



Correlações entre protocolos de determinação do limiar anaeróbio e o desempenho aeróbio em nadadores adolescentes

Juliana Melo Altimari^{1,2}, Leandro Ricardo Altimari^{1,2}, Andréia Gulak¹ e Mara Patricia Traina Chacon-Mikahil¹

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi correlacionar as velocidades de limiar anaeróbio (LAN) obtidas a partir de concentrações fixas de lactato (VLAn 4 e VLAn 3,5mM), velocidade de lactato mínimo (VLac_{min}) e velocidade crítica (VC) determinada a partir de diferentes distâncias e número de coordenadas: VC1 (50/100/200m), VC2 (100/200/400m), VC3 (50/100/200/400m) e VC4 (200/400m) com o desempenho nos 400m(s) em nadadores adolescentes. Fizeram parte da amostra 15 nadadores (10 meninos e cinco meninas = 14,7 ± 0,7 anos; 61,9 ± 8,5kg; 171,1 ± 8,8cm) de nível nacional, com experiência entre cinco e sete anos na natação competitiva. Para análise das correlações entre os índices e o desempenho nos 400m(s) foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson. O nível de significância adotado foi de $p < 0,01$. As correlações entre a VLAn 4mM, VLAn 3,5mM, VLac_{min} e o desempenho nos 400m(s) foram de $r = -0,63$, $r = -0,90$ e $r = -0,91$, respectivamente ($p < 0,01$). As correlações entre a VC1 (50/100/200m), VC2 (100/200/400m), VC3 (50/100/200/400m), VC4 (200/400m) e o desempenho nos 400m(s) foram: $r = -0,62$, $r = -0,97$, $r = -0,98$ e $r = -0,94$, respectivamente ($p < 0,01$). Sugere-se que o LAN determinado a partir da concentração fixa de lactato de 3,5mM, bem como a VLac_{min} e a VC obtidas por meio de distâncias maiores parecem ser os mais adequados índices preditores do desempenho aeróbio nos nadadores adolescentes estudados. Além disso, o número de coordenadas parece não influenciar a relação entre a VC e desempenho aeróbio.

ABSTRACT

Correlations between anaerobic threshold determination protocols and aerobic performance in adolescent swimmers

The purpose of this study was to correlate the anaerobic threshold speeds (ATS) obtained from fixed lactate blood concentration (ATS 4 e ATS 3.5 mM), lactate minimum speed (Lac_{min}S) and the critical speed (CS) determined from different distances and number of coordinates: CS1 (50/100/200 m), CS2 (100/200/400 m), CS3 (50/100/200/400 m) and CS4 (200/400 m) with the performance in 400 meters (s) in adolescent swimmers. The sample was constituted by 15 swimmers (10 boys and five girls = 14.7 ± 0.7 years; 61.9 ± 8.5 kg; 171.1 ± 8.8 cm) of national level, with five to seven years of experience in competitive swimming. The correlation between the indexes and the performance in 400 m (s) was made using Pearson correlation coefficients. Significance was set at $p <$

Palavras-chave: Limiar anaeróbio. Lactato mínimo. Velocidade crítica. Desempenho aeróbio. Nadadores adolescentes.

Keywords: Anaerobic threshold. Lactate minimum. Critical speed. Aerobic performance. Adolescent swimmers.

0.01. The correlations between ATS 4 mM, ATS 3.5 mM, Lac_{min}S and the performance in 400 m (s) were: $r = -0.63$, $r = -0.90$ e $r = -0.91$, respectively ($p < 0.01$). The correlations between CS1 (50/100/200 m), CS2 (100/200/400 m), CS3 (50/100/200/400 m), CS4 (200/400 m) and the performance in 400 m (s) were: $r = -0.62$, $r = -0.97$, $r = -0.98$ e $r = -0.94$, respectively ($p < 0.01$). We suggest that ATS obtained from fixed lactate blood concentration of 3.5 mM, as well as Lac_{min}S and the CS obtained through larger distances seem to be the most fitted indexes of prediction of the aerobic performance in the studied adolescent swimmers. Additionally, the number of coordinates seems no influencing the relation between CS and aerobic performance.

INTRODUÇÃO

Há algum tempo buscam-se índices que possam avaliar a aptidão aeróbia e, simultaneamente, possibilitar a prescrição adequada da intensidade do treinamento em atletas. Nesse sentido, ao longo dos anos, o consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_2\max$) foi considerado o parâmetro *gold standard* para avaliação da capacidade aeróbia em indivíduos ativos, sedentários e atletas, considerando sua importante relação com o desempenho, particularmente em esforços físicos prolongados sob intensidade moderada⁽¹⁾.

Na natação, particularmente em provas que envolvem distâncias maiores, não tem sido relatada na literatura a existência de correlação significativa entre o $\dot{V}O_2\max$ e o desempenho de nado. Ribeiro *et al.*⁽²⁾ investigaram um grupo de nadadores treinados e não encontraram correlação significativa entre o $\dot{V}O_2\max$ e o desempenho nos 400m nado *crawl*. Esses achados corroboram resultados obtidos em outros estudos posteriores que utilizaram a mesma distância⁽³⁻⁵⁾. Resultados similares têm sido relatados em estudos envolvendo crianças, embora se observem níveis variados de correlação com o desempenho aeróbio⁽⁶⁻⁷⁾. Além disso, relatos na literatura indicam que o $\dot{V}O_2\max$, além de ser influenciado pelo débito cardíaco máximo⁽⁸⁾, também é dependente de fatores genéticos⁽⁹⁻¹⁰⁾.

Considerando as limitações impostas pela utilização do $\dot{V}O_2\max$, a resposta do lactato sanguíneo ao exercício tem sido amplamente empregada, a partir da determinação do limiar anaeróbio (LAN), uma vez que este é considerado um referencial extremamente interessante para a prescrição da intensidade do treinamento, controle dos efeitos do treinamento, predição do desempenho aeróbio, bem como avaliação da capacidade aeróbia de sujeitos ativos, sedentários e atletas⁽¹¹⁾.

