



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – RIO CLARO



---

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS

---

**Determinação da contribuição anaeróbia durante o desempenho do nado *crawl* em distâncias curtas e médias-curtas, entre homens e mulheres**

**Valter Akira Bravo**

Dissertação apresentada ao instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Humano e Tecnologias.

**Julho - 2018**



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – RIO CLARO



**Determinação da contribuição anaeróbia durante o desempenho do nado *crawl* em distâncias curtas e médias-curtas, entre homens e mulheres.**

**VALTER AKIRA BRAVO**

**Orientador: PROF. DALTON MÜLLER PESSÔA FILHO**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Humano e Tecnologias.

**Julho - 2018**

797.21 Bravo, Valter Akira  
B826d        Determinação da contribuição anaeróbia durante o  
desempenho do nado crawl em distâncias curtas e  
médias-curtas, entre homens e mulheres. / Valter Akira Bravo.  
- Rio Claro, 2018  
      74 f. : il., gráfs., tabs., quadros

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

      1. Natação. 2. Déficit de oxigênio. 3. Consumo de  
oxigênio. 4. Demanda energética. 5. Lactato sanguíneo. I.  
Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – RIO CLARO



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Câmpus de Rio Claro



### CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Determinação da contribuição anaeróbia durante o desempenho do nado crawl em distâncias curtas e médias-curtas, entre homens e mulheres.

**AUTOR: VALTER AKIRA BRAVO**

**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 / UNESP - Faculdade de Ciências de Bauru - SP

Prof. Dr. MARCELO PAPOTI  
Universidade de São Paulo / Escola de Educação Física e Esportes de Ribeirão Preto - SP

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

Rio Claro, 27 de julho de 2018

*Aos meus pais Valdir Bravo e Edna  
Bravo, este trabalho é dedicado a vocês.*

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Edna e Valdir, 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.

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, enfim, cada tempo que gastou comigo. Sou muito grato por tudo que fez por mim e espero que o projeto traga ótimas contribuições a nós e ao laboratório.

Aos integrantes do laboratório, Leandro Siqueira, Andrei, Astor Reis, Danilo Massini e todos os demais do LABOREH. Muito obrigado pelo aprendizado e espero que seja só mais uma etapa dessa relação.

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 forma.

*“Mesmo que esteja cansado e querendo desistir, dê um passo para frente”*

*(autor desconhecido)*

## RESUMO

Está bem estabelecido que a contribuição glicolítica anaeróbia é predominante nos eventos próximos a 50 e 100 metros, e que a contribuição aláctica alcança sua maior capacidade de contribuição próximos aos 50 metros. Todavia, pode-se questionar se a taxa de ajuste do metabolismo anaeróbio não seria mais apropriada para analisar os desempenhos de curta duração (50 e 100 metros), ao invés da demanda total. Bem como, pouco se sabe se AOD e as demandas de cada metabolismo (lático vs. alático vs aeróbio) tendem a apresentar respostas diferentes entre sexos. Assim, o objetivo do presente estudo foi analisar o déficit acumulado de oxigênio (AOD) nos desempenhos do crawl em distâncias de 50, 100 e 200 metros, comparando-o pelo método da variação da resposta lactacidêmica e perfil alático da curva de débito oxigênio. Participaram deste estudo 12 (doze) nadadores homens ( $16,8 \pm 2,2$  anos,  $179,3 \pm 7,0$  cm e  $69,4 \pm 7,8$  kg) e 10 (dez) nadadoras ( $15,5 \pm 3$  anos,  $161,8 \pm 6,2$  cm e  $55,5 \pm 6,8$  kg). Todos realizaram o desempenho máximo para as distâncias de 50, 100 e 200 metros para a determinação do  $O_2$  acumulado. Após 24 horas, os nadadores desempenharam um teste incremental escalonado máximo e descontínuo (TIE: 6x250m e 1x200m, 50 a 100% da v200m) para a avaliação do  $\dot{V}O_{2max}$  e obtenção da relação  $\dot{V}O_2$  vs. velocidade de nado em intensidades submáximas. A partir desta relação, projetou-se a demanda de  $O_2$  nas velocidades correspondentes ao 50, 100 e 200m foi estimada. Em seguida, a permuta gasosa pulmonar também foi analisada durante os desempenhos de 50, 100 e 200m para se obter a oferta de  $O_2$  durante e após cada distância. A estimativa de AOD foi realizada pela comparação entre demanda e oferta de  $O_2$ . A fase rápida de decaimento exponencial da curva de recuperação do  $O_2$ , após cada distância de nado, estimou a contribuição aláctica. Enquanto que o equivalente de  $O_2$  para a variação da resposta do lactato sanguíneo foi utilizada para reconstruir a demanda anaeróbia lática. Em todos os testes, o  $\dot{V}O_2$  foi obtido respiração-a-respiração por uma unidade metabólica automatizada e portátil (CPET K4b<sup>2</sup>), que esteve acoplada a um snorkel específico e validado na natação (new-AquaTrainer®). O teste ANOVA (uma entrada, com Sidak como post-hoc) comparou as médias do perfil metabólico entre homens e mulheres para cada distância de desempenho (50, 100 e 200 metros). O nível de significância foi estabelecido em  $p \leq 0,05$ . Os resultados preliminares indicam que o  $\dot{V}O_{2max}$  correspondeu à  $4012,3 \pm 453,3$  ml $\times$ min<sup>-1</sup> entre homens e à  $3043 \pm 335,6$  ml $\times$ min<sup>-1</sup>



entre as mulheres. a demanda anaeróbia (AOD) é maior entre as mulheres (50m:  $26,2 \pm 5,6 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ ; 100m:  $43,3 \pm 10,2 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ ; 200m:  $62,8 \pm 15,4 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ ) quando comparadas aos homens (50m:  $19,7 \pm 3,9 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ ; 100m:  $33,6 \pm 10,6 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ ; 200m:  $48,3 \pm 15,7 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ ). Todavia, essas diferenças, quando analisada pela relação percentual entre Déficit/Demanda Acumulada de  $\text{O}_2$ , mostram-se significativas em 50m ( $P=0,05$ ), mas não em 100m ( $P=0,32$ ) e 200m ( $P=0,47$ ). Ao ponderar pela distância de nado, o AOD (em  $\text{mlO}_2 \times \text{kg}^{-1} \times \text{m}^{-1}$ ) evidenciou tendência decrescente entre as distâncias de nado (significativa apenas ao comparar 50m e 100m vs. 200m,  $P<0,01$  e  $P<0,05$ , respectivamente), bem como as diferenças entre sexos não foram significativas ao compará-los em 50m (H: 0,39 e M:  $0,52 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1} \times \text{m}^{-1}$ ,  $P=0,122$ ), em 100m (H: 0,33 e M:  $0,43 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1} \times \text{m}^{-1}$ ,  $P=0,741$ ) e em 200m (H: 0,24 e M:  $0,31 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1} \times \text{m}^{-1}$ ,  $P=0,948$ ). Durante o desempenho nas distâncias de 50, 100 e 200 metros, os perfis de ativação e parcela de contribuição de cada metabolismo energético apresenta a taxa absoluta ( $\text{mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ ) aláctica mais elevada em homens, quando comparada à ativação em mulheres, que demonstram desempenho com predomínio láctico nas distâncias. As diferenças na produção energética entre os sexos mostram valores distintos apenas para a produção aláctica em 50m ( $P=0,039$ ). Assim, mulheres não apresentam restrições para o suprimento energético anaeróbio, em velocidades supra-máximas de nado, quando essa demanda é estimada pelo método AOD tradicional. Porém, os valores relativos de contribuição dos metabolismos tendem a não serem similares entre homens e mulheres na construção da demanda anaeróbia total (29,2% (50 metros), 15,8% (100 metros) e 29,3% (em 200 metros) superior em homens), causada pela maior ativação do metabolismo aláctico (64,7%, 47,4% e 60,9%) em cada uma destas distâncias. Essa maior contribuição anaeróbia aláctica em homens pode ser um efeito produzido pelas diferenças de massa muscular, sugerindo o desenvolvimento da massa magra para melhorar o desempenho em tarefas com demanda anaeróbia elevada.

**Palavras-chave:** Déficit de oxigênio, Consumo de oxigênio, Demanda energética, Lactato sanguíneo, Natação.

## ABSTRACT

It is well established that the anaerobic glycolytic contribution is predominant in events close to 50 and 100 meters, and that the alactic contribution reaches its greatest capacity of contribution close to 50 meters. However, one question that needs to be asked is whether a rate of anaerobic metabolism adjustment is no longer useful for analyzing short-term performance (50 and 100 meters), as opposed to total demand. As well as, little is known if AOD and the demands of each metabolism (lactic vs. alactic vs aerobic) tend to present different responses between genders. Thus, the objective of the present study was to analyze the accumulated oxygen deficit (AOD) in crawl performance at distances of 50, 100 and 200 meters, comparing it by the lactacidemic response and alactic profile of the recovery curve. Twelve (12) male swimmers ( $16.8 \pm 2.2$  years,  $179.3 \pm 7.0$  cm and  $69.4 \pm 7.8$  kg) and 10 (ten) female swimmers ( $15.5 \pm 3$  years old,  $161.8 \pm 6.2$  cm and  $55.5 \pm 6.8$  kg)) participated in this study. All participants were performed a maximal effort at 3 distances (50, 100 and 200 meters) for the determination of accumulated O<sub>2</sub>. After 24 hours, swimmers performed a maximum and discontinuous step incremental test (TIE: 6x250m and 1x200m, 50 to 100% of  $v_{200m}$ ) for an evaluation of  $\dot{V}O_{2max}$  and obtaining the  $\dot{V}O_2$  vs. swimming speed relationship. From this relation, the demand for O<sub>2</sub> at the velocities corresponding to 50, 100 and 200m was estimated. Then, gas exchange was also analyzed during the exercises of 50, 100 and 200m for an O<sub>2</sub> supply during and after each distance. The AOD estimate was made by comparing demand and supply of O<sub>2</sub>. The energy produced from anaerobic alactic metabolism was estimated from the fast component of the post  $\dot{V}O_2$ . The net energy produced from anaerobic lactic acid metabolism was determined from  $[La^-]_{net}$ . In all tests,  $\dot{V}O_2$  was obtained breath-by-breath by an automated and portable metabolic unit (CPET K4b2), which was coupled to a specific and validated swimming snorkel (new-AquaTrainer®). The ANOVA test (an entry, with Sidak as a post-hoc) compared the medias of the metabolic profile between men and women for each distance of performance (50, 100 and 200 m). The level of significance was set at  $p \leq 0.05$ . Preliminary results indicate that  $\dot{V}O_{2max}$  corresponded to  $4012.3 \pm 453.3$  ml $\times$ min<sup>-1</sup> for men and  $3043 \pm 335.6$  ml $\times$ min<sup>-1</sup> for women. Anaerobic demand (AOD) is higher among women (50m:  $26,2 \pm 5,6$  mlO<sub>2</sub> $\times$ kg<sup>-1</sup>; 100m:  $43,3 \pm 10,2$  mlO<sub>2</sub> $\times$ kg<sup>-1</sup>; 200m:  $62,8 \pm 15,4$  mlO<sub>2</sub> $\times$ kg<sup>-1</sup>) than in men (50m:  $19,7 \pm 3,9$  mlO<sub>2</sub> $\times$ kg<sup>-1</sup>; 100m:  $33,6 \pm 10,6$  mlO<sub>2</sub> $\times$ kg<sup>-1</sup>; 200m:  $48,3 \pm 15,7$  mlO<sub>2</sub> $\times$ kg<sup>-1</sup>). However, these

differences, when analyzed by the percentage ratio between O<sub>2</sub> Accumulated Deficit / Demand, are significant in 50m (P=0,05, but not in 100m (P = 0.32) and 200m (P = 0.47). When considering swimming distance, the AOD (in mlO<sub>2</sub>×kg<sup>-1</sup>×m<sup>-1</sup>) showed a decreasing trend between swimming distances (significant only when comparing 50m and 100m vs. 200m, P <0.01 and P <0.05, respectively), as well as the differences between sexes were not significant when comparing them in 50m (H: 0,39 e M: 0,52 mlO<sub>2</sub>×kg<sup>-1</sup>×m<sup>-1</sup>, P=0,122), in 100m (H: 0,33 e M: 0,43 mlO<sub>2</sub>×kg<sup>-1</sup>×m<sup>-1</sup>, P=0,741) and in 200m (H: 0,24 e M: 0,31 mlO<sub>2</sub>×kg<sup>-1</sup>×m<sup>-1</sup>, P=0,948). During performance at distances of 50, 100 and 200 meters, the activation and contribution profiles of each energy metabolism has the highest absolute (mlO<sub>2</sub>×kg<sup>-1</sup>) alactic rate in men, when compared to activation in women, which demonstrate performance with lactic predominance at distances. Differences in energy production between the sexes show different values only for the production in 50 m (P = 0.039). Thus, women do not present restrictions for the anaerobic energetic supply, at supramaximum swimming speeds, when this demand is estimated by the traditional AOD method. However, the relative values of metabolic contribution tend not to be similar between men and women in the construction of the total anaerobic demand total (29,2% (50 m), 15,8% (100 m) and 29,3% (200 m) superior in men), caused by the greater activation of the alactic metabolism (64,7%, 47,4% e 60,9%) at each of these distances. This greater anaerobic alactic contribution in men may be an effect produced by muscle mass differences, suggesting the development of lean mass to improve performance in tasks with high anaerobic demand.

**Keywords:** Deficit of oxygen, Consumption of oxygen, Energy demand, Blood lactate, 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
$\tau_1$ e $\tau_2$	Constante de tempo necessário para atingir a resposta primária
$A_1'$	Amplitude da resposta do componente fundamental (primária)
CL	Componente lento
A2	Amplitude da resposta do componente lento
$v_{200m}$	Transição repouso-exercício nos 200 metros máximo de nado
CAN	Contribuição anaeróbia
MAOD	Deficit máximo acumulado de $O_2$
$O_2$	Concentração de oxigênio
$CO_2$	Concentração de dióxido de carbono
$\%v\dot{V}O_{2pico}$	Porcentagens das intensidades relativas ao $\dot{V}O_{2pico}$
PCr	Creatina fosfato
ADP	Adenosina difosfato
ATP	Adenosina trifosfato
AOD	Déficit de $O_2$ acumulado
$[La^-]$	Concentração de lactato
CK	Creatina quinase
$[La^-]_{net}$	Concentração de lactato líquido
Lan	Limiar anaeróbio
$\dot{V}O_{2EE}$	“ $\dot{V}O_2$ <i>End Exercise</i> ”, ao final do exercício, obtido pela cinética
TIE	Teste incremental escalonado
$LO_2$	Litros de $O_2$
$\dot{V}_E$	Ventilação
$\dot{V}CO_2$	Produção de dióxido de carbono
$E_{anaer}$	Demanda anaeróbia
$P_{ETCO_2}$	Pressão parcial de $VCO_2$ ao final da expiração
FC	Frequência cardíaca
$FC_{max}$	FC máxima
$\dot{V}O_2 Ac$	$\dot{V}O_2$ acumulado
$\dot{V}O_{2d}$	Demanda de oxigênio acumulada
Pi	Fosfato inorgânico
QR	Coeficiente respiratório
$\dot{V}O_{2b}$	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

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> A: relação entre intensidade do exercício e demanda de O <sub>2</sub> . B: Deficit acumulado de O <sub>2</sub> é calculado como a diferença entre a demanda de O <sub>2</sub> e o O <sub>2</sub> consumido.....	p.15
<b>Figura 5.1:</b> Configuração do protocolo do teste incremental escalonado máximo (TIE).....	p.31
<b>Figura 6.1:</b> Perfil de resposta do $\dot{V}O_2$ respiração-a-respiração durante o TIE (Painel A, N=1) e pelo ajuste linear da resposta em cada patamar de esforço (Painel B, N=1), em nadador do sexo masculino.....	p.37
<b>Figura 6.2:</b> Perfil do O <sub>2</sub> acumulado e do AOD para as distâncias de 50 metros (Painel A, N=1), 100 metros (Painel B, N=1) e 200 metros (Painel C, N=1), em nadador do sexo masculino.....	p.39
<b>Figura 6.3:</b> Valores de AOD nas distâncias de 50 metros, 100 metros e 200 metros, entre homens (Painel A, N=12) e mulheres (Painel B, N=10), normalizados pelo peso corporal e massa magra corporal total. Detalhes da análise estatística estão no texto.....	p.40
<b>Figura 6.4:</b> Comparação entre valores de AOD normalizados por tempos comuns ( <i>isotime</i> ) aos desempenhos nas distâncias de 50m, 100m e 200m, entre homens (Painel A, N=12) e mulheres (Painel B, N=10). Detalhes da análise estatística estão no texto.....	p.43
<b>Figura 6.5:</b> Comparação entre valores de AOD normalizados por unidade de distância (metro) nas distâncias de 50m, 100m e 200m, entre homens (N=12) e mulheres (N=10). Detalhes da análise estatística estão no texto.....	p.44
<b>Figura 6.6:</b> Perfil da contribuição energética nas distâncias de 50m, 100m e 200m, entre homens (Painel A, N=12) e mulheres (Painel B, N=10). Detalhes da análise estatística estão no texto.....	p.47

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Valores de dispersão e variabilidade para a determinação de AOD em 50, 100 e 200 metros, entre homens e mulheres..... p.41
- Tabela 2:** Valores de dispersão e variabilidade para a determinação de AOD em 50, 100 e 200 metros, nos *isotimes* de 10 s e 30 s, entre homens e mulheres..... p.42
- Tabela 3:** Valores de dispersão e variabilidade para a determinação de AOD em 50, 100 e 200 metros, por unidade de distância, entre homens e mulheres..... p.44

**LISTA DE QUADROS**

<b>Quadro 1:</b> Contribuição anaeróbia e demanda de oxigênio em diferentes durações de intensidades máximas de nado.....	p.17
<b>Quadro 2:</b> Contribuição anaeróbia em diferentes modalidades pelos métodos AOD e débito de O <sub>2</sub> .....	20
<b>Quadro 3:</b> Contribuição anaeróbia na natação pelos métodos AOD e débito de O <sub>2</sub> .....	23

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>06</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>10</b>
2.1 METABOLISMO ANAERÓBIO.....	10
2.1.1 <i>IMPORTÂNCIA DO METABOLISMO ANAERÓBIO NA</i> <i>NATAÇÃO.....</i>	11
2.2 O MÉTODO AOD CLÁSSICO.....	12
2.2.1 AOD NA NATAÇÃO.....	15
2.3 MÉTODO DO DÉBITO DE O <sub>2</sub> ALÁTICO E LÁCTICO.....	23
2.3.1 <i>DÉBITO DE O<sub>2</sub> ALÁTICO E LÁCTICO NA</i> <i>NATAÇÃO.....</i>	25
<b>3. JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>26</b>
<b>4. OBJETIVOS.....</b>	<b>27</b>
4.1 OBJETIVO GERAL.....	27
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
<b>5. MÉTODOS.....</b>	<b>28</b>
5.1 SUJEITOS.....	28
5.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	28
5.3 COMPOSIÇÃO CORPORAL TOTAL.....	29
5.4 TESTE DE DESEMPENHO.....	30
5.5 TESTE INCREMENTAL ESCALONADO (TIE) E DETERMINAÇÃO DO $\dot{V}O_{2max}$ .....	30
5.6 DETERMINAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO AERÓBIA E DEFICIT ACUMULADO DE O <sub>2</sub> (AOD).....	31
5.7 MODELAGEM DA DEMANDA ENERGÉTICA ANAERÓBIA.....	32
5.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	34
<b>6. RESULTADOS.....</b>	<b>36</b>
<b>7. DISCUSSÃO.....</b>	<b>50</b>



<b>8. CONCLUSÃO.....</b>	<b>60</b>
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>62</b>
ANEXO I.....	70
ANEXO II.....	73

## 1. INTRODUÇÃO

Na natação, a contribuição energética nos diferentes eventos competitivos tem sido analisada pela predominância da ativação metabólica por período de tempo. Assim, estudos pioneiros descritos por Holmér (1979) abordaram o perfil energético pela interação anaeróbia/aeróbia ao longo do tempo, enfatizando a importância do metabolismo anaeróbio (~80%) em eventos até 50 segundos, e a concomitante progressão da contribuição aeróbia até alcançar o predomínio em desempenhos que excedem 180 segundos. Foi a partir deste perfil temporal que os eventos de 50, 100 e 200 metros obtiveram a classificação supramáxima, quanto à demanda aeróbia (ex.:  $>100\% \dot{V}O_{2max}$ ), e, portanto, relacionados à capacidade anaeróbia aláctica, à taxa glicolítica anaeróbia e à tolerância à acidose metabólica (HOLMÉR, 1979; TROUP *et al.*, 1992; TOUSSAINT; HOLLANDER, 1994; OGITA *et al.*, 2003).

De fato, as primeiras referências destas contribuições foram apontadas pelo débito de  $O_2$  entre 15-18  $LO_2$  e lactato sanguíneo correspondente a 15-18  $mmol \times L^{-1}$  que denotam, segundo Holmér (1979), a ênfase anaeróbia nos eventos supramáximos. Estudos posteriores confirmaram esse perfil supramáximo da demanda energética em desempenhos de curta e média duração de nado. Por exemplo, Troup *et al.* (1992) definiram a demanda do  $\dot{V}O_2$  a 140, 127 e 108%  $\dot{V}O_{2max}$  como correspondentes ao requerimento energético em 100, 200 e 400 metros, e assim estimaram a contribuição anaeróbia pelo método AOD (conforme proposto por MEDBO *et al.* 1988) em cada distância, com valores respectivos a ~45-50%, ~30-35% e ~15-20%, cuja variação foi atribuída às diferenças de nível de desempenho entre os nadadores. O estudo de Ogita *et al.* (1996 e 2003) também aplicou a relação  $\dot{V}O_2$  vs. tempo para estimar a demanda acumulada de  $O_2$  e prever o déficit de  $O_2$  total (método AOD) em desempenhos supramáximos de nado. Para Ogita *et al.* (1996), a capacidade anaeróbia máxima (MAOD) no nado crawl é atingida em desempenhos com duração entre 120s e 180s (~200m), cujo valor de 2,99  $LO_2 \times min^{-1}$  correspondeu a 53,3  $mLO_2 \times kg^{-1}$  para homens e 42,7  $mLO_2 \times kg^{-1}$  para mulheres. As conclusões principais deste estudo foram: (1) a magnitude da capacidade anaeróbia, pelo AOD, é menor ao comparar a natação com a corrida (com valores variando entre 56-78  $mLO_2 \times kg^{-1}$ , Medbo *et al.*, 1988 e Scott *et al.*, 1991), mas similares aos valores descritos para a cicloergômetro (com valores entre 53-59  $mLO_2 \times kg^{-1}$  para homens e ~39  $mLO_2 \times kg^{-1}$  para mulheres, MEDBO; TABATA, 1989 e WEYAND *et al.*, 1993); e

(2) a diferença do valor de AOD entre a natação e a corrida pode ser atribuída à especificidade aeróbia/anaeróbia do treinamento (capacidade de tamponamento, MEDBO *et al.*, 1988), à diferença na massa muscular engajada em cada modalidade (SCOTT *et al.*, 1991), à diferença de massa entre pessoas de diferentes sexos (WEYAND *et al.*, 1993) e às limitações centrais do sistema cardiovascular em exercícios de alta intensidade com ações simultâneas de pernas e braços (limitações à elevação do  $\dot{V}O_2$ ) (SECHER *et al.*, 1977).

