração.

MacIntosh *et al.*<sup>(4)</sup> verificaram, em um estudo com 14 ciclistas/triatletas de ambos os sexos, que o protocolo do LM era válido para prever intensidades de exercício físico correspondentes à MFEL. Bacon e Kern<sup>(9)</sup> também evidenciaram que as intensidades de MFEL e VLM, identificadas durante testes de corrida em indivíduos fisicamente ativos, não eram diferentes entre si.

Apesar de ser um método interessante para identificar intensidade de exercício que represente a MFEL, a determinação da VLM depende de equipamentos de alto custo e avaliadores com habilidade em realizar coletas sanguíneas e dosagens de lactato, o que inviabiliza sua aplicação em larga escala.

Uma alternativa seria a utilização de métodos indiretos<sup>(10)</sup> para identificar velocidades semelhantes à VLM e MFEL e um destes métodos é a determinação da velocidade crítica (VC). A VC tem sido sugerida como intensidade de exercício físico que pode ser sustentada por um longo período de tempo sem exaustão<sup>(11)</sup>; sua determinação envolve procedimentos não invasivos e de baixo custo, que podem ser facilmente aplicados em testes de campo.

A validade da VC em estimar a MFEL ainda é bastante controversa. Wakayoshi *et al.*<sup>(12)</sup> observaram que a VC poderia identificar a MFEL em nadadores. Nesse estudo os participantes realizaram séries repetidas de 400 metros em velocidades correspondentes a 98, 100 e 102% da VC, sendo quatro séries em cada intensidade. Verificou-se que em exercícios realizados a 100% da VC as concentrações de lactato se estabilizavam, enquanto que a 102% da VC as concentrações aumentavam entre a primeira e a quarta séries, concluindo assim que a VC poderia representar a MFEL. Kokubun<sup>(13)</sup> evidenciou resultados semelhantes em seu estudo com 48 nadadores de ambos os sexos em que, durante cinco séries de 400 metros com 30 segundos de pausa utilizadas no estudo, não foram observadas alterações nas concentrações de lactato quando as séries eram realizadas a 100% da VC. Já quando tais séries eram realizadas em intensidades superiores à VC, ocorria acúmulo de lactato sanguíneo.

Apesar de alguns estudos terem estabelecido que a VC pode estimar a MFEL na natação, estudos realizados em outras modalidades de exercício indicam que a velocidade/potência crítica superestima as intensidades correspondentes ao limiar anaeróbio individual, MFEL e lactato mínimo<sup>(8,14)</sup>. Em um estudo realizado com 20 corredores, Simões *et al.*<sup>(5)</sup> observaram que a VC (292,1 ± 17,5m.min<sup>-1</sup>) superestimava a VLM (281,0 ± 14,8m.min<sup>-1</sup>). Similarmente, Denadai *et al.*<sup>(15)</sup> verificaram, em jogadores de futebol, que a VC determinada em corrida superestimava a MFEL.

Pelo que temos conhecimento, talvez nenhum estudo tenha comparado a VC determinada em ciclismo *outdoor* com outros protocolos de avaliação aeróbica como o limiar anaeróbio, LM e MFEL, sendo que a maioria dos estudos foi realizada em cicloergômetro com a potência graduada em watts. McLellan e Cheung<sup>(14)</sup> verificaram, em 14 indivíduos, que a PC determinada em cicloergômetro pela relação linear potência – 1/tempo superestimava em 13% a MFEL. No entanto, a VC pode ainda sofrer influência do modelo matemático empregado<sup>(16-17)</sup> e das combinações de séries preditivas utilizadas para sua determinação. Contudo, poucos são os estudos investigando os efeitos de diferentes combinações de séries preditivas sobre a identificação da VC, bem como sua com-

paração com outros protocolos que se propõem a identificar a MFEL, especialmente no ciclismo *outdoor*.

