



## PREDIÇÃO DE DESEMPENHOS DE 200, 400, 800 E 1.500 METROS EM NADO CRAWL POR MEIO DA RELAÇÃO “DISTÂNCIA-LIMITE/TEMPO-LIMITE”

Rodrigo Zacca  
Ricardo Peterson Silveira  
Flávio Antônio de Souza Castro

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Brasil

**Resumo:** O objetivo deste estudo foi verificar o grau de concordância entre desempenho (200, 400, 800 e 1.500 m em nado *crawl*) e desempenho predito por três diferentes combinações de distâncias, calculados por meio de um modelo de dois parâmetros em onze nadadores de nível nacional ( $14,3 \pm 0,5$  anos). Resultados: desempenho de 200 m – melhor grau de concordância: combinação 400-1.500 m (média da diferença, *bias*: 9,8 s; limites de concordância,  $\pm 1,96$  DP – 11 a 30,5 s); 400 m, melhor grau de concordância: 200-800 m (*bias* – 7,1 s;  $\pm 1,96$  DP: - 22 a 7,8 s); 800 m, melhor grau de concordância: 400-1.500 m (*bias*: 1,8 s;  $\pm 1,96$  DP: – 27,2 a 30,8 s); 1.500 m, melhor grau de concordância: 200-800 m (*bias*: 7,5 s;  $\pm 1,96$  DP: – 64,7 a 79,8 s). Conclusão: a predição de desempenho durante o treino não parece possível por causa, principalmente, da baixa precisão do desempenho predito (limites de concordância).

**Palavras-chave:** natação; predição de desempenho; velocidade crítica.

### INTRODUÇÃO

A individualização de um programa de treinamento é um aspecto fundamental no contexto esportivo. Nesse sentido, diversos procedimentos têm sido desenvolvidos ao longo de anos com o objetivo de acessar e/ou monitorar o desempenho físico. Estes incluem medidas do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2\text{máx}}$ ), limiar ventilatório (LV) e vários protocolos para mensuração de concentração de lactato sanguíneo ( $[La]$ ) (RHODES; MCKENZIE, 1984; ZOLADZ et al., 1993). Contudo, mesmo tendo sido encontradas fortes correlações com o desempenho, esses procedimentos raramente estão ao alcance da maioria dos treinadores e atletas de natação.

Desde o clássico estudo de Hill (1927), é aceito que há uma relação hiperbólica entre trabalho gerado e tempo de exaustão. A assíntota dessa relação tem sido denominada potência crítica (PC) (MONOD; SCHERRER, 1965). Ettema (1966) aplicou o conceito de PC à natação, à corrida, ao ciclismo e à patinação de velocidade para prever desempenho e explicar os limites da resistência humana por meio do modelo proposto por Monod e Scherrer (1965). Com isso, a relação hiperbólica entre velocidade e tempo de exaustão ou ainda a relação linear entre distância e tempo de exaustão pode ser aplicada ao conceito proposto por Monod e Scherrer (1965), para a obtenção da velocidade crítica (VC). A VC pode ser obtida a partir de dados de desempenho em duas ou mais distâncias, calculando-se os valores de distância e tempo

em um modelo linear de dois parâmetros (relação distância-limite/tempo-limite; “ $d_{lim}/t_{lim}$ ”), conforme descrito na Equação 1:

$$d_{lim} = VC \cdot t_{lim} + b \quad (\text{Equação 1})$$

em que  $d_{lim}$  é a distância-limite a ser percorrida em um determinado tempo ( $t_{lim}$ ), em máxima intensidade. A VC (velocidade crítica) e o intercepto-y ( $b$ ), que é uma distância sobre a qual ainda não há consenso na literatura em relação ao que realmente representa, mas com estudos apontando para máxima capacidade anaeróbia (MORTON, 1996; TOUSSAINT et al., 1998; DEKERLE et al., 2002; ZACCA et al., 2010), são os dois parâmetros da equação.

