

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

**AUGUSTO CARVALHO BARBOSA**

---

---

**RESPOSTAS AGUDAS DE PARÂMETROS  
BIOMECÂNICOS À UTILIZAÇÃO DE  
DIFERENTES TAMANHOS DE PALMAR  
NO NADO CRAWL**

---

---

Campinas  
2010

**AUGUSTO CARVALHO BARBOSA**

---

---

**RESPOSTAS AGUDAS DE PARÂMETROS  
BIOMECÂNICOS À UTILIZAÇÃO DE  
DIFERENTES TAMANHOS DE PALMAR  
NO NADO CRAWL**

---

---

Tese de Doutorado apresentada à Pós-Graduação da Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Doutor em Educação Física.

**Orientador: Prof. Dr. Orival Andries Júnior**

Campinas  
2010

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA  
PELA BIBLIOTECA FEF – UNICAMP**

B234r Barbosa, Augusto Carvalho.  
Respostas agudas de parâmetros biomecânicos à utilização de diferentes tamanhos de palmar no nado crawl / Augusto Carvalho Barbosa. -- SP: [s.n.], 2010.

Orientador: Orival Andries Júnior.  
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação Física.

1. Natação. 2. Nado atado. 3. Força propulsora. 4. Palmar. 5. Força. I. Andries Júnior, Orival. II. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação Física. III. Título.

dilsa/fef

**Título em inglês:** Acute responses of biomechanical parameters to different sizes of paddles in front-crawl stroke.

**Palavras-chave em inglês (Keywords):** Swimming; Tethered swimming; Propulsive force; Hand paddles; Force.

**Área de Concentração:** Ciência do Desporto.

**Titulação:** Doutor em Educação Física.

**Banca Examinadora:** Alexandre Moreira, Camila Coelho Greco, João Paulo Borin, Orival Andries Júnior, Sergio Augusto Cunha

**Data da defesa:** 10/06/2010.

**AUGUSTO CARVALHO BARBOSA**

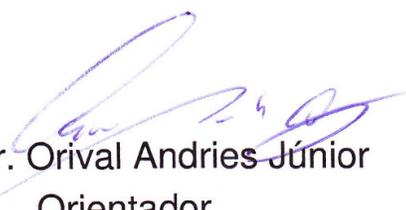
**RESPOSTAS AGUDAS DE PARÂMETROS  
BIOMECÂNICOS À UTILIZAÇÃO DE  
DIFERENTES TAMANHOS DE PALMAR NO  
NADO CRAWL**

Este exemplar corresponde à redação final da Tese de Doutorado defendida por Augusto Carvalho Barbosa e aprovada pela Comissão Julgadora em: 10/06/2010.

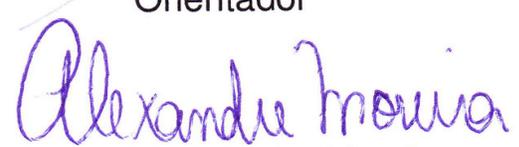


Prof. Dr. Orival Andries Júnior  
Orientador

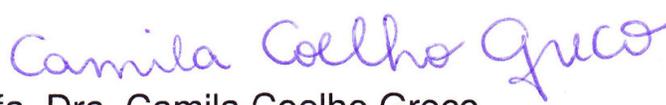
Campinas  
2010

**COMISSÃO JULGADORA**

Prof. Dr. Orival Andries Júnior  
Orientador



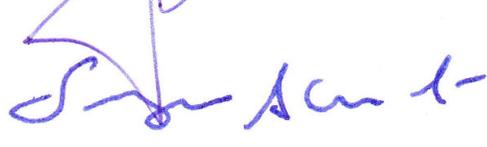
Prof. Dr. Alexandre Moreira



Profa. Dra. Camila Coelho Greco



Prof. Dr. João Paulo Borin



Prof. Dr. Sérgio Augusto Cunha

# Dedicatória

"SENHOR, tu me sondas e me conheces. Sabes quando me sento e quando me levanto; de longe percebes o meu pensamento. Sabes o meu andar, e o meu deitar; conheces todos os meus caminhos. Antes mesmo que a palavra me chegue à boca, Tu já a conheces inteiramente. Tu me cercas por detrás e pela frente, e pões a tua mão sobre mim. Tal conhecimento é maravilhoso demais e está além do meu alcance; é tão elevado que não posso atingir. Para onde poderia eu escapar do teu Espírito? Para onde poderia fugir da tua presença? Se eu subir aos céus, lá estás; se eu fizer a minha cama no mais profundo abismo, também lá estás. Se eu subir com as asas da alvorada e morar na extremidade do mar, mesmo ali a tua mão direita me guiará e susterá (...)" Salmos 139.1-9

*Dedico este trabalho ao meu querido Deus, aquele que criou o céu, a terra e o mar, e tem me feito mais que vencedor nas minhas lutas.*

# Agradecimentos

*Meu primeiro e maior agradecimento sempre será para o meu DEUS, pela transparência com que me ama e por fazer questão de me mostrar isso durante todo o caminho que percorro na minha vida, sobretudo nesta tese.*

*Agradeço também...*

*À Helene, minha lindíssima, sensível e paciente esposa. Desde que nos conhecemos permanece em mim a incapacidade de expressar a sua importância na minha vida. Talvez um dia DEUS me dê palavras suficientes. De todo modo, deixo aqui algumas – preciosa, virtuosa, sábia, compreensiva (...) – em reconhecimento a tudo o que você é, e pela forma com que me mostra isso!*

*Aos meus pais, Adilson e Jane, que sempre me acolhem, sonham os meus sonhos e me suportam em amor, oração e carinho. Obrigado por me ensinarem os caminhos corretos e pelos cuidados que tiveram com a minha educação e que foram fundamentais para a realização deste trabalho. Divido este título e a minha vida com vocês. Ao meu pai, especificamente, que com excelência conduziu a confecção do trolley utilizado nas filmagens.*

*Aos meus inestimáveis irmãos: Alexandre, Andréia e Adriana, que me incentivam, se alegram com as minhas vitórias e fazem com que os nossos momentos simples de família se tornem marcantes! Incluo ainda minha querida cunhada Michelle, que também participa intensamente disso tudo!*

*Ao meu amado sobrinho Ricardo, que com a sua presença e atitudes de criança alegrou muitos momentos da minha caminhada.*

*À família Peters: Hans, Mírian e Heidi, que sempre proporcionam um agradável ambiente familiar em Curitiba, onde posso ter momentos importantes de refrigério acadêmico.*

*Ao meu orientador, o Prof. Dr. Orival Andries Júnior, por me proporcionar esta grande e valiosa oportunidade, e também pelo respeito com que sempre recebeu as minhas ideias.*

*Ao Prof. Alex Oliveira da Silva, por abrir as portas do CEFISE para mim e ceder o sistema de dinamometria, que foi simplesmente imprescindível para esta tese.*

*Ao Prof. Maurício Oliveira, diretor técnico do SERC São Caetano, pelo aprendizado que tenho com as suas atitudes e por viabilizar a utilização das ferramentas científicas que disponho no clube.*

*Ao Prof. Flávio Lopes, técnico da equipe principal de natação de São Caetano, que disponibilizou seus atletas e o seu treino para implantação de novas ideias pertinentes à ciência do treinamento desportivo e biomecânica, e também por me desafiar à constante atualização com seus questionamentos.*

*Aos voluntários desta pesquisa, que, embora apareçam neste documento sob a forma de números e siglas, contribuíram para que esse importante sonho se concretizasse.*

*Aos componentes da banca, que aceitaram contribuir com este trabalho.*

*Ao Prof. Dr. Alexandre Moreira (USP – São Paulo), pelo auxílio na solução de muitas dúvidas importantes e por descobrir outras que eu ainda não tinha notado.*

*Ao Prof. Ms. Luiz Fernando Paulino Ribeiro (UESC – Bahia): parceiro sincero e descontraído nas críticas e comentários.*

*Ao Prof. Dr. Sérgio Cunha (Unicamp – Campinas) pelas orientações, oportunidades e discussões.*

*Ao Prof. PhD. Milivoj Dopsaj (Universidade de Belgrado – Sérvia), pelo compartilhar de experiências e dados, publicações, personalidade, acessibilidade e sobriedade na discussão dos resultados.*

*Ao Prof. PhD. Rod Havriluk (Swimming Technology Research – EUA), que com sua vasta experiência me encorajou e me fez ver grandes problemas se transformarem em apenas pequenos percalços.*

*Ao Prof. PhD. Sergei Kolmogorov (Universidade Estadual de Pomor – Rússia), pelas gentilezas, conversas e grande colaboração científica.*

*Ao Prof. Dr. José Ângelo Barela (Unesp – Rio Claro) pela paciência e simplicidade com que conduziu-me no aprendizado da análise residual.*

*Ao Daniel Guerreiro, por funcionar como uma interface entre mim e o MATLAB.*

*Ao Lucas Andrade, amigo mais chegado que um irmão e parceiro sincero, que me possibilita discussões diversas de alto nível.*

*Aos demais amigos pessoais: Pastor Jonas e Eliane, Adriano e Daniela, Mozart e Márcia, Ricardo e Laís, Daniel e Mirela, André e Karen, Celso e Leila e Hygor Junker.*

*Aos amigos da academia (Unicamp + USP): Rafael Moraes, Thiago Telles, Mário Hebling, Ulisses Martinho, Rodrigo Maciel, Gustavo Maia, Claudinei Santos, Cleiton Libardi, José Vítor.*

*Aos funcionários da FEF: Mariângela, Maria, Márcia e Rita, que estão lá para tudo, haja o que houver!*

*À Igreja Metodista no Butantã, que efetivamente intercede por aqueles que decidem fazer essa loucura chamada "Pós-Graduação".*

*Enfim... Sou grato a DEUS por colocar cada um de vocês em minha vida. Caso contrário, isso tudo não seria possível!*

BARBOSA, Augusto Carvalho. **Respostas agudas de parâmetros biomecânicos à utilização de diferentes tamanhos de palmar no nado crawl**. 2010. 162f. Tese (Doutorado em Educação Física) - Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

## **RESUMO**

---



---

O objetivo do presente estudo foi analisar as respostas agudas de parâmetros biomecânicos à utilização de diferentes tamanhos de palmar no nado crawl. Foram selecionados 14 nadadores homens (idade:  $20.0 \pm 3.7$  anos, altura:  $1.84 \pm 0.08$  m, massa corporal:  $76.3 \pm 8.6$  kg, melhor tempo nos 100 m livre:  $53.70 \pm 0.87$  s) competitivos em nível nacional. Para avaliação da força propulsora foram realizados 02 esforços máximos de 10 s no nado completamente atado. Em cada um foram analisadas 08 braçadas consecutivas, de onde se extraiu os valores médios de força pico ( $F_{\text{pico}}$ ), força média ( $F_{\text{méd}}$ ), taxa de desenvolvimento de força (TDF), impulso ( $I_{\text{mp}}F$ ), duração da braçada (DUR), tempo para atingir a força pico ( $TF_{\text{pico}}$ ) e força mínima ( $F_{\text{mín}}$ ). Os nadadores também realizaram 02 esforços máximos na distância de 25m para obtenção da velocidade média em 15m (VM15m) (foram desprezados os 07 primeiros e 03 últimos metros), da frequência (FB15m) e do comprimento de braçadas (CB15m). Ambos os protocolos foram repetidos em 05 situações, a saber: livre de material (LVR), com palmar pequeno (PP, 280 cm<sup>2</sup>), médio (PM, 352 cm<sup>2</sup>), grande (PG, 462 cm<sup>2</sup>) e extragrande (PGG, 552 cm<sup>2</sup>). A ANOVA *one way* e o teste de Kruskal-Wallis foram adotados para comparar as situações. Quando detectado um efeito significativo, recorreu-se ao teste de *post-hoc* de Scheffé (dados paramétricos) ou ao teste de Mann-Whitney com ajuste de Bonferroni (dados não-paramétricos) para localização das diferenças. Foi adotado um nível de significância de 5%. O aumento artificial da área da mão possibilitou o deslocamento de uma maior massa de água ocasionando um incremento significativo na  $F_{\text{pico}}$  nas comparações LVR x PG, LVR x PGG e PP x PGG. Com isso, houve uma diminuição da velocidade da mão, que repercutiu em um aumento da DUR nessas mesmas comparações.  $F_{\text{méd}}$  e/ou TDF não apresentaram modificações significantes devido às alterações concomitantes das variáveis cinéticas e temporais que as influenciam. Esse resultado da TDF, aliado ao aumento do  $I_{\text{mp}}F$  (principal variável associada à velocidade) nas comparações LVR x PG, LVR x PGG e PP x PGG, pode indicar que PG e PGG propiciam o desenvolvimento da propulsão sem ocasionar prejuízos aparentes na capacidade explosiva dos nadadores. O  $TF_{\text{pico}}$  aumentou de LVR para PGG e PP para PGG devido ao aumento da  $F_{\text{pico}}$  e da diminuição da  $F_{\text{mín}}$ . A  $F_{\text{mín}}$  diminuiu significativamente apenas de LVR para PGG, apontando para uma possível alteração da relação entre o início e término da propulsão de ambos os braços. A ausência de alterações significantes na VM15m pode estar associada ao aumento do arrasto de onda. A FB15m diminuiu significativamente de LVR para PGG e de PP para PGG, enquanto o CB15m apresentou um comportamento exatamente inverso nas mesmas comparações. Conclui-se que, de forma aguda, o tamanho do palmar influencia principalmente a magnitude da força propulsora gerada e o seu comportamento ao longo do tempo.

Palavras-chave: natação; nado atado; força propulsora; palmar; força

BARBOSA, Augusto Carvalho. **Acute responses of biomechanical parameters to different sizes of paddles in front-crawl stroke**. 2010. 162f. Tese (Doutorado em Educação Física) – Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

## **ABSTRACT**

---



---

The aim of this study was to analyze the acute responses of biomechanical parameters to different sizes of paddles in front-crawl stroke. Fourteen national competitive male swimmers (Age:  $20.0 \pm 3.7$  years, height:  $1.84 \pm 0.08$  m, body mass:  $76.3 \pm 8.6$  kg, 100-m best time:  $53.70 \pm 0.87$  s) volunteered for this investigation. For the propulsive force evaluation, 02 maximum efforts of 10 s were accomplished in the fully tethered swimming. In each effort, 08 consecutive strokes were analyzed to extract the average value of peak force ( $F_{\text{peak}}$ ), mean force ( $F_{\text{mean}}$ ), explosive force (TDF), impulse ( $I_{\text{mp}}F$ ), stroke duration (DUR), time to peak force ( $TF_{\text{peak}}$ ) and minimum force ( $F_{\text{min}}$ ). Additionally, swimmers accomplished two 25-m maximal swimming in order to measure the average velocity in 15 m (VM15m) (first 07 and last 03m were discarded), the stroke rate (SR15m) and the stroke length (SL15m). Both testing protocols were repeated in 05 conditions: conventional swimming (LVR), wearing small (PP, 280 cm<sup>2</sup>), medium (PM, 352 cm<sup>2</sup>), large (PG, 462 cm<sup>2</sup>) and extra-large paddles (PGG, 552 cm<sup>2</sup>). The one way ANOVA or the Kruskal-Wallis test were adopted for intersituations comparisons. Possible significant differences were detected by Scheffé post-hoc test (for parametric data) or Mann-Whitney test with Bonferroni adjustment (for non-parametric data). The significance level was set at 5%. The artificial enlargement of the hands allowed the swimmers to push off against a bigger mass of water and provided a significant increase of the  $F_{\text{peak}}$  in the comparisons LVR x PG, LVR x PGG and PP x PGG. Because of this, there was also a hand's velocity reduction, which repercutated in a greater DUR in these same comparisons. The  $F_{\text{mean}}$  and/or the TDF did not change significantly due to the concomitant modifications of the kinetic and temporal variables that influence them. This result of the TDF, associated to the increase of the  $I_{\text{mp}}F$  (the main variable related to swimming velocity) in the comparisons LVR x PG, LVR x PGG and PP x PGG, might indicate that PG and PGG propitiate the development of propulsion without any apparent damage in the swimmer's explosiveness. The  $TF_{\text{peak}}$  increased from LVR to PGG and from PP to PGG due to the increase of the  $F_{\text{peak}}$  and the decrease of  $F_{\text{min}}$ . The  $F_{\text{min}}$  decrease significantly only from LVR to PGG, pointing to a possible modification in the relation between the beginning and the end of propulsion of both arms. The absence of significant changes in the VM15m might be related to the wave drag increase. The SR15m decrease significantly from LVR to PGG, while the SL15m presented exactly the inverse behavior. It can be concluded that, acutely, the different sizes of hand paddles influence mainly the magnitude of the propulsive force generated and its behavior throughout the time.

Keywords: swimming; tethered swimming; propulsive force; hand paddles; force

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Representação do arrasto gerado pela pernada no nado peito. ....	37
<b>Figura 2</b> - Visão lateral submersa de um nadador na posição de <i>streamline</i> . ....	43
<b>Figura 3</b> - Efeito da profundidade no arrasto total. $d$ = diâmetro; $h$ = profundidade (Adaptado de TOUSSAINT, 2001). ....	44
<b>Figura 4</b> - Vista superior da onda divergente e transversal. As três setas à frente do corpo representam o sentido do deslocamento. A seta dupla indica o comprimento da onda de crista a crista ( $\lambda$ ) (Adaptado de BIXLER, 2008). ....	45
<b>Figura 5</b> - Representação das forças de propulsão ( $F_p$ ), arrasto ( $d$ ) e sustentação ( $l$ ) na mão no nado crawl (Adaptado de TOUSSAINT e TRUIJENS, 2005). ....	49
<b>Figura 6</b> - Representação do ângulo da braçada e do ângulo de ataque. Visão da mão direita (Adaptado de BIXLER, 2008, p. 105). ....	51
<b>Figura 7</b> - Comportamento da força propulsora total em resposta ao ângulo de ataque que proporcionou o valor máximo àquele ângulo de braçada (Adaptado de BIXLER, 2008 p. 107). ....	52
<b>Figura 8</b> - (a) Trajetória da mão nas braçadas com formato “S” e “I”, visualizadas sob perspectiva inferior (adaptado de ITO, 2004 p. 6) e (b) representação dos movimentos das braçadas com formato “S” e “I”, numa vista lateral (b) (adaptado de ITO, 2004 p. 7). ....	53
<b>Figura 9</b> - a) Representação das curvas força x tempo atingidas por um nadador diante de diferentes resistências externa: 1. Regime Estático (Isométrico) – Fora da água, 2. Regime Dinâmico (Isocinético) – fora da água, 3. Regime Dinâmico – dentro da água no nado atado (Adaptado de RASULBEKOV et al., 1986, p 56). b) Representação da curva f-t dentro da água pré (curva 4) e pós-treinamento (curva 5) (Adaptado de RASULBEKOV et al., 1986, p 56). ....	58
<b>Figura 10</b> - Representação da curva força-velocidade (1, preta) e da curva potência relacionada (2, azul) na natação (Adaptado de PLYASHKO e GILEV, 1984, p. 71). ....	61
<b>Figura 11</b> - Vista lateral dos POPs (Adaptado de TOUSSAINT e VERVOORN, 1990). ....	71

<b>Figura 12</b> - Participação percentual de cada fase na duração total do ciclo (Adaptado de MONTEIL e ROUARD, 1992a).....	73
<b>Figura 13</b> - Formato e tamanhos dos palmares utilizados.....	80
<b>Figura 14</b> - Desenho esquemático dos procedimentos realizados. LVR = nado livre, PP = palmar pequeno, PM = palmar médio, PG = palmar grande, PGG = palmar extragrande. ....	81
<b>Figura 15</b> - Pontos de medida da área da mão. ....	82
<b>Figura 16</b> - Representação da vista superior do nado atado: (1) bloco de partida, (2) borda da piscina, (3) célula de carga, (4) barra flutuante, (5) cabos inextensíveis, (6) cinturão, (7) interface e (8) computador. ....	84
<b>Figura 17</b> - Comportamento típico da curva força-tempo do nado crawl em um teste de 10 s. ....	86
<b>Figura 18</b> - Representação dos pontos de referência utilizados na análise da curva força x tempo.....	88
<b>Figura 19</b> - Representação do teste de velocidade. ....	89
<b>Figura 20</b> - Vista lateral (a) e frontal (b) do <i>trolley</i> utilizado nas filmagens. ....	90
<b>Figura 21</b> - Média de participação do grupo em eventos competitivos de nível estadual, nacional e internacional.....	94
<b>Figura 22</b> - Média ( ), desvio padrão (barras), mínimo (•) e máximo (•) da (a) frequência de braçadas (FB15m) e do (b) comprimento de braçadas (CB15m). * diferença significativa ( $p < 0.05$ ) em relação à LVR. † diferença significativa ( $p < 0.05$ ) em relação à PP. ....	101

## **LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1</b> - Média e desvio padrão das características do grupo.....	79
<b>Tabela 2</b> - Força pico ( $F_{\text{pico}}$ ): Média, desvio padrão (DP), mínimo, máximo, intervalo de confiança 95% limite inferior (IC 95% LI) e superior (IC 95% LS), e coeficiente de variação (CV) no nado livre (LVR), com palmar pequeno (PP), médio (PM), grande (PG) e extragrande (PGG); e diferença percentual da média em relação ao nado livre ( $\Delta\%$ ). .....	95
<b>Tabela 3</b> - Força média ( $F_{\text{méd}}$ ): Média, desvio padrão (DP), mínimo, máximo, intervalo de confiança 95% limite inferior (IC 95% LI) e superior (IC 95% LS), e coeficiente de variação (CV) no nado livre (LVR), com palmar pequeno (PP), médio (PM), grande (PG) e extragrande (PGG); e diferença percentual da média em relação ao nado livre ( $\Delta\%$ ). .....	96
<b>Tabela 4</b> - Taxa de desenvolvimento de força (TDF): Média, desvio padrão (DP), mínimo, máximo, intervalo de confiança 95% limite inferior (IC 95% LI) e superior (IC 95% LS), e coeficiente de variação (CV) no nado livre (LVR), com palmar pequeno (PP), médio (PM), grande (PG) e extragrande (PGG); e diferença percentual da média em relação ao nado livre ( $\Delta\%$ ). .....	96
<b>Tabela 5</b> - Impulso ( $I_{\text{mpF}}$ ): Média, desvio padrão (DP), mínimo, máximo, intervalo de confiança 95% limite inferior (IC 95% LI) e superior (IC 95% LS), e coeficiente de variação (CV) no nado livre (LVR), com palmar pequeno (PP), médio (PM), grande (PG) e extragrande (PGG); e diferença percentual da média em relação ao nado livre ( $\Delta\%$ ). .....	97
<b>Tabela 6</b> - Duração da braçada (DUR): Mediana, percentil 25%, percentil 75%, mínimo, máximo e coeficiente de variação (CV) no nado livre (LVR), com palmar pequeno (PP), médio (PM), grande (PG) e extragrande (PGG); e diferença percentual da mediana em relação ao nado livre ( $\Delta\%$ ). .....	98
<b>Tabela 7</b> - Tempo para a força pico ( $TF_{\text{pico}}$ ): Média, desvio padrão (DP), mínimo, máximo, intervalo de confiança 95% limite inferior (IC 95% LI) e superior (IC 95% LS), e coeficiente de variação (CV) no nado livre (LVR), com palmar pequeno (PP), médio	

(PM), grande (PG) e extragrande (PGG); e diferença percentual da média em relação ao nado livre ( $\Delta\%$ ). .....98

**Tabela 8** - Força Mínima ( $F_{\min}$ ): Média, desvio padrão (DP), mínimo, máximo, intervalo de confiança 95% limite inferior (IC 95% LI) e superior (IC 95% LS), e coeficiente de variação (CV) no nado livre (LVR), com palmar pequeno (PP), médio (PM), grande (PG) e extragrande (PGG); e diferença percentual da média em relação ao nado livre ( $\Delta\%$ ). .....99

**Tabela 9** - Velocidade média (VM15m): Média, desvio padrão (DP), mínimo, máximo, intervalo de confiança 95% limite inferior (IC 95% LI) e superior (IC 95% LS), e coeficiente de variação (CV) no nado livre (LVR), com palmar pequeno (PP), médio (PM), grande (PG) e extragrande (PGG); e diferença percentual da média em relação ao nado livre ( $\Delta\%$ ). .....100

## **LISTA DE EQUAÇÕES**

<b>Equação 1</b> .....	<b>35</b>
<b>Equação 2</b> .....	<b>39</b>
<b>Equação 3</b> .....	<b>39</b>
<b>Equação 4</b> .....	<b>43</b>
<b>Equação 5</b> .....	<b>46</b>
<b>Equação 6</b> .....	<b>46</b>
<b>Equação 7</b> .....	<b>47</b>
<b>Equação 8</b> .....	<b>48</b>
<b>Equação 9</b> .....	<b>55</b>
<b>Equação 10</b> .....	<b>56</b>
<b>Equação 11</b> .....	<b>83</b>
<b>Equação 12</b> .....	<b>83</b>
<b>Equação 13</b> .....	<b>83</b>

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

---



---

$\lambda$	Comprimento da onda
$\mu$	Coeficiente de viscosidade dinâmica
%	Percentual
%G	Gordura corporal relativa
$\Delta F$	Varição da força
$\Delta t$	Varição do tempo
$\theta$	Ângulo
$\Sigma$	Soma
°C	Graus centígrados
a	Aceleração
<b>AMB</b>	Área muscular do braço
<b>C.f-t</b>	Curva força x tempo
<b>CB15m</b>	Comprimento de braçadas no teste de velocidade
<b>CBDA</b>	Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos
<b>C<sub>BR</sub></b>	Circunferência do braço
<b>C<sub>d</sub></b>	Coeficiente de forma de resistência
<b>CEFISE</b>	Centro de Estudos em Fisiologia do Esporte
<b>ciclos /min</b>	Ciclos por minuto
<b>CV</b>	Coeficiente de variação
<b>D</b>	Arrasto total
<b>DC</b>	Densidade corporal
<b>dV</b>	Diferença entre a velocidade da camada de água
<b>dZ</b>	Diferença na espessura das camadas de água
<b>D<sub>f</sub></b>	Arrasto de forma ou pressão
<b>D<sub>fri</sub></b>	Arrasto friccional
<b>D<sub>ond</sub></b>	Arrasto de onda
<b>DP</b>	Desvio padrão

