

## Artigo original

# Comparação entre diferentes modelos de obtenção de velocidade crítica em nadadores juvenis

## Comparison between different models to determine the critical speed in young swimmers

Rodrigo Zacca\*, Flávio Antônio de Souza Castro\*

\*Laboratório de Pesquisa do Exercício – LAPEX – Escola de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre

### Resumo

Velocidade Crítica (VC): máxima intensidade sustentável por um período prolongado sem alcançar o  $VO_{2max}$ , ou seja, o limite inferior da zona de intensidades severas. *Objetivo:* obter e comparar valores de VC obtidos por meio de nove modelos de diferentes números e combinações de distâncias, utilizando o mesmo grupo de nadadores. *Método:* Onze nadadores juvenis (idade:  $14,4 \pm 0,5$  anos, massa corporal:  $60,6 \pm 7,0$  kg, estatura:  $175,5 \pm 5,2$  cm, envergadura:  $182,2 \pm 4,9$  cm), com índice de participação em Campeonatos Brasileiros participaram deste estudo. Para a determinação dos diferentes modelos de VC, os atletas realizaram, em nado crawl, testes de 50 m, 100 m, 200 m, 400 m, 800 m e 1500 m sob máxima intensidade. Para a determinação da VC1 foram utilizadas as distâncias de 50 e 200 m; VC2, 100 e 400 m; VC3, 200 e 800 m, VC4, 400 e 1500 m, VC5, 50, 100 e 200 m; VC6, 100, 200 e 400 m; VC7, 200, 400 e 800 m; VC8, 400, 800 e 1500 m; e para a VC9, 50, 100, 200 e 400 m. *Resultados:* VC1 ( $1,28 \pm 0,07$  m/s), VC5 ( $1,27 \pm 0,07$  m/s) e VC9 ( $1,26 \pm 0,07$  m/s) apresentaram maiores valores que VC4 ( $1,19 \pm 0,09$  m/s) e VC8 ( $1,19 \pm 0,10$  m/s). VC4 e VC8 foram semelhantes aos modelos VC2 ( $1,25 \pm 0,07$  m/s), VC3 ( $1,21 \pm 0,07$  m/s), VC6 ( $1,25 \pm 0,07$  m/s) e VC7 ( $1,20 \pm 0,07$  m/s). VC6 foi similar a todos os modelos de VC. *Conclusão:* distâncias percorridas em aproximadamente 60 segundos ou menos parecem induzir a valores mais altos de VC comparados a outras combinações, sugerindo assim a exclusão da distância de 50 m e, se necessário, também a distância de 100 m na confecção de modelos para determinação da mesma. Por outro lado, a exclusão das distâncias mais longas (800 m e 1500 m) parece não alterar o valor da VC em relação aos modelos de VC confeccionados com inclusão de distâncias percorridas em tempos superiores a 60 s.

**Palavras-chave:** natação, desempenho, potência crítica.

### Abstract

Critical velocity (CV): maximum intensity sustainable for a long time without achieving the  $VO_{2max}$ , that is the lower limit of the zone of severe intensity. *Objective:* To obtain and compare values of CV obtained by means of nine models of different combinations of numbers and distances, using the same group of swimmers. *Methods:* Eleven young swimmers (age:  $14.4 \pm 0.5$  years, body mass:  $60.6 \pm 7.0$  kg, height:  $175.5 \pm 5.2$  cm; upper arm span:  $182.2 \pm 4.9$  cm), national level, participated in this study. To determine the different types of VC, the athletes performed, in front crawl swimming, tests of 50 m, 100 m, 200 m, 400 m, 800 m 1500 m under maximum intensity. To determine the VC1 were used distances of 50 and 200 m; VC2, 100 and 400 m; VC3, 200 and 800 m; for the VC4, 400 and 1500 m; for the VC5, 50, 100 and 200 m; for VC6, 100, 200 and 400 m; for VC7, 200, 400 and 800 m; for VC8, 400, 800 and 1500 m; and for VC9, 50, 100, 200 and 400 m. *Results:* VC1 ( $1.28 \pm 0.07$  m/s), VC5 ( $1.27 \pm 0.07$  m/s) and VC9 ( $1.26 \pm 0.07$  m/s) showed higher values than VC4 ( $1.19 \pm 0.09$  m/s) and VC8 ( $1.19 \pm 0.10$  m/s). VC4 and VC8 models were similar to VC2 ( $1.25 \pm 0.07$  m/s), VC3 ( $1.21 \pm 0.07$  m/s), VC6 ( $1.25 \pm 0.07$  m/s) and VC7 ( $1.20 \pm 0.07$  m/s). VC6 was similar to all CV models analyzed. *Conclusion:* distances walked in around 60 seconds or less seem to lead to higher values of CV compared to other combinations, thus suggesting the exclusion of the distance of 50 m and, if necessary, also the distance of 100 m to build models for determining the same. Furthermore, the exclusion of longer distances (800 m 1500 m) does not seem to change the value of CV in relation of the modes of VC that were built with inclusion of distances traveled in times higher than 60 s.

**Key-words:** swimming, performance, critical power.

## Introdução

Na natação, como outros esportes, tendo em vista o desempenho, o tempo despendido para os treinamentos precisa ser otimizado. A busca pela praticidade nas sessões em piscina e a necessidade de um protocolo confiável para avaliar o estado de treinamento do atleta é constante, visto o grande número de competições de alto nível a cada temporada e as diversas atividades que um atleta possui além de seu treinamento. Faz-se necessário, então, que técnicos e responsáveis diretos direcionem seus trabalhos de forma objetiva, rápida e econômica, de modo que não se perca a qualidade durante as sessões de treinamento.