A VC obtida por meio de modelos de dois parâmetros é sugerida como um método válido para prescrever intensidades de nado no treinamento de nadadores, além de sua fácil utilização, baixo custo e possível aplicação em diversos nadadores simultaneamente (ZACCA; CASTRO, 2009; DEKERLE; PELAYO, 2011). O fato de haver a possibilidade de obter valores de VC (a partir de modelos de dois parâmetros), com apenas dois esforços máximos ( $d_{lim}$ ) não muito extensos (esforço de menor duração entre 120 e 180 s, com esforço de maior duração entre 900 e 1.800 s e duração suficiente para que o  $VO_{2máx}$  seja atingido), torna a VC um método atrativo para as propostas de treinamento, embora o nível de confiabilidade ainda seja questionável (ZACCA et al., 2010; DEKERLE; PELAYO, 2011; POOLE et al., 1988; BISHOP; JENKINS; HOWARD, 1998; VANDEWALLE et al., 1997; DEKERLE et al., 2006; PELAYO et al., 2007). Além disso, há outra justificativa para que se tenha cuidado especial na escolha das distâncias ( $d_{lim}$ ) ao plotar a relação  $d_{lim}/t_{lim}$  na Equação 1, pois o modelo de dois parâmetros (Equação 1) é muito sensível ao tipo de combinação de distâncias utilizada (ZACCA; CASTRO, 2009), o que pode levar a valores diferentes de VC. Essas pequenas variações no valor da VC podem resultar em respostas fisiológicas e motoras distintas e, portanto, não devem ser utilizadas aleatoriamente.

Dekerle et al. (2006) sugerem a aplicação do modelo de dois parâmetros (VC e  $b$ ) para a predição de desempenho para uma determinada distância percorrida. Esse recurso pode ser muito útil para a definição de estratégias de prova durante uma competição, de maneira que treinador e atleta, após a realização de, ao menos, duas provas, obteriam informações importantes relacionadas ao estado de treinamento do atleta sem a necessidade de realizar nenhuma intervenção extra em ambiente controlado, ou seja, trata-se de um método ecológico (reflete as condições reais de nado, pois é aplicado no ambiente de competição).

A possibilidade de prever desempenho por meio do modelo de dois parâmetros já foi estudada em corredores participantes da Maratona de Nova York (FLORENCE; WEIR, 1997), quando os autores encontraram resultados muito atrativos comparando a “habilidade preditiva” da VC com índices metabólicos tradicionais de capacidade aeróbia: pico de consumo de oxigênio e LV. Da mesma forma, Kennedy e Bell (2000) verificaram que 7 das 12 combinações de distâncias utilizadas para obtenção da VC não foram diferentes da velocidade real de 2.000 m em remadores. Essas aplicações prévias da VC basearam-se na relação linear existente entre trabalho total realizado e tempo de exaustão em determinada intensidade (MONOD; SCHERRER, 1965). Contudo, a possibilidade de utilizar esse recurso nas diferentes provas de natação precisa ser mais bem investigada. Assim, o objetivo deste estudo foi verificar o grau de concordância entre o desempenho das distâncias de 200, 400, 800 e 1.500 m e os desempenhos preditos pela relação  $d_{lim}/t_{lim}$  em um modelo linear de dois parâmetros (VC e  $b$ ), utilizando combinações do desempenho de duas provas em nadadores juvenis.

## MÉTODO

### Participantes

A amostra foi composta por 11 nadadores juvenis (idade:  $14,3 \pm 0,5$  anos, massa corporal:  $60,6 \pm 7$  kg; estatura:  $175,5 \pm 5,25$  cm; envergadura:  $182,1 \pm 4,95$  cm) de nível nacional (experiência competitiva:  $5 \pm 1,4$  anos). Este estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da universidade (Protocolo n. 2007888) em que foi realizado, e os participantes e seus responsáveis foram informados de todos os procedimentos inerentes ao teste, assinando um termo de consentimento livre e esclarecido previamente à execução dos protocolos experimentais.