<b>DUR</b>	Duração da braçada
<b>Emec</b>	Eficiência mecânica
<b>Eprop</b>	Eficiência propulsiva
<b>Eq.</b>	Equação
<b>FB15m</b>	Frequência de braçadas no teste de velocidade
<b>Fc</b>	Frequência de corte
<b>FEF</b>	Faculdade de Educação Física
<b>F<sub>méd</sub></b>	Força média
<b>F<sub>mín</sub></b>	Força mínima
<b>F<sub>pico</sub></b>	Força pico
<b>F<sub>prop</sub></b>	Forças propulsoras
<b>Fr</b>	Número de froude
<b>F<sub>res</sub></b>	Forças de arrasto
<b>G</b>	Aceleração da gravidade (9.8 m/s)
<b>g</b>	Gramas
<b>H</b>	Comprimento do eixo axial do corpo ou altura
<b>Hg</b>	Mercúrio
<b>Hz</b>	Hertz
<b>IC 95% LI</b>	Intervalo de confiança 95% limite inferior
<b>IC 95% LS</b>	Intervalo de confiança 95% limite superior
<b>I<sub>mpF</sub></b>	Impulso
<b>K</b>	Constante
<b>kg</b>	Quilogramas
<b>kgf</b>	Quilograma força
<b>kgf·s</b>	Quilogramas força segundo
<b>kgf/s</b>	Quilogramas força por segundo
<b>LVR</b>	Nado livre de equipamentos
<b>ma</b>	Massa
<b>mm<sup>2</sup></b>	Milímetro quadrado
<b>m/ciclo</b>	Metros por ciclo
<b>P<sub>d</sub></b>	Potência útil para vencer o arrasto

<b>Pext</b>	Potência mecânica externa
<b>PGG</b>	Palmar extragrande – 552 cm <sup>2</sup>
<b>PG</b>	Palmar grande – 462 cm <sup>2</sup>
<b>Pk</b>	Potência perdida na movimentação da água
<b>PM</b>	Palmar médio – 352 cm <sup>2</sup>
<b>Pmet</b>	Potência metabólica
<b>PP</b>	Palmar pequeno – 280 cm <sup>2</sup>
<b><math>ma \cdot v^2 / 2</math></b>	Energia cinética
<b>S<sub>fr</sub></b>	Área de superfície do corpo
<b>S<sub>m</sub></b>	Área de secção transversa máximo do corpo
<b>ST</b>	Soma das dobras
<b>TDF</b>	Taxa de desenvolvimento de força
<b>TFpico</b>	Tempo para força pico
<b>TRI</b>	Dobra tricipital
<b>UNICAMP</b>	Universidade Estadual de Campinas
<b>VM15m</b>	Velocidade média em 15 m
<b>Vh</b>	Velocidade de casco
<b>W</b>	Watts

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	29
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	33
2.1 Geral .....	33
2.2 Específicos .....	33
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	35
3.1 Forças determinantes ao deslocamento na natação .....	35
3.1.1 Forças de arrasto .....	35
3.1.1.1 Arrasto friccional .....	39
3.1.1.2 Arrasto de forma ou pressão .....	42
3.1.1.3 Arrasto de onda .....	44
3.1.2 Forças de propulsão .....	47
3.1.2.1 Eficiência propulsiva .....	54
3.2 O Treinamento de força na natação .....	57
3.2.1 Definições e aplicações da força .....	57
3.2.2 Implementos, métodos e efeitos do treinamento .....	62
3.2.2.1 Fora da água .....	62
3.2.2.2 Dentro da água .....	69
3.2.2.2.1 O palmar .....	71
<b>4. HIPÓTESES</b> .....	77
<b>5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	79
5.1 Sujeitos .....	79
5.2 Delineamento experimental .....	80

5.2.1 Avaliação antropométrica e composição corporal .....	82
5.2.2 Teste de força .....	84
5.2.3 Teste de velocidade .....	89
5.1.3 Análise estatística .....	92
<b>6 RESULTADOS</b> .....	<b>93</b>
6.1 Características do treinamento e experiência competitiva .....	93
6.2 Efeito do tamanho do palmar na curva força-tempo .....	95
6.3 Efeito do tamanho do palmar na velocidade média, na frequência de braçadas e no comprimento de braçada.....	100
<b>7 DISCUSSÃO</b> .....	<b>103</b>
7.1 Efeito do tamanho do palmar na curva força-tempo .....	103
7.2 Efeito do tamanho do palmar na velocidade média, na frequência de braçadas e no comprimento de braçada .....	110
<b>8 CONCLUSÕES</b> .....	<b>113</b>
<b>9 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>115</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>139</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>147</b>

# 1 Introdução

Segundo Verkhoshansky (1999), o sucesso desportivo na maioria das modalidades esportivas é determinado pela velocidade, isto é, a realização de uma dada distância num menor espaço de tempo. Nesses casos, é razoável que o desenvolvimento desta capacidade seja o alvo do programa de treinamento.

Conforme a primeira lei do movimento proposta por Newton, o estado de repouso ou movimento retilíneo uniforme de um corpo só pode ser alterado mediante a ação de uma força sobre o mesmo (BIXLER, 2008). Logo, o conhecimento das forças atuantes no corpo durante a execução do gesto esportivo torna-se sumamente importante para qualquer intervenção na velocidade.

Particularmente na natação, o atleta sofre ação de basicamente quatro forças: (1) peso ou atração vertical que o campo gravitacional da Terra exerce sobre os corpos que se encontram próximos à sua superfície direcionando-os para baixo, (2) empuxo, que é a força vertical para cima que atua sobre um corpo imerso em um fluído, que passa pelo seu centro de massa, e é igual ao peso do volume do líquido deslocado, (3) arrasto, que se opõe ao movimento de um corpo em deslocamento, e (4) propulsão, que impulsiona os nadadores à frente.

Embora existam translações e rotações que acontecem em função dos movimentos cíclicos de pernas, braços, cabeça e tronco, o principal movimento do centro de massa ocorre ao longo do eixo longitudinal do corpo do nadador, ou seja, em paralelo às raias (BIXLER, 2008). Isso faz com que o interesse recaia com maior ênfase sobre as forças de arrasto e propulsão.

A magnitude do arrasto é fundamentalmente determinada pelas dimensões corporais e pela capacidade técnica do indivíduo (BIDEAU et al., 2003; CORRÊA et al., 2007; HUIJING et al., 1988; SHAHBAZI et al., 2008; VORONTOV e RUMYANTSEV, 2004a). Já a propulsão, além de também sofrer fortes influências da habilidade técnica, é determinada pela melhora dos sistemas de fornecimento de energia e dos aspectos neuromusculares envolvidos no gesto.

A administração das cargas de treino, que devem estar alinhadas às exigências da modalidade, proporcionará respostas diversas (i.e., mecânicas, bioquímicas, fisiológicas, neuromusculares e/ou psicológicas) que influenciarão a magnitude da alteração longitudinal dessas forças físicas. Como bem documentado na literatura, a natação é uma modalidade dependente da potência (COSTIL et al., 1980; SHARP et al., 1982), ou seja, do produto da força pela velocidade (BADILLO e AYESTARÁN, 2001; HAKINNEN e KRAEMER, 2004), e, nesse caso, pelo fato das braçadas já serem realizados em alta velocidade, o desenvolvimento relativo à essa variável fica mais proeminentemente associado ao aumento da força (STONE et al., 2004).

Particularmente no nado crawl, os membros superiores respondem por aproximadamente 85% da força propulsora total (TOUSSAINT et al., 2000) e, justamente por isso, boa parte do treinamento é voltada para o desenvolvimento deles. Entre os diversos elementos utilizados durante os treinos de força dentro da água, o palmar tem recebido especial atenção da comunidade científica por proporcionar um aumento da resistência hidrodinâmica a ser superada a cada braçada (GOURGOULIS et al., 2006, 2008a, 2008b; TOUSSAINT et al., 1991, 1989; OGITA et al., 1999), devido à ampliação artificial da área da mão, e ainda assim preservar a similaridade mecânica (GOURGOULIS et al., 2006, 2008a, 2008b; MONTEIL e ROUARD, 1992, 1994; STONER e LEUDTKE, 1979; TELLES, 2008), metabólica (OGITA et al., 1999; OGITA e TABATA, 1993) e neuromuscular (MONTEIL e ROUARD, 1992, 1994) com o nado sem material.

Devido ao reconhecimento científico e também ao seu baixo custo, esse elemento tem sido igualmente aceito pela comunidade de técnicos e atletas. Invariavelmente, isso atraiu a atenção dos fabricantes de material esportivo, que têm lançado no mercado uma enorme quantidade de modelos. No Brasil, é comum a utilização de um formato de palmar, disponibilizado em quatro tamanhos (i.e., 280, 352, 462 e 552 cm<sup>2</sup> de área), já utilizados em estudos anteriores (BARBOSA, 2006; MARINHO, 2008; TELLES, 2008).

A questão dos diferentes tamanhos de palmar já foi abordada em estudos anteriores (GOURGOULIS et al., 2009, 2008b, 2006; MONTEIL e ROUARD,

1992a), que se focaram fundamentalmente na comparação entre a mecânica empregada na braçada do nado livre e do nado utilizando o material com diferentes áreas. Mesmo esse sendo um passo importante e necessário, é preciso ter em vista que a razão principal para o uso desse elemento é o desenvolvimento da força propulsora. Assim, embora se acredite que essa distinção do tamanho possibilite explorar diferentes manifestações de força, o que, inevitavelmente, repercutiria na forma de se estruturar os treinos de força, esse tema não parece ter sido alvo de investigações por pesquisadores e/ou especialistas na área, tanto no Brasil como no exterior. Então, considerando a importância da variável “resistência externa” na elaboração da carga de treino, a compreensão dos efeitos ocasionados pelo uso de diferentes tamanhos de palmar na produção força não é apenas razoável, mas extremamente desejável. Diante da possibilidade de aumento expressivo na força propulsora, é natural se esperar também alterações na velocidade de nado.

Neste cenário, o presente estudo tem a intenção de contribuir para o avanço do conhecimento na natação e abrir novas perspectivas para o estudo do palmar analisando as respostas agudas da força e da velocidade frente à utilização de diferentes tamanhos de palmar.

## **2 Objetivos**

### **2.1 Geral**

Analisar os efeitos agudos da utilização de diferentes tamanhos de palmar nos parâmetros biomecânicos de nadadores de crawl de elite.

### **2.2 Específicos**

1. Analisar o efeito do tamanho do palmar na curva força x tempo;
2. Analisar o efeito do tamanho do palmar na velocidade média, na frequência e no comprimento de braçadas.

## **3 Referencial Teórico**

### **3.1 Forças determinantes ao deslocamento na natação**

#### **3.1.1 Forças de arrasto**

O desempenho na natação envolve complexos fatores se comparado a outras modalidades, mais particularmente pelo fato de o corpo estar em contato direto com a água. Por esta razão, o rendimento na modalidade relaciona-se não apenas com as forças que o indivíduo gera para se deslocar, mas, especialmente, com as forças que o meio líquido exerce no corpo durante esse deslocamento (TOUSSAINT et al., 1994).

Segundo Maglischo (1999, p. 279), “a água exerce um efeito retardador muito profundo nos objetos que se deslocam por meio dela”. Por causa da pressão interna, da viscosidade e densidade da água, que é aproximadamente 800 vezes maior que a do ar ( $998.2 \times 1205 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a  $20^\circ\text{C}$  e  $760 \text{ mmHg}$ ) (CAPUTO et al., 2006), sempre que um corpo busca ir à frente contra ela, esta, por sua vez, exerce uma força contrária ao deslocamento (MAGLISCHO, 1999; VORONTOV e RUMYANTSEV, 2004a). A relação dessa força, denominada de arrasto, com a velocidade é expressa por uma equação quadrática (Equação 1) (TOUSSAINT et al., 2004), e, por isso, ao duplicar a velocidade, a resistência da água sobre o corpo quadruplicará.

$$D = k \cdot v^2 \text{ (Eq. 1)}$$

Onde  $D$  é o arrasto total,  $k$  é uma constante e  $v$  a velocidade do nadador.

O arrasto total que age sobre o nadador tem sido diferenciado em passivo e ativo, sendo determinados pelo comportamento do corpo dentro do meio aquático. O arrasto passivo é verificado em situações onde o corpo se desloca de

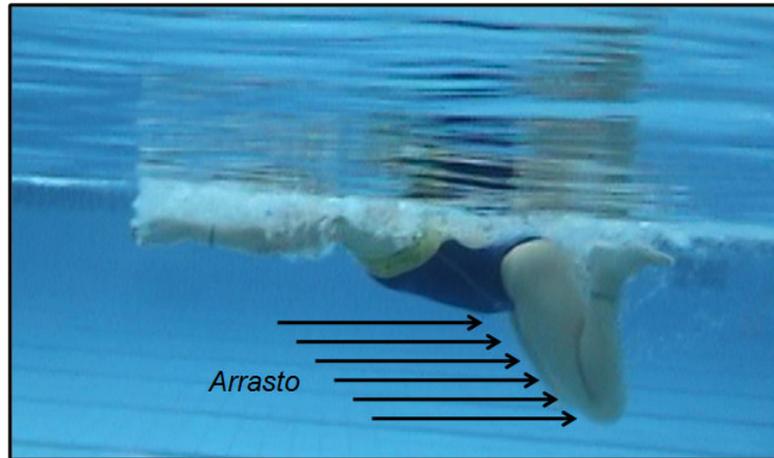
maneira inerte ao meio líquido (VORONTOV e RUMYANTSEV, 2004a), por exemplo, (1) quando o nadador é passivamente exposto a um fluxo de água em uma piscina ergométrica, ou (2) rebocado em uma posição fixa ou (3) desliza pela água sem movimentos, como nas saídas, viradas e em algumas breves posições dentro do ciclo de nado, especialmente o peito e borboleta (VORONTOV e RUMYANTSEV, 2004a).

Entre os fatores determinantes para aumento ou diminuição desse arrasto estão: a densidade da água, a velocidade do fluxo de água que interage com o corpo, as dimensões do corpo, bem como a sua posição na água. Resumidamente, o arrasto passivo pode ser representado como o resultado do arrasto total menos o arrasto ativo ou induzido (BIXLER, 2008).

O termo arrasto ativo ou induzido é utilizado para definir a resistência hidrodinâmica adicional gerada pelos desvios na posição corporal ocasionados pelos movimentos propulsivos voluntários (BIXLER, 2008; TOUSSAINT et al., 2004). Em complemento ao arrasto passivo, esse conceito foi introduzido por considerar de forma mais completa as condições encontradas na natação competitiva, e seu aumento e diminuição tem sido primordialmente relacionados às variáveis antropométricas e à mecânica de nado (SHAHBAZI et al., 2008; VORONTOV e RUMYANTSEV, 2004).

No tocante às características antropométricas, alguns estudos apresentaram fortes correlações entre o arrasto e a área de secção transversa do corpo (CORRÊA et al., 2007; HUIJING et al., 1988), corroborando com os resultados de Toussaint et al. (1988), que verificaram maior resistência hidrodinâmica nos homens do que nas mulheres ( $30v^2$  e  $24v^2$ , respectivamente), possivelmente associada ao fato dos homens apresentarem maiores volumes musculares.

Mas, embora as dimensões corporais ocupem um importante papel na geração de arrasto ativo, a literatura acredita que ele também seja fortemente modulado pela mecânica de nado empregada (BIDEAU et al., 2003; SHAHBAZI et al., 2008; VORONTOV e RUMYANTSEV, 2004a), de modo que algumas técnicas de nado possuem posições corporais mais favoráveis e permitem maior velocidade ao nadador do que outras. No estudo de White et al. (2004), arrasto e velocidade foram mensurados nos quatro nados, e justamente no nado peito, onde o posicionamento de pernas é especialmente desfavorável (Figura 1), os valores de arrasto foram maiores.



**Figura 1 - Representação do arrasto gerado pela pernada no nado peito.**

Mesmo que o arrasto venha sendo alvo de diversos estudos, os resultados até então obtidos apresentam grande disparidade (HAVRILUK, 2007) advindos principalmente das limitações dos métodos empregados e também das dificuldades inerentes à mensuração de uma variável tão complexa.

Os primeiros estudos chegaram aos valores de arrasto ativo se baseando no cálculo indireto, isto é, nas alterações do consumo de oxigênio quando um arrasto adicional era aplicado no nadador (CLARYS, 1978, 1979; DI PRAMPERO et al., 1974; ZAMPARO et al., 2009). Em seguida, vieram os métodos diretos, que (1) avaliam a força propulsora da mão do nadador em condições normais ou muito próximas do nado convencional (HAVRILUK, 2003; TOUSSAINT et al., 1988), (2) analisam a alteração da velocidade entre um esforço em nado livre e outro com adição (KOLMOGOROV e DUPLISHEVA, 1992; PESSÔA-FILHO, 2007; XIN-FENG et al., 2007) ou subtração de arrasto (ALCOCK e MASON, 2007), assumindo que a potência muscular em ambos os esforços é similar, e a diferença entre os desempenhos é atribuída ao arrasto adicional ou diminuído; ou (3) consideram a velocidade instantânea diante de uma carga conhecida (BIDEAU et al., 2003). Mais recentemente, outro método indireto foi introduzido, que insere nos seus cálculos a velocidade máxima obtida em 10 m e também a distância de deslize obtida depois desse período de aceleração (SHAHBAZI et al., 2008).

Apesar de algumas metodologias apresentarem erros sistemáticos de medida e/ou violações às bases teóricas da mecânica dos fluidos, a literatura aponta que diminuição do arrasto através da evolução mecânica é um dos caminhos para se melhorar o desempenho.

Neste caso, torna-se importante conhecer as diferenciações do arrasto total, seja em sua forma passiva ou ativa, em (1) friccional, (2) de forma (3) de onda, (4) de borrimo (5) de ventilação e (6) de interferência, termos bastante usuais na engenharia naval. Apesar de tantas distinções, a literatura direcionada à natação tem aproveitado pouco de todos os conceitos e avanços da mecânica dos fluídos (BIXLER, 2008), e opta por utilizar apenas três dos tipos de arrasto citados acima: friccional, de forma e de onda. Esses três serão abordados adiante com mais ênfase, todavia, é de suma importância compreender pelo menos as definições dos demais (borrimo, ventilação e interferência).

O arrasto de borrimo pode ser diferenciado em estado constante ou impulsivo. O primeiro é identificado “quando as ondas produzidas por um nadador se aspergem” (BIXLER, 2008 p. 93), como uma continuação do arrasto de onda (BIXLER, 2008), que será explorado adiante. O segundo acontece em consequência de um evento dinâmico brusco (BIXLER, 2008), mais especificamente movimentos propulsivos voluntários (batimento de pernas, entrada da mão na água, etc.). Em função da repetição dos movimentos propulsivos, característicos da modalidade, o arrasto de borrimo impulsivo acontece de maneira quase sempre cíclica (BIXLER, 2008).

O arrasto de ventilação ocorre quando há entrada de ar na água, normalmente levado pelos segmentos propulsivos. Segundo Bixler (2008 p. 65), “esse fenômeno muda a densidade média da água na área em que ele ocorre” e pode alterar a capacidade de propulsão devido às bolhas que, temporariamente “mudam” a superfície efetiva da mão (BIXLER, 2008).

Finalmente, o arrasto de interferência é presente quando há mudança no fluxo de água ao redor do nadador, que pode ser consequência de fatores externos, como outro nadador, a raia, entre outros, e/ou internos, como a aproximação acentuada dos membros do corpo durante os movimentos no nado (BIXLER, 2008).

Como mencionado anteriormente, a literatura aplicada à natação tem focado a estimativa do arrasto total aos três primeiros tipos anteriormente citados, como representado na equação 2:

$$D = D_{fri} + D_f + D_{ond} \text{ (Eq. 2)}$$

Onde  $D$  é o arrasto total,  $D_{fri}$  o arrasto friccional,  $D_f$  o arrasto de forma e  $D_{ond}$  o arrasto de onda.

A contribuição de cada um para o arrasto total irá variar conforme a velocidade do corpo no meio aquático. Por exemplo: numa velocidade de 1 m/s a participação do  $D_{fri}$ ,  $D_f$  e  $D_{ond}$  será de aproximadamente 5%, 80% e 15%, respectivamente, e se altera para 3%, 40% e 57% quando numa velocidade de 2 m/s (TOUSSAINT, 2001).

### 3.1.1.1 Arrasto friccional

Quando o nadador se desloca, sua superfície (pele) entra em contato com as moléculas de água, que formam uma camada ao redor do corpo, denominada camada limítrofe, e que é transportada junto com o atleta (MAGLISCHO, 1999).

Em função da viscosidade, essa camada irá interagir com a próxima, mais externa e adjacente, ainda que com menos vigor (VORONTOV e RUMYANTSEV, 2004a). Esse processo se reproduzirá até o momento em que as moléculas de água passarão a retirar energia cinética do corpo do nadador para causar turbilhamentos (VORONTOV e RUMYANTSEV, 2004a), gerando uma diminuição da velocidade.

Todos estes eventos caracterizam o arrasto friccional, que aumenta de maneira linear ao aumento da velocidade de nado (MAGLISCHO, 1999; VORONTOV e RUMYANTSEV, 2004a) e é descrito pela equação 3 a seguir:

$$D_{fri} = \mu (dV/dZ) S_{fr} \text{ (Eq. 3)}$$

Onde  $D_{fri}$  representa o arrasto friccional,  $\mu$  é o coeficiente de viscosidade dinâmica ( $\mu = 0.897 \times 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-2}$  a  $26^\circ\text{C}$ ),  $dV$  é a diferença entre a velocidade da camada de água,  $dZ$  é a diferença na espessura das camadas de água e  $S_{fr}$  é a área de superfície do corpo.

Como forma de diminuir o componente de fricção do arrasto total, muitos nadadores têm o hábito de remover os pêlos corporais em eventos competitivos importantes (VILLAS-BOAS, 2001). Não obstante, não existem evidências de que tal prática melhore o desempenho, haja vista que esse procedimento é adotado apenas em competições principais, onde é esperado o pico de desempenho (VILLAS-BOAS, 2001). Dessa forma, os efeitos do treinamento e da raspagem podem ser confundidos. É possível, contudo, que haja um aumento da sensibilidade do nadador à pressão, ao tato ou à água, e, dessa forma, a coordenação melhore (COUNSILMAN, 1980).

Algumas marcas de materiais esportivos investiram muito no desenvolvimento de roupas especiais de competição, prometendo reduções drásticas de até 7.5% do arrasto total. No entanto, o efeito proporcionado pelos trajes não parece ter essa magnitude, como mostrado pela maioria dos estudos publicados.

Chatard e Wilson (2006) compararam maiôs normalmente utilizados por nadadores com as roupas especiais que (1) cobriam todo o corpo (FB) e/ou (2) apenas as pernas (L). A diminuição do arrasto passivo ocorreu de forma significativa em ambos (FB:  $6.2\% \pm 7.9\%$  e L:  $4.7\% \pm 4.4\%$ , respectivamente), bem como a melhora do desempenho em distâncias de 50 a 800 m, que foi de  $3.2 \pm 2.4\%$  maior com os trajes. Os autores apontaram ainda diminuição relevante no gasto energético, embora FB e L não tenha se diferenciado.

Em corroboração, Mollendorf et al. (2004) verificaram que, na velocidade de 2,2m/s, as diminuições no arrasto passivo total atingiram entre 3% e 10% para os modelos que cobriam do quadril aos tornozelos e dos ombros aos joelhos, respectivamente, sugerindo que os trajes podem ser um caminho para a melhora do desempenho.

Com resultados ainda mais expressivos, Pendergast et al. (2006) reportou reduções de até 16% no arrasto passivo total, e a sua decomposição revelou

que o traje ocasiona diminuição significativa no arrasto de forma ou pressão, sem aumentar relevantemente o componente friccional e de onda.

As variações dos resultados reportados podem ser decorrentes do método utilizado na mensuração do arrasto passivo, das características hidrodinâmicas dos trajes, que possuem diferenças dependendo do fabricante, e/ou ainda em razão das variações das dimensões corporais de cada atleta e/ou prova em que se compete (TAKAGI, 2004). Mas, ainda que importantes alterações tenham sido detectadas, alguns destes resultados não podem ser plenamente aplicados para a natação competitiva, dada a evidente diferença entre as condições passivas e ativas (TAKAGI, 2004).

Nesse contexto, Toussaint et al. (2002a) e Toussaint (2001) avaliaram o arrasto ativo e não verificaram alterações significantes quando os trajes especiais foram utilizados. Os autores detectaram, no entanto, que, dentre toda a amostra, houve um dos nadadores que experimentou melhoras relevantes no desempenho ao utilizar a roupa.

Há ainda outro estudo publicado recentemente que avaliou os efeitos dos trajes apenas no desempenho e indicadores fisiológicos. Tiozzo et al. (2009) apresentaram melhora média de 1.6% no desempenho em provas de 50m, associadas ao momento pós-virada, em que há o deslize e o batimento de pernas submerso. Verificou-se ainda que, para uma mesma velocidade, menores concentrações de lactato foram detectadas quando as roupas foram utilizadas.