Entre as metodologias empregadas para a determinação do LAN, existem as que utilizam protocolos que medem de forma direta a concentração do lactato sanguíneo, utilizando-se de concentrações

1. Faculdade de Educação Física – UNICAMP, Campinas, Brasil.

2. Grupo de Estudo e Pesquisa em Metabolismo, Nutrição e Exercício – UEL, Londrina, Brasil.

Aceito em 31/1/07.

Endereço para correspondência: Prof^a Mara Patricia Traina Chacon-Mikahil, Faculdade de Educação Física – UNICAMP, Av. Érico Veríssimo, 701, Cidade Universitária Zeferino Vaz, Barão Geraldo – Campinas, SP, Brasil. E-mail marapatricia@fef.unicamp.br

fixas⁽¹²⁻¹⁵⁾ ou variáveis⁽¹⁶⁻¹⁷⁾. Ressalta-se, entretanto, que atualmente a metodologia de lactato mínimo (Lac_{min}) proposta inicialmente por Tegtbur *et al.*⁽¹⁷⁾ e adaptada para natação tem recebido destaque, particularmente porque permite a identificação do máximo estado estável de lactato (MEEL) de maneira individualizada⁽¹⁸⁻¹⁹⁾.

Considerando que os métodos descritos para obtenção do LAn são invasivos, exigem coleta de amostras de sangue, bem como preço elevado e especificidade dos equipamentos de análise, é importante a busca de métodos alternativos e muitas vezes mais viáveis de ser aplicados. Nesse sentido, a velocidade crítica (VC), que corresponde à velocidade de nado que teoricamente pode ser mantida por um período mais prolongado de tempo sem exaustão, tem sido apontada como um dos índices não invasivos de maior potencial para a avaliação do desempenho aeróbio e predição do LAn de nadadores adultos^(3-5,20-21), crianças e adolescentes⁽²²⁻³⁰⁾, independentemente do nível de *performance*⁽²⁵⁾.

Vale ressaltar que a combinação de distâncias menores na predição da VC em nadadores jovens determina valores significativamente maiores de VC quando comparada com combinações que envolvem maiores distâncias⁽²⁹⁾, o que poderia, sobretudo, contribuir para diferenças na relação entre a VC e o desempenho de nado e, conseqüentemente, na sua predição. Outro fator relevante na obtenção da VC está associado ao número de coordenadas utilizadas na sua determinação, que representa o número de distâncias ou cargas e seus respectivos tempos alcançados⁽³¹⁾. Alguns estudos têm sugerido que o número de coordenadas parece não modificar os valores de VC⁽³²⁻³³⁾ e potência crítica (PC)⁽³¹⁾, pelo menos quando são empregadas maiores distâncias ou cargas mais leves que possibilitem maior tempo de esforço. Entretanto, esses estudos não relatam influência do número de coordenadas utilizadas na determinação da VC na relação com desempenho físico.

Considerando que são poucos os estudos que têm procurado investigar os índices fisiológicos capazes de determinar o desempenho nas provas com predomínio aeróbio na natação, o objetivo da presente investigação foi correlacionar a velocidade de LAn obtida a partir de concentrações fixas de lactato (LAn 4 e LAn 3,5mM), a velocidade de Lac_{min} e a VC determinada a partir de diferentes distâncias e número de coordenadas com o desempenho obtido nos 400 metros (s) na natação, em nadadores adolescentes.

MÉTODOS

Sujeitos

A amostra foi constituída por 15 nadadores (10 meninos e cinco meninas) de nível nacional, com experiência entre cinco e sete anos na natação competitiva. Onze sujeitos eram especialistas no estilo nado livre (curta e média distância: $n = 7$, e longa distância: $n = 4$), três, no estilo nado costas (curta e média distância) e um, no estilo peito (curta e média distância).

Todos os sujeitos estavam envolvidos em programa de treinamento sistematizado de seis sessões semanais e volume médio semanal entre 36.000 e 40.000m antes do início da coleta de dados, visando a melhoria das principais capacidades físicas da natação. Durante a coleta, estes se encontravam na fase de polimento, que é o processo final de preparação do nadador para a competição principal da temporada e consiste na redução gradativa da relação volume/intensidade do treinamento⁽³⁴⁾. Os responsáveis pelos sujeitos, após ser esclarecidos sobre as finalidades do estudo e os procedimentos aos quais os atletas seriam submetidos, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP.

Delineamento experimental

Todos os testes foram realizados na mesma piscina semi-olímpica (25m) com temperatura da água variando entre 26 e 27°C,

onde os sujeitos, sempre utilizando o estilo *crawl*, participaram de sete ou oito avaliações com intervalo de 24 a 48 horas entre as mesmas. O aquecimento foi realizado livremente antes de cada sessão experimental. Em todos os testes, os nadadores receberam instrução visual do pesquisador posicionado junto à borda lateral da piscina ao longo dos 25m, que foram demarcados a cada 5m por cones, a fim de que as velocidades preestabelecidas para a distância de 25m fossem mantidas. O horário das sessões de avaliação foram os mesmos durante todo o protocolo experimental. Para a familiarização com os protocolos de testes e equipamentos utilizados, os voluntários foram submetidos a estudo-piloto.

Medidas de massa corporal e estatura

A massa corporal foi medida em uma balança de plataforma, digital, marca *Urano*[®], modelo PS 180, com precisão de 0,1kg, e a estatura foi determinada em um estadiômetro de madeira com precisão de 0,1cm. Todos os indivíduos foram medidos e pesados descalços, vestindo apenas uma sunga. Essas medidas foram realizadas com o propósito de caracterizar os sujeitos envolvidos no experimento.

Velocidade no limiar anaeróbio

A velocidade no limiar anaeróbio (VLAn) foi determinada por meio de metodologia similar à proposta por Mader *et al.*⁽¹²⁾ utilizando-se concentrações fixas de 4mM (VLAn 4mM) e 3,5mM (VLAn 3,5mM) de lactato sanguíneo⁽¹⁵⁾. Para tanto, foram realizadas duas repetições de nado submáximas de 200m, sendo a primeira a 85% e a segunda a 95% da velocidade máxima para a distância de 200m, com intervalo de 20 minutos entre as repetições em recuperação passiva. Após o primeiro, terceiro e quinto minuto da realização de cada tiro, foram coletados 25 μ L de sangue arterializado do lóbulo da orelha, com o auxílio de um capilar heparinizado e calibrado, para dosagem do lactato sanguíneo. As velocidades médias correspondentes à VLAn 4mM e VLAn 3,5mM foram determinadas por interpolação linear entre a mais alta concentração de lactato de cada tiro e suas respectivas velocidades.