Estabelecer o limiar anaeróbio individual (LAI) é um passo importante para um bom desenvolvimento e controle no treinamento de natação. Sem uma monitoração adequada das condições físicas do nadador, não é possível verificar as suas necessidades fisiológicas, prescrever com eficácia a dinâmica das cargas e avaliar com precisão a evolução ou involução produzida com o treinamento em um determinado período de tempo [1]. Os testes utilizados para a avaliação do estado fisiológico do atleta e prescrição das intensidades de nado são, em sua maioria, semelhantes, baseados na relação entre consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), concentração de lactato sérico ([La]) e velocidade de nado [2]. No entanto, apesar da precisão na utilização de protocolos complexos e/ou invasivos, o dispêndio de tempo em sua aplicação, aliado aos conflitos éticos que envolvem os procedimentos com nadadores jovens [3,4] são os principais motivos para uma busca constante de metodologias práticas e não-invasivas. Nesse sentido, a velocidade crítica (VC) [5], as velocidades de 20 ( $V_{20}$ ) [6] e 30 minutos ( $V_{30}$ ) [7], os testes de 2000 m ( $T_{2000}$ ) [8] e 3000 m ( $T_{3000}$ ) [9] e o esforço percebido (EP) [10], aparecem como alternativas para técnicos de natação.

Muitos treinadores avaliam o estado de treinamento de seus nadadores por meio de intensidades de nado equivalentes ao limiar anaeróbio (LA) utilizando o EP [10-13]. No entanto, apesar de diversos estudos [12,14,15] apresentarem uma forte correlação entre o EP e a resposta do lactato sérico ao exercício (BLRE), o EP mostra-se aplicável em um grupo restrito de nadadores, pois exige uma boa base de treinamento para que se nade séries longas com ajustes mínimos de intensidade entre cada repetição [16].

A aplicação de testes longos como o  $T_{30}$  [7], por sua vez, pode proporcionar informações para prescrição de intensidade ainda mais subjetivas, principalmente quando aplicadas em nadadores jovens e/ou com pouco tempo de experiência em natação competitiva, já que os avaliados deveriam manter suas velocidades de nado por longo tempo, necessitando de perfil psicológico compatível com a demanda do teste [16].

A VC, máxima intensidade sustentável por um período prolongado sem alcançar o  $VO_{2\text{máx}}$  ou seja, o limite inferior da zona de intensidades severas [5,17,18] demonstra ser um protocolo de fácil aplicação, pois há a possibilidade de se obtê-

la por meio de testes em máxima intensidade com distâncias percorridas em tempos muito inferiores aos testes longos como o  $T_{30}$  [19-23], por exemplo. Cabe ressaltar, também, que a ausência de conflitos éticos envolvendo nadadores jovens (pois a VC é uma metodologia não-invasiva), o baixo custo e a rapidez em sua aplicação, resultam em trabalhos mais objetivos, rápidos e econômicos, sem perder a qualidade durante as sessões de treinamento.

Por meio de uma adaptação direta do conceito de potência crítica (PC), previamente estudado por Monod & Scherrer [24], Ettema [25], utilizou-se dados de recordes mundiais datados em atletas de natação, corrida, ciclismo e patinação de velocidade para prever desempenho e explicar os limites da resistência humana. Surgiu então o termo Velocidade Crítica (VC). Alguns anos mais tarde, Wakayoshi *et al.* [26] aprimoraram a VC definindo-a como um método simples e não-invasivo para a avaliação e controle em natação.

Inicialmente, o conceito de VC foi aplicado em *Swimming Flume* [26] como a máxima velocidade possível de ser mantida por um longo período de tempo sem exaustão, a qual seria obtida por meio da inclinação da reta (b) de regressão entre a distância de teste ou de prova e o respectivo tempo, quando a primeira é nadada à máxima velocidade.

Estudos [5,27,28] demonstraram que a VC pode ser estimada por meio dos melhores tempos oficiais de prova que um nadador realizou em um determinado período. Em um estudo [20] com 23 nadadores de nível nacional (idade: 15 a 20 anos), cujo interesse foi verificar o efeito do nível de desempenho aeróbio na relação entre frequência de braçada em VC (FBVC) e velocidade máxima do  $T_{30}$  (FBS30), os resultados obtidos indicaram que o nível de desempenho aeróbio não parece influenciar a relação entre FBVC e a FBS30. Assim, a VC poderia fornecer informações de aspectos fisiológicos e também servir um índice associado com a habilidade biomecânica, representando uma importante ferramenta para a avaliação, prescrição e controle do treinamento [29].

A VC mostra-se aplicável principalmente para aqueles atletas das categorias iniciais (infantil, juvenil) que ainda não utilizam o EP por motivos citados anteriormente. Da mesma forma, aplicar a VC na avaliação e controle de nadadores recreacionais em academias, clubes ou escolas, ocasionaria grande praticidade na avaliação e controle dos mesmos. Ainda, a VC é aplicável inclusive quando há um grande número de atletas treinando simultaneamente, devido ao método simples de obtenção dos dados (distância e tempo) e, sobretudo por se tratar de procedimento individualizado e não-invasivo [30]. No entanto, Calis *et al.* [13] e Bishop *et al.* [31] acreditam que a escolha das cargas empregadas para a determinação de potência crítica podem nos levar a valores diferentes.

Wakayoshi *et al.* [32], por exemplo, que inicialmente utilizaram quatro distâncias (50 m, 100 m, 200 m e 400 m, utilizaram apenas duas (200 m e 400 m) em um estudo com oito nadadores universitários treinados [33]. Outros estudos também utilizaram modelos de quatro distâncias (Wright

& Smith [28] – 50 m, 100 m, 200 m e 1200 m; Vilas-Boas *et al.* [1] – 50 m, 100 m, 200 m e 1500 m; Filipatou *et al.* [34] – 50 m, 100 m, 200 m e 400 m). Rodrigues *et al.* [35] avaliaram 51 nadadores de nível nacional (18 - 26 anos) utilizando duas distâncias (100 m e 400 m). Em um estudo com 29 nadadores, Reis *et al.* [21] também determinaram a VC com apenas duas distâncias (200 m e 400 m), e definiram-na como um ótimo indicador da influência do treinamento. Assim, o objetivo deste estudo foi obter e comparar valores de VC obtidos por meio de quatro modelos de dois componentes, quatro modelos de três componentes e um modelo de quatro componentes, todos com diferentes combinações de distâncias, utilizando o mesmo grupo de nadadores.