Em relação à comparação entre desempenhos, outro estudo de Ogita *et al.* (2003) observaram um déficit de  $O_2$  (AOD) de 2,28  $LO_2$ , 2,78  $LO_2$  e 3,23  $LO_2$  que correspondem aos desempenhos com duração de 30s (~50m), 60s (~100m) e 120-180s (~200m). A partir destes resultados, definiu-se: (a) que a contribuição anaeróbia está entre 65-70% em 30s, 50-55% em 60s e 30-35% em 120-180s; e (b) que desempenhos até 60s (~50m e ~100m) evidenciam predomínio anaeróbio e entre 120-180s (~200m) os processos metabólicos anaeróbio e aeróbio são exigidos ao máximo, prevendo-se uma demanda de  $\dot{V}O_2$  em  $\sim 110\% \dot{V}O_{2max}$ , correspondente a  $\sim 65\%$  da energia necessária. Paralelamente, o estudo de Capelli *et al.* (1998) determinou a contribuição energética pela cinética do  $\dot{V}O_2$  e da fosfocreatina durante o exercício, considerando também a cinética de lactato sanguíneo na recuperação (i.e.: débito láctico, conforme descrito por DiPRAMPERO, 1981 e DiPRAMPERO *et al.* 1993). Seus resultados demonstraram que a demanda energética para distâncias de 182,9 metros (~137s), nos quatro tipos de nado, atingiu em média  $129,4\% \dot{V}O_{2max}$ . Especificamente para o nado crawl, seus resultados evidenciaram uma demanda de  $\sim 115\% \dot{V}O_{2max}$ , com contribuições de 61,5% aeróbia, 24,7% láctica e 13,8% aláctica. Para a distância de 45,7 metros essa contribuição seria 15,3% aeróbia, 58,9% láctica e 25,8% aláctica, e para distância de 91,4 metros atingiria 33,3% aeróbia, 47,2% láctica e 19,6% aláctica.

Esses resultados estão alinhados àqueles obtidos pela aplicação do método AOD na natação (TROUP *et al.*, 1992; OGITA *et al.*, 1996 e 2003). Porém, os dados de Capelli *et al.* (1998) indicam que a elevação do  $\dot{V}O_2$  em 182,9 metros equivaleu apenas a  $78,8\% \dot{V}O_{2max}$  e que, portanto, a elevação do  $\dot{V}O_2$  em eventos próximos a 200 metros sofre restrições dos processos anaeróbios, sendo improvável também a ocorrência do MAOD nessa distância. Desta forma, fica estabelecido que a contribuição glicolítica anaeróbia é predominante nos eventos próximos a 50 e 100

metros, que a contribuição aláctica alcança sua maior capacidade de contribuição próximos aos 50 metros e que a máxima capacidade anaeróbia tende a ocorrer em eventos mais longos que 200 metros, ou seja, acima de 2 minutos.

Todavia, tanto a diversidade de métodos para a determinação da demanda de energia anaeróbia, quanto de procedimentos adotados para a avaliação do AOD, é observada na natação (REIS *et al.*, 2010a; SOUSA *et al.*, 2013; PEYREBRUNE *et al.*, 2012; CAMPOS *et al.*, 2017). Além da questão sobre o tipo de abordagem metodológica, na natação ainda se observa a diversidade de contextos de nado (nado-livre, nado-atado, canal de nado) e tecnologias de amostragem (mistura ventilatória vs. respiração-a-respiração) e determinação do  $\dot{V}O_2$  (circuito aberto vs. fechado) (OGITA *et al.*, 2003; REIS *et al.*, 2010b; PEYREBRUNE *et al.*, 2012; KALVA-FILHO *et al.*, 2016), que contribuem para o questionamento das informações sobre a demanda anaeróbia de nado, dado ao fato que o principal procedimento na estimativa da demanda de  $O_2$ , e subsequente estimativa do AOD, é a construção da relação linear entre  $\dot{V}O_2$  vs. velocidade (NOORDHOF, *et al.*, 2010), e que essa relação na natação é dependente da hidrodinâmica (arrasto ativo) em diferentes velocidades, condições (PENDERGAST *et al.*, 2003) e contextos (PESSOA FILHO *et al.*, 2017) de nado, além do nível de habilidoso do nadador (TOUSAINT; BEEK, 1992; TROUP *et al.*, 1992).

Os conflitos entre valores da estimativa anaeróbia em estudos atuais servem de referência para exemplificar a interferência destes processos. Para Reis *et al.* (2010a) os valores de AOD (e conseqüentemente da contribuição anaeróbia) diminuem com a distância de nado-livre, sendo em média  $20,5 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$  (~31%) em 100m,  $17,5 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$  (~13%) em 200m, e  $11,9 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$  (~5%) em 400m. Esses autores construíram a relação  $\dot{V}O_2$  vs velocidade, a partir da amostragem respiração-a-respiração do  $\dot{V}O_2$  ( $K_4B^2$ , Cosmed) durante o nado (Aquatrainer®, Cosmed). Todavia, ao aplicar a mesma tecnologia de amostragem e determinação do  $\dot{V}O_2$  para a quantificação da demanda anaeróbia aláctica (tanto pelo débito rápido de  $O_2$  após desempenho de 200 metros, quanto pela cinética da fosfocreatina), Sousa *et al.* (2013) reportaram um valor de  $1,56 \text{ IO}_2$  (ou  $20,5 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ ) para o débito aláctico, que é *per si* diferente do valor de AOD reportado por Reis *et al.* (2010a) para essa mesma distância. Em outro estudo envolvendo o desempenho de 200 metros, Figueiredo *et al.* (2011) determinou a contribuição energética pelo débito láctico, que atingiu  $2,1 \text{ IO}_2$  (ou  $27,3 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ ). Ao determinar a contribuição anaeróbia pelo débito láctico e

cinética de fosfocreatina em desempenhos a 100% e 105%  $\dot{V}O_{2max}$ , com duração de ~240s e ~120s (respectivamente equivalentes a 400 e 200 metros), Sousa et al. (2014) estimaram a contribuição anaeróbia total praticamente estável em 2,6 IO<sub>2</sub> (37,5 ou 27%) e 2,7 IO<sub>2</sub> (38,7 mlO<sub>2</sub>×kg<sup>-1</sup> ou 41%), a qual é inferior à demanda anaeróbia total (~3,6 IO<sub>2</sub>) considerada a partir dos resultados de Figueiredo *et al.* (2011) e Sousa *et al.* (2013), mas similar àquela reportada por Ogita *et al.* (2003), que foram reportadas para o desempenho de nado em 200 metros (ou ~120s). Por outro lado, o estudo realizado por Campos *et al.* (2017), que estimou a demanda anaeróbia total em diferentes distâncias de nado livre pelo débito alático/láctico, apresenta uma tendência progressiva entre 50 e 200 metros, correspondendo a ~3,4 IO<sub>2</sub>, 4,5 IO<sub>2</sub> e 4,7 IO<sub>2</sub>. Esses valores estão entre os maiores observados para o desempenho em nado livre nestas distâncias.

Curiosamente, a comparação entre os métodos de determinação da contribuição anaeróbia não foi realizada na natação, apesar da divergência entre os diferentes estudos que abordaram essa temática. Ainda, enquanto as informações produzidas sobre a demanda anaeróbia fornecem diretrizes relevantes para a parametrização do desempenho e, conseqüentemente, elaboração do treinamento, ainda se questiona se a taxa de ajuste do metabolismo anaeróbio não seria mais apropriada para os desempenhos de curta duração (50 e 100 metros), ao invés da demanda total. Bem como, pouco se sabe se essas demandas e taxas tendem a respostas diferentes entre sexos pela interferência da massa muscular. Desta forma, o presente estudo pretende estender a abordagem de Troup *et al.* (1992) sobre o tempo de ajuste da demanda acumulada de O<sub>2</sub> (i.e.: demanda energética total, que segundo os autores é mais rápida em distâncias curtas e entre nadadores com melhor desempenho), para a evolução da demanda anaeróbia entre desempenhos de 50, 100 e 200 metros, destacando a influência da intensidade do esforço sobre as distâncias e sobre as variações de tecido magro entre homens e mulheres.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 METABOLISMO ANAERÓBIO

Existem três sistemas que são responsáveis pela síntese e ressíntese de ATP: (1) o fosfagênio (ATP-CP), (2) o sistema glicolítico e a (3) mitocondrial. O segundo sistema fornece energia a partir da quebra da glicose em piruvato, e, dependendo da necessidade da produção de ATP, este sistema segue a via anaeróbia, que seria a redução de piruvato à ácido láctico, ou a aeróbia, que é a respiração mitocondrial. Dessa forma, temos duas vias anaeróbias, os fosfagênios e a glicolítica (BAKER *et al.*, 2010).

Segundo Gatin (2001), o primeiro processo energético predominante advém da hidrólise do ATP-CP (anaeróbio alático) presente no músculo, e conforme o exercício continua, as outras duas fontes são ativadas. O sistema fosfagênio é composto pelos estoques de ATP e creatina fosfato (PCr) nos músculos e fornece energia de três formas: a quebra do ATP estocado e duas reações mediadas por duas enzimas: creatina quinase (CK) e adenilato quinase, a primeira transporta um fósforo da molécula de creatina fosfato (PCr) à molécula de adenosina difosfato (ADP) e a segunda transfere um fósforo de uma molécula de ADP a outra de ADP, as duas resultando em ATP. Este sistema fornece energia com uma frequência maior que os outros dois, porém tem a menor capacidade de produção, sendo majoritário em exercícios de poucos segundos, 5-6s (GREENHAFF; TIMMONS, 1998; BOGDANIS *et al.*, 1996) e dependente dos estoques de CrP (BAKER *et al.*, 2010). Sobre a sua contribuição nas diferentes intensidades e durações, a literatura é inconclusiva, porém os indícios é que a sua utilização cai drasticamente após 10-15s (BANGSBO *et al.*, 2001; BAKER *et al.*, 2010; GASTIN, 2001).

Conforme o exercício se prolonga para mais de poucos segundos, o aumento na produção de ATP advém do metabolismo glicolítico, isto é, da glicose e do glicogênio (PILEGAARD *et al.*, 1999). A ativação da oxidação do carboidrato logo após o início do exercício se dá pelo aumento intramuscular de cálcio livre e Pi, além do aumento no consumo de glicose pelo músculo. A taxa aumentada na produção de glicose-6-fosfato a partir da glicogenólise e o consumo aumentado de glicose proveem uma fonte rápida de combustível, este mecanismo é responsável por uma série de reações que transformam a glicose-6-fosfato em piruvato, esta cascata de reações é chamada de glicólise. A glicólise acontece no citosol da célula e produz 2 ATPs de

forma rápida e de forma anaeróbia. O produto da glicólise é a formação de duas moléculas de piruvato para cada molécula de glicose. Se a necessidade energética for alta e imediata, o piruvato segue a via anaeróbia, se a necessidade for mais lenta, o piruvato segue a via mitocondrial, a primeira via é mais rápida, porém menos eficiente, isto é, produz mais rápido o ATP, mas em quantidade menor à aeróbia.

### 2.1.1 A IMPORTÂNCIA DO METABOLISMO ANAERÓBIO NA NATAÇÃO

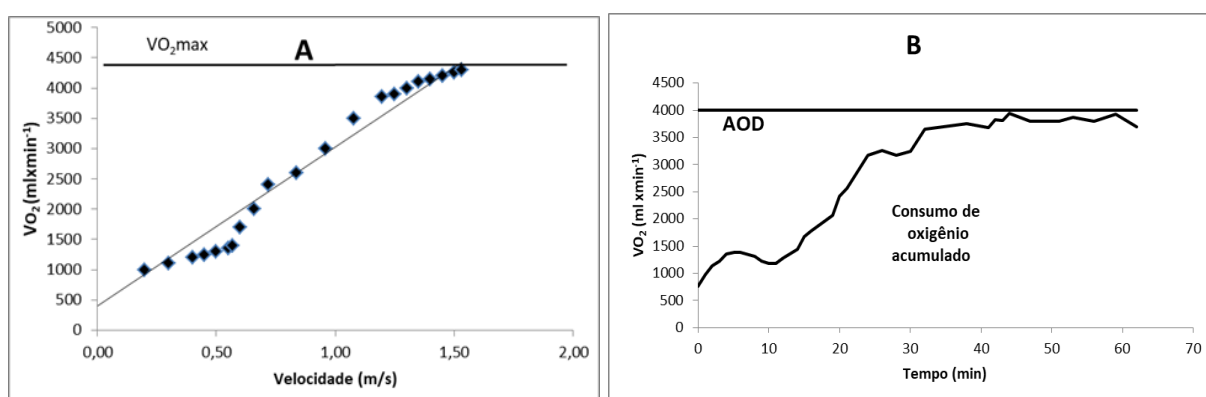
O metabolismo anaeróbio é fundamental para todos os exercícios com duração  $\leq 1$  min, uma vez que a literatura mostra uma maior predominância anaeróbia nesta condição, como também em sessões com duração de 2-3 min, que não apresentam maior contribuição anaeróbia relativa (% da energia total), porém mostram maior contribuição bruta ( $LO_2$ ) (MEDBO *et al.*, 1988), que são tempos característicos dos 50, 100 e 200m na natação.

A fim de verificar a relação entre performance e vias metabólicas, Capelli (1999) analisou, a partir de valores teóricos, quais determinantes fisiológicos afetam a performance dos nadadores, e encontrou uma relação inversa entre tempo de desempenho e capacidade anaeróbia e potência aeróbia máxima. Já para o custo energético de locomoção, a relação foi direta, ou seja, quanto menor o custo de nado, menor o tempo de performance. A partir de dados empíricos, Zamparo *et al.* (2000) analisaram, em nado livre, a relação entre custo energético e torque submerso (tendência dos membros inferiores a afundar), que é o produto da força com a qual o pé do sujeito tende a afundar vezes a distância do pé até o centro de volume dos pulmões, e concluíram que o torque submerso teve correlação com o custo de nado apenas em velocidades até a  $1,2m.s^{-1}$ , e que nos tempos de 32 s, 70 s e 154 s a contribuição anaeróbia foi de 73,2%, 51,4% e 28,9%, respectivamente. Os resultados mostram, então, que aspectos morfológicos também influenciam a eficiência do nado e que o metabolismo anaeróbio é predominante em tempos abaixo de 70 s. Tais observações são corroboradas por Figueiredo *et al.* (2011), que encontraram um predomínio anaeróbio nos 50m nado livre, e por Ogita *et al.* (2003), utilizando o método AOD no canal de nado em exercícios exaustivos, que estimaram valores anaeróbios para tempos de 15s a 10min, encontrando equidade entre anaeróbio e anaeróbio por volta de 1min e valores máximos de contribuição anaeróbia nos tempos de 2 a 3 min, que seriam tempos relativos aos 100m e 200m nado livre, respectivamente.

## 2.2 MÉTODO DO DEFICIT ACUMULADO DE OXIGÊNIO (AOD)

O AOD consiste em estimar um  $\dot{V}O_2$  para cargas supramáximas através da progressão linear da relação construída entre  $\dot{V}O_2$  e intensidade do exercício. Medbo *et al.* (1988) propuseram que se construísse uma equação linear com vários testes submáximos, e, a partir dela, estimar o  $\dot{V}O_2$  para cargas supramáximas, definindo, então, o AOD como sendo o  $\dot{V}O_2$  estimado menos o  $\dot{V}O_2$  obtido, como mostra o gráfico a seguir (Figura 1):

**Figura 1** - A: relação entre intensidade do exercício e demanda de  $O_2$ . B: Deficit acumulado de  $O_2$  é calculado como a diferença entre a demanda de  $O_2$  e o  $O_2$  consumido.



O conceito do déficit de  $O_2$  foi proposto inicialmente por Krogh, Lindhard (1920) como sendo a diferença entre a curva no começo do exercício e o momento que atinge o estado estável, e mais tarde, trabalhos buscaram analisar o deficit em situações de máximas e supramáximas (HERMANSEN, MEDBO 1984; KARLSSON, 1971). Os questionamentos de Medbo *et al.* (1988) foram que esses protocolos não analisaram a capacidade anaeróbia, isto é, a maior contribuição anaeróbia possível. Dessa forma, estabeleceram alguns requisitos que seriam necessários para se calcular o MAOD: (1) é preciso chegar até exaustão; (2) independência do consumo máximo de  $O_2$  e (3) concordância com métodos já existentes, por exemplo, pela  $[La^{-1}]$  (MEDBO *et al.*, 1988). Ainda no mesmo artigo, os autores chamam a atenção para a composição do AOD, que seria: estoques de  $O_2$  no sangue e no músculo, lactato transferido para o sangue e fluídos extracelulares, estoque de ATP muscular e lactato muscular. Dessa forma, é preciso levar em consideração todos esses parâmetros na hora de calcular o metabolismo anaeróbio de fato.



Atualmente, apesar de muito utilizado, o AOD vem apresentando muita variação metodológica (NHOORDHOF *et al.*, 2010). Medbo *et al.* (1988) propuseram de 10 a 15 esforços submáximos para traçar a relação  $\text{VO}_2$ -intensidade, e no artigo de revisão feito por Noordhof *et al.* (2010), os autores concluíram que 10 esforços já seriam o suficiente para construir uma relação robusta. Porém, Bickham *et al.* (2002) analisaram os valores de AOD com diferentes quantidades de valores submáximos (11, 4 e 2 testes) para calcular a regressão em corredores treinados, e os autores não encontraram diferença significativa e sugeriram 4 testes para aplicações práticas. Quanto a reprodutibilidade do método, Gatin (1994) mostrou um coeficiente de reprodutibilidade de 0,98, e Weber; Schneider (2001) mostraram um coeficiente de correlação intraclasse de 0,95 e 0,97 para 110 e 120% do  $\dot{\text{V}}\text{O}_{2\text{pico}}$ , respectivamente.

Outra preocupação é em relação à existência do componente lento em algumas intensidades e tempo, uma vez presente, é o grande viés do método, pois a relação  $\text{VO}_2$ -intensidade não seria mais linear. Segundo Ozyener *et al.* (2003), a construção do modelo do AOD com duração até 3 minutos não sofrem influência do componente lento seja qual for a intensidade, dando base teórica para trabalhos que não levem em consideração o componente lento abaixo desse tempo. E Noordhof *et al.* (2010) aconselham testes submáximos de duração relativamente curta (~3 min), pois, após este período, tende a aparecer o componente lento.

Sobre valores de MAOD, Medbo *et al.* (1988) e Medbo; Tabata (1989) encontraram a capacidade anaeróbia em exercícios com duração de 2 a 3 minutos, tanto em esteira, quanto em cicloergômetro e uma contribuição relativa de 60, 50 e 35% para os 30, 60 e 120 s, respectivamente. Quando comparado a outros estudos e métodos, os valores encontrados por Medbo *et al.* (1988) e Medbo; Tabata (1989) são condizentes. Withers *et al.* (1991) compararam valores de biopsia muscular com o AOD e não encontraram diferença significativa entre os valores obtidos, que atingiram uma parcela de contribuição anaeróbia de 72, 51 e 64% para 30s, 60s e 90s, respectivamente. Esses valores são similares aos valores de 72 e 54% para os 30 e 90 segundos, que foram reportados por Serresse *et al.* (1988) empregando o método de constantes universais de conversão energética. Bem como, são resultados que ainda são sustentados atualmente, em ciclo-ergômetro, como Muniz-Pumares *et al.* (2016) que encontraram uma contribuição de 45 e 37,8% para 91 e 123s, respectivamente. Por fim, em um artigo de revisão, Gatin (2001) analisou a

contribuição anaeróbia com a grande maioria dos estudos usando o método MAOD clássico, e o autor indica que esforços máximos e próximos a 120 segundos, independente do exercício, apresentam participação de 37% de metabolismo anaeróbio e de 63% de metabolismo aeróbio, corroborando os achados dos trabalhos acima.

Em relação à demanda energética nos diversos esportes Bangsbo *et al.* (1993) analisaram atletas de elite homens de 4 esportes: futebol de campo, corrida, remo e ciclismo. Os testes foram feitos na esteira para os futebolistas e corredores, no ciclo-ergômetro os ciclistas e os remadores fizeram tanto na esteira quanto no ergômetro de remada. Os resultados mostraram um AOD maior dos remadores no ergômetro de remada (64,1 ml/kg), em seguida vieram os ciclistas (56,5 ml/kg), depois os corredores (51,9 ml/kg) e futebolistas (49,5 ml/kg). O AOD dos remadores na esteira foi o menor e muito abaixo do AOD na remada (47,3 ml/kg). Na discussão, os autores chamam a atenção para alguns achados relevantes: uma menor [La] dos corredores não mostrou correlação com o AOD, a capacidade anaeróbia não teve relação com variáveis musculares (tipo de fibra), mas sim com quantidade de massa muscular ativa, que justificaria um AOD maior na remada em relação à corrida e ao ciclo-ergômetro, como, também, a diferença entre os seus valores de AOD comparados aos de Medbo *et al.* (1988), uma vez que estes usaram 10,5%, e Bangsbo *et al.* (1993) usaram 5%.