Velocidade de lactato mínimo

Para a determinação da velocidade de lactato mínimo ($VLac_{min}$) foi utilizada adaptação do protocolo proposto por Tegtbur *et al.*⁽¹⁷⁾ para corredores, conforme sugerido por Ribeiro *et al.*⁽¹⁹⁾ Inicialmente, os indivíduos realizaram dois esforços máximos de 50m, com intervalo de 1 min entre os mesmos, para a indução de considerável acúmulo de lactato na corrente sanguínea (acidose láctica). Após período de recuperação passiva de 8 min, os voluntários iniciaram um protocolo de exercício incremental com estágios de 300m, a velocidade inicial variando entre 1,10 e 1,25m.s⁻¹ e incrementos de 0,05m.s⁻¹ a cada repetição até a exaustão⁽¹⁹⁾. A velocidade inicial foi escolhida por cada indivíduo de forma que estes realizassem de quatro a seis esforços. No sétimo minuto após a indução da acidose láctica e imediatamente após cada repetição durante a fase incremental, foram coletados aproximadamente 25 μ L de sangue arterializado do lóbulo da orelha, através de um capilar heparinizado e calibrado, para dosagem do lactato sanguíneo. A $VLac_{min}$ foi considerada aquela em que se observou a menor concentração sanguínea de lactato durante a fase progressiva do teste⁽¹⁹⁾.

Velocidade crítica

Para a determinação da velocidade crítica (VC) foram realizados tiros máximos nas distâncias de 50, 100, 200 e 400m, registrando-se os respectivos tempos; a saída dos tiros foi dada dentro da piscina, junto à borda. Os tiros foram realizados em ordem aleatória durante as sessões de treinamento, sendo uma tentativa por sessão. A VC foi determinada através da inclinação (b) da reta de regressão linear entre as distâncias e seus respectivos tempos obtidos em cada repetição⁽³⁾. Para a determinação da VC1 foram

utilizadas as distâncias de 50, 100 e 200m; para a VC2 foram utilizadas as distâncias de 100, 200 e 400m; para a VC3 foram utilizadas as distâncias de 50, 100, 200 e 400m; e para a VC4 foram utilizadas as distâncias de 200 e 400m. Os atletas foram avaliados em grupos para motivá-los a tentar o melhor desempenho. O tempo foi registrado com um cronômetro digital manual (*Seiko S140*, Japão) com precisão de milésimos de segundos.

Análise do lactato sanguíneo

As amostras sanguíneas coletadas para dosagem do lactato foram imediatamente colocadas em microtúbulos de polietileno com tampa tipo Eppendorff de 1,0ml, contendo 50µl de solução hemolisante (fluoreto de sódio, 1%) e em seguida armazenadas a -70°C. A análise do lactato foi realizada através de analisador eletroquímico (*YSL 2300 STAT*, Yellow Spring Co., EUA).

Análise estatística

O tratamento estatístico das informações foi realizado mediante o pacote computadorizado *Statistica™ for Windows 6.0®* (STATSOFT INC., EUA). Após constatação da normalidade (teste de Shapiro-Wilk) dos dados, recorreu-se aos procedimentos da estatística

descritiva e, posteriormente, à análise de regressão simples e ao coeficiente de correlação simples de Pearson para análise das correlações entre a VLAn 4mM, VLAn 3,5mM, VLAc_{min}, VC1, VC2, VC3, VC4 e o desempenho nos 400m(s). O nível de significância adotado foi de $p < 0,01$.

RESULTADOS

Na tabela 1, encontram-se as características antropométricas dos sujeitos estudados.

Na tabela 2, encontram-se os valores médios para a VLAn 4mM, VLAn 3,5mM, VLAc_{min}, VC1, VC2, VC3 e VC4.

Na figura 1 são apresentadas as correlações (r) entre a VLAn 4mM, VLAn 3,5mM, VLAc_{min} e o desempenho nos 400m(s) ($r = -0,63$, $r = -0,90$ e $r = -0,91$, $p < 0,01$, respectivamente).

Na figura 2 são apresentadas as correlações (r) entre a VC1 (50/100/200m), VC2 (100/200/400m), VC3 (50/100/200/400m), VC4 (200/400m) e o desempenho nos 400m(s) ($r = -0,62$, $r = -0,97$, $r = -0,98$ e $r = -0,94$, $p < 0,01$, respectivamente).

TABELA 1

Características antropométricas dos sujeitos estudados (N = 15)

	Média	Desvios-padrão	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	14,7	0,7	14,0	15,00
Estatura (cm)	171,1	8,8	155,0	187,0
Massa corporal (kg)	61,9	8,5	48,0	76,0

TABELA 2

Valores médios (± DP) das velocidades (m.s⁻¹) correspondentes ao limiar anaeróbio de 4mM (VLAn 4), limiar anaeróbio de 3,5mM (VLAn 3,5), lactato mínimo (VLAc_{min}), e as velocidades críticas (VC) 1, VC2, VC3 e VC4 (n = 15)

VLAn 4 (m.s ⁻¹)	VLAn 3,5 (m.s ⁻¹)	VLAc _{min} (m.s ⁻¹)	VC1 (m.s ⁻¹)	VC2 (m.s ⁻¹)	VC3 (m.s ⁻¹)	VC4 (m.s ⁻¹)
1,34	1,28	1,27	1,33	1,26	1,27	1,25
± 0,05	± 0,04	± 0,05	± 0,05	± 0,06	± 0,06	± 0,07