### Obtenção dos valores de desempenho

Para a obtenção dos valores de desempenho, os atletas realizaram, em nado *crawl*, testes de 200, 400, 800 e 1.500 m sob máxima intensidade. Esses testes foram realizados em uma piscina de 50 m durante um período de 8 dias, com no mínimo 48 h de intervalo entre a realização de cada um. A ordem de execução dos testes foi aleatória. Previamente a cada um dos testes, os sujeitos executaram um aquecimento de 2.000 m em intensidade moderada. Os nadadores foram instruídos de que, para cada uma das distâncias, haveria apenas uma tentativa para mensuração do tempo (desempenho). O desempenho nos testes foi obtido por meio de cronometragem manual (Casio HS-70W-1DF) realizada por três avaliadores experientes, de maneira que o menor e o maior tempo mensurado foram descartados. Por tratar-se de coletas durante os treinos, os nadadores foram motivados verbalmente em todos os testes, a fim de minimizar as diferenças motivacionais em relação à situação de competição.

### Valores de desempenho predito

Para cada uma das distâncias utilizadas neste estudo (200, 400, 800 e 1.500 m), os dois parâmetros (VC e b) foram calculados por meio de todas as combinações possíveis entre duas distâncias, utilizando os dados de distância e tempo na equação de regressão linear (Equação 1). A seguir, foi utilizada novamente a Equação 1 a fim de prever o desempenho em cada uma das distâncias. Para tanto, a variável *dlim* (m) seria dessa vez a distância a ser predita, VC e b (parâmetros calculados por meio da equação da reta de regressão linear) seriam valores conhecidos, e *tlim* seria o desempenho predito de cada uma das distâncias. Assim, foi possível utilizar três combinações distintas para a predição de cada distância. Todos os cálculos foram realizados no software Microsoft Excel 2007 (Microsoft Office 2007, Windows 7). A Tabela 1 apresenta as combinações de distâncias utilizadas para prever o desempenho em cada distância (*dlim*).

**Tabela 1**

Combinações utilizadas para a obtenção dos parâmetros utilizados na predição do desempenho de 200, 400, 800 e 1.500 m.

Distância ( <i>dlim</i> )	Possíveis combinações para obter “VC” e “b”		
200 m	400-800 m	400-1.500 m	800-1.500 m
400 m	200-800 m	200-1.500 m	800-1.500 m
800 m	200-400 m	200-1.500 m	400-1.500 m
1.500 m	200-400 m	200-800 m	400-800 m

Fonte: Elaborada pelos autores.

## Análise estatística

Os dados coletados são apresentados em forma de média e desvio padrão. Utilizou-se um método gráfico proposto por Bland e Altman (1986) para comparar duas técnicas de mensuração (neste estudo, do desempenho real e do predito): a plotagem “Bland-Altman”, na qual a diferença entre os dois métodos é comparada com a média destes. Identificaram-se o *bias* (média da diferença entre desempenho e desempenho predito) e os limites de concordância ( $\pm 1,96$  desvio padrão ou intervalo de confiança de 95%). Na plotagem “Bland-Altman”, uma linha horizontal é desenhada na diferença média, e outras duas, nos limites de concordância (que são definidos como a diferença média de mais ou menos 1,96 vez o desvio padrão das diferenças, ou seja, o intervalo de confiança é de 95%). Optamos por utilizar a plotagem “Bland-Altman” em vez do coeficiente de correlação linear produto-momento de Pearson, pois este último não acessa concordância e sim associação, e uma alta correlação não garante uma boa concordância. A questão não é se os valores de desempenhos real e predito concordam, mas o quanto eles concordam (grau de concordância). Assim, as duas informações importantes obtidas (*bias* e limites de concordância) servirão para definir quais das três combinações de duas distâncias apresentarão o melhor grau de concordância para uma possível predição de desempenho por meio da relação “*dlim/tlim*” em um modelo de dois parâmetros.

## RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta os valores médios de desempenho e desempenho predito pelas combinações utilizadas para cada prova e seus respectivos desvios padrão (s).

**Tabela 2**

Valores médios de desempenho e desempenho predito pelas combinações utilizadas e seus respectivos desvios padrão (s) para cada uma das distâncias (*dlim*).