As variações dos resultados podem ter acontecido pelos mesmos motivos citados anteriormente. Além disso, devido à grande evolução experimentada num curto espaço de tempo, estudos distintos podem ter avaliado roupas com inserções tecnológicas bastante diferentes. Mas, mesmo havendo divergências nos resultados científicos, a opção dos atletas sempre foi por utilizar os trajes, haja vista que, na final dos 50 m livre da última Olimpíada em Pequim 2008, 100% deles utilizaram alguma roupa especial. Essa “facilitação”, porém, terminou em 2010, quando a *Fédération Internationale de Natation Amateur* (FINA), órgão máximo da natação mundial, delimitou o uso destes equipamentos a apenas bermudas ou peças menores.

### 3.1.1.2 Arrasto de forma ou pressão

O arrasto de forma ou pressão é o mais importante tipo para os nadadores (BIXLER, 2008) e está relacionado com a alteração do fluxo de água que ocorre em função da forma, tamanho, velocidade e direção do corpo (BIXLER, 2008; TOUSSAINT et al., 2000).

Quando não há movimentações na água, suas moléculas se deslocam contínua e regularmente, formando correntes com velocidade e pressão constantes, tendo o chamado fluxo laminar (VORONTOV e RUMYANTSEV, 2004a). Ao se deslocar dentro dela, o corpo causa uma agitação no fluxo à sua frente, em função da separação da camada limite (ver arrasto friccional), de modo que as moléculas são repelidas em direções aleatórias (MAGLISCHO, 1999; VORONTOV e RUMYANTSEV, 2004a). Essa movimentação das correntes de água, designada de fluxo turbulento, resulta em um aumento de pressão naquela região (MAGLISCHO, 1999; VORONTOV e RUMYANTSEV, 2004a).

Por outro lado, a parte de trás do seu corpo deixa espaços vazios na água devido aos sulcos corporais. Nestas regiões a pressão é baixa, pois não existem ali muitas moléculas de água, e por isso formam-se os redemoinhos, também chamados de vórtices. Com essa diferença de pressão, ou gradiente de pressão (VORONTOV e RUMYANTSEV, 2004a), o fluxo tende a ir de regiões de maior para regiões de menor pressão, o que necessariamente reduz a velocidade do nadador até que ele pare.

Quanto mais retardado for o ponto de separação da camada limite, menor será o gradiente de pressão, que, conseqüentemente, resultará num menor arrasto de forma (BIXLER, 2008). É também por isso que o nado submerso tem sido tão utilizado, sobretudo nos nados borboleta, costas e crawl, pois a posição de *streamline* (Figura 2) dos braços dá ao nadador uma forma mais afilada, permitindo que a direção das moléculas de água se altere de maneira gradual e haja, portanto, diminuição da turbulência frontal e a transferência da camada limite para mais próximo das pernas, que é onde acontecem os movimentos propulsivos.

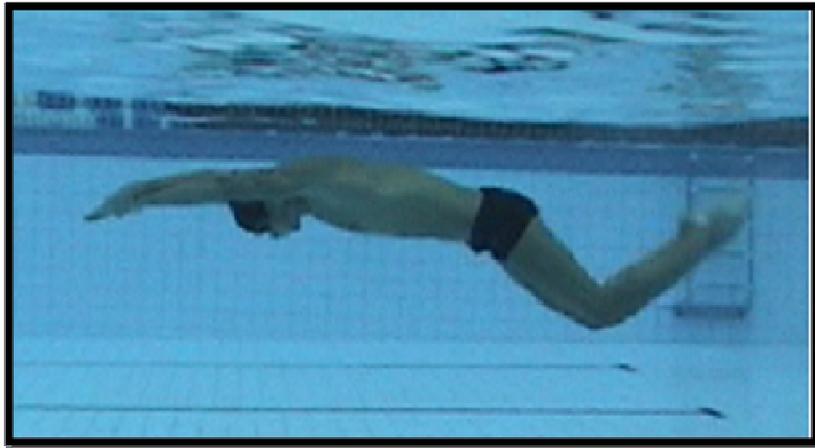


Figura 2 - Visão lateral submersa de um nadador na posição de *streamline*.

Dados de Clarys (1978) comprovam que a resistência se difere em corpos com comprimento e área de secção transversa próximos, mas com diferentes perfis hidrodinâmicos: a forma de gota, o golfinho e o corpo humano, por exemplo, apresentam um coeficiente de arrasto de forma de 0.05, 0.05-0.08 e 0.58-1.04, respectivamente, dados explicados pelo grande número de centros de resistência de pressão locais (cabeça, ombros, joelhos, etc.) neste último. Sendo assim, o porte (comprimento e largura) e a forma (músculos mais ou menos volumosos) dos nadadores influenciam o denominado arrasto de forma ou pressão.

Segundo Vorontov e Rumyantsev (2004a), a força do arrasto de forma se altera conforme a equação que segue:

$$D_f = C_d (m a \cdot v^2 / 2) S_m \text{ (Eq.4)}$$

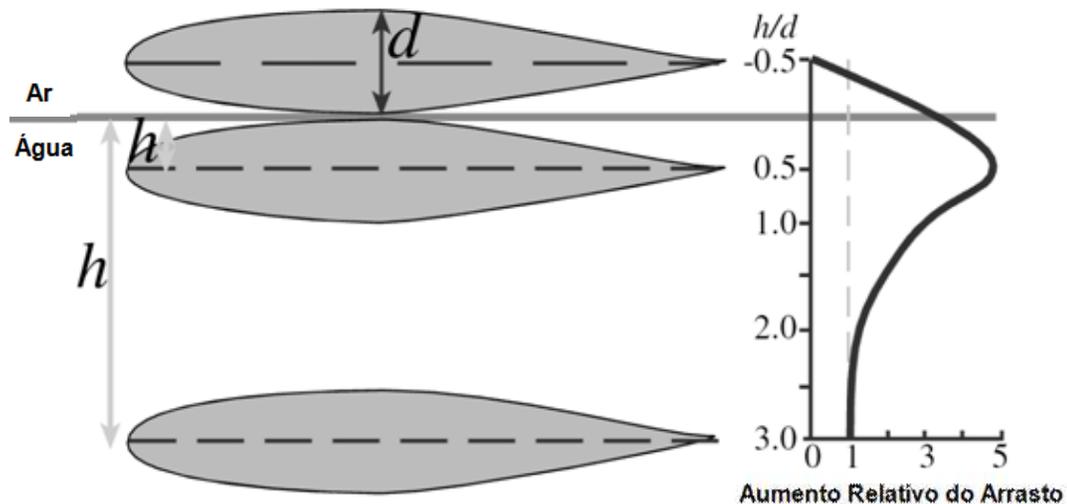
Sendo que  $C_d$  é o coeficiente de forma de resistência,  $m a \cdot v^2 / 2$  representa a energia cinética de um volume de fluido e  $S_m$  é a área de secção transversa máxima do corpo interagindo com o fluxo de água.

Em razão da relação quadrática entre esse tipo de arrasto e a velocidade, é de fundamental importância levar em conta as condições que provocam seu aumento.

### 3.1.1.3 Arrasto de onda

Segundo Vennell et al. (2006), o arrasto total gerado pelo reboque passivo de um manequim na superfície da água chega a ser 2.4 vezes maior do que quando o corpo está totalmente imerso. Isso ocorre devido aos turbilhões gerados pela locomoção de um corpo em baixa profundidade que provocam deformações da superfície da água, que é justamente o que caracteriza o arrasto de onda.

Quando analisado na presença de movimentos propulsivos voluntários, Toussaint (2001) coloca que esse tipo de arrasto só deixa de interferir significativamente a partir de uma profundidade três vezes superior ao diâmetro do objeto mergulhado na água, conforme exemplifica a figura 3.

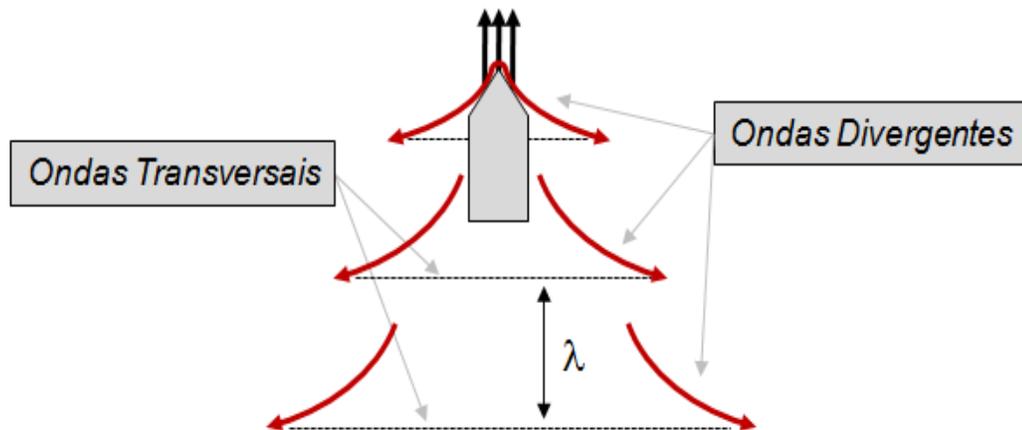


**Figura 3 - Efeito da profundidade no arrasto total.  $d$  = diâmetro;  $h$  = profundidade (Adaptado de TOUSSAINT, 2001).**

As ondas que os nadadores encontram ao se deslocarem podem ser externas, provenientes do vento ou de outros atletas, ou internas, geradas por eles mesmos (BIXLER, 2008).

As ondas externas podem desacelerar o corpo por diferentes razões. Entre elas, o fato de as ondas tornarem o fluido a redor do nadador mais turbulento (BIXLER, 2008). Outra causa é que, ao se confrontar com as ondas, o corpo em movimento encontra ângulos diferentes de quando a superfície da água está plana. Assim, o contato com o líquido torna-se mais agressivo, e é quando parte da energia cinética do nadador se dissipa em respingos e/ou borrifos (BIXLER, 2008). Ademais, assim como a parede, o corpo, em contato com a onda, perde energia ao refleti-la (BIXLER, 2008). Finalmente, a associação dos efeitos citados acima também pode influenciar o atleta a uma perda da percepção do nado em situações de rugosidade na água (BIXLER, 2008).

As ondas internas são subdivididas em divergentes, “empurradas para fora pelas partes traseiras e dianteiras do corpo” (VORONTOV e RUMYANTSEV, 2004a, p. 147) e transversais, que se “movem em um ângulo reto na direção do nado” (VORONTOV e RUMYANTSEV, 2004a, p. 147) (Figura 4).



**Figura 4 - Vista superior da onda divergente e transversal. As três setas à frente do corpo representam o sentido do deslocamento. A seta dupla indica o comprimento da onda de crista a crista ( $\lambda$ ) (Adaptado de BIXLER, 2008).**

Na superfície, elas se deslocam na mesma velocidade do nadador, e o seu comprimento de uma crista à outra ( $\lambda$ , figura 4) aumenta de maneira proporcional à

velocidade do nadador (TOUSSAINT et al., 2002b, 2009; VORONTOV e RUMYANTSEV, 2004a), como mostrado na equação 5:

$$\lambda = \frac{\pi \cdot v^2}{G} \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde  $v$  é a velocidade da água em relação ao objeto e  $G$  é a aceleração da gravidade ( $9.8 \text{ m/s}^2$ ).

Os resultados da engenharia naval mostram que quando a distância entre cristas se iguala ao comprimento do eixo axial do corpo (i.e. altura) atinge-se a chamada velocidade de casco (*hull speed*) ( $Vh$ ) (Equação 6), conforme nomeado por Miller (1975) e citado por Toussaint et al. (2002b) e Vorontov e Rumyantsev (2004a).

$$Vh = \sqrt{\frac{G \cdot h}{2\pi}} \quad (\text{Eq.6})$$

Onde  $G$  corresponde à aceleração da gravidade ( $9.8 \text{ m/s}^2$ ),  $h$  é o comprimento do eixo axial do corpo ou altura.

Se um navio atingir essa condição, ele fica “preso” dentro da onda e todo o esforço para aumentar a velocidade corresponderá a um acréscimo muito relevante no gasto energético (TOUSSAINT et al., 2002b; VORONTOV, RUMYANTSEV, 2004a). Em uma analogia, Toussaint et al. (2002b) estimaram que a velocidade de casco de um nadador que possua estatura de 2.0 m seria de aproximadamente 1.77 m/s. Sabendo que nadadores atingem velocidade média superior a esta (até 2.39 m/s nos 50m livre, correspondente ao recorde mundial de 20.91s – FINA, 2010) o arrasto de onda é efetivamente um fator limitante ao deslocamento no meio líquido.

A magnitude do arrasto de onda pode ser definida pelo número de *Froude* ( $Fr$ ) (TOUSSAINT et al., 1992, 2000, 2005), um parâmetro adimensional que considera a velocidade de nado ( $v$ ), a aceleração da gravidade ( $G$ ) e o comprimento do eixo axial do corpo ou altura ( $h$ ) em seus cálculos (Equação 7). Quanto maior ele for, maior também será a onda gerada na superfície da água.

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{G \cdot h}} \quad (\text{Eq. 7})$$

Conforme a equação acima, um nadador que apresentar maior altura ocasionará menor turbulência no fluxo de água, o que explica, em parte, o fato de a elite da natação mundial ser composta de atletas altos.

Toussaint et al. (2002b) verificaram que o arrasto de onda pode representar até 23% do arrasto total na velocidade de 1.9 m/s. Esse resultado foi obtido considerando que, numa velocidade de 1.6 m/s, a participação desse tipo de arrasto seria 0%. No entanto, Vennell et al. (2006) verificaram que o arrasto de onda a 1.6 m/s, medido passivamente, corresponde a mais de 50% da resistência total. Acredita-se, portanto, que essa participação, medida ativamente (i.e., com a realização de movimentos propulsivos voluntários), seja maior do que simplesmente 21%.

De qualquer forma, é preciso considerar que modificações no posicionamento do braço poderiam auxiliar na diminuição desse tipo de resistência, bem como um melhor aproveitamento do nado submerso, onde o arrasto de onda é bem menor (TOUSSAINT et al., 2002; VENNELL et al., 2006).

### 3.1.2 Forças de propulsão

As principais explicações para a geração de força propulsiva se basearam primeiramente nas três leis do movimento formuladas por Newton, publicadas no ano de 1686. A primeira, também conhecida como inércia, coloca que um corpo permanece em repouso ou em movimento retilíneo uniforme a menos que haja atuação de uma força que cause a alteração deste estado (BIXLER, 2008). A segunda lei complementa dizendo que o sentido e a velocidade do deslocamento do corpo se modificam de maneira proporcional à força aplicada.

Assim, a capacidade de deslocamento de um nadador, mostrada na equação 8, será dependente das forças que atuam sobre ele, que, de uma maneira

sumária, resumem-se em forças propulsoras ( $F_{prop}$ ), que impulsiona à frente, e forças de arrasto ( $F_{res}$ ), contrárias ao movimento (BIXLER, 2008).

$$F_{prop} - F_{res} = ma \cdot a \text{ (Eq. 8)}$$

Onde “ma” representa a massa do nadador e “a” a aceleração obtida.

Daqui, três possibilidades podem ser levantadas: (1) se,  $F_{res} = F_{prop}$ , a velocidade é uniforme ou o corpo está estático; (2) Se,  $F_{res} > F_{prop}$ , existe desaceleração, e (3) se,  $F_{res} < F_{prop}$ , existe aceleração (TOUSSAINT e HOLLANDER, 1994; VORONTOV e RUMYANTSEV, 2004a). Portanto, a melhor forma de se melhorar o desempenho é minimizar ao máximo as forças resistivas e, ao mesmo tempo, potencializar as propulsivas.

Apesar de a propulsão ser usualmente diferenciada do arrasto, o princípio que rege ambos é o mesmo, afinal, a resistência hidrodinâmica se manifesta como (1) a força que diminui a velocidade do nadador e/ou (2) como força de reação a um movimento propulsivo (VORONTOV e RUMYANTSEV, 2004b), sendo este último fundamentado na terceira lei de Newton: “para cada ação é gerada uma reação igual e oposta”.

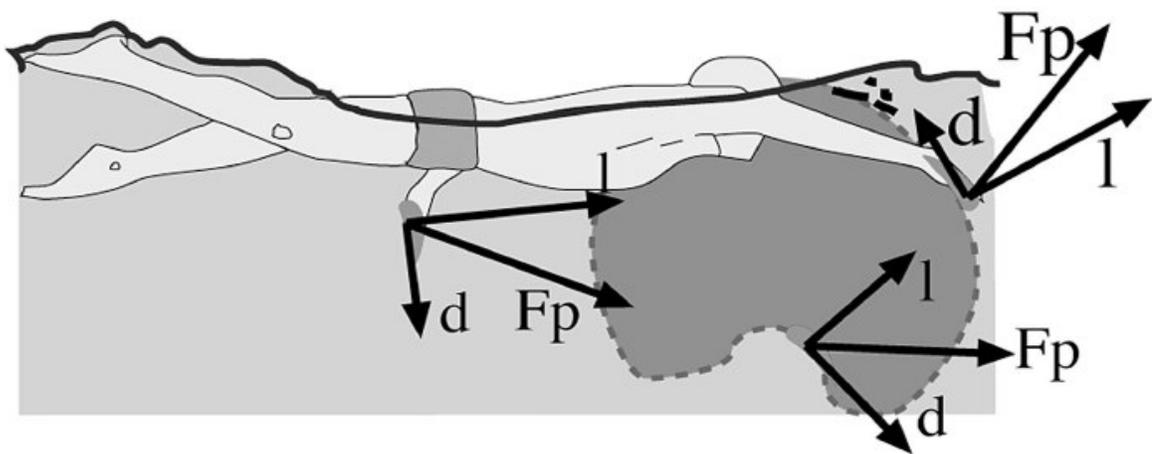
Em ambiente terrestre, particularmente na caminhada ou corrida, quando o indivíduo gera uma força de ação no solo, esse, por sua vez, gera uma força de reação contrária e de igual magnitude no indivíduo. Como o solo permanece imóvel, praticamente toda a força aplicada pelo indivíduo será utilizada para impulsioná-lo para frente.

No meio líquido, a força propulsora é gerada quando o nadador provoca uma mudança de velocidade numa determinada massa de água durante um dado período de tempo (TOUSSAINT et al., 1991, 1989). Como a água não é um ponto fixo onde o nadador pode se apoiar no deslocamento (TOUSSAINT e HOLLANDER, 1994; TOUSSAINT et al., 1989; VORONTOV e RUMYANTSEV, 2004), aquela massa empurrada para trás adquire uma energia cinética, indicando que parte da potência mecânica externa do nadador é utilizada para vencer as forças de arrasto atuantes, ou seja, levá-lo à frente, enquanto outra é dissipada na movimentação da água (BARBOSA e VILLAS-BOAS, 2005; CAPUTO et al., 2006; MCMASTER e TROUP, 2001; SILVA et

al., 2006; TOUSSAINT e BEEK, 1992; TOUSSAINT e HOLLANDER, 1994; TOUSSAINT et al., 1988b, 1989, 1990b, 1991, 2000; VORONTOV e RUMYANTSEV, 2004b).

A maneira com que o nadador conduz os segmentos propulsores, isto é, varia a direção e/ou velocidade da mão e do antebraço, determinará a forma com que o fluxo de água ao redor se movimenta, e, conseqüentemente, a magnitude dos vórtices gerados (ARELLANO, 1999, ARELLANO et al., 2002, 2006; MATSUUCHI et al., 2009; TOUSSAINT et al. 2002c). Foi experimentalmente comprovado que esse complexo comportamento do fluído, em resposta a uma ação externa, pode adicionar uma parcela de força propulsora àquela ordinariamente gerada pelas ações musculares dos nadadores (MATSUUCHI et al., 2009; TOUSSAINT et al. 2002c), sobretudo à força de sustentação.

A força propulsora ou propulsiva total, quando não se alinha com a direção do movimento, pode ser decomposta em força de arrasto, oposta ao movimento, e força de sustentação, perpendicular ao movimento (BIXLER, 2008; GARDANO e DABNICHKI, 2006; MACMASTER e TROUP, 2001; TOUSSAINT e HOLLANDER, 1994; TOUSSAINT et al., 2002c; SCHLEIHAUF et al., 1983, 1988) e a participação de cada uma varia conforme o momento da braçada analisado (BIXLER, 2008) (Figura 5).



**Figura 5 - Representação das forças de propulsão ( $F_p$ ), arrasto ( $d$ ) e sustentação ( $l$ ) na mão no nado crawl (Adaptado de TOUSSAINT e TRUIJENS, 2005).**

Ao contrário do que muitos estudos defenderam, a geração das forças de sustentação na natação não é dependente do princípio de *Bernoulli*<sup>1</sup> (BIXLER, 2008). Baseados nele, alguns autores propuseram que, quando a mão do nadador se move na água, o seu formato de hidrofólio divide o fluxo em duas porções, que passam pelo dorso e pela palma em velocidades diferentes, causando uma diferença de pressão, dando resultado à força de sustentação, de maneira análoga ao que ocorre nas asas de um avião.

No entanto, este princípio se aplica com precisão somente a um fluido incompressível, com viscosidade nula e que corre ao longo de uma forma hidrodinâmica (BIXLER, 2008, p. 97), e no caso da natação, “o fluxo sobre a mão do nadador se separa dela no dorso, contrariando a suposição de fluxo de viscosidade nula” (BIXLER, 2008 p.97). Faz-se necessário, portanto, que princípios mais avançados sejam empregados nos cálculos relativos à geração das forças de sustentação na natação, como as equações diferenciais parciais de *Navier-Stokes* (BIXLER, 2008; ROUBOA et al., 2006; SILVA et al., 2005).

Mas, independentemente disso, a literatura tem concordado que a magnitude dessas forças, isto é, do arrasto e da sustentação, está sujeita a quatro fatores, a saber: (1) superfície propulsiva, (2) velocidade da mão, (3) ângulo de orientação da braçada e (4) ângulo de ataque (BIXLER, 2008; COLWIN, 2000; MAGLISCHO, 1999; TOUSSAINT e BEEK, 1992; VORONTOV e RUMYANTSEV, 2004b).

Uma superfície propulsiva maior possibilita ao atleta acelerar uma maior massa de água (TOUSSAINT et al., 1989, 1991), de onde se espera obter maior força de reação à frente, ou seja, propulsão. Isso não se relaciona apenas à condição antropométrica, isto é, ao tamanho da mão do indivíduo, mas também ao formato dado às mãos durante a braçada e à ocorrência arrasto de ventilação.

A velocidade com que a mão se move determinará o seu nível de interação com a água. Movimentos rápidos irão proporcionar maior geração de força propulsora, uma vez que o arrasto aumenta ao quadrado da velocidade (MARINHO,

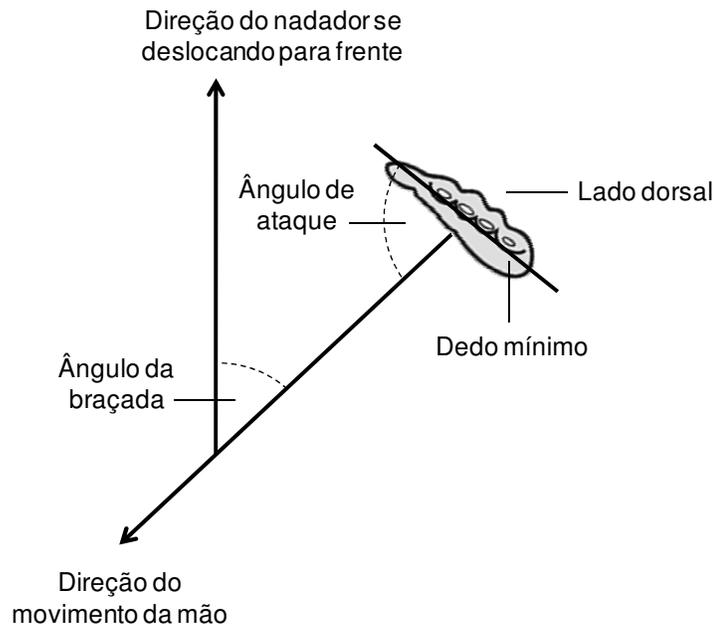
---

<sup>1</sup> "Se a velocidade de uma partícula de um fluido aumenta enquanto ela se escoar ao longo de uma linha de corrente, a pressão do fluido deve diminuir e vice-versa"

2008). É importante, no entanto, que o nadador não inicie o movimento rápido demais de modo que não consiga acelerar a mão durante toda braçada, pois a desaceleração resultará na queda da força, mesmo que o movimento continue indo para trás (BIXLER, 2008; ROUBOA, et al., 2006).

O ângulo de orientação da braçada, ou simplesmente ângulo da braçada, é aquele formado entre a direção do movimento do braço e o sentido do deslocamento do corpo, como exemplificado na figura 6. É possível encontrar ângulos da braçada variados nos diferentes estilos competitivos, sobretudo no nado peito, que atinge valores próximos a  $90^\circ$  (SCHLEIHAUF et al., 1988). Crawl, costas e borboleta permanecem entre  $40$  e  $60^\circ$  (SCHLEIHAUF et al., 1988).