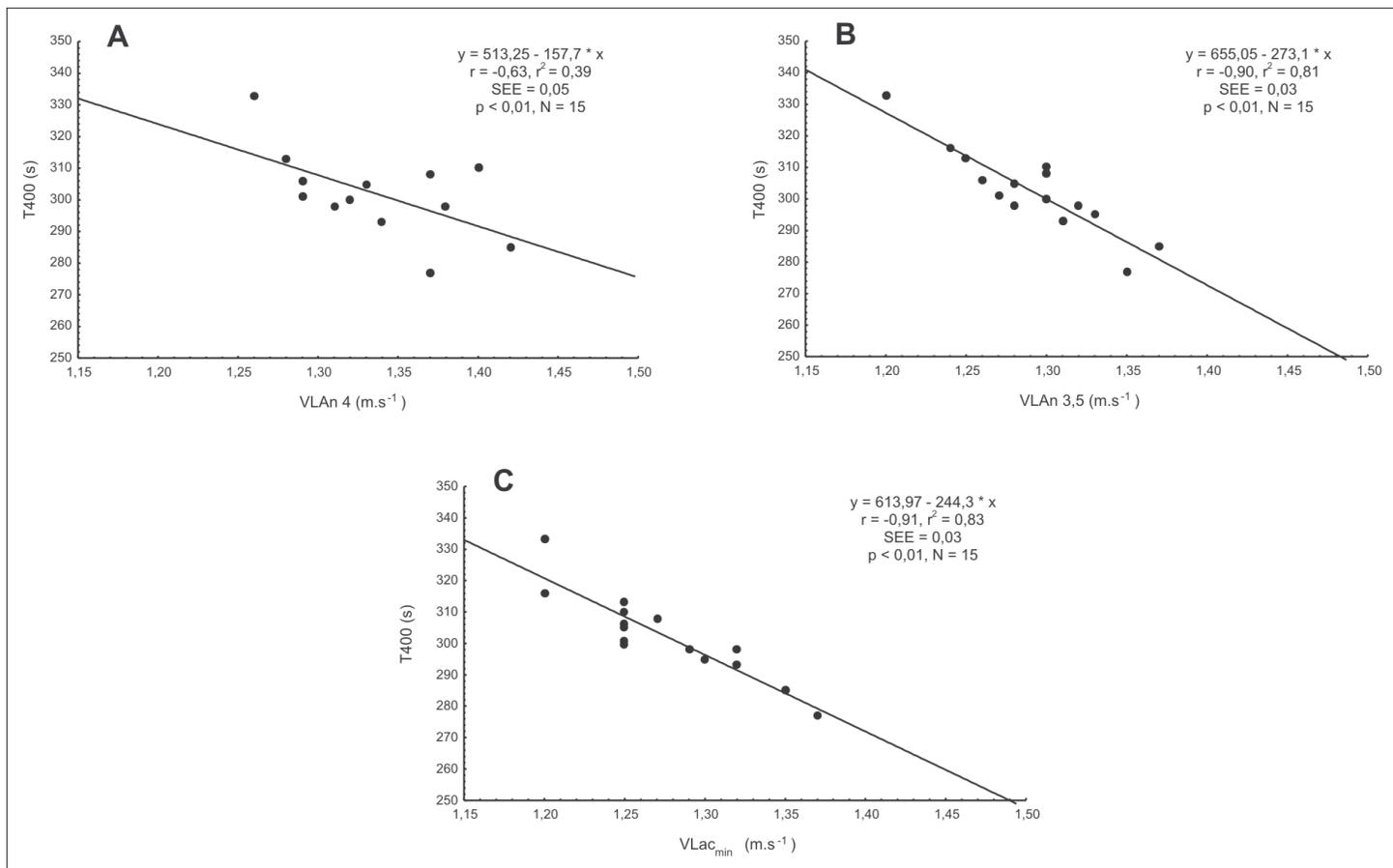


Figura 1 – Correlações entre as velocidades (m.s⁻¹) correspondentes a VLAn 4mM (A), VLAn 3,5mM (B) e VLAc_{min} (C), e o desempenho nos 400m (T400) (s)

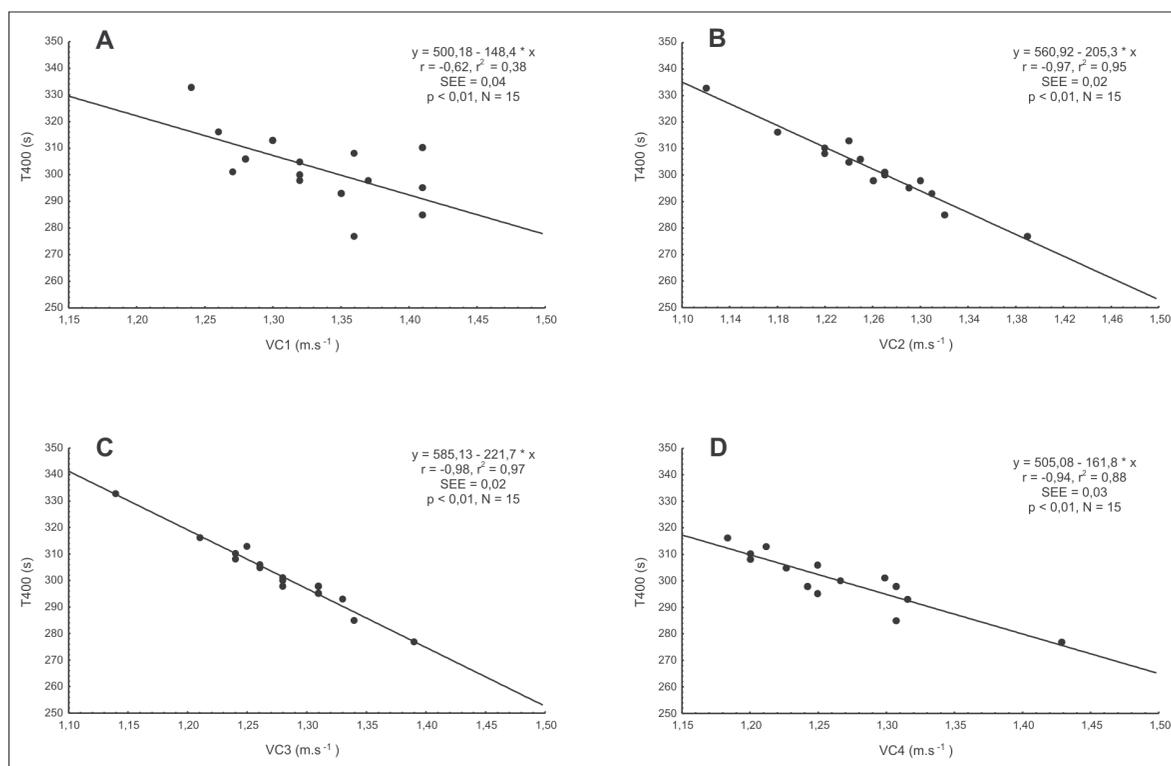


Figura 2 – Correlações entre as velocidades (m.s⁻¹) correspondentes a VC1 (A), VC2 (B), VC3 (C) e VC4 (D), e o desempenho nos 400m (T400) (s)