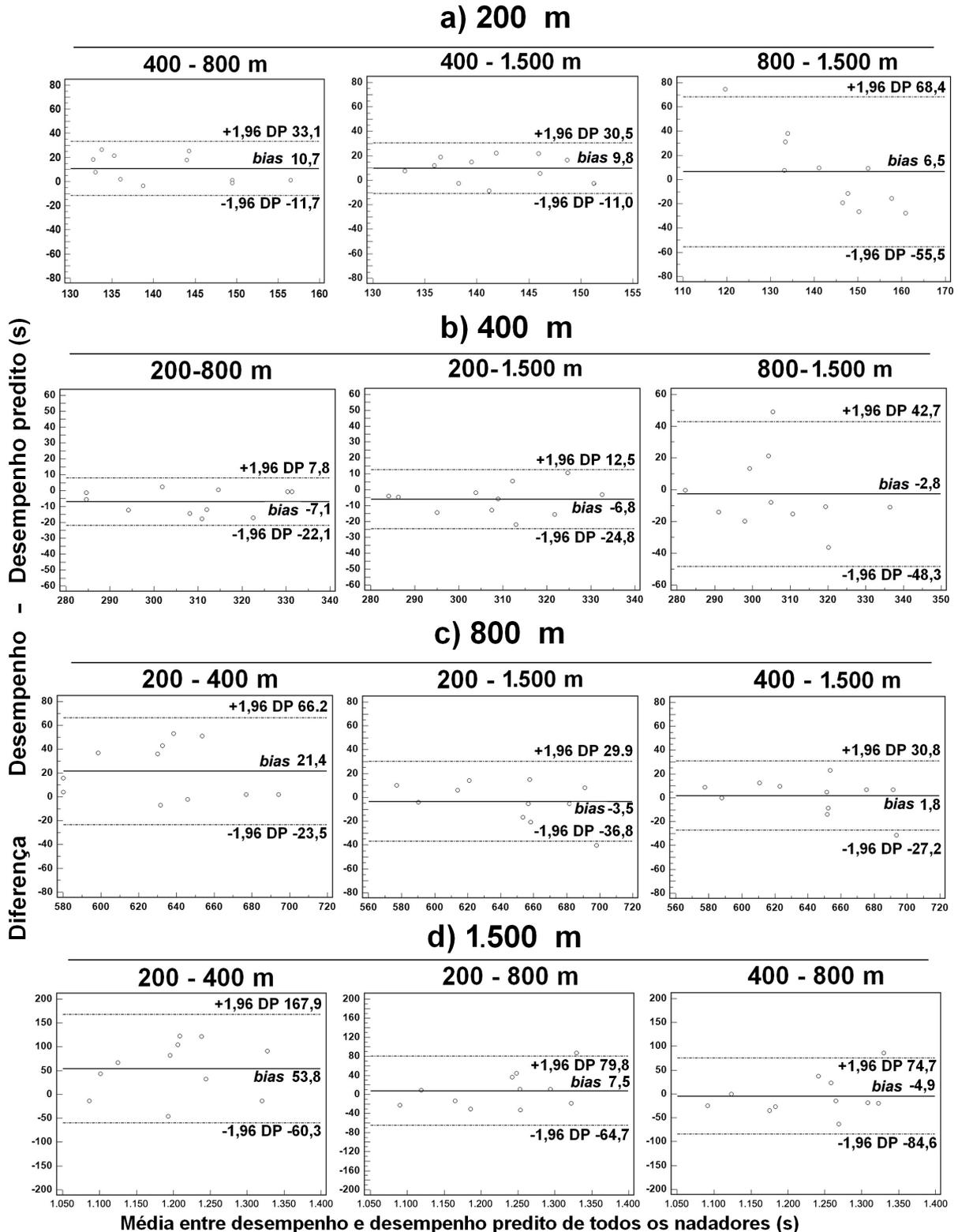
<i>Dlim</i>	Desempenho (s)	Desempenho predito (s)		
		400-800 m	400-1.500 m	800-1.500 m
200 m	146,5 ± 7,6	135,9 ± 11,8	136,7 ± 8,0	140,1 ± 27,3
		200-800 m	200-1.500 m	800-1.500 m
400 m	305,1 ± 16,6	312,2 ± 1,7	311,2 ± 15,4	307,9 ± 20,9
		200-400 m	200-1.500 m	400-1.500 m
800 m	643,5 ± 36,7	622,2 ± 39,1	647,0 ± 44,7	641,7 ± 42,1
		200-400 m	200-800 m	400-800 m
1.500 m	1.230,9 ± 88,6	1.177,1 ± 79,6	1.223,4 ± 72,4	1.235,8 ± 76,0

Fonte: Elaborada pelos autores.