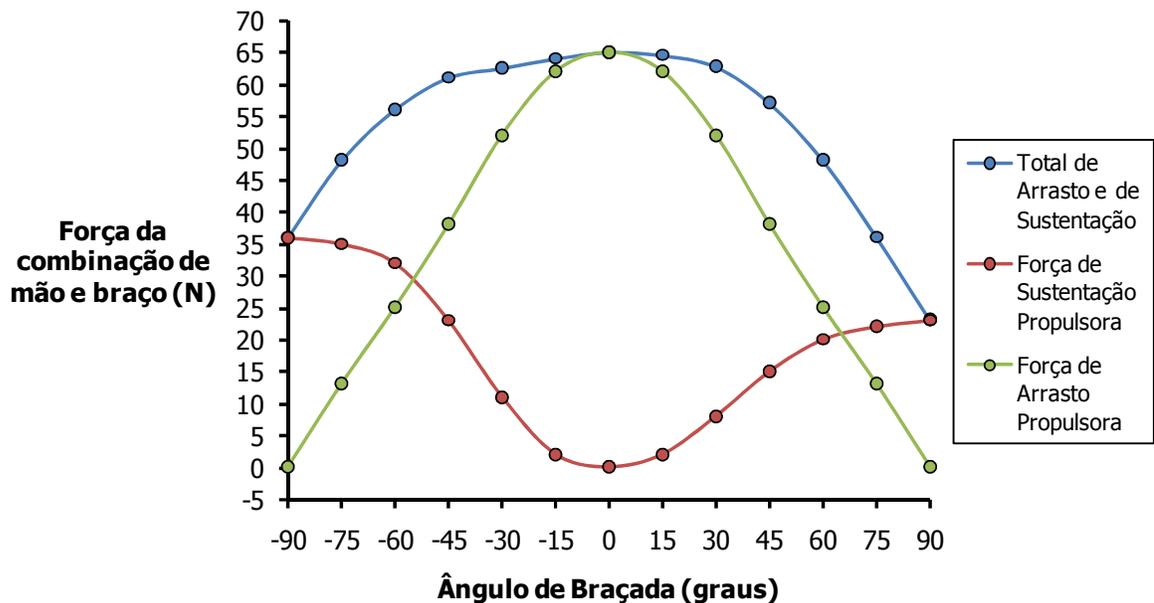
O ângulo de ataque, também ilustrado na figura 6, é definido como aquele a que o objeto, que pode ser o corpo ou segmento propulsor do atleta, inclina-se em relação à direção do movimento (BIXLER, 2008; MAGLISCHO, 1999). Segundo Maglischo (1999) ele pode influenciar, entre outras coisas, na quantidade de bolhas de ar na mão no momento da entrada.



**Figura 6 - Representação do ângulo da braçada e do ângulo de ataque. Visão da mão direita (Adaptado de BIXLER, 2008, p. 105).**

Os primeiros estudos que quantificaram as forças de arrasto e sustentação foram publicados no fim década de 70 por Robert Schleihauf (COLWIN, 2000; MAGLISCHO, 1999), que, na ocasião, criou uma réplica da mão humana e a submeteu a fluxos de água com velocidades conhecidas em diversos ângulos de ataque (TOUSSAINT e TRUIJENS, 2005).

Mais recentemente, Bixler e Riewald (2002) analisaram as forças de arrasto, sustentação e propulsão total da mão e do braço combinadas calculadas usando o ângulo de ataque que proporcionou o valor máximo àquele ângulo de braçada, numa velocidade de 2 m/s e com o comprimento da turbulência igual a 0.1 m. Como mostrado na figura 7, a propulsão total se relaciona com muito mais proximidade do arrasto do que com a sustentação, com a qual mantém uma relação inversa.



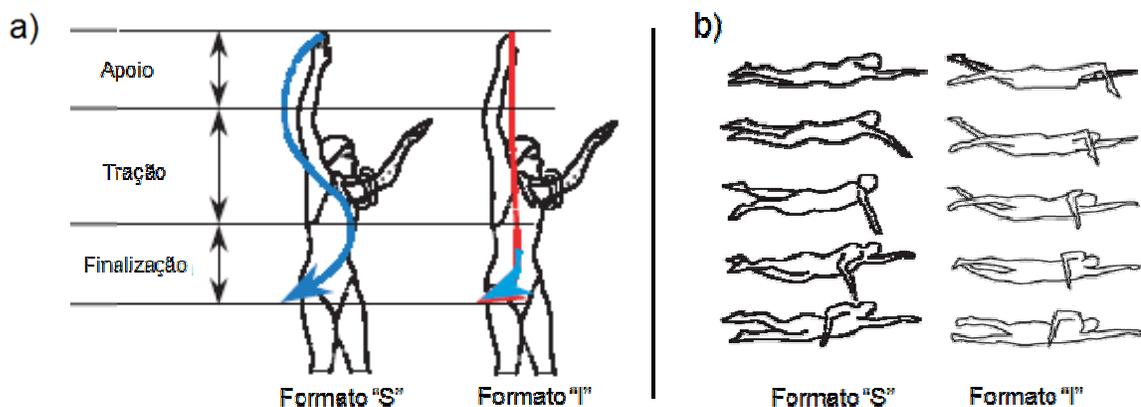
**Figura 7 - Comportamento da força propulsora total em resposta ao ângulo de ataque que proporcionou o valor máximo àquele ângulo de braçada (Adaptado de BIXLER, 2008 p. 107).**

Além disso, ficou comprovado que a maior força propulsora é gerada quando um ângulo de orientação da braçada igual a  $0^\circ$  é associado a um ângulo de ataque de  $90^\circ$ , ou seja, a mão deve ser conduzida para trás, ao longo do eixo central do corpo, em linha reta e com a palma voltada para os pés (BIXLER e RIEWALD, 2002),

recomendação também sustentada por Ito (2004, 2008), Ito e Okuno (2003), Ito et al. (2007) e Silva et al. (2005a). Esse tipo de braçada é comumente conhecido como formato “I” (Figura 9) (ITO, 2004; ITO e OKUNO, 2003), foi utilizado por Ian Thorpe na superação de quatro recordes mundiais em provas individuais (ITO, 2004, 2008) e possibilita aumentar a força propulsora em até 11%, quando comparado com o formato “S” (ITO, 2005; 2008).

O formato “S” (Figura 8) é o mais utilizado e foi inicialmente verificado por Brown e Counsilman em 1971. Nesse modelo, a mão percorre uma trajetória sinuosa ao longo das fases submersas, com direcionamentos laterais e verticais (Figura 8). Segundo Bixler (2008), esse padrão gestual pode ocorrer de forma involuntária, em consequência do giro de ombro no nado crawl, ou apenas por proporcionar um gesto mais confortável aos atletas.

No entanto, ainda que essa afirmação seja verdadeira, as explicações mais aceitas consideram que as mudanças de direção fazem com que a mão percorra uma distância maior, e também possibilitam ao nadador empurrar para trás uma massa de água que ainda não foi acelerada, retirando dela maior impulso para se deslocar para frente (BIXLER, 2008; BROWN e COUNSILMAN, 1971). Estes fatores associados são os prováveis responsáveis pelo formato “S” proporcionar eficiência propulsiva 2.4% maior em relação ao formato “I” (ITO, 2005).



**Figura 8 - (a) Trajetória da mão nas braçadas com formato “S” e “I”, visualizadas sob perspectiva inferior (adaptado de ITO, 2004 p. 6) e (b) representação dos movimentos das braçadas com formato “S” e “I”, numa vista lateral (b) (adaptado de ITO, 2004 p. 7).**

Mesmo assim, segundo Ito et al. (2007), o formato “I” parece ser mais vantajoso por permitir que o atleta execute um menor número de braçadas a cada 50 m e, por esta razão, ocasionar concentrações de lactato entre 15 e 20% menores e ainda possibilitar frequências cardíacas entre 6.8 e 9.1% mais baixas, sobretudo em altas intensidades (i.e., 86 e 92% da velocidade máxima em 200 m). Por se tratar de um estudo inicial, apenas um atleta foi utilizado nas comparações realizadas e, portanto, outras investigações abordando uma amostra maior precisam ser conduzidas para consolidar tais conclusões.

Mas, embora tantas publicações tenham contribuído abundantemente para o entendimento da propulsão na natação, todos os dados acima mencionados foram interpretados mediante a suposição de um fluxo de água quase-constante (do inglês, *quasi-steady*), que não considera os efeitos da alteração da velocidade, do ângulo de ataque e/ou do ângulo de orientação da braçada no fluxo de água ao redor dos segmentos propulsivos (MATSUUCHI et al., 2009). Segundo Berger et al. (1997), esses pressupostos, inicialmente utilizados por Schleihauf, podem subestimar a força em até 17% quando comparada à força medida de maneira direta no *MAD-System*<sup>2</sup>.

Os caminhos futuros envolvem, portanto, o estreitamento das relações entre a natação e a mecânica dos fluidos, de modo que serão analisadas não somente as ações propulsoras do indivíduo, mas também a resposta do meio líquido a essas ações.

### **3.1.2.1 Eficiência propulsiva**

Os movimentos humanos são consequência das contrações musculares que ocorrem nas cadeias cinéticas dos membros superiores e inferiores (VORONTOV e RUMYANTSEV, 2004b), e são usualmente expressos pela potência

---

<sup>2</sup> Sistema para mensurar arrasto ativo composto de 16 pontos fixos colocados ao longo de 23 m, 0.8 m abaixo da superfície da água e separados por uma distância de 1.35 m. Os pontos são ligados a um transdutor de força e servem de apoio para os nadadores no momento da tração. Para maiores informações ler: Van Der Vaart et al. (1987) e/ou Toussaint et al. (1988, 2002a, 2004).

mecânica externa. Todo esse processo é energeticamente suportado por complexos eventos bioquímicos representados pela potência metabólica, ou seja, a soma de toda energia produzida pelos metabolismos aeróbio e anaeróbio (BARBOSA e VILLAS-BOAS, 2005). Se o corpo fosse um sistema totalmente eficiente, toda a energia produzida seria convertida em trabalho mecânico, gerando, portanto, uma condição com 100% de eficiência (Equação 9).

$$Emec = \frac{P_{ext}}{P_{met}} \cdot 100 \quad (Eq. 9)$$

Onde *Emec* representa a eficiência mecânica, *P<sub>ext</sub>* a potência mecânica externa e *P<sub>met</sub>* a potência metabólica.

Contudo, alguns dados revelam que isso chega a apenas 45% na corrida, 35% na marcha e 30% no ciclismo (BARBOSA e VILLAS-BOAS, 2005), pois há grande dissipação de energia sob a forma de calor, ruídos, entre outros. Na natação, o importante efeito da resistência hidrodinâmica faz com que esses valores sejam ainda menores, variando entre 2 e 10% (MCMASTER e TROUP, 2001). Barbosa e Villas-Boas (2005) e Toussaint e Hollander (1994) ressaltam, ainda, que a análise da eficiência mecânica na natação é limitada, pois não permite diferenciar nadadores de elite de atletas recreacionais ou triatletas, por exemplo, quando na verdade essa diferença é reconhecida.

Como mencionado anteriormente (tópico 2.2), a água não é um ponto fixo onde o nadador pode se apoiar no deslocamento. Desta forma, ao gerar propulsão, parte da potência mecânica externa é utilizada para vencer o arrasto, enquanto outra se dissipa na movimentação da água (BARBOSA e VILLAS-BOAS, 2005; CAPUTO et al., 2006, SILVA et al., 2006; TOUSSAINT e HOLLANDER, 1994, TOUSSAINT e BEEK, 1992; TOUSSAINT et al., 1988b, 1989, 1990b, 1991, 2000). Nesse sentido, a eficiência propulsiva (*E<sub>prop</sub>*) é definida pela razão entre a potência utilizada para vencer o arrasto (*P<sub>d</sub>*) e a potência mecânica externa (*P<sub>ext</sub>*) (TOUSSAINT et al., 1988b; TOUSSAINT, 1990b), como mostra a equação 10.

$$E_{prop} = \frac{P_d}{P_{ext}} = \frac{P_d}{P_d + P_k} \text{ (Eq. 10)}$$

Onde  $P_k$  é a potência perdida na movimentação da água.

Segundo Toussaint (1990), o aumento ou diminuição da eficiência propulsiva está intimamente relacionado à capacidade técnica do indivíduo. O autor mostrou que os nadadores utilizam em média 61% da potência total para vencer o arrasto, enquanto os triatletas apenas 44%, i.e., grande parte da potência mecânica externa dos triatletas se perde na movimentação da água. Toussaint (1990) confirmou estes resultados mostrando que, para uma mesma potência metabólica (1000 W ou 2.86 l·min<sup>-1</sup> de consumo de oxigênio), os nadadores foram capazes de desenvolver uma velocidade 23% maior que os triatletas (1.17 x 0.95 m/s), reforçando a importância da eficiência propulsiva no desempenho da natação.

## **3.2 O Treinamento de força na natação**

### **3.2.1 Definições e aplicações da força**

No senso comum, a abordagem do tema força normalmente remete simplesmente à sua manifestação máxima, analisada de forma pura, sem nenhuma associação com qualquer outra variável. Sabe-se, no entanto, que as relações da força com outros parâmetros, como o tempo, a velocidade e a potência, podem auxiliar significativamente na caracterização de diferentes ações intra e intermodalidade, facilitar o entendimento dos efeitos gerados pela administração de cargas que possuam naturezas distintas e ainda nortear a prescrição do treinamento.

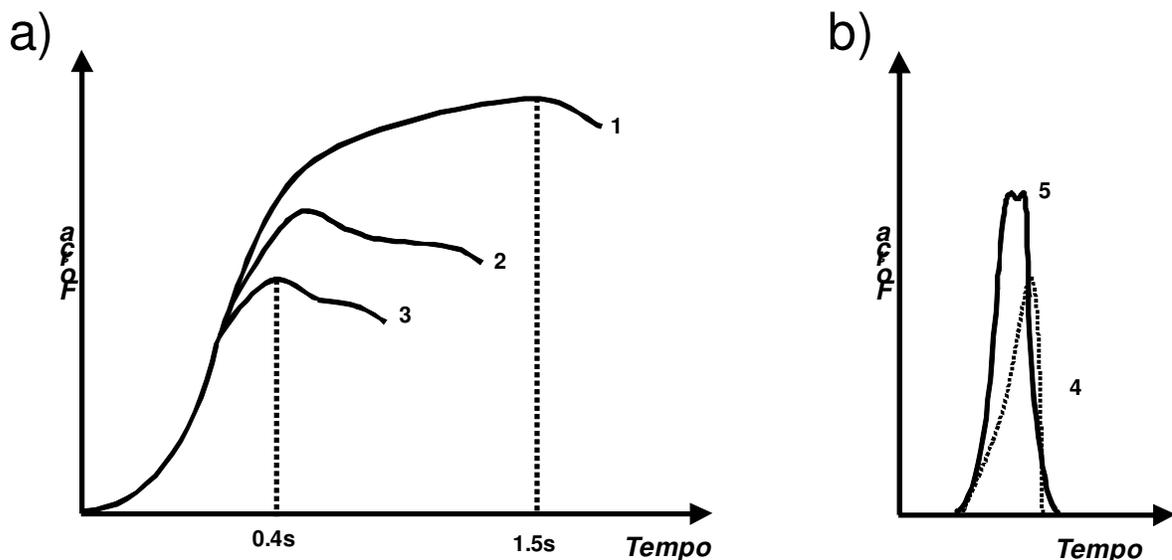
O comportamento da força ao longo do tempo, graficamente denominado curva força-tempo (C.f-t), possibilita a representação de todo e qualquer gesto motor (BADILLO e AYESTARÁN, 2001), e é especialmente sensível às alterações de um importante parâmetro da carga de treino, que é a resistência externa.

Quando diante de uma alta resistência, o sistema neuromuscular se organiza de modo a produzir mais força para superá-la, processo esse primariamente determinado pelo aumento da frequência de ativação por parte do sistema nervoso central (AAGARD et al., 2000; JUDGE et al., 2003). Em consequência, o número de unidades motoras ativas no gesto aumenta, bem como a participação daquelas que possuem alta capacidade ATPásica (STARON, 1997).

Com a repetição sistematizada dessa ação intensa, são esperados incrementos na coordenação intra e intermuscular, devido à melhora da sincronização das unidades motoras e à diminuição da inibição neural (CAROLAN e CAFARELLI, 1992; GABRIEL et al., 2001), e também o desencadeamento de complexos mecanismos hormonais, que culminarão no aumento da quantidade de proteína contrátil (WAGNER, 1996) e/ou do número de células no músculo (TOIGO e BOUTELLIER, 2006).

Estas alterações agudas ou crônicas, ocasionadas pelo aumento da resistência externa, são sentidas em diferentes pontos da C.f-t. Assim as principais alterações normalmente detectadas são o aumento do maior valor de força encontrado e também da quantidade de tempo necessária para tal produção, repercutindo também na duração da contração. Não obstante, numa perspectiva transversal, não são observadas alterações nas fases percorridas até a força máxima do gesto, independentemente do nível de força atingido (BADILLO e AYESTARÁN, 2001).

Na natação, esse processo foi demonstrado no estudo de Rasulbekov et al. (1986), que analisaram o tempo e o nível de força fora da água, em regime estático (isométrico) e dinâmico (isocinético com velocidade de 1m/s), e dentro dela, nas condições normais de nado (nado atado). Os tempos necessários para atingir a máxima força nas curvas 1, 2 e 3, representadas no lado esquerdo da figura 9a, variaram entre 1.0 e 1.5, 0.7 a 1.1 e 0.3 a 0.4 segundos, respectivamente. Além disso, a manifestação da força foi maior nas condições onde a carga externa foi superior (Figura 9a).



**Figura 9 - a) Representação das curvas força x tempo atingidas por um nadador diante de diferentes resistências externa: 1. Regime Estático (Isométrico) – Fora da água, 2. Regime Dinâmico (Isocinético) – fora da água, 3. Regime Dinâmico – dentro da água no nado atado (Adaptado de RASULBEKOV et al., 1986, p 56). b) Representação da curva f-t dentro da água pré (curva 4) e pós-treinamento (curva 5) (Adaptado de RASULBEKOV et al., 1986, p 56).**

Rasulbekov et al. (1986) também verificaram as alterações da C.f-t ocasionadas pela aplicação de um treino de força dentro e fora da água. As curvas 3 e 4 da figura 9b representam as condições pré e pós-treinamento, respectivamente, em que foi observado um aumento substancial da força pico e também da força explosiva. Paralelamente a essas alterações na curva f-t, os autores relataram ainda uma melhora de 4.41% no desempenho nos 100 m borboleta.

Por definição, a força pico representa o máximo valor encontrado em uma braçada. Optou-se por não utilizar o termo força máxima por considerar que esta, segundo a definição de Platonov e Fessenko (2003, p.107) – “possibilidades máximas que o atleta pode desenvolver em condições de máxima contração muscular livre” –, não se manifesta nas condições do nado.

O nível de mobilização da força pico pode variar de acordo com o estilo (YEATER et al., 1981), gênero (ADAMS et al., 1983; MARINHO e GOMES, 1999), frequência de braçadas empregada (CABRI et al., 1988), nível do atleta (MARINHO, 2002) e sua categoria (MOROUÇO et al., 2008a). Para nadadores competitivos em nível nacional e internacional no nado crawl, a literatura aponta valores entre 15.9 e 34.7 kgf, para avaliações realizadas no nado completamente atado (BARBOSA e ANDRIES, 2008; DOPSAJ et al., 2000; MARINHO et al., 2005).

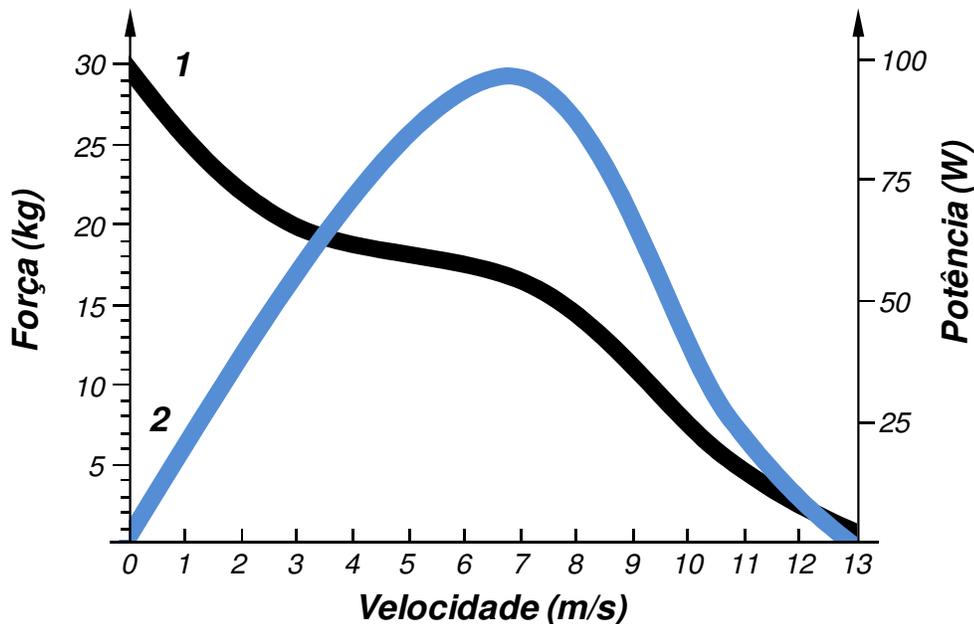
Já a força explosiva é definida como “a capacidade do sistema neuromuscular de alcançar índices elevados de força, no tempo mais curto possível” (PLATONOV e FESSENKO, 2003, p. 107), e pode ser representada pela taxa de desenvolvimento de força (TDF). A TDF é obtida pela razão entre a variação da força e a variação do tempo (CORVINO et al., 2009), e figura como uma importante medida de desempenho por representar a capacidade de desenvolver força muscular rapidamente, influenciar a magnitude da aceleração de um determinado movimento e ser um fator determinante na expressão da potência muscular (BARBOZA et al., 2009). Assim, em teoria, quanto maior a TDF, mais veloz o nadador é capaz de se deslocar (DOPSAJ et al., 2000).

Embora não existam estudos a respeito na natação, é provável que sua expressão varie em função das mesmas condições da força pico (estilo, gênero, etc.).

No nado crawl, alguns estudos relatam valores entre 39.82 e 89.91 kgf/s, obtidos no nado completamente atado (BARBOSA e ANDRIES, 2008; DOPSAJ et al., 2000).

Apesar destas duas variáveis anteriormente citadas serem o principal alvo de investigações, existem ainda outras variáveis extraídas da C.f-t que têm sido inseridas no processo de treino, seja para acompanhamento das alterações longitudinais ou para orientação da carga, são elas: a força média, o impulso, a duração do ciclo (BARBOSA e ANDRIES, 2008; DOPSAJ et al., 2000; PAPOTI et al., 2003), sendo que algumas delas também já apresentaram correlações significantes com o desempenho na natação (MARINHO, 2002; MOROÇO et al., 2008; PAPOTI et al. 2003, 2007).

Além de relacionar-se com o tempo, a força também pode ser representada em função da velocidade, isto é, baixos níveis de resistência externa possibilitam imprimir alta velocidade, sem exigir uma grande expressão de força (CRONIN et al., 2003). Por outro lado, uma resistência externa alta exigirá mais força do sistema neuromuscular, não obstante limite o desenvolvimento de uma velocidade elevada (CRONIN et al., 2003). Contudo, essa relação inversa, expressa pela curva força-velocidade (Figura 10), não significa que quanto mais força produzir mais lento o atleta ficará, antes, ao contrário, com mais força é provável que se consiga deslocar o mesmo corpo mais rapidamente (BADILLO e AYESTARÁN, 2001).



**Figura 10 - Representação da curva força-velocidade (1, preta) e da curva potência relacionada (2, azul) na natação (Adaptado de PLYASHKO e GILEV, 1984, p. 71).**

Uma importante variável advinda desta relação é a potência, representada pelo “produto da força pela velocidade em cada instante do movimento” (BADILLO e AYESTARÁN, 2001, p. 29). Sua expressão modula a velocidade com que a força se desenvolve (KRAEMER e HAKKINEN, 2004) e está intimamente relacionada com o desempenho em modalidades esportivas que atingem altas velocidades (STONE et al., 2004). Mas, em razão do gesto técnico já ser realizado de forma muito veloz, os ganhos de potência advindos do incremento da velocidade são limitados.

Em corroboração, Mavridis et al. (2006) comparou os efeitos longitudinais de um treinamento de força e velocidade, ambos realizados dentro da água. Os resultados mostram que o treino de força ocasionou melhoras de 3.5, 3.1 e 3.2% no desempenho em 50, 100 e 200 m, respectivamente, enquanto a evolução no grupo que treinou em velocidade não passou de 2%. É razoável, portanto, que o treinamento de força ocupe a atenção e o tempo de técnicos e atletas que buscam a melhora do desempenho competitivo.

É fundamental lembrar, no entanto, que as adaptações do treino de força ocorrem de maneira específica também para a velocidade utilizada (BADILLO e

AYESTARÁN, 2001; PLYASHKO e GILEV, 1988). Isso significa que o nível de mobilização de força do atleta deve aumentar dentro das condições em que ele realiza o gesto.

Na natação, Plyashko e Gilev (1984) identificaram que a velocidade da braçada variou entre 5.3 a 5.7 m/s, e propuseram um treino de força utilizando exercícios que reproduzissem essa condição. Pós-treino foi verificado um aumento de 23% na potência máxima e 25% na aplicação da força na velocidade específica da braçada, além de uma melhora significativa do desempenho nos 50 m livre, que diminuiu de 25.12 para 24.35s. Não obstante, a descrição dos meios e métodos não permite a identificação clara das cargas de treino administradas no estudo.