## Material e métodos

Onze nadadores da categoria juvenil, filiados à Federação Gaúcha de Desportos Aquáticos, com índice de participação em Campeonatos Brasileiros de sua categoria e experiência competitiva na modalidade de  $5 \pm 1,4$  anos foram voluntários para este estudo. Os valores de estatura, massa corporal, envergadura, especificações de prova e estilo são apresentados na Tabela I.

Os atletas mantinham uma frequência de seis a oito sessões de treinos semanais e 6 a 8 km de distância nadada

por sessão. Antes da participação nos protocolos, os pais ou responsáveis e os indivíduos foram informados de todos os procedimentos inerentes aos testes, assinando um termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Este estudo foi aprovado pelo CEP/UFRGS (nº 2007888).

## Determinação dos diferentes modelos de velocidade crítica

Para a determinação dos diferentes modelos de VC, os atletas realizaram em nado crawl, testes de 50 m, 100 m, 200 m, 400 m, 800 m e 1500 m sob máxima intensidade. Os testes máximos foram realizados durante um período de 16 dias, em ordem aleatória, com no mínimo 48 h de intervalo entre a realização de cada um, em piscina de 50 m, aquecida, com temperatura da água controlada ( $28 \pm 0,5^\circ$ ) e no mesmo horário do dia. A VC foi determinada por meio do coeficiente angular (b) da reta de regressão linear (Equação 1) entre as distâncias e os respectivos tempos obtidos em cada repetição [26].

$$Y = a + b * x$$

Onde:

y = valor de ordenada (eixo dos yy) → valor da distância nadada (m)

**Tabela I** - Valores de estatura, massa corporal, envergadura, especificações de prova e estilo.

Indivíduo nº	Especialidade	Prova (m) / estilo	Idade (anos)	Estatura (cm)	Envergadura (cm)	Massa corporal (kg)
1	F	400/800/1500 CR	14	188,5	195,5	73,4
2	VEL	100 BO	14	171	178	64,2
3	MF	200 CR	14	176	181	67
4	VEL-MF	100/200 PE	15	175	182,5	52,3
5	VEL-MF	100/200 PE	14	173,5	179,5	60,5
6	MF	200 MED	14	168	176	47,7
7	VEL	50/100 CR	14	178	183	61,5
8	F	AGUAS ABERTAS	15	173	182	63,6
9	MF	200/400 MED	14	178	182	57,1
10	VEL	100 BO	15	176,5	183,5	57,1
11	MF	200 MED	15	173	181	62,3
		Média	14,4	175,5	182,2	60,6
		Desvio Padrão	0,5	5,2	4,9	7,0

MED = medley; BO = borboleta; PE = peito; CR = crawl; VEL = velocista; MF = meio fundista; F = fundista.

**Tabela II** - Valores médios com respectivos desvios-padrão (dp) dos tempos (s) obtidos nas distâncias de 50, 100, 200, 400, 800 e 1500 m.

	Distâncias (m) e respectivos tempos (s)					
	50 m	100 m	200 m	400 m	800 m	1500 m
Média ± dp	29,3 ± 1,6 s	65,6 ± 3,5 s	146,5 ± 7,5 s	305,0 ± 16,6 s	643,5 ± 36,7 s	1230,9 ± 88,5 s

**Tabela III** - Valores médios e desvios-padrão (dp) dos nove modelos propostos neste estudo para a obtenção de VC (m/s).

	Velocidades (m/s) de cada modelo de VC								
	VC1	VC2	VC3	VC4	VC5	VC6	VC7	VC8	VC9
Média	1,28 ±	1,25 ±	1,21 ±	1,19 ±	1,27 ±	1,25 ±	1,20 ±	1,19 ±	1,26 ±
± dp	0,07	0,07	0,07	0,09	0,07	0,07	0,07	0,10	0,07

$x$  = valor de abcissa (eixo dos  $xx$ ) → valor do tempo para a distância nadada (s)

$a$  = valor da ordenada na origem → valor ao qual a reta intercepta o eixo dos  $yy$  na origem do eixo dos  $xx$  (m)

$b$  = valor da inclinação da reta → velocidade crítica (m/s)

Para a determinação da VC1 foram utilizadas as distâncias de 50 e 200 m; para a VC2 foram utilizadas as distâncias de 100 e 400 m; para a VC3 foram utilizadas as distâncias de 200 e 800 m, para a VC4 foram utilizadas as distâncias de 400 e 1500 m, para a VC5 foram utilizadas as distâncias de 50, 100 e 200 m; para a VC6 foram utilizadas as distâncias de 100, 200 e 400 m; para a VC7 foram utilizadas as distâncias de 200, 400 e 800 m; para a VC8 foram utilizadas as distâncias de 400, 800 e 1500 m; e para a VC9 foram utilizadas as distâncias de 50, 100, 200 e 400 m.

O programa Excel foi utilizado para a plotagem dos dados e cálculo das equações de reta. Para a realização deste estudo foi necessária a utilização de três cronômetros manuais a fim de serem obtidos os tempos (t) para as distâncias (d) de 50 a 1500 m. Todos os atletas estavam envolvidos em seus programas de treinamento, o qual se caracterizava por apresentar grandes volumes e níveis de carga baixos a moderados. Previamente ao início de cada teste, os atletas realizavam um aquecimento determinado pelo treinador de aproximadamente 2000 m, com intensidade moderada e estilos variados. Os testes foram aplicados logo após o aquecimento. Cada atleta tinha direito à apenas uma tentativa e a saída foi realizada de cima do bloco. Os atletas foram verbalmente incentivados a realizar cada teste em máxima intensidade. Logo a seguir, os atletas finalizavam seus treinamentos.