O grau de concordância entre o desempenho de 200, 400, 800 e 1.500 m e os desempenhos preditos para a mesma distância (obtidos pelas três possíveis combinações) é apresentado na Figura 1.

**Figura 1**

Grau de concordância expresso em valores absolutos (s) entre o desempenho atual nos 200, 400, 800 e 1.500 m, e os respectivos desempenhos preditos (s) para a mesma distância. A diferença média (*bias*) é representada pela linha horizontal preta, e os limites de concordância ( $\pm 1,96$  desvio padrão) pelas linhas pontilhadas.



Fonte: Elaborada pelos autores.

A predição do desempenho utilizando as distâncias de 400 e 1.500 m (Figura 1a) apresentou melhor concordância (*bias* 9,8 s; limites de concordância – 11 a 30,5 s) com o desempenho atual de 200 m. Apesar de a predição por meio da combinação entre as distâncias de 800 m e 1.500 m (Figura 1a) ter apresentado o menor valor de *bias* (6,5 s), os limites de concordância foram muito elevados (- 55,5 a 68,4 s).

Já para prever o desempenho dos 400 m, a combinação com as distâncias de 200 e 800 m (Figura 1b) levaram a um melhor grau de concordância (*bias* - 7,1 s; limites de concordância - 22 a 7,8 s). Embora o cálculo dos parâmetros com as distâncias de 800 e 1.500 m (Figura 1b) tenha apresentado o menor *bias* (- 2,8 s), os limites de concordância relativos a essa combinação foram muito elevados (- 48,3 a 42,7 s).

Na Figura 1c, observa-se que a predição do desempenho nos 800 m por meio da combinação de 400 e 1.500 m é a que deteve o melhor grau de concordância com o desempenho atual dessa prova, pois, além de apresentar o menor *bias* (1,8 s), também apresentou os menores limites de concordância (- 27,2 a 30,8 s).

Os resultados apresentados na Figura 1d sugerem que a combinação de distâncias 200 e 800 m levam a um melhor grau de concordância entre desempenho de 1.500 m e desempenho predito (*bias*: 7,5 s; limites de concordância: - 64,7 a 79,8 s), pois, apesar ter sido observado o menor *bias* (- 4,9 s) quando utilizada a combinação de 400 e 800 m (Figura 1d), esta última apresentou limites de concordância muito elevados (- 84,6 a 74,7 s).

## DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi verificar o grau de concordância entre o desempenho obtido nas distâncias de 200, 400, 800 e 1.500 m com os desempenhos preditos pela relação  $d_{lim}/t_{lim}$  em um modelo linear de dois parâmetros (VC e *b*), utilizando combinações do desempenho de duas distâncias em nadadores juvenis.

A predição de desempenho por meio de um modelo matemático de dois parâmetros relacionando distância percorrida e tempo de exaustão ainda é pouco investigada em nadadores. Florence e Weir (1997) avaliaram a possibilidade de predição de desempenho de corredores maratonistas por meio de um modelo matemático de dois parâmetros, comparando a “habilidade preditiva” da VC com índices metabólicos tradicionais de capacidade aeróbia, o pico de consumo de oxigênio e limiar ventilatório (LV). Os resultados encontrados apresentaram uma alta correlação entre VC e desempenho da maratona ( $r^2 = 0,76$ ), sendo maior que entre VC e LV ( $r^2 = 0,28$ ) e que entre VC e pico do consumo de oxigênio ( $r^2 = 0,51$ ). Esses resultados encorajaram os autores em relação ao potencial de utilização desse modelo matemático (relação  $d_{lim}/t_{lim}$ ) como uma ferramenta de avaliação das capacidades de desempenho aeróbio em atletas. Apesar de Florence e Weir (1997) terem correlacionado a VC com o desempenho, este estudo abordou o modelo de dois parâmetros em outro enfoque, verificando o grau de concordância entre desempenhos real e predito.

