
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS

**CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL DE RESPOSTA DO $\dot{V}O_2$ DURANTE E APÓS O
DESEMPENHO DE 200 METROS MÁXIMO E SUA APLICAÇÃO NA AVALIAÇÃO
DA APTIDÃO AERÓBIA MÁXIMA ($\dot{V}O_{2MAX}$) DE NADADORES**

Astor Reis Simionato

Orientador: Prof. Dr. Dalton Müller Pessoa Filho

**RIO CLARO
2017**

ASTOR REIS SIMIONATO

**CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL DE RESPOSTA DO $\dot{V}O_2$ DURANTE E APÓS O
DESEMPENHO DE 200 METROS MÁXIMO E SUA APLICAÇÃO NA AVALIAÇÃO
DA APTIDÃO AERÓBIA MÁXIMA ($\dot{V}O_{2MAX}$) DE NADADORES.**

Dissertação apresentada ao PPG-DEHUTE, como requisito para a obtenção do título de Mestre, do Instituto de Biociências, da Universidade Estadual Paulista, sob orientação do Prof. Dr. Dalton Müller Pessoa Filho.

RIO CLARO
2017

797.21 Simionato, Astor Reis
S589c Caracterização do perfil de resposta do $\dot{V}O_2$
durante e após o desempenho de 200 metros máximo e sua
aplicação na avaliação da aptidão aeróbia máxima
($\dot{V}O_{2max}$) de nadadores / Astor Reis Simionato. - Rio
Claro, 2017
72 f. : il., figs., tabs., quadros

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Dalton Müller Pessoa Filho

1. Natação. 2. Consumo de oxigênio. 3. Teste de esforço.
4. Desempenho atlético. 5. Modelos matemáticos. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Caracterização do perfil de resposta do V02 durante e após o desempenho de 200 metros máximo e sua aplicação na avaliação da aptidão aeróbia máxima (V02MAX) de nadadores

AUTOR: ASTOR REIS SIMIONATO

ORIENTADOR: DALTON MULLER PESSÔA FILHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS, área: TECNOLOGIAS NAS DINÂMICAS CORPORAIS pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. DALTON MULLER PESSÔA FILHO
Departamento de Educação Física / Faculdade de Ciências de Bauru - SP


Prof. Dr. RENATO APARECIDO CORRÊA CARITÁ
Departamento de Educação Física / Unesp Campus Rio Claro


Prof. Dr. ALESSANDRO MOURA ZAGATTO
Departamento de Educação Física / Faculdade de Ciências de Bauru

Rio Claro, 10 de maio de 2017

Dedicatória

*Aos meus pais Luiz Carlos e Simone,
este trabalho é dedicado a vocês.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por dar-me capacidade necessária para superar todos os desafios que encontrei em minha vida.

Aos meus pais, Luiz Carlos e Simone, por serem exemplos em minha vida. Minha mãe por sua bondade e total dedicação aos filhos e meu pai por sua honestidade e inteligência invejável. Sem dúvida são os alicerces de minha vida, desejo um dia conseguir retribuir tudo que fizeram e ainda fazem por mim. Amo muito vocês. Benção Pai e Mãe.

Aos meus irmãos, Abrom, Luiza e André, por todos os risos e choros que juntos tivemos. Agradeço a Deus por sermos tão unidos, e por todos os incentivos que tive por parte de vocês, não só no desenvolvimento deste estudo, mas de todas as decisões de minha vida, principalmente por saber que posso sempre contar com vocês.

Ao meu orientador, Dalton Müller, por guiar-me desde a graduação até a realização deste trabalho. Agradeço cada aula, cada reunião, cada conversa, cada mensagem, cada tempo que perdeu em orientar-me. Espero que este estudo possa retribuir-lhe com bons frutos. Sou muito grato por tudo que fez por mim.

Aos integrantes do laboratório, Leandro, Andrei, João, Daniel, Valter, Tiago Almeida, e todos os demais. Sem vocês eu não chegaria até aqui. Obrigado pelo aprendizado, incentivos, e risadas. Os afazeres do laboratório não eram nenhuma labuta quando vocês estavam presentes.

A todos os amigos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão deste trabalho, em especial para Marina M. Z., Rodrigo Avôhai, Jonathan Coleira e Lucas Cordeiro. Sem vocês minha vida não teria sentido.

A toda equipe de natação ABDA, tanto os nadadores quanto os treinadores. Agradeço todo esforço e dedicação para que este estudo fosse realizado. Espero retribuir-lhes com alguma melhoria no âmbito da natação.

*“Não existe fracasso no erro, o erro
está na desistência.”*

(Tomas Edson)

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi diagnosticar a potência aeróbia máxima ($\dot{V}O_{2max}$) pela curva de recuperação do $\dot{V}O_2$ no desempenho máximo de 200m (v200m), com propósito de preservar a ecologia de nado devido uma menor perturbação contextual na avaliação do atleta. 13 nadadores ($16,2 \pm 2,0$ anos, $172,9 \pm 10,0$ cm e $66,4 \pm 11,3$ kg) realizaram (1º) teste de desempenho máximo em v200m, (2º) protocolo incremental escalonado (TIE - 6 x 250m e 1 x 200m (TIE_200m) - baseados no melhor tempo de v200m), e (3º) teste de fase-constante à $v90\%\Delta vLL-v\dot{V}O_{2max}$ para confirmação do $\dot{V}O_{2max}$. A permuta gasosa pulmonar foi analisada respiração-a-respiração durante e após o exercício por um analisador de gases portátil (K4b², Cosmed, Itália), acoplada a um snorkel (new-AquaTrainer®, Cosmed, Itália), os dados foram utilizados para caracterização da cinética do $\dot{V}O_2$, determinação do $\dot{V}O_{2max}$ (TIE) e $\dot{V}O_{2End-Exercise} - \dot{V}O_{2EE}$ (TIE_200m v200m). Amostras de sangue (25 ul) foram coletadas nos testes TIE e à $v90\%\Delta$ e lidas (YSI, 2300 STAT, Yellow Springs, Estados Unidos) para a análise do lactato sanguíneo pico, limiares lactacidêmicos e determinação dos parâmetros secundários de esforço máximo. O método de retro-extrapolação da curva de recuperação do $\dot{V}O_2$ foi utilizado para obter os valores de $\dot{V}O_{2pico}$ (TIE_200m e v200m). Os valores obtidos foram apresentados em torno da média e desvio-padrão e averiguados, quanto à normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk. O teste de ANOVA (uma entrada, conjugado à “Scheffe” como post-hoc) comparou as médias dos parâmetros da cinética do $\dot{V}O_2$ durante e após o exercício. O coeficiente de determinação ajustado à amostra (R^2_{Adj}) e de correlação de Pearson (r) foram aplicados para analisar o poder de associativo do valor de $\dot{V}O_{2max}$, com os valores de $\dot{V}O_{2pico}$ (v200m e TIE_200m). O erro padrão da estimativa (EPE) averiguou a distorção na previsão do $\dot{V}O_{2max}$ pelo $\dot{V}O_{2pico}$ (v200m e TIE_200m). As funções lineares e mono-exponenciais associando $\dot{V}O_2$, lactato sanguíneo, à velocidade de nado e ao tempo de desempenho empregaram o método dos quadrados mínimos. O nível de significância foi estabelecido em $p \leq 0,05$. As análises estatísticas e matemáticas foram realizadas nos softwares SPSS 18.0® e OriginPro 8®, respectivamente. Os valores de $\dot{V}O_{2max}$ ($53,6 \pm 7,3$ ml×kg¹×min⁻¹) não foram diferentes do $\dot{V}O_{2EE}$ para o v200m ($3450,7 \pm 531,8$ ml×min⁻¹, $p = 0,987$) e TIE_200m ($3410,3 \pm 554,6$ ml×min⁻¹, $p = 0,960$), tampouco do $\dot{V}O_{2pico}$ obtido por retro-extrapolação apresentou diferenças para v200m ($3465 \pm 701,2$ ml×min⁻¹, $p = 0,971$, $R^2_{Adj} = 0,875$, EPE = $227,7$ ml×min⁻¹) e TIE_200m ($3556,8 \pm 748,8$ ml×min⁻¹, $p = 0,995$, $R^2_{Adj} = 0,861$, EPE = $224,1$ ml×min⁻¹). Ambos os testes (v200m e TIE_200m) apresentaram resposta completa do ajuste do $\dot{V}O_2$ à $53,0 \pm 18,6\%$ e $63,8 \pm 23,1$ do tempo total de desempenho, respectivamente. Não houveram diferenças entre os parâmetros da cinética durante o exercício para ambos os testes, mas a constante temporal (τ) pós-exercício foi diferente ($p = 0,046$), sugerindo que o tempo de ajuste pós-esforço é menor em TIE_200m quando comparado a v200m. O presente estudo confirma a validade do desempenho de 200m como protocolo único para o diagnóstico da aptidão cardiorrespiratória máxima por retro-extrapolação, e a diferença em τ sugere a importância de analisar a influência da capacidade anaeróbia sobre a variação do coeficiente angular e projeção do $\dot{V}O_2$ pelo intercepto da reta no método de retro-extrapolação.

Palavras-chave: Consumo de oxigênio, teste de esforço, desempenho atlético, modelos matemáticos, natação.

ABSTRACT

The aim of the present study was to diagnose the maximum aerobic power ($\dot{V}O_{2\max}$) by the $\dot{V}O_2$ recovery curve in the all-out of 200m (v200m), in order to preserve the swimming ecology due to a less contextual disturbance in the athlete's evaluation. 13 swimmers (16.2 ± 2.0 years, 172.9 ± 10.0 cm and 66.4 ± 11.3 kg) performed (1st) maximum performance test in v200m, (2nd) incremental protocol (TIE - 6 x 250m and 1 x 200m (TIE_200m) - based on the best time at v200m), and (3rd) constant-phase test at $v90\% \Delta vLL - v\dot{V}O_{2\max}$ for $\dot{V}O_{2\max}$ confirmation. The gas exchange was analyzed breath-to-breath during and after exercise by a portable gas analyzer (K4b², Cosmed, Italy), coupled to a snorkel (new-AquaTrainer[®], Cosmed, Italy), data were used for characterization of $\dot{V}O_2$ kinetics, determination of $\dot{V}O_{2\max}$ (TIE) and $\dot{V}O_{2\text{End-Exercise}} - \dot{V}O_{2\text{EE}}$ (TIE_200m and v200m). Samples of blood (25 μ l) were collected in the TIE and $v\Delta 90\%$ tests and read (YSI, 2300 STAT, Yellow Springs, USA) for analysis of peak blood lactate, lactacidemic thresholds and determination of secondary parameters of maximal effort. The back-extrapolation method of the $\dot{V}O_2$ recovery curve was used to obtain the values of $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ (TIE_200m and v200m). The values obtained were presented around the mean and standard deviation and were ascertained, as far as normality, by the Shapiro-Wilk test. The ANOVA test ("one-way", conjugated to Scheffe as post-hoc) compared the means of $\dot{V}O_2$ kinetics parameters during and after exercise. The sample adjusted coefficient of determination (R^2_{Adj}) and Pearson Correlation (r) were applied to analyze the associative power of the $\dot{V}O_{2\max}$ value, with the values of $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ (v200m and TIE_200m). The standard error of the estimation (EPE) verified the distortion in the prediction of the $\dot{V}O_{2\max}$ by $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ (v200m and TIE_200m). The linear and mono-exponential functions associated with $\dot{V}O_2$, blood lactate, swim speed and performance time employed the least squares method. The level of significance was set at $p \leq 0.05$. Statistical and mathematical analyzes were performed on the software SPSS 18.0[®] and OriginPro 8[®], respectively. The values of $\dot{V}O_{2\max}$ ($53.6 \pm 7.3 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$) were not different from $\dot{V}O_{2\text{EE}}$ for v200m ($3450.7 \pm 531.8 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$, $\rho = 0.987$) and TIE_200m ($3410 \pm 554.6 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$, $\rho = 0.960$), nor of the $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ obtained by retro-extrapolation presented differences for v200m ($3465 \pm 701.2 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$, $\rho = 0.971$, $R^2_{\text{Adj}} = 0.875$, $\text{EPE} = 227.7 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$) and TIE_200m ($3556.8 \pm 748.8 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$, $\rho = 0.995$, $R^2_{\text{Adj}} = 0.861$, $\text{EPE} = 224.1 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$). Both tests (v200m and TIE_200m) showed complete response of $\dot{V}O_2$ adjustment to $53.0 \pm 18.6\%$ and 63.8 ± 23.1 of the total performance time, respectively. There were no differences between the kinetics parameters during exercise for both tests, but the time constant (τ) post-exercise was different ($p = 0.046$), suggesting that the post-exercise adjustment time was lower in TIE_200m when compared to v200m. The present study confirms the validity of the 200m performance as a single protocol for the diagnosis of maximal cardiorespiratory fitness by retro-extrapolation, and the difference in τ suggests the importance of analyzing the influence of anaerobic capacity on the variation of the angular coefficient and $\dot{V}O_2$ projection by the line intercept in the back-extrapolation method.

Key-word: Oxygen consumption, exercise test, athletic performance, mathematical models, swimming.

LISTA DE ABREVIATURAS

$\dot{V}O_2$	Consumo de oxigênio
$\dot{V}O_{2max}$	$\dot{V}O_2$ máximo
t_{Lim}	Tempo limite para exaustão
$v\dot{V}O_{2max}$	Velocidade capaz de elevar o $\dot{V}O_2$ ao máximo
TD	" <i>time delay</i> ", tempo de retardo inicial da reposta
$p\dot{V}O_2$	Potência aeróbia máxima
τ e τ_1	Constante de tempo necessário para atingir a resposta primária
A_1'	Amplitude da resposta do componente fundamental (primária)
CL	Componente lento
VC	Velocidade crítica
v_{200m}	Transição repouso-exercício nos 200 metros máximo de nado
TIE_200m	7º patamar do TIE de 200 metros
$v_{90\%\Delta}$	Transição repouso-exercício no domínio severo
O_2	Concentração de oxigênio
CO_2	Concentração de dióxido de carbono
%iVO2max	Porcentagens das intensidades relativas ao $\dot{V}O_2$
LL	Limiar de Lactato
CP	Creatina fosfato
ATP	Adenosina trifosfato
AOD	Déficit de O_2 acumulado
$[la^-]$	Concentração de lactato
PC	Potência Crítica
$\dot{V}O_{2CL}$	$\dot{V}O_2$ correspondente ao CL
Lan	Limiar anaeróbio
$\dot{V}O_{2EE}$	" $\dot{V}O_2$ End Exercise", ao final do exercício, obtido pela cinética
TIE	Teste incremental escalonado
PI	Ponto de inflexão da curva de lactato
$\dot{V}_E$	Ventilação
$\dot{V}CO_2$	Produção de dióxido de carbono
PI	Ponto de inflexão da curva de lactato
$P_{ET}CO_2$	Pressão parcial de VCO_2 ao final da expiração
FC	Frequência cardíaca
FC_{max}	FC máxima
$\dot{V}O_{2LL}$	$\dot{V}O_2$ correspondente ao LL
$\dot{V}O_{2PI}$	$\dot{V}O_2$ correspondente ao PI
v_{LL}	Velocidade correspondente ao LL
v_{PI}	Velocidade correspondente ao PI
$\dot{V}O_{2b}$	Consumo de oxigênio durante o repouso pré-esforço
TD_{CL}	Tempo para o início da resposta do CL
$\dot{V}O_{2pico}$	Maior valor de $\dot{V}O_2$, obtido pelo método de retro-extrapolação
QR	Coeficiente respiratório

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração do delineamento experimental: teste de desempenho de nado em 200 metros (v200m) (A), teste incremental escalonado máximo (TIE) (B), e teste à carga constante referente à 90%Δ(C).....	p.38
Figura 2: Resposta média do $\dot{V}O_2$ (A) e do $[la^-]$ (B) em cada patamar de intensidade (50 a 100% v200mm) do TIE.....	p.44
Figura 3: Ilustração do procedimento de determinação de LL (A) e PI (B).....	p.45
Figura 4: Ilustração da cinética do $\dot{V}O_2$ durante o TIE_200m (A) e v200m (B) para um sujeito.....	p.47
Figura 5: Método da estimação do $\dot{V}O_{2pico}$ por retro-extrapolção após o TIE_200m (A) e v200m (B).....	p.49
Figura 6: Análise de dispersão ilustrando a variância entre $\dot{V}O_{2max}$ vs $\dot{V}O_{2pico}$ -TIE_200m e (A) e $\dot{V}O_{2max}$ vs $\dot{V}O_{2pico}$ -v200m (B).....	p.49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores médios da cinética durante o TIE_200m e em v200m..... p.46

Tabela 2: Valores médios da cinética após o TIE_200m e v200m..... p.48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Testes incrementais com distância fixa.....	p.21
Quadro 2: Contribuição anaeróbia e demanda de oxigênio em diferentes durações de intensidades máximas de nado.....	p.25
Quadro 3: Descrição dos limites, tolerância e mecanismos de exaustão nos diferentes domínios de intensidade.....	p.29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	06
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1 AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE AERÓBIA MÁXIMA.....	11
2.1.1 MÉTODO INDIRETO PARA OBTENÇÃO DO $\dot{V}O_{2max}$	13
2.1.2 MÉTODO DIRETO PARA OBTENÇÃO DO $\dot{V}O_{2max}$	17
2.2 DESENVOLVIMENTO DE 200M PARA OBTENÇÃO DO $\dot{V}O_{2max}$...	23
2.3 DOMÍNIO DE INTENSIDADE E CINÉTICA DO $\dot{V}O_2$	26
2.1.3 CINÉTICA DO $\dot{V}O_2$ E CARACTERIZAÇÃO DOS 200M MÁXIMO.....	30
3. JUSTIFICATIVA.....	34
4. OBJETIVOS.....	36
4.1 OBJETIVO GERAL.....	36
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	36
5. MÉTODOS.....	37
5.1 SUJEITOS.....	37
5.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	37
5.3 PARÂMETROS FISIOLÓGICOS.....	38
5.4 TESTE DE ESFORÇO INCREMENTAL MÁXIMO.....	39
5.5 CINÉTICA DO $\dot{V}O_2$ DURANTE E APÓS O EXERCÍCIO.....	41
5.6 RETRO-EXTRAPOLAÇÃO DO $\dot{V}O_2$	42
5.7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....	43
6. RESULTADOS.....	44
7. DISCUSSÃO.....	50
8. CONCLUSÃO.....	54
REFERÊNCIAS.....	55
ANEXO I.....	67
ANEXO II.....	70

1. INTRODUÇÃO

O exercício severo é caracterizado pelo esforço com demanda oxidativa máxima, induzindo o consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) ao máximo ($\dot{V}O_{2max}$), com um consumo gradual da reserva de energia anaeróbia, conduzindo à acidose metabólica e depleção de substratos intramusculares (MORTON, 2006; JONES et al., 2010; POOLE et al., 2016). Tanto na corrida como na natação, discute-se a adequação das distâncias mais curtas (800 e 200 metros, respectivamente) na reprodução das características do domínio severo, uma vez que o tempo-limite (t_{Lim}) está abaixo de 120 segundos para atletas bem-treinados. A questão temporal é relevante, uma vez o fornecimento máximo de energia pelo metabolismo oxidativo é limitado em sua velocidade de ajuste, devido a cinética finita de fatores centrais e periféricos associados à perfusão, difusão e utilização intra-celular do O_2 (WAGNER, 2000; BASSET; HOWLEY, 2000; Di-PRAMPERO, 2003; GRASSI, 2003). Essa limitação torna a tolerância ao esforço dependente da magnitude do déficit de O_2 , da capacidade anaeróbia e da resistência à fadiga do atleta (WAGNER, 2000; GRASSI et al., 2003; BURNLEY; JONES, 2007), caracterizando uma demanda energética muito acima daquela que poderia ser atendida durante o exercício (relativos a tempo e amplitude) ao atingir o $\dot{V}O_{2max}$, i.e. domínio extremo (HILL et al., 2002; BURNLEY; JONES, 2007; CAPUTO et al., 2008).