Quanto a especificidade do treinamento, Nummela; Rusko (1995) fizeram um estudo com atletas fundistas e velocistas, no qual encontraram diferença significativa no perfil metabólico para um teste de 49 s, mostrando uma contribuição anaeróbia de 46 a 37% nos fundistas e 57 a 53% nos velocistas, mostrando que o tipo de treinamento interfere no AOD. Outro ponto importante que influencia a contribuição anaeróbia, estudado por Sloniger *et al.* (1997), é a massa muscular ativa, os autores encontraram uma diferença de 21% a mais no MAOD quando os sujeitos correram em uma situação onde havia uma inclinação e que, portanto, ativaram mais músculos, indicando a relação entre MAOD e essa variável.

Dessa forma, se a quantidade de massa muscular ativa influencia o perfil metabólico, uma provável diferença entre mulheres e homens também será vista, uma vez que homens possuem mais massa muscular. McCardle *et al.* (2010) analisaram esta hipótese e, realmente, observaram uma diferença significativamente maior em homens em um teste de Wingate. Dados corroborados por Hill; Vilgren (2014), que

analisaram o MAOD na esteira e no ciclo ergômetro. Os autores concluíram que a contribuição anaeróbia foi 22% maior na esteira e 32% maior em homens, como também foi o caso da  $[La^-]$  e o  $\dot{V}O_{2max}$ , porém o tempo até a exaustão não diferiu entre os grupos. A respeito das possíveis explicações para esta diferença, os autores chamam a atenção para algumas causas possíveis: maior ativação muscular na corrida, maior concentração de hemoglobina nos homens, como, também, maior massa muscular nos homens. Weber; Schneider (2002) analisaram esta questão no cicloergômetro em pessoas destreinadas. O protocolo consistiu em pedalar numa potência a 120%  $\dot{V}O_{2pico}$  com uma frequência de 70 RPM e o MAOD foi medido antes e após um período de treinamento. O MAOD foi expresso em relação à massa magra e os valores dos homens foram maiores que os das mulheres tanto pré como pós-treinamento, porém a porcentagem do aumento foi estatisticamente igual (21% para homens e 19% para mulheres). A concentração de lactato também foi mais alta em homens.

### 2.2.1 DÉFICIT ACUMULADO DE OXIGÊNIO (AOD) NA NATAÇÃO

Estudos com o AOD, na natação, começaram com Troup *et al.* (1992) que analisaram a contribuição anaeróbia em 3 distâncias, 100, 200 e 400 m nado livre, em 64 atletas homens bem treinados, que foram divididos em dois grupos, os de alta performance (AP) e os de baixa performance (BP), divisão, esta, baseada nos melhores tempos nos 200 m. A proposta do trabalho foi analisar se havia diferença no perfil metabólico e no tempo de ajuste do  $\dot{V}O_2$  entre os dois grupos, uma vez que a amostra era composta de grupos muito parecidos. Os resultados encontrados foram: uma diferença significativa na contribuição anaeróbia, uma porcentagem anaeróbia menor e um tempo de ajuste menor nos atletas de alta performance, isto é, a contribuição anaeróbia nos de alta performance de 3 LO<sub>2</sub>, 3 LO<sub>2</sub> e 3,5 LO<sub>2</sub> nos 100, 200 e 400 m, respectivamente, e de 2,5 LO<sub>2</sub> nas três distâncias nos atletas de baixa performance. Em termos de porcentagem, os AP apresentaram ~45, 26 e 13% e os BP, ~50, 35 e 20% nos 100, 200 e 400 m, respectivamente, mostrando que os atletas de melhor performance apresentam maior capacidade anaeróbia e usam o metabolismo aeróbio com melhor eficiência. Os autores concluem que, mesmo em atletas altamente treinados, existe uma diferença tanto no sistema aeróbio, quanto no

anaeróbio, e que os resultados reforçam o uso do AOD, uma vez que conseguiu detectar essa diferença em uma situação tão sensível.

Mais tarde, Ogita *et al.* (1996), utilizando canal de nado, com análise do  $\dot{V}O_2$  através do método da bolsa de Douglas, também analisou a contribuição anaeróbia pelo AOD. Neste estudo, com atletas universitários (2 homens e 4 mulheres), foram aplicados 6 a 10 testes submáximos (no trabalho de Troup *et al.* (1992) foram apenas 4 testes), com duração de 6 minutos, para construir uma relação  $\dot{V}O_2$ -intensidade. A proposta do artigo foi analisar o AOD do nado apenas utilizando os membros inferiores (K), apenas superiores (A) ou o corpo inteiro (S) e depois compará-los. As intensidades supramáximas foram estabelecidas no pré-teste de tal forma que os nadadores entrassem em exaustão entre 2 a 3 min. Os valores de MAOD foram significativamente maiores quando somados A e K e comparados ao S. Apresentando valores, respectivamente, de  $2.15 \pm 0.31$  L,  $2.52 \pm 1.08$  L e  $2.99 \pm 0.52$  L, concluindo que na natação não dá para separar o desempenho de apenas "braços" ou apenas "pernas". Os autores também relatam na discussão que os valores de MAOD para os homens foi de 53.3 e 60.6  $\text{mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$  e de  $42.7 \pm 53.3$   $\text{mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$  para as mulheres, porém não fazem correlação. Já no trabalho de OGITA *et al.*, (2003), a metodologia foi parecida ao trabalho anterior, mas desta vez analisaram 6 homens em 6 tempos exaustivos, com pelo menos 7 sessões submáximas. Os achados deste trabalho mostram um resultado interessante nos tempos até 30 s, nos quais o nado só com as pernas (K) apresentou uma contribuição anaeróbia (AOD) maior que as outras duas condições, ou seja, 85% (15 s) e 71% (30 s), enquanto que, na situação de corpo inteiro (S), apresentou 82% (15 s) e 67% (30 s). Em relação a maior contribuição do metabolismo anaeróbio (MAOD), este ocorreu no tempo de exaustão entre 2 a 3 minutos, como mostrou, também, o trabalho anterior (OGITA *et al.*, 1996), porém o valor do presente trabalho apresentou 3,23 L e o anterior apresentou 2,99 L, a possível explicação é que o AOD dos homens costuma ser maior que o das mulheres, e o primeiro estudo analisou os dois, enquanto que o segundo analisou apenas homens. A equidade entre o metabolismo anaeróbio e aeróbio foi encontrada no tempo de 1 minuto, diferindo do trabalho de Medbo *et al.* (1988) feito em esteira, corroborando trabalhos que mostram uma demanda metabólica na natação diferente da corrida (DI PRAMPERO, 1981). Quando comparados os valores de AOD, não houve diferença significativa entre 30 s, 1 min e 2-3 min. Os valores de AOD valores encontrados por Ogita *et al.* (2003) são apresentados abaixo, no Quadro 1.

**QUADRO 1** - Contribuição anaeróbia e demanda de oxigênio em diferentes durações de intensidades máximas de nado.

	Duração (s)	Contribuição AOD (%)	AOD(L)	% $\dot{V}O_{2max}$
<b>15 s</b>	15,5 ± 1,4	82,1 ± 6,3	1,73 ± 0,45	205
<b>30 s</b>	29,7 ± 1,8	67,4 ± 6,3	2,28 ± 0,38	175
<b>1 min</b>	61,3 ± 3,4	50,1 ± 7,3	2,78 ± 0,99	138
<b>2-3 min</b>	152,3 ± 22,7	30,7 ± 4,7	3,23 ± 0,51	107
<b>4 – 5 min</b>	282,7 ± 17,7	16,5 ± 6,3	2,92 ± 0,45	96
<b>8-10 min</b>	540,4 ± 44,4	15,7 ± 7,3	1,83 ± 0,96	91

Fonte: Adaptado de Ogita *et al.* (2003)

Analisando o nado crawl em condições atada completa (FTS) e semiatada (STS), Peyrebrune *et al.* (2012) utilizaram 4 a 5 testes submáximos (44 a 81% do  $\dot{V}O_{2max}$ ) para a construção da relação  $\dot{V}O_2$ -intensidade e determinaram a contribuição anaeróbia em duas situações: um teste de 30 s máximo em FTS e 4 sessões de 30 s (intervalo de 30 s entre as sessões) máximas em STS. Os valores encontrados foram: contribuição anaeróbia de 67% no FTS a uma intensidade de  $165 \pm 20\%$  da força atingida no  $\dot{V}O_{2max}$  e nas 4 sessões em STS foi 75, 53, 51 e 48% da primeira a quarta sessão, respectivamente. A força programada para a primeira sessão foi 132 N (95% da força alcançada no FTS), porém caiu para 129 N na segunda, 130 N na terceira e 126 N na quarta, mostrando diferença significativa na perda da força. Os autores chamam a atenção pelo fato de usar poucos estágios submáximos (4-5) e o intercepto y livre, isto pode ter subestimado o MAOD, porém os autores justificam que a relação foi linear em todos os estágios e o erro da estimativa foi maior quando usado o intercepto y fixo. Apesar das limitações do trabalho, os autores concluem que o valor da contribuição anaeróbia no FTS é condizente com o de Ogita *et al.* (2003), ambos deram 67%. Já Kalva-Filho *et al.* (2016), utilizando também condição atada, não só em homens, mas também mulheres, estimou o MAOD durante um teste a 100% da força máxima (MAF) até a exaustão, como também analisou a reprodutibilidade do

método. O protocolo consistiu em um teste incremental para encontrar a MAF, depois foram feitas 6 sessões submáximas com duração de 7 min cada, a 50 até 90% da MAF, e, por fim, um teste de esforço máximo a 100% da MAF. Todos os procedimentos foram feitos 2 vezes. O Tlim e o valor do MAOD foram de 268 s e 241 s e 45,3 e 45,2 mLxKg<sup>-1</sup> no teste e reteste, respectivamente, apresentando uma correlação moderada para o Tlim (0,50) e alto nível de reprodutibilidade para o MAOD (coeficiente de correlação intraclassa 0,89). Os resultados reforçam os achados de que o MAOD permanece inalterado em diferentes intensidades máximas.

Com relação ao AOD no nado livre, além do trabalho de Troup *et al.* (1992) já citado, temos o de Reis *et al.* (2010a) que também analisaram apenas homens (29) em desempenho máximo nas distâncias de 100, 200 e 400 metros, porém com cada nadador realizando apenas uma das 3 distâncias. A relação  $\dot{V}O_2$ -intensidade foi obtida de forma diferente do original proposto por Medbo *et al.* (1988), pois a construção foi feita a partir dos desempenhos nos 4 estágios (5 a 6,5 min de duração) do teste incremental. A justificativa dos autores para tal método é que, para se fazer o cálculo da regressão linear, é preciso tempo suficiente para que o  $\dot{V}O_2$  atinja um estado estável, algo que aconteceu nos 4 estágios submáximos, e os cálculos foram refeitos excluindo-se o último estágio, resultando em um erro padrão para o valor predito foi de apenas 3%, porém o intervalo de confiança aumentou 4 vezes, diminuindo a robustez dos valores quando extrapolados. A respeito dos resultados obtidos, os valores de AOD foram  $20.55 \pm 7.41$ ,  $17.53 \pm 13.53$  e  $11.91 \pm 14.72$  mL $O_2$ xkg<sup>-1</sup>, com uma contribuição relativa de 31, 13 e 5%, para os 100, 200 e 400 m, respectivamente. Tais resultados diferem da literatura, sendo inferiores aos obtidos por Zamparo *et al.* (2000) e Troup *et al.* (1992). A hipótese dos autores para tal diferença, é que os sujeitos do seu estudo são mais velhos e foram testados após o período competitivo e o de Zamparo *et al.* (2000) foram analisados antes do período de competição. Em outro estudo, também em nado livre e utilizando o método AOD, onde os nadadores realizaram teste máximo apenas em uma distância, Reis *et al.* (2010b) encontraram valores de 27% e 14% no grupo dos 100 e 200 metros, respectivamente, resultados, estes, muito parecidos com Reis *et al.* (2010a), porém este último foi no estilo peito, e o primeiro no estilo *crawl*.

Dessa forma, como visto nos trabalhos de Reis *et al.* (2010a) e Reis *et al.* (2010b), os sujeitos não realizaram desempenho máximo em mais de uma distância,

não podendo, então, comparar a contribuição anaeróbia do mesmo sujeito com outro desempenho, como também não normalizaram em relação à massa magra. O Quadro 2, abaixo, sintetiza alguns resultados dos principais estudos a respeito da CAN e dos perfis aláctico e láctico nas diversas modalidades e populações, exceto na natação, que será mostrado no Quadro 3.

**Quadro 2:** Contribuição anaeróbia em diferentes modalidades pelos métodos AOD e débito de O<sub>2</sub>.

Estudo	Exercício	Participantes	Metodologia	Intensidade (% $\dot{V}O_{2max}$ )	Duração (s)	CAN	[La <sup>-1</sup> ] <sub>pico</sub> (mmol/l)	$\dot{V}O_{2max}$
Bangsbo <i>et al.</i> , 1993	Cicloergômetro Esteira Esteira Esteira	3 ST Ciclistas 14 ET corredores 15T futebolistas 5T remadores	MAOD; biopsia muscular	120 a 140	179 181 205 243	56,5 ± 8,4 51,9 ± 3,8 49,5 ± 3,0 47,3 ± 6,3 mlO <sub>2</sub> ·kg <sup>-1</sup>	12,7 10,7 12,9 ---	62,4 72,5 60,8 65,7 mL·kg <sup>-1</sup> ·xmin <sup>-1</sup>
Craig <i>et al.</i> , 1995	cicloergômetro	12 ET ciclistas 6 ST ciclistas	MAOD	70 s all out 120 s all out 115% $\dot{V}O_{2max}$ 300 s all out	70 120 140 300	60,8 ± 7,1 61,4±7,3 59,7±5,8 59,4±10,8 mlO <sub>2</sub> ·kg <sup>-1</sup>	12,1 ± 1,2 11,4 ± 1,5 10,0 ± 1,9 11,2 ± 2,1	ST: 62,4 ET: 71,5 mL·kg <sup>-1</sup> ·xmin <sup>-1</sup>
Medbo; Tabata, 1989.	Cicloergômetro	14 DT 13 DT 13 DT	MAOD	186 146 119	34 75 156	1,86 ± 0,07 2,25 ± 0,06 2,42 ± 0,08 mmol/kg	-----	42 39 39 mmol.kg <sup>-1</sup> .s <sup>-1</sup>
Weber; Schneider, 2002.	Cicloergômetro	7 DT homens 7 DT mulheres	MAOD	120 até exaustão	H: Pré=175±16; Pós=303±42 M: Pré=166±14; pós=259±18	H: pré = 3,93 ± 0,22 L Pós=4,82±0,46 M: Pré=2,75±0,17 Pós=2,70±0,21	Pré:16,9±0,4 Pós: 19,9±0,9 Pré:13,6±0,7 Pós:16,0±0,6	Pré:3,58±0,19 L Pós:3,85±0,17L Pré:2,55±0,11L Pós:2,62±0,08L
Muniz-Pumares <i>et al.</i> , 2016	Cicloergômetro	12 T homens (ciclistas e triatletas)	MAOD	105 112,5 120 e 127,5	267 173 123 91	48,52 ± 12,83 53,65 ± 11,86 51,90 ± 11,14 49,74 ± 10,82 mlO <sub>2</sub> ·kg <sup>-1</sup>	11.67 ± 2,58 10.92 ± 2.48 10.24 ± 2.38 9.56 ± 2.58	4,17 ± 0,38 lxmin <sup>-1</sup> (57 ± 7 mL·kg <sup>-1</sup> ·xmin <sup>-1</sup> )
Andersson; McGawley, 2018	Simulador motorizado de esquiagem	21 T de esqui cross-country (11 homens e 10 mulheres)	MAOD: Intercepto fixo (4+y) e livre (4-y)	116 ± 5 (600 m; time trial)	185 ± 24	4+y: 56 ± 10 4-Y: 62 ± 10 mlO <sub>2</sub> ·kg <sup>-1</sup>	-----	61,2 ± 7,1 (H: 67,2 ± 2,6 e M: 54,7 ± 3,5 mL·kg <sup>-1</sup> ·xmin <sup>-1</sup> )



Beneke <i>et al.</i> , 2002	Cicloergômetro	11 homens (atletas de rugby)	Débito alático e láctico	Wingate (7,5% peso corporal)	30	Alát: 2,7 L Láct: 37,2 mlO <sub>2</sub> xKg <sup>-1</sup>	12, 4 ± 1,6 [la <sup>-1</sup> ] <sub>net</sub>	4,220 ± 466 mlxmin <sup>-1</sup>
Guidetti <i>et al.</i> , 2008	<i>Grand adage</i>	25 bailarinas (A: 13 com baixo nível técnico e B: 12 alto nível)	Débito alático e láctico	-----	210	A: alát 19 ± 2 Láct: 10 ± 1 B: Alát: 17 ± 2 Láct: 4 ± 1 mlO <sub>2</sub> xKg <sup>-1</sup>	A: 4.5 ± 0.4 B: 2.5 ± 0.3	A: 38,1 ± 1,9 B: 46,2 ± 2,1 mlxkg <sup>-1</sup> xmin <sup>-1</sup>
Bertuzzi <i>et al.</i> , 2010	Cicloergômetro	9 homens	MAOD e Débito alático e láctico	110% Wmax	154 ± 38	Alát: 0,61 ± 0,12 L Láct: 2,16 ± 0,32 L	10.9 ± 1.2	41,3 ± 6,0 mlxkg <sup>-1</sup> xmin <sup>-1</sup>
Roberts; Morton, 1978	Esteira	8 homens T	Débito alático	Intensidade suprmáxima até a exaustão	Tentativa 1: 32,5 Tentativa 2: 29,4	Tentativa 1: 2,81 ± 0,21 L Tentativa 2: 2,74 ± 0,12 L	-----	-----

DT=

destreinados; T= treinados; ST= atletas de sprint; ET= atleta de endurance.

### 2.3 MÉTODO DO DÉBITO DE O<sub>2</sub> ALÁTICO E LÁCTICO

O débito de oxigênio, como originalmente definido por Margaria *et al.*, (1933) é composto pelo débito de oxigênio alático e láctico. O método consiste em determinar o componente alático através da fase rápida da curva de recuperação pós-exercício, e o componente láctico, através da concentração líquida de lactato  $[La^-]_{net}$ , ou seja,  $[La^-]_{pico}$  atingida durante o exercício menos a  $[La^-]$  de repouso (DiPrampéro, 1981). Para definir o equivalente energético de 1mmol de lactato, o autor se baseou nos estudos de Margaria *et al.* (1971), Margaria *et al.* (1963), Cerretelli *et al.* (1964), Cerretelli *et al.* (1967), tais trabalhos encontraram valores de equivalência energética de 2,7 a 3,3 mlO<sub>2</sub>xkg<sup>-1</sup>. Na natação, existem trabalhos utilizando três valores diferentes: 2,7 mlO<sub>2</sub>xKg<sup>-1</sup>, 3 mlO<sub>2</sub>xKg<sup>-1</sup> e 3,3 mlO<sub>2</sub>xKg<sup>-1</sup> (KALVA-FILHO *et al.*, 2015; FIGUEIREDO *et al.*, 2011; ZAMPARO *et al.*, 2000).

O débito de O<sub>2</sub> alático tem se mostrado uma medida confiável de contribuição aláctica (ROBERTS; MORTON 1978; SAWKA *et al.*, 1980), uma vez que o componente rápido da curva de recuperação do  $\dot{V}O_2$  tem sido relacionado ao tempo de ressíntese de fosfato em músculo gastrocnêmio canino (PIIPER; SPILLER, 1970) e a taxa de ressíntese da PCr no músculo quadriceps em humanos (HULTMAN *et al.*, 1967). Para calcular o valor da contribuição alática, é preciso ajustar a cinética da curva de recuperação do  $\dot{V}O_2$  por uma equação bi-exponencial ou mono-exponencial e, a partir da multiplicação da amplitude da fase rápida pela constante de tempo da fase rápida, obtém-se o valor de alático (GUIDETTI *et al.*, 2008; SCHEUERMANN *et al.*, 2001; OZYENER *et al.*, 2001).

Em relação à contribuição láctica, a literatura mostra divergências (GREEN; DAWSON, 1993). Enquanto trabalhos mostram que o lactato pode representar contribuição anaeróbia (DI PRAMPERO, 1981; LACOUR *et al.*, 1990; MERO, 1988; CAMUS; THYS, 1991), outros questionam seus valores (FOXDAL *et al.*, 1990; BELCASTRO; BONEN, 1975; JACOBS, 1987; KOZIRIS; MONTGOMERY, 1991) , pois muitos fatores podem influenciar os valores do lactato, como, por exemplo, lugar de coleta, momento da coleta, exercício prévio, além do valor sanguíneo não representar o valor intramuscular.

Quanto a sua validade, estudos comparando o método AOD e débito de oxigênio alático e láctico em ciclo ergômetro e tênis de mesa, encontraram alta correlação entre os dois métodos, além de encontrar um alto coeficiente de correlação intra-classe

entre teste e re-teste (ZAGATTO *et al.*, 2016; BERTUZZI *et al.*, 2010). Ambos os trabalhos consideram como limitação do trabalho a relação esquiométrica entre lactato e síntese de ATP.

