

VELOCIDADE CRÍTICA: impacto do tipo de saída e sua aplicação em provas de travessias em águas abertas em adolescentes

Luis Paulo Gomes Mascarenhas¹
Wagner Luis Ripka²
Rafael Teixeira Ilkiu³
Eduardo Borba Neves⁴

Resumo: Introdução: A velocidade crítica (V_{crit}) é um parâmetro utilizado para predição de desempenho de atletas em provas de grandes distâncias. O objetivo deste estudo foi verificar a aplicabilidade da V_{crit} , obtida em piscina de 25m, com saída baixa e saída olímpica, para estimação do tempo da prova de 1.500m em águas abertas. **Procedimentos Metodológicos:** Participaram deste estudo 17 nadadores do sexo masculino, com idades entre 10 e 14 anos. A velocidade crítica foi calculada a partir dos tempos das distâncias de 200m e 400m, com intervalo de 72 horas. **Resultados:** Observaram-se diferenças estatisticamente significativas para os valores de tempo de prova para distâncias de 200m e 400m quando submetida a diferentes protocolos (saída baixa *versus* saída olímpica). Quanto ao protocolo para predição do desempenho em travessias de águas abertas com distância de 1.500m, os dados das provas com saída baixa apresentaram melhores correlações. Por fim, foi proposta uma equação baseada na velocidade crítica calculada a partir dos dados do protocolo com saída baixa para predição do desempenho em provas de 1.500m, em águas abertas ($r = 0,952$). **Conclusão:** A velocidade crítica pode ser utilizada como preditor de desempenho em águas abertas, para atletas de natação entre 10 e 14 anos.

Palavras-chave: natação; velocidade crítica; desempenho.

CRITICAL SPEED: IMPACT OF THE TYPE OF OUTPUT AND ITS APPLICATION IN TESTS OF OPEN WATER CROSSINGS IN ADOLESCENTS

Abstract: Introduction: The critical velocity ($CritV$) is a parameter used to predict the performance of athletes in events of great distances. The objective of this study was to verify the applicability of $CritV$ obtained in 25m swimming pool with Olympic and low start to estimate the time of the 1500m race in open sea. **Material and Method:** The study included 17 male swimmers, aged between 10 and 14 years. The critical speed was calculated from the time of the distances of 200m and 400m, with an interval of 72 hours. **Results:** Statistical significant differences were observed in the values of testing time for distances of 200 and 400 when submitted to different protocols (Olympic versus low start). Concerning the protocol for predicting performance in open sea crossings with a distance of 1,500 m, data from tests with low output best correlation. Finally, an equation was based on the critical velocity calculated from the data of the protocol with low start to predict the performance

¹ Instituição/Afiliação: Universitário Campos de Andrade

² Instituição/Afiliação: Universidade Tecnológica Federal do Paraná

³ Coordenador Pedagógico e Instrutor de Natação da Academia, Brasil

⁴ Instituição/Afiliação: Universidade Tecnológica Federal do Paraná

in tests of 1500 m in open sea ($r=0.952$). **Conclusion:** The CritV can be used as a predictor of performance in open sea swimming for athletes between 10 and 14 years.

Keywords: swimming; critical velocity; performance.

INTRODUÇÃO

A travessia em águas abertas foi incorporada recentemente às provas aquáticas olímpicas, estimulando assim o aumento da procura por jovens nadadores por esta prova. Na maioria das travessias em águas abertas, a velocidade de prova se localiza em geral abaixo do limiar de lactato (SOKOLOVAS, 2008). Avaliar e estabelecer índices referenciais de desempenho em travessias, bem como controlar os efeitos do treinamento de média e longa duração, são fundamentais para o desempenho em excelência de um atleta (FRANKEN, ZACCA, & CASTRO, 2011).