DISCUSSÃO

Diante da necessidade de analisar índices capazes de prever o desempenho na natação que permitam uma prescrição mais adequada do treinamento, o propósito da presente investigação foi correlacionar a velocidade de LAN obtida a partir de concentrações fixas de lactato (LAN 4 e LAN 3,5mM), a velocidade de Lac_{min} e a VC determinada a partir de diferentes distâncias e número de coordenadas com o desempenho nos 400 metros (m) em nadadores adolescentes. Assim, os achados do presente estudo mostram que: 1) os valores de correlações obtidos entre a VLAN 3,5mM, VLac_{min}, VC2, VC3 e VC4 e o desempenho nos 400m(s) foram altamente significantes; 2) a VLAN 4mM e a VC1 apresentaram baixos valores de correlação com o desempenho nos 400m(s).

O LAN tem sido considerado um índice extremamente interessante para a predição do desempenho aeróbio de atletas⁽¹¹⁾. Estudos com nadadores adultos realizados por Wakayoshi *et al.*⁽³⁻⁵⁾ encontraram correlações significativamente elevadas entre LAN de 4mM e o desempenho nos 400m ($r = 0,76$, $r = 0,90$ e $r = 0,93$, respectivamente). Da mesma forma, Bonifazi *et al.*⁽³⁵⁾, investigando atletas treinados de ambos os gêneros, verificaram níveis elevados de correlação entre o LAN de 4mM e o desempenho nas distâncias de 400m ($r = 0,86$) e 800m ($r = 0,84$) nas nadadoras, e nas distâncias de 200m ($r = 0,72$), 400m ($r = 0,87$) e 1.500m ($r = 0,91$) nos nadadores. Em adição, Guglielmo e Denadai⁽³⁶⁾, investigando um grupo formado por nadadores e triatletas treinados, constataram alta e significativa correlação entre LAN de 4mM e o desempenho nos 400m(s) ($r = -0,90$). Nesse mesmo estudo, quando LAN foi determinado em ergômetro de braço, também foi encontrada correlação significativa com o desempenho nos 400m(s) ($r = -0,74$).

Como visto, o presente estudo mostra diferentes valores de correlação entre a VLAN 4mM e a VLAN 3,5mM com o desempenho nos 400m(s) ($r = -0,63$ e $r = -0,90$, respectivamente), indicando que a concentração de lactato utilizada na determinação do LAN interfere na relação com o desempenho de nado do grupo estudado. Estudo de Greco *et al.*⁽²⁹⁾, envolvendo nadadores do gê-

nero masculino e feminino com idade entre 13 e 15 anos, encontrou valores de correlação significativamente elevados entre a LAN 4mM e o desempenho nos 400m(s) ($r = -0,89$ a $r = -0,92$, respectivamente). Ainda nesse estudo, quando analisados nadadores mais jovens (10 e 12 anos), os meninos apresentaram valores de correlação de $r = -0,88$ e as meninas, de $r = -0,97$, entre o LAN 4mM e o desempenho nos 400m(s).

Em outro estudo envolvendo também nadadores de ambos os gêneros com idade entre 10 a 12 anos, Denadai e Greco⁽²³⁾ encontraram valores de correlação significativamente elevados entre a LAN 4mM e o desempenho nos 200m ($r = 0,93$). Semelhantemente, Freitas *et al.*⁽²⁷⁾, estudando um grupo de jovens (10 a 12 anos) nadadores de ambos os gêneros, encontraram valores de correlação significativamente elevados entre a LAN 4mM e o desempenho nos 200m ($r = 0,88$) e 400m ($r = 0,94$).

Vale lembrar que a determinação da VLAN em nosso estudo foi composta por duas repetições submáximas de 200m, conforme utilizada em outros estudos com nadadores jovens^(24-25,29,37), com intensidades de 85% e 95% da velocidade máxima para a distância de 200m, o que correspondeu a aproximadamente 120 e 135 segundos de duração, respectivamente. Em adição, deve-se considerar que protocolos incrementais e contínuos com estágios inferiores a cinco minutos devem utilizar concentração fixa de 3,5mM de lactato na determinação da VLAN em vez de 4mM, já que a utilização desta última pode superestimar a intensidade do LAN, o que limita o potencial de utilização desse método tanto para predição do desempenho quanto para determinação da capacidade aeróbia⁽¹⁵⁾. Essas observações podem explicar, pelo menos em parte, os maiores valores de correlação encontrados entre o desempenho nos 400m(s) e o LAN determinado pela concentração de 3,5mM de lactato sanguíneo.

Apesar de muito utilizada, a determinação do LAN por interpolação dos resultados tem recebido críticas, por não considerar a cinética do lactato individualmente⁽¹⁶⁾ e por seus resultados sofrerem influência da disponibilidade prévia de glicogênio muscular⁽³⁸⁾. Desse modo, alguns autores têm sugerido a aplicação do teste de lactato mínimo (Lac_{min}) para a avaliação individual do LAN, pois,

além de não ter seus resultados afetados pela depleção prévia de glicogênio, o teste de Lac_{min} apresenta objetividade na sua estimativa⁽¹⁷⁾.

