

Artigo Original

## Esforço percebido e cinemática em percentuais da velocidade crítica na natação

Marcos Franken<sup>1</sup>  
Fernando Diefenthaler<sup>2</sup>  
Felipe Pivetta Carpes<sup>3</sup>  
Flávio Antônio de Souza Castro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Escola de Educação Física, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil

<sup>2</sup> Laboratório de Biomecânica, Centro de Desportos Trindade da UFSC, Florianópolis, SC, Brasil

<sup>3</sup> Centro de Ciências da Saúde de Uruguaiana da Universidade Federal do Pampa, Uruguaiana, RS, Brasil

**Resumo:** O objetivo do presente estudo foi verificar os efeitos de diferentes percentuais da velocidade crítica (VC) na frequência cardíaca (FC), na frequência média de ciclos de braçadas (FB), na distância média que o corpo desloca a cada ciclo de braçada (DC) e no esforço percebido (EP) no nado *crawl*. Quinze nadadores, de ambos os sexos, realizaram cinco repetições de 200 m em diferentes percentuais da VC (90, 95, 100, 103 e 105%), em ordem aleatória. A FC, o EP e a FB apresentaram correlação significativa positiva com os percentuais da VC ( $\rho = 0,585$ ,  $p < 0,001$ ;  $\rho = 0,720$ ,  $p < 0,001$ ;  $\rho = 0,489$ ,  $p < 0,001$ , respectivamente). Já a DC não apresentou correlação significativa com os percentuais da VC ( $\rho = -0,151$ ,  $p > 0,05$ ). Os resultados nos percentuais prescritos da VC podem ajudar técnicos a entender o impacto das respostas relacionadas à carga interna durante as sessões de treinamento.

**Palavras-chave:** Nado Crawl. Treinamento. Frequência Cardíaca.

### *Perceived exertion and kinematics in percentages of the critical speed in swimming*

**Abstract:** The aim of the present study was to investigate the effects of different percentages of critical speed (CS) in the heart rate (HR), the mean stroke rate (SR), the mean stroke length (SL), and perceived exertion (PE) in front crawl. Fifteen swimmers of both genders performed five repetitions of 200 m at different percentages of CS (90, 95, 100, 103, and 105%), in random order. HR, PE and SR showed a significant positive correlation with the percentage of CS ( $\rho = 0.585$ ,  $p < 0.001$ ,  $\rho = 0.720$ ,  $p < 0.001$ ,  $\rho = 0.489$ ,  $p < 0.001$ , respectively). However the SL showed no significant correlation with the percentages of CS ( $\rho = -0.151$ ,  $p > 0.05$ ). The results from percentages of CS may help coaches to understand the impact of responses related to the internal load during training program.

**Key Words:** Front Crawl. Training. Heart Rate.

### Introdução

Programas de treinamento visando alto rendimento em natação pressupõem a utilização de parâmetros de avaliação e controle para a quantificação das cargas e monitoramento do condicionamento físico do nadador ao longo de uma temporada. Dessa forma, é possível verificar as necessidades de cada atleta e oferecer adequada prescrição de treinamento (VILAS-BOAS et al., 1997). Destacam-se, dentre os parâmetros utilizados para a prescrição e o controle da intensidade do exercício em natação, a velocidade crítica (VC) e o esforço percebido (EP) (GREEN et al., 2005).

A VC foi inicialmente relacionada à velocidade média de nado (VN) correspondente à concentração de lactato [LA] de 4 mM

(WAKAYOSHI et al., 1992). Entretanto, estudos recentes indicam que a VC pode ser definida como a mais alta intensidade que pode ser sustentada por um longo período sem alcançar o máximo consumo de oxigênio ( $VO_2max$ ), ou seja, se situa como um marcador de transição entre as zonas de intensidade pesada e severa de exercício (POOLE et al., 1988; DEKERLE et al., 2010; ESPADA; ALVES, 2010; FRANKEN; ZACCA; CASTRO, 2011). Considerando os atuais estudos envolvendo o conceito de VC na natação, foram observados aumentos na [LA], na FC e no EP em 12 nadadores competitivos ao longo de uma série de treinamento intervalado com cinco repetições de 400 m, com intervalos de repouso passivo de 90 s entre cada repetição, em uma VN correspondente à VC [percentual da velocidade dos 400 m em máxima intensidade (%V400) de

93,7 ± 1,6%], que foi determinada nas distâncias de 200 e 400 m ([RIBEIRO; LIMA; GOBATO, 2010](#)). No entanto, [Dekerle et al. \(2010\)](#) ao avaliarem nove nadadores competitivos ao longo de uma série de treinamento intervalado com dez repetições de 400 m, com intervalos de repouso passivo de 40 s entre cada repetição, a uma VN correspondente à VC, que foi determinada nas distâncias de 100, 200, 400 e 800 m, encontraram estabilidade no comportamento da [LA] e aumento no EP.

A VC é um parâmetro não-invasivo de avaliação e, sendo assim, apresenta facilidade de aplicação em um grande número de atletas, mesmo durante as sessões de treino, sem a necessidade da utilização de equipamentos sofisticados ou coleta de amostras sanguíneas ([HILL; STEWARD; LANE, 1995](#)).

O uso do limiar anaeróbio (LAn) como indicador de zonas de intensidade é amplamente difundido entre técnicos e atletas ([SMITH; NORRIS; HOGG, 2002](#)), porém, poucos treinadores têm acesso a esse parâmetro. Sendo assim, monitoram a intensidade de nado por meio dos percentuais de desempenhos máximos nas provas, pela FC ou por EP e relacionado às distâncias e intervalos das séries prescritas. Este é um dos fatores que fomenta o desenvolvimento de protocolos alternativos, como o emprego das escalas de EP e análise do comportamento cinemático do nado (frequência e distância que o corpo desloca-se a cada ciclo de braçadas), analisadas em relação a parâmetros fisiológicos ([WAKAYOSHI et al., 1995](#)).