Apesar do esforço no evento de 400 metros ter sido amplamente empregado como intensidade de nado correspondente à velocidade capaz de conduzir a resposta do $\dot{V}O_2$ ao máximo ($v\dot{V}O_{2max}$) (FERNANDES et al., 2003; DEKERLE et al., 2005; FERNANDES; VILLAS-BOAS, 2012), não há informações conclusivas sobre a amplitude do domínio severo na natação (i.e., limite superior), mas alguns indicativos teóricos apontam para o esforço nos 200 metros (v_{200m}) como intensidade com

maior probabilidade de exercer essa parametrização. Por exemplo, Ogita et al. (2003) sugeriram que o desempenho em distâncias de 50, 100 e 200 metros seriam realizados com demanda supra-máxima sobre o metabolismo oxidativo, uma vez que a máxima ($100\%\dot{V}O_{2max}$) seria alcançado durante os 400 metros. Entretanto, esses mesmos autores salientam que a capacidade anaeróbia (calculada pelo déficit de O_2) é máxima no 200m, mas que o predomínio anaeróbio estaria bem definido apenas nos desempenhos entre 15 e 60 segundos; e que, portanto, ambos os processos metabólicos (anaeróbio e aeróbio) deveriam ser aprimorados durante o treinamento para o 200m, uma vez que 65% da energia necessária durante desempenhos entre 2 a 3 minutos seria suprida por via aeróbia. Aliado ao fato que esses mesmos autores preveem a demanda de $\dot{V}O_2$ em $\sim 110\%\dot{V}O_{2max}$ no 200m (ou próximo à 2 minutos), então ambas as premissas básicas do domínio severo são atendidas no esforço máximo em 200 metros: ativar o sistema oxidativo ao máximo e entrar em exaustão com o esgotamento das reservas finitas de energia anaeróbia (MORTON, 2006; BURNLEY; JONES, 2007; DEKERLE et al., 2010; MURGATROYD et al., 2011).

Outro critério importante é a cinética do $\dot{V}O_2$ durante o domínio severo, que pode demonstrar se o 200m é um esforço razoavelmente extenso para que a amplitude fundamental da reposta do $\dot{V}O_2$ seja ajustada ao máximo. Ao trabalhar com dados hipotéticos, Toussaint e Hollander (1994) modelaram a potência aeróbia máxima ($p\dot{V}O_{2max}$) em $18,8 \text{ W}\times\text{kg}^{-1}$ ($\sim 58,3 \text{ mlO}_2\times\text{kg}^{-1}\times\text{min}^{-1}$, considerando $1 \text{ W}\times\text{kg}^{-1}$ equivalente à $2,871 \text{ mlO}_2\times\text{kg}^{-1}\times\text{min}^{-1}$, WARD-SMITH, 1999), com constante de ajuste (τ) em $0,031 \text{ s}^{-1}$ ($\sim 32,3\text{s}$), o que demandaria 75 segundos para completar 90% da resposta e 150 segundos para completar 99% - conforme a constante de crescimento: $(1 - (e^{-(t - TD)/\tau}))$, onde “time-delay” (TD) = 0 segundos. A partir deste

perfil de ajuste, esses autores enfatizaram que o desempenho de nado em eventos com duração até 108 segundos seriam supridos pela produção energética anaeróbia em proporção superior à 50%. Assumindo $\tau = 24s$, Capelli et al. (1998) determinaram a contribuição energética aeróbia de ~61,5% para o desempenho máximo do crawl em distância de 182,9 metros, com duração de ~113s (i.e., $1,62 m \times s^{-1}$). Durante esse desempenho, a $p\dot{V}O_2$ foi estimada em 1,19 kW (ou $15,5 W \times kg^{-1}$), que demandaria uma amplitude de resposta de $43,1 mlO_2 \times kg^{-1} \times min^{-1}$ (ou $3309,4 mlO_2 \times min^{-1}$, considerando um peso corporal de 76,8 kg para os nadadores que realizaram o desempenho em nado crawl). Essa amplitude de resposta, associada à constante temporal prevista, iria demorar 56 e 110 segundos para ajustar-se à 90 e 99% da assíntota, respectivamente. Porém, os dados destes autores ainda revelam que a $p\dot{V}O_2$ para 182,9 metros equivale à 78,8% daquela estimada como máxima, i.e., $p\dot{V}O_{2max} = 18,05 W \times kg^{-1}$ ($\sim 50,2 mlO_2 \times kg^{-1} \times min^{-1}$ ou $\sim 3855,6 mlO_2 \times min^{-1}$), indicando que o $\dot{V}O_{2max}$ não é atingido em distâncias semelhantes aos 200 metros, ou que a demanda energética anaeróbia (24,7% láctica + 13,8% aláctica) tenderia a impor restrições à elevação do $\dot{V}O_2$.

Atualmente, para o tempo de desempenho nos 200 metros de ~1min::45s (~105 segundos), o tempo de ajuste deve estar limitado à $\tau \leq 21$ segundos e $TD \leq 8$ segundos (ou tempo de resposta médio, MRT, ≤ 23 segundos), seja qual for a amplitude-alvo da resposta do componente fundamental (A_1') da cinética do $\dot{V}O_2$ (i.e., $A_1' \leq \dot{V}O_{2max}$). Estudos recentes evidenciaram que esse perfil temporal da cinética do $\dot{V}O_2$ pode ocorrer no domínio severo. De acordo com os resultados de Reis et al. (2011), o $\dot{V}O_{2max}$ é alcançado durante o desempenho à 70% Δ ($vVT - v\dot{V}O_{2max}$), após uma reposta primária (A_1') com demanda à ~91% $\dot{V}O_{2max}$, em $\tau \sim 15,8$ segundos e $TD \sim 11,5$ segundos, além de contribuição do componente lento (CL) do

$\dot{V}O_2$ à ~6%. Para Pessoa Filho et al. (2012), a cinética do $\dot{V}O_2$ em intensidade de nado à 2,5% acima da velocidade crítica (VC) apresentou uma resposta fundamental com $\tau = 16,6$ segundos e aumento final de $\dot{V}O_2 = 104\% \dot{V}O_{2max}$, que caracterizou o domínio severo de nado. Posteriormente, Sousa et al. (2014) mostraram que o desempenho de nado à 95, 100 e 105% da $v\dot{V}O_{2max}$ projeta o $\dot{V}O_2$ ao máximo, ou seja, apresentam respostas típicas do domínio severo, com tempos de exaustão entre ~122 e ~344 segundos e contribuição do CL entre 5 a 16%, além de uma parcela de energia anaeróbia entre 17 a 41%. Ao observar os resultados médios apresentados por esses três estudos descritos acima, apenas os valores apresentados por Sousa et al. (2014) à 105% da $v\dot{V}O_{2max}$ poderia circunstanciar uma resposta completa durante os 200 metros, uma vez que 99% da resposta fundamental (A_1') projetaria a demanda à $\geq 95\%$ do $\dot{V}O_{2max}$ em 83 segundos (ao considerar $\tau \sim 16,4$ segundos e TD ~8,1 segundos).

Coletivamente, esses estudos tendem a contextualizar a demanda metabólica durante os 200 metros acima do $\dot{V}O_{2max}$. De fato, Capelli et al. (1998) demonstraram que a demanda energética para distâncias de 182,9 metros atinge em média 129,4% da $p\dot{V}O_{2max}$ para os quatro tipos de nado, com duração média de ~137s; e, especificamente para o nado crawl, seus resultados tendem a uma demanda de ~115% da $p\dot{V}O_{2max}$. Estudos que analisaram a cinética do $\dot{V}O_2$ durante o v200m apresentaram ajustes da resposta do $\dot{V}O_2$ muito rápidos ($\tau \sim 10,3 - 15,5$ s e TD ~6,9 - 22,0 s), com picos ($\sim 48 - 68 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$) que tendem a não diferir do $\dot{V}O_{2max}$, independentemente do nível e tipo de treinamento (SOUSA et al., 2011; RODRIGUEZ et al., 2015). A pressuposição que a resposta do $\dot{V}O_2$ durante o desempenho de 200 metros atinge valores máximos (i.e., $\dot{V}O_{2max}$) foi averiguada por Chaverri et al. (2016) ao comparar os valores finais do $\dot{V}O_2$ nos 200 metros por

observação direta (medida durante o esforço) e por estimativa pela da curva de recuperação (retro-extrapolação), revelando um erro de estimativa de apenas 3,3%. Todavia, tanto o estudo de Chaverri et al. (2016), quanto Sousa et al. (2011) e Rodriguez et al. (2015) não realizaram comparações diretas entre os valores de $\dot{V}O_2$ observado/estimado e o $\dot{V}O_{2max}$ obtido por teste incremental. Assim, a validade do v200m para representar uma condição de nado no domínio severo do exercício e sua aplicação na avaliação do $\dot{V}O_{2max}$ ainda necessita ser analisada.

Dessa forma, a caracterização do domínio do exercício para o esforço durante a transição repouso-exercício nos 200 metros contribuirá com sua validade, enquanto contexto metabólico para o planejamento do treinamento do atleta, avaliação da aptidão aeróbia por um protocolo prático, ou ainda enquanto instrumento de confirmação dos resultados obtidos por testes cardiorrespiratórios padronizados. Essa é a pretensão do presente estudo, cuja validade da resposta do $\dot{V}O_2$ em v200m será confrontada diretamente com a resposta obtida durante um teste incremental e outro constante no domínio severo. Tem-se por hipótese que o valor máximo de $\dot{V}O_2$ no teste incremental ($\dot{V}O_{2max}$) não difere do valor de $\dot{V}O_2$ obtido ao final do esforço em v200m, tampouco haverá diferenças entre os parâmetros temporais da cinética do $\dot{V}O_2$ durante os 200 metros do último patamar do teste incremental (TIE_200m) com v200m. Porém, presume-se que a amplitude da resposta máxima do $\dot{V}O_2$ durante a transição repouso-exercício no domínio severo (v90% Δ) não seja diferente de v200mm e TIE_200m, mas com respostas temporalmente distintas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE AERÓBIA MÁXIMA

O consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2max}$) representa a capacidade aeróbia máxima, sendo uma das medidas mais utilizadas dos estudos de fisiologia do exercício, capaz de descrever a capacidade individual do atleta de consumo, transporte e utilização do oxigênio (McCONNELL, 1988). Os valores de $\dot{V}O_{2max}$ são de grande importância para a fisiologia esportiva, principalmente quando há comparações de diferentes indivíduos ou grupos, acompanhamento longitudinal, ou quando são usados diferentes protocolos de exercícios (KASCH et al., 1976).

Embora alguns estudos pioneiros tenham sido realizados na primeira metade do século XX, a avaliação do $\dot{V}O_2$ na natação foi realmente realizada somente nos anos 1960, devida suas limitações para acompanhar o nadador ao longo da piscina, à rigidez do equipamento, ao arrasto associado com a válvula respiratória e o sistema de snorkel (SOUSA et al., 2014b).

Dentre as técnicas para mensurar o $\dot{V}O_{2max}$ na natação, podem ser citadas a utilização do swim-flume (DEMARIE et al., 2001; WAKAYOSHI et al., 1995), nado-atado (BONEN et al., 1980; RINEHARDT et al., 1991; PESSOA-FILHO et al., 2016), retro-extrapolação a partir da curva de recuperação do $\dot{V}O_2$ (CARRÉ et al., 1994; MONTPETIT et al., 1981; POUJADE, HAUTIER, ROUARD, 2003; RINEHARDT et al., 1991; RODRÍGUEZ, 2000), ergômetro de braço e perna (KONSTANTAKI, SWAINE, 1999; PRIoux et al., 2001) e durante o nado livre (BONEN et al., 1980; FERNANDES et al., 2003; POUJADE, HAUTIER, ROUARD, 2003, SOUSA et al., 2013, deJESUS et al., 2015, BLACK et al., 2017). Cada método apresenta condições e efeitos distintos sobre os valores mensurados, devido às imposições do

meio, como por exemplo, o incremento de custo energético quando há utilização de máscaras e snorkel durante o nado. Essas máscaras podem incrementar a área de superfície frontal, aumentando o arrasto e, conseqüentemente, o custo energético (FERNANDES et al., 2014).

Porém, antes do surgimento das máscaras, a coleta do ar era feita por meio do balão de Douglas, o qual foi usado até a década de 1980, sendo considerado padrão ouro para mensuração do $\dot{V}O_2$ (FERNANDES et al., 2014). Porém este método apresentava várias limitações, desde transportar essas bolsas durante o nado até as análises das concentrações de oxigênio (O_2) e dióxido de carbono (CO_2); necessitando assim de um equipamento mais eficiente para mensurar valores em tempo real, e não apenas na fase de recuperação do exercício (FERNANDES et al., 2014).

Com o passar dos anos surgiu um novo equipamento portátil e telemétrico capaz de realizar a medição de diversos parâmetros ventilatórios coletados respiração-a-respiração, resultando em um detalhado diagnóstico das alterações no $\dot{V}O_2$ em comparação com as medições dos equipamentos antigos (FERNANDES et al., 2014). Na natação, este equipamento é transportado pelos pesquisadores na parede lateral, seguindo o nadador ao longo da piscina, ou suspenso sobre a água em um cabo de aço (FERNANDES et al., 2012; SOUSA et al., 2011), minimizando os distúrbios dos movimentos normais de nado (FERNANDES et al., 2012, SOUSA et al., 2011). Os aparelhos de medição são acoplados a um tubo respiratório com sistemas de válvulas, inicialmente proposto por Toussaint et al. (1987), posteriormente modificados (KESKINEN et al., 2003), até a utilização de um novo instrumento de transporte de dados ventilatórios durante o nado, o snorkel new Aquatrainer (Cosmed, Roma, Itália), validado por Baldari et al. (2013). Entretanto

esses equipamentos podem interferir no desempenho do atleta, impedindo que os atletas atinjam valores máximos de sua capacidade aeróbia (CARRÉ et al., 1994).

2.1.1 MÉTODO INDIRETO PARA OBTENÇÃO DO $\dot{V}O_{2max}$

A mensuração do consumo de oxigênio durante o nado é dificultado devido à posição e movimentos corporais, as viradas e impulsos submersos. Dessa maneira, os equipamentos portáteis restringem alguns gestos técnicos dos nadadores, podendo comprometer a validade ecológica desta informação de consumo de O_2 (JALAB et al., 2011).

Sousa et al. (2014b) corrobora comentando que a utilização de snorkel durante o nado livre impossibilita os atletas executarem padrões de movimento, tornando o nado menos específico justamente por haver a ausência de respiração lateral, viradas e ondulações. Para superar essa dificuldade alguns estudos coletaram amostras consecutivas de ar expirado ao final do nado (8, 20, ou 40 segundos) (Di-PRAMPERO et al., 1976a, LEGER et al., 1980, MONTPETIT et al., 1981) e observaram que esses valores representam o $\dot{V}O_2$ do nado realizado. Surgiu assim um procedimento capaz de estimar o $\dot{V}O_{2max}$ do exercício analisando apenas a respiração pós-esforço.

Este método, denominado retro-extrapolação da curva de $\dot{V}O_2$ e tempo ($\dot{V}O_2$ vs. t), surgiu como alternativa para conservar o gesto natural dos nadadores, sem alterar a técnica de nado. Sendo utilizado para obtenção do valor máximo de $\dot{V}O_2$ a partir de sua curva de recuperação. Foi primeiramente descrito por Di-Prampero et al. (1976) e posteriormente desenvolvido por Léger et al. (1980). Tem sido usado em diferentes esportes (MONTPETIT et al. 1981; RICCI; LEGER 1983; COSTILL et al. 1985), tanto em exercícios submáximos (LÉGER et al. 1983; Morgan et al. 1991;

SLEIVERT, MACKINNON 1991) quanto máximo (LÉGER et al. 1980; Montpetit et al. 1981; RICCI, LÉGER 1983; COSTILL et al. 1985).

Foi testado em nadadores e apresentou uma alta correlação com o $\dot{V}O_{2max}$ (LAVOIE et al. 1983). Além disso, este procedimento tem fornecido boa estimativa do $\dot{V}O_{2max}$ logo após o término do exercício (MONTPETIT et al., 1981), tanto em nadadores jovens quanto em adultos (MONTPETIT, 1981; MORGAN, 1991; SLEIVERT, 1991; CARRÉ, 1994; ZAMPARO, 2005; JÜRIMÄE, 2007, JALAB et al., 2011).

A retro-extrapolação na natação consiste na mensuração de valores de $\dot{V}O_2$ imediatamente após o exercício, por meio da aplicação de procedimento de regressão linear simples, com o método dos quadrados mínimos entre o tempo e os valores de $\dot{V}O_2$, obtendo o valor de $\dot{V}O_2$ quando o tempo for zero (MONTPETIT et al., 1981). Em suma, os autores têm como preferência utilizar o consumo de O_2 durante os primeiros 20s da recuperação como estimativa do $\dot{V}O_{2max}$ (COSTILL et al., 1995). Porém alguns autores utilizam a técnica de retro-extrapolação do consumo de oxigênio analisando respiração-a-respiração nos 30 segundo de recuperação (COSTILL et al 1985; ZAMPARO et al. 2000; RODRIGUEZ 2000; RODRIGUEZ et al. 2003).

Alguns autores (LÉGER et al. 1980; ZAMPARO et al., 2000) também utilizam os primeiros 20s da curva de recuperação do $\dot{V}O_2$ para estimar os valores máximos por meio do cálculo da regressão mono-exponencial de quadrados mínimos. Além disso, os autores descartaram os valores do CL antes de computar a regressão exponencial de quadrados mínimos, transformando os valores em semi-logaritmo para produzir uma curva de recuperação mais linear. Em seu estudo, Léger et al.

(1980) , encontrou que o método de extrapolação produziu valores semelhantes ao método convencional em que $\dot{V}O_2$ é medido durante o exercício.

Montpetit et al. (1981) comparou o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ observado em um teste incremental pelo método convencional e pela retro-extrapolação e não observou diferença significativa entre os métodos ($3810 \pm 590 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$ e $3790 \pm 660 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$, respectivamente), concluindo assim que a estimativa do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ durante o nado pode ser feito em condições reais (sem alterar a mecânica de nado) sem equipamentos e com boa acurácia.

A retro-extrapolação é um método válido ($r = 0,92$) e preciso ($\text{SEE} = 3,21 \text{ L de } O_2 \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$) para determinar o $\dot{V}O_{2\text{max}}$ no período de recuperação do exercício (LÉGER et al. 1980). Outro estudo confirmou similaridade ($r = 0,975$ e $\text{SEE} = 3,3 \text{ ml } O_2 \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$) entre os valores de $\dot{V}O_{2\text{max}}$ estimulado por retro-extrapolação comparado ao $\dot{V}O_2$ medido no ultimo minuto de exercício (LÉGER, LAMBERT, 1982).

Carré et al. (1994) em seu estudo comparou o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ obtido por medidas diretas e por estimação por meio do método de retro-extrapolação nos primeiros 20s de recuperação em atletas de caiaque. O estudo apresentou correlações significativas entre os métodos ($r = 0,89$), porém os resultados sugerem que o método de retro-extrapolação tende a superestimar o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ medido no laboratório ($570 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$) e no teste de campo ($660 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$), ambos para $p < 0,001$.

Entretanto, a literatura apresenta estudos com resultados controversos, já que há estudos que não encontram diferenças entre valores de $\dot{V}O_{2\text{max}}$ medido com estimado por retro-extrapolação (LÉGER et al., 1980). Outros estudos encontraram em subestimação dos valores de $\dot{V}O_{2\text{max}}$ para exercícios mais intensos (LEMON et al., 1980; Carré et al., 1994). Em oposição, Lavoie et al., (1983) encontrou que o

método de retro-extrapolação pode gerar valores de $\dot{V}O_{2\max}$ superestimados em nadadores.

A razão para essa discrepância não é clara, uma vez que as mudanças no $\dot{V}O_2$ pós-exercício parecem ser independentes dos grupos musculares envolvidos (PENDERGAST, 1989; LOUHEVAARA et al., 1990). Shephard (1984) alerta que as diferenças de técnica e de motivação também não poderiam explicar essas diferenças entre os valores medido do estimado.

Esta técnica de retro-extrapolação é promissora para ser utilizada em diferentes modalidades, porém ainda necessita de mais estudos que comprovem sua eficácia em mensurar o $\dot{V}O_2$ executado durante o esforço livre, principalmente pela inovação dos equipamentos ergoespirômetros portáteis de mensuração de $\dot{V}O_2$ (respiração-respiração) e facilidade de acoplamento do sujeito à máscara após o esforço (< 1 segundo).

A maior limitação deste procedimento de estimação do $\dot{V}O_{2\max}$ refere-se ao momento de coleta do $\dot{V}O_2$ correspondem ao exercício. Os estudos coletam o $\dot{V}O_2$ em períodos de recuperação entre os estágios de um teste incremental, assumindo estes valores como correspondentes ao real $\dot{V}O_2$ durante o exercício. Porém o $\dot{V}O_2$ não permanece estável durante exercícios mantidos em intensidade submáxima elevada, tornando assim variável o valor de $\dot{V}O_2$ dependendo do momento em que se realiza a coleta (BANGSBO, 1998). Ou seja, nenhum estudo comparou os valores de $\dot{V}O_2$ mensurados diretamente durante o exercício com $\dot{V}O_2$ estimados por retro-extrapolação. Desse modo, para suprir essa limitação seria necessário realizar a mensuração direta do $\dot{V}O_2$ durante o exercício para posteriormente comparar seus valores com os valores de $\dot{V}O_2$ por estimação pelo método de retro-extrapolação.