### 2.3.1 DÉBITO DE O<sub>2</sub> ALÁTICO E LÁCTICO NA NATAÇÃO

Na natação, estudos recentes usaram o método débito de O<sub>2</sub> alático e láctico (SOUSA *et al.*, 2013; KALVA-FILHO *et al.*, 2015; CAMPOS *et al.*, 2017). Kalva-Filho *et al.*, (2015) e Campos *et al.*, (2017) usaram técnica de retro-extrapolação para encontrar o  $\dot{V}O_{2max}$ , já no trabalho de Sousa *et al.* (2013), foi medido respiração-a-respiração, dessa forma, nos dois primeiros estudos os atletas mantiveram a técnica de nado, já no último não é possível por causa do snorkel. Sobre a demanda energética estimada, Campos *et al.* (2017) não encontraram diferença significativa no metabolismo láctico entre as distâncias 50 (25,2 mL O<sub>2</sub> x Kg<sup>-1</sup>), 100 (27,3 mL O<sub>2</sub> x Kg<sup>-1</sup>), 200 (31,8 mL O<sub>2</sub> x Kg<sup>-1</sup>) e 400m (30,0 mL O<sub>2</sub> x Kg<sup>-1</sup>), já para o alático, os 50m apresentou o menor valor (1,4 L), tendo diferença significativa para os 200 (2,32 L) e 400m (1,8 L). Quando somado as duas vias, não observaram diferença entre os 100, 200 e 400m,  $55,12 \pm 12,6$ ;  $65,7 \pm 16,18$  e  $58,80 \pm 16,5$  mL O<sub>2</sub> x kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Quando comparado aos outros trabalhos, o resultado de alático de Campos *et al.* (2017) foi significativamente maior que o observado por Sousa *et al.* (2013) nos 200 m, 2,32 L e 1,55 L, respectivamente, e quando comparado ao trabalho de Kalva-Filho *et al.* (2013), apresentou contribuição anaeróbia total maior, ~4,7 LO<sub>2</sub> e 3,7 LO<sub>2</sub>, respectivamente. As populações analisadas nos três trabalhos foram parecidas, todos eram atletas, isto é, com uma média de idade 18,5 anos no trabalho de Campos *et al.* (2017) e de 20 anos nos outros dois trabalhos, e só Kalva-Filho *et al.* (2015) analisaram homens e mulheres (não compararam os sexos), os outros dois apenas homens.

**Quadro 3** - Contribuição anaeróbia na natação pelos métodos AOD e débito de O<sub>2</sub>.

Estudo	Exercício	Participantes	Metodologia	Intensidade	Duração (s)	CAN	[La <sup>-1</sup> ] (mmol/l)	VO <sub>2max</sub>
Campos <i>et al.</i> 2017	Nado livre	14 (7 homens e 7 mulheres)	Débito aláctico e láctico	50, 100, 200 400 800 m (time trial)	28,7 ±2,6 64,3±4,8 137,2±10,7 292,1±18,8 604,9±45,6	3,4 4,5 4,7 4,8 4,0 L	8,4±0,6 9,1±2,1 10,6±3,3 10±3,4 6,3±2,5 (net)	
Reis <i>et al.</i> , 2010	Nado livre	29 homens T (11= 100 m; 13= 200 m e 5= 400 m)	AOD	100, 200 e 400 m (time trial)	65,3 141,8 307	20,55 ± 7,41 17,53 ± 13,53 11,91 ± 14,72 mlO <sub>2</sub> xkg <sup>-1</sup>	12,8 ± 3,03; 10,01 ± 2,86 7,78 ± 2,98 (net)	59,46 ± 7,00 mlxkg <sup>-1</sup> xmin <sup>-1</sup>
Kalva-Filho <i>et al.</i> , 2015	Nado livre	30 homens T	Débito aláctico e láctico	400 m (time trial)	277	3,7 L	8.5 ± 3.2 (Pico)	
Perrebruyne <i>et al.</i> , 2012	Nado atado	8 homens T	AOD	30 s (all out)	30	34,3 ± 9,0 mlO <sub>2</sub> xkg <sup>-1</sup>		56, 1 ± 3,9 mlxkg <sup>-1</sup> xmin <sup>-1</sup> (84 N)
Ogita <i>et al.</i> , 2003	Canal de nado	6 Homens T	MAOD	205 175 138 107 (% VO <sub>2max</sub> )	15,5 ± 1,4 29,7 ± 1,8 61,3 ± 3,4 152 ± 22,7	1,73 L 2,28 L 2,78 L 3,23 L		3,92 ± 0,16 Lxmin <sup>-1</sup>

Ogita <i>et al.</i> , 1996	Canal de nado	6 atletas (2 homens e 4 mulheres)	MAOD	112,0 ± 5,4 (% $\dot{V}O_{2max}$ )	120-180	2,99 ± 0,52 L 50,2 mlO <sub>2</sub> xkg <sup>-1</sup>		3,23 ± 0,43 Lxmin <sup>-1</sup>
Figueiredo <i>et al.</i> , 2011	Nado livre	10 Homens T	Modelo matemático (alático) e débito láctico	50 m (all out)	32,22 ± 1,62	Láct: 0,57 ± 0,15 L Alát: 1,67 ± 0,12 L	3.47 ± 0,74	
Sousa <i>et al.</i> , 2013	Nado livre	10 Homens T	Débito alático	200 m (all out)		Alático: 1,55 ± 0,13 L Láctico: 2,07 L		
Troup <i>et al.</i> , 1992	Nado livre	64 Homens T (30 baixa performance (BP) e 34 alta performance (AP))	AOD	100 200 400 m (all out)		AP=100: 3 L 200: 3 L; e 400: 3,5 L BP=100: 2,5 L; 200: 2,5 L e 400: 2,5 L	AP= 10,5; 10,2 e 9,5 BP= 7,9; 9,8 e 11,7	

DT= destreinados; T= treinados; ST= atletas de sprint; ET= atleta de endurance.

## 2 JUSTIFICATIVA

A ausência de uma metodologia padrão ouro para a análise da contribuição anaeróbia leva, naturalmente, à necessidade de mais estudos para encontrar uma nova metodologia ou que comprovem a eficácia das já existentes. Somado a isso, existe também o desafio, na natação, de encontrar um protocolo que se aproxime ao máximo da especificidade da competição, uma vez que, com a tecnologia atual, não é possível. Estudos vêm mostrando a confiabilidade e reprodutibilidade do método AOD (MEDBO *et al.* 1988; NHOORDHOF *et al.*, 2010) nos diversos esportes e do débito de oxigênio alático e láctico (ZAGATTO *et al.*, 2016; BERTUZZI *et al.*, 2010), mostrando que são dois métodos válidos para mensurar a CAN.

Porém, na natação, existem poucos trabalhos analisando a CAN e, comparando dois métodos, não existe. O trabalho de Kalva-Filho *et al.* (2015) e Sousa *et al.* (2013) analisaram pelo método do débito de O<sub>2</sub>, o primeiro em condição atada e o segundo em condição livre. Utilizando o método AOD, Reis *et al.* (2010a) analisaram o nado-livre, porém os sujeitos deste trabalho realizaram o teste apenas em uma distância, não sendo possível observar e comparar o metabolismo anaeróbio em diferentes situações (100, 200 e 400 m), e no trabalho de Troup *et al.* (1992), os sujeitos realizaram as 3 distâncias (100, 200 e 400 m), porém a CAN não foi normalizada pela massa magra. A respeito da comparação ente os sexos, nenhum trabalho objetivou esta temática na natação.

Dessa forma, é preciso um estudo que busque um protocolo que analise a CAN e seja mais apropriado à especificidade do esporte, isto é, que analise em situação de nado-livre. Além disso, é preciso normalizar a CAN pela massa magra, justificando a necessidade de se comparar os sexos, uma vez que a composição corporal de homens e mulheres são diferentes.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo Geral:

Estimar o deficit acumulado de oxigênio (AOD) durante os desempenhos do *crawl* em distâncias de 50, 100 e 200 metros entre nadadores homens e mulheres, comparando os quanto aos valores absolutos e normalizados pela massa magra.

#### 3.2 Objetivos Específicos:

- 1) Comparar a demanda anaeróbia (AOD) nas distâncias 50, 100 e 200 metros desempenhadas por homens e mulheres, quando normalizada por unidade de distância e em tempos comuns ao desempenho (isotime).
- 2) Analisar o efeito de índices da massa magra corpórea sobre os valores absolutos e relativos do AOD.
- 3) Determinar a parcela de contribuição alática e láctica durante o desempenho dos 50, 100 e 200 metros desempenhados por homens e mulheres.
- 4) Analisar o efeito dos índices de massa magra corpórea sobre a contribuição alática e láctica durante os desempenhos 50, 100 e 200 metros dos homens e das mulheres.

## 5. MÉTODOS

### 5.1 SUJEITOS

Participaram deste estudo 12 (doze) nadadores homens ( $16,8 \pm 2,2$  anos,  $179,3 \pm 7,0$  cm e  $69,4 \pm 7,8$  kg) e 10 (dez) nadadoras ( $15,5 \pm 3$  anos,  $161,8 \pm 6,2$  cm e  $55,5 \pm 6,8$  kg). Todos os nadadores foram submetidos à análise da composição corporal, testes de desempenho máximo e teste incremental escalonado (TIE). 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 a ~16,5% abaixo do recorde mundial da categoria em piscina curta entre homens e mulheres. Os atletas receberam informações sobre os protocolos e preencheram um termo de consentimento/assentimento livre e esclarecido (ANEXO I, II). Esta pesquisa foi submetida e aprovada pelo Comitê de Ética Local da Universidade, sob CAEE: 54372516.3.0000.5398 (ANEXO III).

### 5.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os sujeitos realizaram duas etapas experimentais: (1) teste de desempenho de nado em 50 metros (50m), 100 metros (100m) e 200 metros (200m), e (2) teste incremental escalonado máximo (TIE), realizado com um intervalo de pelo menos 24 horas dos testes de desempenho de nado. Todos os testes foram realizados em piscina coberta de 25 metros, com temperatura de 28°C e utilizando. 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. 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.

### 5.3 COMPOSIÇÃO CORPORAL TOTAL

O DXA (Hologic®, QDR Discovery Wi®) foi o método utilizado para obter a composição corporal regional e subtotal (não considera a composição da cabeça). O software de composição corporal (Hologic APEX®) forneceu os valores de massa magra (MM), massa gorda (MG), massa total (MT), percentual de gordura (%G), índice muscular corpórea (MM/estatura<sup>2</sup>) e índice muscular apendicular (massa magra apendicular/estatura<sup>2</sup>).

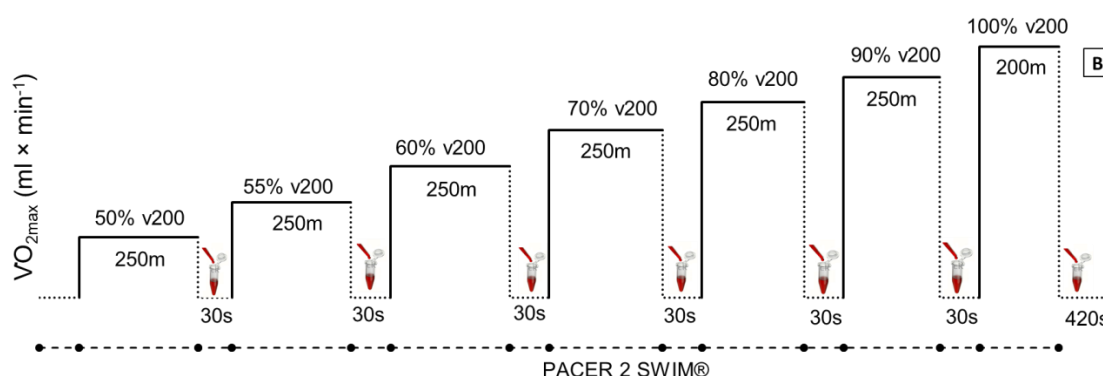
O equipamento foi calibrado seguindo as recomendações de Nana et al. (2012) e todo o procedimento foi operado por um técnico experiente. Os participantes se apresentaram com roupas leves, sem sapatos e sem portar qualquer objeto metálico, ou acessórios junto ao corpo. Os sujeitos permaneceram deitados em decúbito dorsal, com 15 centímetros de distância entre os pés, mão em posição de semi-pronação e a 3 cm do tronco ao longo da lateral do tronco. As linhas foram ajustadas pelo mesmo operador, obedecendo aos pontos anatômicos específicos determinados pelo fabricante.

#### 5.4 TESTE DE DESEMPENHO

Os sujeitos realizaram testes de desempenho máximo em nado *crawl*/livre por 50, 100 e 200 metros. Durante e após (420s) o teste, a permuta gasosa pulmonar foi analisada respiração-a-respiração, empregando o K4b<sup>2</sup> (Cosmed, Itália) e sistema new-AquaTrainer®. Uma amostra de sangue (25 ul) foi recolhida nos instantes 1º, 3º, 5º e 7º minutos após o final do teste para a análise do lactato sanguíneo (YSL, 2300 STAT, Yellow Springs). Os desempenhos foram realizados com intervalos mínimos de 6 horas. Os nados foram realizados sem viradas submersas, com deslize superficial e saída da piscina.

#### 5.5 TESTE INCREMENTAL ESCALONADO (TIE) E DETERMINAÇÃO DO $\dot{V}O_{2max}$

O TIE foi realizado até a exaustão voluntária, em estágios progressivos e descontínuos: 6 x 250 metros e 1 x 200 metros por estágio a 50, 55, 60, 70, 80, 90 e 100% da v200m, respectivamente. 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 5.1).



**Figura 5.1:** Configuração do protocolo do teste incremental escalonado máximo (TIE).

A permuta gasosa pulmonar foi analisada respiração-a-respiração durante o TIE por um analisador de gases portátil (K4b<sup>2</sup>, 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, isto é, antes de cada teste os sistemas de análise do O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> 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  $\dot{V}O_2$ , antes de cada procedimento. Amostras de sangue (25 ul) foram recolhidas nos instantes 1º, 3º, 5º e 7º minutos após o final do TIE para a análise do lactato sanguíneo (YSI, 2300 STAT, Yellow Springs, Estados Unidos).

Os dados de  $\dot{V}O_2$  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 15 segundos de exercício (REIS et al., 2012). O  $\dot{V}O_{2max}$  foi considerado o maior valor médio atingido apesar de outros aumentos na velocidade (platô na relação  $\dot{V}O_2$ -v) (POOLE et al., 2008). A velocidade relacionada ao  $\dot{V}O_{2max}$  foi definida como  $v\dot{V}O_{2max}$  e correspondeu ao estágio do protocolo onde ocorreu o  $\dot{V}O_{2max}$ .

## 5.6 DETERMINAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO AERÓBIA E DEFICIT ACUMULADO DE O<sub>2</sub> (AOD)

A partir da relação  $\dot{V}O_2$ -v obtida durante o TIE (Figura 5.1, Painel A) foi possível estabelecer, por uma função linear, a demanda de oxigênio acumulada ( $\dot{V}O_{2d}$ ) para as distâncias de desempenho: 50m, 100m e 200m. Foram empregados os estágios de intensidade intermediários, excluindo-se o primeiro e último estágio e fixando-se intercepto-y para o  $\dot{V}O_2$  de repouso prévio ao TIE ( $\dot{V}O_{2baseline}$ ) (Figura 5.1, Painel B).

Em seguida, o  $\dot{V}O_2$  foi normalizado ao tempo de desempenho para cada distância e projetada a estimativa de  $\dot{V}O_{2d}$ .

O  $\dot{V}O_2$  respiração-a-respiração obtido durante os 50m, 100m e 200 metros foi alinhado ao tempo, excluiu-se os ruídos e interpolou-se o  $\dot{V}O_2$  segundo-a-segundo. O valor da integral sob curva (Equação 1) forneceu o  $\dot{V}O_2$  acumulado durante o exercício, que foi subtraído do montante de  $\dot{V}O_{2baseline}$  para o mesmo período, que representou o  $\dot{V}O_2$  acumulado ( $\dot{V}O_{2Ac}$ ) e caracterizou a contribuição aeróbia durante cada distância. Conforme recomendação de Medbo et al. (1988), o déficit acumulado de  $O_2$  (AOD) foi calculado pela subtração simples entre demanda acumulada de  $O_2$  ( $\dot{V}O_{2d}$ ) e o consumo acumulado de  $O_2$  ( $\dot{V}O_{2Ac}$ ).

$$\dot{V}O_{2Ac} = \int_{t_0}^{t_{Lim}} \dot{V}O_2 \times dt \quad [1]$$

## 5.7 MODELAGEM DA DEMANDA ENERGÉTICA ANAERÓBIA

A demanda anaeróbia ( $E_{anaer}$ ) foi calculada conforme recomendações de Margaria et al (1933) e Di-Prampo, Ferreti (1999). A  $E_{anaer}$  (equivalentes de  $O_2$ ) representa a participação anaeróbia durante o exercício, sendo composta pelas respostas alática e láctica durante o exercício (Equação 2).

$$E_{anaer} = [(A_1 \times MRT_1) + ((\beta \cdot [la]_{net}) \cdot mc)] \quad [2]$$

onde a “ $A_1 \times MRT_1$ ” constitui a fase rápida de decaimento exponencial da curva de recuperação do  $O_2$ , após cada distância de nado, e estima a contribuição alática, sendo  $MRT_1 = TD_1 + T_1$ . O parâmetro “ $\beta$ ” é o equivalente de  $O_2$  para cada  $1\text{mmol.L}^{-1}$

[La<sup>-</sup>] de variação acima do valor de repouso ( $\sim 3 \text{ mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ ) (DiPRAMPERO, FERRETI, 1999); “[La<sup>-</sup>]net” é a variação da concentração de lactato no sangue, acima do valor de repouso; e “mc” é a massa corporal (kg). O valor da contribuição alática foi corrigido para o montante de O<sub>2</sub> referente ao estoque sanguíneo e muscular (550 mlO<sub>2</sub>), além do retardo na recuperação do sistema cardiorrespiratório (ver descrição para a cinética off- $\dot{V}\text{O}_2$ ), como recomendado por DiPrampéro, Margaria (1968).

A cinética da curva de recuperação do  $\dot{V}\text{O}_2$  foi ajustada por uma equação bi-exponencial, conforme proposto por Scheuermann et al. (2001), (Equação 3):

$$\dot{V}\text{O}_2(t) = \text{VO}_{EE} - A_1 \left[ 1 - e^{-\left(t - \text{TD}_1 / \tau_1\right)} \right] - A_2 \left[ 1 - e^{-\left(t - \text{TD}_2 / \tau_2\right)} \right] \quad [3]$$

onde  $\text{VO}_{EE}$  é a linha de base do  $\dot{V}\text{O}_2$  que representa o valor ao final do exercício (média dos últimos 15s do  $\text{VO}_2$ ,  $\text{EE}\dot{V}\text{O}_2$ ). O decaimento fisiologicamente relevante do  $\dot{V}\text{O}_2$  é a amplitude da fase I ( $A_1$ ), ou componente "rápido" da resposta de recuperação, que deve refletir estritamente a cinética de ressíntese da fosfocreatina utilizada durante o exercício. As constantes temporais de ajuste ( $\tau_1$  e  $\tau_2$ ) e tempo de resposta ( $\text{TD}_1$  e  $\text{TD}_2$ ) descrevem, respectivamente, a velocidade de decaimento de cada fase do débito de O<sub>2</sub> ( $A_1$  e  $A_2$ ). A amplitude da fase II ( $A_2$ ) correspondeu ao componente lento da recuperação do  $\dot{V}\text{O}_2$ . Ao início da recuperação, os primeiros 20s da resposta do  $\text{VO}_2$  foram removidos para a exclusão da fase cardiodinâmica (KROGH, LINDHARD, 1913; OZYENER et al., 2001).

## 5.8 - ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os valores obtidos foram apresentados em torno da média e desvio-padrão e averiguados, quanto à normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk. Os ajustes de  $\text{VO}_2$  vs. velocidade de nado foram realizados com base no método dos quadrados mínimos,

assim como a função bi-exponencial, com TD para a análise da cinética do  $\dot{V}O_2$  na recuperação. O coeficiente de dispersão ( $R^2$ ) foi aplicado para definir o melhor ajuste entre as variáveis. Os valores de AOD e demanda anaeróbia, em homens e mulheres, foram comparados quanto às diferenças entre as distâncias de desempenhos e entre os sexos pelo teste de ANOVA (two way, com Sidak como teste post-hoc).

O nível de associação entre AOD e demanda anaeróbia para cada distância de desempenho foi analisado pelo coeficiente de Pearson ( $r$ ). Medidas de variabilidade e dispersão foram testadas pelos mínimos e máximos, intervalo de confiança (95%IC) e pelo erro-padrão da estimativa (EPE). O poder amostral frente ao coeficiente de correlação linear foi determinado pela Equação 4.

$$Z_{1-\beta} = \sqrt{n-3} \frac{1}{2} \ln \left( \frac{1+r}{1-r} \right) - Z_{1-\alpha/2} \quad [4]$$

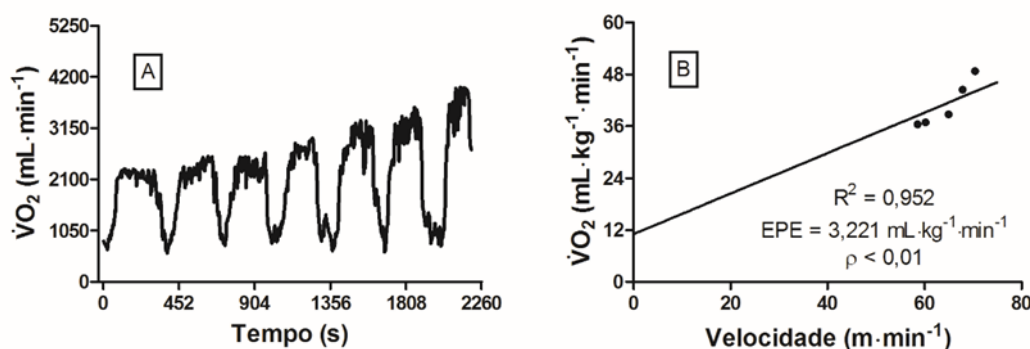
onde  $Z_{1-\beta}$  fornece o coeficiente para a determinação do poder amostral pela distribuição normal bicaudal de seu valor e “ $r$ ” é o coeficiente linear de Pearson entre os variáveis (DÍAZ; FERNÁNDEZ, 2002).

Além do poder amostral, a análise baseada em inferências da magnitude foi aplicada para testar as chances da verdadeira magnitude de um efeito seja substancialmente positivo e negativo, e insignificantes ou triviais (com taxa de probabilidade de 66 para assegurar um efeito decisivamente útil: chances de benefícios > 25% e < 0,5% de chances de prejuízos). As chances foram avaliadas qualitativamente, a partir de valores limítrofes conforme a escala: < 1% = Bastante improvável; 1% - 5% = muito improvável; 5% - 25% = improvável; 25% - 75% = possivelmente; 75% - 95% = provável; 95% - 99,5% = muito provável; e > 100% = bastante provável. Este procedimento assegura que, ao repetir o estudo diversas vezes, a distribuição de amostragem de  $z = 0,5 \ln \left( \frac{1+r}{1-r} \right)$  tenderá aproximadamente à normalidade com variância  $1/(n-3)$  (HOPKINS et al., 2009).