### Análise estatística

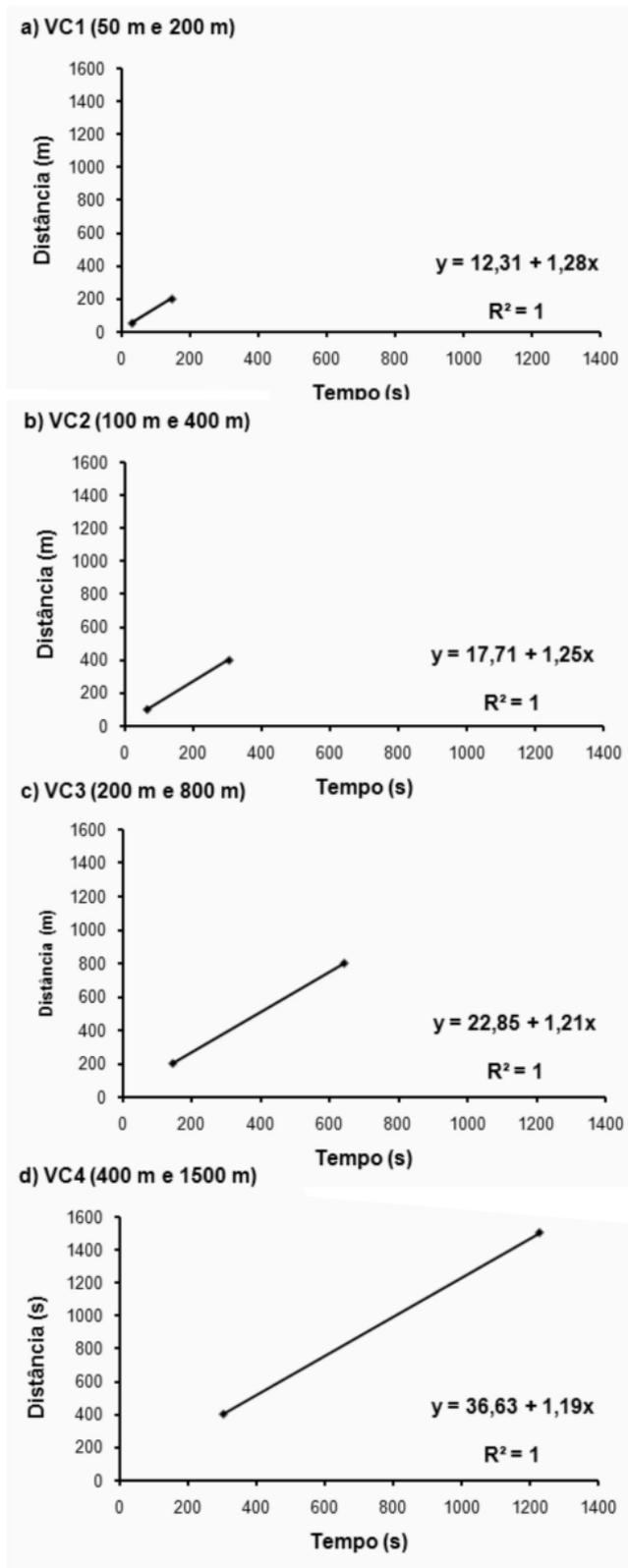
Para a comparação dos valores de VC1, VC2, VC3, VC4, VC5, VC6, VC7, VC8 e VC9 foram calculadas as médias, desvios padrão e erros padrão. Verificou-se a normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) e a esfericidade (Teste de Mauchly) dos dados. Quando calculada a equação da reta de inclinação linear, foi calculado o coeficiente de determinação ( $r^2$ ). Aplicou-se uma Anova para medidas repetidas, com verificação dos efeitos principais com Teste de Bonferroni. Quando necessário foi utilizado fator de correção “Epsilon” de Greenhouse-Geiser. Adotou-se como significância 0,05 para todas as análises. Os cálculos foram realizados no pacote estatístico SPSS v. 12.0

### Resultados

A Tabela II apresenta os valores médios (com respectivos desvios-padrão) dos tempos obtidos nas distâncias de 50, 100, 200, 400, 800 e 1500 m.

A Tabela III apresenta os valores médios (com respectivos desvios-padrão) de VC1, VC2, VC3, VC4, VC5, VC6, VC7, VC8 e VC9.

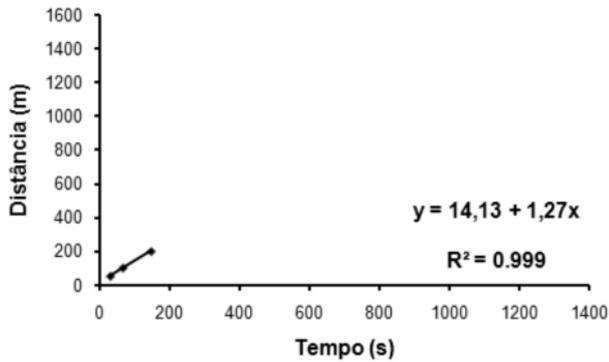
**Figura 1** - VC determinada por meio do coeficiente angular (b) da reta de regressão linear por meio de modelos obtidos com duas distâncias.



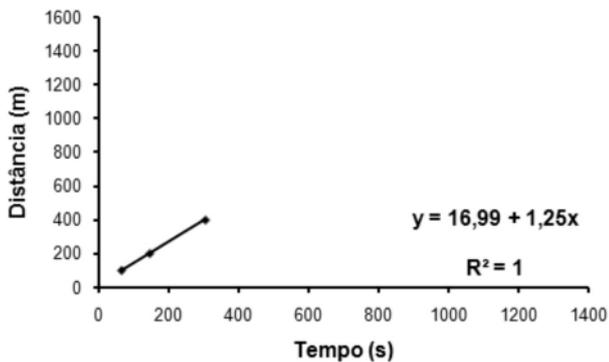
VC1 (50 e 200 m); b) VC2 (100 e 400 m); c) VC3 (200 e 800 m); d) VC4 (400 e 1500 m) e a média dos respectivos tempos obtidos em cada repetição.