Considerando que as provas em laboratório geralmente perdem em especificidade, propomos neste estudo a utilização de testes que busquem a máxima especificidade no desporto, no caso, os testes de pista com a utilização da própria bicicleta do ciclista. Assim, o objetivo do presente estudo foi comparar, em testes de campo realizados no ciclismo, os valores de VC identificados por diferentes combinações de séries preditivas com as velocidades de lactato mínimo determinadas por inspeção visual e aplicando-se função polinomial.

## MÉTODOS

Participaram da pesquisa 15 ciclistas com 6,3 ± 3,2 anos de prática, cujas características estão representadas na tabela 1. Os participantes responderam a um questionário de anamnese e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido sobre os procedimentos do estudo. Cada participante foi instruído a se manter hidratado e realizar a última refeição três horas antes das sessões de testes. A ingestão de bebidas alcoólicas e a realização de exercícios físicos intensos não foram permitidas durante as 24 horas que antecediam os testes. Os métodos utilizados no presente estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética de Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Católica de Brasília.

TABELA 1

Resultados médios ± desvio-padrão referentes à idade, peso, altura e tempo de prática no ciclismo dos indivíduos que fizeram parte do estudo (n = 15)

	Idade (anos)	Peso (kg)	Altura (m)	Prática de ciclismo (anos)
Média	26,7	67,9	1,7	6,3
± DP	4,2	5,7	0,1	3,2

## Testes realizados

Todos os testes foram realizados no velódromo municipal da cidade de Brasília-DF, onde os voluntários utilizaram suas próprias bicicletas. Os procedimentos foram realizados sempre no mesmo horário do dia e consistiram em três testes para mensurar o desempenho nas distâncias de 2, 4 e 6km, além de um teste incremental após indução de hiperlactatemia para identificação da VLM. Todos os testes foram realizados dentro de um período de duas semanas. A ordem de aplicação dos testes foi randomizada, exceto o desempenho em 6km, que foi o primeiro teste a ser realizado. Condições climáticas desfavoráveis como chuvas e fortes ventos foram evitadas; a velocidade média e a metragem correta do velódromo foram mensuradas por um ciclocomputador (Assize, Cyclocomputer).

## Testes de desempenho em 2, 4 e 6km

Após um aquecimento de 10 minutos pedalando na sua própria bicicleta entre 90 e 100rpm, os voluntários percorreram as distâncias de 2, 4 e 6km no menor tempo possível, sempre em dias diferentes, e com um intervalo de no mínimo 24h. Essas distâncias foram escolhidas como séries preditivas de VC por serem concluídas entre aproximadamente 1 a 10 minutos, como proposto por Poole<sup>(18)</sup>.

## Determinação da velocidade crítica

A VC foi determinada em todos os participantes a partir do modelo linear distância-tempo<sup>(12)</sup>. Foi realizada regressão linear entre a distância percorrida (km) e o tempo utilizado para percorrer essa distância (h). A inclinação da reta de regressão distância-tempo foi definida como velocidade crítica (VC) (figura 1).

A partir do desempenho nas séries preditivas de 2, 4 e 6km, foram realizadas combinações para determinar-se quatro valores de velocidades críticas diferentes. Utilizando-se o modelo linear dis-

tância-tempo, foram determinadas a  $VC_{2/4}$  (séries de 2 e 4km),  $VC_{2/6}$  (séries de 2 e 6km),  $VC_{4/6}$  (séries de 4 e 6km) e  $VC_{2/4/6}$  (séries de 2, 4 e 6km). Esse modelo também permite a identificação da capacidade de trabalho anaeróbio, porém não foi objetivo deste estudo analisar esse parâmetro.