O método “*stepwise*” foi empregado em todos os procedimentos de ajuste linear simples e exponencial. O nível de significância foi estabelecido em  $\rho \leq 0,05$ . As análises estatísticas e matemáticas foram realizadas nos softwares SPSS 18.0<sup>®</sup> e OriginPro 8<sup>®</sup>, respectivamente.

## 6 RESULTADOS

O TIE forneceu valores de  $\dot{V}O_{2max}$  equivalentes a  $59,26 \pm 5,57 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  e a  $55,78 \pm 7,26 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , respectivamente, para homens e mulheres. A velocidade aeróbia máxima ( $v\dot{V}O_{2max}$ ) foi correspondente a  $1,29 \pm 0,07 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  e a  $1,21 \pm 0,06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , respectivamente. A Figura 6.1 (Painel A) fornece um exemplo da resposta do  $\dot{V}O_2$  durante o TIE. A avaliação da composição corporal forneceu o componente de gordura corporal, com valor de  $12,7 \pm 3,6\%$  em homens e  $23,7 \pm 4,3\%$  em mulheres. O componente de massa magra foi equivalente a  $49,4 \pm 16,9 \text{ kg}$  e  $36,7 \pm 5,5\text{kg}$ , respectivamente. O  $\dot{V}O_{2max}$  ponderado pela massa magra correspondeu a  $77,9 \pm 9,0$  e a  $74,5 \pm 12,2 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , respectivamente.



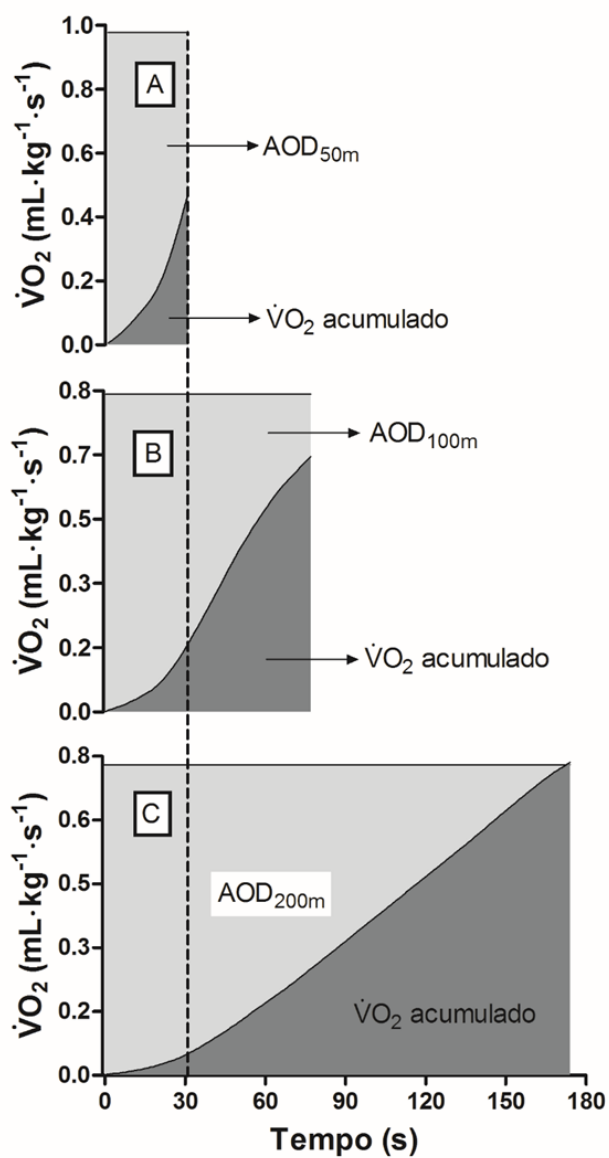
**Figura 6.1:** Perfil de resposta do  $\dot{V}O_2$  respiração-a-respiração durante o TIE (Painel A, N=1) e pelo ajuste linear da resposta em cada patamar de esforço (Painel B, N=1), em nadador do sexo masculino.

Durante o desempenho entre homens nas distâncias de 50, 100 e 200m, a velocidade de nado foi correspondente a  $1,67 \pm 0,16 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  ( $121,0 \pm 7,6\% v\dot{V}O_{2max}$ ), a  $1,46 \pm 0,11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  ( $110,0 \pm 6,2\% v\dot{V}O_{2max}$ ) e a  $1,29 \pm 0,11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  ( $101,0 \pm 7,4\% v\dot{V}O_{2max}$ ), respectivamente. Para mulheres, a velocidade respectiva a cada distância

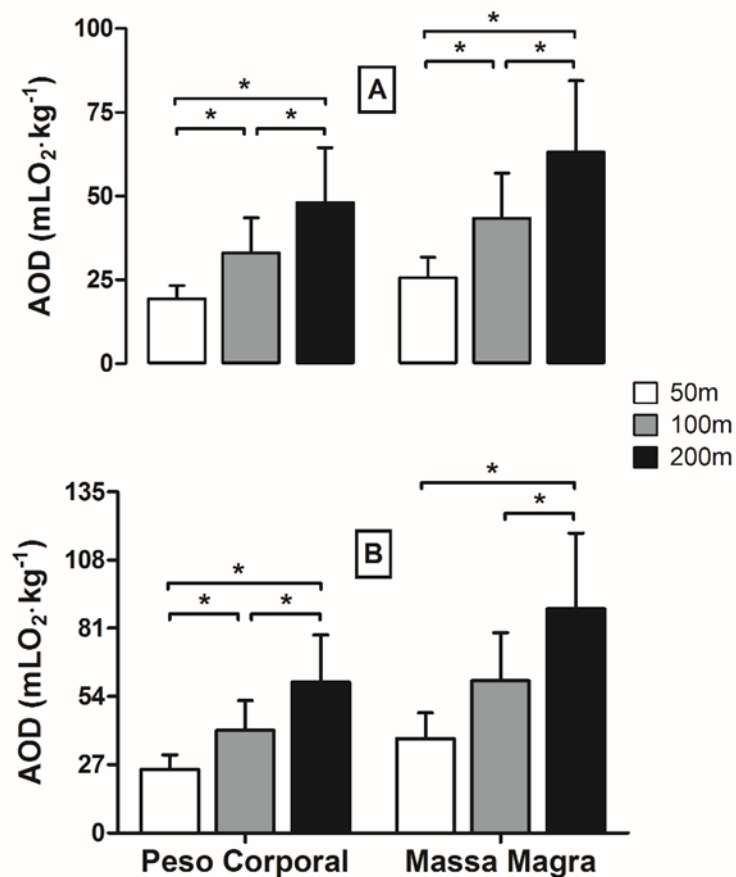


foi  $1,51 \pm 0,07 \text{ m}\times\text{s}^{-1}$  ( $120,4 \pm 14,1\% \dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ ),  $1,40 \pm 0,06 \text{ m}\times\text{s}^{-1}$  ( $114,1 \pm 5,3\% \dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ ) e  $1,21 \pm 0,08 \text{ m}\times\text{s}^{-1}$  ( $99,7 \pm 9,1\% \dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ ).

A participação anaeróbia, avaliada pelo método AOD (Figura 6.1, Painel B e Figura 6.2, Paineis A, B e C) forneceu valores (equivalentes de  $\text{O}_2$ ) entre homens que corresponderam a  $1337,7 \pm 248,6 \text{ mL}\text{O}_2$  em 50m,  $2297,9 \pm 796,8 \text{ mL}\text{O}_2$  em 100m e  $3320,6 \pm 1138,2 \text{ mL}\text{O}_2$  em 200m. Para as mulheres, os valores de AOD foram:  $1374,8 \pm 247,7 \text{ mL}\text{O}_2$  em 50m,  $2203,9 \pm 530,0 \text{ mL}\text{O}_2$  em 100m e  $3272,7 \pm 966,2 \text{ mL}\text{O}_2$  em 200m. Quando ponderado pelo peso corporal, os valores de AOD apresentam tendência semelhante àquela observada em equivalentes absolutos de  $\text{O}_2$ , isto é, tendem a aumentar com a distância de nado. Entre homens, o AOD na distância de 200 m diferiu do AOD em 50 m ( $P<0,001$ ) e em 100 m ( $P=0,009$ ), bem como houve diferença entre 50 m e 100 m ( $P=0,019$ ) (Figura 6.3, Painel A). Entre mulheres, também observou-se diferenças entre os valores de AOD nas distâncias de 200 m e 50 m ( $P<0,001$ ) e em 100 m ( $P=0,010$ ), assim como houve também diferenças entre 50 m e 100 m ( $P=0,045$ ) (Figura 6.3, Painel B). Os valores de dispersão e variabilidade do AOD em cada distância, ponderados pelo peso porporal e pela massa magra, entre os sexos, estão apresentados na Tabela 1. Pode-se observar que a massa magra acentua a tendência de aumento do AOD com a distância de nado, com diferença para homens entre os valore de AOD em 50m vs. 100m ( $P=0,020$ ) e vs. 200m ( $P<0,001$ ), e entre 100m vs. 200m ( $P=0,009$ ) (Figura 6.3, Painel A). Entre mulheres, os valores de AOD nas distâncias de 50, 100 e 200 m, quando ponderado pela massa magra, também manteve a mesma tendência observada pela normalização do peso corporal, ou seja: os valores de AOD diferem nas distâncias de 200 m e 50 m ( $P<0,001$ ) e em 100 m ( $P=0,018$ ), porém não houve diferença nas distâncias de 50 m e 100 m ( $P=0,070$ ) (Figura 6.3, Painel B).



**Figura 6.2:** Perfil do  $O_2$  acumulado e do AOD para as distâncias de 50 metros (Painel A, N=1), 100 metros (Painel B, N=1) e 200 metros (Painel C, N=1), em nadador do sexo masculino.



**Figura 6.3:** Valores de AOD nas distâncias de 50 metros, 100 metros e 200 metros, entre homens (Painel A, N=12) e mulheres (Painel B, N=10), normalizados pelo peso corporal e massa magra corporal total. Detalhes da análise estatística estão no texto.

A normalização dos valores de AOD nas distâncias de 50, 100 e 200 m por equidade de tempo (*isotime*) (Figura 6.4) e por unidade de distância (Figura 6.5) proporcionaram a remoção do efeito da duração de cada desempenho sobre a determinação dos valores de AOD, o que permitiu tornar o efeito da intensidade de nado mais evidente sobre os valores de AOD. Os valores de dispersão e variabilidade do AOD em cada distância, nos isotimes 10 s e 30 s, entre os sexos, estão apresentados na Tabela 2. Entre homens, os valores de AOD para o *isotime* 10 s e 30 s mostraram-se menores em 200 m quando comparados aos 50 m ( $P < 0,001$  em

ambos *isotimes*) e 100m ( $P=0,003$  em ambos *isotimes*), bem como há diferença ao comparar 50m vs. 100m ( $P=0,013$  em ambos *isotimes*) (Figura 6.4, Painel A). Para as mulheres, os valores de AOD aos 10 s e 30 s também são menores em 200 m quando comparados aos 50 m ( $P<0,001$  em ambos *isotimes*) e 100 m ( $P=0,012$  em ambos *isotimes*), assim como entre os valores de AOD aos 10 s e 30 s em 50 m e 100 m ( $P<0,018$  em ambos *isotimes*) (Figura 6.4, Painel B).

**Tabela 1:** Valores de dispersão e variabilidade para a determinação de AOD em 50, 100 e 200 metros, entre homens e mulheres.

		<b>AOD*</b>			
	<b>Sexo</b>	<b>50m</b>	<b>100m</b>	<b>200m</b>	
<b>min-máx</b> ( $\text{mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ )	<i>Homens</i>	14,7-27,3	19,6-52,7	23,9-72,2	
	<i>Mulheres</i>	15,2-34,0	21,9 - 57,6	33,3-91,3	
<b>IC95%</b> ( $\text{mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ )	<i>Homens</i>	16,8-21,9	26,4-39,7	37,3-58,5	
	<i>Mulheres</i>	21,1-29,3	31,9-49,0	46,3-76,0	
<b>EPE</b> ( $\text{mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ )	<i>Homens</i>	1,1	3,0	4,7	
	<i>Mulheres</i>	1,8	3,7	5,9	

		<b>AOD**</b>			
	<b>Sexo</b>	<b>50m</b>	<b>100m</b>	<b>200m</b>	
<b>min-máx</b> ( $\text{mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ )	<i>Homens</i>	19,2-39,2	27,0-65,9	33,0-94,7	
	<i>Mulheres</i>	23,5-54,0	26,5-91,3	40,2-142,6	
<b>IC95%</b> ( $\text{mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ )	<i>Homens</i>	21,7-29,5	34,7-51,9	49,5-76,6	
	<i>Mulheres</i>	30,2-44,7	46,6-73,8	67,2-110,1	
<b>EPE</b> ( $\text{mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ )	<i>Homens</i>	1,8	3,9	6,2	
	<i>Mulheres</i>	3,2	6,0	9,4	

\*valores relativos ao peso corporal; \*\* Valores relativos à massa magra corporal.

As diferenças entre homens e mulheres, não são significativas ao comparar parciais comuns de tempo em 10s (50m: (H) 6,4 e (M) 7,6  $\text{mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ ,  $P=0,456$ ; 100m: (H) 4,9 e (M) 5,7  $\text{mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ ,  $P=0,926$ ; 200m: (H) 3,0 e (M) 3,6  $\text{mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ ,  $P=0,996$ ) e em 30s (50m: (H) 19,3 e (M) 23,0  $\text{mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ ,  $P=0,457$ ; 100m: (H) 14,6 e (M) 17,1  $\text{mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ ,  $P=0,926$ ; 200m: (H) 9,0 e (M) 10,9  $\text{mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ ,  $P=0,995$ ) (Figura 6.4, Painéis A e B).

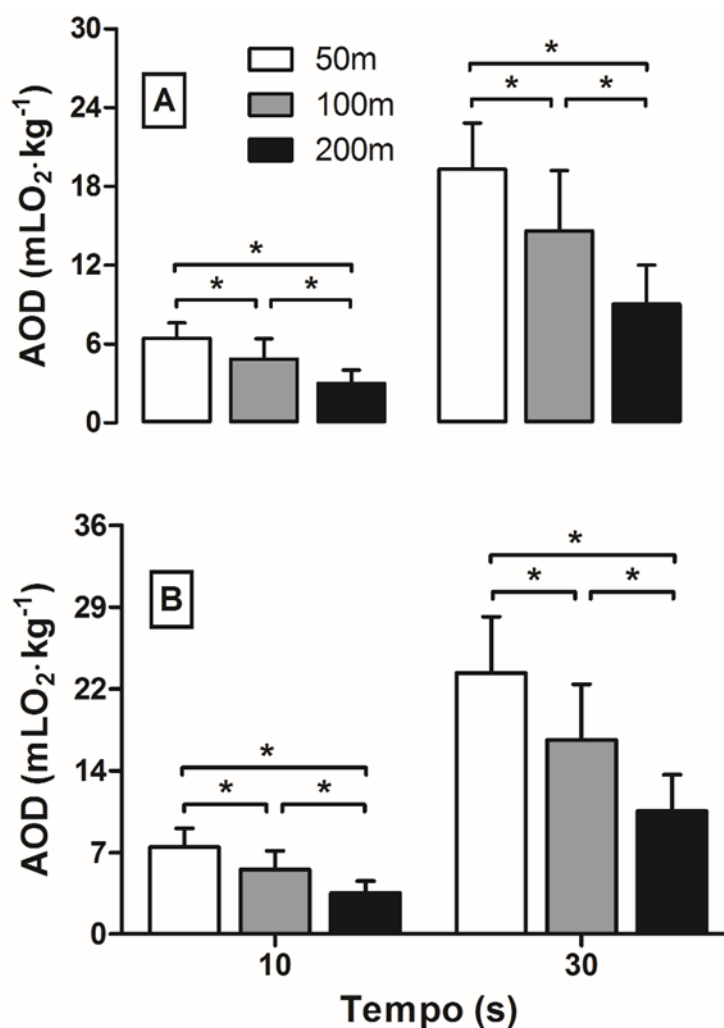
**Tabela 2:** Valores de dispersão e variabilidade para a determinação de AOD em 50, 100 e 200 metros, nos *isotimes* de 10 s e 30 s, entre homens e mulheres.

10s	AOD*		50m	100m	200m
	Sexo				
min-máx ( $\text{mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ )	Homens		5,0-8,5	2,8-7,2	1,5-4,7
	Mulheres		4,9-10,3	3,2-8,0	2,1-5,1
IC95% ( $\text{mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ )	Homens		5,7-7,2	3,9-5,8	2,4-3,6
	Mulheres		6,5-8,8	4,5-6,9	2,8-4,4
EPE ( $\text{mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ )	Homens		0,3	0,4	0,3
	Mulheres		0,5	0,5	0,3

30s	AOD**		50m	100m	200m
	Sexo				
min-máx ( $\text{mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ )	Homens		14,9-25,6	8,4-21,7	4,4-14,1
	Mulheres		14,7-30,9	9,8-23,9	6,2-15,3
IC95% ( $\text{mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ )	Homens		17,1-21,5	11,7-17,5	7,1-10,9
	Mulheres		19,4-26,5	13,5-20,6	8,6-13,1
EPE ( $\text{mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ )	Homens		1,0	1,3	0,8
	Mulheres		1,6	1,5	1,0

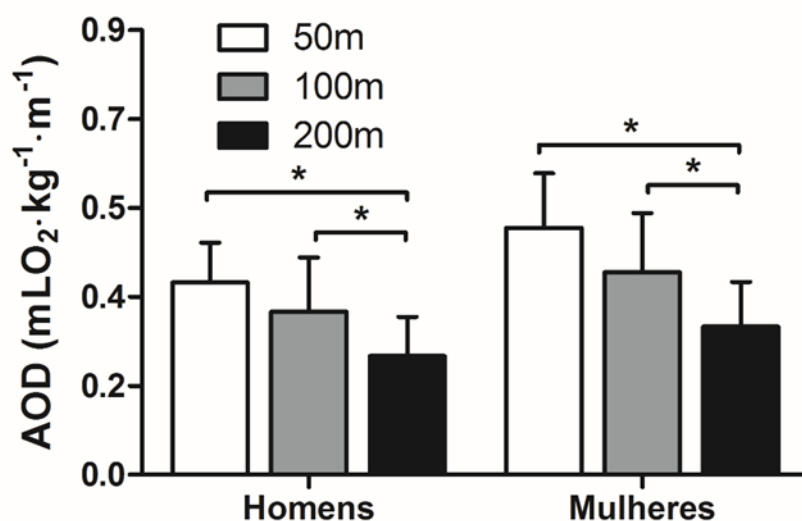
\*valores relativos ao *isotime* 10 s; \*\* Valores relativos ao *isotime* 30 s.



**Figura 6.4:** Comparação entre valores de AOD em função dos tempos comuns (*isotime*) aos desempenhos nas distâncias de 50m, 100m e 200m, entre homens (Painel A, N=12) e mulheres (Painel B, N=10). Detalhes da análise estatística estão no texto.

Essa influência da intensidade de nado também é evidenciada ao comparar os valores de AOD por unidade de distância. Mas as diferenças foram significativas, tanto para homens como mulheres, apenas ao comparar 50m vs. 200m (homens:  $P=0,001$  e mulheres  $P<0,001$ ) e 100 vs. 200m (homens:  $P=0,050$  e mulheres  $P=0,035$ ) (Figura 6.5, Painel B). Os valores de dispersão e variabilidade do AOD em cada distância e

por unidade de distância, entre os sexos, estão apresentados na Tabela 3. As diferenças entre homens e mulheres não foram significativas ao compará-los em 50m (H: 0,39 e M: 0,52  $\text{mLO}_2 \times \text{kg}^{-1} \times \text{m}^{-1}$ ,  $P=0,122$ ), em 100m (H: 0,33 e M: 0,43  $\text{mLO}_2 \times \text{kg}^{-1} \times \text{m}^{-1}$ ,  $P=0,741$ ) e em 200m (H: 0,24 e M: 0,31  $\text{mLO}_2 \times \text{kg}^{-1} \times \text{m}^{-1}$ ,  $P=0,948$ ).



**Figura 6.5:** Comparação entre valores de AOD em função da distância (metro) nos desempenhos de 50 m, 100 m e 200 m, entre homens (N=12) e mulheres (N=10). Detalhes da análise estatística estão no texto.

**Tabela 3:** Valores de dispersão e variabilidade para a determinação de AOD em 50, 100 e 200 metros, por unidade de distância, entre homens e mulheres.

		AOD		
		50m	100m	200m
min-máx ( $\text{mLO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ )	Homens	0,29-0,55	0,20-0,53	0,12-0,36
	Mulheres	0,30-0,68	0,30-0,58	0,19-0,42
IC95% ( $\text{mLO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ )	Homens	0,34-0,44	0,26-0,40	0,19-0,29
	Mulheres	0,44-0,60	0,36-0,51	0,26-0,37
EPE ( $\text{mLO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ )	Homens	0,02	0,03	0,02
	Mulheres	0,03	0,03	0,02

Ao estimar a produção dos metabolismos de energia anaeróbia, observou-se que:

- a) a produção de energia aláctica nos desempenhos de 50m, 100m e 200m apresentaram valores para homens ( $33,06 \pm 10,1 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ ,  $32,07 \pm 12,1 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$  e  $32,5 \pm 11,3 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ , respectivamente) e mulheres ( $17,5 \pm 7,4 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ ,  $18,8 \pm 8,4 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$  e  $17,01 \pm 10,06 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ , respectivamente), que não apresentam diferenças ao comparar 50m vs. 100m (homens:  $P=0,992$  e mulheres  $P=0,953$ ), 50m vs. 200m (homens:  $P=0,998$  e mulheres  $P=1,000$ ) e 100m vs. 200m (homens:  $P=0,999$  e mulheres  $P=0,956$ ), e assim evidenciam uma ativação máxima que ocorre no desempenho de 50m; e
- b) a produção de energia láctica nos desempenhos de 50m, 100m e 200m apresentaram valores para homens ( $21,8 \pm 6,47 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ ,  $27,2 \pm 5,05 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$  e  $24,1 \pm 6,6 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ , respectivamente) e mulheres ( $22,4 \pm 4,3 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ ,  $29,4 \pm 3,4 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$  e  $23,5 \pm 8,9 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ , respectivamente), que não apresentam diferenças ao comparar 50m vs. 200m (homens:  $P=0,745$  e mulheres  $P=0,996$ ) e 100m vs. 200m (homens:  $P=0,514$  e mulheres  $P=0,112$ ), mas entre 50 m vs. 100 m homens não apresentaram diferenças ( $P=0,104$ ), enquanto as mulheres apresentaram ( $P=0,045$ ). Assim, homens evidenciam uma ativação glicolítica máxima que ocorre no desempenho de 50m, mas entre mulheres essa ativação é máxima em 100m.