O EP é um parâmetro não-invasivo e prático que apresenta relação direta com a intensidade do exercício ([BORG, 1982; LIMA et al., 2006](#)). O comportamento do EP pode ser observado empregando-se a escala de Borg 6-20, a qual reporta um aumento linear da escala de esforço correlacionado com o aumento da FC, do VO<sub>2</sub> e da [LA] ([UEDA; KUROKAWA, 1995; LIMA et al., 2006](#)). Estudos recentes indicam que o EP apresenta um papel importante no controle da tolerância ao exercício, em modalidades como a natação ([SUZUKI et al., 2007](#)), sendo entendida como uma representação complexa, central e integrada das mais variadas funções corporais alteradas de forma aguda pela atividade muscular ([ST CLAIR GIBSON et al., 2003](#)) e experiências com o exercício ([ALBERTUS et al., 2005](#)). Ou seja, a integração entre as informações

provenientes dos diversos mecanismos fisiológicos e a experiência na modalidade esportiva, em relação à duração e a intensidade da mesma, refletem-se no EP. Esses ajustes fisiológicos e estratégias de tolerância ao esforço, produzem sinais sensoriais aferentes, que são capazes de alterar o EP. De forma alternativa, [Marcora \(2009\)](#) define que o EP é produzido a partir de estímulos corolários aos impulsos motores, em forma de resposta de cópia eferente do córtex motor para o sensorial e que esta resposta poderia ser modulada também pela atividade mental e por níveis de estados psicológicos favoráveis ou adversos às situações ([MARCORA; STAIANO; MANNING, 2009](#)).

[Lima et al. \(2006\)](#) analisaram o comportamento das variáveis cinemáticas, como a frequência média de ciclos de braçadas (FB) e a distância média que o corpo se desloca a cada ciclo de braçada (DC), aliado a limiares metabólicos, porém, baseados no EP em teste incremental de cinco repetições de 200 m em nado crawl (cujas intensidades foram prescritas nos valores de 9, 11, 13, 15 e 17 da escala de 6-20), com 90 s de repouso passivo entre cada repetição, e encontraram correlações individuais entre o EP prescrito e a velocidade, a [LA], a FC, a DC e a FB que variaram entre  $r = 0,95 - 0,99$ ;  $r = 0,84 - 1,00$ ;  $r = 0,94 - 1,00$ ;  $r = -0,78 - 1,00$ ;  $r = 0,90 - 0,99$ , respectivamente.

Com relação às variáveis cinemáticas de nado, a VN é o produto entre FB e DC, ou seja, depende dessas duas variáveis ([CRAIG; PENDERGAST, 1979; SMITH; NORRIS; HOGG, 2002](#)). Dessa forma, para se alcançar uma determinada VN, os nadadores adotam, geralmente, a combinação entre FB e DC que julgam ser a mais eficiente ([DEKERLE et al., 2005; FRANKEN et al., 2008](#)). [Ribeiro, Lima e Gobatto \(2010\)](#) encontraram um aumento nas respostas da FB com concomitante redução na DC na tentativa de manter uma VN correspondente à VC durante uma série intervalada de cinco repetições de 400 m no estilo crawl.

Considerando a relação entre a velocidade média de nado (VN), variáveis fisiológicas e o EP ([UEDA; KUROKAWA, 1995](#)), cabe verificar o comportamento do EP, da frequência cardíaca (FC) e das variáveis cinemáticas de nado em intensidades prescritas por meio de percentuais da VC. A relação entre percentuais da VC,

parâmetros cinemáticos, FC e o EP parece não ter sido investigada, ainda que a VC se mostre um parâmetro de fácil aplicação e útil para a prescrição e monitoramento das intensidades de treinamento em natação. Ainda, ao passo que para a determinação da VC são necessárias apenas duas repetições máximas, diferentemente de protocolos progressivos, quando diversas repetições de uma mesma distância são necessárias para a determinação do limiar anaeróbio, por exemplo, a VC, e respectivos percentuais, tornam-se ainda mais fáceis de serem obtidos, em comparação a outros protocolos. Ou seja, a utilização da VC é mais prática, mais econômica e não-invasiva.

Sendo assim, o objetivo geral deste estudo foi verificar o efeito da aplicação dos percentuais da VC sobre as respostas da FC, das variáveis cinemáticas e do EP no nado crawl. Considerando a relação entre a VN e as variáveis fisiológicas com o EP, espera-se que valores de EP, FC e variáveis cinemáticas apresentem comportamentos de incremento em relação aos diferentes percentuais da VC. Se encontrados esses comportamentos, esta relação, futuramente, poderia contribuir na utilização mais objetiva desses percentuais na prescrição de intensidade de treino. Além disso, a obtenção dessas respostas fisiológicas, biomecânicas e perceptuais pode servir como um parâmetro de controle da intensidade e da técnica na natação,

**Tabela 1.** Medidas antropométricas e o somatório de dobras cutâneas dos nadadores (n = 15), média e desvio-padrão (dp).

	Somatório de dobras cutâneas (mm)	Estatura (cm)	Envergadura (cm)	Massa corporal (kg)
Média	50,2	170,9	177,3	62,4
dp	12,4	5,8	7,8	8,3

### Familiarização com a Escala de 15 pontos de Borg

Os indivíduos realizaram três a cinco sessões de familiarização com a escala de 15 pontos de Borg (BORG, 2000) durante seus treinamentos, antes da aplicação dos protocolos deste estudo. A escala era apresentada aos participantes ao longo das sessões de treino, em exercícios de diferentes intensidades e distâncias (que variaram entre 100, 200, 400 e 800 m) quando os nadadores atribuíam um valor numérico na escala correspondente ao seu EP no instante solicitado. Como a escala possui atributos verbais ao lado dos números, facilitava a escolha, pois a relação

em vista que os técnicos melhor conheceriam os impactos sobre as respostas relacionadas à carga interna.

### Material e Métodos

Participaram deste estudo 15 nadadores meio-fundistas (nove homens e seis mulheres) participantes de campeonatos de nível regional e nacional e com idade entre 18 e 27 anos, vinculados à Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos. Todos apresentavam, no mínimo, seis anos de experiência competitiva na modalidade e treinavam entre seis e oito vezes por semana, com volume de treino entre 25.000 e 40.000 m por semana. Antes das avaliações, os participantes foram informados de todos os procedimentos metodológicos, assinando um termo de consentimento livre e esclarecido concordando com a participação no estudo. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição onde foi realizado, sob parecer número 2007887. Os testes foram realizados no horário de treino dos atletas. Foi recomendado aos sujeitos que reduzissem os níveis de atividade física por um período mínimo de 24 horas antes de todas as avaliações. Na Tabela 1 são apresentados os valores médios e de desvios-padrão de massa corporal, estatura, envergadura e o somatório de dobras cutâneas (tricipital, abdominal, supra-ílica e subescapular) para caracterização da amostra.

entre os atributos verbais e os valores numéricos aprimora o hábito do indivíduo em usar a escala (ex.: 6 - sem nenhum esforço; 19 - extremamente intenso).