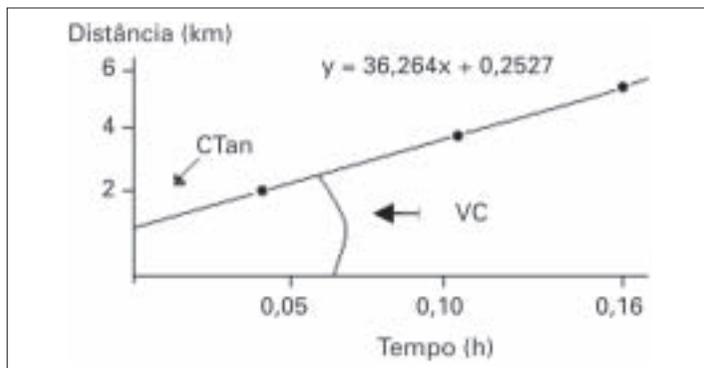


Figura 1 – Exemplificação da determinação da velocidade crítica (VC) e capacidade de trabalho anaeróbio (CTan) pelo modelo linear distância-tempo

### Identificação do ponto de equilíbrio entre produção e remoção de lactato sanguíneo

Consistiu na aplicação do teste do LM utilizando-se de um protocolo modificado de MacIntosh *et al.*<sup>(4)</sup>, sendo uma série de 2km no menor tempo possível para elevação do lactato sanguíneo, seguida de 8 minutos de recuperação com uma coleta sanguínea no 7º minuto, sendo que no 8º minuto iniciou-se um teste incremental consistindo de seis séries de 2km em intensidades progressivas, com 1 minuto de pausa para coleta de sangue capilarizado. A intensidade da primeira série correspondeu a 5km/h abaixo da velocidade média obtida em teste de 6km realizado previamente, com incrementos de 1km/h a cada série de 2km. A velocidade média de cada série foi controlada por um ciclocomputador (Assize, Cyclocomputer) e também por estímulo sonoro (apito). A identificação da VLM foi realizada por inspeção visual (VLMv, figura 2-A), bem como aplicando-se a função polinomial de grau 2 para ajuste matemático da resposta do lactato sanguíneo (VLMp, figura 2-B).

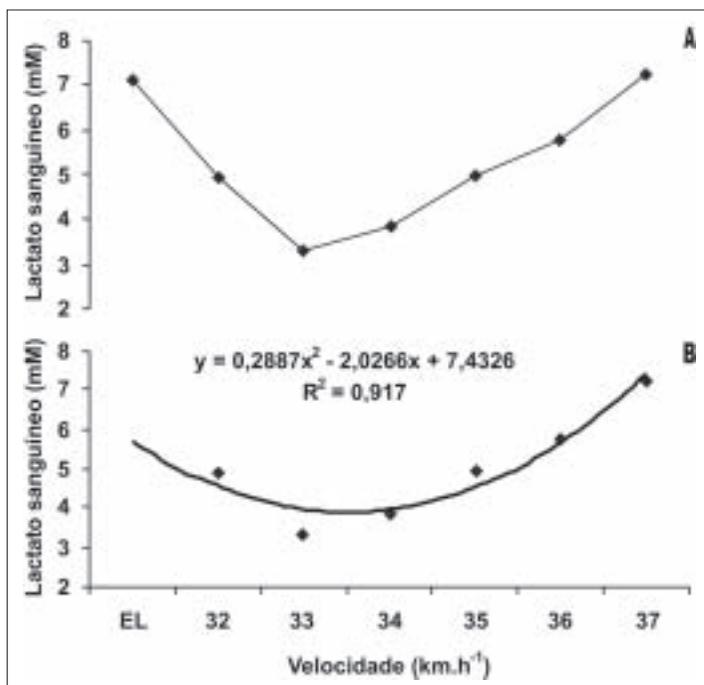


Figura 2 – Exemplificação da VLM identificada por inspeção visual (VLMv – A) e função polinomial (VLMp – B). EL – Elevação do lactato sanguíneo por meio de série de 2km à máxima intensidade possível.

### Coletas e análises sanguíneas

Após assepsia local era realizada uma pequena incisão no lóbululo da orelha com lancetas descartáveis e 25µL de sangue capilarizado eram coletados utilizando-se capilares de vidro heparinizados e calibrados. As coletas eram realizadas nos intervalos entre as séries de exercício durante o teste do lactato mínimo e armazenados em tubos Eppendorfs contendo 50µL de fluoreto de sódio 1%. Durante os procedimentos de coletas eram utilizadas lancetas e luvas cirúrgicas descartáveis para evitar qualquer tipo de contaminação. Além disso, a primeira gota de sangue era desprezada para evitar mistura do sangue com o suor. As amostras foram analisadas pelo método eletroenzimático, utilizando-se de um analisador de lactato (Yellow Springs Instruments 2.700 STAT).