Na natação, métodos avaliativos de grande destaque estão no controle da máxima fase estável de lactato (MFEL) e controle do volume de consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx) (LIMA, BALIKIAN JUNIOR, GOBATTO, GARCIA JUNIOR, & RIBEIRO, 2006). Esses métodos permitem uma avaliação individual e precisa, contudo, limitações quanto a conflitos éticos, elevado custo e tempo de coleta e avaliação (DE VASCONCELOS *et al.*, 2007; FRANKEN *et al.*, 2011) incentivaram pesquisas para criação de novos índices de análise do desempenho, entre eles a potência crítica (Pcrit) e a velocidade crítica (Vcrit) (MONOD & SCHERRER, 1965; WAKAYOSHI *et al.*, 1992).

A Pcrit surgiu através de um estudo que pressupunha a existência de uma potência máxima de exercício que poderia ser mantida indefinidamente (MONOD & SCHERRER, 1965). A Vcrit, por sua vez, surgiu de adaptações do conceito de Pcrit, sendo definida como a velocidade a qual um atleta pode manter-se por um período indeterminado de tempo sem chegar à exaustão por possibilitar a não extrapolação teórica da máxima fase estável de lactato sérico (DENADAI, GRECO, & DONEGA, 1997; WAKAYOSHI *et al.*, 1992).

Entre os diversos protocolos para determinação de Vcrit coloca-se a relação distância/tempo (d/t) como uma das mais utilizadas (DEKERLE, 2006). A relação d/t utiliza-se da razão entre a diferença de duas distâncias pré-estabelecidas e as diferenças entre os tempos. As distâncias de 200m e 400m são largamente utilizadas pela facilidade de aceitação de atletas e treinadores, dada a sua praticidade e aplicabilidade (DEKERLE, 2006; DEKERLE, SIDNEY, HESPEL, & PELAYO, 2002).

O protocolo de Vcrit tem sido considerado como método capaz de identificar a capacidade aeróbia e o limiar anaeróbio, assim como é considerado uma ferramenta

facilitadora na predição de distâncias e controle do treinamento de crianças e adultos (DE VASCONCELOS *et al.*, 2007; HIYANE, SIMÕES, & CAMPBELL, 2006; NAKAMURA *et al.*, 2006; PAPOTI *et al.*, 2010). Contudo, pesquisas com diferentes protocolos de Vcrit limitaram-se a análises e predições apenas para distâncias existentes em provas de natação realizadas em competições de piscina (DENADAI *et al.*, 1997; GRECO, DENADAI, PELLEGRINOTTI, FREITAS, & GOMIDE, 2003), sem considerar o tipo de saída do atleta. Tal fato não pode ser ignorado, uma vez que, estudos sugerem que a partida é agente redutor do tempo de prova (LYTTLE & BENJANUVATRA, 2005; MAGLISCHO, 2003).

Assim, o objetivo deste estudo foi verificar a aplicabilidade da Vcrit, obtida em piscina de 25m com saída baixa e saída olímpica, para estimação do tempo da prova de 1.500m em águas abertas. O estudo se justifica pela participação cada vez maior de jovens nadadores nas provas de travessia, pela carência de estudos realizados sobre esta modalidade e pela perspectiva de se avaliar uma potencial ferramenta para controle do treinamento desportivo de atletas de natação.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Participaram voluntariamente do estudo 17 nadadores do sexo masculino, com idades entre 10 e 14 anos. Como critério de inclusão todos os sujeitos da pesquisa deveriam ser praticantes de treinamentos de natação há, no mínimo, um ano. Assim como, deveriam ter participado de pelo menos uma das etapas do um circuito de travessia em águas abertas entre os anos de 2009/2010, com distância total de 1.500 metros.

Antes do início das avaliações, todas as crianças foram autorizadas pelos seus respectivos responsáveis, através do termo de consentimento livre e esclarecido, com uma semana de antecedência da coleta de dados. A pesquisa se desenvolveu segundo as recomendações da resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde e teve seu projeto aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

Inicialmente, foi realizada uma medida da massa corporal e da estatura dos atletas. Para ambas as avaliações foram solicitadas que os indivíduos estivessem trajados com roupas de banho e descalços, a fim de assegurar a validade das informações. A massa corporal foi aferida com a utilização de uma balança digital (Tanita UM060), com precisão de 100 gramas. A avaliação da estatura deu-se com o uso de um estadiômetro fixo (WCS) com precisão de 0,1 cm, em que os indivíduos, com os pés juntos, no plano de Frankfurt eram

solicitados a realizar uma inspiração e a estatura estava na maior distância entre o chão e o vértex da cabeça (MORROW, JACKSON, DISCH, & MOOD, 2003)