2.1.2 MÉTODO DIRETO PARA OBTENÇÃO DO $\dot{V}O_{2max}$

Desde 1920 a ciência do esporte possui a natação, juntamente com a corrida e o ciclismo, como áreas de estudos, contribuindo para a fisiologia e ganhos de desempenho para estes esportes (SOUSA, VILAS-BOLAS, FERNANDES, 2014). Os testes progressivos são frequentemente usados para avaliar as condições de performances competitivas (SOUSA et al., 2014b), mensurando diretamente o $\dot{V}O_{2max}$ ou estimando seus valores máximos (retro-extrapolação), além de identificar as relativas intensidades correspondentes ao $\dot{V}O_{2max}$. Afinal, o $\dot{V}O_{2max}$ revela-se como um importante parâmetro capaz de expressar o máximo desempenho do metabolismo aeróbio dos nadadores (RENOUX, 2001; SOUSA et al., 2011).

A aptidão aeróbia é avaliada por meio de um teste com protocolo incremental de rampa com duração de 10-15 min (WHIPP et al., 1981) ou mais quando há necessidade de avaliar a resposta lactacidêmica (POOLE, WARD, 1988). O objetivo desses testes, além de analisar o $\dot{V}O_{2max}$, analisa também suas respectivas intensidades (% $\dot{V}O_{2max}$) e o bem como o limiar de lactato (LL) (PYNE, LEE, SWANWICK, 2001), identificando assim o limite de transição entre os domínios moderado e pesado (*capítulo seguinte*). Mas o limite entre os domínios pesado e severo não pode ser detectado durante um teste incremental porque por definição é preciso analisar o comportamento da resposta do lactato e/ou $\dot{V}O_2$ (presença da fase estável) ou ainda a tolerância ao exercício (POOLE, WARD, 1988; POOLE, WARD, WHIPP, 1990).

No decorrer das décadas surgiram diversos protocolos incrementais, com intuito de delinear o perfil dos parâmetros fisiológicos máximos para assim diagnosticar a capacidade de desempenho do atleta em intensidades submáximas. Os protocolos incrementais apresentam patamares de distâncias ou tempo fixos com

velocidades incrementais. Os testes incrementais com tempo fixos na natação são comumente presentes em métodos de swim-flume (FAINA et al., 1997; BILLAT et al., 1996; BONEN et al., 1980; WAKAYOSHI et al., 1992), enquanto os protocolos com distâncias fixas são realizados com nado livre. O quadro 1 ilustra a predominância dos protocolos incrementais com distâncias fixas de 200m para a natação. Cabe lembrar que todos os estudos realizaram o protocolo incremental com distâncias fixas com o intuito de obter o $\dot{V}O_{2max}$, entretanto muitos não informaram os valores, pois não era o principal objeto de estudo.

QUADRO 1: Testes incrementais com distância fixa.

Estudo	Teste	Progressão	Intervalo	$\dot{V}O_{2\max}$
BONEN et al., 1980	3x200	Moderado Médio Máximo	5 min	$3550 \pm 280 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$
PYNE, LEE, SWANWICK, 2001	7x200 (7ºmax)	5%	30s	<i>Não informado</i>
WELLS, DUFFIN, PLYLEY, 2001	5x200 (5ºmax)	FC: $10b \times \text{min}^{-1}$	- - -	<i>Não informado</i>
RIBEIRO et al., 2004	n x200	$0,05m \times s^{-1}$	- - -	<i>Não informado</i>
BENTLEY et al., 2005	5x200	5s	15s	$55,7 \pm 5,8 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$;
ROELS et al., 2005	5x200 (5ºmax)	5-10%	15 s	<i>Não informado</i>
FERNANDES et al., 2006	n x200	$0,05m \times s^{-1}$	30s	$3180 \pm 710 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$
BARBOSA et al., 2006	7x200	$0,05m \times s^{-1}$	30s	<i>Não informado</i>
PSYCHARAKIS et al., 2008	7x200 (7ºmax)	- - -	- - -	<i>Não informado</i>
FERNANDES et al., 2008	n x200	$0,05m \times s^{-1}$	30s	$4340 \pm 132 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$
TURNER, SMITH, COLEMAN, 2008	7x200 (7ºmax)	$\sim 0,05m \times s^{-1}$	- - -	<i>Não informado</i>
KILDING, BROWN, McCONNELL, 2010	7x200	5%	30s	<i>Não informado</i>
FERNANDES et al., 2011	7x200-300-400	$0,05m \times s^{-1}$	30s	<i>Não informado</i>
REIS et al., 2012b	5x200	5-10%	30s	<i>Não informado</i>
PESSOA-FILHO et al., 2012	n x300	5%	30s	$57,9 \pm 5,1 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$

COSTA et al., 2013	7x200	0,05m×s ⁻¹	30s	71,9 ± 11,6 ml×kg ⁻¹ ×min ⁻¹ ; 73,6 ± 8,2 ml×kg ⁻¹ ×min ⁻¹ 76,3 ± 6,1 ml×kg ⁻¹ ×min ⁻¹
MORGADO et al., 2014	7x200	0,05m×s ⁻¹	10s	<i>Não informado</i>
SOUSA et al., 2014b	7x200	0,05m×s ⁻¹	30s	4210± 610 ml × min ⁻¹
FIGUEIREDO et al., 2014	n x200	0,05m×s ⁻¹	30s	<i>Não informado</i>
RIBEIRO et al., 2014	n x200	0,05m×s ⁻¹	30s	<i>Não informado</i>
SOUSA et al., 2015	n x200	0,05m×s ⁻¹	30s	4210± 610 ml × min ⁻¹
SCRUTON et al., 2015	7x200	- - -	- - -	<i>Não informado</i>
ESPADA et al., 2015	5x250 e 1x200	5%	30-45s	<i>Não informado</i>
deJESUS et al., 2015	7x200	0,05m×s ⁻¹	30s	58,0 ± 2,0 ml×kg ⁻¹ ×min ⁻¹
RORÍGUES et al., 2015	4x200	0,1 m×s ⁻¹	- - -	<i>Não informado</i>
PELARIGO et al., 2017	7x200	0,05m×s ⁻¹	30s	<i>Não informado</i>

A maioria dos testes incrementais com distâncias fixas utiliza patamares de 200m. Esta distância é correspondente a eventos de médias distancias na natação (200 e 400), envolvendo abruptas transições do repouso a altas intensidades de exercício em um curto tempo, exigindo assim uma alta coordenação do sistema cardiorrespiratório e muscular (REIS et al., 2012b).

2.2 DESEMPENHO DE 200M PARA OBTENÇÃO DO $\dot{V}O_{2max}$

Esforços de médias distâncias são dependentes da capacidade do atleta de sustentar determinada velocidade pela duração do evento (BLACK et al., 2017). Esta velocidade é dependente da capacidade músculo-esquelética de produzir potência e de resistir à fadiga (Di-PRAMPERO et al., 1986; LACOUR et al., 1990). Médias distâncias resultam em uma demanda energética superior a produção de energia aeróbia máxima (110-120%), avaliado por meio do $\dot{V}O_2$, e assim, há a necessidade de uma contribuição energética interada entre os metabolismos aeróbios e anaeróbios (LACOUR et al., 1990; CRAIG, MORGAN, 1998; SPENCER; GASTIN, 2001; DUFFIELD et al., 2005)

A prova de 200m nado livre, devido às suas características metabólicas com grande participação do sistema glicolítico que estaria relacionado a altos níveis de fadiga, apresenta uma condição de desafio tanto para o técnico quanto para o nadador (CASTRO et al., 2010). A maioria dos estudos que possuem como objeto de estudo caracterizar o metabolismo energético esportivo, prioritariamente analisam via energética aeróbia, avaliando condições de intensidades submáximas, utilizando o $\dot{V}O_2$ como principal medida (SOUSA et a., 2013). Para analisar intensidades máximas e supra-máximas, com objetivo de mensurar o metabolismo anaeróbio, é preciso estudar seus dois componentes: (1) sistema láctico, comumente utilizado nas

pesquisas do âmbito da fisiologia do exercício, estudando a reposta da curva do lactato sanguíneo frente o exercício (Di-PRAMPERO 1986; CAPELLI et al. 1998a; CAPELLI 1999; ZAMPARO et al. 2000, 2010; FERNANDES et al. 2006; Di-PRAMPERO et al. 2011; FIGUEIREDO et al. 2011); e o (2) sistema alático, é estimado por meio de dois métodos de análise: a) na transição de repouso a exaustão no exercício, considera-se que a queda na concentração de creatina fosfato (CP) tenha uma dada cinética na massa muscular ativa (ZAMPARO et al., 2010; Di-PRAMPERO et al. 2011), e b) análise do componente rápido da cinética do transição pós exercício (*off-transition*) do $\dot{V}O_2$ (Di-PRAMPERO et al. 1970; BENEKE et al., 2002), assumindo-se que no período de recuperação do exercício a maior parte do débito de O_2 seja energia para ressintetizar adenosina trifosfato (ATP) pela via fosfogênica (MARGARIA et al. 1933; Di-PRAMPERO, MARGARIA 1968; Di-PRAMPERO, FERRETTI 1999). Sousa et al. (2013) comparou os dois métodos de análise da contribuição anaeróbia para um teste máximo de 200m de nado e não foram encontradas diferenças entre os dois métodos ($p = 0,86$).

Em relação à contribuição energética, Gatin (2001) indica que esforços máximos, independente do exercício, de aproximadamente 120 segundos de duração, apresentam participação de 37% de metabolismo glicolítico e de 63% de metabolismo aeróbio. Já Capelli et al. (1998) encontraram, em esforços máximos de 183m (200 jardas) em nado crawl, que duraram em média 112 segundos, 39% de contribuição anaeróbia e 61% de contribuição aeróbia. Estudos mais recentes corroboram dizendo que o desempenho de 200m de nado apresenta participação metabólica com predominância aeróbia (65,9%), sendo 34,1% anaeróbio, dois quais 13,6% (AnL) e 20,4% (AnAL) (FIGUEIREDO et al., 2011). O quadro abaixo

demonstra a contribuição do déficit de O_2 acumulado (AOD) e sua correspondente demanda de O_2 relacionada a duração de exercício máximo.

QUADRO 2: Contribuição anaeróbia e demanda de oxigênio em diferentes durações de intensidades máximas de nado.

	Duração (s)	Contribuição AOD (%)	Demanda O_2 (%$\dot{V}O_{2max}$)
15s	15,5 ± 1,4	82,1 ± 6,3	205 ± 32
30s	29,7 ± 1,8	67,4 ± 6,3	175 ± 23
1min	61,3 ± 3,4	50,1 ± 7,3	138 ± 14
2-3 min	152,3 ± 22,7	30,7 ± 4,7	107 ± 9
4 – 5min	282,7 ± 17,7	16,5 ± 6,3	96 ± 4
8-10min	540,4 ± 44,4	15,7 ± 7,3	91 ± 3

Fonte: Adaptado de Ogita et al., 2003

A importância relativa do sistema de energia anaeróbia em nadadores durante provas clássicas diminuiu de 85-78% durante 15 s, para 50% durante 1 min, e para 30% durante 2-3 min onde há suprimento máximo de energia anaeróbia (OHITA, 2003). Desse modo, de 2-3m tem-se 70% da contribuição aeróbia. Relacionado a isso, diversos autores apresenta que 3 min corresponde ao t_{Lim} à 100% da $\dot{V}O_{2max}$ na natação (SOUSA et. al. 2014a, SOUSA et. al. 2015, SOUSA, VILAS-BOAS, FERNANDES, 2014).

Em um estudo analisando diferenças de desempenho aeróbio entre homens e mulheres mostraram correlações significativas entre a VC com v200m apenas para mulheres, enquanto os homens tiveram boas correlações para provas de longas distâncias (800 e 1500 metros) (OHITA et al., 2013). Alguns estudos mostram que

atletas do sexo feminino são capazes de oxidar mais lipídios e menos carboidrato do que atletas do sexo masculino (TARNOPOLSKY et al., 1990), resultando em um menor declínio do glicogênio muscular (TARNOPOLSKY et al., 1990; 1995), consequentemente as mulheres possuem uma taxa de troca gasosa mais baixa que os homens em intensidade submáxima (OSHITA et al., 2013).

Em um estudo de ciclismo comparando o consumo durante um teste de curta distância verificou que $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ medido durante o teste de 3 minutos ($3780 \pm 680 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$) não foi diferente do teste de rampa ($3840 \pm 790 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$, $p = 0,75$) (BURNLEY, DOUST, VANHATALO, 2006). Supondo que um teste de curta duração (~3min) seja possível produzir uma potência que representaria o limite entre o domínio pesado e severo. Além disso, esses dados supõem que o período de 3min seja suficiente para elucidar o $\dot{V}O_{2\text{max}}$. Corroborando com esses dados, outro também não encontrou diferenças significativas entre o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ encontrado no teste de rampa com o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ durante dois testes na máxima velocidade (90s) (2640 ± 500 , 2490 ± 500 , e $2530 \pm 0.5 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$, respectivamente, $p > 0,68$) (WILLIAMS, RATEL, ARMSTRONG, 2005).

Em um estudo de Sperlich et al. (2011), também não houve diferenças significativas ($p = 0,29$) entre o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ de um teste incremental com valores encontrados em teste de 3 min na máxima potência em cicloergômetro.

2.3 DOMÍNIOS DE INTENSIDADE E CINÉTICA DO $\dot{V}O_2$

A cinética do $\dot{V}O_2$ é proposta como uma ferramenta útil para diagnóstico de treinamento esportivo (FERNANDES, VILAS-BOAS 2012; REIS et al. 2012a), principalmente para melhor entendimento da tolerância e as respostas fisiológicas ao

exercício (limiares fisiológicos, $\dot{V}O_{2\max}$ e indicadores de eficiência) (BENTLEY et al., 2007; HILL, 2014). Tradicionalmente, a análise dos parâmetros da cinética do $\dot{V}O_2$ é usada para caracterizar a resposta do $\dot{V}O_2$ em diferentes intensidades de exercícios (POOLE, JONES 2012).

A resposta do $\dot{V}O_2$ e o estado da relação ácido-base no sangue durante exercícios com intensidade constante têm sido utilizados para definir os domínios de intensidade do exercício (BURNLEY; JONES, 2007). Três domínios são comumente descritos. O exercício moderado, que engloba intensidades do exercício abaixo do LL, no qual a concentração de lactato ($[la^-]$) no sangue não é elevada e o $\dot{V}O_2$ projeta-se de modo mono-exponencial a uma fase estável (JONES; POOLE, 2005). O domínio pesado do exercício situa-se entre o LL e a PC (maior intensidade de trabalho aeróbio sustentado sem que haja alteração contínua na homeostase), resultando em uma elevada, mas estável da $[la^-]$ ao longo do tempo e o $\dot{V}O_2$ atinge um estado estável tardio, após a presença de um aumento adicional do $\dot{V}O_2$ (componente lento, $\dot{V}O_{2CL}$). No domínio severo (entre PC – Potência Crítica – e $\dot{V}O_{2\max}$), o $\dot{V}O_{2CL}$ falha em estabilizar e, caso o exercício seja sustentado, pode atingir o valor máximo do $\dot{V}O_2$, enquanto a $[la^-]$ aumenta continuamente até ao final do exercício (BURNLEY; JONES, 2007). Esses autores sugerem que o limite superior do domínio severo de exercício é a intensidade de exercício acima da qual a duração do esforço é tão curta, que o $\dot{V}O_{2\max}$ não é atingido, mas como o $\dot{V}O_{2\max}$ pode ser atingido dentro de uma zona de intensidade entre 92% a 135% $\dot{V}O_{2\max}$ (BILLAT; KORALSZTEIN, 1996; CAPUTO; DENADAI, 2008) é possível a ocorrência do CL, quando a transição é realizada na intensidade mínima do exercício capaz de elevar o $\dot{V}O_{2\max}$ (DEMARIE et al., 2001; BURNLEY; JONES, 2007). Um sumário dos

parâmetros limítrofes dos domínios de intensidade e propostas de análise por ajustes exponenciais pode ser observado no Quadro 3.

A comparação da cinética do $\dot{V}O_2$ com intensidades de exercício não representa novidades para a corrida e ciclismo (CARTER et al. 2000; KOPPO et al. 2004; PRINGLE et al. 2003), servindo de ferramenta para uma correta prescrição de treinamentos. São poucos os estudos nesta linha no âmbito da natação, RODRÍGUEZ et al. (2003), investigou a cinética do $\dot{V}O_2$ durante nado crawl de 100 e 400 m em intensidades extrema, outros estudos focaram nas intensidades pesadas ou severas (FERNANDES et al. 2008, PESSOA-FILHO et al., 2012, SOUSA et al., 2014a). deJESUS et al., 2015).

Quadro 3: Descrição dos limites, tolerância e mecanismos de exaustão nos diferentes domínios de intensidade*.

Domínio	Limites	Resposta da cinética do $\dot{V}O_2$	Tolerância	Mecanismos de Fadiga
Moderado	Superior: LL	Dois componentes; estado estável alcançado dentro de 3 minutos em indivíduos saudáveis	>4h	Hipertermia (no calor), redução da ativação central/motivação (fadiga central), dano muscular (corrida)
Pesado	Inferior: LL; superior: PC	Três componentes; componente lento encontrado após a fase primária; estado estável estacionário entre 10-20 minutos; elevação do $\dot{V}O_2$	Até 3-4 horas	Depleção de glicogênio; hipertermia
Severo	Inferior: PC; superior: maior intensidade que permite atingir ao $\dot{V}O_{2max}$ antes da exaustão	Dois/três componentes; desenvolvimento contínuo do componente lento se a intensidade for referente ao $\dot{V}O_{2máx}$; se sustentado a intensidade, é atingido o $\dot{V}O_{2max}$	Até 30-45 minutos	Depleção da reserva de energia representada pelo déficit de oxigênio e/ou o acúmulo de metabólitos causadores de fadiga (H^+ , $H_2PO_4^-$)
Extremo	Inferior: maior intensidade que permite atingir ao $\dot{V}O_{2max}$	Dois componentes; componente lento não evidenciado; $\dot{V}O_{2max}$ não sustentado	<120s	Falha no mecanismo de excitatório de acoplamento

*Informações extraídas de Burnley; Jones (2007).

Na natação, os parâmetros de amplitude da cinética do $\dot{V}O_2$ obtidos por Querido et al. (2006) equivaleram a $3001,9 \text{ mlO}_2 \cdot \text{min}^{-1}$ e $560,5 \text{ mlO}_2 \cdot \text{min}^{-1}$ para a resposta exponencial primária e CL, respectivamente, em intensidade correspondente ao $\dot{V}O_{2\text{max}}$. Para Reis et al. (2011) a resposta primária do $\dot{V}O_2$ acima do primeiro limiar ventilatório correspondeu à $2670 \text{ mlO}_2 \cdot \text{min}^{-1}$, enquanto o CL apresentou valores de em torno de $365 \text{ mlO}_2 \cdot \text{min}^{-1}$, que demandaram juntos uma amplitude total situada em $83\% \dot{V}O_{2\text{pico}}$. Já para Pessoa Filho et al. (2012), a tendência da cinética do $\dot{V}O_2$ na transição abaixo ($\sim 2.7\%$) de PCR correspondeu à intensidade de $v36,8 (\pm 8,5) \% \Delta$ (cerca de $91,4 \pm 2,2\% v\dot{V}O_{2\text{max}}$) e demandou uma elevação submáxima e estável do $\dot{V}O_2$ ($91,5 \pm 5.7\% \dot{V}O_{2\text{max}}$), após a ocorrência do CL com início em $\sim 154\text{s}$ e amplitude média de $391,0 \text{ mlO}_2 \cdot \text{min}^{-1}$. Na a transição realizada acima (2%) de PCR, em intensidade de $v71,1 (\pm 17,1) \% \Delta$ (aproximadamente $96,1 \pm 2,4\% v\dot{V}O_{2\text{max}}$), esses autores puderam constatar que a fase estável da cinética do $\dot{V}O_2$ mostrou-se limitada ao seu valor máximo ($104,5 \pm 9,4\% \dot{V}O_{2\text{max}}$), após a ocorrência do CL com início em $\sim 188\text{s}$ e amplitude de $399,0 \text{ mlO}_2 \cdot \text{min}^{-1}$. Desta forma, essas duas respostas caracterizaram, respectivamente, o domínio pesado e severo do exercício.