### Análises estatísticas

Os dados estão expressos em média ± desvio-padrão (DP). Os resultados de VLMv, VLMp e VC determinados por diferentes combinações de séries preditivas foram comparados utilizando-se análise de variância para medidas repetidas e teste de Tukey como *post hoc*; as correlações entre VC e VLM foram determinadas utilizando-se o coeficiente de correlação de Pearson. O nível de significância aceito foi de  $P < 0,05$ . Além disso, o nível de concordância entre a VLM e a VC determinada por diferentes métodos foi analisado utilizando-se a técnica de Bland-Altman<sup>(19)</sup>.

### RESULTADOS

Não foram verificadas diferenças estatisticamente significantes entre VLMp e VLMv (tabela 2) e nem entre suas respectivas concentrações de lactato (tabela 3) ( $P > 0,05$ ). As intensidades ( $km \cdot h^{-1}$ ) correspondentes a  $VC_{2/4}$ ,  $VC_{2/6}$  e  $VC_{2/4/6}$  foram estatisticamente diferentes da VLM identificada, tanto visualmente quanto por função polinomial ( $P < 0,001$ ). No entanto, a  $VC_{4/6}$  não diferiu da VLMp e VLMv (tabela 2).

TABELA 2  
Resultados ( $km \cdot h^{-1}$ ) referentes a VLMv, VLMp,  $VC_{2/4}$ ,  $VC_{2/6}$ ,  $VC_{4/6}$ ,  $VC_{2/4/6}$

	VLMv ( $km \cdot h^{-1}$ )	VLMp ( $km \cdot h^{-1}$ )	$VC_{2/4}$ ( $km \cdot h^{-1}$ )	$VC_{2/6}$ ( $km \cdot h^{-1}$ )	$VC_{4/6}$ ( $km \cdot h^{-1}$ )	$VC_{2/4/6}$ ( $km \cdot h^{-1}$ )
1	30,5	29,9	34,0	32,8	31,7	32,8
2	30,5	28,3	36,0	35,0	34,0	34,9
3	34,0	34,8	40,2	37,5	35,1	37,4
4	33,0	32,9	37,1	36,0	35,0	36,0
5	34,0	31,3	40,4	38,0	35,8	37,9
6	36,0	35,9	36,9	38,0	39,1	38,0
7	36,5	36,4	42,1	38,8	36,0	38,7
8	33,0	33,2	35,1	34,9	34,6	34,9
9	36,0	35,0	39,1	39,0	38,9	39,0
10	31,0	31,9	40,2	34,0	29,5	33,8
11	27,5	28,8	36,4	31,0	27,1	30,8
12	33,5	33,4	36,9	34,0	31,6	34,0
13	34,5	34,5	37,9	38,0	38,1	38,0
14	34,0	34,4	38,5	36,2	34,1	36,1
15	36,0	36,2	38,7	38,4	38,1	38,4
Média	33,3	33,1	38,0*	36,1*	34,6	36,1*
± DP	2,5	2,6	2,2	2,4	3,5	2,5

\*  $P < 0,001$  em relação a VLMp e VLMv.

Intensidades relativas correspondentes à VC identificada por diferentes métodos expressas em % da VLMv e VLMp estão apresentadas na tabela 3. Estão ainda apresentadas nessa tabela 3 a concentração de lactato sanguíneo [lac] correspondente à VLMv e VLMp.

As correlações de Pearson entre as velocidades de lactato mínimo (VLMp e VLMv) e as variáveis  $VC_{2/4}$ ,  $VC_{2/6}$ ,  $VC_{4/6}$ ,  $VC_{2/4/6}$  estão apresentadas na tabela 4.