Os resultados encontrados por este estudo sugerem que prever desempenho em uma situação de treino parece levar a valores com uma boa acurácia (*bias*), mas com baixa precisão (limites de concordância,  $\pm 1,96$  DP) (Figura 1). Com isso, a aplicabilidade de um modelo matemático de dois parâmetros para a predição de desempenho em nadadores juvenis parece prejudicada quando realizada em situação de treino. Acredita-se que esses resultados se devem principalmente a dois fatores: 1. dificuldade em proporcionar motivação similar a uma situação de competição; 2. o nível de experiência dos nadadores estudados parece influenciar a predição de desempenho, especialmente nas distâncias mais longas (800 e 1.500 m). Dessa forma, ressalta-se o estímulo a estudos futuros com o objetivo de explorar a predição do desempenho de nadadores em uma situação de competição.

É importante destacar que os melhores graus de concordância entre desempenhos atual e predito para cada  $d_{lim}$  foram observados quando a  $d_{lim}$  era uma distância intermediária entre as duas  $d_{lim}$  utilizadas na combinação para a predição do desempenho. Assim, surge uma maior linearidade quando se quer prever uma prova com distância ou duração intermediária às utilizadas na combinação utilizada na relação  $t_{lim}/d_{lim}$ ,

já que o comportamento da relação  $dlim/tlim$  em um modelo de dois parâmetros não é estritamente linear (MONOD; SCHERRER, 1965; MORTON, 1996).

Bishop, Jenkins e Howard (1998) sugeriram que o menor valor de  $tlim$  para uma determinada  $dlim$  não deve ser menor do que 3 min (180 s) em modelos de dois parâmetros, pois não leva em consideração a “inércia aeróbia” que está relacionada aos ajustes cardiorrespiratórios para que o consumo de oxigênio alcance seu estado de equilíbrio ou máximo (WILKIE, 1980; VANDEWALLE et al., 1989). A “inércia aeróbia” é identificada nos primeiros segundos do exercício (denominada fase I da resposta do consumo de oxigênio) (WHIPP, 1994). Esse período, de trajetória ascendente, é caracterizado por um atraso temporário na resposta do consumo de oxigênio, ocasionado pela dissociação entre o oxigênio absorvido no pulmão e o consumido especialmente pela musculatura esquelética, podendo durar aproximadamente de 15 a 20 s. Esse processo geralmente é associado à vasodilatação, ou seja, o tempo que leva para o organismo aumentar a frequência cardíaca e redirecionar o fluxo sanguíneo. Além disso, Gatin (2001) analisou 30 estudos que relataram a contribuição do sistema aeróbio durante exercícios máximos utilizando técnicas de modelagem matemática. Por meio dessa análise, sugere-se que, pelo valor médio de desempenho de 200 m (Tabela 1) encontrado em nosso estudo, houve uma contribuição de aproximadamente 35% do metabolismo anaeróbio nessa distância. Essas informações, aliadas aos resultados encontrados por este estudo, sugerem que os valores de desempenho 200 m dos nadadores avaliados foram alcançados com uma grande contribuição do metabolismo anaeróbio. No entanto, as demais distâncias utilizadas neste estudo (400, 800 e 1.500 m) parecem se beneficiar de um baixo percentual de contribuição do metabolismo anaeróbio.