2.3.1 CINÉTICA DO $\dot{V}O_2$ E CARACTERIZAÇÃO DO 200M MÁXIMO

Sousa et al. (2014) analisou a cinética do $\dot{V}O_2$ em intensidade correspondente a velocidade nos 200 metros nado livre ($v200\text{m}$) e ao limiar anaeróbio (Lan , pelo método do ponto de inflexão da curva lactacidêmica). A amplitude da resposta primária (A_1) foi de $26,32 \pm 9,73 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ e $38,43 \pm 5,30 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ para $v\text{Lan}$ e $v200\text{m}$, respectivamente. Enquanto que a constante de tempo da resposta primária (τ_1) foi de $18,89 \pm 6,53\text{s}$ e $13,21 \pm 5,86\text{s}$ e o tempo de retardo inicial da resposta (TD_1) foi de $12,36 \pm$

6,62s e $9,47 \pm 6,42$ s, ambos correspondentes a velocidade no segundo limiar de lactato (ou limiar anaeróbio) e v200m.

Em um estudo de Rodríguez et al. (2015), os nadadores realizaram um teste incremental de 3x400m, e após 10min de recuperação passiva fizeram um sprint máximo de 200m para determinar o $\dot{V}O_{2max}$. Estes dados são baseados em um estudo anterior (RODRIGUEZ et al., 2000), onde se calculou o $\dot{V}O_{2max}$ a partir do desempenho de 200m de nado, comparando a amplitude do $\dot{V}O_2$ na equação mono-exponencial e os últimos valores médios de 20s do $\dot{V}O_2$ de recuperação (3450 ± 711 vs 3364 ± 713 ml $\times$ min⁻¹, respectivamente). Não observou diferenças entre os valores de $\dot{V}O_2$ ($p = 0,105$), assumindo assim o valor de amplitude do $\dot{V}O_2$ dos 200m de nado como melhor representante do $\dot{V}O_{2max}$ no desempenho de 200m (RODRIGUEZ et al., 2015).

A demanda energética total de eventos de corrida de média distância situa esses eventos no domínio severo de intensidade, ou possivelmente no extremo (JONES, BURNLEY, 2009). Assumisse que durante o exercício dentro do domínio severo ou extremo de intensidade, o $\dot{V}O_2$ projeta-se exponencialmente em direção à taxa máxima ($\dot{V}O_{2max}$) ou a exaustão ocorre antes (WHIPP, 1994; GAESSER, POOLE, 1996; POOLE, RICHARDSON, 1997; HILL, FERGUSON, 1999; JONES, BURNLEY, 2009). Entretanto, estudos utilizando esforços exaustivos com cargas constantes com duração de 2min têm encontrado que o $\dot{V}O_2$ não atinge valores máximos, mesmo com suficiente tempo para desenvolver a resposta metabólica completa (DRAPE, WOOD, 2005; SANDALS et al., 2006; JAMES et al., 2007, 2008). Em vez disso, um estado estável submáximo do $\dot{V}O_2$ é atingido após 1 min de exercício, sem evidência de um aumento adicional do $\dot{V}O_2$ (DRAPER, WOOD, 2005b).

Assim, utilizando a cinética do $\dot{V}O_2$ para delimitar intensidades de exercício, o desempenho dos 200m caracteriza como intensidade correspondente ao domínio severo

(acima da PC e/ou $\geq 70\% \Delta$ - (REIS et al., 2012a)). Alguns autores defendem que o $\dot{V}O_2$ não atinge fase estável aumentando progressivamente de maneira bi-exponencial até atingir valores máximos ao final do exercício (POOLE et al., 1988). Além disso, nessas intensidades há altos e contínuos valores lactato sanguíneo em relação ao tempo, estando assim fortemente associado com a MFEL e/ou PC (BURNLEY, JONES, 2007).

Corroborando com esses achados, Black et al., (2017) investigou o efeito da redução artificial da oferta de O_2 em indivíduos treinados com objetivo de explorar se existe diferenças na $\% \dot{V}O_{2max}$ atingido em normóxia e hipóxia em corrida curtas máximas (~2min). O principal achado do estudo foi que apesar dos atletas não serem capazes de atingir o $\dot{V}O_{2max}$ durante o teste constante em situação normóxia (~2min), eles puderam atingir o $\dot{V}O_{2max}$ em hipóxia reduzido para mesma intensidade. Concluindo assim que o tempo de 2min é suficiente para elucidar o $\dot{V}O_{2max}$.

Entretanto, em um estudo, o desempenho máximo de 200m foi caracterizado como intensidade correspondente ao domínio extremo de exercício, havendo $78,6 \pm 2,9\%$ de contribuição aeróbia e $21,3 \pm 2,9\%$ anaeróbia (SOUSA et al., 2011). Os autores ainda destacam que a resposta cinética do $\dot{V}O_2$ no v200m foi iniciada com um aumento súbito e exponencial do $\dot{V}O_2$, demonstrado pelos valores médios TD ($6,88 \pm 4,78s$) e τ_1 ($10,53 \pm 2,51s$). O valor médio A_1 ($46,67 \pm 4,78 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$) indica que os nadadores foram capazes de atingir altos valores de consumo de oxigênio, mantendo-os durante o evento de 200 m. Posteriormente, um período de transição rápido foi observado por ser necessário atingir a fase estável (τ_1), seguindo por um período de fase estável, o qual não foi evidenciado evidente o CL do $\dot{V}O_2$ (SOUSA et al., 2011). Porém, os dados são controversos uma vez que a presença de fase estável não caracteriza a intensidade de exercício em domínio extremo (BURNLEY, DOUST, VANHATALO, 2006). Em intensidade de domínio severo (acima da PC), não se atinge fase estável e o $\dot{V}O_2$ aumenta

progressivamente de maneira bi-exponencial, atingindo valores máximos ao final do exercício (POOLE et al., 1988). Além disso, nessas intensidades há altos e contínuos valores lactato sanguíneo em relação ao tempo, estando assim fortemente associado com a MFEL e/ou PC (BURNLEY, JONES, 2007).

3 JUSTIFICATIVA

Tem sido um consenso na literatura atribuir ao desempenho na distância de 200 m um perfil metabólico que demanda taxas de ativação máximas, tanto para metabolismo oxidativo como para as vias anaeróbias de produção energética (TOUSSAINT; HOLANDER, 1994; OGITA et al., 2003). As premissas fundamentais do domínio severo tendem a ocorrer durante o desempenho nos 200 m, como uma resposta do $\dot{V}O_2$ mantida em taxas elevadas (SOUSA et al., 2011; RODRIGUEZ et al., 2015) e emprego extensivo das reservas finitas de energia anaeróbia (TOUSSAINT; HOLANDER, 1994; OGITA et al., 2003). Todavia, alguns nadadores realizam o desempenho nos 200 m abaixo de 110 s, o que levanta duas questões principais: (1) haveria tempo suficiente para a resposta do $\dot{V}O_2$ se ajustar ao valor máximo?; e (2) estaria o custo energético em uma taxa percentual ainda capaz de ser suprida em predomínio por fonte aeróbia?

Alguns estudos são enfáticos em postular que a contribuição oxidativa predominaria apenas durante desempenhos com tempo de duração ≥ 120 s (TOUSSAINT; HOLANDER, 1994; CAPELLI et al., 1998; OGITA et al., 2003). Entretanto, outros enfatizam a importância do nível de aptidão aeróbia (i.e., magnitude do $\dot{V}O_{2max}$), distribuição do tipo de fibra I e a execução da tarefa com predomínio dos membros superiores, como fatores determinantes da velocidade de ajustes e amplitude do O_2 durante o desempenho na natação (TOUSSAINT; HOLANDER, 1994; DEMARIE et al., 2001; SOUSA et al., 2011; SOUSA et al., 2015; RODRIGUEZ et al., 2015).

Dessa forma, a caracterização do domínio de intensidade nos 200m iria contribuir com sua validade enquanto contexto metabólico para o planejamento do treinamento do atleta, bem como para avaliação da aptidão por um protocolo prático. Essa é a pretensão do presente estudo, cuja validade da resposta do $\dot{V}O_2$ será confrontada diretamente com

a resposta obtida durante um teste progressivo e outro constante no domínio severo. Uma vez constatada a semelhança entre os perfis metabólicos durante os desempenhos (fase “on” da cinética do $\dot{V}O_2$), será também analisada a curva de recuperação do $\dot{V}O_2$ após (fase “off” da cinética do $\dot{V}O_2$) cada condição de desempenho anteriormente analisada. Então, será possível dizer se o reposta do $\dot{V}O_2$ durante e após os 200 m apresenta validade contextual na determinação do $\dot{V}O_{2max}$.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral:

Diagnosticar a potência aeróbia máxima ($\dot{V}O_{2max}$) pela curva de recuperação do $\dot{V}O_2$ no desempenho máximo de 200m, com propósito de agregar a praticidade de um teste único e a menor perturbação contextual na avaliação do atleta.

4.2 Objetivos Específicos:

- 1) Averiguar a validade do $\dot{V}O_2$ sendo máximo durante o protocolo incremental, comparando com condições típicas do domínio severo: velocidade equivalente à $90\%\Delta v_{LL}-v\dot{V}O_{2max}$.
- 2) Averiguar a validade contextual fisiológica do desempenho máximo de 200m, comparando com o estágio final do teste incremental (TIE_200m) pela amplitude final e perfil temporal de resposta $\dot{V}O_2$;
- 3) Verificar se no v200m há tempo suficiente para o $\dot{V}O_2$ atingir a resposta máxima;
- 4) Averiguar se no v200m há intensidade suficiente para o $\dot{V}O_2$ atingir valores máximos, comparando com condições típicas do domínio severo: velocidade equivalente à $90\%\Delta v_{LL}-v\dot{V}O_{2max}$.
- 5) Diagnosticar se o $\dot{V}O_2$ obtido or retro-estrapolação no v20m é máximo, comparando os valores $\dot{V}O_{2pico}$ estimados pelo método retro-extrapolação no desempenho máximo de 200m e TIE_200m com o $\dot{V}O_{2max}$ obtido durante o teste incremental, tendo por propósito validar a aplicação do desempenho de 200m como teste único para obtenção do $\dot{V}O_{2max}$.

5. MÉTODOS

5.1 SUJEITOS

Participaram deste estudo 13 (treze) nadadores ($16,2 \pm 2,0$ anos, $172,9 \pm 10,0$ cm e $66,4 \pm 11,3$ kg) de ambos os sexos (7 homens e 6 mulheres). Todos os nadadores foram submetidos à análise da estatura e peso corporal, teste de desempenho máximo em v200m, protocolo incremental escalonado (TIE), e teste de fase-constante à $v90\%\Delta$. Todos os nadadores competiam regularmente há três anos, treinavam com volume semanal de 25 km e apresentavam, na ocasião do experimento, desempenho médio para os 200 metros em 2:12.3 (min:s), com velocidade de nado respectivamente à $\sim 33,3\%$ abaixo do recorde mundial em piscina curta entre homens e mulheres. A realização da coleta de dados para este teve a duração de 2 meses, os testes foram realizados sempre no período vespertino, seguindo a seguinte ordem: 1º v200m, 2º TIE e 3º $v90\%\Delta$, em dias diferentes, com intervalo de 24h. Os atletas receberam informações sobre os protocolos, preencheram um questionário médico e os responsáveis pelos sujeitos assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO I). Todos os participantes foram, previamente, instruídos a não treinar exaustivamente no dia anterior ao da avaliação, não ingerir bebidas contendo cafeína e álcool nas 24 horas que antecederam os testes e a comparecer alimentados e hidratados no dia do teste. Esta pesquisa foi submetida e aprovada pelo Comitê de Ética local da Universidade, sob CAEE: 54372516.3.0000.5398 (ANEXO II).

5.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os sujeitos realizaram três etapas experimentais: (1) teste de desempenho de nado em 200 metros (v200m); (2) teste incremental escalonado máximo (TIE), realizado após 24 horas do teste v200m; (3) teste à carga constante referente à $90\%\Delta v_{LL}-\dot{V}O_{2max}$

(v90%Δ), como ilustrado na Figura 1. Todos os testes foram realizados em piscina coberta de 25 metros, com temperatura de 28°C. Todas as avaliações foram realizadas durante o período preparatório básico da fase de periodização dos atletas, respeitando-se duas semanas de adaptação ao treinamento. Foi realizado um processo de familiarização com os instrumentos de coleta de gases (snorkel) na semana anterior ao início dos protocolos experimentais. Nesse processo, foram incluídos esforços contínuos, em diferentes graduações subjetivas de esforço, durante a rotina de treinamento semanal.

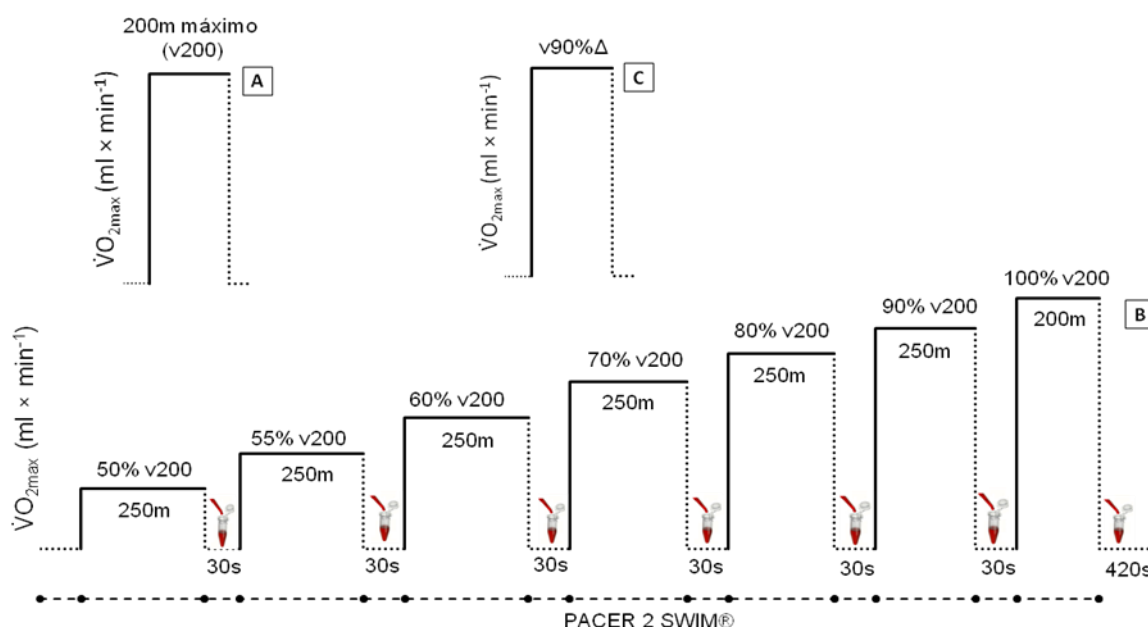


Figura 1:

Ilustração do delineamento experimental, teste de desempenho de nado em 200 metros (v200m) (A), teste incremental escalonado máximo (TIE) (B), teste à carga constante referente à 90%Δ (C).

5.3 PARÂMETROS FISIOLÓGICOS

A permuta gasosa pulmonar foi analisada respiração-a-respiração durante e após (420 segundos) o desempenho em v200m, TIE e à v90%Δ por um analisador de gases portátil (K4b², Cosmed, Itália), que esteve acoplada a um snorkel específico e validado para a captura de gases na natação (new-AquaTrainer®, Cosmed, Itália) por Baldari et al. (2013). Antes de cada teste, a unidade metabólica foi calibrada seguindo as recomendações do fabricante, calibrado Antes de cada teste os sistemas de análise do O₂

e CO_2 foram calibrados usando-se o ar ambiente e um gás com concentrações conhecidas, enquanto a turbina bidirecional (medidor de fluxo e volume) foi calibrada usando-se uma seringa de 3-L (Syringe, Cosmed, Itália). O snorkel foi instalado nos nadadores, que descansaram por 10 minutos sentados na borda da piscina para a medida da linha de base do $\dot{V}\text{O}_2$, antes de cada procedimento. Amostras de sangue (25 μl) foram recolhidas nos instantes 1º, 3º, 5º e 7º minutos após o final dos testes (TIE e à $v\Delta 90\%$) para a análise do lactato sanguíneo (YSI, 2300 STAT, Yellow Springs, Estados Unidos).

5.4 TESTE DE ESFORÇO INCREMENTAL MÁXIMO

Os sujeitos realizaram um teste na máxima velocidade de nado-livre para os 200 metros para determinação da velocidade correspondente ($v_{200\text{m}}$), e do nível de esforço empregado nos estágios do TIE. O TIE foi realizado até a exaustão voluntária, em estágios progressivos e descontínuos: 6 x 250 metros e 1 x 200 metros por estágio à 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100% da $v_{200\text{m}}$, respectivamente (Figura 1). O controle da velocidade de nado, em cada estágio, foi realizado por informação visual fornecida por um circuito de LED subaquático (PACER 2 SWIM[®], KulzerTEC, Portugal) (Figura 1). Ao final de cada estágio havia 30 segundos de pausa passiva para coleta de sangue.

Os dados de $\dot{V}\text{O}_2$ obtidos foram suavizados (filtro de 3 segundos), alinhados ao tempo para definir os intervalos de exercício e recuperação e, por fim, obtida a média móvel a cada 30 segundos de exercício (REIS et al., 2012). O $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ foi considerado o maior valor médio atingido apesar de outros aumentos na velocidade (platô em relação $\dot{V}\text{O}_2$ -v) (POOLE et al., 2008). Alguns critérios secundários foram adotados para definir o esforço máximo durante o TIE: (a) quociente respiratório (QR) > 1,10; (LIBICZ, ROELS, MILLET, 2005) (b) frequência cardíaca (FC) $\geq$ 90% frequência cardíaca máxima preconizada para a idade, sexo e nível de treinamento ($\text{FC}_{\text{max}} = 207 - 0,7 \times \text{idade}$, TANAKA

et al., 2001); e lactato sanguíneo em $> 8 \text{ mmol} \times \text{L}^{-1}$ (HOWLEY, BASSETT, WELCH, 1995). A FC foi registrada por um frequencímetro (Polar®, Finlândia) acoplado ao snorkel e sincronizado ao K4b². A velocidade relacionada ao $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ foi definida como aquela correspondente ao estágio de ocorrência durante protocolo, e descrita como $v\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$.

Os limiares fisiológicos do exercício submáximo foram determinados pela análise do perfil lactacidêmico durante o TIE. O limiar de lactato (LL) foi definido como o aumento da concentração de lactato ($[\text{La}^-]$) acima dos valores de repouso (CAIOZZO et al., 1982; FAUDE et al., 2009), que corresponde ao aumento em $\dot{V}_E/\dot{V}\text{O}_2$, sem alterações concomitantemente das respostas de $\dot{V}_E/\dot{V}\text{CO}_2$, e moderado desalinhamento entre $\dot{V}\text{CO}_2$ e $\dot{V}_E$ (hiperventilação) (CAIOZZO et al., 1982; BEAVER et al., 1986; WHIPP, 2007). A determinação de LL foi realizada pela intersecção (tangente = 0) de dois segmentos de retas que ajustaram, respectivamente, as respostas $[\text{La}^-]$ vs. v alinhadas e desalinhadas ao repouso (Equação 1) (BEAVER et al., 1985). Por sua vez, o Ponto de Inflexão (PI) foi definido pela exponencialização da $[\text{La}^-]$ em resposta à progressão do esforço durante o TIE (SMITH; JONES, 2001), que corresponde ao aumento sustentado em $\dot{V}_E/\dot{V}\text{O}_2$ e $\dot{V}_E/\dot{V}\text{CO}_2$, associado a diminuição da pressão parcial de VCO_2 ($P_{\text{ET}}\text{CO}_2$), e processo de hiperventilação acentuado (DAVIS et al., 1976; BEAVER et al., 1986; WHIPP, 2007). A determinação de PI foi realizada pela intersecção (tangente = 1) de dois segmentos de retas que ajustaram, respectivamente, as respostas $[\text{La}^-]$ vs. v antes e após à progressão abrupta da $[\text{La}^-]$ (Equação 2) (BEAVER et al., 1985). A identificação do $\dot{V}\text{O}_2$ referente à v_{LL} ($\dot{V}\text{O}_{2\text{LL}}$) e à v_{PI} ($\dot{V}\text{O}_{2\text{PI}}$) foi realizada por interpolação gráfica sobre as curvas individuais $\dot{V}\text{O}_2$ vs. v durante o TIE.

$$v_{\text{LL}} = \frac{a_1 - a_2}{b_1 - b_2} \rightarrow 0 \quad (1)$$

$$v_{\text{PI}} = \frac{a_1 - a_2}{b_1 - b_2} \rightarrow 1 \quad (2)$$

Para confirmação da ocorrência do $\dot{V}O_{2max}$ e caracterização do domínio severo do exercício, cada participante realizou-se uma transição repouso-exercício acima de v_{PI} ou à $\sim v_{90\%}\Delta$ (Equação 3), até o limite de 420s.

$$v_{90\%}\Delta = v_{LL} + [(v\dot{V}O_{2max} - v_{LL}) \times 0,9] \quad (3)$$

5.5 CINÉTICA DO $\dot{V}O_2$ DURANTE E APÓS O EXERCÍCIO

Nas transições repouso-exercício à v_{200m} e $v_{90\%}\Delta$, bem como no estágio final do TIE (TIE_200m), em que ocorreu o $\dot{V}O_{2max}$, os dados amostrados respiração-a-respiração de $\dot{V}O_2$ foram tratados como sugerido por Ozyner et al. (2001) para a análise da cinética do $\dot{V}O_2$ (durante e após): (1) alinhamento ao tempo da transição durante o exercício e na recuperação, em seguida os ruídos (valores de $\dot{V}O_2$ superiores a dois (2) desvios-padrões da média adjacente entre 3 pontos) foram excluídos e o conjunto de dados interpolados segundo-a-segundo.