Por sua vez, a produção energética aeróbia nos desempenhos de 50m, 100m e 200m apresentaram valores para homens ( $9,39 \pm 2,35 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ ,  $27,28 \pm 8,81 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$  e  $82,13 \pm 10,11 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ , respectivamente) e mulheres ( $5,96 \pm 1,79 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ ,  $23,39 \pm 6,39 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$  e  $76,24 \pm 15,58 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ , respectivamente),



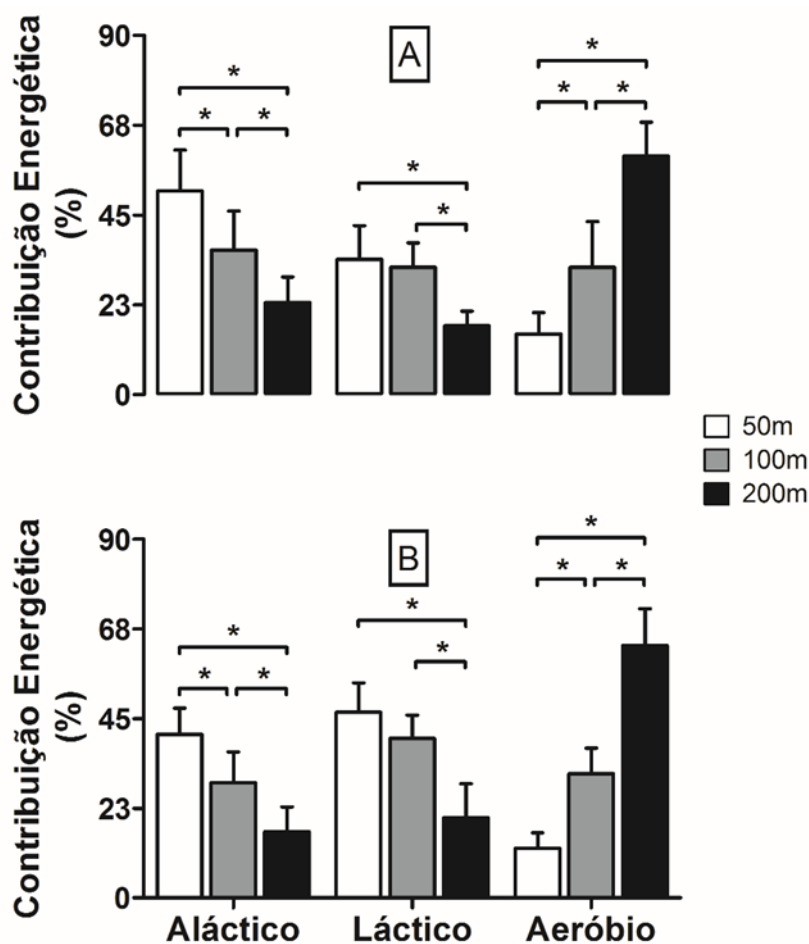
que apresentam diferenças ao comparar 50m vs. 100m (homens:  $P<0,001$  e mulheres  $P<0,001$ ), 50m vs. 200m (homens:  $P<0,001$  e mulheres  $P<0,001$ ) e 100m vs. 200m (homens:  $P<0,001$  e mulheres  $P<0,001$ ), e assim evidenciam uma ativação máxima que ocorre no desempenho de 200 m.

Ao comparar homens e mulheres, quanto às diferenças na produção energética, foram observados valores distintos apenas para a produção aláctica em 50m ( $P=0,039$ ), mas não em 100m e 200m ( $P=0,211$  e  $P<0,062$ , respectivamente), tampouco para produção láctica em 50 m, 100 m e 200 m ( $P=0,070$ ,  $P=1,000$  e  $P=1,000$ , respectivamente) e aeróbia ( $P=0,999$ ,  $P=0,996$  e  $P=0,859$ , respectivamente).

Quanto à parcela de contribuição energética de cada metabolismo nos desempenhos de 50m, 100m, e 200m (Figura 6.6), observou-se que:

- a) o perfil de contribuição aláctica nos desempenhos de 50m, 100m e 200m tende a diminuir com a distância de nado, apresentando valores para homens que diferem ao comparar 50m vs. 100m ( $P<0,01$ ), 50m vs. 200m ( $P<0,01$ ) e 100m vs. 200m ( $P<0,01$ ), mas para as mulheres essa tendência foi significativa apenas entre 50m vs. 200m ( $P<0,01$ );
- b) o perfil de contribuição láctica nos desempenhos de 50m, 100m e 200m também tende a diminuir com a distância de nado, apresentando valores para homens e mulheres que diferem apenas ao comparar 50 m vs. 200 m (homens:  $P<0,01$  e mulheres:  $P<0,01$ ) e 100 m vs. 200 m (homens:  $P<0,01$  e mulheres:  $P<0,01$ ); e
- c) o perfil de contribuição aeróbia nos desempenhos de 50m, 100m e 200m tende a aumentar com a distância de nado, apresentando valores para homens e mulheres que diferem ao comparar 50m vs. 100m (homens:  $P<0,01$  e mulheres:

$P < 0,01$ ), 50m vs. 200m (homens:  $P < 0,01$  e mulheres:  $P < 0,01$ ) e 100m vs. 200m (homens:  $P < 0,01$  e mulheres:  $P < 0,01$ ).



**Figura 6.6:** Perfil da contribuição energética nas distâncias de 50m, 100m e 200m, entre homens (Painel A, N=12) e mulheres (Painel B, N=10). Detalhes da análise estatística estão no texto.

Entre homens, a contribuição aláctica durante o desempenho de 50 m é dominante em relação a contribuição láctica ( $P < 0,01$ ) e aeróbia ( $P < 0,01$ ), sendo a láctica superior à aeróbia ( $P < 0,01$ ). Entre mulheres, a contribuição láctica durante o desempenho de 50 m apresenta um predomínio maior, mas não significativo ( $P = 0,164$ ), porém ambas diferem da contribuição ( $P < 0,01$  para ambos metabolismos

anaeróbios). Durante o desempenho de 100 m, não houve dominância de contribuição entre os metabolismos para os homens (aláctica vs. láctica:  $P=0,819$ ; aláctica vs. aeróbia:  $P=0,793$ ; e láctica vs. aeróbia:  $P=1,000$ ). Para as mulheres, em 100 m, apenas a contribuição láctica é dominante sobre a aláctica ( $P<0,01$ ) e aeróbia ( $P<0,05$ ), não sendo possível diferenciar as contribuições aláctica vs aeróbia ( $P=1,000$ ). Para o desempenho de 200m, há dominância, tanto em homens como mulheres, da contribuição aeróbia sobre a aláctica ( $P<0,01$  e  $P<0,01$ , respectivamente) e láctica ( $P<0,01$  e  $P<0,01$ , respectivamente). Mas não se observou, em 200 m, diferenças entre a contribuição aláctica e láctica, tanto em homens ( $P=0,109$ ) como mulheres ( $P=1,000$ ).

A massa magra ( $45,64 \pm 10,53$  kg) e os índices de massa magra corpórea ( $17,07 \pm 1,82$  kg $\times$ m<sup>2</sup>) e massa apendicular ( $7,81 \pm 1,25$  kg $\times$ m<sup>2</sup>) mostraram-se relacionados apenas aos valores de AOD para o desempenho de 50 m, quando normalizado pelo peso corporal (respectivamente:  $r = -0,677$ ,  $P=0,001$ ;  $r = -0,650$ ,  $P=0,001$ ; e  $r = -0,646$ ,  $P=0,001$ , com poder amostral = 93,9%, 92,2%, 91,8%), por unidade de distância (respectivamente:  $r = -0,671$ ,  $P=0,001$ ;  $r = -0,648$ ,  $P=0,001$ ; e  $r = -0,642$ ,  $P=0,001$ , com poder amostral = 93,9%, 92,2%, 91,8%), pelo isotime de 10s (respectivamente:  $r = -0,561$ ,  $P=0,007$ ;  $r = -0,602$ ,  $P=0,003$ ; e  $r = -0,603$ ,  $P=0,003$ , com poder amostral = 79,0%, 85,9%, 86,0%), e pelo isotime de 30s (respectivamente:  $r = -0,561$ ,  $P=0,007$ ;  $r = -0,602$ ,  $P=0,003$ ; e  $r = -0,603$ ,  $P=0,003$ , com poder amostral = 79,0%, 85,9%, 86,0%). Essas tendências negativas de associações entre AOD e a muscularidade corpórea apresentam um efeito mínimo de 99%, considerando bastante provável as chances de ocorrer em uma outra população com essas mesmas características. Além disso, torna evidente que a redução da diferença entre a

demanda acumulada de  $O_2$  e o consumo acumulado de  $O_2$  pode ser devido tanto à redução da demanda como ao aumento do consumo de  $O_2$ .

Em relação à produção energética, a massa magra corpórea associou-se significativamente apenas com a produção de energia aláctica em 50m ( $r = 0,532$ ,  $P=0,01$ ) com poder amostral de 73,4%, não sendo significativas as correlações em 100m ( $r = 0,376$ ,  $P= 0,085$ ) e em 200m ( $r = 0,380$ ,  $P= 0,081$ ). O índice de massa apendicular também se associou à produção energética aláctica, mas somente no desempenho de 50m ( $r = 0,464$ ,  $P=0,030$ ), com poder amostral de 59,1%. Essas correlações atingiram um efeito mínimo de 96%, sendo, portanto, bastante prováveis de ocorrerem novamente. Quanto à contribuição anaeróbia láctica não foram observadas correlações significativas com os parâmetros de massa corpórea nas distâncias analisadas. Porém, quanto à contribuição energética aeróbia, tanto a massa magra como o índice de massa apendicular apresentaram correlações, mas apenas durante o desempenho de 50m ( $r = 0,503$ ,  $P=0,017$ ; e  $r = 0,500$ ,  $P= 0,018$ ), com poder amostral de 67,4% e 66,8% e efeito mínimo de 97,5%, que também torna essas associações bastante prováveis de ocorrerem em outra população. Estas associações positivas entre os parâmetros de massa corpórea e a produção energética aláctica e aeróbia confirmam a expectativa de um efeito da quantidade de massa muscular sobre o custo de  $O_2$ , tanto durante como após, o desempenho de curta distância. Todavia, a contribuição energética anaeróbia também se associou aos parâmetros de massa muscular. Durante o desempenho de 50m foram observadas correlações com a massa magra ( $r = 0,571$ ;  $P=0,006$ , poder amostral: 80,8%), índice de massa magra corpórea ( $r = 0,441$ ;  $P=0,040$ , poder amostral = 54,1%) e índice de massa apendicular ( $r = 0,464$ ;  $P=0,016$ , poder amostral = 59,1%), com chances bastante prováveis de 94,0%. Para os desempenhos de 100m e 200m as correlações

não se mostraram significativas com a massa magra, índice de massa magra corpórea e índice de massa apendicular. Essas associações apontam que a massa muscular corpórea exerce efeito majoritariamente sobre as condições de esforço com demanda anaeróbia suprida predominantemente pelo metabolismo anaeróbio aláctico.

As correlações com os índices de massa magra e massa apendicular não sofrem a influência das diferenças de massa magra entre os sexos, pois são ponderadas pelo tamanho corporal (estatura), enquanto que as correlações com massa magra indicam uma tendência de associação determinada pelas diferenças entre os sexos.

## 7. DISCUSSÃO

### Déficit acumulado de oxigênio em desempenhos supramáximos entre homens e mulheres

Os resultados do presente estudo evidenciam a dependência temporal do AOD ao observar sua tendência de aumento, com a variação da distância de desempenho de nado. Desta forma, essa tendência do AOD reflete uma demanda anaeróbia crescente entre os eventos de 50, 100 e 200 metros na natação, corroborando os resultados de Troup et al. (1992) e Ogita et al. (2003) que também observaram essa tendência de aumento da demanda anaeróbia ao estimar o AOD, respectivamente, em nado-livre (em intensidades correspondentes à 140, 127 e 108%  $\dot{V}O_{2max}$ ) e em “flume” (em esforço máximo correspondentes a 15, 30, 60 e 120 segundos). O presente estudo também verificou que o AOD tende ao valor máximo limitado a uma taxa metabólica  $\sim 110\% \dot{V}O_{2max}$ , como observado nos resultados de Troup et al. (1992) ( $\sim 108\% \dot{V}O_{2max}$ ) e Ogita et al. (2003) ( $\sim 105-110\% \dot{V}O_{2max}$ ). Todavia, esse limite máximo é apenas uma dedução face à faixa de velocidade de nado ( $\sim 100$  a  $110\% v\dot{V}O_{2max}$ ) em que foi observado, que é coerente com tempo-limite ( $\sim 120-180$  segundos) e com a distância ( $\sim 200$  metros) em que a demanda anaeróbia é, provavelmente, exigida em seu máximo (Ogita et al. 1996 e 2003), mas exclui a possibilidade de aumento do AOD em distâncias mais longas, como 400 metros, conforme indicações de Troup et al. (1992), pelo fato da demanda energética total (i.e.: demanda acumulada de  $O_2$ ) ser, provavelmente, inferior à taxa oxidativa máxima (i.e.:  $>100\% \dot{V}O_{2max}$ ), bem como pela constatação de Medbo et al. (1988) sobre a estabilização do AOD em esforços  $>2$  min. e sobre o erro de estimativa que é baixo em esforços  $<3$  min.

Essa tendência crescente do AOD, entre as distâncias, foi constatada tanto entre mulheres quanto entre homens, sendo, portanto, significativo o perfil AOD-200m  $>$  AOD-100m  $>$  AOD-50m. Apesar desta semelhança entre sexos, quanto ao perfil de aumento dos valores de AOD nas distâncias, a demanda anaeróbia (AOD) é maior entre as mulheres (50m:  $26,2 \pm 5,6$  ml $O_2$  $\times$ kg $^{-1}$ ; 100m:  $43,3 \pm 10,2$  ml $O_2$  $\times$ kg $^{-1}$ ; 200m:  $62,8 \pm 15,4$  ml $O_2$  $\times$ kg $^{-1}$ ) quando comparadas aos homens (50m:  $19,7 \pm 3,9$  ml $O_2$  $\times$ kg $^{-1}$ ;

100m:  $33,6 \pm 10,6 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ ; 200m:  $48,3 \pm 15,7 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ ). Todavia, essas diferenças, quando analisada pela relação percentual entre Déficit/Demanda Acumulada de  $\text{O}_2$ , mostram-se significativas em 50m (H~63%; M~75%,  $P=0,05$ ), mas não em 100m (H~52%; M~61%,  $P=0,32$ ) e 200m (H~35%; M~43%,  $P=0,47$ ). Essas diferenças nos valores de AOD ainda não haviam sido observadas, mas apenas apresentadas como tendências, tanto ao comparar os valores de AOD em 30s (~2,3  $\text{LO}_2$  ou ~67%) vs. 60s (~2,8  $\text{LO}_2$  ou ~50%) vs. 120-180s (~3,2  $\text{LO}_2$  ou ~30%) somente entre homens (OGITA et al., 2003), como ao comparar homens e mulheres em esforço máximos por 2-3 minutos, cujos valores foram ~53 - 61  $\text{mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$  e ~43 - 53  $\text{mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ , respectivamente (OGITA et al., 1996).

Porém, uma tendência inversa foi observada por Reis et al (2010a), com a redução dos valores de AOD diante do aumento da distância de nado entre 100m ( $20,55 \pm 7,41 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ ) vs. 200m ( $17,53 \pm 13,53 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ ) vs. 400m ( $11,91 \pm 14,72 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ ). Apesar destes autores terem estimados o AOD por um procedimento similar àquele utilizado no presente estudo, seus valores de AOD são inferiores aos valores apresentados em 100m e 200m pelo presente estudo. Uma possível explicação pode estar na relação Demanda Acumulada  $\text{O}_2/\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ , que no estudo de Reis et al. (2010a) tende a estar abaixo de 100%, principalmente entre os nadadores que realizaram o desempenho de 200m ( $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}} = 63,8 \pm 5,4 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ ), uma vez que os autores reportaram uma demanda média para os três esforços de  $\sim 58 \pm 9 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$ . Enquanto que no presente estudo os esforços em 50m (M: 135%; H: 124%  $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ ), 100m (M: 129%; H: 116%  $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ ) e 200m (M: 117%; H: 106%  $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ ) foram realizados em intensidade supramáximas, cujos percentuais alinham-se à demanda acumulada de  $\text{O}_2$  previstas em esforços de 1 a 3 minutos (135 a 105%  $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ ) por Ogita et al. (2003), bem como alinham-se também à demanda de 140%, 127% e 108%  $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$  previstas para as distâncias de 100m, 200m e 400m (TROUP et al., 1992). Essa variação da contribuição anaeróbia pelo AOD entre os sexos nas distâncias de 50m, 100m e 200m ainda não havia sido descrita, portanto observa-se que há coexistência de dois fatores intervenientes na magnitude do AOD entre nadadores de sexo diferente: tempo de desempenho e intensidade do esforço.

Assim, nadadores do sexo feminino apresentam maior AOD em desempenhos supramáximos de nado devido à maior duração do desempenho em 50m (+9%), 100m

(+4%) e 200m (+3%), quando comparados aos seus pares masculinos, bem como pelas diferenças no requerimento energético pela demanda acumulada de O<sub>2</sub> em 50m (+8%), 100m (+7%) e 200m (+10%). Todavia, o AOD em volume absoluto de O<sub>2</sub> (LO<sub>2</sub>) não difere entre os sexos para cada distância, mas sim ao ponderar pelo peso corporal ou peso do tecido magro corporal. Isso significa que as diferenças de massa muscular entre homens e mulheres não limita a produção energética anaeróbia, mas afeta a taxa oxidativa máxima e, por isso, limita a contribuição aeróbia em cada intensidade de nado, tornando maior a diferença entre Demanda Acumulada O<sub>2</sub> e Consumo Acumulado de O<sub>2</sub>. Essas diferenças entre sexos, quanto à demanda anaeróbia de nado pelo AOD, não encontram respaldo na literatura devido à ausência de estudos abordando a contribuição energética por esse método.

Na corrida e no ciclismo, Hill e Vingren (2014) verificaram que há diferenças na capacidade anaeróbia, analisada pelo MAOD, entre homens (N=104) e mulheres (N=119) tanto na corrida (H:  $80 \pm 12$  mlO<sub>2</sub>×kg<sup>-1</sup>; M:  $60 \pm 12$  mlO<sub>2</sub>×kg<sup>-1</sup>) como no ciclismo (H:  $65 \pm 10$  mlO<sub>2</sub>×kg<sup>-1</sup>; M:  $49 \pm 07$  mlO<sub>2</sub>×kg<sup>-1</sup>). Para esses autores, essa diferença foi considerada “verdadeiramente” metabólica, uma vez que as diferenças de massa muscular ativa seriam responsáveis por apenas 4% da diferença de 32% no MAOD entre os sexos. Entretanto, Weber et al. (2006) verificaram que a potência anaeróbia pelo teste de Wingate (30s “*all-out*”) em ergômetros de pernas e braços apenas difere entre os sexos na potência de membros superiores, salientando que a normalização pelo peso corporal, ou massa magra, tende a não remover as diferenças entre os sexos em regiões com distribuição de massa magra muito distintas. No presente estudo, as diferenças de peso do corpo e do tecido magro entre os sexos foram determinantes para tornar maior os valores de AOD nos 50m, 100m e 200m em mulheres, pois não há diferenças no AOD em valores absolutos para estas distâncias.

Além das massas corporais e tecido magro, o fator tempo de desempenho parece ser também um determinante para o valor total, uma vez que a análise sem o efeito do tempo tornou o perfil AOD decrescente entre as distâncias (AOD50m > AOD100m > AOD200m,  $P < 0,01$  para todas as comparações) e sem diferenças entre homens e mulheres, ao comparar parciais comuns de tempo em 10s (mlO<sub>2</sub>×kg<sup>-1</sup>×10s) e em 30s (mlO<sub>2</sub>×kg<sup>-1</sup>×30s) (Figura 6.4, Painéis A e B), com (H) < (M) 18% em 50m, (H) < (M) 19% em 100m e (H) < (M) 21% em 200m, em ambos “*isotimes*”. Ao ponderar



pela distância de nado, o AOD ( $\text{mlO}_2 \times \text{kg}^{-1} \times \text{m}^{-1}$ ) também evidenciou tendência decrescente (que foi significativa apenas ao comparar 50m e 100m com 200m), bem como redução da diferença entre sexos (com exceção dos 50 m que manteve a diferença), com (H) < (M) 25% em 50m, (H) < (M) 22% em 100m e (H) < (M) 23% em 200m (Figura 6.5). Uma justificativa plausível para essa tendência das mulheres em apresentar maiores valores de AOD em relação aos homens, de forma significativa ou não, mesmo ao remover o efeito das diferenças de peso corporal, massa muscular e tempo de desempenho, pode estar no fato que uma maior massa muscular em membros superiores propicia menor restrição periférica e maior extração muscular de  $\text{O}_2$ , porém não se pode descartar o efeito da diferença de economia (ou custo de transporte, i.e. quantidade de energia requerida para mover o corpo por unidade de distância – ROBERTS et al., 1998) entre os sexos. Ambos os fatores favoreceriam um menor valor de AOD entre homens, haja vista que o menor custo de  $\text{O}_2$  durante o teste incremental projetaria uma menor Demanda Acumulado de  $\text{O}_2$  e, por outro lado, menor restrição à perfusão e difusão de  $\text{O}_2$  tornaria maior o Consumo Acumulado de  $\text{O}_2$ .