### Procedimentos experimentais

Todas as coletas de dados foram realizadas em piscina de 25 m com temperatura da água entre 28° e 30°C. Foi adotado o estilo *crawl*, com aquecimento realizado livremente, entre 800 e 1200 m de nado em baixa intensidade. Após, os atletas realizaram (1) repetições máximas nas distâncias de 200 e 400 m, em ordem aleatória e separadas por, no mínimo 24 horas, e (2) um

teste para verificação da FC, do EP e das variáveis cinemáticas em esforços de 200 m realizados sob cinco diferentes percentuais da VC, no mínimo 48 horas após a segunda repetição máxima.

### *Determinação da velocidade crítica*

Para a determinação da VC foram registrados os tempos para a realização de 200 e 400 m (DEKERLE et al., 2002) na máxima intensidade em piscina de 25 m. Para a execução dos 200 e 400 m, os nadadores realizaram saída de baixo e foram incentivados verbalmente e gestualmente, antes e durante os 200 e 400 m, para a máxima intensidade de nado possível. Os dados de distância (200 e 400 m) e tempo (tempo para os 200 m em s, e tempo para os 400 m em s) foram inseridos em um modelo de regressão linear, o que resultou numa reta cuja equação definiu o coeficiente angular determinando a VC individual (WAKAYOSHI et al., 1992). Ainda, a VC foi reportada, também em percentual da velocidade média do teste de 400 m (%V400).

### *Teste baseado nos percentuais da VC*

O protocolo do teste baseado nos percentuais da VC consistiu de cinco repetições de 200 m (T200), com intervalos de 90 s de repouso passivo, para o relato do EP. Anteriormente ao teste baseado nos percentuais da VC, foi demarcada uma faixa central na piscina, medindo 10 m, a fim de minimizar efeitos da propulsão contra a borda sobre a VN. Com auxílio de cronômetros (*Technos, modelo 100 lap memory, Suíça*) com resolução de 0,01 s, foram registrados os tempos das parciais de 10 m (T10) e o tempo para a execução de três ciclos de braçada (T3c) em cada trecho da piscina de 25 m por dois avaliadores experientes, sendo utilizados posteriormente, para o cálculo da FB e da DC.

Por meio do quociente entre o número de ciclos de braçadas (três ciclos) realizado na faixa central da piscina e o tempo, foi determinada a FB. A DC foi definida pelo quociente entre a VN obtida na faixa central dos 10 m, e a FB. As repetições de 200 m nos diferentes percentuais prescritos da VC foram realizadas em ordem aleatória: 90, 95, 100, 103 e 105%. A VN individual relativa a cada percentual da VC foi calculada e transformada em tempo. Esse tempo era informado imediatamente ao nadador antes da realização de cada repetição. Foram registrados o T200, T10, T3c, FC, EP e a VN real foi expressa em percentual da VC. Os dados

obtidos foram utilizados posteriormente para o cálculo da VN de cada repetição, da FB e da DC em cada deslocamento do protocolo. O controle da VN foi realizado por meio de sinais sonoros e gestos manuais em cada percurso, a fim de que não houvesse diferenças, ao longo da distância, entre a velocidade prescrita e a real. A faixa de tolerância para erros foi de 2,5%, tanto acima como para baixo, em cada percentual da VC (SEIFERT; CHOLLET; BARDY, 2004). Ao final de cada repetição de esforço, o indivíduo reportou o EP de forma geral pela visualização da escala de percepção de esforço e foi fornecida ao nadador a informação do tempo total, para que o indivíduo pudesse realizar os ajustes necessários para a repetição subsequente. A FC foi monitorada após cada repetição, com um frequencímetro (Polar modelo S810, Polar Electro Oy, Finlândia), quando o nadador permanecia na vertical, dentro da piscina, imediatamente após cada repetição.

### *Análise estatística*

Foram calculadas medianas e/ou médias, desvios e erros-padrão das variáveis de VC, EP, VN, FC, FB e DC. A normalidade na distribuição dos dados das variáveis numéricas foi verificada com a aplicação do teste de Shapiro-Wilk. As correlações entre as variáveis foram realizadas com a aplicação do teste de correlação de Spearman para dados não-paramétricos. Um teste *t* de Student simples foi utilizado para comparar a VN prescrita (valor único, por exemplo, 95% da VC) e a VN real (% da VC realmente atingido em média). Quando encontradas diferenças entre os % prescritos e reais da VC, os reais eram comparados com o valor percentual prescrito imediatamente superior (por exemplo, se a velocidade real prescrita para 95% da VC, fosse superior a 95% da VC, a velocidade real era comparada com 100% da VC). Os cálculos foram realizados no programa SPSS 12.0 para  $\alpha < 0,05$ .

## **Resultados**

A média e o desvio-padrão da VC dos nadadores foi de  $1,29 \pm 0,10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , com %V400 de  $94,62 \pm 2,72\%$ . Na Tabela 2 são apresentadas as comparações entre o percentual da velocidade crítica prescrita (VNp) e o % real da velocidade crítica (VNr) e as comparações entre percentuais em que ocorreram diferenças significantes entre a VNp e a VNr com o percentual imediatamente acima nos esforços do teste baseado nos percentuais da VC.

Diferenças significantes foram encontradas entre a VNp e VNr nos percentuais de 90, 100 e 103% ( $p < 0,01$ ) (Tabela 2). Porém, nas comparações com os percentuais imediatamente superiores, também ocorreram diferenças significantes ( $p < 0,01$ ), indicando que o protocolo

realmente possibilitou diferentes velocidades de nado. Na Tabela 3 são apresentadas as variáveis de percentual da VNr e EP no nado crawl, considerando média  $\pm$  desvio-padrão (dp), mediana (mínimo-máximo) e incidência do valor da mediana de EP para cada percentual da VC.