**Figura 2** - VC determinada por meio do coeficiente angular (b) da reta de regressão linear por meio de modelos obtidos com três distâncias.

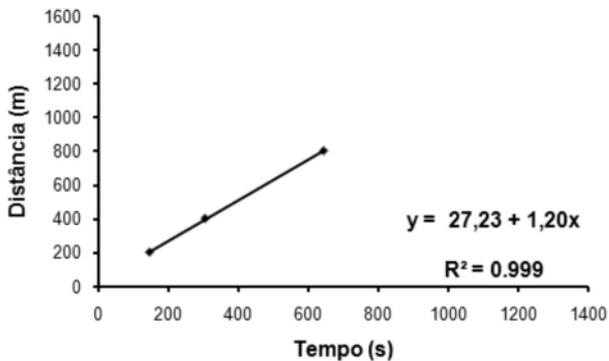
**a) VC5 (50 m, 100 m e 200 m)**



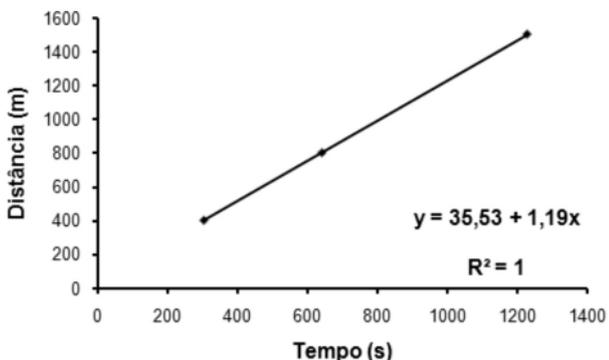
**b) VC6 (100 m, 200 m e 400 m)**



**c) VC7 (200 m, 400 m e 800 m)**



**d) VC8 (400 m, 800 m e 1500 m)**



a) VC5 (50, 100 e 200 m); b) VC6 (100, 200 e 400 m); VC7 (200, 400 e 800m); VC8 (400, 800 e 1500 m) e a média dos respectivos tempos obtidos em cada repetição.

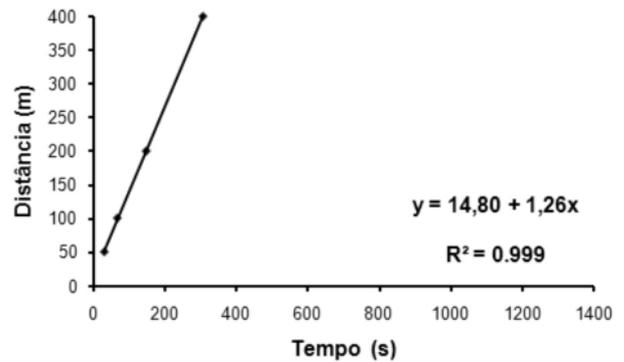
A Figura 1 apresenta a VC determinada por meio do coeficiente angular (b) da reta de regressão linear por meio dos modelos obtidos com duas distâncias (VC1, VC2, VC3 e VC4) e a média dos respectivos tempos obtidos em cada repetição.

A Figura 2 apresenta a VC determinada por meio do coeficiente angular (b) da reta de regressão linear por meio dos modelos obtidos com três distâncias (VC5, VC6, VC7 e VC8) e a média dos respectivos tempos obtidos em cada repetição.

A Figura 3 apresenta a VC determinada por meio do coeficiente angular (b) da reta de regressão linear por meio do modelo obtido com quatro distâncias (VC9) e a média dos respectivos tempos obtidos em cada repetição.

**Figura 3** - VC determinada por meio do coeficiente angular (b) da reta de regressão linear por meio de um modelo obtido com quatro distâncias: VC9 (50, 100, 200 e 400 m) e a média dos respectivos tempos obtidos em cada repetição.

**a) VC9 (50 m, 100 m, 200 m e 400m)**



A Tabela IV apresenta as diferenças significativas encontradas entre os nove modelos de VC propostos neste estudo ( $F = (2,445; 24,454) = 14,940$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,599$ ).

## Discussão

O objetivo central deste estudo foi comparar os valores de VC determinados a partir de nove modelos diferentes com dois, três e quatro componentes. Os principais resultados encontrados foram: a) os modelos VC1 ( $1,28 \pm 0,07$  m/s), VC5 ( $1,27 \pm 0,07$  m/s) e VC9 ( $1,26 \pm 0,07$  m/s), que utilizaram a menor distância (50 m), apresentaram maiores valores que os modelos VC4 ( $1,19 \pm 0,09$  m/s) e VC8 ( $1,19 \pm 0,10$  m/s) que utilizaram a maior distância (1500 m); b) Os modelos VC4 e VC8, no entanto, foram semelhantes aos modelos VC2 ( $1,25 \pm 0,07$  m/s), VC3 ( $1,21 \pm 0,07$  m/s), VC6 ( $1,25 \pm 0,07$  m/s) e VC7 ( $1,20 \pm 0,07$  m/s); c) a VC6 foi similar com todos os modelos de VC.

As diferenças encontradas entre os nove modelos para obtenção dos valores de VC podem estar relacionadas às rotas metabólicas predominantes utilizadas para percorrer cada uma das seis distâncias utilizadas nesse estudo. A capacidade metabólica é um dos fatores determinantes do

**Tabela IV** - Diferenças entre as médias dos modelos de velocidade crítica da vertical em relação as médias dos modelos de velocidade crítica da horizontal.