Para a o cálculo da velocidade crítica (V_{crit}) foi aplicado a Equação 1:

$$V_{crit} (m/s) = \frac{(2^{\text{a}} \text{ distância} - 1^{\text{a}} \text{ distância})}{(2^{\text{o}} \text{ tempo} - 1^{\text{o}} \text{ tempo})} \quad (\text{Eq. 1})$$

Os protocolos consistiram em utilizar distâncias de 200m e 400m, em que os nadadores realizaram tiros de velocidade em piscina semiolímpica coberta e aquecida à temperatura entre 28 °C e 30 °C, com medidas de 25 metros de comprimento, por 16 metros de largura, composta por oito raias de dois metros cada.

Para a cronometragem dos tempos foi utilizado o cronometro da marca CASIO, modelo HS – 60W com precisão de milissegundos. A pesquisa foi realizada em duas semanas, com dois protocolos diferentes para as mesmas distâncias. Para o protocolo com saída baixa, o indivíduo se posicionava dentro da água, apoiado no bloco de partida com ambos os pés postos na parede e com o corpo rotacionado em direção à outra extremidade da piscina. Para o protocolo com saída olímpica, o indivíduo realizava a saída saltando de cima de um bloco de partida.

Na primeira semana os sujeitos integrantes da pesquisa foram orientados a realizar dois tiros máximos para a distância de 200m, sendo que o primeiro tiro foi realizado com saída baixa. O intervalo entre os dois tiros foi de 96h, sem prejuízo das sessões de treinamentos, que seguiram normalmente durante a semana. O segundo tiro de 200m foi realizado com a saída olímpica.

A tomada de tempo na distância de 400m aconteceu na semana subsequente com intervalo passivo de 72h entre o segundo tiro de 200m e o primeiro de 400m. Exatamente o mesmo procedimento adotado para a distância de 200m foi aplicado para a distância de 400m.

Nos dias em que as avaliações foram realizadas e os dados coletados, todos os sujeitos da pesquisa realizaram o mesmo tipo de aquecimento com predominância aeróbia e volume total de 800m, seguido por dois de 25m progressivo (10m fraco, 10m médio e 5m forte) com repouso de 1 minuto. Logo após o aquecimento, todos os sujeitos repousaram cinco minutos antes da tomada de tempo e após os testes realizaram repouso ativo de 500m, para regeneração orgânica.

Os dados referentes à prova de travessia de águas abertas de 1500m foram mensurados em evento organizado pela Federação Catarinense de Natação, seguindo o critério de

cronometragem da FINA, os resultados oficiais do evento foram levantados junto à federação pelo seu site. O início da prova se deu por um sinal eletrônico a beira da praia com os atletas posicionados de frente ao mar. O mar se encontrava calmo, com ondas de até 0,8 metros, com velocidade do vento de 4,6 m/s Sudeste e temperatura da água em 22,6°C. Nenhum equipamento adicional foi utilizado pelos participantes da pesquisa.

A análise estatística deu-se com o uso da estatística descritiva, em que se verificou, com medidas de posição e dispersão (média e desvio padrão) além da estatística inferencial, sendo primeiramente aplicado o teste *Shapiro-Wilk* para verificação da normalidade da amostra. Uma vez que o teste de normalidade apresentou $p > 0,05$ para as variáveis em estudo, foram utilizados os testes de correlação de Pearson, regressão linear e por fim teste t pareado para comparação das médias. Os dados foram tratados no pacote estatístico SPSS versão 17, sendo adotado o valor de significância de $p < 0,05$.

RESULTADOS

A idade média do grupo foi de $11,5 \pm 1,1$ anos e para as variáveis massa corporal e estatura foram encontrados $47,35 \pm 11,12$ kg e $151,47 \pm 11,96$ cm, respectivamente. Os dados presentes na Tabela 1 mostram as relações entre os tempos obtidos pela V_{crit} nos protocolos de saída baixa e saída olímpica em que foram constatadas diferenças entre as saídas para a distância de 200m.