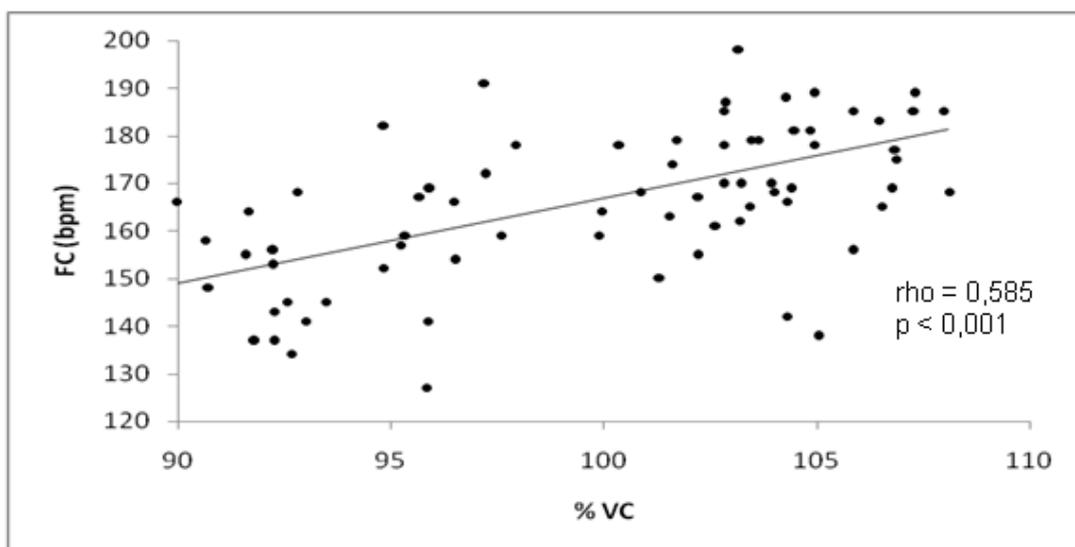
**Tabela 2.** Comparação entre os valores dos percentuais de VC prescrita (VCp) e VC real (VCr). Média  $\pm$  desvio-padrão (dp) e nível de significância (p).

VCp %	VCr (média $\pm$ dp) %	P (entre prevista e real)	p (entre real e percentual imediatamente acima)
90	91,96 $\pm$ 1,34	< 0,001	< 0,001
95	95,80 $\pm$ 1,52	0,060	-
100	102,46 $\pm$ 2,17	< 0,001	0,037
103	103,81 $\pm$ 1,34	0,035	< 0,001
105	105,76 $\pm$ 1,46	0,987	-

**Tabela 3.** Análise descritiva das variáveis de percentuais da VCr e EP no nado crawl, para média  $\pm$  desvio-padrão (dp), mediana (mínimo-máximo) e incidência do valor de EP.

% VCr (média $\pm$ dp)	Mediana EP (mínimo-máximo) e incidência
91,96 $\pm$ 1,34	11 (11-12) 75%
95,80 $\pm$ 1,52	13 (11-14) 65%
102,46 $\pm$ 2,17	13 (13-16) 70%
103,81 $\pm$ 1,34	15 (13-17) 50%
105,76 $\pm$ 1,46	16 (15-17) 65%

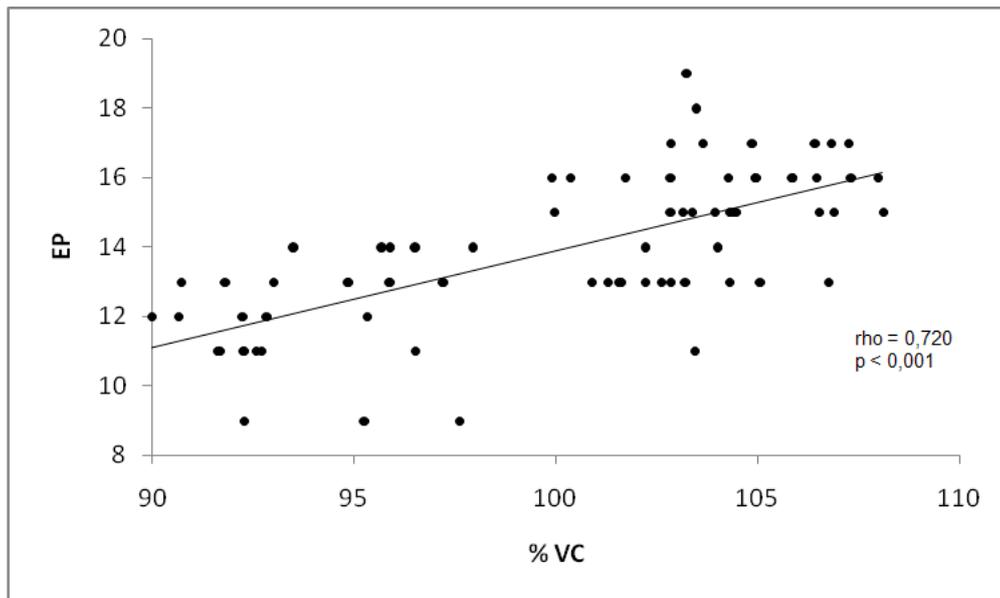
Pode-se verificar, na Tabela 3, incrementos de % VCr, nos seus valores reais, sendo acompanhados por incrementos da mediana do EP. De modo específico, entre os % 95,80  $\pm$  1,52 e 102,46  $\pm$  2,17 da VCr, a mediana do EP foi a mesma (13), mas os valores mínimos e máximos registrados foram diferentes (11-14 e 13-16, respectivamente) e com maior incidência do EP 13 no maior % VCr. A Figura 1 mostra a dispersão entre percentuais da VCr e a FC durante os esforços no teste baseado nos percentuais da VC ( $\rho = 0,585$ ,  $p < 0,001$ ). Houve correlação positiva entre a FC e os percentuais da VCr (Figura 1).



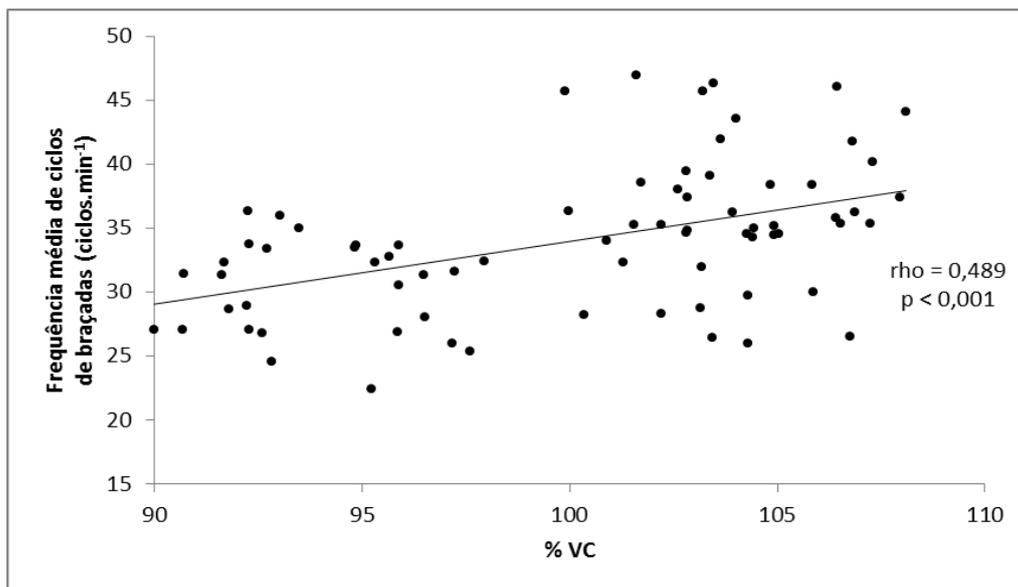
**Figura 1.** Dispersão entre percentuais da velocidade crítica real (VCr) e a frequência cardíaca (FC),  $p < 0,01$ ,  $n = 15$ .