Apesar de o  $tlim$  alcançado nos 200 m pelos nadadores ter sido suficiente para que estes alcançassem o  $VO_{2máx}$  (DEKERLE et al., 2006; PELAYO et al., 2007), isso não significa que essa  $dlim$  poderá ser aplicada para predição. A questão é a linearidade que se busca entre os pontos e que é prejudicada principalmente pela “inércia aeróbia”. Assim, independentemente de se alcançar um  $VO_{2máx}$  com determinada  $dlim$ , esta poderá estar sendo muito acometida pela “inércia aeróbia”, o que significa, hipoteticamente, que um  $tlim$  de 120 s e um  $tlim$  de 150 s alcançam o  $VO_{2máx}$ , mas um  $tlim$  de 150 s sofre menor influência da “inércia aeróbia”. A utilização de  $tlim$  inferiores a 150 s em modelos de dois parâmetros parece ser mais sensível para a predição de desempenho do que para a determinação da VC quando calculada com diferentes combinações de  $dlim$  (ZACCA; CASTRO, 2009). Além disso, Dekerle et al. (2002) salientam que a estimação do parâmetro  $b$  sofre muita variabilidade pelo fato de que, matematicamente, pequenas mudanças nos valores de  $tlim$  nas  $dlim$  mais curtas causam variações muito acentuadas no valor de “ $b$ ” (pois são  $tlim$  com suprimento energético predominantemente anaeróbio).

A dificuldade de encontrar um número de sujeitos suficiente para realizar todas as comparações visadas neste estudo em uma situação de competição foi um fator limitante. Contudo, a possibilidade de verificar o comportamento da relação entre desempenho e desempenho predito com diversas combinações para cada  $dlim$  justificou a realização do estudo. A escolha pelo método proposto por Bland e Altman (1986) para realizar essa comparação justifica-se pela possibilidade de verificar a acurácia (*bias*) e a precisão (limites de concordância) entre os valores de desempenho e os valores de desempenho predito.

Apesar das limitações do modelo matemático de dois parâmetros para predizer desempenho, é preciso também considerar que, ao menos em situação de competição (FLORENCE; WEIR, 1997), essa é a maneira mais prática e acessível que possibilita predizer desempenho, merecendo, assim, futuros estudos.

## CONCLUSÃO

A predição do desempenho de um atleta utilizando somente um cronômetro é uma possibilidade muito atrativa. No entanto, a possibilidade de predizer desempenho em nadadores juvenis por meio de um modelo de dois parâmetros, utilizando a relação  $dlim/tlim$ , precisa ser mais bem investigada. Os principais resultados encontrados neste estudo foram:

- 1) Em situação de treino, a predição de desempenho em nadadores juvenis não parece ser possível por causa, principalmente, da baixa precisão do desempenho predito (limites de concordância). As razões prováveis seriam:
  - dificuldade de proporcionar motivação similar a uma situação de competição;
  - influência do nível de experiência dos nadadores da amostra, especialmente nas distâncias mais longas (800 e 1.500 m).
- 2) Resultados distintos poderão ser encontrados se o desempenho for predito durante uma competição, especialmente nas provas mais longas (400, 800 e 1.500 m).
- 3) A utilização da distância de 200 m para a predição de desempenho em nadadores juvenis parece sofrer importante interferência da “inércia aeróbia”.

## PREDICTION OF PERFORMANCE OF 200, 400, 800 AND 1,500 METERS IN FRONT CRAWL THROUGH THE “DISTANCE LIMIT-TIME LIMIT” RELATIONSHIP

**Abstract:** The aim of this paper is to ascertain the degree of agreement between performance (200, 400, 800, and 1,500 m in front crawl) and predicted performance obtained by three different combinations of distances, calculated by a two-parameter model in eleven national level swimmers (14.3 ± 0.5 years). Results: Performance of 200 m – best agreement: Combination 400-1,500 m (mean difference, bias: 9.8 s; limits of agreement ± 1.96 SD to 30.5 - 11 s), 400 m, best agreement: 200-800 m (bias - 7,1 s, ± 1.96 SD: - 22 to 7.8 s), 800 m, best agreement: 400 - 1,500 m (bias: 1.8 s; ± 1.96 SD: - 27.2 to 30.8 s), 1,500 m, best agreement: 200 - 800 m (bias: 7.5 s, ± 1.96 SD: - 64.7 to 79.8 s). Conclusion: the prediction of performance during training does not seem possible, mainly due to the low accuracy of predicted performance (limits of agreement).