Na natação, poucos são os estudos que têm empregado o teste de Lac_{min} para a determinação do LAn, especialmente em população de adolescentes. Estudo de Simões *et al.*⁽¹⁸⁾, que teve o propósito de investigar a relação entre Lac_{min} e o desempenho nas distâncias de 200 e 700m em um grupo de nadadores treinados, com idade média de $16,0 \pm 0,8$ anos, constatou correlações significantes entre a $VLac_{min}$ e o desempenho nos 200m e 700m ($r = 0,97$ e $r = 0,96$, respectivamente). Mais recentemente, Santos *et al.*⁽³⁹⁾, estudando nadadores de ambos os gêneros com idade média de $15,3 \pm 1,1$ anos, encontraram correlações significantes entre a $VLac_{min}$ e o desempenho nos 200m e 400m ($r = 0,94$ e $r = 0,94$, respectivamente). Nossos resultados corroboram esses achados anteriores, em que a correlação entre a $VLac_{min}$ e o desempenho nos 400m(s) foi significantemente elevada ($r = -0,91$). Como já relatado, os maiores valores de correlação encontrados entre a $VLac_{min}$ e o desempenho nos 400m(s) em relação aos observados para a VLAn 4mM e o desempenho nos 400m(s) podem ser explicados pela superestimação das velocidades de nado obtidas a partir do método de LAn 4mM⁽¹⁵⁾.

A VC, que corresponde à velocidade de nado que teoricamente pode ser mantida por um longo período de tempo sem exaustão, tem sido apontada como um dos índices não invasivos de maior potencial para a avaliação do desempenho aeróbio e predição do LAn de nadadores adultos^(3-5,20-21). Estudo de Wakayoshi *et al.*⁽³⁾, com um grupo de nadadores adultos bem treinados utilizando *swimming-flume*, observou correlação significantemente elevada entre VC e o desempenho nos 400m ($r = 0,86$). Ainda em *swimming-flume*, Wakayoshi *et al.*⁽⁴⁾ encontraram valor de correlação significante entre a VC e o desempenho nos 400m ($r = 0,82$). Nesse mesmo estudo, quando a VC determinada pelas distâncias de 50, 100, 200 e 400 metros foi obtida em piscina (25m), sua correlação com o desempenho nos 400m foi de $r = 0,99$.

Em adição, estudos realizados em piscina por Wakayoshi *et al.*⁽⁵⁾, que utilizaram distâncias de 200 e 400 metros, Kokubun⁽²⁰⁾, que utilizou distâncias de 100, 200 e 400 metros, e Rodriguez *et al.*⁽²¹⁾, que utilizaram distâncias de 100 e 400m na determinação da VC em nadadores adultos treinados, também encontraram correlações significantes entre a VC e o desempenho nos 400m ($r = 0,97$, $r = 0,95$ e $r = 0,94$, respectivamente). Vale ressaltar ainda que Kokubun⁽²⁰⁾, em seu estudo, observou correlação significante entre a VC e o desempenho nos 800m ($r = 0,99$).

Hill *et al.*⁽²²⁾ sugerem a utilização da VC na avaliação do desempenho aeróbio de nadadores jovens (oito a 18 anos). Esses autores, após analisar a relação entre a VC e o desempenho em dois grupos de nadadores, encontraram para o grupo mais jovem (média de 11 anos) correlação significante entre a VC e o desempenho nos 457m ($r = 0,92$) e, para o grupo mais velho (média de 15 anos), correlação de $r = 0,92$ entre a VC e o desempenho nos 1.509m.

Em nosso estudo foram verificadas correlações significantemente elevadas entre a VC2, VC3 e VC4 com o desempenho nos 400m(s) ($r = -0,97$, $r = -0,98$ e $r = -0,94$, respectivamente). Contudo, quando analisada a relação entre a VC1 e o desempenho nos 400m(s), esta se mostrou baixa ($r = -0,62$). Esses achados sugerem que a combinação de diferentes distâncias na determinação da VC, sobretudo envolvendo distâncias menores e, consequentemente, com menores tempos de execução, influencia na relação entre VC e o desempenho de nadadores jovens, o que pode limitar a utilização desse método para predição de desempenho. Corroborando esses achados, Greco *et al.*⁽²⁹⁾ demonstraram que a combinação de distâncias menores (25/50/100m) na predição da VC, com tempos de exaustão entre 14 e 121 segundos, determinou valores significantemente maiores de VC em nadadores jovens de ambos os gêneros, com idades entre 10 e 15 anos,

do que quando as combinações envolveram maiores distâncias (50/100/400m e 100/200/400m).

Estudo de Barsa *et al.*⁽²⁶⁾, em nadadores de ambos os gêneros com idade entre 13 e 15 anos, encontrou valores de correlação significantemente elevados entre a VC determinada pelas distâncias 100, 200 e 400m e o desempenho nos 100m ($r = 0,87$), 200m ($r = 0,97$) e 400m ($r = 1,00$). Nesse mesmo estudo, quando analisados os nadadores mais jovens (10 e 12 anos), os valores das correlações entre a VC e o desempenho nos 100, 200 e 400m foram de $r = 0,91$, $r = 0,92$ e $r = 1,00$, respectivamente. Da mesma forma, estudo de Greco *et al.*⁽²⁹⁾, envolvendo nadadores do gênero masculino e feminino com idade entre 13 e 15 anos, encontrou valores de correlações significantemente elevados entre a VC determinada pelas distâncias 50, 100 e 200m e o desempenho nos 400m(s) ($r = -0,95$ a $r = -0,88$, respectivamente). Ainda nesse estudo, quando analisados nadadores mais jovens (10 e 12 anos), os meninos apresentaram valores de correlação de $r = -0,88$ e as meninas, de $r = -0,96$, entre a VC e o desempenho nos 400m(s).

Semelhantemente, Denadai e Greco⁽²³⁾, estudando nadadores de ambos os gêneros com idade entre 10 e 12 anos, encontraram valores de correlação significantemente elevados entre a VC determinada pelas mesmas distâncias (50/100/200m) e o desempenho nos 200m ($r = 0,98$). Em adição, Freitas *et al.*⁽²⁷⁾, estudando um grupo de jovens (10 a 12 anos) nadadores de ambos os gêneros, encontraram valores de correlação significantemente elevados entre a VC determinada pelas distâncias 100, 200 e 400m e o desempenho nos 200m ($r = 0,95$) e 400m ($r = 1,00$). Mais recentemente, Bartholomeu-Neto *et al.*⁽⁴⁰⁾, estudando nadadores de ambos os gêneros com idade média de $14,3 \pm 1,2$ anos, encontraram valores de correlação significantemente elevados entre a VC determinada pelas mesmas distâncias (100/200/400m) e o desempenho nos 200m ($r = 0,95$) e 400m ($r = 0,98$).