A Figura 2 apresenta a dispersão entre os percentuais da VC e o EP durante os esforços no teste baseado nos percentuais da VC ( $\rho =$

0,720,  $p < 0,001$ ). Houve correlação positiva entre EP e os percentuais da VC.



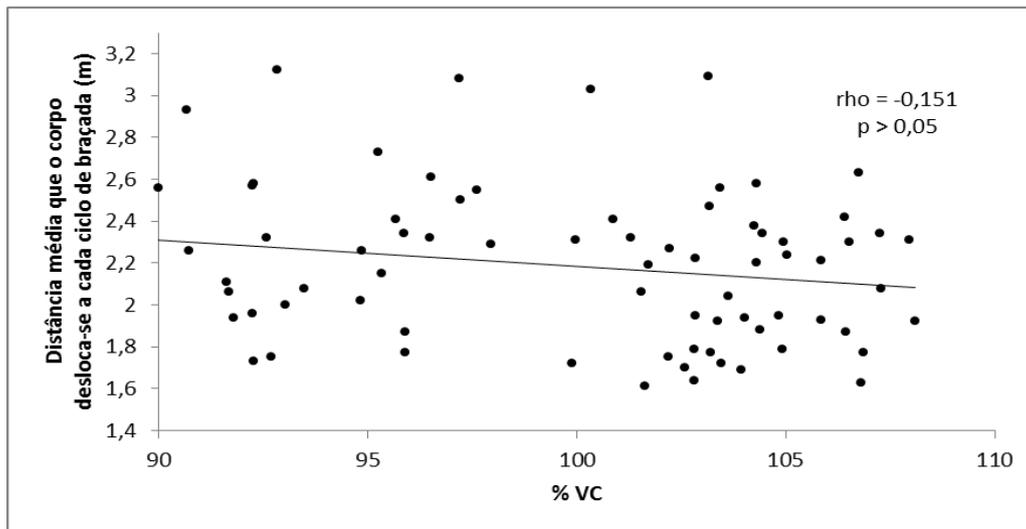
**Figura 2.** Dispersão entre percentuais da velocidade crítica real (VCr) e o esforço percebido (EP),  $p < 0,01$ ,  $n = 15$



**Figura 3.** Dispersão entre percentuais da velocidade crítica (%VC) e a frequência média de ciclos de braçadas (FB),  $p < 0,001$ ,  $n = 15$ .

Com relação às variáveis cinemáticas, a Figura 3 apresenta a dispersão entre os percentuais da VC e a FB durante os esforços no teste baseado nos percentuais da VC ( $\rho = 0,489$ ;  $p < 0,001$ ). Houve correlação significativa positiva entre os valores de FB e os percentuais da VC. Os valores médios de FB para os percentuais de 90, 95, 100, 103 e 105% da VC foram respectivamente de  $29,63 \pm 4,00$ ;  $31,10 \pm 3,09$ ;  $35,40 \pm 6,20$ ;  $36,18 \pm 5,25$ ;  $37,31 \pm 5,32$  ciclos.min<sup>-1</sup>.

A Figura 4 apresenta a dispersão entre os percentuais da VC e a DC durante os esforços no teste baseado nos percentuais da VC ( $\rho = -0,151$ ,  $p > 0,05$ ). A DC não apresentou correlação significativa com os percentuais da VC. Os valores médios de DC foram  $2,31 \pm 0,41$ ;  $2,26 \pm 0,35$ ;  $2,15 \pm 0,39$ ;  $2,10 \pm 0,37$ ;  $2,08 \pm 0,30$  m, respectivamente para os percentuais de 90, 95, 100, 103 e 105% da VC.



**Figura 4.** Dispersão entre percentuais da velocidade crítica (%VC) e distância média que o corpo se desloca a cada ciclo de braçada (DC),  $p > 0,05$ ,  $n = 15$ .

### Discussão

Considerando possíveis aplicações dos percentuais da VC no treinamento em natação, o objetivo deste estudo foi verificar o efeito da aplicação dos diferentes percentuais da VC sobre as respostas da FC, das variáveis cinemáticas e do EP no nado crawl, buscando evidências que suportem a utilização de percentuais da VC como método de prescrição da intensidade durante o treinamento.

Durante o teste baseado nos diferentes percentuais da VC, a FC e o EP apresentaram correlação significativa com os percentuais da VC (Figuras 1 e 2). Isso demonstra que a determinação das intensidades utilizando percentuais da VC é aplicável para o processo de treinamento em natação. Como as diferentes intensidades no treinamento devem causar diferentes adaptações, tanto fisiológicas, quanto biomecânicas, há a necessidade de diferenciar e caracterizar essas intensidades. Porém, não foram encontradas referências empregando métodos similares de prescrição de intensidade ao do presente estudo, e que suportem os procedimentos aqui empregados. Isso ocorre porque a maioria dos estudos utiliza análises laboratoriais e/ou outros métodos para aquisição de dados fisiológicos das diferentes intensidades de exercícios, tais como carga no cicloergômetro e velocidade na esteira (LIMA et al., 2006).

Ueda e Kurokawa (1995) utilizaram protocolo de nado estacionário e encontraram correlações

significantes entre o EP, a VN, o  $VO_2$ , a FC e [LA] ( $r$  entre 0,989 e 0,999 para homens e mulheres), em velocidades sub-máximas progressivas de nado, ou seja, havia aumentos proporcionais entre as variáveis cinemática (VN) e fisiológicas (EP,  $VO_2$ , FC e [LA]), resultados similares aos do presente estudo. Concordando com o presente estudo, porém baseados no EP em teste incremental no nado livre, Lima et al. (2006) encontraram uma relação linear significativa entre o EP prescrito e a VN com correlações individuais que variaram entre 0,94 e 1,00, sugerindo que a determinação das intensidades de nado utilizando o EP é um método aplicável para o controle da VN na natação.