Modelos de VC Utilizados (m/s)		Horizontal (m/s)								
		VC1	VC2	VC3	VC4	VC5	VC6	VC7	VC8	VC9
50 e 200 m	VC1	1,28 ± 0,07								
100 e 400 m	VC2		1,25 ± 0,07							
200 e 800 m	VC3	-0,073 p=0.050		1,21 ± 0,07						
400 e 1500 m	VC4	-0,089 p=0.001			1,19 ± 0,09					
50, 100 e 200 m	VC5				0,081 p=0.003	1,27 ± 0,07				
100, 200 e 400 m	VC6						1,25 ± 0,07			
200, 400 e 800 m	VC7	-0,077 p=0.033						1,20 ± 0,07		
400, 800 e 1500 m	VC8	-0,089 p=0.001				-0,081 p=0.003			1,19 ± 0,10	
50, 100, 200 e 400 m	VC9		0,01 p=0.004	0,055	0,072 p=0.024			0,059 p=0.023	0,071 p=0.030	1,26 ± 0,07

desempenho do nadador, e seu treinamento deve ser prescrito para desenvolver a habilidade de gerar energia tanto de forma aeróbia como anaeróbia [22]. A energia necessária para nadar certa distância é suprida por três sistemas necessários para a contração muscular: 1) o sistema fosfagênio; 2) o sistema glicolítico e 3) o sistema oxidativo. Nadadores de provas curtas utilizam predominantemente as reservas de ATP-CP e o sistema glicolítico, ao passo que nadadores de provas médias e longas utilizam principalmente o metabolismo oxidativo [6]. O interesse em verificar as interações e relações de contribuição desses sistemas de energia, durante o exercício máximo, surgiu na literatura entre 1960 e 1970 [23]. Em geral, tiros curtos são normalmente associados a exercícios predominantemente anaeróbios. Muitas tabelas, com o objetivo de atualização do predomínio energético em função do tempo de esforço, basearam-se em antigos cálculos de Foxdal *et al.* [36] que utilizavam o déficit de oxigênio como medidor de suprimento anaeróbio de energia.

No entanto, Ogita [22] relatou que a contribuição dos sistemas de energia aeróbia e anaeróbia foi praticamente igual em exercícios de 60 s em intensidade máxima, sugerindo que a contribuição do sistema aeróbio, mesmo em distâncias curtas, não pode ser negligenciada. Ainda de acordo com Ogita [22], observou-se que em tiros curtos de 15 s, a energia aeróbia supria 15-20% da demanda energética, e mais de 65% em tiros de 2-3 min. Gastin [23] sugere que o método proposto por Foxdal *et al.* [36] superestima consideravelmente a participação do metabolismo anaeróbio para o fornecimento de energia. Gastin [23] analisou 30 estudos que relataram a contribuição do sistema aeróbio durante exercícios máximos utilizando

técnicas de modelagem matemática, e observou uma contribuição importante deste sistema nos exercícios de alta intensidade. Com resultados semelhantes aos sugeridos por Ogita [22], Gastin [23] sugere que a duração do exercício máximo que resulta em iguais contribuições dos sistemas de energia aeróbio e anaeróbio, está entre um e dois minutos, e muito provavelmente em torno de 75 s. Estes resultados mostram que o sistema aeróbio responde rápido às demandas de exercícios de alta intensidade, porém é incapaz de manter a demanda energética do início do exercício. Não existem dúvidas de que cada sistema de energia está melhor preparado para suprir a energia requerida de exercícios com as suas próprias características metabólicas, embora isto não implique em exclusividade [23].

Em nosso estudo, a confecção de modelos de VC com inclusão da distância de 50 m, induziu a maiores valores de VC quando comparados a outras combinações que utilizaram distâncias acima de 200 m ou maiores. A justificativa para este fato pode estar no fato de a distância de 50 m, quando em máxima intensidade, ser suprida preferencialmente pelo sistema de energia anaeróbio [23,22]. A similaridade encontrada entre os valores de VC4 e VC8 (modelos que utilizaram a distância de 1500 m para sua determinação) com o valor de VC2, VC3, VC6 e VC7 (modelos que não utilizaram a distância de 50 m) pode ser justificada. Isto por que a partir de, aproximadamente, 60 [11] a 75 s [23], parece existir uma predominância do sistema aeróbio na ressíntese de ATP. Esta faixa de tempo identifica a média de tempo encontrada em nosso estudo para a menor distância (100 m = 65,6 ± 3,5 s), imediatamente após a de 50 m e utilizada na confecção dos modelos

de VC2 e VC6. Assim, baseado também nos resultados encontrados em nosso estudo, acreditamos que quando utilizarmos distâncias para confecção de modelos de VC, que provavelmente serão percorridas em aproximadamente 60 segundos ou menos, os valores de VC serão superiores aos modelos que não utilizarem estas distâncias.