Observa-se ainda em nosso estudo que o número de coordenadas utilizadas para determinar a VC parece não influenciar na relação entre VC e o desempenho de nadadores jovens, pelo menos quando são utilizadas distâncias que permitem maior tempo de esforço até a exaustão. Isso ficou evidenciado a partir dos valores de correlação observados entre a VC2, VC3 e VC4 determinados por três, quatro e duas distâncias, respectivamente, e o desempenho nos 400m(s), os quais foram muito próximos ($r = -0,97$, $r = -0,98$ e $r = -0,94$, respectivamente).

Estudo de Housh *et al.*⁽³¹⁾ verificou que a PC estimada a partir de duas coordenadas foi significantemente correlacionada ($r = 0,96$) com os valores encontrados quando ela foi calculada por quatro coordenadas, quando a diferença de tempo entre as duas coordenadas foi superior a 2,7 minutos. Contudo, quando essa diferença foi maior do que cinco minutos, o índice de correlação foi aumentado ($r = 0,98$). Desse modo, os achados indicam a possibilidade da utilização de apenas duas coordenadas para predição do desempenho de nado, desde que essas apresentem maior tempo de esforço até a exaustão, o que poderia contribuir na redução do número de sessões empregadas na estimativa da VC. Os resultados desse estudo alinham-se com outros realizados em modalidades cíclicas como a canoagem⁽³²⁾ e a natação⁽³³⁾.

É importante ressaltar que o presente estudo possui relativa limitação no tocante à generalização dos resultados e deve ser analisado tão-somente dentro do contexto da natação e, ainda, na realidade de uma equipe de nadadores adolescentes de nível nacional. Apesar do reduzido número de atletas utilizados no presente estudo, verifica-se que a amostra em questão faz parte de uma população restrita de difícil utilização em caráter investigatório, pois são atletas de nível nacional. Na natação, dificilmente um clube possui um grupo de atletas de nível nacional na faixa etária investigada. Adiciona-se o fato da resistência por parte de treinadores em disponibilizar seus atletas para estudos dessa natureza durante as fases de preparação para competições. Stone *et al.*⁽⁴¹⁾ ressaltam que a maioria dos estudos na Ciência do Desporto, dife-

rentemente da Ciência do Exercício, envolve múltiplas sessões de testes e relativamente um número reduzido de sujeitos. No entanto, na opinião dos autores, são os mais valiosos para o desenvolvimento e manipulação do treinamento, dada a inerente análise de uma população específica e a carência de publicações nesse sentido. Assim sendo, é salutar admitir a relevância do presente estudo, uma vez que este foi realizado de forma integral e fidedigna quanto ao delineamento experimental proposto, bem como ao controle dos testes a que os sujeitos foram submetidos.

CONCLUSÕES

De acordo com os achados do presente estudo, sugere-se que escolha da concentração de lactato para a determinação do LAn interfere na relação com o desempenho aeróbio para os adolescentes estudados. Além disso, a combinação de diferentes distâncias na determinação da VC, sobretudo envolvendo distâncias menores, influencia na relação entre VC e o desempenho aeróbio. Sugere-se ainda que o número de coordenadas parece não influenciar a relação entre VC e o desempenho de nadadores jovens, pelo menos quando são empregadas maiores distâncias na sua determinação, de modo que seria possível utilizar apenas duas coordenadas na predição do desempenho. Por fim, podemos concluir que o LAn determinado a partir de 3,5mM, a $V_{Lac_{min}}$ e a VC obtida por meio de distâncias maiores parecem ser os mais adequados índices preditores do desempenho aeróbio nos nadadores adolescentes estudados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Prof. Dr. Benedito S. Denadai, do Laboratório de Performance Humana – UNESP/Rio Claro-SP, por ter possibilitado a análise do lactato sanguíneo, bem como ao CNPq e à FAPESP pelas bolsas outorgadas. Agradecem, ainda, à CPG-FEF/UNICAMP pelo apoio financeiro.