A descrição matemática da cinética do $\dot{V}O_2$, tanto durante o exercício como na recuperação, foi realizada empregando dois mono-exponenciais (sem e com TD). O ajuste sem TD forçou o início da reposta desde o momento zero (início do exercício ou da recuperação) para análise dos resíduos e averiguação da ocorrência, ou não, de uma segunda fase de resposta exponencial sobreposta à primeira (componente lento – CL, DiMENNA; JONES, 2009). A análise de resíduos discerne o período de tempo durante o qual há diferença entre os valores observados e preditos de $\dot{V}O_2$, após um período em que sucessivamente não se diferiam desde o ponto inicial (zero) (Equação 4, OZYNER et al., 2001). Em seguida, aplicou-se outra função mono-exponencial, mas com TD (Equação 5) para descrever o componente primário, obtendo-se: a constante de tempo (τ_1) e a amplitude do $\dot{V}O_2$ (A_1). Na equação 5, o componente cardiodinâmico inicial foi ignorado, com a eliminação dos 20 segundos iniciais da resposta do $\dot{V}O_2$ ao exercício.

$$\dot{V}O_2(t) = \dot{V}O_{2b} + A_1[1 - e^{-t/\tau}] \quad (4)$$

$$\dot{V}O_2(t) = \dot{V}O_{2b} + A_1\left[1 - e^{-(t-TD_1/\tau_1)}\right] \quad (5)$$

onde $\dot{V}O_{2b}$ é a linha de base do $\dot{V}O_2$ que foi obtida pelo valor médio de 10 minutos durante o repouso prévio a cada transição, ou correspondente ao valor final do $\dot{V}O_2$ durante o exercício ($\dot{V}O_{2EE}$, média dos últimos 30 segundos de resposta do $\dot{V}O_2$ durante exercício constante – REIS et al., 2012, PESSOA-FILHO et al., 2011). O aumento fisiologicamente relevante do $\dot{V}O_2$ na fase I (A_1), ou componente "primário" da resposta foi determinado, limitando "t" ao tempo de início do CL (TD_{CL}), ou à plenitude de sua resposta (t_{Lim}), quando CL não for discernível. A amplitude do CL foi definida como a diferença algébrica entre o $\dot{V}O_2$ no tempo de ocorrência inicial de sua resposta (TD_{CL}) e o $\dot{V}O_{2EE}$.

5.6 RETRO-EXTRAPOLAÇÃO DO $\dot{V}O_2$.

O procedimento de retro-extrapolação foi aplicado para a estimativa do valor de pico do $\dot{V}O_2$ ao final do exercício ($\dot{V}O_{2pico}$) (MONTPETIT et al., 1981). Essa técnica consiste em aplicar uma regressão linear aos 20 segundos iniciais da curva $\dot{V}O_2$ pós-exercício, determinando seu intercepto em y_0 ($=\dot{V}O_{2EE}$) (LEGER et al., 1980, ZAMPARO et al., 2005). No presente estudo, essa técnica também foi aplicada empregando o conjunto de dados imediatamente após o exercício por um período de 20s. Por ambas as técnicas estimou-se $\dot{V}O_{2pico}$ para o exercício em v200m e último patamar do TIE (TIE_200m).

5.7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Os valores obtidos foram apresentados em torno da média e desvio-padrão e averiguados, quanto à normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk. O teste de ANOVA (uma

entrada, conjugado à “Scheffe” como post-hoc) comparou as médias dos parâmetros da cinética do $\dot{V}O_2$ durante (τ_1 , TD, A_1' , e $\dot{V}O_{2EE}$) e após (τ_1 , TD, A_1') o exercício nos dois momentos de análise (TIE_200m e v200m), assim como comparou o valor de $\dot{V}O_{2max}$ no TIE com os valores de $\dot{V}O_{2pico}$ em v200m e no TIE_200m obtidos por retro-extrapolação. O coeficiente de determinação ajustado à amostra (R^2_{Adj}) e de correlação de Pearson (r) foram aplicados para analisar o poder de associativo do valor de $\dot{V}O_{2max}$, pelos valores de $\dot{V}O_{2pico}$ em v200m e no TIE_200m obtidos por retro-extrapolação. O erro padrão da estimativa (EPE) averiguou a distorção na previsão do $\dot{V}O_{2max}$ pelo $\dot{V}O_{2pico}$ em v200m e no TIE_200m. As funções lineares e mono-exponenciais associando $\dot{V}O_2$, lactato sanguíneo, à velocidade de nado, e ao tempo de desempenho empregaram o método dos quadrados mínimos. O nível de significância foi estabelecido em $p \leq 0,05$. As análises estatísticas e matemáticas foram realizadas nos softwares SPSS 18.0[®] e OriginPro 8[®], respectivamente.

O poder amostral foi baseado na tendência de associação entre as médias de $\dot{V}O_{2max}$ e $\dot{V}O_{2pico}$ obtidos por retro-extrapolação após o TIE_200m e v200m, a partir da Equação 3, Os dados considerados foram o tamanho amostral ($n=13$), o coeficiente de correlação linear de Pearson (r), $Z_{1-\alpha} = 1,96$ (índice de segurança equivalente à $\alpha = 0,05$ e $Z_{1-\beta}$ com poder mínimo de 80%).

$$z_{1-\beta} = \sqrt{n-3} \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r}{1-r} \right) - z_{1-\alpha/2} \quad (6)$$

6. RESULTADOS

Os valores de $\dot{V}O_{2\max}$ atingiram em média $53,6 \pm 7,3 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$ e a $v\dot{V}O_{2\max}$ correspondeu à $1,26 \pm 0,08 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$. O protocolo contendo sete estágios apresentou duração média de $35,5 \pm 3,3$ minutos. Ao final do teste a FC $186,2 \pm 11,3 \text{ bpm}$, que correspondeu à $95,0 \pm 5,6\%$ da $FC_{\max}$ (prevista por Tanaka et al., 2001), e o QR equivalente à $1,00 \pm 0,09$ e $[la^-]$ de $9,0 \pm 2,6 \text{ mmol} \times \text{L}^{-1}$. A Figura 2 apresenta o perfil médio de resposta do $\dot{V}O_2$ e do $[la^-]$ durante o TIE, por estágio e normalizado pela intensidade correspondente a $v200m$ ($1,29 \pm 0,07 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$). O teste a $v90\%\Delta$ foi realizado em velocidade média correspondente à $95,3 \pm 4,5\%$ da $v\dot{V}O_{2\max}$ apresentando elevação do $\dot{V}O_2$ de $3424,8 \pm 554,8 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$ ao final da transição, que equivaleu à $98,8 \pm 5,2\%$ do $\dot{V}O_{2\max}$. O nível de esforço durante a transição à $v90\%\Delta$ quando avaliado por critérios secundários apresentou valores médio de FC equivalentes à $91,6 \pm 3,1\%$ $FC_{\max}$ (TANAKA et al., 2001), $[la^-]$ à $8,5 \pm 1,3 \text{ mmol} \times \text{L}^{-1}$, e QR à $1,07 \pm 0,06$, que foram semelhantes àqueles apresentados ao final do TIE.

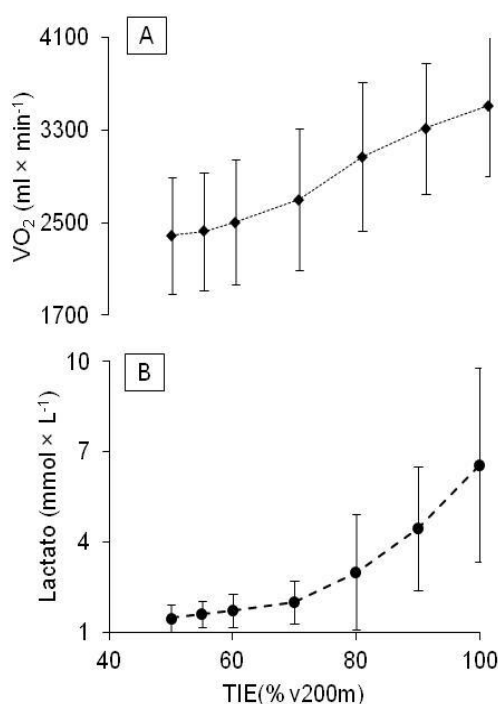


Figura 2: Resposta média do $\dot{V}O_2$ (A) e do $[la^-]$ (B) em cada patamar de intensidade (50 a 100% v200m) do TIE.

Os valores de LL e PI atingiram média de velocidade equivalente à $0,85 \pm 0,09 \text{ m}\times\text{s}^{-1}$ e $1,02 \pm 0,09 \text{ m}\times\text{s}^{-1}$, respectivamente. Estes valores de vLL e vPI correspondem à $68,0 \pm 6,5\%$ e $81,1 \pm 5,7\%$ da $v\dot{V}O_{2\text{max}}$, respectivamente. Quando normalizados pela taxa metabólica oxidativa, LL ($\dot{V}O_{2\text{LL}}$) e PI ($\dot{V}O_{2\text{PI}}$) situaram-se em $76,0 \pm 9,4\%$ e $84,4 \pm 10,2\%$ do $\dot{V}O_{2\text{max}}$, respectivamente. A Figura 3 ilustra o procedimento para determinação dos limiares lactacidêmicos (vLL e vPI).

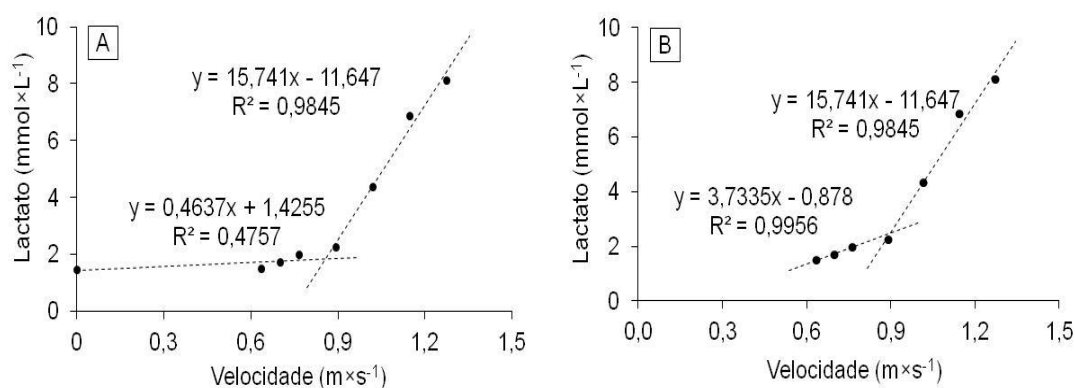


Figura 3: Ilustração do procedimento de determinação de vLL (A) e vPI (B).

Tabela 1 apresenta os valores médios da cinética do $\dot{V}O_2$ durante TIE_200m e em v200m. Não foram observadas diferenças ao comparar o valores de $\dot{V}O_{2\text{max}}$ com os valores do $\dot{V}O_{2\text{EE}}$ durante o desempenho de v200m ($p = 0,987$) e em TIE_200m ($p = 0,960$). Tampouco observou-se diferenças ao comparar a resposta de A_1' durante o TIE_200m e em v200m ($p = 0,932$). Também não se observou diferença ao comparar o τ_1 de resposta do $\dot{V}O_2$ durante o TIE_200m e em v200m ($p = 0,123$), assim a resposta de TD não diferiu entre TIE_200m e v200m ($p = 0,352$).

Tabela 1: Valores médios da cinética durante o TIE_200m e em v200m.

	TIE_200m	v200m
$\dot{V}O_{2\text{baseLine}}$ (ml×min⁻¹)	764,2 (±312,0)	638,6 (±122,7)
TD₁ (s)	11,9 (±7,9)	15,4 (±5,1)
τ_1 (s)	19,4 (±7,8)	14,6 (±6,1)
A₁' (ml×min⁻¹)	3293,8 (±629,6)	3206,2 (±583,6)
R²	0,91 (±0,06)	0,88 (±0,11)
$\dot{V}O_{2\text{EE}}$ (ml×min⁻¹)	3410,3 (±554,6)	3450,7 (±531,8)
%$\dot{V}O_{2\text{max}}$ (ml×min⁻¹)	97,5 (±2,5)	99,1 (±6,0)

(*) diferença significativa $p \leq 0,05$.

A Figura 4 ilustra a cinética do $\dot{V}O_2$ e seus respectivos parâmetros de amplitude e temporais durante o TIE_200m e em v200m. O tempo de desempenho em v200m foi em média $155,6 \pm 8,6$ s, que resultou em uma diferença ~21% em comparação com o desempenho de 200 metros sem o sistema Aquatrainer®. Todavia, o tempo em v200m se apresentou similar ao tempo durante o TIE_200m ($159,6 \pm 10,5$). Ao comparar o tempo de ajuste do componente fundamental da cinética (A1'), obteve-se 99% da resposta completa em $82,2 \pm 28,0$ s em v200m que não foi diferente do tempo de ajuste durante o TIE_200m ($101,0 \pm 34,9$ s, $p = 0,142$). Esses tempos de ajustes correspondem à $53,0 \pm 18,6\%$ e $63,8 \pm 23,1$ do tempo total de desempenho respectivamente em v200m e TIE_200m.

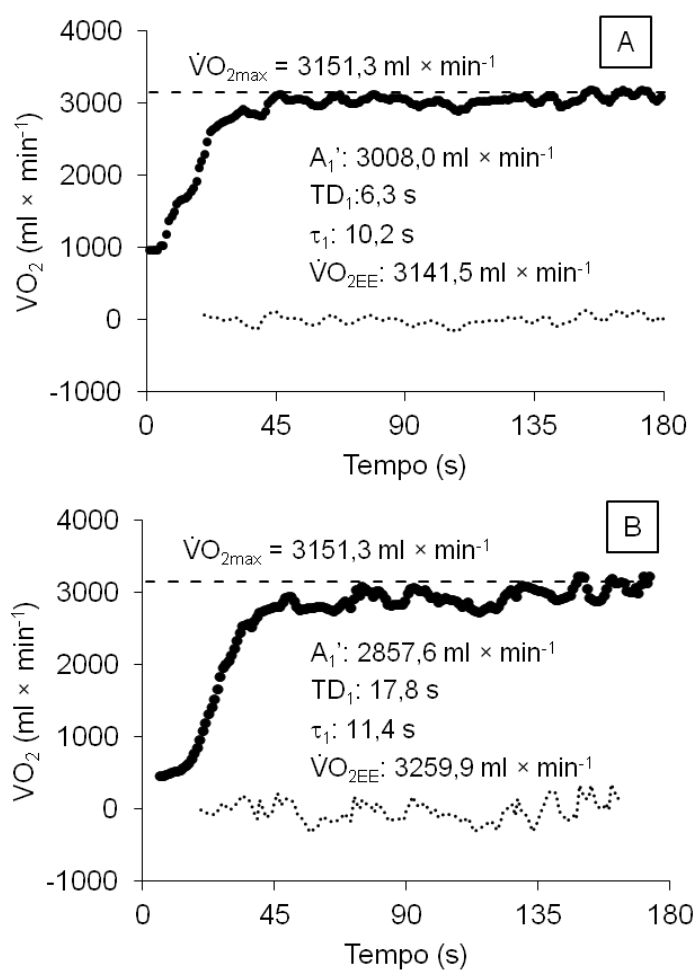


FIGURA 4: Ilustração da cinética do $\dot{V}O_2$ durante o TIE_200m (A) e v200m (B) para um sujeito.

A Tabela 2 apresenta os valores médios da cinética do $\dot{V}O_2$ após o TIE_200m e v200m. Não foram observadas diferenças ao comparar a resposta de A_1' após TIE_200m e desempenho de v200m ($p = 0,953$). Também não se observou diferença ao comparar o TD após o TIE_200m e v200m ($p = 0,981$), porém a τ_1 de resposta do $\dot{V}O_2$ após TIE_200m e v200m foi diferente ($p = 0,046$).

Tabela 2: Valores médios da cinética após o TIE_200m e v200m.

	TIE_200m	v200m
$\dot{V}O_{2\text{baseLine}}$ (ml×min⁻¹)	3410,3 (±554,6)	3450,7 (±531,8)
TD₁ (s)	3,4 (±1,6)	3,6 (±1,7)
τ_1 (s)	22,8 (±8,8)*	38,3 (±18,3)*
A₁' (ml×min⁻¹)	2873,3 (±510,7)	2934,1 (±489,3)
R²	0,94 (±0,05)	0,98 (±0,01)

(*) diferença significativa $p \leq 0,05$.

A Figura 5 ilustra o procedimento de retro-extrapolação para a análise da determinação do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ pela curva de recuperação do desempenho do TIE_200m e v200m. Não foram observadas diferenças ($p = 0,944$) ao comparar o valor do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ obtido por retro-extrapolação da recuperação após TIE_200m ($3556,8 \pm 748,8 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$) e v200m ($3465,2 \pm 701,2 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$). Tampouco esses valores médios de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ diferenciaram-se do $\dot{V}O_{2\text{max}}$ ($p = 0,996$ e $p = 0,971$, respectivamente). Houve correlações significativas entre o $\dot{V}O_{2\text{max}}$ e $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ obtidos por retro-extrapolação após TIE_200m ($r = 0,934$, $p < 0,01$) e v200m ($r = 0,932$, $p < 0,01$). Esses coeficientes de correlação atribuíram um poder amostral para a associação 99% para ambas as associações entre $\dot{V}O_{2\text{max}}$ e $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ em TIE_200m ($Z_{1-\beta} = 3,38$) e em v200m ($Z_{1-\beta} = 3,36$). A figura 6 apresenta a nível de associação entre os valores de $\dot{V}O_{2\text{max}}$ e $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ obtidos em TIE_200m e v200m ajustados pelo tamanho amostral, e com erro padrão da estimativa (EPE) do $\dot{V}O_{2\text{max}}$ pelo $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ de 6,3% e 6,4% nos teste em TIE_200m e em v200m, respectivamente.

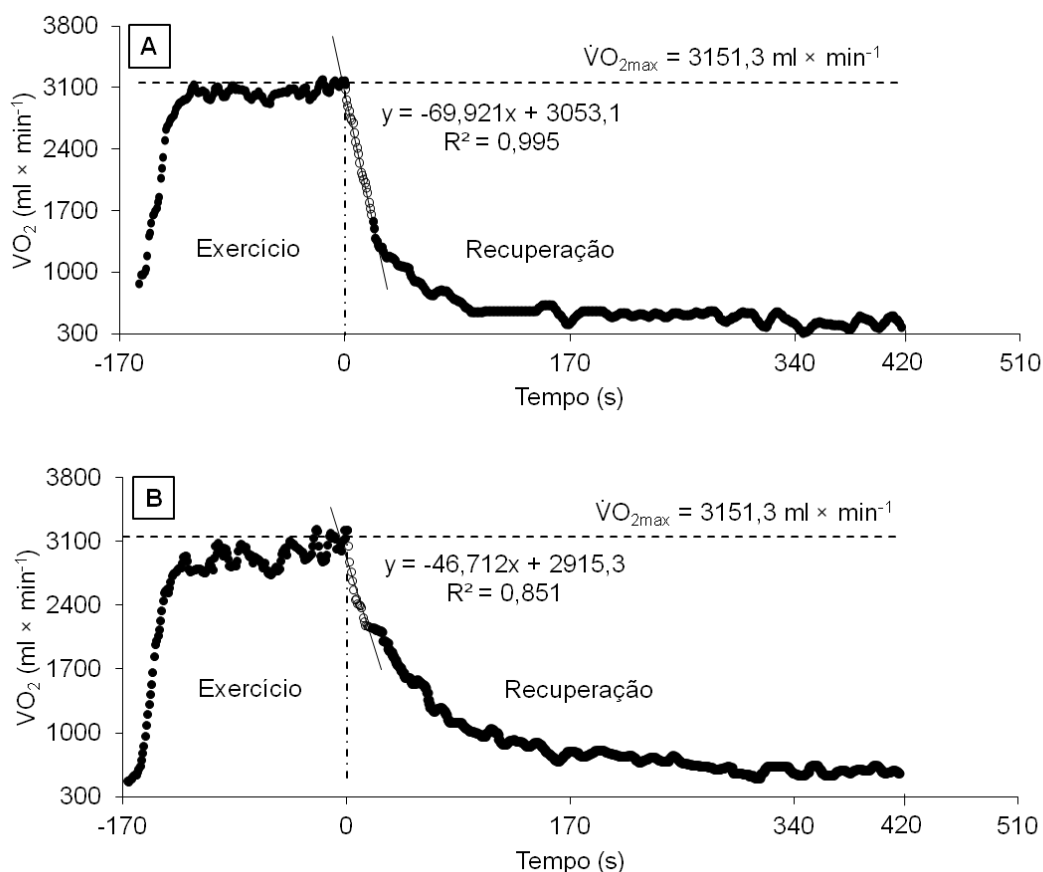


FIGURA 5: Retro-extrapolação pela curva de recuperação do $\dot{V}O_{2pico}$ após TIE_200m (A) e v200m (B) para um sujeito.