Ainda baseados no EP, porém relacionando com outros indicadores e, em outras modalidades, Marriot e Lamb (1996) ao avaliarem nove remadores competitivos em um remoergômetro, encontraram uma relação linear entre o EP e a potência média (W) e a FC, tanto em um teste incremental de estimativa do EP ( $r$  = entre 0,95 e 0,96,  $p < 0,01$ ), quanto em um teste realizado em ordem aleatória das intensidades ( $r$  = entre 0,82 e 0,84,  $p < 0,001$ ). Demura e Nagasawa (2003), ao analisarem as relações entre o EP e a FC no ciclismo em 10 indivíduos saudáveis, que realizaram um teste incremental até a ocorrência da exaustão, com recuperação ativa de 25 minutos em cicloergômetro, encontraram correlações significativas positivas durante o teste ( $r = 0,99$ ). Corroborando os achados citados anteriormente, porém analisando

o EP com limiares metabólicos, [Taylor e Maclaren](#) (1998), ao analisarem a relação entre o EP correspondente ao limiar de lactato e por meio de concentrações fixas de [LA] de 2,0; 2,5 e 4,0 mmol.l<sup>-1</sup> e compararem com dados semelhantes de outros dois estudos em nadadores competitivos ([HETZLER](#) et al., 1991; [SEIP](#) et al., 1991) em teste incremental, encontraram diferenças entre o limiar de lactato e as concentrações fixas de [LA] de 2,0, 2,5, e 4,0 mmol.l<sup>-1</sup> com os valores médios de EP de 12,8 ± 1,6, 13,0 ± 2,1, 13,7 ± 1,8, 15,9 ± 1,5, respectivamente.

Estes resultados sugerem que o EP pode ser utilizado como um protocolo alternativo do teste de análise da [LA]. Cabe ressaltar o fator limitante do não uso de limiares metabólicos no presente estudo. No presente estudo, ao se verificar a incidência dos valores de EP entre os valores de VN<sub>r</sub>, observou-se um incremento da mediana de EP concomitante ao incremento da VC. No entanto, quando da análise dos percentuais 95,80 ± 1,52 e 102,46 ± 2,17 da VC, a mediana do EP foi a mesma (EP = 13), mas com maior incidência e maiores valores mínimos e máximos para o percentual de 102,46 quando comparado ao percentual de 95,80. Ou seja, mesmo que a mediana do EP tenha sido a mesma (13), 102,46% foi realmente mais intenso que 95,8%. Este comportamento poderia estar relacionado à variabilidade individual do EP, inerente ao processo que busca relatar o esforço percebido.

Cabe ressaltar que o comportamento do EP pode ser alterado por outros fatores psicológicos e não fisiológicos, como expectativas em relação à duração e/ou distâncias a serem realizadas ([ALBERTUS](#) et al., 2005). No presente estudo, o teste de cinco repetições de 200 m foi realizado com as intensidades determinadas de maneira aleatória, para se verificar o real comportamento do EP. Este procedimento foi executado a fim de se evitar uma possível influência de fatores situacionais, o que pode justificar a relação significativa positiva, porém, de forma não-linear, indicando que o EP pode aumentar não de modo proporcional linear em função do incremento dos percentuais da VC.

Em relação ao comportamento das variáveis cinemáticas no presente estudo, a FB apresentou correlação significativa positiva ( $\rho = 0,489$ ,  $p < 0,01$ ) com os percentuais da VC. Concordando com o presente estudo, porém baseados no EP,

[Lima](#) et al. (2006) encontraram correlação significativa positiva da FB e da velocidade com o aumento do EP prescrito, durante teste incremental em cinco repetições de 200 m no nado *crawl* nos esforços de 9, 11, 13, 15 e 17 da escala de 6-20, com intervalos de 90 s de repouso passivo entre cada repetição, e as correlações individuais variaram entre 0,90 e 0,99 ( $p < 0,01$ ). Ainda, [Wakayoshi](#) et al. (1995) ao avaliarem 10 nadadores competitivos, encontraram correlações significativas positivas entre a velocidade cúbica e o VO<sub>2</sub> e os valores de FB ( $r = 0,89$ ,  $p < 0,05$ ; para  $r = 0,99$ ,  $p < 0,01$  e  $r = 0,92$ ,  $p < 0,05$ ; para  $r = 0,99$ ,  $p < 0,01$ ) em *swimming flume* analisando a economia de nado (utilizando cinco ou seis intensidades sub-máximas, com duração de seis minutos cada).

Não foram encontradas correlações significantes entre os resultados da DC e os percentuais da VC. Porém, [Lima](#) et al. (2006) encontraram correlações individuais significantes negativas entre a DC e o EP prescrito. Essas correlações variaram entre -0,78 e -1,00 em teste incremental de cinco repetições de 200 m no nado *crawl* nos esforços de 9, 11, 13, 15 e 17 da escala de 6-20, com intervalos de 90 s de repouso passivo entre cada repetição. Esta relação significativa negativa encontrada no estudo de [Lima](#) et al. (2006), diferentemente ao resultado encontrado no presente estudo, pode ser explicada pelo fato de os nadadores terem realizado as cinco repetições de forma incremental e com base no EP prescrito, o que pode ter induzido os nadadores ao incremento da velocidade de forma linear para cada repetição. Como a VN é o produto entre FB e DC ([SMITH; NORRIS; HOGG](#), 2002), ao se aumentar a velocidade de uma forma linear e significativa em um teste incremental, de fato, o nadador irá incrementar a FB e reduzir a DC de forma linear e significativa.

De acordo com [Castro](#) (2007), parece existir um limite biomecânico, muito relacionado à intensidade de nado caracterizada por limiar anaeróbico, em esforços de longa duração, acima do qual, a DC torna-se comprometida. Ainda, nadadores adotam diferentes combinações das variáveis técnicas de comportamento das braçadas ao entrarem em processo de fadiga ao longo da realização de séries de esforços de treinamento intervalado. O fato de não ocorrer relação significativa entre os percentuais da VC e os valores de DC dos nadadores no presente

estudo, pode ser explicada pela curta duração do teste, que não foi suficiente para ocorrer uma adaptação significativa da DC, apesar do incremento da velocidade pelo aumento dos percentuais da VC a cada repetição realizada (RIBEIRO; LIMA; GOBATTO, 2010).