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

REFERÊNCIAS

1. Basset Jr DR, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:70-84.
2. Ribeiro JP, Sadavid E, Baena J, Monsalvet E, Barna A, De Rose, EH. Metabolic predictions of middle-distance swimming performance. *Br J Sports Med.* 1990; 24:196-200.
3. Wakayoshi K, Ilkuta K, Yoshida T, Udo M, Moritani T, Mutoh Y, et al. Determination and validity of critical velocity speed as an index of swimming performance in the competitive swimmer. *Eur J Appl Physiol.* 1992;64:153-7.
4. Wakayoshi K, Yoshida T, Udo M, Kasai T, Moritani T, Mutoh Y, et al. A simple method for determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. *Int J Sports Med.* 1992;13:367-71.
5. Wakayoshi K, Yoshida T, Udo M, Harada T, Moritani T, Mutoh Y, et al. Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? *Eur J Appl Physiol.* 1993;66:90-5.
6. Cyrino ES, Okano AH, Silva KES, Altamari LR, Dórea VR, Zucas SM, et al. Aptidão aeróbia e sua relação com os processos de crescimento e maturação. *Revista de Educação Física da Uem.* 2002;13:17-26.
7. Tomkinson GR, Leger LA, Olds TS, Cazorla G. Secular trends in the performance of children and adolescents (1980-2000): an analysis of 55 studies of the 20 m shuttle run test in 11 countries. *Sports Med.* 2003;33:285-300.
8. Saltin B, Strange S. Maximal oxygen uptake: old and new arguments for a cardiovascular limitation. *Med Sci Sports Exerc.* 1992;24:30-7.
9. Klissouras V. Heritability of adaptive variation. *J Appl Physiol.* 1971;31:338-44.
10. Klissouras V, Pirnay F, Petit JM. Adaptation to maximal effort: genetics and age. *J Appl Physiol.* 1973;35:288-93.
11. Svedahl K, Macintosh BR. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Can J Appl Physiol.* 2003;28:299-323.
12. Mader A, Liesen H, Heck H, Philippi H, Schürch PM, Hollmann W. Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit. *Sportarzt Sportmed.* 1976;27:80-8.
13. Kinderman W, Simon G, Keul J. The significance of the aerobic-anaerobic transitions for determination of workload intensities during endurance training. *Eur J Appl Physiol.* 1979;42:25-34.
14. Sjodin B, Jacobs I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *Int J Sports Med.* 1981;2:23-6.
15. Heck H, Mader A, Hess G, Mücke S, Müller R, Hollmann W. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med.* 1985;6:117-30.
16. Stegmann H, Kinderman W, Schinabel A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int J Sports Med.* 1981;2:160-5.
17. Tegtbur U, Busse MW, Braumann KM. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25:620-7.
18. Simões HG, Campbell CSG, Tango MLL, Mello F, Maziero DC, Baldissera V. Lactate minimum test in swimming: relationship to performance and maximal lactate steady state. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(suppl 1):161.
19. Ribeiro L, Balakian P, Malachias P, Baldissera V. Stage length, spline function and lactate minimum swimming speed. *J Sports Med Phys Fitness.* 2003;43: 312-8.
20. Kokubun, E. Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbio na natação. *Rev Paul Educ Fis.* 1996;10:5-20.
21. Rodriguez FA, Moreno D, Keskinen KL. Validity of a two-distance simplified testing method for determining critical swimming velocity. In: Chatard JC, editor. *Biomechanics and medicine in swimming IX.* Saint-Etienne: University of Saint Etienne, 2003;385-90.
22. Hill DW, Steward RP, Lane CJ. Application of the critical power concept to young swimmers. *Pediatr Exerc Sci.* 1995;7:281-93.
23. Denadai BS, Greco CC. Correlação entre a velocidade crítica e a velocidade de limiar anaeróbio com as performances nos 50, 100, 200 metros, em nadadores de 10 a 12 anos. *Revista da Associação dos Professores de Educação Física de Londrina.* 1997;12:33-41.
24. Denadai BS, Greco CC, Donega MR. Comparação entre a velocidade de limiar anaeróbio e a velocidade crítica em nadadores com idade de 10 a 15 anos. *Rev Paul Educ Fis.* 1997;11:128-33.
25. Denadai BS, Greco CC, Teixeira M. Blood lactate response and critical speed in swimmers aged 10-12 years of different standards. *J Sports Sci.* 2000;18:779-84.
26. Barsa E, Bianco A, Greco CC. Velocidade crítica, capacidade de trabalho anaeróbio e performance em nadadores de 10 a 15 anos. *Claretiano – Revista do Centro Universitário.* 2001;1:164-73.
27. Freitas ADE, Greco CC, Gomide EBG, Souza W. Comportamento de variáveis técnicas e metabólicas e correlação com a performance em nadadores de 10 a 12 anos. *Claretiano – Revista do Centro Universitário.* 2002;2:171-9.
28. Greco CC, Bianco A, Gomide E, Denadai BS. Validity of the critical speed to determine blood lactate response and aerobic performance in swimmers aged 10-15 years. *Sci Sports.* 2002;17:306-8.
29. Greco CC, Denadai BS, Peligrinotti IL, Freitas ADB, Gomide E. Anaerobic threshold and critical speed determined with different distances in swimmers aged 10 to 15 years: relationship with the performance and blood lactate response during endurance tests. *Rev Bras Med Esporte.* 2003;9:1-7.
30. Greco CC, Denadai BS. Critical speed and endurance capacity in young swimmers: effects of gender and age. *Pediatr Exerc Sci.* 2005;17:353-63.
31. Housh DJ, Housh TJ, Bauge SM. A methodological consideration for the determination of critical power and anaerobic work capacity. *Res Q Exerc Sport.* 1990; 61:406-9.
32. Fontes EB, Borges TO, Altamari LR, Melo JC, Okano AH, Cyrino ES. Influência do número de coordenadas e da seleção de distâncias na determinação da velocidade crítica na canoagem de velocidade. *Rev Bras Ciên e Mov.* 2002;10(Suppl 1):161.
33. Melo JC, Altamari LR, Gulak A, Machado MV, Cyrino ES, Chacon-Mikahil MPT. Comparação entre protocolos de determinação do limiar anaeróbio em nadadores adolescentes. *Anais do I Congresso Brasileiro de Metabolismo, Nutrição e Exercício, 2006, Londrina, Brasil.* 2006. p. 28.
34. Verkhoshansky YV. *Entrenamiento deportivo – Planificación y programación.* Barcelona: Ed. Martinez Roca; 1990.
35. Bonifazi M, Martelli G, Marudo L, Sardella F, Carli G. Blood lactate accumulation in top level swimmers following competition. *J Sports Med Phys Fitness.* 1993; 33:13-8.
36. Guglielmo LGA, Denadai BS. Validade do ergômetro de braço para a determinação do limiar anaeróbio e da performance aeróbia de nadadores. *Rev Port Cien Desp.* 2001;1:7-13.
37. Melo JC, Altamari LR, Machado MV, Chacon-Mikahil MPT, Cyrino ES. Velocidade crítica, limiar anaeróbio e intensidade de nado na máxima fase estável de lactato sanguíneo em nadadores juvenis. *Lect Educ Fis Deportes.* 2005;10: on-line.
38. Reilly T, Woodbridge V. Effects of moderate dietary manipulations on swim performance and on blood lactate-swimming velocity curves. *Int J Sports Med.* 1998; 20:93-7.
39. Santos ILG, Papoti M, Gobatto CA, Zagatto AM. Relações entre o lactato mínimo e performance de nado crawl. *Rev Bras Ci Mov.* 2005;13(Supl 1):72.
40. Bartholomeu-Neto JB, Peligrinotti IL, Cielo FMBL, Luchiani R. Correlação entre os tempos obtidos na distância de 100, 200 e 400 metros e a velocidade crítica em nadadores de 13 a 16 anos. *Rev Bras Ci Mov.* 2005;13(supl 1):96.
41. Stone MH, Sands WA, Stone ME. The downfall of sports science in the United States. *Strength Cond J.* 2004;26:72-5.