Tabela 1. Médias e desvios-padrão encontrados nos tempos obtidos para os tiros de 200m e 400m com saída olímpica e saída baixa.

Saída Olímpica	Tempo (s)	Saída baixa	Tempo (s)	Test t	p
200m	$197,84 \pm 27,27$	200m	$206,69 \pm 29,23$	-3,93	0,001
400m	$427,66 \pm 59,95$	400m	$438,81 \pm 66,40$	-2,69	0,016

Na tabela 2, são apresentados os valores médios e desvios-padrão para a velocidade crítica (V_{crit}) obtida nos dois diferentes protocolos (saída baixa e saída olímpica). Onde se encontrou melhor correlação para saída baixa, contudo ao aplicar o teste t pareado entre o

tempo estimado de 1500m e o tempo de realização oficial encontrou-se diferença nas duas saídas ($p = 0,0001$).

Tabela 2. Médias e desvios-padrão para a velocidade crítica (V_{crit}) em m/s para saída olímpica e saída baixa, assim como tempo estimado para prova de 1500m e sua correlação com a prova oficial.

Variável	Velocidade (m/s)	Tempo Estimado para 1.500m	Test t	p	R ²
Saída Olímpica	0,89 ± 0,14	1723,66 ± 271,34	- 6,79	0,001	0,844
Saída baixa	0,88 ± 0,16	1740,41 ± 298,65	-6,11	0,001	0,906
Realização dos 1.500m	0,79 ± 0,19*	1907,41 ± 218,49	-	-	-

* Velocidade média na realização da prova de 1500m

Finalmente, aplicou-se uma regressão linear objetivando eliminar a diferença entre as médias dos valores reais e estimados. A Equação 2 estimou os valores para a prova de 1500m em águas abertas com correlação $r = 0,952$ e p valor = 0,989 no teste t pareado com os valores reais de desempenho nesta prova.

$$\text{Tempo para 1.500m em águas abertas} = 692 + 0,7 \times V_{crit} (\text{saída baixa}) \quad (\text{Eq.2})$$

DISCUSSÃO

A natação é composta por quatro fases fundamentais: saída, nado, viradas e chegada (HAY, 1981), assim, acredita-se que para estudos de velocidade crítica, quanto mais variáveis controladas, melhores são os resultados.

Os achados deste estudo constataram diferenças estatísticas entre os tipos de saída para ambas as provas ($p = 0,001$ para prova de 200m e $p = 0,016$ para 400m). Possíveis explicações podem ser encontradas em estudos nos quais destacam que o tipo de saída pode influenciar de 0,8 a 30% no tempo de prova de um nadador, aonde as maiores porcentagens são aquelas encontradas em distâncias mais curtas (LYTTLE & BENJANUVATRA, 2005;

MAGLISCHO, 2003). Outra justificativa pode estar no fato que provas realizadas em piscinas curtas (25 metros) também atuam como agente influente no tempo de prova de um atleta, devido às viradas realizadas pelo atleta a cada ciclo, que podem influenciar de 20 a 38% no tempo total de prova por eliminar a resistência encontrada na superfície (HAY, 1988; MAGLISCHO, 2003).

As velocidades críticas mostradas na Tabela 2 estão próximas às encontradas em estudo para as mesmas distâncias o qual encontrou valor médio de $0,85 \pm 0,16$ m/s, para ambos os sexos, na faixa etária de 10 a 12 anos (GRECO *et al.*, 2003). Ainda sobre a Tabela 2, detectou-se subestimação para predição do tempo de prova de 1500m com a saída olímpica, contudo na saída de baixo não observamos diferenças significativas.

O mar aberto é colocado como um ambiente dinâmico e instável (DOS SANTOS, RODRIGUES, JÚNIOR, & BARBOSA, 2009). Provas nestes locais apresentam interferências inexistentes em piscinas fechadas, entre elas: flutuação do corpo, respiração com observação, turbulência de ondas e oscilação da temperatura que podem tem influenciado no maior tempo de realização da prova, quando comparado ao estimado em piscina.