Dekerle *et al.* [19], em um estudo com nadadores bem treinados ( $18,6 \pm 1,9$  anos), sugeriu que a velocidade do teste de 30 min ( $V_{30}$ ) não é diferente da VC obtida do modelo com distâncias de 200 m e 400 m, mas é superestimada em 3,2%, recomendando a distância de 200 m como provável limite inferior na confecção dos modelos de VC. Greco *et al.* [20], analisando 31 nadadores (grupo 1: 10 a 12 anos; grupo 2: 13 a 15 anos), e utilizando VCI (25, 50 e 100 m), VCII (100, 200 e 400 m) e VCIII (50, 100 e 200 m), concluíram que a distância utilizada na determinação da VC interfere no valor obtido independente da idade cronológica, podendo provocar diferentes adaptações quando utilizada para a prescrição do treinamento. No grupo 1 (10 a 12 anos), a VCI ( $0,98 \pm 0,17$  m/s) apresentou maior valor que VCII ( $0,92 \pm 0,16$  m/s) e VCIII ( $0,89 \pm 0,18$  m/s). No entanto, VCII e VCIII foram similares. A mesma relação (VCI > VCII e VCIII; VCII  $\cong$  VCIII) foi verificada no grupo 2. Ainda, o valor de VCI ( $0,98 \pm 0,17$  m/s) do grupo 1 foi similar ao valor da velocidade em limiar anaeróbio, assumido em 4mM, ( $V_{4mM} = 0,97 \pm 0,12$  m/s), sendo maior que as velocidades mantidas em testes de 20 ( $V_{20} = 0,92 \pm 0,11$  m/s) e 30 ( $V_{30} = 0,90 \pm 0,11$  m/s) minutos. No grupo 2, o valor de VCI ( $1,11 \pm 0,11$  m/s) foi maior que  $V_{4mM}$  ( $1,02 \pm 0,07$  m/s),  $V_{20}$  ( $0,99 \pm 0,09$  m/s) e  $V_{30}$  ( $0,97 \pm 0,09$  m/s). No entanto, os valores de VCII e VCIII foram similares à  $V_{4mM}$ ,  $V_{20}$  e  $V_{30}$ . Assim, estabeleceu-se que VCII e VCIII poderiam prever a maior velocidade que poderia ser mantida por 20 ou 30 minutos, independente da idade cronológica. Contudo, a relação entre a VC e a velocidade em limiar anaeróbio ( $V_{4mM}$ ) é dependente da distância empregada e da idade cronológica na determinação dos modelos de VC, determinando, assim, intensidade maior do que poderia ser mantida por 20 ou 30 min, independente da idade cronológica. Deste modo, concluiu-se que a VC determinada com distâncias entre 50 e 400 m poderia ser utilizada na avaliação da capacidade aeróbia de crianças e adolescentes, substituindo com vantagens os testes contínuos máximos com durações próximas a 20 ou 30 min. No presente estudo, a comparação entre os nove diferentes modelos de determinação de VC apresentou resultados semelhantes. A VC6, que foi determinada com distâncias intermediárias, foi similar aos modelos de VC4 e VC8, que utilizaram 1500 m como a distância mais longa na sua determinação. Esta distância (1500 m) foi percorrida no nosso estudo em  $1230,9 \pm 88,5$  s, significando aproximadamente 20 min e 30 s, sendo assim muito semelhante ao tempo utilizado na  $V_{20}$  por Greco *et al.* [20].

Reis *et al.* [21] avaliaram 29 nadadores ( $12,9 \pm 1,15$  anos;  $54 \pm 10,7$  kg;  $165,7 \pm 9,4$  cm) e verificaram que a

VC determinada por meio de dois componentes (200 m e 400 m) foi similar à velocidade média do teste de 2000 m. Assim, os resultados encontrados em nosso estudo sugerem que a exclusão das distâncias mais longas não irá alterar o valor de VC em relação aos modelos de VC confeccionados com inclusão de distâncias percorridas em tempos superiores a 60 s ou mais.

Ainda hoje encontramos treinadores que empregam testes de 20 e 30 minutos para a avaliação do desempenho aeróbio de seus nadadores, ou ainda prescrevendo as intensidades de nado baseadas em percentuais das velocidades encontradas nesses testes [6]. Porém, a aplicação de testes longos como  $V_{20}$  e  $V_{30}$ , ou ainda a utilização das distâncias de 800 m e 1500 m como componentes de VC, podem proporcionar valores ainda mais subjetivos (pois são métodos de natureza não-invasiva) quando aplicados em nadadores jovens e/ou até com pouco tempo de experiência em natação competitiva.

## Conclusão

Com base nos resultados encontrados em nosso estudo, não sugerimos a padronização de um único modelo na determinação da VC em natação, pois as distâncias, quando percorridas em aproximadamente 60 segundos ou menos, parecem induzir a valores mais altos de VC quando comparados a outras combinações, sugerindo assim a exclusão da distância de 50 m e, se necessário, também a distância de 100 m na confecção de modelos para determinação da mesma. Por outro lado, a exclusão das distâncias mais longas (800 m e 1500 m) parece não alterar o valor da VC em relação aos modelos de VC confeccionados com inclusão de distâncias percorridas em tempos superiores a 60 s. Isto se torna mais um atrativo para técnicos e treinadores que buscam praticidade em suas sessões de treinamento, e também interessante para os grupos de nadadores mais jovens e/ou menos experientes, que praticam natação em nível de iniciação competitiva, ou em nível recreacional.

## Agradecimentos

Ao técnico Cristiano Klaser e equipe, pela dedicação e disponibilidade durante o período das coletas; Grupo de Estudos em Esportes Aquáticos – GEEA UFRGS e ao Grupo de Pesquisa em Biomecânica e Cinesiologia – GPBIC UFRGS.

## Referências

1. Vilas-Boas J, Lmares JP. Velocidade crítica: Critério para a avaliação do nadador e para a definição de objetivos. XX Congresso Técnico Científico da Associação Portuguesa dos Técnicos de Natação 997a; 25 a 27 Abril, Setúbal, Portugal.