De fato, há uma diferença de 6,5% no custo de nado (ou coeficiente angular da reta de regressão  $\dot{V}\text{O}_2$  vs. velocidade) entre homens ( $0,50 \pm 0,09 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1} \times \text{m}^{-1}$ ) e mulheres ( $0,54 \pm 0,12 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1} \times \text{m}^{-1}$ ), assim como há uma maior variação do custo entre mulheres (23%) se comparado à variação entre homens (18%). Para Medbo et al. (1988) variações de  $0,0074 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1} \times \text{m}^{-1}$  no coeficiente angular (ou custo) da corrida proporcionam diferenças de  $\sim 2 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$  que são independentes da intensidade do esforço, mas proporcionais à duração. No presente estudo, a diferença média entre homens e mulheres é de  $0,04 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1} \times \text{m}^{-1}$  que proporcionaria uma expectativa de diferença no AOD de  $\sim 9,5 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$  entre homens e mulheres, conforme o aumento da distância de nado. No presente estudo, essa diferença foi de  $6,3 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$  (em 50m),  $8,2 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$  (em 100m) e  $12,7 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1}$  (em 200m). Desta forma, o custo de nado é um fator determinante sobre a variação da demanda energética anaeróbia entre homens e mulheres, acentuando as diferenças na taxa de desenvolvimento do déficit quanto maior a intensidade absoluta do esforço (i.e.: velocidade de nado vs. distância de desempenho) e independentemente das dissimilaridades entre os sexos na quantidade de massa muscular metabolicamente ativa. Esse maior custo em mulheres também auxilia na compreensão das diferenças quanto à demanda energética total para nadar cada distância de nado (i.e.  $\% \dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$

em 50m, 100m e 200m, M > H), uma vez que a intensidade relativa do esforço nestas distâncias é similar entre homens e mulheres (i.e.: %v $\dot{V}O_{2max}$  em 50m, 100m e 200m, M ~ H).

### **Perfis da demanda metabólica em desempenhos supramáximos entre homens e mulheres**

Na natação, esforços em condições exaustivas (supramáximas) demandam aumento da potência muscular para gerar/sustentar elevada propulsão, a qual pode ser atendida por um maior aporte energético anaeróbio, ou maior eficiência mecânica (PENDERGAST *et al.*, 2003). Ao papel da eficiência mecânica geral de nado é atribuído não apenas um melhor aproveitamento na conversão da energia química em potência mecânica gerada pelo músculo, como também a parcela desta potência que se destina à propulsão (TOUSSAINT *et al.*, 2006), tornando possível uma velocidade absoluta de nado maior sem aumentar demasiadamente a demanda energética por unidade de distância (CAPELLI *et al.*, 1998). Assim, as exigências metabólicas por unidade de distância de nado relacionam-se às fontes de dissipação desta energia (arrasto ativo e aceleração da água), à propulsão (acelerar o corpo) e à eficiência mecânica (TOUSSAINT; HOLLANDER, 1994). Um viés de análise desta interação entre demanda energética e proficiência mecânica é o custo de nado, determinando o quanto as diferenças de nível de habilidade (TOUSSAINT *et al.*, 1988), ou mesmo tipos de nados (CAPELLI *et al.*, 1998), ou ainda formas de propulsão na água (PENDERGAST *et al.*, 2003), alteram as exigências metabólicas com o aumento da velocidade de deslocamento.

Entre nadadores de elite, Capelli *et al.* (1998) observaram uma demanda energética para o nado crawl de ~3,33 kW, ~2,72 kW e ~1,94 kW, respectivamente para as distâncias de 45,7, 91,4 e 182,9 metros realizados a velocidade de ~1,97 m $\times$ s<sup>-1</sup> (~139% v $\dot{V}O_{2max}$ ), 1,75 m $\times$ s<sup>-1</sup> (~123% v $\dot{V}O_{2max}$ ) e 1,62 m $\times$ s<sup>-1</sup> (~114% v $\dot{V}O_{2max}$ ). No presente estudo, o desempenho entre homens nas distâncias de 50, 100 e 200m correspondeu a ~1,67 m $\times$ s<sup>-1</sup> (~121,0% v $\dot{V}O_{2max}$ ), a ~1,46 m $\times$ s<sup>-1</sup> (~110,0% v $\dot{V}O_{2max}$ ) e a 1,29 m $\times$ s<sup>-1</sup> (~101,0% v $\dot{V}O_{2max}$ ), e entre mulheres foi ~1,51 m $\times$ s<sup>-1</sup> (~120,4% v $\dot{V}O_{2max}$ ), ~1,40 m $\times$ s<sup>-1</sup> (~114,1% v $\dot{V}O_{2max}$ ) e ~1,21 m $\times$ s<sup>-1</sup> (~99,7% v $\dot{V}O_{2max}$ ). Durante estes desempenhos, homens e mulheres demandaram em 50 metros ~3,16 e ~1,72 kW, em 100 metros ~1,86 e ~1,23 kW, e em 200 metros ~1,25 e 0,84 kW.

Uma vez que o estudo de Capelli *et al.* (1998) envolveu apenas nadadores homens, as implicações para o presente estudo adotam um caráter determinístico para homens e hipotético para mulheres. Assim, com relação aos nadadores do presente estudo, os nadadores analisado no estudo de Capelli *et al.* (1998) demonstraram, nitidamente, maior desempenho de velocidade de nado em cada distância. Esse maior desempenho reflete maior demanda energética total (em kW), composta por ~15,3% aeróbia e ~84,7% anaeróbia (~58,9% láctica e ~25,8% aláctica) em 50 metros; 33,3% aeróbia e ~76,7% anaeróbia (~47,2% láctica e ~19,6% aláctica) em 100 metros; e 61,5% aeróbia e ~38,5% anaeróbia (~24,7% láctica e ~13,8% aláctica) em 200 metros. No presente estudo, a contribuição anaeróbia total (considerando ambos os sexos como um grupo único) em 50 metros atingiu ~86% com 5,6% de variação. Entre homens, esta demanda anaeróbia foi constituída por ~34% láctica e ~51% aláctica, e entre mulheres ~46% láctica e ~41% aláctica. Em 100 metros, a contribuição anaeróbia total atingiu ~68% com 9,3% de variação, sendo entre homens constituída por ~32% láctica e ~36% aláctica, e entre mulheres ~40% láctica e ~28% aláctica. Para os 200 metros, a contribuição anaeróbia total atingiu ~39% com 9,2% de variação, sendo entre homens constituída por ~17% láctica e ~23% aláctica, e entre mulheres 20% láctica e 17% aláctica. Pelo perfil de contribuição de cada metabolismo, os nadadores de elite diferem quanto ao percentual de contribuição anaeróbia em 100 metros, ressaltando também a dominância glicolítica anaeróbia entre estes e os nadadores do presente em estudo em todas as distâncias (50, 100 e 200 metros). Particularmente, no presente estudo, a comparação entre nadadores homens e mulheres mostrou que perfil de contribuição dos metabolismos aeróbio e anaeróbio é muito similar, mas há uma tendência do perfil alático predominar entre homens enquanto que entre as mulheres é o perfil láctico que predomina para a composição do suprimento energético anaeróbio em 50, 100 e 200 metros.

O predomínio do metabolismo láctico sobre o alático também pode ser observado no estudo de Capelli *et al.* (1998), como descrito acima. Outro estudo em que se observou um perfil predominante do metabolismo láctico foi em Campos *et al.* (2017), mas apenas para a distância de 50 metros (~1,35 LO<sub>2</sub> e ~1,75 LO<sub>2</sub>, respectivamente, para a produção aláctica e láctica), uma vez que para as distâncias de 100 metros (~1,9 LO<sub>2</sub> e ~1,9 LO<sub>2</sub>) e 200 metros (~2,3 LO<sub>2</sub> e ~2,2 LO<sub>2</sub>) observou-se um perfil de contribuição energética equilibrado, respectivamente, para a produção

aláctica e láctica. Porém, no estudo de Figueiredo et al. (2011), houve predominância do metabolismo aláctico em desempenhos de 50 metros (~41% aláctico vs. ~14% láctico vs. 45% aeróbio), em 100 metros (~22% aláctico vs. ~5% láctico vs. 73% aeróbio) e 200 metros (~40% aláctico vs. ~14% láctico vs. 66% aeróbio), apesar do desempenho nestas distâncias ter sido máximo (i.e.: “all-out”) apenas para 200 metros, enquanto que as distâncias 50 e 100 metros foram nadadas no ritmo de 200 metros.

Deste modo, a predominância entre os metabolismos de produção energética anaeróbia (láctico vs. aláctico), nos desempenhos em intensidade supramáxima de nado (i.e.: > 100%  $vVO_{2max}$ ), parece não ser determinada por algum fator relacionado às diferenças de sexo, uma vez que os estudos supracitados envolveram apenas homens (CAPELLI *et al.*, 1998; FIGUEIREDO *et al.*, 2011) ou ambos os sexos (CAMPOS *et al.*, 2017). Todavia, ao presumir uma predominância entre os metabolismos anaeróbios determinado pelo perfil de gênero, seria supor o papel das diferenças de massa muscular, mas a quantidade de massa muscular engajada no exercício afeta tanto a produção por unidade de trabalho (i.e.: taxa em  $mmol \times kg^{-1} \times W^{-1}$ ), quanto a concentração disponível para uso (i.e.: capacidade em  $mmol \times kg^{-1}$ ), bem como diluição de metabólitos dos metabolismos láctico e aláctico (GAESSER; BROOKS, 1984; BANGBO *et al.*, 1989; DiPRAMPERO; FERRETTI, 1999). Então, não se consegue distinguir qual tipo de metabolismo anaeróbio seria beneficiado com a variação da massa muscular.

Porém, tal como originalmente foi proposto por Bangsbo (1998) para o modelo de exercício mono-articular, a demanda anaeróbia em distâncias curtas está relacionada à intensidade do exercício e à massa muscular engajada no exercício. Para a natação, as distâncias supridas pela produção energética anaeróbia em proporção superior a 50% seriam os eventos com duração até 108 segundos, sendo a capacidade anaeróbia capaz de suprir até  $1452 J \times kg^{-1}$  (i.e.:  $69,5 mlO_2 \times kg^{-1}$ ) em atletas de elite. (Toussaint, Hollander, 1994). No presente estudo, o suprimento energético atingiu entre homens  $\sim 1149,5 J \times kg^{-1}$  (i.e.:  $55,0 mlO_2 \times kg^{-1}$ ),  $\sim 1238,6 J \times kg^{-1}$  (i.e.:  $59,3 mlO_2 \times kg^{-1}$ ) e  $\sim 1182,5 J \times kg^{-1}$  (i.e.:  $56,6 mlO_2 \times kg^{-1}$ ), respectivamente nas distâncias de 50, 100 e 200 metros; e entre mulheres atingiu  $\sim 889,5 J \times kg^{-1}$  (i.e.:  $42,5 mlO_2 \times kg^{-1}$ ),  $\sim 1069,5 J \times kg^{-1}$  (i.e.:  $51,2 mlO_2 \times kg^{-1}$ ) e  $\sim 914,2 J \times kg^{-1}$  (i.e.:  $43,7 mlO_2 \times kg^{-1}$ ), respectivamente nas distâncias de 50, 100 e 200 metros. Nota-se que os nadadores

do presente estudo precisariam desenvolver a capacidade anaeróbia para um melhor desempenho nestas distâncias, ou essas distâncias não demandaram estímulo suficiente para o uso total da capacidade anaeróbia entre os nadadores no presente estudo.

Todavia, ao presumir haver margem para o desenvolvimento da capacidade anaeróbia, seria necessário definir qual dos metabolismos receberia maior foco de atenção. Quanto à energia aláctica, sabe-se que é um componente importante da demanda anaeróbia e que atinge sua participação máxima em uma constante de tempo entre ~35 a ~50 segundos, respectivamente durante exercícios de intensidade moderada e pesada, e cuja contribuição pode variar entre ~11 a 15  $\text{mmol}\times\text{kg}^{-1}$  de fosfocreatina (McCANN et al., 1995). No presente estudo, o débito aláctico de  $\text{O}_2$  foi equivalente a ~33,1, 32,0 e 32,4  $\text{mlO}_2\times\text{kg}^{-1}$ , entre homens, nas distâncias de 50, 100 e 200 metros; e, entre mulheres, o valor atingiu 20,1, 21,7 e 20,2  $\text{mlO}_2\times\text{kg}^{-1}$  nas distâncias de 50, 100 e 200 metros. Ao considerar P:O = 6,17 como equivalente estequiométrico aplicável tanto para o déficit  $\text{O}_2$  como débito de  $\text{O}_2$  (DiPRAMPERO; FERRETTI, 1999), a ressíntese de fosfocreatina na fase rápida do débito correspondeu a 12,1, 11,6 e 11,7  $\text{mmol}\times\text{kg}^{-1}$  de massa magra entre homens para as distâncias de 50, 100 e 200 metros, enquanto entre mulheres correspondeu a 8,2, 8,7 e 8,1  $\text{mmol}\times\text{kg}^{-1}$  de massa magra. Esse valor é ligeiramente inferior à referência de reconstrução da fosfocreatina (~14,9  $\text{mlO}_2\times\text{kg}^{-1}$ ) durante a recuperação da corrida (McCANN et al., 1995), porém bastante inferior à referência de redução da fosfocreatina na exaustão durante o nado nas distâncias de 45,7 (18,5  $\text{mlO}_2\times\text{kg}^{-1}$ ), 91,4 (18,1  $\text{mlO}_2\times\text{kg}^{-1}$ ) e 182,9 metros (17,4  $\text{mlO}_2\times\text{kg}^{-1}$ ), principalmente se comparado aos valores apresentados pelas mulheres.

No entanto, o débito aláctico de  $\text{O}_2$  no presente estudo, não apresentam discrepâncias, quando comparado aos valores de referência na literatura para a corrida e ciclismo entre ~24 e ~37  $\text{mlO}_2\times\text{kg}^{-1}$  (DiPRAMPERO; MARGARIA, 1968; ROBERTS; MORTON, 1978; BENEKE et al., 2002) e natação de ~29  $\text{mlO}_2\times\text{kg}^{-1}$  em 50 metros, e 42  $\text{mlO}_2\times\text{kg}^{-1}$  em 100 e 200 metros (CAMPOS et al., 2017), com exceção aos valores apresentados pelas mulheres, que estão abaixo do limite inferior desta margem, sugerindo que tanto homens como mulheres apresentam potencial para desenvolver a capacidade de uso do metabolismo aláctico nas distâncias analisadas. Todavia, também é possível supor que o nível de acidose provocada pela ativação

glicolítica pode ter contribuído para uma redução na ativação da creatina quinase (McCANN et al., 1995).

Desse modo, ao analisar a participação glicolítica pela variação da concentração de lactato pode-se observar que os valores atingiram  $\sim 7,2$   $\sim 9,1$  e  $\sim 8,1$   $\text{mmol}\times\text{L}^{-1}$  entre homens nas distâncias de 50, 100 e 200 metros; e entre mulheres os valores foram  $\sim 7,5$ ,  $\sim 9,8$  e  $7,8$   $\text{mmol}\times\text{L}^{-1}$ . Esses valores assemelham-se à referência de 8-10 mM considerados máximos, por Chatard et al. (1990), para provas de 50 metros com duração de  $26,7 \pm 1,9$  s. Esses valores, contudo, mostram-se diferentes daqueles apresentados por Troup et al. (1992) para as distâncias de 100 e 200 metros realizadas por nadadores ( $\sim 10,5$  e  $\sim 10,2$   $\text{mmol}\times\text{L}^{-1}$ ) com melhor tempo de desempenho nestas distâncias, mas se assemelham aqueles apresentados por nadadores com maior tempo de desempenho ( $7,9$  e  $9,8$   $\text{mmol}\times\text{L}^{-1}$ ). Todavia, podem ser considerados semelhantes aos valores apresentados por Capelli et al. (1998) e Campos et al. (2017) respectivamente para as distâncias de 50 metros ( $9,9$  e  $8,1$   $\text{mmol}\times\text{L}^{-1}$ ), 100 metros ( $10,5$  e  $9,1$   $\text{mmol}\times\text{L}^{-1}$ ) e 200 metros ( $11,4$  e  $10,6$   $\text{mmol}\times\text{L}^{-1}$ ), provavelmente devido ao fato destes serem respostas líquida e não pico. Porém, percebe-se que a taxa de incremento do lactato (resposta líquida por tempo de desempenho, DiPRAMPERO; FERRETTI et al., 1999) evidencia diferenças entre os nadadores de elite analisados por Capelli et al., (1998) e o presente estudo. A taxa de acúmulo em exercícios supramáximos atinge  $0,24$   $\text{mmol}\times\text{s}^{-1}$  para a ação do quadríceps, enquanto que no presente estudo atinge  $0,24$ ,  $0,15$  e  $0,05$   $\text{mmol}\times\text{L}^{-1}\times\text{s}^{-1}$  em 50, 100 e 200 metros, respectivamente; enquanto que para as respostas dos nadadores de Capelli et al. (1998) uma aproximação média produziria taxas de  $0,43$ ,  $0,20$  e  $0,10$   $\text{mmol}\times\text{L}^{-1}\times\text{s}^{-1}$  nas distâncias de  $45,7$ ,  $91,4$  e  $182,9$  metros, indicando um melhor fluxo glicolítico (produção de ATP e remoção de lactato), e, assim, sugerindo a necessidade de melhorar esse componente entre os nadadores do presente estudo.

Apesar de alguns estudos relatarem não haver diferenças entre homens e mulheres quanto às reservas musculares de fosfocreatina e glicogênio em músculos do membro inferior, uma maior potência anaeróbia tem sido observada entre homens, mesmo quando ponderada pelo peso corporal, o que tem sido atribuída a maior massa muscular nos membros superiores e as possíveis diferenças no padrão de distribuição dos tipos de fibras entre homens e mulheres nos membros superiores (WEBER et al., 2006). De fato, massa magra e os índices de massa magra corpórea e massa

apendicular mostraram-se relacionados apenas à produção energética aláctica e à contribuição energética aeróbia apenas durante o desempenho de 50 metros, considerada uma tarefa com elevado predomínio anaeróbio executada primordialmente pelos membros superiores. Assim, as diferenças de massa muscular entre os sexos parecem não afetar a atividade glicolítica, mas a redução de fosfocreatina em exercício e a capacidade oxidativa, o que tende a diminuir a demanda sobre a produção energética pelo sistema glicolítico (WEBER et al., 2002).

Nota-se também que a demanda anaeróbia total nesta distância não é influenciada pela limitação que o Aquatrainer® impõem aos gestos de nados, que tem provocado redução na velocidade de nado (CHAVERRI et al., 2016) e que, supostamente por isso, permitiria uma maior contribuição do sistema energético oxidativo, reduzindo a demanda anaeróbia total (CAMPOS et al., 2017). Todavia, pode-se ainda supor que ocorra uma redução na frequência respiratória como estratégia de melhorar o tempo de desempenho sem o Aquatrainer®, o que reduziria o consumo pulmonar de  $O_2$  e aumentaria a demanda sobre os metabolismos anaeróbios. Mas essa estratégia parece não afetar a demanda anaeróbia, ao comparar os presentes resultados com Aquatrainer® e àqueles reportados na literatura. Porém, há uma limitação imposta pelo Aquatrainer® que é impossibilidade de assumir um desempenho máximo nas distâncias analisadas, mas apenas um esforço máximo. Outra limitação foi o uso de apenas uma transição em cada distância de desempenho para reconstrução do metabolismo aláctico pelo déficit rápido de  $O_2$ , empregando o ajuste da cinética off do  $\dot{V}O_2$ , quando o recomendado seriam ao menos duas (ROBERGS et al., 2010).

## 8. CONCLUSÃO

Homens e mulheres desempenham as distâncias de 50m, 100m e 200m com demanda relativa supramáxima à velocidade aeróbia máxima ( $\%v\dot{V}O_{2max}$ ) muito similar, porém com requerimentos metabólicos diferentes ( $\%\dot{V}O_{2max}$ ), quando previstos pela demanda acumulada de  $O_2$  (AOD). Se, por um lado, essa maior demanda relativa pode ser explicada pelas diferenças de custo de nado, por outro lado, essa diferença não afeta a demanda anaeróbia absoluta em equivalente de  $O_2$ . Essas diferenças tornam-se notáveis apenas ao ponderar o efeito da massa corpórea total, ou magra, porém estão mais relacionadas ao fator tempo (duração do esforço), uma vez que tendem a reduzir ao comparar ambos os sexos quanto à taxa de desenvolvimento do déficit. Assim, mulheres não apresentam restrições para o suprimento energético anaeróbio, em velocidades supra-máximas de nado, quando essa demanda é estimada pelo método AOD tradicional.

Durante o desempenho nas distâncias de 50, 100 e 200 metros, os perfis de ativação e parcela de contribuição de cada metabolismo energético parecem não sofrerem a perturbação da ecologia de nado com uso do Aquatrainer®, apresentando, resumidamente:

- a) O metabolismo aláctico é ativado em níveis máximos no desempenho de 50 m, tanto em homens como mulheres, uma vez que sua taxa absoluta ( $mlO_2 \times kg^{-1}$ ) não aumenta nas demais distâncias (100 e 200 metros);
- b) A taxa absoluta ( $mlO_2 \times kg^{-1}$ ) de ativação do metabolismo aláctico nos desempenhos de 50, 100 e 200 metros é mais elevada em homens, quando comparada à ativação em mulheres, que demonstram desempenho com predomínio láctico;



- c) Há predomínio da contribuição (%) aláctica no desempenho de 50, 100 e 200 metros, em homens, mas não entre mulheres que apresentam contribuições (%) láctica e aláctica semelhantes na distância de desempenho de 50 metros, mas não nas distâncias de 100 e 200 metros.