Nesse estudo detectou-se que mesmo com a utilização de distância menores que a prova de travessia e a subestimação inicial, obteve-se um resultado estimado final fortemente correlacionado, coerente e aplicável para esta modalidade da Vcrit desde que utilizado com protocolo de saída baixa. Os resultados corroboram com achados da literatura que apontam atrativa a utilização de distâncias menores para obtenção de estimativas de tempos em provas longas (FRANKEN *et al.*, 2011; GRECO *et al.*, 2003), o que demonstra que conhecer o meio onde a ação acontece é muito importante para o atleta, independente de sua faixa etária, assim como conhecer bem as suas capacidades e possibilidades.

A subestimação do tempo para prova de 1500m pode também estar ligada ao comprimento da piscina que possibilita ao atleta realizar oito viradas para prova de 200m e 16 para prova de 400m, fato influente no tempo de prova já discutido anteriormente.

Estudos sugerem a Vcrit como método de avaliação do desempenho de nadadores jovens por apresentar fortes correlações com a máxima fase estável de lactato (ALTIMARI, ALTIMARI, GULAK, & CHACON-MIKAHIL, 2007; HILL, STEWARD, & LANE, 1995). Para prova de 1500m em águas abertas a aplicação final da Equação 2 aponta ainda melhor controle sobre a predição do tempo de prova.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos sugerem que existem diferenças estatisticamente significativas para os valores de tempo de prova para distâncias de 200m e 400m quando submetida a diferentes protocolos (saída baixa *versus* saída olímpica). Quando os dados são utilizados para prever o desempenho da travessia em águas abertas na distância de 1500m, os resultados são significativamente expressivos, tendo apresentando forte correlação para ambos os protocolos, contudo a saída baixa mostrou os melhores valores.

O estudo sugere que o modelo de velocidade crítica utilizando duas distâncias (200m e 400m) com o protocolo de saída baixa fornecem o valor de velocidade crítica (V_{crit}) mais adequado para prever o tempo de atletas adolescentes de águas abertas na distância de 1500m, podendo ser utilizado não só como meta na obtenção de resultados melhores, mas também no reajuste das cargas de trabalho durante as sessões de treinamento.

Avanços encontrados neste estudo sugerem uma vertente da velocidade crítica até então pouco estudada, com potencial para a predição do tempo de águas abertas na distância de 1500m com criança. Contudo recomenda-se ampliar este tipo de estudo para diferentes faixas etárias, bem como para piscinas de 50m a fim de verificar a reprodutibilidade dos resultados aqui encontrados.

REFERÊNCIAS

ALTIMARI, J. M., ALTIMARI, L. R., GULAK, A., & CHACON-MIKAHIL, M. P. T. Correlações entre protocolos de determinação do limiar anaeróbio eo desempenho aeróbio em nadadores adolescentes. *Rev Bras Med do Esporte*, v.13, n.4, p. 245-250, 2007.

DE VASCONCELOS, I. Q. A., MASCARENHAS, L. P. G., ULBRICH, A. Z., NETO, A. S., Bozza, R., & de Campos, W. A velocidade crítica como preditor de desempenho aeróbio em crianças. *Rev. Bras. Cineantropom. Desempenho Hum*, v.9, n.1, p. 44-49, 2007.

DEKERLE, J. The use of critical velocity in swimming. A place for critical stroke rate. *Portuguese Journal of Sport Sciences*, v.6, Supl 2, p. 201-205, 2006.

DEKERLE, J., SIDNEY, M., HESPEL, J., & PELAYO, P. Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate, and anaerobic capacity in relation to front crawl swimming performances. *International Journal of Sports Medicine*, v.23, n.2, p. 93-98, 2002.

DENADAI, B. S., GRECO, C. C., & DONEGA, M. R. Comparação entre a velocidade de limiar anaeróbio ea velocidade crítica em nadadores com idade de 10 a 15 anos. *Rev Paul Educ Fís*, v.11,n.2, p. 128-133, 1997.