**TABELA 3**  
Valores relativos (%) em que a VC foi identificada e concentração de lactato correspondente a VLMv e VLMP

	VC <sub>2/4</sub>	VC <sub>2/6</sub>	VC <sub>4/6</sub>	VC <sub>2/4/6</sub>	[Lac] (mM)
VLMv	114,1	108,4	103,9	108,4	3,5
VLMP	114,8	109,1	104,5	109,1	3,1

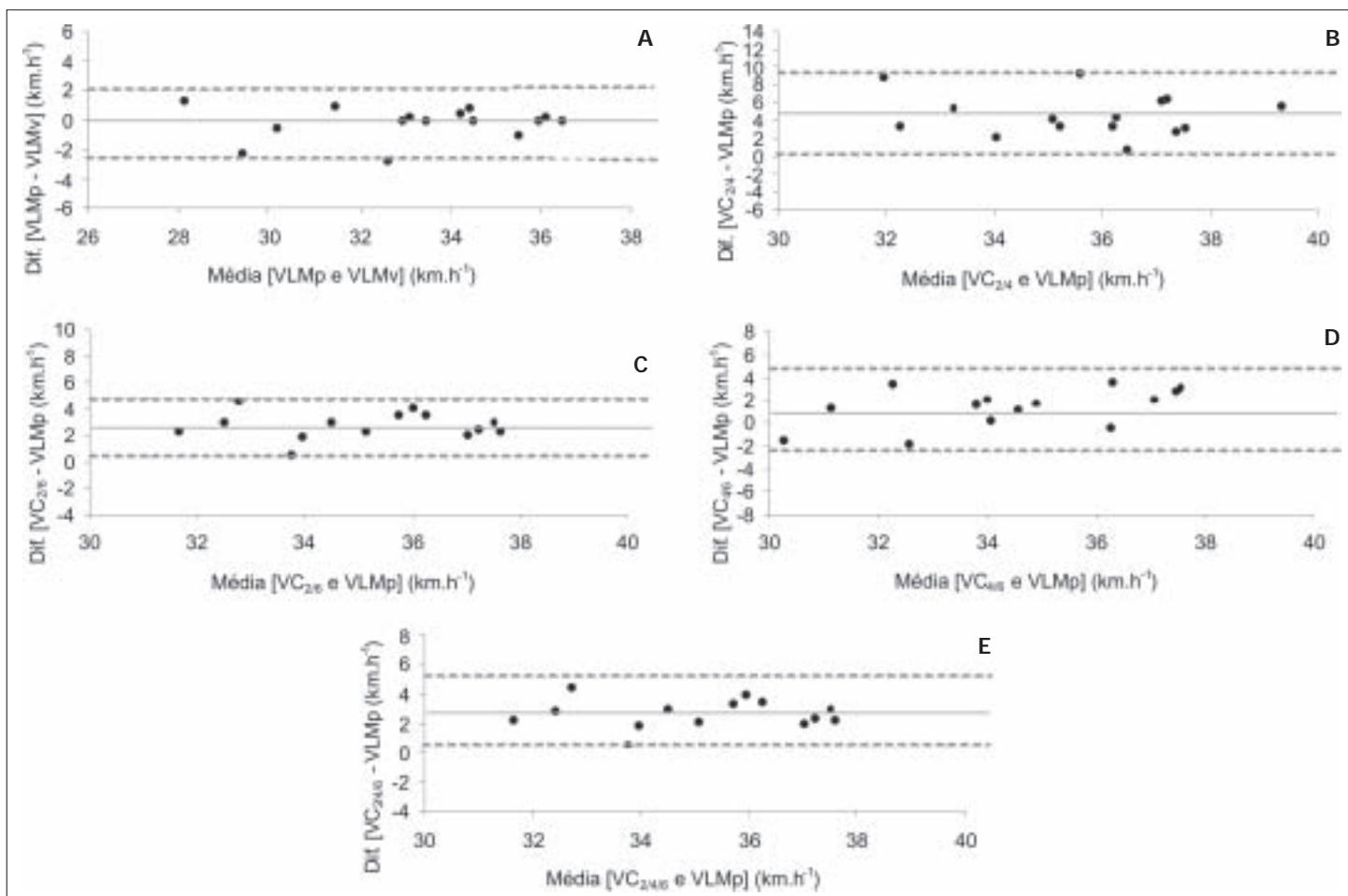
A aplicação da técnica proposta por Bland-Altman evidenciou elevado nível de concordância entre VLM e VC determinados por diferentes métodos (figura 3 A-E), com a média das diferenças (e 95% do intervalo de confiança) de 2,8 (0,8 a 4,8); 4,6 (-0,2 a 9,4) e