Ainda, Dekerle et al. (2005) avaliaram o comportamento de parâmetros cinemáticos de 12 nadadores competitivos em diferentes intensidades, os quais realizaram quatro sessões de teste de trinta minutos sub-máximo à 75, 80, 85 e 90% da máxima VN de um teste de 400 m (V400) no nado *crawl*, quando foi estimado a máxima fase estável de lactato sanguíneo (MFEL). Os valores da velocidade de MFEL foram em média de  $1,22 \pm 0,09 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , o que representou um percentual médio de  $88,9 \pm 3,3\%$  da V400, porém, quando os nadadores realizaram a intensidade de 5% acima do valor da velocidade da MFEL ocorreu um aumento significativo nos valores da FB e redução significativa da DC. Essa redução na DC pode ser atribuída à ocorrência de fadiga muscular, diminuindo, dessa forma, a aplicação de força propulsiva e, conseqüentemente a VN. Para a manutenção da VN em intensidades superiores a MFEL, nadadores costumam aumentar de forma compensatória a FB, uma vez que ocorre redução na DC (SCHNITZLER; SEIFERT; CHOLLET, 2009).

Segundo Yanai (2003), o incremento da VN durante uma prova ou uma sessão de treino pode ser explicada por aumento da FB e diminuição, concomitante, de DC (mas o módulo da variação positiva da FB é maior que o módulo da variação negativa da DC). Incremento da FB é a estratégia utilizada pelos nadadores quando da necessidade de aumento agudo da VN (YANAI, 2003; MARINHO et al., 2006) e representa a adequação neuromuscular a uma nova situação de intensidade mais elevada de nado.

O EP está associado à projeção de tolerância do indivíduo em adotar estimativas imediatas de desempenho, tendo como base estimativas da reserva metabólica, taxa metabólica do momento e a distância para a meta final, ao realizar exercício (ULMER, 1996; SUZUKI et al., 2007). Assim, a curta duração do teste de cinco repetições de maneira aleatória realizado no presente estudo, não foi suficiente para alterar de forma linear os valores do EP aos percentuais da VC. Assim, parece que quanto maior for a

duração de uma série de treinamento intervalado a ser executada, mais linear será a variação dos valores do EP.

## Conclusão

As correlações significantes entre EP, FC e FB com os diferentes percentuais prescritos a partir da VC podem auxiliar técnicos de natação a prescreverem intensidades com base na VC, com o conhecimento dos impactos a serem esperados sobre as respostas relacionadas à carga interna, nas sessões de treinamento em natação.

Os nadadores se utilizaram do aumento da FB como estratégia para o aumento da intensidade. Já os valores de DC não apresentaram correlação significativa com os percentuais da VC, o que pode ser explicado pela duração do teste utilizado, que não foi suficiente para acarretar em uma relação negativa com a DC, apesar do incremento da velocidade pelo aumento dos percentuais da VC, em cada repetição realizada. Ainda, o fato de não ocorrer correlação nos valores de DC pode ser explicado como uma estratégia dos nadadores de minimizar a redução dos valores de DC, e conseqüentemente, a aplicação de força propulsiva a cada repetição, mesmo tendo que incrementar a FB.

## Referências

- ALBERTUS, Y. et al. Effect of distance feedback on pacing strategy and perceived exertion during cycling. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 37, n.3, p. 461-468, 2005. DOI: [10.1249/01.MSS.0000155700.72702.76](https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000155700.72702.76). Acesso em: 20 set. 2008.
- BORG, G. A. V. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 14, p. 377-381, 1982. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7154893>. Acesso em: 10 mar. 2007.
- BORG, G. A. V. **Escalas de Borg para a dor e esforço percebido**. São Paulo. Manole. 2000.
- CASTRO, F. A. S. **Determinantes do desempenho para a prova de 200 m nado livre**. Porto Alegre, 2007. Tese (Doutorado em Ciências do Movimento Humano) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: [http://biblioteca.universia.net/html\\_bura/ficha/para\\_ms/id/38072061.html](http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/para_ms/id/38072061.html). Acesso em: 20 dez. 2007.
- CRAIG JR, A. B.; PENDERGAST, D. R. Relationships of stroke rate, distance per stroke

and velocity in competitive swimming. **Medicine and Science in Sports**, v. 11, n. 3, p.278-283, 1979. Disponível em: [http://www.teamtermin.com/docs/Relationships\\_of\\_Stroke\\_Rate\\_Velocity\\_and\\_Distance\\_Per\\_Stroke\\_Pendergast\\_Craig\\_1976.pdf](http://www.teamtermin.com/docs/Relationships_of_Stroke_Rate_Velocity_and_Distance_Per_Stroke_Pendergast_Craig_1976.pdf). Acesso em: 5 abr. 2007.

DEKERLE, J. et al. 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, p. 93-8, 2002. DOI: [10.1055/s-2002-20125](https://doi.org/10.1055/s-2002-20125) Acesso em: 17 mar. 2007.

DEKERLE, J. et al. Stroking parameters in front crawl swimming and maximal lactate steady state speed. **International Journal of Sports Medicine**, v. 26, p. 53-58, 2005. DOI: [10.1055/s-2004-817854](https://doi.org/10.1055/s-2004-817854). Acesso em: 24 abr. 2007.

DEKERLE, J. et al. Characterising the slope of the distance–time relationship in swimming. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 13, p. 365-370, 2010. DOI: [10.1016/j.jsams.2009.05.007](https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.05.007). Acesso em: 10 mai. 2009.

DEMURA, S.; NAGASAWA, Y. Relations between perceptual and physiological response during incremental exercise followed by an extended bout of submaximal exercise on a cycle ergometer. **Perceptual Motor Skills**, v.96, p.653-63, 2003. Disponível em: <http://www.amsciepub.com/doi/abs/10.2466/pms.2003.96.2.653>. Acesso em: 20 ago. 2007.

ESPADA, M. A.; ALVES, F. B. Critical velocity and the velocity at maximal lactate steady state in swimming. In: BIOMECHANICS AND MEDICINE IN SWIMMING, 9., 2010, Oslo, **Program and abstract book**. Oslo: [s.n.], 2010. p.194-196.

FRANKEN, M. et al. Relação entre cinemática e antropometria de nadadores recreacionais e universitários. **Revista Motriz**, v.14, n.3, p.329-336, 2008. Disponível em: <http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/motriz/article/view/1267>. Acesso em: 12 dez. 2008.

FRANKEN, M.; ZACCA, R.; CASTRO, F. A. S. Velocidade crítica em natação: fundamentos e aplicação. **Revista Motriz**, v.17, n.1, p.209-222, 2011. Disponível em: doi: <http://dx.doi.org/10.5016/1980-6574.2011v17n1p209>. Acesso em: 10 mar. 2007.

GREEN, J. M. et al. RPE-lactate dissociation during extended cycling. **European Journal of Applied Physiology**, v.94, p.145-50, 2005. DOI: [10.1007/s00421-004-1311-2](https://doi.org/10.1007/s00421-004-1311-2). Acesso em: 13 mai. 2007.