### **3.2.2 Implementos, métodos e efeitos do treinamento**

#### **3.2.2.1 Fora da água**

Ao longo dos anos, a literatura tem classificado o treinamento fora da água como um meio não específico de se aumentar a força na natação. Embora essa afirmação tenha alguma sustentação, não é possível generalizá-la, pois os efeitos de exercícios auxotônicos<sup>3</sup> (BARBOSA e ANDRIES JÚNIOR, 2006; BARBOSA et al., 2007; DAVIS, 1959; GIROLD et al., 2007; JENSEN, 1953; MIYASHITA e KANEHISA, 1983; STRASS, 1988; TANAKA et al., 1993; TRAPPE e PEARSON, 1994), isométricos (RASULBEKOV et al., 1986), isocinéticos (COSTILL et al., 1980; MIYASHITA e KANEHISA, 1983; SHARP et al., 1982; SILVA et al., 2005b), pliométricos (BOCALINI et al., 2007; BREED e YOUNG, 2003; COSSOR et al., 1999; DAVIES et al., 2004;) e da eletroestimulação (PICHON et al., 1995), diferem entre si, e cada abordagem pode ser aplicada para objetivos distintos.

---

<sup>3</sup> Termo preferido ao isotônico por considerar as alterações de tensão e comprimento muscular no movimento, também conhecido como alotônico (SIFF, 2004).

A possibilidade mais explorada até o momento certamente é o treinamento auxotônico dinâmico. Os estudos concordam que esta estratégia ocasiona aumentos expressivos na força fora da água, embora nem sempre isso signifique uma melhora do desempenho.

Tanaka et al. (1993), em um criterioso trabalho, utilizaram máquinas e pesos livres em três sessões semanais para desenvolver a força de 12 nadadores competitivos durante oito semanas. Mesmo simulando as ações e os grupos musculares do nado crawl fora da água e apresentando aumentos entre 25 e 35% na carga utilizada nos treinamentos, o desempenho do grupo que treinou força não se diferenciou do controle que realizou apenas os treinos na piscina.

O mesmo aconteceu num estudo mais recente de Barbosa e Andries Júnior (2006), que utilizaram metodologia similar à Tanaka et al. (1993) com duas sessões semanais durante 12 semanas. O treinamento ocasionou aumentos de até 25% nos níveis de força concêntrica em 1RM, mas também não foi suficiente para diferenciar o desempenho dentro da água dos dois grupos analisados (treino de força + natação vs natação). O mesmo treinamento também não gerou alterações no desempenho aeróbio desses nadadores, apesar de os indicadores de resistência de força também apresentarem melhoras expressivas de até 33% (BARBOSA et al., 2007).

Já no estudo de Jensen (1953) foram testadas cinco variações da frequência de treino dentro e fora da água: (1) natação cinco vezes, (2) treino isotônico cinco vezes, (3) natação três vezes + treino isotônico duas vezes, (4) natação duas vezes + treino isotônico três vezes e (5) natação e treino isotônico 05 vezes. Após seis semanas, o autor verificou que todas as possibilidades geraram efeitos semelhantes nos tempos de 40 e 100 jardas.

Ao que parece, os efeitos do treino externo ao meio líquido demonstram não se alterar em função do número de sessões semanais ou do alto volume de repetições predominante em todos os modelos apresentados (BARBOSA e ANDRIES JÚNIOR, 2006; BARBOSA et al., 2007; JENSEN, 1963; TANAKA et al., 1993). No entanto, existem evidências de que tais efeitos possam ser observados com mais clareza quando a intensidade do treinamento aumenta, como mostrado por Strass (1988).

Após aplicar um treinamento fora da água em 10 nadadores durante seis semanas, com quatro sessões semanais e total ênfase na força máxima, o autor verificou melhora significativa no desempenho (1.3 e 2.1% em 25 e 50 m, respectivamente), enquanto nenhuma alteração foi verificada no grupo controle. Estes resultados podem ser parcialmente explicados pelo aumento médio de 12.5% na força isométrica máxima.

Embora Strass (1988) tenha utilizado um treino mais intenso, o aumento da força máxima foi bem menor quando comparado aos demais estudos (BARBOSA e ANDRIES JÚNIOR, 2006; BARBOSA et al., 2007; TANAKA et al., 1993). Isso pode ter ocorrido pela diferença entre os exercícios utilizados como testes e também pelo tipo de contração avaliada, que neste último foi isométrica. Não obstante, Strass (1988) não associou a melhora do desempenho somente à força máxima, mas também a um aumento expressivo na taxa de desenvolvimento de força ( $24.8 \pm 16.7\%$ ), avaliada em 100 ms.

A pesquisa de Giroid et al. (2007) também delineou um treinamento que priorizou a intensidade em detrimento do volume. Durante 12 semanas um grupo de nadadores foi submetido a duas sessões semanais fora da água, além do treino de natação. O número máximo de repetições chegou a seis e a carga variou entre 80 e 90% de 1RM. A avaliação pós-treino revelou melhora significativa do desempenho na força isométrica e isocinética neste grupo de nadadores, enquanto nenhuma alteração foi detectada no grupo controle.

Outros estudos também reportaram os efeitos positivos do treinamento de força fora da água no desempenho, mas as metodologias utilizadas não consideraram um grupo controle para as comparações (COSTILL et al., 1980; DAVIS, 1955; MIYASHITA e KANEHISA, 1983, TRAPPE e PEARSON, 1994) e/ou combinaram ações auxotônicas e isocinéticas no mesmo treinamento (MIYASHITA e KANEHISA, 1983), fato que não permite identificar qual tipo de ação foi mais bem transferida para o desempenho.

A segunda possibilidade abordada para o desenvolvimento da força para nadadores é o treinamento isométrico. Alguns estudos têm apontado relações relevantes entre a força estática e a velocidade de nado (MARINHO e ANDRIES

JÚNIOR, 2004; STRASS, 1988). No relato de Rasulbekov et al. (1986) foram realizadas de seis a oito ações isométricas explosivas simulando as posições da braçada, com duração de 1 a 2 segundos e intervalos de 10 a 12 segundos. Não obstante tenha havido melhora do desempenho, outras estratégias dentro e fora da água foram conduzidas em associação, limitando o entendimento dos seus efeitos.

Segundo Arellano (2004), a transferência desse tipo de contração para as ações específicas da natação não acontecem de forma imediata e, talvez por isso, ainda figure apenas como um recurso secundário no desenvolvimento da força de nadadores.

No caso do treinamento isocinético, o interesse também parece ter sido despertado após a publicação de estudos que apresentaram fortes correlações entre a potência medida no *Swim Bench*<sup>4</sup> e a velocidade de nado, especialmente em distâncias curtas, como 25, 50 e 100 m (BRADSHAW e HOYLE, 1993; COSTILL et al., 1980; PLATZER et al., 2008; SHARP et al., 1982; SILVA et al., 2005b). Apesar da popularidade, especialmente nos Estados Unidos, poucos estudos científicos longitudinais foram conduzidos para verificar seus efeitos.

O mais clássico deles é o de Sharp et al. (1982), que aplicaram cinco séries de 10 repetições máximas, cinco vezes na semana, durante quatro semanas e verificaram aumentos de 19 e 4% na potência medida no *Swim Bench* e na velocidade em distâncias curtas, respectivamente. No entanto, estes resultados não podem ser transferidos para atletas competitivos, uma vez que a amostra foi composta por apenas quatro sujeitos destreinados. Além disso, não foi utilizado um grupo controle, limitação metodológica que dificulta a interpretação dos efeitos obtidos.

Por outro lado, Roberts et al. (1991) submeteram um grupo de nadadores competitivos a um treino isocinético combinado à natação, e ao compará-lo ao grupo controle, que cumpriu apenas as sessões aquáticas, não foram observadas diferenças significantes. Os autores sugeriram que apenas o treinamento dentro da água seria necessário para melhorar o desempenho.

---

<sup>4</sup> Aparelho isocinético adaptado para simular os movimentos da natação fora da água. Para melhor descrição ver Sharp et al. (1982) e Silva et al. (2005b)

Corroborando, Silva et al. (2005b) alertam que as associações positivas entre a potência em seco e a velocidade na água, como citado anteriormente, não permitem enquadrar o *Swim Bench* como um meio específico para o treino fora da água de nadadores, afinal, a participação da potência mecânica externa na superação do arrasto hidrodinâmico é dependente da eficiência propulsiva do nadador. Ademais, tanto o treino isocinético como o auxotônico receberam críticas contundentes por não apresentarem um padrão eletromiográfico nem mesmo similar àquele obtido nos movimentos executados no nado (OLBRECHT e CLARYS, 1983), e nem tampouco reproduzirem o comportamento tridimensional e a velocidade da braçada (SCHLEIHAUF, 1983).

Como terceira opção de desenvolvimento da força fora da água está a eletroestimulação, uma técnica baseada na contração muscular involuntária provocada por uma estimulação elétrica de nervos motores superficiais (PICHON et al., 1995). O único estudo relatado até o momento foi conduzido por Pichon et al. (1995), que submeteram sete nadadores competitivos à eletroestimulação do músculo *latissimus dorsi* durante três semanas em três sessões semanais.

O treinamento provocou aumentos médios entre 10.3 e 24.1% no torque máximo na flexão e/ou extensão de braço em testes isométricos, excêntricos e concêntricos, além de melhorar o desempenho em 25 e 50 m, em média 1.3 e 1.4%, respectivamente. Nenhuma alteração foi observada no grupo controle. Mas, mesmo apresentando resultados interessantes, a eletroestimulação não ganhou a preferência dos treinadores como meio de treino e continua sendo usada apenas para a reabilitação.

É coerente que a maioria dos estudos citados até agora esteja focada no desenvolvimento da força de membros superiores, por serem os principais segmentos propulsores (NEWTON, 2002). Contudo, além do nado, existem outras ações dentro da prova de natação que também influenciam o desempenho, como saídas e viradas (HAY e GUIMARÃES, 1983), e que, supostamente, poderiam ser potencializadas com o treinamento pliométrico.

A premissa básica do treinamento pliométrico é a potencialização de uma ação concêntrica através do armazenamento de energia elástica proveniente de

uma ação excêntrica que a precede (ADAMS, 1985; BADILLO e AYESTARÁN, 2001; CHU, 1983; SIFF, 2004). A melhora do desempenho em ações explosivas é consequência da capacidade reflexa, que evolui fundamentalmente em função de adaptações neurais (BADILLO e AYESTARÁN, 2001).

Segundo Gutierrez et al. (2004), a pliometria pode influenciar duas das três fases que compõem a saída, a saber: reação e impulso no bloco. Como consequência disso, espera-se um aumento da terceira fase, que é o voo (GUTIERREZ et al., 2004).

Nesse sentido, Breed e Young (2003) realizaram um estudo com nadadoras não competitivas por um período de nove semanas e uma periodicidade de três sessões semanais. O treinamento melhorou todas as variáveis medidas fora da água, incluindo saltos e lançamentos, mas nenhuma alteração foi verificada no desempenho de saídas.

Davies et al. (2001), em estudo similar, submeteram um grupo de nadadores a seis semanas de treino na água combinado à pliometria, realizada em três sessões semanais com ações de baixa e/ou moderada intensidade. Apesar de um aumento de aproximadamente 11% no salto vertical, nenhuma alteração foi detectada no tempo de bloco (reação + empurre), tempo de saída (reação + empurre + voo) ou tempo de 5m (reação + empurre + voo + entrada na água). Nenhuma das variáveis sofreu alteração no grupo controle.

Duas explicações podem sustentar tais resultados. A primeira é que, durante o período experimental, não foram realizados exercícios de saída nos treinos de natação, o que, de alguma forma, possibilitaria o ajuste da técnica, mais nomeadamente do ângulo de saída e de entrada, forte influenciadores do tempo de voo e da profundidade que o corpo atinge na água, respectivamente (GUTIERREZ et al., 2004). A segunda considera que exercícios pliométricos de baixa e/ou moderada intensidade não são específicos, pois a força é manifestada entre 160 e 200 ms, enquanto nas saídas esse tempo é de 400 a 500 ms (DAVIES et al., 2001). É possível, portanto, que um treinamento com maior intensidade proporcione maior transferência, como mostrou Bocalini et al. (2007).

Nesse estudo, o programa considerou a utilização de resistência externa adicional à massa corporal em pelo menos uma das três sessões semanais. Além disso, o período de treino foi mais extenso se comparado ao estudo de Davies et al. (2001): 12 vs 06 semanas, respectivamente. Pós-treino, os nadadores apresentaram 21% de aumento na distância do salto horizontal, 14 e 15% na altura do salto vertical com e sem auxílio, respectivamente, e 10% de diminuição no tempo para cumprir a distância de 15 m, enquanto o grupo controle não apresentou modificações. Adicionalmente, foi detectada correlação significativa ( $r = 0.80$ ) entre a distância no salto horizontal e o tempo de 15 m.

Embora tais dados sugiram a utilização da pliometria no treino de saídas na natação, é preciso considerar que o teste de 15 m, utilizado por Bocalini et al. (2007), sofre grande influência da mecânica de nado e/ou da ondulação. Por isso, ainda não está claro se os efeitos da pliometria de fato se transferem para o desempenho no bloco de partida (DE LA FUENTE et al., 2006).

No caso das viradas, apenas um estudo investigou os efeitos longitudinais do treino pliométrico. Cossor et al. (1999) submeteram 19 nadadores a 20 semanas de treino pliométrico e não verificaram melhoras em nenhuma variável analisada. Estes resultados se justificam pela média de idade dos sujeitos ser extremamente baixa ( $11.7 \pm 1.2$  anos) para esse tipo de intervenção.

Em outro sentido, o estudo de Cronin et al. (2007) apresentou correlações baixas e moderadas ( $r = 0.26 - 0.41$ ), porém significantes entre a velocidade inicial nas viradas, mais precisamente no trecho de 2 a 8 m, e as medidas de potência no salto vertical com 20 e 30 kg de resistência adicional, altura nos saltos vertical e contramovimento. Esses dados sugerem a possibilidade de existir transferência da força explosiva fora da água para o desempenho das viradas, desde que a especificidade seja considerada no treinamento e que a técnica de execução do movimento de virada, mais particularmente a saída na posição de *streamline* seja observada (ver figura 2).

### 3.2.2.2 Dentro da água

Embora a utilização do treinamento fora da água seja comum, a literatura tem apontando que o desenvolvimento da força dentro dela apresenta resultados mais consistentes e convergentes (BARBOSA e ANDRIES JÚNIOR, 2006; BARBOSA et al., 2007; MAVRIDIS et al., 2006; TANAKA et al., 1993; TOUSSAINT et al., 1990).

Na água, o aumento da resistência externa pode ser obtido pelo uso de nadadeiras (GAUTIER et al., 2004), paraquedas<sup>5</sup> (BARBOSA, 2006; LLOP et al., 2002, 2003; MARINHO, 2008; TELLES, 2008), baldes (MAVRIDIS et al., 2006), extensores (GIROLD et al., 2006, 2007) e palmares (GOURGOULIS et al., 2006, 2008a; MARINHO, 2008; MONTEIL e ROUARD, 1992, 1994; TELLES, 2008).

Segundo alguns estudos, a utilização destes materiais prejudica a mecânica do nado (LLOP et al., 2002, 2003; WILLIANS et al., 2009) pelo fato de acarretarem alterações no comprimento e na frequência de braçadas. No entanto, se esperarmos uma modificação na manifestação de força em função da resistência externa utilizada, obviamente que também devemos esperar uma alteração no tempo de realização da braçada, explicando as alterações significantes nesse indicador. Além disso, é necessário considerar a influência que os implementos exercem na magnitude da propulsão e/ou do arrasto, que implica em um efeito evidente na velocidade de nado e conseqüentemente no comprimento da braçada. Assim, mesmo que estas variáveis se alterem, é possível existir especificidade nos efeitos longitudinais de cada material.

No caso dos extensores, as respostas ao desempenho parecem ser bastante expressivas. Girolid et al. (2006) submeteram um grupo de 15 nadadores a três sessões de treino resistido por semana, compostos de seis repetições de 30 s em máxima intensidade. Após três semanas, os autores verificaram aumentos significantes na força medida em condições isométricas (média de 32%) e isocinéticas (7.8 a 14%, dependendo do tipo de contração e da velocidade adotada), além de melhora

---

<sup>5</sup> Implemento fixado na cintura por um cinto, se prolonga por um cabo para além dos pés e em sua extremidade final possui um tecido pouco permeável com formato semi-esférico, que proporciona o aumento da resistência hidrodinâmica.

expressiva no tempo dos 100 m livre (2%), influenciado por um aumento na frequência de braçadas. Estes resultados, associados ao fato de nenhuma alteração ter sido detectada no grupo controle, apontam fortemente para a utilização desse material no treino de força dentro da água.

Numa outra abordagem, Mavridis et al. (2006) exploraram os efeitos do balde durante 12 semanas. Para a comparação dos efeitos, dois grupos, diferenciados pela utilização do material, realizaram três sessões semanais compostas de seis repetições de 50 m e 12 de 25 m, realizadas a 70 e 100% da velocidade máxima, respectivamente, no melhor estilo. O treino de força ocasionou melhoras de 3.5, 3.1 e 3.2% no desempenho em 50, 100 e 200 m, respectivamente, enquanto a evolução no grupo que treinou em velocidade não passou de 2%. Apesar de os sujeitos não apresentarem um elevado nível competitivo, o balde parece ser uma boa forma de explorar a força dentro da água.

No tocante aos parachutes, apenas um estudo longitudinal foi encontrado. Bocalini et al. (2009) submeteram um grupo de nadadores a um treinamento de curta duração (12,5 a 25 m), alta intensidade (máxima) e intervalos recuperativos longos (120 s), e verificaram ganhos significantes de 10% na velocidade de nado em 25m, 14% na velocidade em 25m usando apenas os membros inferiores, 18% na força avaliada pelo número de repetições no exercício de flexão de braço. Mesmo tendo um volume de treino próximo, nenhuma alteração significativa foi detectada no grupo controle. De fato, devido às similaridades no princípio de funcionamento (i.e., aumento do arrasto), já se poderia prever efeitos próximos àqueles mostrados por Mavridis et al. (2006).

Por fim, temos os “*push off points*” ou POPs, representados na Figura 11 abaixo. O equipamento é composto por duas hastes submersas, onde são colocados vários pontos fixos em sequência, numa profundidade de 0.8 m, separados por uma distância de 1.35 m (TOUSSAINT e VERVOORN, 1990). Esses pontos são utilizados como apoio no deslocamento do nadador.

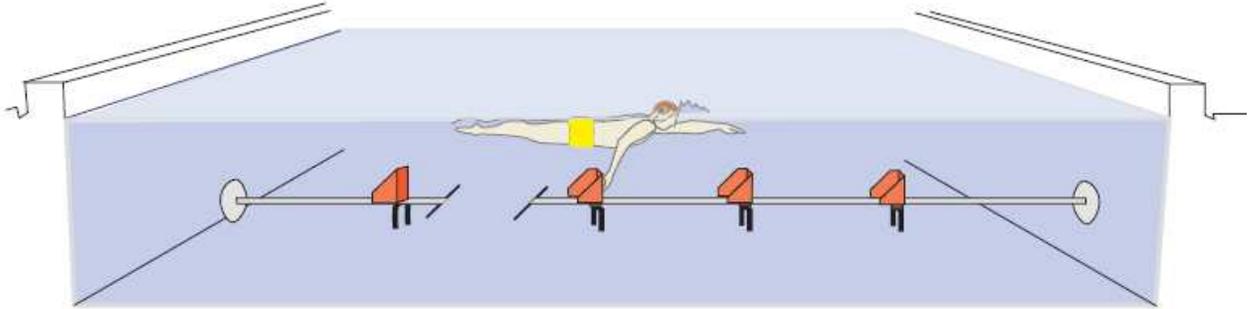


Figura 11 - Vista lateral dos POPs (Adaptado de TOUSSAINT e VERVOORN, 1990).

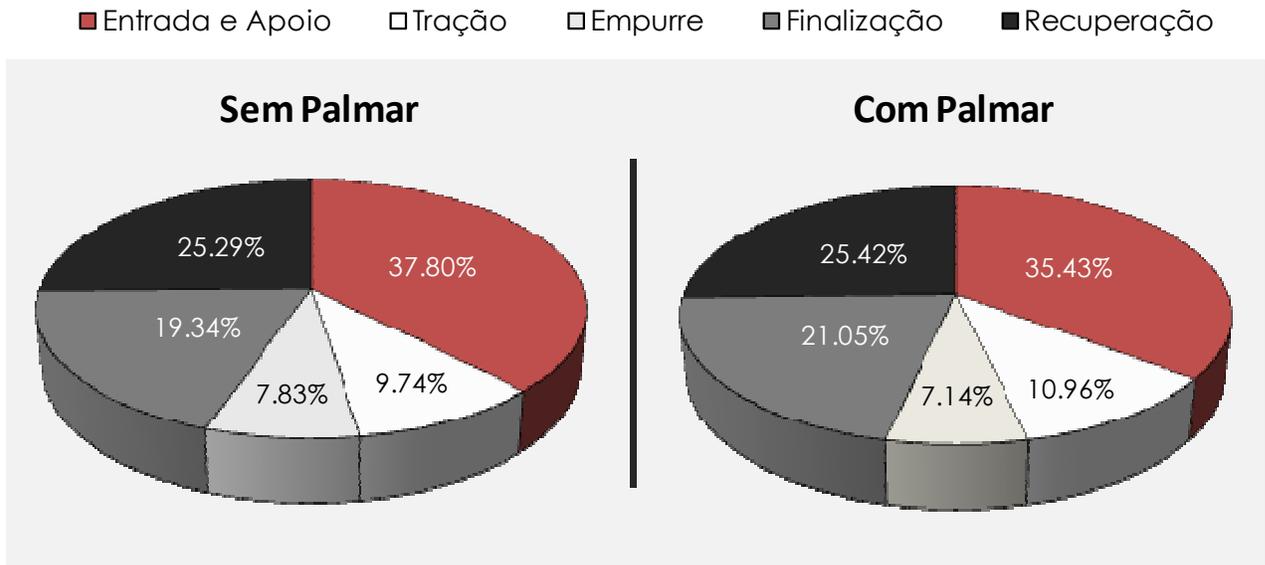
Toussaint e Vervoorn (1990) propuseram a realização de três sessões semanais de *sprints* utilizando os POPs. Após 10 semanas, os autores verificaram melhoras de 3.3% na força e 7% na potência de nado, além de uma diminuição significativa nos tempos de 50, 100 e 200 m que passaram de 27.2 s para 26.6 s, de 59.3 s para 57.4 s e de 129.6 s para 127.3 s, respectivamente. É interessante ressaltar que esses resultados foram muito superiores àqueles verificados no grupo controle, que realizou o mesmo treino sem a resistência adicional. Apesar dos bons resultados, este foi o único estudo realizado com POPs, muito provavelmente pela dificuldade de operação da estrutura de treino.

### 3.2.2.2.1 O palmar

O palmar é um material corriqueiramente utilizado no desenvolvimento da força de membros superiores na natação, confeccionado a partir de resinas sintéticas (polímeros termoplásticos), que conferem leveza e rigidez ao mesmo tempo. Através do aumento artificial da área da mão, o nadador é capaz de empurrar para trás uma maior quantidade de água (OGITA et al., 1999; TOUSSAINT et al., 1989, 1991). Nessa condição, a resistência a ser vencida a cada braçada torna-se maior, sendo esperado um aumento na força propulsora em decorrência da utilização sistemática desse material.

Estudos mostraram que, para uma mesma velocidade, o nado com o palmar proporciona um gasto energético até 6% menor em relação ao nado convencional (TOUSSAINT et al., 1991, 1989). Essa redução é atribuída a uma diminuição da potência mecânica externa empregada pelo nadador, mais especificamente àquela desperdiçada na movimentação da água (“Pk” da equação 10). Em consequência, há um aumento da eficiência propulsiva de 64 para 69%. Em situação de esforço máximo, numa mesma potência mecânica externa, o palmar proporciona uma velocidade superior ao nado livre que só pode ser atingida pelo aumento da força propulsora (OGITA e TABATA, 1993; OGITA et al., 1999; TOUSSAINT et al., 1991, 1989), devida, fundamentalmente, ao fato de a resistência hidrodinâmica ser maior em velocidades elevadas.

No que tange aos parâmetros temporais da braçada, estudos anteriores observaram que a utilização deste material ocasiona um aumento expressivo da duração total do ciclo (GOURGOULIS et al., 2008b; MONTEIL e ROUARD, 1994, 1992a, STONER e LUEDTKE, 1979; TELLES, 2008), muito embora haja um aumento proporcional das fases da braçada. Monteil e Rouard (1992a) quantificaram a duração de cinco fases (i.e., entrada e apoio, tração, empurre, finalização e recuperação) da braçada do crawl livre de material e com a utilização de três tamanhos de palmar, que possuíam 96, 224 e 374 cm<sup>2</sup> de área, numa intensidade correspondente a 80% da respectiva velocidade média na distância de 100 m. Em função da esperada alteração das variáveis temporais, optou-se por utilizar a participação percentual de cada fase na duração tempo total do ciclo. Como representado na figura 12, não foram verificadas diferenças significantes entre as fases da braçada no nado com e sem palmar, indicando que, embora existam alterações na duração total do ciclo, a utilização do material, mesmo em diferentes tamanhos, mantém a organização temporal do gesto.



**Figura 12 - Participação percentual de cada fase na duração total do ciclo (Adaptado de MONTEIL e ROUARD, 1992a).**

Algum tempo depois, Monteil e Rouard (1994) repetiram a metodologia para analisar um palmar com 264 cm<sup>2</sup> de área, e apresentaram a mesma conclusão. Mais recentemente, Telles (2008) mostrou que esse comportamento também permanece ao utilizar um palmar de 462 cm<sup>2</sup> de área em intensidades máximas. Neste último, foi utilizada a versão mais atualizada dessa técnica de análise da braçada, proposta por Chollet et al. (2000), que propõe a quantificação de apenas quatro fases na braçada. Esse procedimento também se repetiu no estudo de Gourgoulis et al. (2009), que testou materiais com 116 e 311 cm<sup>2</sup> de área e também não verificaram alterações significantes.