O coeficiente de determinação ajustado ao número dos sujeitos (R^2 Ajustado) oriundo da regressão linear entre os valores de $\dot{V}O_{2max}$ vs. $\dot{V}O_{2pico}$ -TIE_200m e v200m apresentaram valores elevados

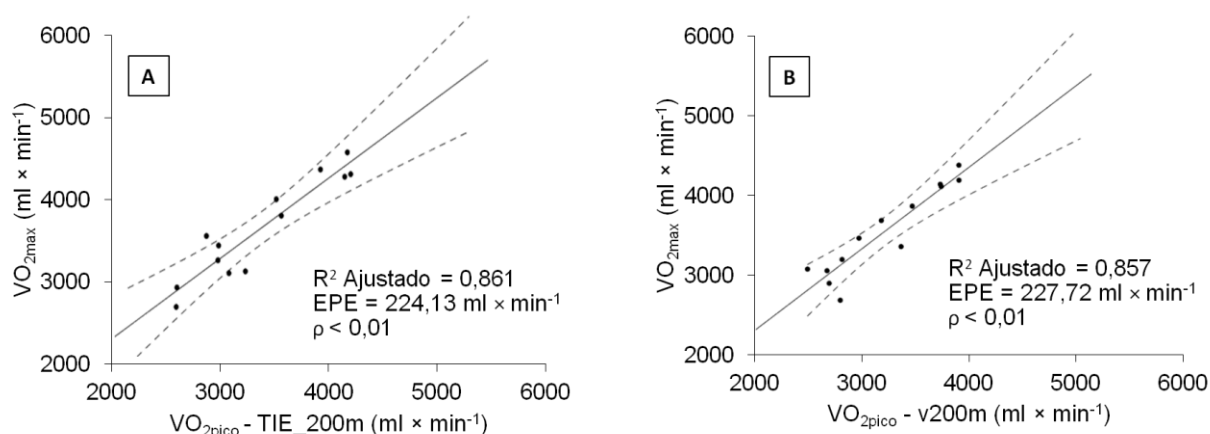


FIGURA 6: Análise de regressão linear entre os valores de $\dot{V}O_{2max}$ e os valores de $\dot{V}O_{2pico}$ em TIE_200m (A) e v200m (B).

7. DISCUSSÃO

A aplicação de um único teste de desempenho em 200m apresentou-se como procedimento adequado para o diagnóstico do $\dot{V}O_{2max}$. Essa adequação foi observada pelas análises dos perfis do $\dot{V}O_2$ durante e após o desempenho de 200m, que asseguraram haver tempo suficiente para uma resposta do $\dot{V}O_2$, o qual não diferiu do $\dot{V}O_{2max}$ obtido no teste incremental, seja pela descrição da cinética do $\dot{V}O_2$ durante o desempenho ou pela análise da curva de recuperação do $\dot{V}O_2$ pelo método de retro-extrapolação. Assim, o desempenho máximo de 200 metros, enquanto protocolo para diagnóstico do $\dot{V}O_{2max}$ entre nadadores, satisfaz à premissa de contextualizar o perfil metabólico no domínio severo do exercício, com respostas da cinética do $\dot{V}O_2$ similares às aquelas apresentadas por Sousa et al. (2014a) para desempenhos em 95 a 105% $v\dot{V}O_{2max}$. Adicionalmente, atribuiu-se validade à medida do $\dot{V}O_{2max}$ por retro-extrapolação, confirmando o potencial deste método em estimar com precisão a aptidão cardiorrespiratória dos nadadores, tal como postulado por Chaverri et al. (2016). Contudo, há diferenças temporais na resposta do $\dot{V}O_2$ após desempenho de 200m e ao final do teste incremental, que sugerem um ajuste de recuperação do $\dot{V}O_2$ mais rápido ao final do teste incremental. Essa diferença tende a afetar a inclinação do ajuste da retro-extrapolação sobre a curva de recuperação, podendo subestimar o valor de $\dot{V}O_{2pico}$ projetado pela tendência linear.

A validação do contexto fisiológico do desempenho máximo de 200m, enquanto domínio severo do exercício, pressupõe haver tempo suficiente para a resposta do $\dot{V}O_2$ atingir o valor máximo assim como obtido por teste incremental, como postulado para velocidades de nado entre 95 a 105% da $v\dot{V}O_{2max}$ (DEMARIE et al., 2001; REIS et al., 2012a; SOUSA et al., 2014a) bem como para outras modalidades esportivas (MORTON, BILLAT, 2000; BURNLEY, JONES, 2007). A partir dos dados temporais da cinética do

$\dot{V}O_2$ no desempenho de 200m do presente estudo (Tabela 1), verifica-se que os dados hipoteticamente formulados para o ajuste do $\dot{V}O_2$ nos desempenhos em velocidades de nado correspondentes ao $\dot{V}O_{2max}$ ($\tau = 32,3s$; TOUSSAINT, HOLLANDER, 1994; e $\tau = 24s$, CAPELLI et al., 1998) são diferentes e que, portanto, os dados do presente estudo indicam um menor tempo de ajuste do $\dot{V}O_2$ para o desempenho de 200m (aponta para uma resposta completa em ~ 80 s).

Esse menor tempo de ajuste da resposta do $\dot{V}O_2$ é suficiente para atingir o $\dot{V}O_{2max}$ mesmo em nadadores de elite com desempenho ~ 105 s para em competições oficiais de 200 metros. Apesar deste resultado não corroborar observações pioneiras sobre a velocidade de ajuste do $\dot{V}O_2$ por dados hipotéticos, existem estudos recentes que reportaram ajustes temporais do $\dot{V}O_2$ semelhantes ao do presente estudo, Sousa et al. (2014a) descreveram ajustes entre 14 a 18 segundos para diferentes transições no domínio severo (95 a 105% da $v\dot{V}O_{2max}$), assim como Reis et al. (2012a) já havia reportado um $\tau = 15,8$ segundos para o desempenho à $70\%\Delta v_{LL}-v\dot{V}O_2$. Nesses estudos, o tempo necessário para atingir o $\dot{V}O_{2max}$ corresponderiam à 83 a 84 segundos, respectivamente para os desempenhos à 105% da $v\dot{V}O_2$ e para $70\%\Delta v_{LL}-v\dot{V}O_2$. Sugerindo que para qualquer intensidade no domínio severo há tempo para uma tendência de ajuste do $\dot{V}O_2$ ao valor máximo antes de 100 segundos. A análise da cinética do $\dot{V}O_2$ em desempenhos máximos de 200 metros apresenta tempo de ajuste da resposta do $\dot{V}O_2$ similar aqueles reportados para o domínio severo Para o estudo de Sousa et al. (2011), a constante temporal de ajuste de $\sim 10,5$ segundos. Em outro estudo, Sousa et al. (2013) apresentaram valores da respostas do $\dot{V}O_2$ com constante equivalentes $\sim 13,2$; e o estudo de Rodríguez et al. (2015) reportou constantes temporais para o desempenho máximo de 200 metros entre ~ 10 a 15 segundos após intervenção por diferentes métodos de treinamento. Nos estudos de Sousa et al. (2011; 2014a) a resposta pico do $\dot{V}O_2$ seria completada em 55 e 73 segundos respectivamente.

Todavia esses resultados poderiam apresentar valores subestimados de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ para o 200 metros caso os valores de $\dot{V}O_{2\text{max}}$ obtido pelo teste incremental também estivesse subestimado. Essa é limitação do presente estudo, uma vez que a duração dos estágios do teste incremental tornam o protocolo demasiadamente longo, que podem tornar o esforço pouco tolerável limitando a elevação do $\dot{V}O_2$, seja pela influência do estresse metabólico causados pela elevação do lactato sanguíneo sobre a função mitocondrial (JUBRIAS et al., 2003) como também pelas limitações de difusão e perfusão associadas à exposição prolongada ao exercício de alta intensidade (Di-PRAMPERO, 2003). De fato, o estudo de deJesus et al (2015) descreve a ocorrência do componente lento do $\dot{V}O_2$ ($\dot{V}O_{2\text{CL}}$), a partir do 5º estágio de um protocolo similar aquele aplicado no presente estudo. Para Murgatroyd et al. (2011) e a ocorrência do $\dot{V}O_{2\text{CL}}$ está associado à redução da eficiência oxidativa, devido ao recrutamento de fibras tipo II e, conseqüentemente, aumento do custo energético e maior ativação das vias anaeróbias, que coletivamente tendem a precipitar a exaustão antes da elevação máxima do $\dot{V}O_2$. Assim, a melhor estratégia para reforçar a confiança da ocorrência do $\dot{V}O_{2\text{max}}$ seria a aplicação de um teste de carga-constante à 110% da $\dot{V}O_{2\text{max}}$ (POOLE; JONES, 2017). Todavia no presente estudo o teste confirmatório foi realizado 90% ΔvLL - $\dot{V}O_{2\text{max}}$ admitindo que a resposta do $\dot{V}O_2$ em transições no domínio severo do exercício conduzem ao $\dot{V}O_{2\text{max}}$ seja na natação (REIS et al., 2012a) ou em outros esportes (BURNLEY; JONES, 2007). Neste teste a resposta do $\dot{V}O_2$ atingiu 98,8 % $\dot{V}O_{2\text{max}}$ demonstrando que o protocolo utilizado foi apropriado para a avaliação da aptidão cardiorrespiratória máxima tal como reportado por (deJESUS et al., 2015).

Os valores de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ obtidos por retra-extrapolação para estimar o $\dot{V}O_{2\text{max}}$ observados no teste incremental, a partir do desempenho de 200m apresentou como procedimento válido corroborando os resultados de estudos anteriores (SOUSA et al., 2011; RODRÍGUEZ et al., 2015; CHAVERRI et al., 2016). Para Chaverri et al. (2016) a

importância do método de retro-extrapolação é a conservação da ecologia do nado, uma vez que o equipamento de direcionamento de gases (Aquatrainer[®]) não permite a execução de movimentos específicos de nado livre (viradas, rotações de tronco, ondulações e respiração lateral). No entanto, a questão abordada no presente estudo remete a validade desse procedimento não apenas por comparação pontual ($\dot{V}O_{2\text{pico}}$ vs $\dot{V}O_{2\text{max}}$), mas ao perfil da resposta do $\dot{V}O_2$ durante a recuperação (Cinética “off” do $\dot{V}O_2$) em desempenho de 200 metros e ao final do teste incremental. Ao comparar a cinética “off” do $\dot{V}O_2$, observou diferenças apenas na constante temporal da resposta de curva de recuperação (Tabela 2). Essa diferença não afetou a validade da estimativa do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ pela comparação pontual com $\dot{V}O_{2\text{max}}$, mas sugere especificidades na recuperação nos 200 metros que não estão presentes na recuperação ao final do teste incremental. Para Rossiter et al. (2002) a fase inicial da cinética “off” do $\dot{V}O_2$ representa a contribuição do metabolismo da fosfocreatina durante o exercício, pressupondo que uma constante temporal mais lenta reflete a ocorrência componente lento da concentração de fosfocreatina durante o exercício. Dentre diferentes mecanismos responsáveis por esta ativação, está a alteração da atividade da creatina-quinase, cuja modulação está associada à redução do pH, maior custo de fosfato na geração força, menor eficiência oxidativa e custo extra-muscular de oxigênio. Dessa forma, sugere-se que ocorra uma contribuição anaeróbia maior durante o desempenho de 200 metros quando comparado ao último estágio do teste incremental. Caso este pressuposto seja confirmado em estudos futuros, há uma tendência de alteração do coeficiente angular da reta de retro-extrapolação entre indivíduos com elevada capacidade anaeróbia, que conseqüentemente projetaria a um valor subestimado de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$.

8. CONCLUSÃO

O presente estudo confirma a validade do desempenho de 200m como protocolo único para o diagnóstico da aptidão cardiorrespiratória máxima por retro-extrapolação. Essa validade foi respaldada no presente estudo pelo perfil do $\dot{V}O_2$ durante e após o desempenho de 200 metros. A cinética do $\dot{V}O_2$ durante o desempenho evidenciou que a resposta oxidativa atinge seu valor máximo em tempos menores que 105 segundos. Com perfil de ajuste similar aquele observado no ultimo estágio do teste incremental. A diferença na constante temporal da cinética do $\dot{V}O_2$ na curva de recuperação no desempenho de 200 metros e final do teste incremental, não influenciou a estimativa do $\dot{V}O_2$ por retro-extrapolação, mas indica que estudos futuros devem analisar a influência da capacidade anaeróbia sobre a variação do coeficiente angular e projeção do $\dot{V}O_2$ pelo intercepto da reta.

REFERÊNCIAS

- BALDARI, C.; FERNANDES, R.; MEUCCI, M.; RIBEIRO, J.; VILAS-BOAS, J.; GUIDETTI, L. Is the new AquaTrainer® snorkel valid for $\dot{V}O_2$ assessment inswimming? **International Journal of Sports Medicine**, v.34, n.4, p.336-344, 2013.
- BANGSBO, J. Quantification of anaerobic energy production during intense exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.30, n.1, p.47-52, 1998.
- BARBOSA, T. M.; FERNANDES, R.; KESKINEN, K. L.; COLAÇO, P.; CARDOSO, C.; SILVA, J.; VILAS-BOAS, J. P. Evaluation of the Energy Expenditure in Competitive Swimming Strokes. **International Journal of Sports Medicine**, v.27, p.894-899, 2006.
- BASSETT, D. R.; HOWLEY, E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.32, n.1, p.70-84, 2000.
- BENEKE, R.; POLLMANN, C.; BLEIF, I.; LEITHAUSER, R. M.; HUTLER, M. How anaerobic is the Wingate anaerobic test for humans? **European Journal of Applied Physiology**, n.87, p.388-392, 2002.
- BENTLEY, D. J.; ROELS, B.; HELLARD, P.; FRAUQUET, C.; LIBICZ, S.; MILLET, G. P. Physiological responses during submaximal interval swimming training: effects of interval duration. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v.8, n.4, p.392-402, 2005.
- BILLAT, L. V.; KORALSZTEIN, J. P. Significance of the velocity at $\dot{V}O_2$ and time to exhaustion at this velocity. **Sports Medicine**, v.22, n.2, p.90-108, 1996.
- BILLAT, V.; FAINA, M.; SARDELLA, F.; MARINI, C.; FANTON, F.; LUPO, S.; FACCINI, P.; ANGELIS, M De., KORALSZTEIN, J. P.; DALMONTE, A. A comparison of time exhaustion at $\dot{V}O_{2max}$ in elite cycling, kayak paddlers, swimmers and runners. **Ergonomics**, v.39, n.2, p.267-277, 1996.
- BILLAT, V.L.; MORTON, R.H.; BLONDEL, N.;BERTHOIN, S.; BOCQUET, V.; KORALSZTEIN,J.P.; BARSTOW, T.J. Oxygen kinetics and modeling of time to exhaustion whilst running at various velocities at maximal oxygen uptake. **European Journal of Applied Physiology**, v.82, p.178-187, 2000.
- BLACK, M. I.; POTTER, C. R.; CORBETT, J.; CLARK, C. C. T.; DRAPER, S. B. Maximal Oxygen Uptake Is Achieved in Hypoxia but Not Normoxia during an Exhaustive Severe Intensity Run. **Frontiers in Physiology**. v.8, p.1-7, 2017
- BONEN, A.; WILSON, B. A.; YARKONY, M.; BELCASTRO, A. N. Maximal oxygen uptake during free, tethered, and flume swimming. **Journal of applied physiology: respiratory, environmental and exercise physiology**, v.48, n.2, p. 232-235, 1980.
- BURNLEY, M.; JONES,A. Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance. **European Journal of Applied Physiology**, v.7, p.63-79, 2007.

BURNLEY, M.; DOUST, J.; VANHATALO, A. A 3-min all-out test to determine peak oxygen uptake and the maximal steady state. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.38, n.11, p.1995-2003, 2006.

BUSSO, T.; CHATAGNON, M. Modelling of aerobic and anaerobic energy production in middle-distance running. **European Journal of Applied Physiology**, v.97, p.745-754, 2006.

CAPELLI, C. Physiological determinants of best performance in human locomotion. **European Journal of Applied Physiology**, v.80, p.298-307, 1999.

CAPELLI, C.; PENDERGAST, D. R.; TERMIN, B. Energetics of swimming at maximal speeds in humans. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v.78, n.5, p.385-393, 1998.

CAPUTO, F.; DENADAI, B. S. The highest intensity and the shortest duration permitting attainment of maximal oxygen uptake during cycling: effects of different methods and aerobic fitness level. **European Journal of Applied Physiology**, v.103, p.47-57, 2008.

CARRÉ, F.; DASSONVILLE, J.; BEILLOT, J.; PRIGENT, J. Y.; ROCHCONGAR, P. Use of oxygen uptake recovery curve to predict peak oxygen uptake in upper body exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v.69, p.258-261, 1994.

CARTER, H.; JONES, A. M.; BARSTOW, T. J.; BURNLEY, M.; WILLIAMS, C.; DOUST, J. H. Effect of endurance training on oxygen uptake kinetics during treadmill running. **Journal of Applied Physiology**, v.89, p.1744-1752, 2000.

CASTRO, F. A. S.; OLIVEIRA, T. S.; MORÉ, F. C.; MOTA, C. B. Relações entre desempenho em 200m nado crawl e variáveis cinéticas do teste de nado estacionário, **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, Campinas, v.31, n.3, p.161-176, 2010.

CHILIBECK, P. D.; PATERSON, D. H.; PETRELLA, R. J.; CUNNINGHAM, D. A. The influence of age and cardiorespiratory fitness on kinetics of oxygen uptake. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v.21, p.185-196, 1996.

COSTA, M. J.; BRAGADA, J. A.; MEJIAS, J. E.; LOURO, H.; MARINHO, D. A.; SILVA, A. J.; BARBOSA, T. M. Effects of Swim Training on Energetics and Performance. **International Journal of Sports and Medicine**, v.34, n.6, p.507-513, 2013.

COSTIL, D. L.; KOVALESKI, D. P.; KIRWAN, J.; FIELDING, R. Energy expenditure during front crawl swimming: Predicting success in middle distance events. **International Journal of Sports Medicine**, v.6, n.5, p.266-270, 1985.

CRAIG, I. S.; MORGAN, D. W. Relationship between 800-m running performance and accumulated oxygen deficit in middle-distance runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.30, p.1631-1636, 1998.

deJESUS, K.; SOUSA, A.; JESUS, K.; RIBEIRO, J.; MACHADO, L.; RODRIGUEZ, F.; KESKINEN, K.; VILAS-BOAS, J. P.; FERNANDES, R. J. The effects of intensity on $\dot{V}O_2$ kinetics during incremental free swimming. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v.40, p.918-923, 2015.

DEKERLE, J.; BRICKLEY, G.; ALBERTY, M.; PELAYO P. Characterizing the slope of the distance–time relationship in swimming. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v.13, n.3, p.365-70, 2010.

DEKERLE, J.; PELAYO, P. Assessing aerobic endurance in swimming. World book of swimming: from science to performance. Editors, **Ludovic Seifert** and Didier Chollet, p.276-93, 2011.

DEKERLE, J.; PELAYO, P.; CLIPET, B.; DEPRETZ, G.; LEFEVRE, T.; SIDNEY, M. Critical Swimming Speed Does not Represent the Speed at Maximal Lactate Steady State. **International Journal of Sport Medicine**, v.26, p.524–530, 2005.

DEMARIE, S.; SARDELLA, F.; BILLAT, V.; MAGINI, W.; FAINA, M. The $\dot{V}O_2$ slow component in swimming. **European Journal of Applied Physiology**, v.84, p.95-99, 2001.

Di-PRAMPERO, P. E. Factors limiting maximal performance in humans. **European Journal of Applied and Physiology**, v.90, n.3-4, p.420-9, 2003.