Ou seja, apesar da homogeneidade entre homens e mulheres quanto à taxa percentual da demanda anaeróbia total em relação à aeróbia, os valores relativos de contribuição dos metabolismos tendem a não serem similares. As diferenças entre homens e mulheres na demanda anaeróbia total (em equivalente de O<sub>2</sub> ponderado pelo peso corporal) foi superior entre homens em 29,2% (50 metros), 15,8% (100 metros) e 29,3% (em 200 metros), causada pela maior ativação do metabolismo aláctico (64,7%, 47,4% e 60,9%) em cada uma destas distâncias, uma vez que a contribuição láctica é igual ou ligeiramente superior para as mulheres. Ainda, homens ativam o sistema aeróbio em cerca de 57,4% (em 50 metros), 16,7% (em 100 metros) e 7,7% (em 200 metros) a mais que as mulheres. Essa maior contribuição anaeróbia aláctica e aeróbia em homens pode ser um efeito produzido pelas diferenças de massa muscular, face as correlações destes metabolismos com parâmetros regionais e corporais do tecido magro.

Estudos futuros devem se preocupar em comparar o efeito do sistema de coleta de gases (Aquatrain®) sobre os valores de AOD, pela perturbação ou não do desempenho de nado, bem como devem averiguar se o aumento da massa muscular em decorrência do treinamento resistido pode afetar o AOD em distâncias curtas desempenhadas por homens e mulheres.

## 9. REFERÊNCIAS

- BAKER, J.S.; MCCORMICK, M.C.; ROBERGS, R.A. Interaction among Skeletal muscle metabolic energy systems during Intense exercise. **Journal of Nutrition and Metabolism**, v.2010, 2010.
- 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 in swimming? **International Journal of Sports Medicine**, v.34, n.4, p.336-344, 2013.
- BANGSBO, J.; MICHALSIK, L.; PETERSEN, A. Accumulated O<sub>2</sub> deficit during intense exercise and muscle characteristics of elite athletes. **Int. J. Sports Med**, v.14, n.4, p.207–213, 1993.
- BANGSBO, J.; KRUTRUP, P.; GONZALEZ-ALONSO, J.; SALTIN, B. ATP production and efficiency of human skeletal muscle during intense exercise: effect of previous exercise. **Am J Physiol Endocrinol Metab**, v.280, n.6, p.956-964, 2001.
- BELCASTRO, A.N.; BONEN, A. Lactic acid removal rates during controlled and uncontrolled recovery exercise. **J Appl Physiol**, v.39, p.932-936, 1975.
- BERTUZZI, R.C.; FRANCHINI, E.; UGRINOWITSCH, C.; KOKUBUN, E.; LIMA-SILVA, A.E.; PIRES, F.O.; NAKAMURA, F.Y.; KISS, M.A. Predicting MAOD using only a supramaximal exhaustive test. **Int J Sports Med**, v.31, p.477–481, 2010.
- BICKHAM, D.; ROSSIGNOL, L.; GIBBONS, C.; RUSSEL, A.P. Re-assessing accumulated oxygen deficit in middle-distance runners. **J Sci Med Sport**, v.5, n.4, p.372-82, 2002.
- BOGDANIS, G.C.; NEVILL, M.E.; L. H. BOOBIS, L.H.; LAKOMY, H.K.A. Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.80, n.3, p.876–884, 1996.
- CHATARD, J. C.; LAVOIE, J. M.; LACOURL, J. R. Analysis of determinants of swimming economy in front crawl. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v.61, n.1-2, p.88-92, 1990.
- CHAVERRI, D.; SCHULLER, T.; IGLESIAS, X.; HOFFMANN, U.; RODRÍGUEZ, F. A. A new model for estimating peak oxygen uptake based on postexercise measurements in swimming. **International journal of sports physiology and performance**, v.11, n.4, p.419-424, 2016.
- CAMPOS, E.Z.; KALVA-FILHO, C.A.; GOBBI, R.B.; BARBIERI, R.A.; ALMEIDA, N.P.; PAPOTI, M. Anaerobic Contribution Determined in Swimming Distances: Relation with Performance. **Front Physiol**, v.8, p.755, 2017.
- CAMUS, G.; THYS, H. An evaluation of the maximal anaerobic capacity in man. **Int J Sports Med**, v.12, p.349-355, 1991.

CAPELLI, C.; PENDERGAST, D.R.; TERMIN, B. Energetics of swimming at maximal speeds in humans. **Eur J Appl Physiol**, v.78, n.5, p.385-383, 1998.

CAPELLI, C. Physiological determinants of best performance in human locomotion. **Eur J Appl Physiol**, v.80, p.298-307, 1999.

CERRETELLI, P.; PIIPER J.; MANGITI, F.; RICCI, B. Aerobic and anaerobic metabolism in exercising dogs. **J Appl Physiol**, v.19, p.29-32, 1964.

CERRETELLI, P.; BORDONI, U.; DEBIJADJI, R.; SARACINO, F. Respiratory and circulatory factors affecting the maximal aerobic power in hypoxia. **Arch Fisiol**, v.65, p.344-357, 1967.

DÍAZ, S.P.; FERNÁNDEZ, S.P. Determinación del tamaño muestral para calcular la significación del coeficiente de correlación lineal. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complejo Hospitalario Juan Canalejo. A Coruña (España): **Cad Aten Primaria**. n.9, p.209-11, 2002.

Di-PRAMPERO, P.E. Energetics of muscular exercise. **Reviews of Physiology Biochemistry and Pharmacology**. v.89: p.144-222, 1981.

DIPRAMPERO, 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, n.5, p.2318-2324, 1993.

Di-PRAMPERO, P. E.; 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. E.; MARGARIA, R. Relationship between O<sub>2</sub> consumption, high energy phosphates and the kinetics of the O<sub>2</sub> debt in exercise. **Pflügers Archiv**, v.304, p.11-19, 1968.

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

FOXDAL, P.; SJODIN, B.; RUDSTAM, H.; OSTMAN, C.; OSTMAN, B. Lactate concentration differences in plasma, whole blood, capillary finger blood and erythrocytes during submaximal graded exercise in humans. **Eur J Appl Physiol**, v.61, p.218-222, 1990.

GAESSER, G. A.; BROOKS, C. A. Metabolic bases of excess post-exercise oxygen. **Medicine and science in sports and exercise**, v.16, n.1, p.29-43, 1984.

GASTIN, P.B. Quantification of anaerobic capacity. **Scand J Med Sci Sports**, v.4, p.91-112, 1994.

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

GREEN, S.; DAWSON, B. Measurement of anaerobic capacities in humans: definitions, limitations and unsolved problems. **Sports Med**, v.15, n.5, p.312-327, 1993.

GREENHAFF, P.L.; TIMMONS, J.A. Interaction between aerobic and anaerobic metabolism during intense muscle contraction. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v.26, p.1–36, 1998.

GUIDETTI, L.; EMERENZIANI, G.P.; GALLOTTA, M.C.; DA SILVA, S.G.; BALDARI, C. Energy cost and energy sources of a ballet dance exercise in female adolescents with different technical ability. **Eur J Appl Physiol**, v.103, p.315-321, 2008.

HARALAMBIE, G. Skeletal muscle enzyme activities in female subjects of various ages. **Bull Eur Physiopathol Respir**, v.1, p.259–267, 1979.

HERMANSEN, L.; J. I. MEDBO, J. I. The relative significance of aerobic and anaerobic processes during maximal exercise of short duration. **Med Sport Sci**, v.17, p.56-67, 1984.

HILL, D,W.; VINGREN, J.L. Effects of exercise mode and participant sex on measure of anaerobic capacity. **J Sports Med Phys Fitness**, v.54, p.255-63, 2014.

HOLMÉR, I. Physiology of swimming man. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v.7, p.87–123, 1979.

HOPKINS, W.G.; MARSHALL, S.W.; BATTERHAM, A.M.; HANIN, J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. **Med Sci Sports Exerc**. v.41, n.1, p.3-12, 2009.

HULTMAN, E.; BERGSTROM, J.; MCLENNON-ANDERSON, N. Breakdown and resynthesis of phosphorylcreatine and adenosine-triphosphate in connection with muscular work in man. **Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation** v.19, p.56-66, 1967.

JACOBS, I.; ESBJORNSSON, M.; SYLVEN, C.; HOLM, I.; JANSSON, E. Sprint training effects on muscle myoglobin, enzymes, fiber type, and blood lactate. **Med Sci Sports Exerc**, v.19, p.368-374, 1987.

KALVA-FILHO, C. A.; ZAGATTO, A. M.; ARAUJO, M. I. C.; SANTIAGO, P. R. P.; DA SILVA, A. S. R.; GOBETTO, C. A.; PAPOTI, M. Relationship between aerobic and anaerobic parameters from 3-minute all-out tethered swimming and 400-m maximal front crawl effort. **J Strength Cond. Res**, v.29, p.238–245, 2015.

KALVA-FILHO, C. A.; ARAÚJO, M.Y.; SILVA, A.; GOBETTO, C.A.; ZAGATTO, A.M.; R. B. GOBBI, R.B.; PAPOTI, M. Determination of VO<sub>2</sub>-Intensity Relationship and MAOD in tethered swimming. **Int J Sports Med**, v.37, p.687–693, 2016.

KARLSSON, J. Lactate in working muscles after prolonged exercise. **Acta Physiol**, v.82, p.123-130, 1971.

KOZIRIS, L.P.; MONTGOMERY, D.L. Blood lactate concentration following intermittent and continuous cycling tests of anaerobic capacity. **European J Appl Physiol**, v.63, p.273-277, 1991.

KROGH, A.; LINDHARD, J. The regulation of respiration and circulation during the initial stages of muscular work. **Journal of Physiology**. v.47, p.112–136, 1913.

KROGH, A.; LINDHARD, J. The changes in respiration at the transition from work to rest. **J. Physiol. Land**, v.53, n.431-437, 1920.

LACOUR, J.R.; BOUVAT, E.; BARTHELEMY, J.C. Post-competition blood lactate concentrations as indicators of anaerobic energy expenditure during 400m and 800m races. **Eur J Appl Physiol**, v.61, p.172-176, 1990.

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.

MARGARIA, R.; CERRETELLI, P.; DI PRAMPERO, P.E.; MASSARI, C.; TORELLI, G. Kinetics and mechanism of oxygen debt contraction in man. **J Appl Physiol**, v.18, p.371-377, 1963.

MARGARIA, R.; AGHEMO, P.; SASSI, G. Lactic acid production in supramaximal exercise. **Pfluegers Arch**, v.326, p.152-161, 1971.

MCARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. Exercise physiology: nutrition, energy and human performance. Baltimore, MD: Wolters Kluwer | Lippincott Williams & Wilkins. p.231-232, 2010.

McCANN, D. J.; MOLE, P. A.; CATON, J. R. Phosphocreatine kinetics in humans during exercise and recovery. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 27, n. 3, p. 378-387, 1995.

MEDBO, J.I.; MOHN, A.C.; TABATA, I.; BAHR, R.; VAAGE, O.; SEJERSTER, O.M.. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O<sub>2</sub> deficit. **J Appl Physiol**, v.64, p.50-60, 1988.

MEDBO, J.I.; TABATA, I. Relative importance of aerobic and anaerobic energy release during short-lasting exhausting bicycle exercise. **J Appl Physiol**, v.67, p.1881-1886, 1989.

MERO, A. Blood lactate production and recovery from anaerobic exercise in trained and untrained boys. **Eur J Appl Physiol**, v.57, p.660-666, 1988.

MUNIZ-PUMARES, D.; PEDLAR, C.; GODFREY, R.J.; GLAISTER, M.; Accumulated Oxygen Deficit During Exercise to Exhaustion Determined at Different Supramaximal Work-Rates. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v.0, 2016.

NANA, A.; SLATER, G.J.; HOPKINS, W.G.; BURKE, L.M. Effects of daily activities on dual-energy X-ray absorptiometry measurements of body composition in active people. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v.44, p.180–189, 2012.

NOORDHOF, D.A.; JOS J. DE KONING, J.J.; FOSTER, C. The Maximal Accumulated Oxygen Deficit Method A Valid and Reliable Measure of Anaerobic Capacity? **Sports Med**, v. 40, n.4, p. 285-302, 2010.

NUMMELA, A.; RUSKO, H. Time course of anaerobic and aerobic energy expenditure during short-term exhaustive running in athletes. **Int J Sports Med**, v.16, n.8: p.522-7, 1995.

OGITA, F.; HARA, M.; TABATA, I. Anaerobic capacity and maximal oxygen uptake during arm stroke, leg kicking and whole body swimming. **Acta Physiol Scand**. v.157, p.435–441, 1996.

OGITA, F.; ONODERA, T.; TAMAKI, H.; TOUSSAINT, H.M.; HOLLANDER, A.P.; WAKAYOSHI, K. Metabolic profile during exhaustive arm stroke, leg kick, and whole body swimming lasting 15s to 10 min. **Biomechanics and Medicine in Swimming IX**, p.361-366, 2003.

ÖZYENER, F.; ROSSITER, H.B.; WARD, S.A.; WHIPP, B.J. Influence of exercise intensity on the on- and off-transient kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans. **J Physiol**, v.15; n.533, p.891-902, 2001.

ÖZYENER, F.; ROSSITER, H.B.; WARD, S.A.; WHIPP, B.J. Negative accumulated oxygen deficit during heavy and very heavy intensity cycle ergometry in humans. **Eur J Appl Physiol**, v.90, v.1-2, p.185-190, 2003.

PENDERGAST, D.R.; ZAMPARO, P.; DI PRAMPERO, P.E.; CAPELLI, C.; CERRETELLI, P.; TERMIN, A.; CRAIG, J.R.A.; BUSHNELL, D.; PASCHKE, D.; MOLLENDORF, J. Energy balance of human locomotion in water. **Eur J Appl Physiol**, v.90, p.377-386, 2003.

PESSÔA FILHO, D.M.; SIQUEIRA, L.O.C.; SIMIONATO, A.R.; ESPADA, M.A.C.; PESTANA, D.S.; DIMENNA, F.J. A Rapidly-Incremented Tethered-Swimming Test for Defining Domain-Specific Training Zones. **Journal of Human kinectics**, v.57, p.117-128, 2017.

PEYREBRUNE, M.C.; TOUBEKIS, A.G.; LAKOMY, H.K.; NEVILL, M.E. Estimating the energy contribution during single and repeated sprint swimming. **Scand J Med Sci Sports**, v.24: p.369–376,2012.

PILEGAARD, H.; DOMINO, K.; NOLAND T.; JUEL, C.; HELLSTEN, Y.; HALESTRAP, A.P.; BANGSBO, J. Effect of high intensity exercise training on lactate/H<sup>+</sup> transport capacity in human skeletal muscle. **American Journal of Physiology**, v.276, n.2, p.255–261, 1999.

PIIPER, J.; SPILLER, P. Repayment of O<sub>2</sub> debt and resynthesis of high energy phosphates in gastrocnemius muscle of the dog. **J Appl Physiol**, v.28, p.657-662, 1970.

POOLE, D. C.; WILKERSON, D. P.; JONES, A. M. Validity of criteria forestablishing maximal O<sub>2</sub> uptake during ramp exercise tests. **European Journal of Applied Physiology**, v.102, n.4, p.403-410, 2008.

REIS, V.M.; MARINHO, D.A.; POLICARPO, F.B.; CARNEIRO, A.L.; BALDARI, C.; SILVA, A.J. Examining the accumulated oxygen deficit method in front crawl swimming. **Int J Sports Med**, n.31, v.6, p.421–427, 2010a.

REIS, V.M.; MARINHO, D.A.; BARBOSA, F.P.;REIS, A.M.; SILVA, AJ. Examining the accumulated oxygen deficit method in breaststroke swimming. **Eur J Appl Physiol**, v.109, p.1129–1135, 2010b.

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

ROBERGS, R. A.; DWYER, D.; ASTORINO, T. Recommendations for improved data processing from expired gas analysis indirect calorimetry. **Sports Medicine**, v.40, n.2, p.95-111, 2010.

ROBERTS, A.D.; MORTON, AR. Total and alactic oxygen debts after supramaximal work. **Eur J App Physiol**, v.38, pg. 281-289, 1978.

SAWKA, M.N.; TAHAMONT, M.V.; FITZGERALD, P.I.; MILES, D.S.; KNOWLTON, R.G. Alactic capacity and power: reliability and interpretation. **Eur J Appl Physiol**, v.45, p.109-116, 1980.

SECHER, N.H.; CLAUSEN, J.P.; KLAUSEN, K.; NOER, I.; TRAP-JENSEN, J. Central and regional circulatory effects of adding arm exercise to leg exercise. **Acta Physiol Scand**, v.100, p.288–297, 1977.

SCHEUERMANN, B. W.; HOELTING, B. D.; NOBLE, M.L.; BARSTOW, T.J. The slow component of O<sub>2</sub> uptake is not accompanied by changes in muscle EMG during repeated bouts of heavy exercise in humans. **Journal of Physiology**, v.531, n.1, p. 245–256, 2001.

SCOTT, C.B.; ROBY, F.B.; LOHMAN, T.G.; BUNT, C. The maximal accumulated deficit as an indicator of anaerobic capacity. **Med Sci Sports Exerc**, v.23, p.618-624, 1991.

SLONIGER, M.A.; CURETON, K.J.; PRIOR, B.M.; EVANS, E.M. Anaerobic capacity and muscle activation during horizontal and uphill running. **J Appl Physiol**, v.83, n.1, p.262–269, 1997.

SERRESSE, O.; LORTIE, G.; BOUCHARD, C.; BOULAY MR. Estimation of the contribution of the various energy systems during maximal work of short duration. **Int J Sports Med**, v.9, p.456–460, 1988.

SOUSA, A.; FIGUEIREDO, P.; ZAMPARO, P.; VILAS-BOAS, J. P.; FERNANDES, R. J. Anaerobic alactic energy assessment in middle distance swimming. **Eur J Appl Physiol**, v.113, n.8, p.2153–2158, 2013.

SOUSA, A; VILAS-BOAS, J.P.; FERNANDES, R.J. VO<sub>2</sub> kinetics and metabolic contributions whilst swimming at 95, 100 and 105% of the velocity at VO<sub>2max</sub>. **BioMed Research International**, v.2014, 2014.

TOUSSAINT, H. M. Differences in propelling efficiency between competitive and triathlon swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.22, n.3, p.409-415, 1990.

TOUSSAINT, H. M.; HOLLANDER, A. P.; DeGROOT, G.; VAN INGEN SCHENAU, G. J.; VERVOORN, K., DE BEST, H.; MEULEMANS, T.; SCHREUS, W. Measurement of efficiency in swimming man. In: UNGERECHTS, B. E.; WILKE, K.; REISCHLE, K. (Ed.) **Swimming science V**. p. 219-227. 1988.

TOUSSAINT, H. M.; CAROL, A.; KRANENBORG, H.; TRUIJENS, M. J. Effect of fatigue on stroking characteristics in an arms-only 100-m front-crawl race. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.38, n.9, p.1635-1642, 2006.

TOUSSAINT, H.M.; BEEK, P.J. Biomechanics of competitive front crawl swimming. **Sports Med**, v.13, p.8–24, 1992.



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

TROUP, J.; HOLLANDER, A.; BONE, M.; TRAPPE, S.; BARZDUKAS, A. Performance-related differences in the anaerobic contribution of competitive freestyle swimmers. In: MacLaren D, Reilly T, Lees A (eds) *Biomechanics and medicine in swimming VI*. E & FN SPON, London, p.271–278, 1992.

WEBER, C.L.; SCHNEIDER, D.A. Reliability of MAOD measured at 110 % and 120 % of peak oxygen uptake for cycling. **Med Sci Sports Exerc**, v.33, p.1056–1059, 2001.

WEBER, C.L.; SCHNEIDER, D.A. Increases in maximal accumulated oxygen deficit after high-intensity interval training are not gender dependent. **J Appl Physiol**, v.92, p.1795–1801, 2002.

WEBER, C. L.; CHIA, M.; INBAR, O. Gender differences in anaerobic power of the arms and legs—a scaling issue. **Medicine and science in sports and exercise**, v.38, n.1, 129, 2006.

WEYAND, P. G.; CURETON, K. J.; CONLEY, D. S.; HIGBIE, E.J. Peak oxygen deficit during one- and two-legged cycling in men and women. **Med Sci Sports exerc**, v.25, p.584-591, 1993.

WITHERS, R. T.; SHERMAN, W.M.; CLARK, D.G.; ESSELBACH, P.C.; NOLAN, S.R.; MACKAY, M.H.; BRINKMAN, M. Muscle metabolism during 30, 60, and 90 s of maximal cycling on an air-braked ergometer. **Eur. J. Appl. Physiol**, v.63, p.354 – 362, 1991.

ZAGATTO, A.M.; BERTUZZI, R.; MIYAGI, W.E.; PADULO, J.; PAPOTI, M. MAOD determined in a single supramaximal test: a study on the reliability and effects of supramaximal intensities. **Int J Sports Med**, v.347, p. 700-707, 2016.

ZAMPARO, P.; CAPELLI, C.; CAUTERO, M.; DI NINO, A. Energy cost of front-crawl swimming at supra-maximal speeds and underwater torque in young swimmers. **Eur J Appl Physiol**, v.83, n.6, p.487–491, 2000.

## ANEXO I

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

Eu, Valter Akira Bravo, portador do RG. 46.817.248-8, 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: Determinação da contribuição anaeróbia durante o desempenho do nado *crawl* em distâncias curtas e médias-curtas, entre homens e mulheres.**

**Justificativa e Objetivos:** Estimar a contribuição anaeróbia pelo método AOD e pelo débito alático e láctico nos desempenhos 50, 100 e 200m, com o propósito de confirmar se o método AOD é válido para a natação como é válido para outros esportes, agregando ou não mais uma metodologia para avaliação do atleta.

**Testes máximos:** O teste será realizado em piscina de 25 metros, e será realizado a máxima velocidade de nado livre nas distâncias de 50, 100 e 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.

**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**  
**DATA**

**ASSINATURA**

---

—  
**NOME DO INVESTIGADOR**  
**DATA**

**ASSINATURA**

---

—  
**NOME DO ORIENTADOR**

**ASSINATURA**

**DATA**

### INFORMAÇÕES DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL E DO ORIENTADOR

Pesquisador Responsável: Valter Akira Bravo - RG: 46.817.248-8

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: valterovarb@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](mailto:dmpf@fc.unesp.br)

## ANEXO II

### PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS TERMO DE ASSENTIMENTO

(ao menor de idade)

**Título do Projeto:** Determinação da contribuição anaeróbia durante o desempenho do nado *crawl* em distâncias curtas e médias-curtas, entre homens e mulheres.

**Investigador:** Valter Akira Bravo.

**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**