HETZLER, R. K. et al. Effect of exercise modality on ratings of perceived exertion at various lactate concentrations. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.32, p.88-92, 1991. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1997817>. Acesso em: 10 mai. 2007.

HILL, D. W.; STEWARD, R. P. J. R.; LANE, C. J. Application of the critical power concept to young swimmers. **Pediatric Exercise Science**, v.7, p.281-93, 1995.

LIMA, M. C. S. et al. 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**, v.12, p.1-5, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbme/v12n5/09.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2007.

MARCORA, S. M. Perception of effort during exercise independent of afferent feedback from skeletal muscles heart and lungs. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.106, p.2060-2062, 2009.

MARCORA, S. M.; STAIANO, W.; MANNING, V. Mental fatigue impairs physical performance in humans. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.106, n.3, p.857-864, 2009.

MARINHO, D. A. et al. The behaviour of kinematic parameters during a time to exhaustion test at VO<sub>2</sub>MAX in elite swimmers. **Journal of Human Movement Studies**, v.51, p.001-010, 2006. Disponível em: [http://sigarra.up.pt/fadeup/publs\\_pesquisa.formvie/w?p\\_id=201](http://sigarra.up.pt/fadeup/publs_pesquisa.formvie/w?p_id=201). Acesso em : 20 nov. 2007.

MARRIOTT, H. E.; LAMB, K. L. The use of ratings of perceived exertion for regulating exercise levels in rowing ergometry. **European Journal of Applied Physiology**, v.72, p.267-71, 1996. DOI: [10.1007/BF00838650](https://doi.org/10.1007/BF00838650)[10.1007/BF00838650](https://doi.org/10.1007/BF00838650). Acesso em: 20 set. 2007.

POOLE, D. C. et al. A metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. **Ergonomics**, London, v.31, p.1265-1279, 1988.

RIBEIRO, L. F. P. R.; LIMA, M. C. S.; GOBATTO, C. A. Changes in physiological and stroking parameters during interval swims at the slope of the d-t relationship. **Journal of Science and Medicine in Sport**, Belconnen, v.13, n.1, p.141-145, 2010. DOI: [10.1016/j.jsams.2008.10.001](https://doi.org/10.1016/j.jsams.2008.10.001). Acesso em: 20 out. 2009.

SCHNITZLER, C.; SEIFERT, L.; CHOLLET, D. Variability of coordination parameters at 400-m

front crawl swimming pace. **Journal of Sport Sciences and Medicine**, v.8, p.203-210, 2009. Disponível em: <http://www.jssm.org/vol8/n2/6/v8n2-6abst.php>. Acesso em: 10 dez. 2009.

SEIFERT, L.; CHOLLET, D.; BARDY, B. G. Effect of swimming velocity on arm coordination in the front crawl: a dynamic analysis. **Journal of Sports Sciences**, v.22, p.651-660, 2004. DOI: [10.1080/02640410310001655787](https://doi.org/10.1080/02640410310001655787). Acesso em: 10 mar. 2009.

SEIP, R. L. et al. Perceptual responses and blood lactate concentration: effect on training state. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.23, p.80-78, 1991. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1997816>. Acesso em: 20 nov. 2007.

SMITH, D.; NORRIS, S.; HOGG, J. Performance Evaluation of Swimmers. Scientific Tools. **Sports Medicine**, v.32, n.9, p.539-554, 2002. Disponível em: <http://www.ingentaconnect.com/content/adis/smd/2002/00000032/00000009/art00001>. Acesso em: 27 nov. 2007.

ST CLAIR GIBSON, A. et al. The conscious perception of sensation of fatigue. **Sports Medicine**, v.33, p.167-176, 2003. DOI: [10.2165/00007256-200333030-00001](https://doi.org/10.2165/00007256-200333030-00001). Acesso em: 30 mai. 2008.

SUZUKI, F. G. et al. Esforço percebido durante o treinamento intervalado na natação em intensidades abaixo e acima da velocidade crítica. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v.7, n.3, p.299-307, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.oces.mctes.pt/pdf/rpcd/v7n3/v7n3a03.pdf>. Acesso em: 29 set. 2008.

TAYLOR, S. R.; MACLAREN, D. P. M. The relationship between blood lactate concentration and rate of perceived exertion in competitive swimmers. **BIOMECHANICS AND MEDICINE IN SWIMMING VIII**, 1998, Finlândia, **Program and abstract book**. p.140-82.

UEDA, T.; KUROKAWA, T. Relationships between perceived exertion and physiological variables during swimming. **International Journal of Sports Medicine**, v.16, p.385-9, 1995. DOI: [10.1055/s-2007-973025](https://doi.org/10.1055/s-2007-973025) Acesso em: 10 ago. 2007.

ULMER, H. V. Concept of an extracellular regulation of muscular metabolic rate during heavy exercise in humans by psychophysiological feedback. **Experientia**, v.52, p.416-420, 1996.

VILAS-BOAS, J. P. et al. Relationship between anaerobic threshold and swimming critical speed

determined with competition times. IX EUROPEAN CONGRESS OF SPORTS MEDICINE, 1997, Porto, **Abstracts book**. p.88-91.

WAKAYOSHI, K. et al. Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. **European Journal of Applied Physiology**, v.64, p.153-7, 1992.

WAKAYOSHI, K. et al. Relationship between oxygen uptake, stroke rate, and swimming velocity in competitive swimming. **International Journal of Sports Medicine**, v.16, p.19-23, 1995.

YANAI, T. Stroke frequency in front crawl: its mechanical link to the fluid forces required in non-propulsive directions. **Journal of Biomechanics**, v.36, n.1, p.53-62, 2003. DOI: [10.1016/S0021-9290\(02\)00299-3](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(02)00299-3). Acesso em: 11 mai. 2007.

**Agradecimento:** Aos treinadores Daniel Geremia e Caio Contador, e respectivos atletas, pela disponibilidade na participação do estudo; ao Grupo de Pesquisa em Esportes Aquáticos – GPEA; e ao Grupo de Pesquisa em Biomecânica e Cinesiologia – GPBIC da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Endereço:

Marcos Franken  
LAPEX Escola de Educação Física, /UFRGS  
Rua Felizardo, 750 Jardim Botânico  
Porto Alegre RS Brasil  
90690-200  
e-mail: [marcos\\_franken@yahoo.com.br](mailto:marcos_franken@yahoo.com.br)

Recebido em: 21 de maio de 2010.

Aceito em: 10 de novembro de 2011.



Motriz. Revista de Educação Física. UNESP, Rio Claro, SP, Brasil - eISSN: 1980-6574 - está licenciada sob [Creative Commons - Atribuição 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/)