2. David JS, Stephen RN, Hogg JM. Performance evaluation of swimmers: Scientific Tools. *Sports Med* 2002;32(9):539-54.
3. Maglisho EW. Nadando ainda mais rápido. 1ª ed. Brasileira. São Paulo. Manole; 1999.
4. 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.
5. Dekerle J, A Vanhatalo, M Burnley. Determination of critical power from a single test. *Science & Sports* 2008;23(5):231-8.
6. Maglisho EW, Maglisho CW, Bishop RA. Lactate testing for training pace. *Swimming Tech* 1982;19:31-7.
7. Olbrecht J, Madsen O, Mader A, Liesen H, Hollmann W. Relationship between swimming velocity and lactic concentration during continuous and intermittent training exercises. *Int J Sports Med* 1985;6(2):74-7.
8. Touretski G. 1993 Japan official swimming coach clinic. Japan Amateur Swimming Federation 1994; p. 93-139.
9. Madsen O. Anaerobic training not so fast, there. *Swimming Technique* 1982;19 (3):13-18.
10. Lima MCS. Proposta de teste incremental baseado na percepção subjetiva de esforço para determinação de limiares metabólicos e parâmetros mecânicos do nado livre. *Rev Bras Med Esporte* 2006;12(5):268-74.
11. Conconi F, Ferrari M, Ziglio PG, Droghetti P, Codeca L. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J Appl Physiol* 1982;52(4):869-73.
12. Seip RL, Senead D, Pierce E, Stein P, Weltman A. Perceptual responses and blood lactate concentration: effect of training state. *Med Sci Sports Exerc* 1991;23: 80-7.
13. Calis JFF, Denadai BS. Influência das cargas selecionadas na determinação da Potência Crítica determinada no ergômetro de braço em dois modelos lineares. *Rev Bras Med Esporte* 2000;6:1-4.
14. Demello JJ, Cureton KJ, Boineau R E, Singh MM. Ratings of perceived exertion at the lactate threshold in trained and untrained men and women. *Med Sci Sports Exerc* 1987; 19:354-62.
15. Hetzler RK, Seip RL, Boutcher SH, Pierce E, Snead D, Weltman A. Effect of exercise modality on ratings of perceived exertion at various lactate concentrations. *Med Sci Sports Exerc* 1991;23: 88-92.
16. Zacca R, Castro FAS. Velocidade crítica em nadadores juvenis: determinação por meio de diferentes combinações de distância de prova. XII Congresso de ciências do esporte e educação física dos países de língua Portuguesa, 2008. Porto Alegre.
17. Dekerle J, Pelayo P, Clipet B, Depretz S, Lefevre, T, Sidney M. Critical swimming speed does not represent the speed at maximal lactate steady state. *Int J Sports Med* 2005;26:524-30.
18. Gaesser GA, Poole DC. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Exerc Sport Sci Rev* 1996; 24:35-71.
19. Dekerle J, Sidney M, Hespel JM, Pelayo P. Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate and anaerobic capacity in relation to front crawl swimming performances. *Int J Sports Med* 2002;23:93-8.
20. Greco CC, Denadai BS, Pellegrinotti IL, Freitas ADB, Gomi-de E. Limiar anaeróbico e velocidade crítica determinada em nadadores de 10 a 15 Anos: Relações com a performance e a resposta do lactato sanguíneo em testes de endurance. *Rev Bras Med Esporte* 2003;9(1): 2-8.
21. Reis J, Alves F. Training induced changes in critical velocity and  $v_4$  in age group swimmers. *Biomechanics and medicine in swimming X: proceedings of the Xth International Symposium on biomechanics and medicine in swimming*. Portuguese Journal of Sports Sciences 2006;6(Suppl 2):311-2.
22. Ogita F. Energetics in competitive swimming and its application for training. *Biomechanics and medicine in swimming X: proceedings of the Xth International Symposium on Biomechanics and medicine in swimming*. Portuguese Journal of Sports Sciences. 2006;6(Suppl 2):117-20.
23. Gastin PB. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sport Med* 2001;31(10):725-41.
24. Monod H, Scherrer J. The work capacity of synergic muscle groups. *Ergonomics* 1965;8:329-38.
25. Ettema JH. Limits of human performance and energy production. *Int Z Angew Physiol Einschl Arbeitphysiol* 1966;22:45-54.
26. Wakayoshi K, Ikuta K, Yoshida T, Udo M, Morianti T, Mutoh Y, Miyashita M. Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. *Eur J Appl Physiol* 1992a;64:153-7.
27. Vilas-Boas J, Lames JP, Fernandes R, Duarte JA. Avaliação do nadador e definição de objetivos através de critérios não-invasivos de simples implementação. *Rev Ed Física e Desporto Horizonte* 1997b;14(80):22-30.
28. Wright B, Smith DJ. A protocol for the determination of critical speed as an index of swimming endurance performance. In: Miyashita M, Mutoh Y, Richardson AB, eds. *Med Sport Science* 1994;39:55-9.
29. Greco C, Pelarigo J, Perandini L, Figueira T, Denadai B. Stroke rates corresponding to critical speed and the maximal speed of 30 min in swimmers of different training status. *Biomechanics and medicine in swimming X: proceedings of the Xth International Symposium on biomechanics and medicine in swimming*. Portuguese Journal of Sports Sciences 2006;6(Suppl 2):134-6.
30. Dekerle J, Brickley G, Sidney M, Pelayo P. Application of the critical power in swimming?. *Biomechanics and medicine in swimming X: proceedings of the Xth International Symposium on biomechanics and medicine in swimming*. Portuguese Journal of Sports Sciences 2006;6(2):121-3.
31. Bishop D, Jenkins DG, Howard A. The critical power function is dependent on the duration of the predictive exercise tests chosen. *Int J Sports Med* 1998;19:125-9.
32. Wakayoshi K, Yoshida T, Udo M, Harada T, Morianti T, Mutoh Y, Miyashita M. Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? *Eur J Appl Physiol* 1993;66:90-5.
33. Wakayoshi K, Yoshida T, Udo M, Kasai I, Moritani T, Mutoh Y, Miyashita. A simple method for determining critical speed

- as swimming fatigue threshold in competitive swimming. *Int J Sports Med* 1992b;13:367-71.
34. Filipatou E, Toubekis A, Douda H, Pilianidis T, Tokmakids T. Lactate and heart rate responses during swimming at 95% and 100% of the critical velocity in children and young swimmers. *Biomechanics and medicine in swimming X: proceedings of the Xth International Symposium on biomechanics and medicine in swimming*. Portuguese Journal of Sports Sciences 2006;6(Suppl 2):132-3.
35. Rodrigues FA, Moreno D, Keskinen KL. Validity of a two-distance simplified testing method for determining critical swimming velocity. *Biomechanics and medicine in swimming IX: proceedings of the IX International Symposium on biomechanics and medicine in swimming 2003*. Université de Saint-Etienne, France.
36. Foxdal P, Sjodin A, Ostman B, Sjodin B. The effect of different sampling sites and analyses on the relationship between exercise intensity and 4.0mmol<sup>-1</sup> blood lactate concentration. *Eur J Appl Physiol* 1991;63:52-4.
-