**Keywords:** swimming; prediction of performance; critical velocity.

## REFERÊNCIAS

- BISHOP, D.; JENKINS, D. G.; HOWARD, A. The critical power function is dependent on the duration of the predictive exercise tests chosen. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 19, p. 125-129, Feb. 1998.
- BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **Lancet**, London, v. 8, p. 307-310, 1986.
- DEKERLE, J.; PELAYO, P. Assessing aerobic endurance in swimming. In: SEIFERT, L.; CHOLLET, D. (Ed.). **World book of swimming: from science to performance**. Hauppauge: Nova Science, 2011.
- DEKERLE, J. et al. Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate, and anaerobic capacity in relation to front crawl swimming performances. **Int. J. Sports Med.**, v. 23, p. 93-98, 2002.
- DEKERLE, J. et al. Application of the critical power concept in swimming? **Portuguese Journal of Sport Sciences**, v. 6, n. 2, p. 121-124, 2006.
- ETTEMA, J. H. Limits of human performance and energy production. **Int. Z. Ang. Physiol. Einschl. Arbeitphysiol.**, v. 22, p. 45-54, 1966.

- FLORENCE, S.; WEIR, J. P. Relationship of critical velocity to marathon running performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 75, n. 3, p. 274-278, 1997.
- GASTIN, P. B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. **Sport Med**, v. 31, n. 10, p. 725-741, 2001.
- HILL, A. V. **Muscular movement in man: the factors governing speed and recovery from fatigue**. New York: McGraw-Hill, 1927. p. 41-44.
- KENNEDY, M.; BELL, G. J. A comparison of critical velocity estimates to actual velocities in predicting simulated rowing performance. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 25, n. 4, p. 223-235, 2000.
- MONOD, H.; SCHERRER, J. The work capacity of synergic muscle groups. **Ergonomics**, v. 8, p. 329-338, 1965.
- MORTON, R. H. A 3-parameter critical power model. **Ergonomics**, v. 39, p. 611-619, 1996.
- PELAYO, P. et al. Aerobic potential, stroke parameters, and coordination in swimming front-crawl performance. **Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 2, p. 347-359, 2007.
- POOLE, D. C. et al. Metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. **Ergonomics**, v. 31, n. 9, p. 1265-1279, 1988.
- RHODES, E. C.; MCKENZIE, D. C. Predicting marathon time from anaerobic threshold measurements. **Phys Sportsmed**, v. 12, p. 95-98, 1984.
- TOUSSAINT, H. M. et al. Simulated front crawl swimming performance related to critical speed and critical power. **Med. Sci. Sports Exer.**, v. 30, n. 1, p. 144-151, 1998.
- VANDEWALLE, H. et al. Comparison between a 30-s all-out test and a time-work test on a cycle ergometer. **Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.**, v. 58, n. 4, p. 375, 1989.
- \_\_\_\_\_. Work-exhaustion time relationships and the critical power concept. **J. Sports Med. Phys. Fitness**, v. 37, p. 89-102, 1997.
- WHIPP, B. J. The component of O<sub>2</sub> uptake kinetics during heavy exercise. **Med. Sci. Sports Exer.**, v. 26, p. 1319-1326, 1994.
- WILKIE, D. R. Equations describing power input by humans as a function of duration of exercise. In: CERRETELLI, P.; WHIPP, B. (Ed.). **Exercise bioenergetics and gas exchange**. Amsterdam: Elsevier, 1980. p. 75-80.
- ZACCA, R.; CASTRO, F. A. S. Comparison between different models to determine the critical speed in young swimmers. **Brazilian Journal of Exercise Physiology**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 2, p. 52-60, 2009.
- ZACCA, R. et al. Critical velocity, anaerobic distance capacity, maximal instantaneous velocity and aerobic inertia in sprint and endurance young swimmers. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v. 110, p. 121-131, 2010.
- ZOLADZ, J. A. et al. Changes in acid-base status of marathon runners during an incremental Field test. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v. 67, p. 71-76, 1993.

#### Contato

Rodrigo Zacca  
Rua Jari, 619, torre 3, apto. 1104, Passo D'Areia  
Porto Alegre – RS – Brasil – CEP 91350-170  
E-mail: rodrigozacca@yahoo.com.br

#### Tramitação

Recebido em 13 de setembro de 2010  
Aceito em 9 de março de 2011