**TABELA 4**  
Correlação bivariada de Pearson entre valores de VC e VLM

	VLMv	VC <sub>2/6</sub>	VC <sub>2/4</sub>	VC <sub>4/6</sub>	VC <sub>2/4/6</sub>
VLMv	-	0,52*	0,92**	0,87**	0,93**
VLMP	0,91**	0,51	0,77**	0,70**	0,78**

\* P < 0,05; \*\* P < 0,01.

2,7 (0,7 a 4,7)km.h<sup>-1</sup>, respectivamente, entre VLMv e VC<sub>2/6</sub>, VLMv e VC<sub>2/4</sub>, e VLMv e VC<sub>2/4/6</sub>. Entretanto, melhor concordância ocorreu entre VLMv e VLMP -0,2 (-2,4 a 2)km.h<sup>-1</sup>, bem com entre VLMP e VC<sub>4/6</sub> 1,2 (-2,4 a 4,8)km.h<sup>-1</sup>.



**Figura 3** – Resultado da análise de concordância de Bland-Altman. As linhas contínuas indicam as médias das diferenças e as linhas tracejadas, 95% do limite de confiança entre as duas variáveis.

## DISCUSSÃO

O presente estudo investigou os efeitos de diferentes combinações de séries preditivas na identificação da VC no ciclismo e analisou a validade da VC em estimar o ponto de equilíbrio entre produção e remoção do lactato sanguíneo (identificado pelo teste de LM). Os principais resultados do presente estudo foram que a maioria dos valores de VC identificados com diferentes combinações de séries preditivas superestimou a VLM identificada, tanto visualmente quanto aplicando-se função polinomial. No entanto, fora observado que a combinação de séries preditivas mais longas (4 e 6km) pode produzir valores de VC que não diferem da VLM (tabela 2), com alta correlação e concordância entre estas variáveis quando a correlação de Pearson e a técnica de Bland-Altman foram aplicadas (tabela 4 e figura 3 A-E).

O presente estudo evidenciou ainda que as velocidades de lactato mínimo identificadas por inspeção visual e por função polinomial não foram diferentes estatisticamente (tabela 2), e as con-

centrações de lactato sanguíneo correspondentes à VLMv e VLMP foram, respectivamente, de  $3,5 \pm 2,3$  e  $3,1 \pm 2,1$  (tabela 3).

A função polinomial é um novo método utilizado para identificar a VLM a partir de um ajuste da resposta do lactato sanguíneo durante o teste. A função polinomial de segunda ordem origina uma equação que pode ser derivada para se identificar matematicamente o ponto de equilíbrio entre produção e remoção de lactato sanguíneo. Apesar de não terem sido observadas diferenças entre a VLMv e VLMP, a utilização da VLMP deve ser estimulada, pois essa nova metodologia evita erros de interpretação, o que pode ocorrer quando se utiliza apenas a inspeção visual. A técnica de Bland-Altman evidenciou que a média dos escores residuais entre VLMv e VLMP foi próxima de zero (figura 3A) e que os valores de VLM determinados visualmente ou por ajuste polinomial se encontraram dentro dos limites de concordância, sugerindo que a VLMP é uma opção interessante. Além disso, temos conduzido outros estudos em nossos laboratórios, nos quais, aplicando-se

função polinomial, tem sido possível reduzir consideravelmente o número de séries incrementais durante o teste para determinação da VLM.