Já sob a perspectiva espacial, Stoner e Luedtke (1979), numa análise em duas dimensões, verificaram apenas alterações discretas na comparação dos ângulos do cotovelo e das movimentações médio-laterais da mão no nado crawl com e sem palmar. Por outro lado, numa análise tridimensional, Payton e Lauder (1995) mostraram que, com a utilização do palmar de 480 cm<sup>2</sup>, a movimentação medial da mão foi alterada em quase 62% na varredura para dentro, bem como sua velocidade máxima, que diminuiu consideravelmente nos planos transversal e sagital, e também no seu direcionamento para trás em relação à água. Devido a essas modificações na

mecânica do nado, os autores sugeriram que a utilização deste tipo de palmar não é viável no treinamento de nadadores.

Esses resultados vão de encontro àqueles apresentados por Gourgoulis et al. (2008a) que testaram materiais com 116 e 268 cm<sup>2</sup>. De forma previsível, o palmar ocasionou aumento no comprimento de braçadas, na velocidade média de nado e na duração do ciclo, além de uma diminuição na velocidade das mãos durante as fases propulsivas do nado. No entanto, nenhuma alteração significativa foi detectada no ângulo de orientação da braçada e nem no posicionamento da mão ao longo dela. Complementarmente, Gourgoulis et al. (2008b) identificaram que os mesmos tamanhos de palmar ocasionaram aumentos significantes nas forças de arrasto e sustentação, sem, porém, alterar a contribuição percentual de cada uma delas na força total de cada fase analisada, bem como a direção da força resultante.

A especificidade do palmar também é confirmada por dados eletromiográficos. Monteil e Rouard (1994) verificaram a atividade elétrica similar entre nado livre e nado com palmar de 264 cm<sup>2</sup> de área, quando analisados os músculos bíceps braquial, peitoral maior, tríceps braquial, flexor do carpo e braquiradial. Resultados semelhantes foram encontrados por Monteil e Rouard (1992a), que não identificaram relação entre o aumento da área do palmar a um aumento na atividade muscular.

Mas, embora haja convergência a respeito da especificidade desse elemento, a questão acerca dos diferentes tamanhos ainda possibilita maiores aprofundamentos. Fisicamente, as variações no aumento artificial da área da mão possibilitariam a manipulação de uma importante variável que compõe a carga de treino, que é a resistência externa. Através dela, diferentes manifestações de força poderiam ser exploradas e, conseqüentemente, uma melhor orientação do treinamento de força poderia ser obtida.

Mesmo assim, as publicações anteriores que abordaram esse tema (GOURGOULIS et al., 2009, 2008b, 2006; MONTEIL e ROUARD, 1992a) se focaram fundamentalmente na análise de variáveis temporais e espaciais, restando responder, portanto, quais os reais efeitos da utilização de diferentes tamanhos de palmar na produção força, no seu comportamento ao longo do tempo, e como a velocidade se

comportaria frente a essas eventuais alterações. Com base nessa problematização, foram formuladas algumas hipóteses do atual estudo, que serão apresentadas no tópico a seguir.

## **4 Hipóteses**

O presente estudo foi delineado para verificar os efeitos agudos de diferentes tamanhos de palmar nos parâmetros biomecânicos de nadadores de crawl. Baseado nisto, foram levantadas as seguintes hipóteses:

- O aumento da área do palmar ocasiona aumento da força pico, da duração da braçada, do impulso e do tempo para alcançar a força pico.
- O aumento da área do palmar não interfere na taxa de desenvolvimento de força, na força média e na força mínima.
- O aumento da área do palmar possibilita um aumento da velocidade de nado, ocasionado pela diminuição da frequência de braçadas e aumento do comprimento.

# **5 Procedimentos Metodológicos**

## **5.1. Sujeitos**

Participaram do estudo 14 nadadores homens de equipes filiadas à Federação Aquática Paulista, das categorias Júnior (n = 10 - 16 a 19 anos) e Sênior (n = 04 - acima de 20 anos), selecionados de forma casual não probabilística. Para serem incluídos na pesquisa, os sujeitos deveriam apresentar um período mínimo de quatro anos de experiência em competições federadas, dois anos com treinos de força dentro da água e obter índice para o campeonato brasileiro de categoria em provas de 50, 100 e/ou 200 m crawl determinado pela Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos (CBDA) (ANEXO A). O índice foi validado se obtido em competições oficiais num prazo máximo de um ano antes do início da pesquisa, como determinado pela CBDA para participação no Campeonato Nacional. O perfil da amostra está detalhado na tabela 1:

**Tabela 1 - Média e desvio padrão das características do grupo.**

Variáveis	Grupo
Idade (anos)	20.0 ± 3.7
Altura (m)	1.84 ± 0.08
Envergadura (m)	1.88 ± 0.09
Massa Corporal (kg)	76.3 ± 8.6
Massa Magra (kg)	69.7 ± 7.5
Massa Gorda (kg)	6.6 ± 2.4
% de Gordura	8.6 ± 2.6
Área da Mão (cm <sup>2</sup> )	233.7 ± 32.9
Área Muscular do Braço (cm <sup>2</sup> )	69.4 ± 11.8
% RM <sub>100m</sub> *	87.4 ± 1.4

\* % RM<sub>100m</sub> = Percentual do recorde mundial na prova de 100 m livre

Antecedendo ao estudo, foi realizada uma explanação verbal a respeito dos procedimentos e dos riscos da pesquisa, conforme determinação do Conselho Nacional de Saúde (Resoluções 196/96 e 251/97). Em seguida os atletas ou responsáveis pelos menores de 18 anos preencheram o termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO B) e um questionário para caracterização da experiência competitiva da amostra e do seu respectivo treinamento (ANEXO C). O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas (Processo número 992/2008).

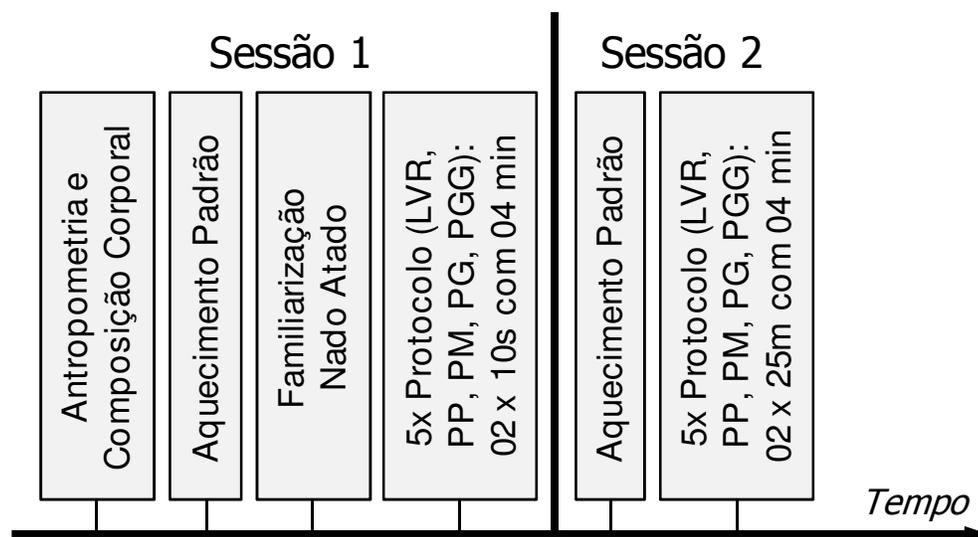
## 5.2 Delineamento experimental

Previamente à coleta de dados, foi selecionado um formato de palmar, disponível em quatro tamanhos: pequeno, médio, grande e extragrande, com áreas de 280, 352, 462 e 552 cm<sup>2</sup> de área, respectivamente (Figura 13). Esses modelos são fabricados nacionalmente, possuem baixo custo de aquisição e, sobretudo, são amplamente utilizados pelos técnicos brasileiros.



Figura 13 - Formato e tamanhos dos palmares utilizados.

Em um mesmo dia, durante duas sessões, foram realizadas avaliações da antropometria e da composição corporal, como forma de caracterização da amostra, bem como testes de força e velocidade em cinco condições de nado: (1) livre de material (LVR), (2) com palmar pequeno (PP), (3) com palmar médio (PM), (4) com palmar grande (PG) e (5) com palmar extragrande (PGG). A figura 14 apresenta como foi a organização dos procedimentos realizados.



**Figura 14 - Desenho esquemático dos procedimentos realizados. LVR = nado livre, PP = palmar pequeno, PM = palmar médio, PG = palmar grande, PGG = palmar extragrande.**

Os procedimentos foram realizados na semana seguinte ao término do período competitivo, quando normalmente os atletas apresentam melhor nível de desempenho. Foram utilizadas piscinas de 25 e 50 m, nas quais a temperatura média da água foi de 26.5 °C. O aquecimento pré-testes foi padronizado em 10 minutos de alongamento ativo fora da água, 10 minutos de nado submáximo, quatro repetições de 15 m em máxima velocidade com intervalo de 01 minuto e 30 segundos, além de 100 m de nado solto.

### 5.2.1 Avaliação antropométrica e composição corporal

Os sujeitos foram submetidos à avaliação das seguintes variáveis: altura, envergadura, área da mão, massa corporal, dobras cutâneas e circunferência do braço. Todas as medidas foram realizadas pelo mesmo avaliador no mesmo horário do dia. Os atletas não realizaram esforços físicos de alta intensidade por um período mínimo de 12 horas antes das avaliações.

A altura e envergadura foram avaliadas com o auxílio de fitas métricas com precisão de 0.1 cm posicionadas transversal e paralelamente ao chão, respectivamente. A área da mão foi estimada tomando os pontos transversais e longitudinais extremos, como mostra a figura 15 abaixo:

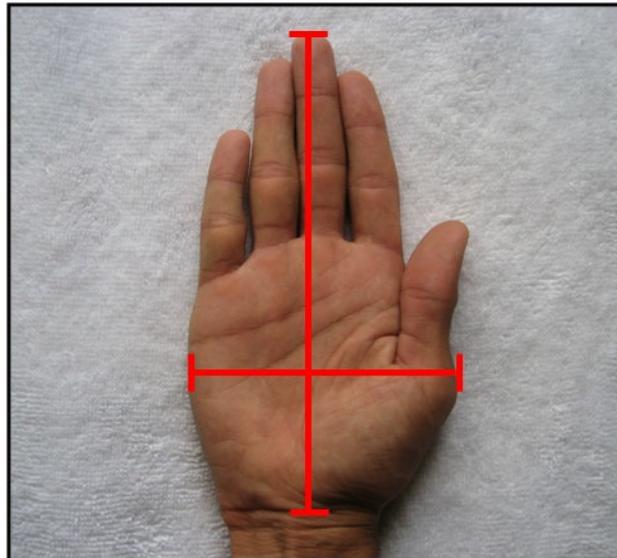


Figura 15 - Pontos de medida da área da mão.

A avaliação da massa corporal foi feita com o auxílio de uma balança eletrônica com precisão de 0.1 kg, sendo que os indivíduos foram pesados descalços, vestindo apenas uma sunga.

A composição corporal foi determinada pela técnica de espessura do tecido celular subcutâneo mediante a utilização de compasso da marca Lange (Cambridge Scientific Instruments, Cambridge, MD), com precisão de 01 mm e pressão constante de 10 g/mm<sup>2</sup>. Foram avaliadas sete dobras, a saber: tricipital, peitoral, subescapular, axilar média, abdominal, suprailíaca e coxa medial, sempre medidas no lado direito do corpo, segundo recomendado por Harrison et al. (1988). O valor anotado foi a média de três medidas consecutivas.

A densidade corporal (DC) foi estimada pela equação de Pollock et al. (1980) (Eq. 11) para posterior conversão em gordura corporal relativa (%G) mediante a equação de Siri (1961) (Eq. 12). A massa magra foi determinada pela subtração da gordura corporal absoluta da massa corporal total.

$$DC = 1.112 - [0.00043499 (ST) + 0.00000055 (ST)^2] - [0.0002882 (idade)] \quad (Eq. 11)$$

$$\%G = [(4.95 / DC) - 4.50] \times 100 \quad (Eq. 12)$$

Onde ST corresponde à soma das dobras subescapular, axilar média, tricipital, coxa, supra-ilíaca, abdome e peitoral.

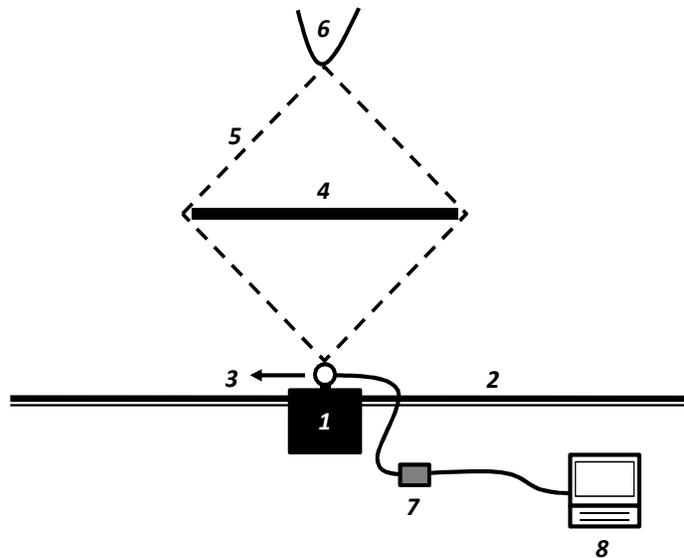
Para medida da circunferência do braço relaxado, foi utilizada uma fita métrica flexível e inextensível com precisão de 01 mm exercendo leve pressão sobre a pele evitando comprimir tecidos moles, em acordo com as técnicas descritas por Callaway et al. (1988). Baseado nas medidas das circunferências e espessura do tecido celular subcutâneo, a área muscular do braço (AMB, em cm<sup>2</sup>) foi calculada através da equação proposta por Frisancho (1984):

$$AMB = [C_{BR} - (\pi \cdot TRI)]^2 / 4 \cdot \pi \quad (Eq. 13)$$

Sendo: C<sub>BR</sub> (cm) = circunferência do braço e TRI (cm) = dobra tricipital

### 5.2.2 Teste de força

Para o teste de força foi desenvolvido um equipamento denominado nado atado ou nado amarrado, similar ao utilizado em estudos anteriores (ADAMS et al., 1983; BARBOSA, 2006; BOLLENS et al., 1988; CABRI et al., 1988; DOPSAJ et al., 2000, 2003; LUTOMSKY et al., 2008; MARINHO, 2002; MOROÇO et al., 2008; PAPOTI et al., 2003, 2007; PAPOTI, 2007; YEATER et al., 1981). O sistema utiliza uma célula de carga (04 *Strain Gage*) isolada contra umidade, com capacidade de 200 kgf na condição de tração e/ou compressão e precisão aproximada de 30 g. Uma de suas extremidades é presa num suporte de alumínio, fixado sobre o bloco de partida, a uma distância de aproximadamente 03 cm da linha da água, enquanto a outra é ligada a um sistema de cabos por onde o nadador fica preso (Figura 16 e ANEXO D).



**Figura 16 - Representação da vista superior do nado atado: (1) bloco de partida, (2) borda da piscina, (3) célula de carga, (4) barra flutuante, (5) cabos inextensíveis, (6) cinturão, (7) interface e (8) computador.**

Os sinais da deformação mecânica da célula de carga, gerados a partir dos esforços do nadador, foram enviados para uma interface A/D, que converteu o sinal

elétrico em digital. A identificação dos dados foi feita pelo *software* N2000Pró, desenvolvido pelo Centro de Estudos em Fisiologia do Esporte (CEFISE<sup>®</sup>), que armazenou os dados numa planilha do *software* Microsoft<sup>®</sup> Office Excel<sup>®</sup> a uma frequência de 600 Hz. Os dados foram suavizados pelo filtro “*butterworth*” de quarta ordem (PAPOTI et al., 2003, 2007) no *software* MATLAB<sup>®</sup> 7.6.0, versão R2008a (The MathWorks, Inc.). A frequência de corte de 08 Hz foi definida pelo processo de análise residual proposto por Winter (1990). Posteriormente, o sinal digital foi convertido em unidades de força (kgf) através da reta obtida na calibração do sistema, detalhadamente descrita no apêndice A.

Antecedendo os testes (Figura 14), os atletas foram submetidos a um momento de familiarização no equipamento, que durou entre 05 e 10 min para cada nadador. O mesmo protocolo de testes foi realizado diversas vezes até que os sujeitos se sentissem confortáveis. Todo o procedimento foi orientado pelo avaliador responsável.

O protocolo consistiu na execução de dois esforços máximos de 10 s no estilo crawl com intervalo de aproximadamente quatro minutos entre repetições. Segundo Gustin (2001), ações máximas próximas de 10 s demandam uma alta participação anaeróbia (estimada em 94%), sobretudo das vias aláticas, sendo que a ressíntese dos substratos utilizados (i.e., ATP + CP) leva entre 03 e 05 minutos (GLAISTER, 2005). O início e o término do teste foram determinados por sinal sonoro (apito) após aproximadamente 05 s de nado moderado. No intuito de minimizar os efeitos da transição da intensidade do nado foi dado um intervalo de 01 s entre o apito e o início da aquisição dos dados. A figura 17 mostra uma curva típica do nado crawl em 10 s.

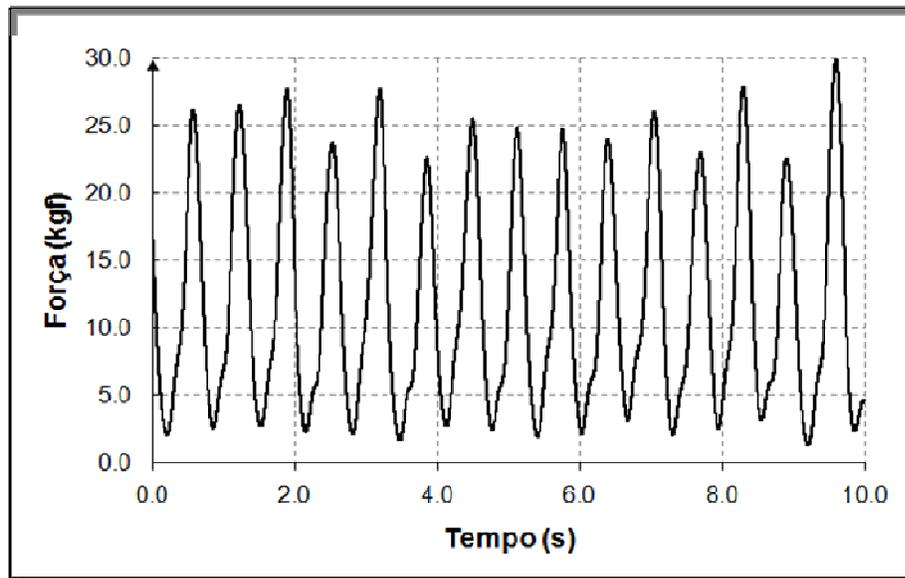


Figura 17 - Comportamento típico da curva de força-tempo no nado crawl em um teste de 10 s.

Durante o período de aquisição dos dados, os nadadores foram orientados a bloquear a respiração. A propulsão de pernas foi permitida, mas houve a recomendação de mantê-la em máxima intensidade em todas as repetições. A frequência de braçadas foi escolhida arbitrariamente pelos atletas, embora tenham sido orientados a realizá-la de forma máxima, sem deterioração na técnica e buscando mantê-la até o término do teste.

O protocolo descrito anteriormente foi repetido cinco vezes, ou seja, 10 repetições de 10 segundos, compreendendo as condições LVR, PP, PM, PG e PGG em sequência aleatória. Entre cada situação, os atletas tiveram um intervalo combinado de 100 m nadando solto e 02 minutos de descanso passivo, no intuito de atenuar possíveis influências da situação anterior na sensibilidade dos nadadores.

Para a análise, durante 08 braçadas ou 04 ciclos, foram obtidas 07 variáveis, calculadas conforme Barbosa e Andries Júnior (2008) e Dopsaj et al. (2003, 2000), que seguem:

1. Força Pico ( $F_{\text{pico}}$ ): Obtida pelo cálculo da média aritmética dos picos de força (Figura 18) obtidos em cada uma das 08 braçadas, expressa em kgf.

2. Força Média ( $F_{\text{méd}}$ ): Obtida pela média de todos os valores de força contidos na curva durante o período das 08 braçadas, expressa em kgf. O valor encontrado foi dividido por 08, para representar o valor correspondente a uma braçada.

3. Taxa de desenvolvimento de força (TDF): Obtida pela média aritmética das taxas de desenvolvimento de força (TDF) obtidas em cada uma das 08 braçadas, expressa em kgf/s sendo calculada por:

$$\text{TDF} = \Delta F / \Delta t \times 1000$$

Onde  $\Delta F = F_{\text{pico}} - F_{\text{mín1}}$ , expresso em kgf e  $\Delta t = \text{tempo da } F_{\text{pico}} - \text{tempo da } F_{\text{mín1}}$ , expresso em ms (Figura 18).

4. Impulso ( $I_{\text{mpF}}$ ): Obtido pela integral da curva força-tempo (Figura 18) calculada a partir do método dos trapézios. O valor retido para análise, expresso em kgf·s, foi a média aritmética das 08 braçadas analisadas.

5. Duração da braçada (DUR): Obtida pela média aritmética da diferença de tempo entre os pontos de força mínima inicial ( $F_{\text{mín1}}$  - Figura 18) e final ( $F_{\text{mín2}}$  - Figura 18) das 08 braçadas analisadas, sendo expressa em ms.

6. Tempo para força pico ( $TF_{\text{pico}}$ ): Definido pelo intervalo de tempo entre a  $F_{\text{mín1}}$  e  $F_{\text{pico}}$  (Figura 18), e expressa em ms. Calculado pela média aritmética encontrada nas 08 braçadas analisadas.

7. Força Mínima ( $F_{\text{mín}}$ ): Obtida pela média aritmética dos valores mínimos de força (Figura 18 –  $F_{\text{mín1}}$ ) em cada uma das 08 braçadas. Essa variável define o início de cada braçada e é expressa em kgf.

Para efeito de análise, foi considerada a média aritmética dos valores obtidos na primeira e segunda repetição.

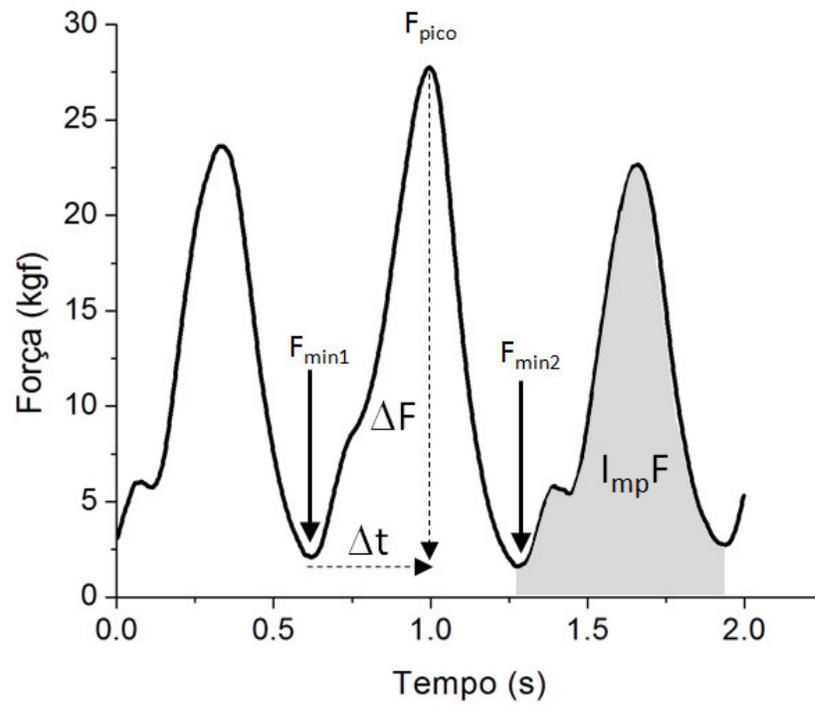


Figura 18 - Representação dos pontos de referência utilizados na análise da curva força x tempo.

### 5.2.3 Teste de velocidade

O teste de velocidade utilizado foi o mesmo proposto por Brito e Figueiredo (1998). O protocolo consistiu na realização de dois esforços máximos de 25 m com intervalo de aproximadamente 04 minutos. Dentro do percurso foram desprezados os primeiros 07 e os últimos 03 m, a fim de minimizar os efeitos do impulso na borda e da chegada, respectivamente.

Para isso, foram colocadas marcações submersas (hastes), perpendiculares ao deslocamento dos atletas, nas distâncias de 07 e 22 m, restando 15 m, de onde foram extraídas as variáveis velocidade média (VM15m), frequência (FB15m) e comprimento de braçadas (CB15m). Os atletas foram orientados a bloquear a respiração no intervalo entre as marcações. A representação do teste pode ser vista na figura 19 mostrada a seguir.