Di-PRAMPERO, P.; FERRETTI, G. The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concept. **Respiration Physiology**, v.118, p.103-115, 1999.

Di-PRAMPERO, P.; MARGARIA, R. Relationship between O_2 consumption, high energy phosphates and the kinetics of the O_2 debt in exercise. **Pflügers Archiv**, v.304, p.11-19, 1968.

Di-PRAMPERO, P. E.; ATCHOU, G.; BRÜCKNER, J. C.; MOIA, C. The energetics of endurance running. **European Journal of Applied Physiology**, v.55, p.259-266, 1986.

Di-PRAMPERO, D.; DAVIES, C.; CERRETELLI, P.; MARGARIA, R. An analysis of O_2 debt contracted in submaximal exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.29, p.547-551, 1970.

Di-PRAMPERO, P. E.; CAPELLI, C.; PAGLIARO, P.; ANTONUTTO, G.; GIRARDIS, M.; ZAMPARO, P.; SOULE, R. G. Energetics of best performances in middle-distance running. **Journal of Applied Physiology**, v.74, p.2318-2324, 1993.

Di-PRAMPERO, P. E.; PENDERGAST, D.; ZAMPARO, P. Swimming economy (energy cost) and efficiency. Nova Science Publisher, **The world book of swimming**, p.297-312, 2011.

Di-PRAMPERO, P. E. Factors limiting maximal performance in humans. **European Journal of Applied Physiology**, v.90, p.420-429, 2003.

Di-PRAMPERO, P. E.; CORTILI, G.; MOGNONI, P.; SAIBENE, F. Energy cost of speed skating and efficiency of work against air resistance. **Journal of Applied Physiology**, v.40, n.4, p.584-91, 1976.

DRAKE, V., G.; JONES, J. R.; BROWN, R. J.; SHEPHARD, R. J. Fitness performance tests and their relationship to the maximal oxygen uptake of adults. **Canadian Medical Association Journal**, v.99, n.17, p.844-848, 1968.

DRAPER, S. B.; WOOD, D. M. The oxygen uptake response of sprint vs. endurance-trained runners to severe intensity running. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v.8, p.233-243, 2005.

DUFFIELD, R.; DAWSON, B.; GOODMAN, C. Energy system contribution to 400-metre and 800-metre track running. **Journal of Sports and Science**. v.23, p.299-307, 2005.

ESPADA, M. C.; REIS, J. F.; ALMEIDA, T. F.; BRUNO, P. M.; VLECK, V. E.; ALVES, F. B. Ventilatory and physiological responses in swimmers below and above their maximal lactate steady state. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v.29, n.10, p.2836-2843, 2015.

FAINA, M.; BILLAT, V.; SQUADRONE, R.; DE ANGELIS, M.; KORALSZTEIN, J.P.; DAL MONTE, A. Anaerobic contribution to the time to exhaustion at the minimal exercise intensity at which maximal oxygen uptake occurs in elite cyclists, kayakists and swimmers. **European Journal of Applied Physiology**, v.76, p.13-20, 1997.

FERNANDES, R. J.; CARDOSO, C. S.; SOARES, S. M.; ASCENÇÃO, A.; COLAÇO, P. J.; VILAS-BOAS, J. P. Time Limit and $\dot{V}O_2$ Slow Component at Intensities Corresponding to $\dot{V}O_2$ max in Swimmers. **International Journal of Sports Medicine**, v.24, p.576-581, 2003.

FERNANDES, R. J.; BILLAT, V. L.; CRUZ, A. C.; COLAÇO, P. J.; CARDOSO, C. S.; VILAS-BOAS, J. P. Does not energy cost of swimming affect to exhaustion at the individual's maximum oxygen consumption velocity? **Journal of Medicine and Physiological Fitness**, v.46, p. 373-380, 2006.

FERNANDES, R. J.; deJESUS, K.; BALDARI, C.; DE JESUS, K.; SOUSA, A. C.; VILAS-BOAS, J. P.; GUIDETTI, L. Different $\dot{V}O_{2max}$ time-averaging intervals in swimming. **International Journal Sports and Medicine**, v.33, n.12, p.1010-5. 2012.

FERNANDES, R. J.; KESKINEN, K. L.; COLAÇO, P.; QUERIDO, A. J.; MACHADO, L. J.; MORAIS, P. A.; NOVAIS, D. Q.; MARINHO, D. A.; VILAS BOAS J. P. Time Limit at $\dot{V}O_{2max}$ Velocity in Elite Crawl Swimmers. **International Journal Sports and Medicine**, v.29, p.145-150, 2008.

FERNANDES, R. J.; SOUSA, A.; RIBEIRO, J.; deJESUS, K.; PELARIGO, J.; ZACCA, R.; SOARES, S.; MACHADO, L.; FIGUEIREDO, P.; VILAS-BOAS, J. P. $\dot{V}O_2$ kinetics from low to extreme swimming intensities. **Swimming Science II. Granada: Editorial Universidad de Granada**, 2015.

FERNANDES, R. J.; SOUSA, M.; MACHADO, L.; VILAS-BOAS, J. P. Step Length and Individual Anaerobic Threshold Assessment in Swimming. **International Journal Sports and Medicine**. v.32, p.940-946, 2011.

FERNANDES, R.; VILAS-BOAS, J. P. Time to Exhaustion at the $\dot{V}O_{2max}$ Velocity in Swimming: A Review. **Journal of Human Kinetics**, v.32, p.121-134, 2012.

FIGUEIREDO, P.; NAZARIO, R.; SOUSA, M.; PELARIGO, J. G.; VILAS-BOAS, J. P.; FERNANDES, R. Kinematical Analysis along Maximal Lactate Steady State Swimming Intensity. **Journal of Sports Science and Medicine**. v.13, p.610-615, 2014.

FIGUEIREDO, P.; ZAMPARO, P.; SOUSA, A.; VILAS-BOAS, J. P.; FERNANDES, R. J. An energy balance of the 200 m front crawl race. **European Journal of Applied Physiology**, v.111, p.767-777, 2011.

GAESSER, G. A.; POOLE, D. C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v.24, p.35-71, 1996

GASTIN, P. B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. **Sports Medicine**, v.231, n.10, p.725-741, 2001.

GORAN, M. I. Aerobic fitness, not energy expenditure, influences subsequent increase in adiposity in black and white children. **Pediatrics**, v.106, n.4, p.50-57, 2000.

GRASSI, B. Skeletal muscle $\dot{V}O_2$ on-kinetics: set by O_2 delivery or by O_2 utilization? New insights into an old issue. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 32, n. 1, p. 108 – 116, 2000.

HILL, D. W.; SMITH, J. C. Determination of critical power by pulmonary gas exchange. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v.24, p.74-86, 1999.

HILL, D. W.; FERGUSON, C. S. A physiological description of critical velocity. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v.79, p.290-293, 1999.

HILL, D.W. Morning-evening differences in response to exhaustive severe intensity exercise. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v.39, n.2, p.248-254, 2014.

HILL, D. W.; POOLE, D. C.; SMITH, J. C. The relationship between power and the time to achieve $\dot{V}O_{2max}$. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.34, p.709-714, 2002.

HOWLEY, E. T.; BASSETT JR, D. R. WELCH, H. G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Medicine and Science Sports and Exercise**, v.27, n.9, p.1292–1301, 1995.

JALAB, C.; ENEA, C.; DELPECH, N.; BERN, O. Dynamique des réponses aérobies lors d'un 100 m nage libre, réalisé dans des conditions de compétition. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, v.36, p.219-225, 2011.

JAMES, D. V.; SANDALS, L. E.; DRAPER, S. B.; WOOD, D. M. Relationship between maximal oxygen uptake and oxygen uptake attained during treadmill middle-distance running. **Journal of Sports and Science**. v.25, p.851-858, 2007.

JAMES, D. V.; SANDALS, L. E.; DRAPER, S. B.; MALDONADO-MARTIN, S.; WOOD, D. M. $\dot{V}O_{2attained}$ during treadmill running: the influence of a specialist (400-m or 800-m) event. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v.2, p.128-136, 2007.

JENKINS, D. G.; KRETEK, K.; BISHOP, D. The duration of predicting trials influences time to fatigue at critical power. **Journal for Science and Medicine in Sport**, v.1, n.4, p.213-218, 1989.

JONES, A. M.; POOLE, D.C. Introduction to oxygen uptake kinetics and historical development of the discipline. (03-36). In JONES, A. M.; POOLE, D. C. (eds) Oxygen uptake kinetics in sports, exercise and medicine. **Routledge: Abingdon**, 2005.

JONES, A. M.; VANHATALO, A.; BURNLEY, M.; MORTON, R. H.; POOLE, D. C. Critical power: Implications for determination of $\dot{V}O_{2max}$ and exercise tolerance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.42, n.10, p.1876-1890, 2010.

JONES, A. M.; BURNLEY, M. Oxygen uptake kinetics: an underappreciated determinant of exercise performance. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v.4, p.524-532, 2009.

JUBRIAS, S. A.; CROWTHER, G. J.; SHANKLAND, E. G.; GRONKA, R. K.; CONLEY, K. E. Acidosis inhibits oxidative phosphorylation in contracting human skeletal muscle in vivo. **The Journal of Physiology**, v.553, p.589-599, 2003.

JÜRIMÄE, J.; HALJASTE, K.; CICCHELLA, A.; LÄTT, E.; PURGE, P.; LEPPIK, A.; JÜRIMÄE, T. Analysis of swimming performance from physical, physiological and biomechanical parameters in young swimmers. **Pediatric Exercise Science**, v.19, p.70-81, 2007.

KASCH, F. W.; WALLACE, J. P.; HUHN, R. R.; KROGH, L. A.; HURL, P. M.. $\dot{V}O_{2max}$ during horizontal and inclined treadmill running. **Journal of Applied. Physiology**, v.40, p.982-983, 1976.

KESKINEN, K. L.; RODRÍGUEZ, F. A.; KESKINEN, O. P. Respiratory snorkel and valve system for breath-by-breath gas analysis in swimming. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v.13, p.322-329, 2003.

KILDING, A. E.; BROWN, S.; McCONNELL A. K. Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance. **European Journal of Applied Physiology**, v.108, p.505–511, 2010.

KONSTANTAKI,M.; SWAINE, I. L. Lactate and Cardiopulmonary Responses to Simulate Arm-Pulling and Leg-Kicking in Collegiate and Recreational Swimmers. **International Journal of Sports Medicine**, v.20, p.118-121, 1999.

KOPPO, K.; BOUCKAERT, J.; JONES, A. M. Effects of training status and exercise intensity on phase II $\dot{V}O_2$ kinetics. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.36, n.2, p.225-232, 2004.

LACOUR, J. R.; MAGUNACELAYA, S.; BARTHÉLÉMY, J. C.; DORMOIS, D. The energetic of middle distance running. **European Journal of Applied Physiology**, v.60, p.38-43, 1990.

LAVOIE, J. M.; LÉGER, L. A.; MONTPETIT, R. R.; CHABOT, S. Backward extrapolation of $\dot{V}O_2$ from O_2 recovery curve after a voluntary maximal 400-m swim. In: HOLLANDER, A. P.; HUIJING, P. A.; DE-GROOT, G. (eds) Biomechanics and medicine in swimming. **Human Kinetics**, Champaign, Ill., p.222-227, 1983.

LECLAIR, E.; MUCCI, P.; MCGAWLEY, K.; BERTHOIN, S. Application du concept de puissance critique à différentes populations. **Science and Sports**, v.23, p.206-215, 2008.

LÉGER, L. A.; LAMBERT, J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict $\dot{V}O_{2\max}$. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v.49, n.1, p.1-12, 1982.

LÉGER, L. A.; SELIGER, V.; BRASSARD, L. Backward extrapolation of $\dot{V}O_{2\max}$ values from the O_2 recovery curve. **Medicine Science Sports and Exercise**, v.12, n.1, p.24-7, 1980.

LEMON, P. W. R.; HAGBERT, J. M.; HERMISTON, R. T. Exercise $\dot{V}O_{2\max}$ estimation using recovery sampling. **Canadian Journal of Applied Physiology** v.5, p.64-68, 1980.

LIBICZ, S.; ROELS, B.; MILLET, G. P. $\dot{V}O_2$ response to intermittent swimming sets at velocity associated with $\dot{V}O_{2\max}$. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v.30, n.5, p.543-553, 2005.

LOUHEVAARA, V.; SOUITARVI, A.; ILMARINEN, J.; TERASLINNA, P. Differences in cardiorespiratory responses during and after arm crank and cycle exercise. **Acta Physiologica Scandinavica Journal**, v.138, p.133-143, 1990.

MALEK, M. H.; HOUSH, T. J.; BERGER, D. E.; COBURN, J. W.; BECK, T. W. A new non-exercise-based $\dot{V}O_{2\max}$ prediction equation for aerobically trained men. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v.19, n.3, p.559-565, 2005.

MARGARIA, R.; EDWARDS, H. T.; DILL, D. B. The possible mechanism of contracting and paying the oxygen debt and the role of lactic acid in muscular contraction. **American Journal of Physiology**, v.106, p.689-714, 1933.

McCONNELL, T. R. Practical considerations in the testing of $\dot{V}O_{2\max}$ in runners. **Sports and Medicine**, v.5, p.57-68, 1988.

MONTPETIT, R. R.; LÉGER, L. A.; LAVOIE, J. M.; CAZORLA, G. $\dot{V}O_2$ peak during free swimming using the backward extrapolation of the O_2 recovery curve. **European Journal Applied Physiology Occupation Physiology**, v.47, n.4, p.385-91, 1981.

MORGADO, J. P.; MONTEIRO, C. P.; MATIAS, C. N.; ALVES, F.; PESSOA, P.; REIS, J.; F. MARTINS, J.; SEIXAS, T.; LAIRES, M. J. Sex-Based Effects on Immune Changes Induced by a Maximal Incremental Exercise Test in Well-Trained Swimmers. **Journal of Sports Science and Medicine**, v.13, p.708-714, 2014.

MORGAN, D.; DANIELS, J.; CARLSON, P.; FILARSKI, F.; LANDLE, F. Use of recovery $\dot{V}O_2$ to predict running economy. **European Journal of Applied Physiology**, 62: 420-423, 1991.

MORTON, H.; BILLAT, V. Maximal endurance time at $\dot{V}O_{2\max}$. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.32, p.1496-504, 2000.

MORTON, R.H. The critical power and related whole-body bioenergetic models. **European Journal of Applied Physiology**, v.96, p.339-354, 2006.

MURGATROYD, S. R.; FERGUSON, C.; WARD, S. A.; WHIPP, B. J.; ROSSITER, H. B. Pulmonary O₂ uptake kinetics as a determinant of high-intensity exercise tolerance in humans. **Journal of Applied Physiology, Bethesda**, v.110, p.1598-1606, 2011.

OGITA, F.; ONODERA, T.; TAMAKI, H.; TOUSSAINT, H.; HOLLANDER, P.; WAKAYOSHI, K. Metabolic profile during exhaustive arm stroke, leg kick, and whole body swimming lasting to 15s to 10min. (361-366). In: MACLAREN, D.; REILLY, T.; LEES, A. In: **Biomechanics and medicine in swimming VI**, Spon, London, 1992.

OSHITA, K.; ROSS, M.; KOIZUMI, K.; TSUNO, T.; YANO, S. Gender Difference of Aerobic Contribution to Surface Performances in Fin swimming: Analysis Using the Critical Velocity Method. **Asian Journal of Sports Medicine**, Volume 4 (Number 4), December 2013, Pages: 256-262.

PELARIGO, J. G.; MACHADO, L.; FERNANDES, R. J.; GRECO, C. C.; VILAS-BOAS, J. P. Oxygen uptake kinetics and energy system's contribution around maximal lactate steady state swimming intensity. **Plos One**, v.12, n.2, 2017.

PENDERGAST, D. R. Cardiovascular, respiratory and metabolic responses to upper body exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.21, p.121-125, 1989.

PESSÔA-FILHO, D. M.; ALVES, F. B.; REIS, J. F.; GRECO, C. C.; DENADAI B. S. $\dot{V}O_2$ kinetics during heavy and severe exercise in swimming. **International Journal of Sports Medicine**, v.33, p.1-5, 2012.

PESSÔA-FILHO, D. M.; SIMIONATO, A. R.; SIQUEIRA, L. O. C.; ESPADA, M. A.; PESTANA, D. Influence of regional and whole-body composition on swimming performance and aerobic indices. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.22, n.3, 2016.

POOLE, D. C.; JONES, A. M. Measurement of the maximum oxygen uptake ($\dot{V}O_{2max}$): $\dot{V}O_{2peak}$ is no longer acceptable. **Journal of Applied Physiology**, v.122, n.4, p.997-1002, 2017.

POOLE, D. C.; WARD, S. A.; GARDNER, G. W.; WHIPP, B. J. Metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. **Ergonomics**, v.31, p.1265-1279, 1988.

POOLE, D. C.; RICHARDSON, R. S. Determinants of oxygen uptake. Implications for exercise testing. **Sports and Medicine**, v.24, p.308-320, 1997.

POOLE, D. C.; WARD, S. A.; WHIPP, B. J. The effects of training on the metabolic and respiratory profile of high-intensity cycle ergometer exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v.59, p.421-429, 1990.

POOLE, D. C.; WILKERSON, D. P.; JONES, A. M. Validity of criteria for establishing maximal O₂ uptake during ramp exercise tests. **European Journal of Applied Physiology**, v.102, n.4, p.403-410, 2008.

POOLE, D. C.; JONES, A. M. Oxygen uptake kinetics. **Comprehensive Physiology**, v.2, n.2, p.933-996, 2012.

POWERS, S. K.; DODD, S.; BEADLE, R. E. Oxygen uptake kinetics in trained athletes differing in $\dot{V}O_{2\max}$. **European Journal of Applied Physiology**, v.54, p.306-308, 1985.

PRINGLE, J. S.; DOUST, J. H.; CARTER, H.; TOLFREY, K.; CAMPBELL, I. T.; JONES, A.M. Oxygen uptake kinetics during moderate, heavy and severe intensity 'submaximal' exercise in humans: the influence of muscle fiber type and capillarization. **European Journal of Applied Physiology**, v.89, p.289-300, 2003.

PRIoux, J.; AYOUB, J.; HOUEL, N.; BERGER, M.; RAMONATXO, M.; PRÉFAUT, C. Effets de l'entraînement sur les potentials aérobie et anaérobie de jeunes nageurs: Exercice realize avec les bras. **Science and Sports**, v.16, p.306-314, 2001.

PSYCHARAKIS, S. G.; COOKE, C. B.; PARADISIS, G. P.; O'HARA, J.; PHILLIPS, G. Analysis of selected kinematic and physiological performance determinants during incremental testing in elite swimmers. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v.22, n.3, p.951-957, 2008.

PYNE, D. B.; LEE, H.; SWANWICK, K. M. Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.33, n.2, p.291-297, 2001.

QUERIDO, A., MACHADO, L., KESKINEN, K.L., VILAR, S., CARDOSO, C., CRUZ, A., VILAS-BOAS, J.P., FERNANDES, R. Comparison between different methods for the assessment of the $\dot{V}O_2$ slow component of Freestyle elite swimmers. In: VILAS-BOAS, J.P., ALVES, F., MARQUES, A. (eds.) Biomech Med Swim X. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v.6, n.2, p.165-167, 2006.

REIS, J. F.; ALVES, F. B.; BRUNO, P. M.; VLECK, V.; MILLET, G. P. Effects of aerobic fitness on oxygen uptake kinetics in heavy intensity swimming. **European Journal of Applied Physiology**, v.112, p.1689-1697, 2012b.

REIS, J. F.; ALVES, F. B.; BRUNO, P. M.; VLECK, V.; MILLET, G. P. Oxygen uptake kinetics and middle distance swimming performance. **Journal Science and Medicine Sport**, v.15, p.58-63, 2012a.

REIS, J. F.; ALVES, F.B. Oxygen Uptake Kinetics and Performance in Swimming. **Biomechanics and Medicine in Swimming XI**, p.220-221, 2011.

RENOUX, J. C. Evaluating the time limit at maximum aerobic speed in elite swimmers. Training implications. **Archives of Physiology and Biochemistry**, v.109, n.5, p.424-429, 2001.

RIBEIRO, J.; FIGUEIREDO, P.; SOUSA, M., deJESUS, K.; KESKINEN, K.; VILAS-BOAS, J. P.; FERNANDES, R. Metabolic and ventilatory thresholds assessment in front crawl swimming. **The Journal of Medicine and Physical Fitness**, v.55, n.7-8, p.701-707, 2014.

RICCI, J.; LÉGER, L. A $\dot{V}O_2$ of cyclists from treadmill bicycle ergometer and velodrome tests. **European Journal of Applied Physiology**, v.50, p.283-289, 1983.