Apesar de vários estudos terem demonstrado que a VLM representa a intensidade de MFEL<sup>(2,4,7,9)</sup>, a determinação da VLM e da MFEL envolve procedimentos invasivos e equipamentos caros. A utilização da VC como estimador da VLM e, conseqüentemente, da MFEL seria uma prática bastante facilitadora. Contudo, no presente estudo a VC superestimou a VLM entre 3 e 15% (tabela 3); essa diferença encontrada entre os valores de VC e VLM pode ser explicada pela influência do tempo de exercício das séries preditivas que originaram os valores de VC. A identificação da VC é dependente da duração das séries preditivas, sendo os valores de VC inversamente proporcionais à duração das mesmas, o que se confirmou no presente estudo. A VC identificada a partir da combinação das séries de 4 e 6km produziu valores que se aproximaram e não diferiram estatisticamente da VLM, sugerindo que distâncias maiores produzem velocidades críticas que teoricamente representariam o ponto de equilíbrio entre produção e remoção de lactato sanguíneo. Além disso, a técnica de Bland-Altman evidenciou que a média dos escores residuais entre VLMv e VC<sub>4/6</sub> foi próximo de zero, sugerindo que o nível de concordância entre VLMv e VC<sub>4/6</sub> (séries mais longas) é maior que entre VLMv e VC<sub>2/4/6</sub>, VC<sub>2/4</sub> e VC<sub>2/6</sub> (figura 3, B-E), cujas combinações de séries preditivas incluem a série de 2km (menor duração).

Bishop *et al.*<sup>(16)</sup> verificaram que a combinação de cargas que permitem tempo de exaustão entre 68 e 193 segundos determina maiores valores de potência crítica (201W) se comparados com as cargas que permitem tempo de exaustão entre 193 e 485 segundos (164W). Jenkins *et al.*<sup>(20)</sup> verificaram que a potência crítica apresentou valores diferentes quando se selecionaram as três menores (268W) e as três maiores (321W) cargas, sendo que estas últimas resultaram em maiores valores de potência crítica.

Como proposto por Poole<sup>(18)</sup>, para determinação da potência crítica/velocidade crítica, devem ser escolhidas séries preditivas que possam ser concluídas entre 1 e 10 minutos. No presente estudo, essas recomendações foram seguidas, mas somente quando se utilizaram as distâncias de 4 e 6km (que tiveram duração entre 6 e 10 minutos) foi possível identificar valores de VC que foram semelhantes à VLM. Apesar de não ter sido estatisticamente dife-

rente da VLM, e da técnica de Bland-Altman ter confirmado o nível aceitável da concordância entre as variáveis, a VC<sub>4/6</sub> correspondeu aproximadamente a 104% da VLM. Para realmente afirmarmos que a VC identifica uma intensidade de exercício semelhante à MFEL, seria necessário realizar testes retangulares em intensidades abaixo, acima e na VC, analisando a resposta do lactato sanguíneo nessas intensidades, o que não foi feito no presente estudo. Assim, estudos adicionais devem ser realizados para afirmar se as intensidades de MFEL e VC são realmente semelhantes (e não diferentes entre si) quando se utilizam séries preditivas com tempos de execução superiores a 6 minutos, como no presente estudo.

Seria interessante a padronização de um protocolo de determinação de VC que pudesse estimar a MFEL. Os resultados da aplicação da técnica de Bland-Altman evidenciou nível de concordância aceitável entre VLMv e os demais parâmetros estudados (figura 3). No entanto, a VC<sub>4/6</sub> foi única combinação de série preditiva que não diferiu em relação às velocidades de lactato mínimo (tabela 2) e apresentou melhor concordância (figura 3A-E). Assim, a utilização da VC por técnicos e atletas deve ser feita com precaução, pois, apesar de ser um método não invasivo, de fácil aplicação, baixo custo financeiro e adequado para avaliação de um grande número de pessoas, a seleção das séries preditivas deve ser feita com muita atenção para que sejam determinados valores de VC que se aproximem da intensidade correspondente ao ponto de equilíbrio entre produção e remoção de lac, ou MFEL.