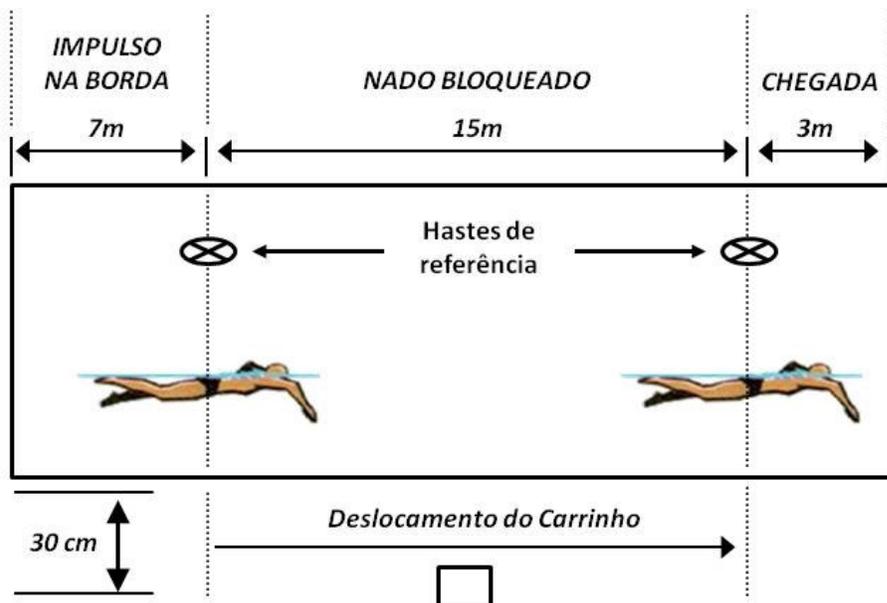


Figura 19 - Representação do teste de velocidade.

O procedimento foi filmado por duas câmeras Sony® MiniDV HC38 (30 hertz) sincronizadas por um sinal sonoro, que proporcionaram uma tomada externa, a 90 cm acima da linha da água, e outra subaquática, realizada com o auxílio de uma caixa estaque Sony® SPK-HCC, a 40 cm da superfície.

Ambas foram fixadas em um *trolley* (Figura 20) empurrado por uma pessoa, possibilitando o deslocamento em paralelo ao nadador. Durante o percurso, a cabeça do nadador foi o ponto de referência para o condutor do *trolley*.

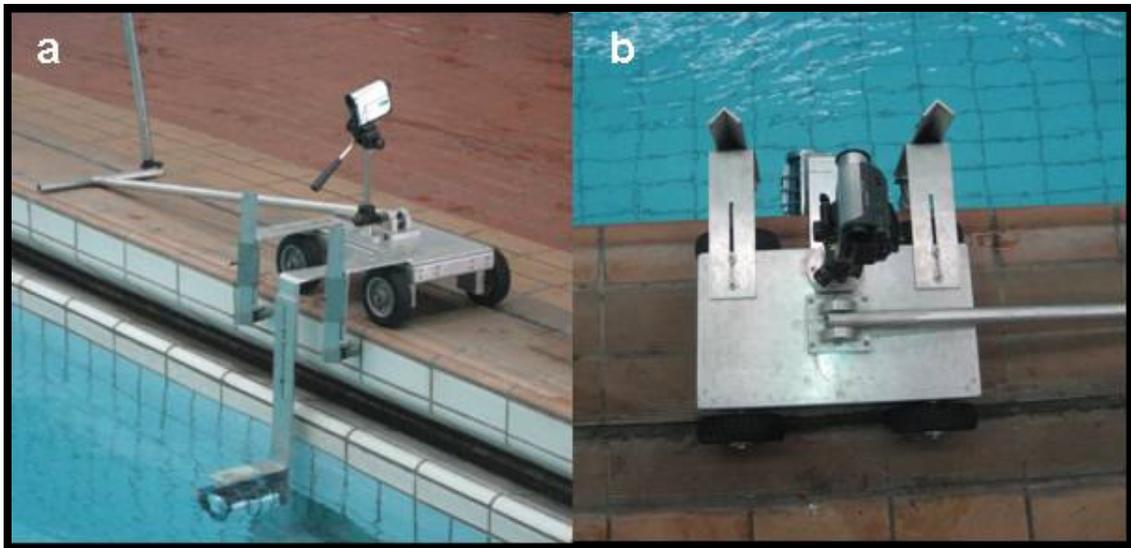


Figura 20 - Vista lateral (a) e frontal (b) do *trolley* utilizado nas filmagens.

As imagens das duas câmeras foram capturadas em um Notebook Acer® Aspire 4520 e analisadas com uma acurácia de 0.03 s no *software* Adobe Premiere Pró 2.0, que permite a reprodução quadro a quadro.

A VM15m foi calculada dividindo a distância de 15 metros entre as marcações pelo tempo necessário para cumpri-los em segundos:

$$VM15m \text{ (m/s)} = 15m / \Delta t \text{ (s)}$$

Foram anotados os tempos correspondentes aos momentos em que a cabeça do nadador passou pelas hastes colocadas embaixo da água. A precisão da

medição da velocidade média utilizando uma câmera móvel foi estimada em um estudo complementar, detalhado no apêndice B.

A frequência de braçadas foi obtida através do tempo necessário para a realização de quatro ciclos. Lançado na fórmula  $FB15m \text{ (ciclos / min)} = (60 \times 4) / \text{Tempo (s)}$  de quatro ciclos de braçadas, tem-se o resultado em ciclos por minuto. Finalmente, o CB15m foi obtido pela razão entre VM15m e FB15m, sendo esta última expressa em ciclos/s. Para efeito de análise, foi considerada a média aritmética dos valores obtidos na primeira e segunda repetição.

Cada atleta repetiu o protocolo cinco vezes, ou seja, foram realizados 10 esforços máximos, para que fossem compreendidas as condições de nado (1) livre de material (LVR), (2) com palmar pequeno (PP), (3) com palmar médio (PM), (4) com palmar grande (PG) e (5) com palmar extragrande (PGG), sendo que a sequência de execução foi aleatorizada. No intuito de minimizar a influência de um determinado tamanho de palmar na sensibilidade do atleta na situação seguinte, os atletas tiveram um intervalo combinado de 100 m nadando solto e 02 minutos de descanso passivo entre as situações.

### 5.3 Análise estatística

Todas as variáveis obtidas nos testes de força e velocidade, nas situações LVR, PP, PM, PG e PGG foram submetidas ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e ao teste de homogeneidade de variâncias de Levene.

A análise de variância (ANOVA) *One Way* foi empregada nas comparações intersituações das variáveis força pico, força média, taxa de desenvolvimento de força, impulso, tempo para força pico, força mínima, velocidade média, frequência de braçadas e comprimento de braçadas. Quando detectado um efeito significativo, as diferenças foram localizadas pelo teste de *Post-Hoc* de *Scheffé*. Por apresentarem homogeneidade e aderência à distribuição normal, estes dados foram descritos pela média, desvio padrão, valor mínimo, valor máximo, intervalo de confiança 95% limite inferior, intervalo de confiança 95% limite superior e coeficiente de variação, obtido pela razão entre o desvio padrão e a média multiplicada por 100. Também foram apresentadas as diferenças percentuais das médias obtidas em PP, PM, PG e PGG em relação à média obtida em LVR.

Para as comparações intersituações da duração da braçada, que apresentou heterocedasticidade e distribuição não paramétrica em LVR e PP, recorreu-se ao teste de Kruskal-Wallis. Se detectado efeito significativo, as diferenças foram localizadas pelo teste de Mann-Whitney com o ajuste de Bonferroni. Nestes casos, os dados foram descritos pela mediana, percentis 25 e 75%, valores mínimo e máximo e coeficiente de variação. Também foram apresentadas as diferenças percentuais das medianas obtidas em PP, PM, PG e PGG em relação à mediada obtida em LVR.

As análises aconteceram por meio do *software* SPSS 16.0 for Windows® (SPSS Inc., Chicago, IL) considerando o nível de significância de 5%.

## **6 Resultados**

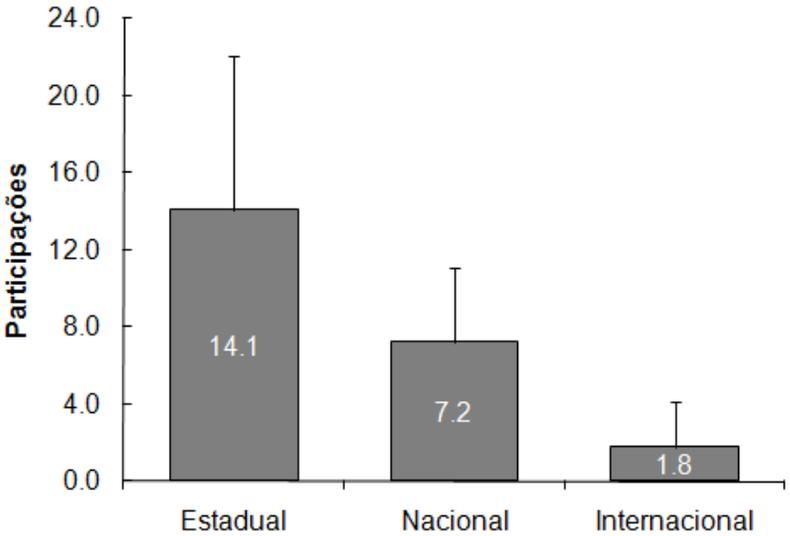
### **6.1 Características do treinamento e experiência competitiva**

Segundo as informações obtidas através do questionário (ANEXO C), constatou-se que a experiência média de treinamento em natação foi de  $9.7 \pm 4.4$  anos. Além disso, do total de nadadores, 13 obtiveram índice nos 50 m, 13 nos 100 m e 08 200 m livre em piscina curta. Considerando apenas os atletas com índices nas provas, o tempo médio em 50 m, em piscinas de 25m, foi  $23.68 \pm 0.40s$ , em 100 m  $52.40 \pm 1.09s$  e em 200 m  $114.43 \pm 1.67s$ , correspondendo a  $85.7 \pm 1.5\%$ ,  $85.8 \pm 1.8\%$  e  $87.0 \pm 1.2\%$  do recorde mundial, respectivamente. Em piscina longa, 13 nadadores obtiveram índice para a prova de 50 m, 14 para 100 m e 08 para 200 m livre. O tempo médio em cada uma foi de  $24.22s \pm 0.48s$ ,  $53.70 \pm 0.87s$  e  $116.69 \pm 1.11s$ , correspondendo a  $86.4 \pm 1.7\%$ ,  $87.4 \pm 1.4\%$  e  $87.4 \pm 0.8\%$  do recorde mundial, respectivamente.

Na temporada que antecedeu os testes, as metragens semanais mínima e máxima foram  $12321 \pm 4874m$  e  $52071 \pm 26639m$ , respectivamente, distribuídos em  $7.9 \pm 1.9$  sessões de treino por semana. O treino de força tem sido realizado há  $7.3 \pm 3.1$  anos através de diversos métodos. O palmar é o material utilizado há mais tempo ( $7.3 \pm 3.1$  anos), sendo requerido em no mínimo duas e no máximo seis sessões semanais. O treino com máquinas e pesos livres é realizado entre duas e três vezes na semana há  $5.3 \pm 3.8$  anos. Também foram citados: o condicionamento físico ( $5.1 \pm 4.4$  anos), paraquedas ( $2.8 \pm 2.4$  anos), extensor dentro ( $2.5 \pm 3.8$  anos) e fora da água ( $5.5 \pm 3.5$  anos), mencionados por 92.9%, 92.9%, 42.9%, 85.7% dos atletas, respectivamente.

A experiência competitiva ( $9.0 \pm 4.4$  anos) se deu no âmbito estadual (Campeonatos Paulistas), nacional (Campeonatos Brasileiros Absolutos e de Categoria) e internacional (Campeonato Mundial, Mutinations, Sul-Americano, Pan-Pacífico, Copa do Mundo, Jogos da Juventude, Copa Mercosul), como mostrado na figura 21. De todas

as participações citadas, a média de pódios estaduais, nacionais e internacionais foi de 26.5, 6.1 e 1.9, respectivamente.



**Figura 21 - Média de participação do grupo em eventos competitivos de nível estadual, nacional e internacional.**

## 6.2 Efeito do tamanho do palmar na curva força-tempo

Os dados referentes à força pico estão dispostos na tabela 2. Nota-se que os diferentes tamanhos de palmar ocasionaram alterações consistentes nessa variável, sobretudo quando considerados os aumentos da média, associados à relativa estabilidade do coeficiente de variação. Esses resultados se mostraram estatisticamente significantes ( $F=6.022$ ,  $p<0.0001$ ) e as diferenças foram localizadas entre as situações LVR e PGG, LVR e PG, e PP e PGG.

**Tabela 2 - Força pico ( $F_{pico}$ ): Média, desvio padrão (DP), mínimo, máximo, intervalo de confiança 95% limite inferior (IC 95% LI) e superior (IC 95% LS), e coeficiente de variação (CV) no nado livre (LVR), com palmar pequeno (PP), médio (PM), grande (PG) e extragrande (PGG); e diferença percentual da média em relação ao nado livre ( $\Delta\%$ ).**

$F_{pico}$ (kgf)	Situações				
	LVR	PP	PM	PG	PGG
Média	27.8	29.3	31.0	32.5 <sup>a</sup>	33.8 <sup>a, b</sup>
DP	2.9	3.9	3.6	3.9	3.9
Mínimo	22.0	22.3	24.6	25.7	27.8
Máximo	31.9	35.0	38.0	37.6	41.0
IC 95% LI	26.1	27.0	28.9	30.2	31.6
IC 95% LS	29.5	31.5	33.1	34.7	36.1
CV	10.5%	13.4%	11.8%	12.0%	11.7%
$\Delta\%$	-	5.3%	11.5%	16.7%	21.7%

<sup>a</sup> Diferença significativa em relação à LVR. <sup>b</sup> Diferença significativa em relação à PP.

Diferentemente da força pico, nenhum efeito significativo foi detectado na força média ( $F=1.269$ ,  $p=0.291$ ), que possuem os dados apresentados na tabela 3. Além disso, a homogeneidade do grupo ficou comprometida com a utilização dos implementos, haja vista a alteração considerável do coeficiente de variação.

**Tabela 3 - Força média ( $F_{\text{méd}}$ ): Média, desvio padrão (DP), mínimo, máximo, intervalo de confiança 95% limite inferior (IC 95% LI) e superior (IC 95% LS), e coeficiente de variação (CV) no nado livre (LVR), com palmar pequeno (PP), médio (PM), grande (PG) e extragrande (PGG); e diferença percentual da média em relação ao nado livre ( $\Delta\%$ ).**

$F_{\text{méd}}$ (kgf)	Situações				
	LVR	PP	PM	PG	PGG
Média	14.8	15.1	15.6	15.9	15.6
DP	1.0	1.4	1.4	1.8	1.9
Mínimo	13.0	12.2	13.3	13.0	12.0
Máximo	16.1	17.6	17.7	19.7	20.3
IC 95% LI	14.2	14.2	14.8	14.9	14.5
IC 95% LS	15.4	15.9	16.4	17.0	16.7
CV	6.9%	9.3%	8.8%	11.0%	12.3%
$\Delta\%$	-	1.6%	5.1%	7.5%	5.6%

Apesar da tendência de aumento na média da taxa de desenvolvimento de força (Tabela 4), nenhum efeito significativo foi detectado ( $F=0.877$ ,  $p=0.483$ ).

**Tabela 4 - Taxa de desenvolvimento de força (TDF): Média, desvio padrão (DP), mínimo, máximo, intervalo de confiança 95% limite inferior (IC 95% LI) e superior (IC 95% LS), e coeficiente de variação (CV) no nado livre (LVR), com palmar pequeno (PP), médio (PM), grande (PG) e extragrande (PGG); e diferença percentual da média em relação ao nado livre ( $\Delta\%$ ).**

TDF (kgf/s)	Situações				
	LVR	PP	PM	PG	PGG
Média	70.0	72.7	73.1	75.1	78.0
DP	8.6	13.8	10.5	11.7	13.5
Mínimo	51.0	50.6	53.8	51.0	52.1
Máximo	81.2	96.5	92.1	97.5	105.8
IC 95% LI	65.1	64.7	67.0	68.3	70.2
IC 95% LS	75.0	80.6	79.2	81.8	85.8
CV	12.2%	19.0%	14.4%	15.6%	17.3%
$\Delta\%$	-	3.7%	4.4%	7.1%	11.3%

Os dados descritivos do impulso estão disponíveis na tabela 5. O tamanho do palmar exerceu um efeito significativo nessa variável ( $F=6.277$ ,  $p<0.0001$ ), sendo detectadas diferenças apenas nas comparações entre LVR e PG, LVR e PGG, e PP e PGG.

**Tabela 5 - Impulso ( $I_{mp}F$ ): Média, desvio padrão (DP), mínimo, máximo, intervalo de confiança 95% limite inferior (IC 95% LI) e superior (IC 95% LS), e coeficiente de variação (CV) no nado livre (LVR), com palmar pequeno (PP), médio (PM), grande (PG) e extragrande (PGG); e diferença percentual da média em relação ao nado livre ( $\Delta\%$ ).**

$I_{mp}F$ (kgf·s)	Situações				
	LVR	PP	PM	PG	PGG
Média	9.7	10.5	11.2	11.9 <sup>a</sup>	12.7 <sup>a, b</sup>
DP	1.4	2.1	1.6	1.7	2.0
Mínimo	7.8	7.9	8.6	9.4	10.2
Máximo	13.5	16.7	14.7	15.4	17.4
IC 95% LI	8.9	9.3	10.3	10.9	11.6
IC 95% LS	10.5	11.6	12.1	12.9	13.9
CV	14.9%	19.7%	13.9%	14.2%	15.5%
$\Delta\%$	-	7.7%	15.2%	22.4%	30.9%

<sup>a</sup> Diferença significativa em relação à LVR. <sup>b</sup> Diferença significativa em relação à PP.

Os dados da duração da braçada foram identificados como heterocedásticos e não paramétricos em LVR e PP. Assim, a comparação por meio do teste de Kruskal-Wallis revelou que o tamanho do palmar influencia significativamente essa variável ( $p<0.0001$ ), sendo detectadas diferenças entre LVR e PGG, LVR e PG, e PP e PGG, como mostrado na tabela 6.

**Tabela 6 - Duração da braçada (DUR): Mediana, percentil 25%, percentil 75%, mínimo, máximo e coeficiente de variação (CV) no nado livre (LVR), com palmar pequeno (PP), médio (PM), grande (PG) e extragrande (PGG); e diferença percentual da mediana em relação ao nado livre ( $\Delta\%$ ).**

DUR (ms)	Situações				
	LVR	PP	PM	PG	PGG
Mediana	642	650	702	718 <sup>a</sup>	761 <sup>a, b</sup>
Percentil 25%	604	635	651	670	738
Percentil 75%	690	699	798	809	930
Mínimo	575	617	620	647	682
Máximo	850	850	859	929	1061
CV	10.7%	11.4%	11.6%	12.6%	15.5%
$\Delta\%$	-	1.2%	9.3%	11.8%	18.5%

<sup>a</sup> Diferença significativa em relação à LVR. <sup>b</sup> Diferença significativa em relação à PP.

O tamanho do palmar também causou um efeito significativo no tempo para a força pico ( $F=5.883$ ,  $p<0.0001$ ), sendo localizadas diferenças nas comparações LVR x PGG e LVR x PG (Tabela 7).

**Tabela 7 - Tempo para a força pico ( $TF_{pico}$ ): Média, desvio padrão (DP), mínimo, máximo, intervalo de confiança 95% limite inferior (IC 95% LI) e superior (IC 95% LS), e coeficiente de variação (CV) no nado livre (LVR), com palmar pequeno (PP), médio (PM), grande (PG) e extragrande (PGG); e diferença percentual da média em relação ao nado livre ( $\Delta\%$ ).**

$TF_{pico}$ (ms)	Situações				
	LVR	PP	PM	PG	PGG
Média	333	348	370	386 <sup>b</sup>	407 <sup>a</sup>
DP	38	43	37	51	55
Mínimo	240	260	314	289	341
Máximo	375	403	429	480	520
IC 95% LI	311	323	349	356	375
IC 95% LS	355	373	391	415	438
CV	11.5%	12.3%	10.0%	13.2%	13.4%
$\Delta\%$	-	4.5%	11.1	15.9%	22.1%

<sup>a</sup> Diferença significativa em relação à LVR. <sup>b</sup> Diferença significativa em relação à PP.

No tocante à força mínima foram detectadas diferenças significantes ( $F=4.042$ ,  $p=0.005$ ) somente no contraste dos dados de LVR e PGG, como mostra a tabela 8.

**Tabela 8 - Força Mínima ( $F_{\min}$ ): Média, desvio padrão (DP), mínimo, máximo, intervalo de confiança 95% limite inferior (IC 95% LI) e superior (IC 95% LS), e coeficiente de variação (CV) no nado livre (LVR), com palmar pequeno (PP), médio (PM), grande (PG) e extragrande (PGG); e diferença percentual da média em relação ao nado livre ( $\Delta\%$ ).**

$F_{\min}$ (kgf)	Situações				
	LVR	PP	PM	PG	PGG
Média	4.9	4.6	4.3	4.2	3.0 <sup>a</sup>
DP	1.4	1.3	1.4	1.4	1.1
Mínimo	2.8	2.1	1.7	2.1	1.4
Máximo	7.5	7.0	6.9	6.7	5.0
IC 95% LI	4.1	3.8	3.5	3.4	2.4
IC 95% LS	5.7	5.3	5.2	5.0	3.6
CV	29.6%	27.3%	33.0%	33.9%	35.6%
$\Delta\%$	-	-7.0%	-11.6%	-14.7%	-38.4%

<sup>a</sup> Diferença significativa em relação à LVR.

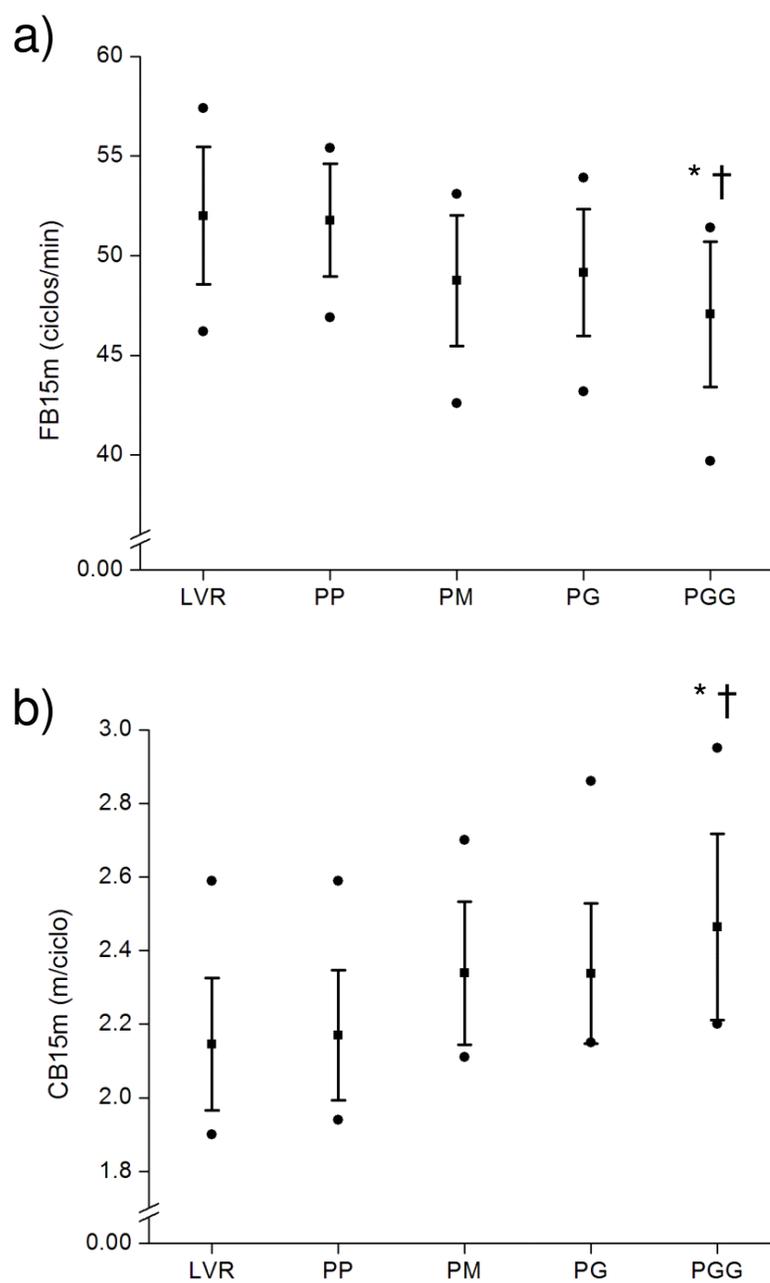
### 6.3 Efeito do tamanho do palmar na velocidade média, na frequência de braçadas e no comprimento de braçadas

A velocidade média em 15 m (VM15m) não se modificou significativamente entre as situações, conforme mostram os dados da tabela 9. Houve apenas uma tendência de incremento, sobretudo quando analisados os dados das alterações percentuais dos palmares em relação à LVR.

**Tabela 9 - Velocidade média (VM15m): Média, desvio padrão (DP), mínimo, máximo, intervalo de confiança 95% limite inferior (IC 95% LI) e superior (IC 95% LS), e coeficiente de variação (CV) no nado livre (LVR), com palmar pequeno (PP), médio (PM), grande (PG) e extragrande (PGG); e diferença percentual da média em relação ao nado livre ( $\Delta\%$ ).**

VM15m (m/s)	Situações				
	LVR	PP	PM	PG	PGG
Média	1.85	1.87	1.89	1.91	1.92
DP	0.09	0.09	0.09	0.08	0.09
Mínimo	1.74	1.73	1.79	1.81	1.81
Máximo	2.06	2.03	2.11	2.05	2.11
IC 95% LI	1.80	1.81	1.84	1.87	1.87
IC 95% LS	1.90	1.92	1.95	1.96	1.97
CV	4.9%	4.7%	4.8%	4.1%	4.5%
$\Delta\%$	-	0.7%	2.2%	3.2%	3.7%

Foram detectadas diferenças significantes para a frequência (FB15m) ( $F=5.72$ ,  $p=0.001$ ) e comprimento de braçadas ( $F=6.084$ ,  $p<0.0001$ ), ambas localizadas nos contrastes LVR x PGG (FB15m:  $p=0.006$ , CB15m:  $p=0.003$ ) e PP x PGG (FB15m:  $p=0.01$ , CB15m:  $p=0.008$ ) como mostrado na figura 22, a seguir.