RINEHARDT, K.; KRAEMER, R.; GORMELY, S.; COLAN, S. Comparison of maximal oxygen uptakes from the tethered, the 183 and 457 meter unimpeded supramaximal freestyle swims. **International Journal of Sports Medicine**, v.12, p.6-9, 1991.

RODRÍGUEZ, F.; KESKINEN, K.; MALVELA, M.; KESKINEN, O. Oxygen uptake kinetics during free swimming: a pilot study. In: CHATARD, J.E. (ed). **IX Biomechanics and Medicine in Swimming**. Publications de l' Université de Saint- Étienne, p.379-84, 2003

RODRÍGUEZ, F. A. Maximal oxygen uptake and cardiorespiratory response to maximal 400-m free swimming. Running and cycling tests in competitive swimmers. **Journal of sports Medicine and Physical Fitness**, v.40, p.87-95, 2000.

RODRÍGUEZ, F. A.; IGLESIAS, X.; FERICHE, B.; CALDERÓN-SOTO, C.; CHAVERRI, D.; WACHSMUTH, N. B.; SCHMIDT, W.; LEVINE, B. D. Altitude Training in Elite Swimmers for Sea Level Performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.47, n.9, p.1965-1978, 2015.

ROELS, B.; SCHMITT, L.; LIBICZ, S.; BENTLEY, D.; RICHALET, J. P.; MILLET, G. Specificity of $\dot{V}O_{2max}$ and the ventilator threshold in free swimming and cycle ergometry: comparison between triathletes and swimmers. **British Journal of Sports Medicine**, v.39, p.965-968, 2005.

ROSENTHAL, J. A. Qualitative descriptors of strength of association and effect size. **Journal of Social Service Research**, v.21, n.4, p.37-59, 1996.

ROSSITER, H. B.; WARD, S. A.; KOWALCHUK, J. M.; HOWE, F. A.; GRIFFITHS, J. R.; WHIPP, N. J. Effects of prior exercise on oxygen uptake and phosphocreatine kinetics during high-intensity knee-extension exercise in humans. **The Journal of Physiology**, v.537, p. 291-303, 2002.

SANDALS, L. E.; WOOD, D. M.; DRAPER, S. B.; JAMES, D. V. Influence of pacing strategy on oxygen uptake kinetics during treadmill middle-distance running. **International Journal of Sports Medicine**. v.27, p.37-42, 2006.

SCRUTON, A.; BAKER, J.; ROBERTS, J.; BASEVITCH, I.; MERZBACH, V.; GORDON, D. Pacing accuracy during an incremental step test in adolescent swimmers **Journal of Sports Medicine**, v.6, p.249-257, 2015.

SHEPHARD, R. J. Tests of maximum oxygen uptake: a critical review. **Sports and Medicine**, v.4, p.19-33, 1984.

SLEIVERT, G.; MACKINNON, L. T. The validation of backward extrapolation of submaximal oxygen consumption from the oxygen recovery curve. **European Journal of Applied Physiology**, v.63, p.135-139, 1991.

SOUSA, A.; FIGUEIREDO, P.; OLIVEIRA, N.; OLIVEIRA, J.; SILVA, A.; KESKINEN, K. L.; RODRÍGUEZ, L. J.; VILAS-BOAS, J. P.; FERNANDES, R. J. $\dot{V}O_2$ kinetics in 200-m race-pace front crawl swimming. **International Journal of Sports and Medicine**, v.32, p.1-6, 2011.

SOUSA, A.; deJESUS, K.; FIQUEIREDO, P.; VILAS-BOAS, J. P.; FERNANDES, R. J. Oxygen uptake kinetics at moderate and extreme swimming intensities. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.19, n.3, 2013.

SOUSA, A.; FIGUEIREDO, P.; PENDERGAST, D.; KJENDLIE, P.L.; VILAS-BOAS, J.P.; FERNANDES, R. Critical evaluation of oxygen uptake assesement in swimming. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v.9, p.190-202, 2014b.

SOUSA, A.; FIGUEIREDO, P.; ZAMPARO, P.; PYNE, D. B.; VILAS-BOAS¹, J. P.; FERNANDES, R. J. Exercise modality effect on bioenergetical performance at $\dot{V}O_{2max}$ intensity. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.47, n.8, p.1705-1713, 2015.

SOUSA, A. C.; VILAS-BOAS, J. P.; FERNANDES, R. J. $\dot{V}O_2$ kinetics and metabolic contributions whilst swimming at 95, 100, and 105% of the velocity at $\dot{V}O_{2max}$. **BioMed Research International**, v.2014, p.1-9, 2014a.

SPENCER, M. R.; GASTIN, P. B. Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.33, p.157-162, 2001.

SPERLICH, B.; HAEGELE, M.; THISSEN, A. MESTER, J.; HOLMBERG, H. C. Are Peak Oxygen Uptake and Power Output at Maximal Lactate Steady State Obtained from a 3-Min All-Out Cycle Test? **International Journal of Sports Medicine**, v.32, p.433-437, 2011.

TARNOPOLSKY, L. J.; MACDOUGALL, J. D.; ATKINSON, S. A.; et al. Gender differences in substrate for endurance exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.68, p.302-8, 1990.

TARNOPOLSKY, M. A.; ATKINSON, S. A.; PHILLIPS, S. M.; MacDOUGALL, J. D. Carbohydrate loading and metabolism during exercise in men and women. **Journal of Applied Physiology**, v.78, p.1360-8, 1995.

TOUSSAINT, H. M.; HOLLANDER, A. P. Energetics of competitive swimming: implications for training programs. **Sports Medicine**, n.18, v.6, p.384-405, 1994.

TOUSSAINT, H.; MEULEMANS, A.; DE GROOT, G.; HOLLANDER, A.; SCHREURS, A.; VERVOORN, K. Respiratory valve for oxygen uptake measurements during swimming. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v.56, n.3, p.363-366, 1987.

TURNER, A. P.; SMITH, T.; COLEMAN, S. G. S. Use of an Audio-Paced Incremental Swimming Test in Young National-Level Swimmers. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v.3, p.68-79, 2008.

VANDEWALLE, H.; VAUTIER, J. F.; KACHOURI, M.; LECHEVALIER, J. M.; MONOD, H. Work-exhaustion time relationships and the critical power concept. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.37, p.89-102, 1997.

WAGNER P. New ideas on limitations to $\dot{V}O_{2max}$. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v.28, p.10-14, 2000.

WAKAYOSHI, K.; ACQUISTO, L. J. D.; CAPPAERT, J. M.; TROUP, J. P. Relationship between oxygen uptake, stroke rate and swimming velocity in competitive swimming. **International Journal of Sports Medicine**, v.16, p.19-23, 1995.

WAKAYOSHI, K.; IKUTA, K.; YOSIDA, T.; UDO, M.; MORITANI, T.; MUTOH, Y.; MIYASHITA, M. Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. **European Journal of Applied Physiology**, n.64, p.153-157, 1992.

WARD-SMITH, A.J. Aerobic and anaerobic energy conversion during high-intensity exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.31, p.1855-1860, 1999.

WASSERMAN, K.; WHIPP, B. J.; KOYL, S. N.; BEAVER, W. L. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.35, n.2, p.236-243, 1973.

WELLS, G.; DUFFIN, J.; PLYLEY, M. A model of swimming economy during incremental exercise. In: BLACKWELL, J. R.; SANDERS, R. H.; editors. Abstracts Book of the 19th International Symposium of Biomechanics in Sports. San Francisco: **Exercise and Sport Science** Department, University of San Francisco; p.127-30, 2001.

WHIPP, B. J. The slow component of O₂ uptake kinetics during heavy exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.26, p.1319-1326, 1994.

WHIPP, B. J.; DAVIS, J. A.; TORRES, F.; WASSERMAN, K. A test to determine parameters of aerobic function during exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.50, p.217-221, 1981.

WILLIAMS, C. A.; RATEL, S.; ARMSTRONG, N. Achievement of peak $\dot{V}O_2$ during a 90-s maximal intensity cycle sprint in adolescents. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v.30, n.2, p.157-171, 2005.

WINLOVE, M. A.; JONES, A. M.; WELSAMAN, J. R. Influence of training status and exercise modality on pulmonary oxygen uptake kinetics in pre-pubertal girls. **European Journal of Applied Physiology**, v.108, p.1169-1179, 2010.

ZAMPARO, P.; CAPELLI, C.; CAUTERO, M.; DI-NINO, A. Energy cost of front-crawl swimming at supramaximal speeds and underwater torque in young swimmers. **European Journal of Applied Physiology**, v.83, n.6, p.487-491, 2000.

ZAMPARO, P.; CAPELLI, C.; PENDERGAST, D. Energetics of swimming: a historical perspective. **European Journal of Applied Physiology**, v.111, n.3, p.367-378, 2010.

ZAMPARO, P.; PENDERGAST, D. R.; MOLLENDORF, J.; TERMIN, A.; MINETTI, A. E. An energy balance of front crawl. **European Journal of Applied Physiology**, v.94, p.134-144, 2005.

ANEXO I

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
(Conselho Nacional de Saúde, Resolução 466/12)**

Eu, Astor Reis Simionato, portador do RG. 48.446.906-X, aluno do Curso de Pós – Graduação em Desenvolvimento Humano e Tecnologias - Instituto de Biociências – UNESP – Campus Rio Claro, venho por meio deste, convidá-lo a participar como voluntário do projeto de pesquisa descrito abaixo.

Título do Projeto: Caracterização do perfil de resposta do $\dot{V}O_2$ durante e após o desempenho de 200 metros máximo e sua aplicação na avaliação da aptidão aeróbia máxima ($\dot{V}O_{2max}$) de nadadores.

Justificativa e Objetivos: Diagnosticar a potência aeróbia máxima ($\dot{V}O_{2max}$) pela curva de recuperação do $\dot{V}O_2$ no desempenho máximo de 200m, com propósito de agregar a praticidade de um teste único e a menor perturbação contextual na avaliação do atleta.

Teste constante máximo: O teste será realizado em piscina de 25 metros, e será realizado a máxima velocidade de nado livre correspondendo à distância de 200 metros. O consumo de oxigênio será mensurado durante todo o teste por meio de um analisador de gases. Ao final do teste será coletada 4 amostras sanguíneas para a dosagem do lactato.

Teste progressivo: O teste incremental será realizado em piscina de 25 metros, e será realizado até a exaustão voluntária ou incapacidade de manter a velocidade determinada. Antes de cada teste, haverá um aquecimento de 5 min em uma intensidade moderada. O consumo de oxigênio será mensurado durante todo o teste por meio de um analisador de gases. Ao final do teste será coletada 4 amostras sanguíneas para a dosagem do lactato.

Teste de confirmação dos dados fisiológicos máximo: será realizado um teste com carga constante e pré-determinada segundo uma porcentagem correspondente aos parâmetros da aptidão aeróbia.

Direitos da pessoa submetida aos testes: Toda pessoa submetida aos testes terá acesso aos seus dados, assim como aos resultados finais. Nenhum resultado será divulgado ou levado ao conhecimento de pessoas estranhas, sem a autorização expressa do sujeito submetido ao teste. Todo participante poderá abandonar os testes a qualquer momento, sem prestar qualquer tipo de esclarecimento, mas devendo comunicar sua decisão ao responsável dos testes o quanto antes. Os resultados dos testes poderão ser utilizados para pesquisa, sendo assegurado o anonimato do sujeito, desde que autorizado expressamente neste termo de consentimento.

Riscos dos testes: Os riscos pertinentes ao protocolo são aqueles inerentes a qualquer prática de exercícios extenuantes (uma possível hipotensão, hipoglicemia, ou mal estar como náuseas e vômitos, que são observadas com pouca frequência ao final dos testes extenuantes. Quando apresentados, estes sintomas retornam à normalidade após alguns minutos, em repouso, sem a necessidade de outros procedimentos para a reversão da sintomatologia. Estes riscos serão esclarecidos pelo responsável dos testes anteriormente a seu início e toda vez que desejado pelo participante (esclarecimento de dúvidas), e tendem a ser minimizados pela avaliação clínica antes dos testes e pelas condições de pronto atendimento em caso de acidente.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS

Eu, _____, portador do RG nº _____ e CPF nº: _____ responsável por _____, portador do RG nº _____ tenho ciência dos meus direitos e deveres, concordando em me submeter a este estudo, sob a possibilidade de retirar o consentimento a qualquer momento antes e durante o experimento e outros. Desta forma, autorizo a utilização dos dados deste teste para fins de pesquisa, bem como a divulgação de seus resultados por meio de qualquer meio de divulgação, desde que seja assegurado o anonimato.

Endereço do Comitê de Ética em Pesquisa para recurso ou reclamações do sujeito pesquisado

Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista (CEP/FC-UNESP) CAMPUS de Bauru: Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Vargem Limpa, CEP 17033-360, Bauru-SP, telefone: (014) 3103-6087, e-mail: arimaia@fc.unesp.br

Contato para dúvidas:

Se você tiver dúvidas com relação ao estudo, direitos do participante, ou no caso de riscos relacionados ao estudo, você deve contatar o Investigador. Se você tiver dúvidas sobre seus direitos como um paciente de pesquisa, você pode contatar o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O CEP é constituído por um grupo de profissionais de diversas áreas, com conhecimentos científicos e não científicos que realizam a revisão ética inicial e continuada da pesquisa para mantê-lo seguro e proteger seus direitos.

NOME DO RESPONSÁVEL	ASSINATURA	DATA
NOME DO INVESTIGADOR	ASSINATURA	DATA
NOME DO ORIENTADOR	ASSINATURA	DATA

INFORMAÇÕES DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL E DO ORIENTADOR

Pesquisador Responsável: Astor Reis Simionato - RG: 48.446.906-X

Cargo/Função: Aluno de Mestrado

Curso: Desenvolvimento Humano e Tecnologias

Instituição: Universidade Estadual Paulista

Endereço: Av. 24A, 1515, Bela Vista, Rio Claro, SP

Dados para Contato: fone (14) 99731-5022 e-mail: astor_ars@hotmail.com

Orientador: Prof. Dr. Dalton Muller Pessoa Filho

Cargo/função: Professor Assistente

Instituição: Universidade Estadual Paulista

Endereço: Av. Engº Luiz Edmundo Carrijo Coube, s/nº, Vargem Limpa, Bauru, SP. CEP. 17033-360

Dados para Contato: fone (14) 3103-6082 e-mail: dmpf@fc.unesp.br

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS

TERMO DE ASSENTIMENTO

(ao menor de idade)

Título do Projeto: Caracterização do perfil de resposta do $\dot{V}O_2$ durante e após o desempenho de 200 metros máximo e sua aplicação na avaliação da aptidão aeróbia máxima ($\dot{V}O_{2max}$) de nadadores.

Investigador: Astor Reis Simionato.

Local da Pesquisa: Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Departamento de Educação Física – Campus de Rio Claro, SP.

Endereço: Av. 24A, 1515, Bela Vista, Rio Claro, SP.

Você está sendo convidado (a) a participar de uma pesquisa, com o objetivo de melhorar o processo de prescrição de treinamentos na natação, de acordo com as características de competições, sendo realizadas através de avaliações laboratoriais e de seus treinamentos realizados durante 10 semanas para que suas sessões de treinamentos fiquem mais precisas e, assim, contribuir para sua melhora e prevenir lesões por excesso de treinamento. Sobretudo, a qualquer momento desejado terá acesso aos seus dados, assim como aos resultados finais. Nenhum resultado será divulgado ou levado ao conhecimento de pessoas estranhas, sem sua autorização expressa. Também poderá abandonar os testes a qualquer momento, sem sofrer nenhum prejuízo, represálias ou necessidade de prestar qualquer tipo de esclarecimento, mas devendo comunicar sua decisão ao responsável dos testes o quanto antes. Os resultados dos testes poderão ser utilizados para pesquisa, sendo assegurado seu anonimato, desde que autorizado expressamente neste termo de assentimento.

DECLARAÇÃO DE ASSENTIMENTO DO SUJEITO DA PESQUISA:

Eu li e discuti com o investigador responsável pelo presente estudo os detalhes descritos neste documento. Entendo que eu sou livre para aceitar ou recusar, e que posso interromper a minha participação a qualquer momento sem dar uma razão. Eu concordo que os dados coletados para o estudo sejam usados para o propósito acima descrito.

Eu entendi a informação apresentada neste TERMO DE ASSENTIMENTO. Eu tive a oportunidade para fazer perguntas e todas as minhas perguntas foram respondidas.

Eu também recebi uma cópia assinada e datada deste Documento DE ASSENTIMENTO INFORMADO.

Eu, _____, portador do RG nº _____ e CPF nº: _____ tenho ciência dos meus direitos e deveres, concordando em me submeter a este estudo, sob a possibilidade de retirar o consentimento a qualquer momento antes e durante o experimento e outros. Os pesquisadores (abaixo relacionados) tiraram todas as minhas dúvidas e conversaram com os meus responsáveis. Recebi uma cópia deste termo de assentimento e o li, concordando em participar desta pesquisa. Desta forma, autorizo a utilização dos dados deste teste para fins de pesquisa, bem como a divulgação de seus resultados por meio de qualquer meio de divulgação, desde que seja assegurado o anonimato.

Sexo: M () F () Data de Nascimento: ____/____/____

Endereço: _____

Telefone para contato: Cel.: _____ Fixo: _____

Email: _____

NOME DO ADOLESCENTE _____	ASSINATURA _____	DATA _____
NOME DO INVESTIGADOR _____	ASSINATURA _____	DATA _____

ANEXO II

FACULDADE DE CIÊNCIAS
CAMPUS DE BAURU/ UNESP -
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITOS ERGOGÊNCIOS DO EXERCÍCIO PRÉVIO E DO PRÉ-CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO SOBRE A CINÉTICA DO V_{O_2} NO DOMÍNIO SEVERO DE NADO-LIVRE E ATADO

Pesquisador: Dalton Müller Pessoa Filho

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 54372516.3.0000.5398

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.505.984

Apresentação do Projeto:

O projeto está adequado e respeita as exigências relativas aos aspectos éticos da pesquisa.

Objetivo da Pesquisa:

Segundo o proponente do projeto, seu objetivo primário é "analisar as respostas fisiológicas durante o desempenho de nado no domínio severo de Intensidade do exercício, com e sem a aplicação da manipulação fisiológica aguda prévia por exercício prévio e pela técnica do pré-condicionamento Isquêmico (IPC)".

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Segundo o autor do projeto, "os riscos pertinentes ao protocolo são aqueles inerentes a qualquer prática de exercícios extenuantes (uma possível hipotensão, hipoglicemia, ou mal estar como náuseas e vômitos, que são observadas com pouca frequência ao final dos testes extenuantes. Quando apresentados, estes sintomas retornam à normalidade após alguns minutos, em repouso, sem a necessidade de outros procedimentos para a reversão da sintomatologia. Estes riscos serão esclarecidos pelo responsável dos testes anteriormente a seu início e toda vez que desejado pelo participante (esclarecimento de dúvidas), e tendem a ser minimizados pela avaliação clínica antes dos testes e pelas condições de pronto atendimento em caso de acidente".

Endereço: Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01

Bairro: CENTRO

CEP: 17.033-360

UF: SP

Município: BAURU

Telefone: (14)3103-8087

Fax: (14)3103-8087

E-mail: arimatea@fc.unesp.br

**FACULDADE DE CIÊNCIAS
CAMPUS DE BAURU/ UNESP -
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**



Continuação do Parecer: 1.505.904

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Adequada e em condições de execução.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Adequado e sem sugestão de alteração.

Recomendações:

Aprovado.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

O protocolo em pauta respeita os direitos dos participantes previstos na Resolução 466/12, tem metodologia adequada para os propósitos afirmados e os termos de apresentação obrigatória estão bem elaborados, em linguagem acessível e com informações corretas.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PI INFORMACOES BASICAS DO PROJETO_670734.pdf	04/03/2016 08:39:59		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	termo_Leandro_2016.pdf	04/03/2016 08:38:36	Dalton Müller Pessoa Filho	Aceito
Folha de Rosto	Dalton_FolhaRosto.pdf	03/03/2016 12:25:46	Dalton Müller Pessoa Filho	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_Doc_CE.pdf	29/02/2016 12:00:54	Dalton Müller Pessoa Filho	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01
Bairro: CENTRO CEP: 17.033-360
UF: SP Município: BAURU
Telefone: (14)3103-8087 Fax: (14)3103-8087 E-mail: arimatea@fc.unesp.br

FACULDADE DE CIÊNCIAS
CAMPUS DE BAURU/ UNESP -
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"



Continuação do Processo: 1.505.904

BAURU, 18 de Abril de 2016

Assinado por:
Arl Fernando Mala
(Coordenador)

Endereço: Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01

Bairro: CENTRO

CEP: 17.033-360

UF: SP

Município: BAURU

Telefone: (14)3103-6087

Fax: (14)3103-6087

E-mail: arlmala@fc.unesp.br