## CONCLUSÃO

Concluimos que, apesar de ser 1km/h acima da VLM, a VC identificada a partir de séries preditivas de maior duração (4 e 6km aproximadamente 6 e 10 min) não difere estatisticamente da VLM. No entanto, é necessário investigar se a VC representa um equilíbrio entre remoção e produção de lac durante exercícios de longa duração.

---

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

---

## REFERÊNCIAS

1. Davis HA, Gass GC. Blood lactate concentrations during incremental work before and after maximum exercise. *Br J Sports Med.* 1979;13:165-9.
2. Tegtbur UWE, Busse MW, Braumann KM. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25:620-7.
3. Campbell CSG, Simões HG, Denadai BS. Influence of glucose and caffeine administration on identification of maximal lactate steady state. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30:327.
4. MacIntosh BR, Esau S, Svedahl K. The lactate minimum test for cycling: estimation of the maximal lactate steady state. *Can J Appl Physiol.* 2002;27:232-49.
5. Simões HG, Campbell CSG, Baldissera V, Denadai BS, Kokubun E. Determinação do limiar anaeróbico por meio de dosagens glicêmicas e lactacidêmicas em testes de pista para corredores. *Rev Paul Educ Fis.* 1998;12:17-30.
6. Simões HG, Campbell CSG, Kokubun E, Denadai BS, Baldissera V. Blood glucose responses in humans mirror lactate responses for individual anaerobic threshold and for lactate minimum in track test. *Eur J Appl Physiol.* 1999;80:34-40.
7. Simões HG, Kushnick MR, Nakamura A, Katsanos CS, Baldissera V, Moffatt RJ. Blood glucose threshold and the metabolic responses to incremental exercise tests with and without prior lactic acidosis induction. *Eur J Appl Physiol.* 2003; 89:603-11.
8. Simões HG, Denadai BS, Baldissera V, Campbell CSG. Relationships and significance of lactate minimum, critical velocity, heart rate deflection and 3000 m track-tests for running. *J Sports Med Phy Fitn.* In press, 2005.
9. Bacon L, Kern M. Evaluating a test protocol for predicting maximum lactate steady state. *J Sports Med Phys Fitness.* 1999;39:300-8.
10. Denadai BS. Avaliação aeróbia: determinação indireta da resposta do lactato sanguíneo. Rio Claro: Motrix, 2000.
11. Monod H, Scherrer J. The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics.* 1981;24:329-38.
12. Wakayoshi K, Yoshida T, Udo M, Kasai T, Moritani T, Mutoh Y, et al. A simple method for determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. *Int J Sports Med.* 1992;13:367-71.
13. Kokubun E. Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbico na natação. *Rev Paul Educ Fis.* 1996;10:5-20.
14. McLellan TM, Cheung KSY. A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power. *Med Sci Sports Exerc.* 1992;24:543-50.
15. Denadai BS, Gomide EB, Greco CC. The relationship between onset of blood lactate accumulation, critical velocity, and maximal lactate steady state in soccer players. *J Strength Cond Res.* 2005;19:364-8.
16. Bishop D, Jenkins DG, Howard A. The critical power is dependent on the duration of the predictive exercise tests chosen. *Int J Sports Med.* 1998;19:125-9.
17. Bull AJ, Housh TI, Johnson GO, Perry SR. Effect of mathematical modeling on the estimation of critical power. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:526-30.
18. Poole DC. Correspondence. *Med Sci Sports Exerc.* 1986;18:703-4.
19. Martelli Filho JA, Maltagliati LA, Trevisan F, Gil CTLA. Novo método estatístico para análise da reprodutibilidade. *R Dental Press Ortodon Ortop Facial.* 2005;10: 122-9.
20. Jenkins DG, Krettek K, Bishop D. The duration of predicting trials influences time to fatigue at critical power. *J Sci Med Sport.* 1998;1:213-8.