DOS SANTOS, T. M., RODRIGUES, H. F., JÚNIOR, T. P. S., & BARBOSA, F. M. Efeitos do treinamento de força com uso de materiais resistidos na performance de nadadores de águas abertas. *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte*, v.6, n.3, p. 145-153, 2009.

FRANKEN, M., ZACCA, R., & CASTRO, F. A. S. Velocidade crítica em natação: fundamentos e aplicação:[revisão]; Critical speed in swimming: theoretical basis and application:[review]. *Motriz rev. educ. fís.(Impr.)*, v.17, n.1, p. 209-222,2011.

GRECO, C. C., DENADAI, B. S., PELLEGRINOTTI, I., FREITAS, A., & GOMIDE, E. Limiar anaeróbio e velocidade crítica determinada com diferentes distâncias em nadadores de 10 a 15 anos: relações com a performance ea resposta do lactato sanguíneo em testes de endurance. *Rev Bras Med Esporte*, v.9, n.1, p. 2-8, 2003.

HAY, J. The status of research on the biomechanics of swimming. *Swimming Science v. Human Kinetics Books*, p.3-14, 1988.

HAY, J. G. *Biomecânica das técnicas desportivas*. Interamericana. 2º ed. RJ.

HILL, D., Steward, R., & Lane, C. (1995). Application of the critical power concept to young swimmers. *Pediatric Exercise Science*, v.7, p. 281-281,1981.

HIYANE, W. C., SIMÕES, H. G., & CAMPBELL, C. S. G. Velocidade crítica como um método não invasivo para estimar a velocidade de lactato mínimo no ciclismo. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v.12, n.6, p. 381-385, 2006.

LIMA, M. C. S., BALIKIAN JUNIOR, P., GOBATTO, C. A., GARCIA JUNIOR, J. R., & RIBEIRO, L. F. P. Proposta de teste incremental baseado na percepção subjetiva de esforço para determinação de limiares metabólicos e parâmetros mecânicos do nado livre. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, São Paulo, v.12, n.5, p. 268-274, 2006.

LYTTLE, A., & BENJANUVATRA, N. Start Right – A Biomechanical Review of Dive Start Performance, 2005. Acessado em: 10 Dez, 2011, from <http://www.coachesinfo.com/category/swimming/321/>.

MAGLISCHO, E. W. *Swimming fastest*: Human Kinetics Publishers,2003.

MONOD, H., & SCHERRER, J. The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics*, v.8, n.3, p. 329-338, 1965.

MORROW, J. R., JACKSON, A. W., DISCH, J. G., & MOOD, D. P. *Medida e avaliação do desempenho humano*: Artmed, 2003.

NAKAMURA, F., CYRINO, E., BORGES, T., OKANO, A., DE MELO, J., & FONTES, E. Variação dos parâmetros do modelo de potência crítica em resposta a treinamento de canoagem. *Rev Bras Ci e Mov*, v.8, n.2, p. 5-12, 2006.

PAPOTI, M., VITÓRIO, R., ARAÚJO, G. G., MARTINS, L. E. B., CUNHA, S. A., & GOBATTO, C. A. (Força crítica em nado atado para avaliação da capacidade aeróbia e predição de performances em nado livre. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*, v.12, n.1, p. 14-20, 2010.

SOKOLOVAS, G. P. Open water report: physiology of a 10k race. *USA Swimming*, v.14, n.1, p. 3-7 2008.

WAKAYOSHI, K., YOSHIDA, T., UDO, M., KASAI, T., MORITANI, T., MUTOH, Y., & MIYASHITA, M. A simple method for determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. Int J Sports Med, v.13, n.5, p.367-371 1992.

<p>Contatos dos Autores:</p> <p>Luis Paulo Gomes Mascarenhas" <masca58@hotmail.com> "Wagner Luis Ripka" <guinho_ripka@yahoo.com.br> Rafael Teixeira Ilkiu" <rafael_ilkiu@bol.com.br> "Eduardo Borba Neves" <borbaneves@hotmail.com></p>	<p>Data de Submissão:</p> <p>27/02/2012</p> <p>Data de Aprovação:</p> <p>26/07/2012</p>
--	--