**Figura 22 - Média (■), desvio padrão (barras), mínimo (•) e máximo (•) da (a) frequência de braçadas (FB15m) e do (b) comprimento de braçadas (CB15m). \* diferença significativa ( $p < 0.05$ ) em relação à LVR. † diferença significativa ( $p < 0.05$ ) em relação à PP.**

# **7 Discussão**

## **7.1 Efeito do tamanho do palmar na curva força-tempo**

As alterações observadas na curva força-tempo (C.f-t), ocasionadas pela utilização dos diferentes tamanhos de palmar, estão basicamente associadas ao mesmo processo: com o acréscimo da área da mão, o nadador encontra uma resistência externa maior, devido a uma maior massa de água a ser deslocada para trás (OGITA et al., 1999; TOUSSAINT et al., 1989, 1991). Como primeira resposta, foram observados aumentos consideráveis na força pico em relação ao nado livre (entre 5 e 21%), sendo, no entanto, significantes apenas a partir da utilização de PG.

Com característica essencialmente cinética, a força pico foi alvo de diversas investigações que se propuseram a relacioná-la com a velocidade de nado (DOPSAJ et al., 2000; MARINHO, 2002; MARINHO e GOMES, 1999, MOROUÇO, 2009; MOROUÇO et al., 2008a, 2008b; RISCH e CASTRO, 2007; SZMUCHROWSKI et al. 2007; YEATER et al., 1981). Os estudos compostos por nadadores de nível regional e estadual que avaliaram o nado crawl completamente atado, detectaram correlações positivas e significantes, que variaram entre 0.67 a 0.85 (MARINHO, 2002; MARINHO e GOMES, 1999, RISCH e CASTRO, 2007; SZMUCHROWSKI et al. 2007). Fundamentalmente, esses resultados apontam que os nadadores mais velozes são aqueles que conseguem gerar maior força pico.

No entanto, esse entendimento pode ser questionado para atletas de nível nacional e internacional, visto que não há a mesma convergência dos resultados correlacionais até então obtidos (DOPSAJ et al., 2000; MOROUÇO, 2009; MOROUÇO et al., 2008a, 2008b; YEATER et al., 1981). Nesse contexto, a questão que ainda permanece é se, de fato, nesse tipo de população, uma alteração longitudinal positiva da força pico levaria a um aumento relacionado da velocidade. Em um dos raros estudos que se aproximaram desse propósito, os atletas de alto nível analisados apresentaram aumentos concomitantes na força pico e na velocidade de nado

(MARINHO, 2008). Mas, além de se um estudo isolado, algumas das alterações encontradas, sobretudo na velocidade, ficaram dentro da margem considerada como erro de medida, que, mesmo sendo baixo, compromete a interpretação dessa relação. Além disso, a frequência de aquisição de 10 Hz utilizada no nado atado certamente afeta a identificação exata dos picos de força.

As limitações citadas acima se somam a muitas outras que também contribuem para a manutenção de uma abordagem superficial da C.f-t na natação. Em alguns estudos, a avaliação da força propulsora se restringiu apenas à utilização do máximo valor encontrado durante um determinado período de teste (BARBOSA, 2006; MARINHO e GOMES, 1999; RISCH e CASTRO, 2007), que em geral varia entre 10 s ou 20 braçadas, conforme levantado por Papoti et al. (2003). A característica cíclica da natação faz com que o desempenho esteja associado não apenas a um valor isolado de uma dada variável, mas, sim, à sua consistência do início ao fim da distância em que se compete. Ademais, o instrumento primário de medida do nado atado, que é a célula de carga, apresenta algumas limitações, por exemplo, quando há a realização dos denominados trancos decorrentes da transição do nado moderado para o intenso, o que ocasiona a superestimação da força (PAPOTI et al., 2003, 2007; TRAPPE et al., 2001).

Em outro sentido, algumas investigações optaram por incluir a força média, obtida durante todo o período de um determinado protocolo, na representação da C.f-t (BARBOSA et al., 2009; BARBOSA e ANDRIES JÚNIOR, 2008; MOROUÇO et al., 2008a, 2008b PAPOTI et al., 2007; SZMUCHROWSKI et al. 2007) ou do impulso (BARBOSA et al., 2009; BARBOSA e ANDRIES JÚNIOR, 2008; OSTROVSKI, 2007; PAPOTI et al., 2003). No entanto, nesse procedimento, não há a preocupação de que o início e/ou término da aquisição de dados se dêem sempre na mesma braçada (i.e., direita ou esquerda) e/ou em sua mesma fase. Portanto, a composição inicial e final da C.f-t pode não ter o mesmo padrão em intervenções avaliativas pré e pós-treinamento, dificultando a interpretação dos efeitos longitudinais. Além disso, esse tipo de análise não possibilita o acesso a variáveis/informações ditas importantes, como a taxa de desenvolvimento de força, o tempo para força pico e também a análise da simetria dos braços. Constata-se, portanto, uma carência de estudos longitudinais que analisem o

comportamento das diversas variáveis da C.f-t, no intuito de se compreender não somente o efeito da carga, mas também a relação entre as magnitudes de alteração das variáveis da C.f-t e da velocidade de nado.

A consistência da força produzida do início ao fim de uma braçada remete ao impulso, que é o produto da força pelo tempo. Por apresentar uma característica cinética e temporal ao mesmo tempo, essa variável representa o potencial de trabalho que o nadador pode realizar no nado convencional não atado (DOPSAJ et al., 2000) e, justamente por isso, possui um histórico de fortes correlações com a velocidade de nado (BARBOSA et al., 2009; DOPSAJ et al., 2000; PAPOTI et al., 2003), independentemente do nível e do estilo dos atletas. Portanto, o impulso parece ser a variável fundamental para se investigar as alterações longitudinais. Logo, é razoável que sejam identificadas as cargas de treino e os métodos apropriados que ocasionem aumentos significantes no mesmo. Com base nos resultados obtidos neste estudo, é possível considerar os palmares como uma opção interessante, visto que, em relação a LVR, proporcionaram acréscimos que variaram de 7.7% (em PP) a 30.9% (em PGG).

No entanto, como o impulso é representado pela área da curva, suas alterações estão associadas a múltiplos fatores que influenciarão o seu formato, como: (1) a força pico, que estabelece a altura máxima atingida daquela braçada, (2) a taxa de desenvolvimento de força (TDF), que determina a inclinação da curva antes da força pico, (3) a fase de “relaxamento”, que define a inclinação da curva após a força pico ter sido atingida, e (4) a duração da braçada, que representa a base da curva. Então, sob essa perspectiva, a capacidade do atleta de produzir impulso a cada braçada pode ser potencializada quando há aumento na força pico e/ou, na taxa de desenvolvimento de força e/ou na duração. Essa segmentação possibilita direcionar com mais clareza o treinamento, afinal as cargas de treino para se aumentar a força pico e taxa de desenvolvimento de força, por exemplo, possuem características diferentes (BADILLO e AYESTARÁN, 2001).

Então, embora a força pico apresente resultados controversos no que diz respeito à sua relação com a velocidade em atletas de alto nível (DOPSAJ et al., 2000; MOROUÇO, 2009; MOROUÇO et al., 2008a, 2008b; YEATER et al., 1981), ela

retorna indiretamente como variável interveniente no desempenho, na medida em que influencia a magnitude do impulso gerado.

Por influenciar a expressão da força pico de forma aguda, é desejável que os palmares, sobretudo PG e PGG, sejam sistematicamente utilizados no treinamento como forma de se obter alterações crônicas. A organização da carga do treino de força pico, particularmente quando há a inclusão do palmar, deve estar em consonância com os princípios da mecânica dos fluidos. Segundo a teoria hidrodinâmica, as forças propulsoras de sustentação (L) e arrasto (D) podem ser estimadas através das seguintes equações (ALBERTY et al., 2005; GOURGOULIS et al., 2008A; SCHLEIHAUF et al., 1983):

$$L = 1/2 \cdot \rho \cdot C_L \cdot S \cdot v^2$$

$$D = 1/2 \cdot \rho \cdot C_D \cdot S \cdot v^2$$

Onde “ $\rho$ ” é a densidade da água, “ $v$ ” é a velocidade da mão que se desloca no fluido,  $C_L$  e  $C_D$  são os coeficientes de sustentação e arrasto, respectivamente, e “ $S$ ” representa a superfície do hidrofólio. Mesmo havendo uma diminuição de “ $v$ ” (GOURGOULIS et al., 2006, 2008a, 2008b), que possui um efeito quadrático no cálculo da força propulsora, o aumento de “ $S$ ”, proporcionado pelo palmar (TOUSSAINT et al., 1989, 1991), é suficientemente expressivo para ocasionar aumento da propulsão, como detectado no presente estudo e também por Gourgoulis et al. (2008a).

É fundamental reforçar, no entanto, que por mais que a área do palmar limite o desenvolvimento da velocidade da mão, a intenção do nadador durante uma série de força deve ser sempre a de desenvolvê-la de forma máxima, para que níveis de força propulsora superiores ao do nado sem material sejam garantidos, e também para que as adaptações, que são velocidade-dependentes (BADILLO e AYESTARÁN, 2001), sejam alcançadas.

Baseadas neste último ponto, investigações anteriores apresentaram ressalvas à utilização de palmares muito grandes (GOURGOULIS et al., 2006, 2008b). No tocante à especificidade, é preciso ponderar que, nesses casos, há de fato uma diminuição significativa da velocidade da mão (GOURGOULIS et al., 2006, 2008a, 2008b), o que levaria a uma adaptação inespecífica frente à necessidade competitiva

do nadador. No entanto, o processo de treinamento não é delimitado apenas em ações que reproduzem exclusivamente a velocidade e a mecânica do gesto competitivo.

Uma alta capacidade de manifestar a força poderia diferenciar dois atletas do ponto de vista da economia de movimento quando ambos apresentarem níveis semelhantes de força pico durante a prova, ao mesmo tempo em que um deles obtiver uma manifestação maior da mesma frente a uma resistência externa alta. Logo, o nadador com maior força utilizaria na situação competitiva um percentual menor da reserva manifestada voluntariamente. Essa interpretação repercute, inclusive, no treinamento de fundistas, que, em tese, poderiam ter seus desempenhos melhorados em razão de um aumento na força pico.

Resultados dessa natureza já foram comprovados em outras modalidades quando cargas para o aumento da força máxima foram administradas (HOFF et al., 2002; ØSTERAS et al., 2002). Na natação, esse procedimento foi reproduzido sem sucesso (BARBOSA et al., 2007), muito possivelmente devido ao treino de força ter sido realizado fora da água, com máquinas e pesos livres. Especula-se, portanto, que o desempenho aeróbio se comporte de modo diferente quando o treino de força for realizado dentro da água.

No tocante à taxa de desenvolvimento de força, nenhuma modificação significativa foi observada quando os diferentes tamanhos de palmar foram utilizados. Esse é um resultado importante para a orientação do treinamento, pois indica que o palmar possibilita uma maior expressão da força pico sem, no entanto, prejudicar a capacidade explosiva do nadador.

Obviamente que essa consideração deve ser encarada sob a perspectiva de grupo, afinal a ausência de significância intersituações associada ao aumento da variação intersujeitos, verificada pelo desvio padrão, sugere que as modificações na taxa de desenvolvimento de força, geradas pelos diferentes tamanhos de palmar, não aconteceram de forma homogênea. Nesse caso, o melhor procedimento seria analisar individualmente os dados buscando identificar o tamanho que proporcionou aumento concomitante da força pico e da taxa de desenvolvimento de força. Se adotado esse procedimento, quatro nadadores poderiam treinar com qualquer tamanho, dois utilizariam PM ou maior, um utilizaria PP ou PM, um utilizaria somente

PG, três somente PGG e um PP, PG ou PGG (dados disponíveis no Anexo F). Nos dois casos em que houve queda da taxa de desenvolvimento de força, independentemente do tamanho de palmar utilizado, outros meios e métodos de treinamento que possibilitem o incremento dessa variável devem ser buscados e investigados.

É preciso ressaltar, porém, que a análise da taxa de desenvolvimento de força (TDF) possui algumas limitações. A observação da sua alteração ao longo do tempo pode limitar o entendimento dos efeitos gerados pela carga de treino devido ao procedimento empregado em seu cálculo. Caso haja uma diminuição da força pico associada a uma queda proporcional do tempo para se alcançá-la, teremos um atleta mais explosivo, pois atingirá a força num menor espaço de tempo, mas nenhuma alteração será observada na TDF.

Esse olhar ressoa ainda na comparação da taxa de desenvolvimento de força entre diferentes atletas. É razoável que dois indivíduos com uma TDF igual possuam características diferentes, sendo um mais fortemente caracterizado pela capacidade de produzir força, enquanto o outro mais predisposto a ações mais explosivas. Dadas essas limitações, a TDF, da forma que foi calculada no presente estudo e em anteriores (BARBOSA e ANDRIES JÚNIOR, 2008; BARBOSA et al., 2009; DOPSAJ et al., 2000; 2003), pode restringir a avaliação da capacidade explosiva e não necessariamente apresentar a mesma importância que vem apontada em estudos anteriores (CORVINO et al., 2009; HOFF et al., 2002; STONE et al., 2004; STRASS, 1988).

Uma alternativa normalmente adotada é a análise do tempo para se alcançar a força pico ( $TF_{pico}$ ), isto é, um menor  $TF_{pico}$  apontaria para uma melhor capacidade de produzir força rapidamente, e a interpretação inversa aconteceria para um  $TF_{pico}$  maior. Sob tal perspectiva, os dados do presente estudo indicariam que o prejuízo à capacidade de explosão do nadador aumenta à medida que tamanhos maiores de palmar são utilizados. Esse resultado somente se torna significativo, porém, quando PGG é empregado.

O  $TF_{pico}$  considera a diferença de tempo existente entre os valores mínimos ( $F_{min}$ ) e máximos de força ( $F_{pico}$ ) de uma braçada. Dessa forma, tanto o aumento da  $F_{pico}$  quanto a diminuição da  $F_{min}$  ocasionariam alterações nessa variável.

As modificações da  $F_{\text{pico}}$  entre as situações já foram discutidas anteriormente e, fundamentalmente, dizem respeito aos mecanismos hidrodinâmicos inerentes ao aumento da área da mão. Por outro lado, a  $F_{\text{mín}}$  apresenta uma diminuição gradativa nas diferentes situações, que se torna significativa quando PGG é utilizado. É possível, portanto, que o aumento do  $TF_{\text{pico}}$  não esteja necessariamente relacionado à diminuição da capacidade explosiva da braçada, mas, antes, a uma alteração do padrão coordenativo interbraçadas (i.e., relação entre início e término da propulsão de ambos os braços) adotado com o aumento artificial da área da mão.

Tal efeito também pode repercutir na duração da braçada, afinal, a diminuição da área propulsiva coincide com os maiores valores de  $F_{\text{mín}}$ , indicando uma maior sobreposição das fases propulsivas dos braços. Evidentemente que esse efeito é apenas secundário, pois a diminuição da velocidade da mão, legitimadamente causada pelo palmar (GOURGOULIS et al., 2006, 2008a, 2008b), acena como principal causa desse aumento da duração.

Já a força média, que como a força pico tem apresentado correlações significantes com o desempenho (MARINHO, 2002; MOROUÇO, 2009; MOROUÇO et al., 2008a, 2008b; PAPOTI et al., 2007), não se alterou significativamente com o uso do palmar. A comparação dos dados atuais com anteriores, informados pela literatura, deve ser feita com cautela, pois existem investigações que utilizaram esse mesmo termo para identificar a média dos picos (BARBOSA, 2006; MARINHO, 2002, MARINHO et al., 2005), e que normalmente encontram valores superiores às demais (entre 17.2 e 29.6 kgf). Naqueles que aparentemente adotaram o mesmo procedimento do presente estudo, utilizando protocolos de no máximo 30 s, os valores também divergem, variando entre 8.8 e 19.1 kgf (ADAMS et al., 1983; BARBOSA e ANDRIES JÚNIOR, 2008; LUTOMSKY et al., 2008; MAGEL, 1970; MOROUÇO, 2009; MOROUÇO et al., 2008; PAPOTI et al., 2003; SZMUCHROWSKI et al., 2007; YAETER et al., 1981). Tamanha discrepância entre esses resultados já publicados pode existir devido às diferenças no nível competitivo dos sujeitos, à limitação dos equipamentos utilizados há 30 ou 40 anos e/ou às diferenças no tratamento do sinal (utilização de filtros ou não e/ou considerar como dados válidos nos cálculos a transição do nado moderado para o nado intenso).

Uma importante consideração a respeito da força média, calculada a partir da média de todos os valores de força contidos na curva de uma braçada, é que a sua alteração pode ser comprometida caso haja alteração concomitante das variáveis cinéticas e temporais, tal como ocorre com a TDF. Em outras palavras, os aumentos ocasionados na força podem ter sido abrandados pelo número de amostras, que também aumentou, conforme identificado pelas alterações da duração da braçada, e, por isso, não foram detectadas modificações intersituações no presente estudo. Então, em alguns casos, a força média pode não ser sensível às alterações longitudinais promovidas pelo treinamento.

Finalmente, é preciso ressaltar que o aumento da resistência externa pode ser proporcionalmente diferente entre os atletas. Quando o palmar é usado, a superfície da mão dos nadadores se torna igual. Considerando uma mesma velocidade da mão, os nadadores que possuem mãos menores terão um aumento percentual maior da resistência a ser superada do que aqueles que já possuem mãos maiores, levantando a possibilidade de que, embora palmares maiores possibilitem maior desenvolvimento da força, o tamanho a ser utilizado pode ou deve ser escolhido de forma individualizada.

## **7.2 Efeito do tamanho do palmar na velocidade média, na frequência de braçadas e no comprimento de braçadas**

Os dados obtidos neste estudo revelaram que diferentes tamanhos de palmar não ocasionam modificações significantes na velocidade de nado, mesmo havendo ganhos expressivos na força propulsora. Nesse cenário, é preciso ponderar que, do ponto de vista físico, a velocidade no meio líquido é sumariamente dependente das forças de arrasto e propulsão. Portanto, é razoável que os aumentos na propulsão tenham ocasionado alterações positivas na velocidade que, paralelamente foram atenuadas pelos aumentos quadráticos no arrasto.

Conforme mencionado anteriormente, o arrasto de onda é um fator limitante relevante quando o nado é realizado na superfície da água, respondendo por aproximadamente 57% da resistência hidrodinâmica total na velocidade de 2 m/s (TOUSSAINT, 2001). Acredita-se que a sua participação aumente mais fortemente do que apenas ao quadrado quando superada a velocidade de casco ( $V_h$ ) (ver tópico 3.1.1.3) (TOUSSAINT et al., 2002b e TOUSSAINT, 2009).

Considerando que no presente estudo todos os sujeitos apresentaram uma velocidade no nado livre bem superior à  $V_h$  (estimada pela equação 6, pág. 46) (dados disponíveis no ANEXO G), é possível que o aumento do arrasto de onda tenha sido o principal responsável por limitar aumentos mais expressivos da velocidade quando diferentes tamanhos de palmar foram utilizados.

Ademais, os resultados descritos no primeiro parágrafo deste tópico trazem a necessidade de alguns esclarecimentos acerca de algumas limitações inerentes ao nado completamente atado. Por causa da velocidade nula imposta pelo equipamento, a potência mecânica produzida pelo nadador é inteiramente despendida na movimentação da água (variável “ $P_k$ ”, equação 10, pág. 56) (PESSÔA-FILHO e DENADAI, 2008; PESSÔA-FILHO et al., 2008; TOUSSAINT e VERVOORN, 1990). Dessa forma, toda alteração positiva detectada na força propulsora medida no nado atado somente será transferida para a velocidade caso o indivíduo seja capaz de transformá-la em potência útil no nado convencional (variável “ $P_d$ ”, equação 10, pag. 56), o que se traduz, invariavelmente, em um aumento da eficiência propulsiva. Assim, como esta última é dependente da técnica (TOUSSAINT, 1990), acredita-se que o desenvolvimento da força deva estar associado a um monitoramento e aprimoramento da mecânica de nado.

Infelizmente ainda não há relatos sobre o impacto que a utilização sistemática do palmar pode causar no desempenho. Não obstante, existem indícios de que tais resultados podem ser atingidos. No estudo longitudinal conduzido por Toussaint e Vervoorn (1990) foram utilizados pontos fixos posicionados abaixo da superfície da água como resistência. Durante 10 semanas, 03 vezes por semana, um grupo de nadadores utilizou desse artifício durante a realização de esforços máximos de curta duração. Além das melhoras significantes de 3.3% e 7.7% na força e na

potência, respectivamente, a velocidade de nado foi alterada em 3.4%, sem haver, no entanto, nenhuma alteração similar no grupo controle.

O palmar se assemelha com os pontos fixos pelo fato de ambas as condições proporcionarem um aumento na eficiência propulsiva (ep). Nesse último, toda a potência mecânica externa é utilizada para vencer a força de arrasto (i.e., ep = 100%) (TOUSSAINT et al., 1989, 1991), enquanto com o palmar foram verificados aumentos entre 4.5 e 7.8% na ep (GOURGOULIS et al., 2008a; TOUSSAINT et al., 1989, 1991), podendo chegar a 21.6% dependendo da fase subaquática analisada (GOURGOULIS et al., 2008a). Dadas as semelhanças, acredita-se que a utilização sistemática do palmar possa gerar efeitos longitudinais parecidos àqueles encontrados por Toussaint e Vervoorn (1990).

No tocante aos indicadores técnicos, os resultados do presente estudo se assemelham aos obtidos em investigações prévias, que somente relataram diminuição da frequência de braçadas e o inverso no comprimento de braçadas quando palmares de grande área foram utilizados (MONTEIL e ROUARD, 1992a, 1992b; PAYTON e LAUDER, 1995; STONER e LUEDTKE, 1979). Nesta pesquisa, as modificações foram significantes apenas nos contrastes LVR x PGG e PP x PGG, conferindo uma especificidade maior aos tamanhos P, M e G. De fato, a observação da figura 22 parece indicar semelhanças entre LVR e PP de um lado, PM e PG do outro, enquanto PGG apresenta resultados bastante isolados das demais condições.

## **8 Conclusões**

Levando em consideração os resultados do presente estudo é possível concluir que a magnitude da força propulsora gerada e também o seu comportamento ao longo do tempo são alterados conforme o tamanho do palmar utilizado. Então, apesar de nenhuma alteração ter sido detectada na velocidade, que também é dependente das forças resistivas, essa diferenciação dos tamanhos trás a possibilidade de se manipular o treinamento de força com mais coerência. É preciso investigar, no entanto, como isso será inserido e ajustado às condições do treino.

## **9 Referências**

AAGAARD, P.; SIMONSEN, E. B.; ANDERSEN, J. L.; MAGNUSSEN, S. P.; HALKJAER-KRISTENSEN, J., DYHRE-POULSEN, P. Neural Inhibition During Maximal Eccentric and Concentric Quadriceps Contraction: Effects of Resistance Training. **Journal Applied Physiology**, v. 89, n. 6, p. 2249-2257, 2000.

ADAMS, T. Jumping into strength training: using plyometrics to increase leg power. **Swimming Technique**, v. 22, n. 3, p. 25-27, 1986.

ADAMS, T. A.; MARTIN, R. B.; YEATER, R. A.; GILSON, K. A. Tethered force and velocity relationships. **Swimming Technique**, v. 20, p. 21-26, 1983.

ALBERTY, M.; SIDNEY, M.; HOUT-MARCHAND, F.; HESPEL, J.M.; PELAYO, P. Intracyclic velocity variations and arm coordination during exhaustive exercise in front crawl stroke. **International Journal of Sports Medicine**, v. 26, n. 6, p. 471-475, 2005.

ALCOCK, A.; MASON, B. Biomechanical analysis of active drag in swimming. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOMECHANICS IN SPORTS, 25., 2007, Ouro Preto, **Anais Eletrônicos...** Ouro Preto: UFMG, 2007. Disponível em: <<http://w4.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/viewFile/438/378>>. Acesso em: 23 abr. 2009.

ALVES, F.; GOMES-PEREIRA, J.; PEREIRA, F. Determinants of energy cost of front crawl and backstroke swimming and competitive performance. In: TROUP, J. P.; HOLLANDER, A. P.; STRASSE, D.; TRAPPE, S. W.; CAPPAERT, J. M.; TRAPPE, A. **Biomechanics and Medicine in Swimming VII**. London: E & FN Spon, 1996. p. 185-192.

ARELLANO, R.; TERRÉS-NICOLI, J. M.; REDONDO, J. M. Fundamental hydrodynamics of swimming propulsion. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 6, supl. 1, p.15-19, 2006.

ARELLANO, R. Aplicación de la evaluación biomecánica en el entrenamiento de nadadores. In: SEMINARIO EUROPEO DE ENTRENADORES DE NATACIÓN, Madrid: ENE. RFEN LEN, 2004, p. 1-14.

ARELLANO, R.; PARDILLO, S.; GAVILÁN, A. Underwater undulatory swimming: kinematic characteristics, vortex generation and application during the start, turns and swimming strokes. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOMECHANICS IN SPORTS, 20., 2002, Cáceres, **Proceedings...**, Cáceres: International Society of Biomechanics in Sports, 2002.

ARELLANO, R. Vortices and propulsion. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOMECHANICS IN SPORT: SWIMMING, 17., 1999, Perth. **Proceeding...** Perth: Edith Cowan University, 1999. p. 53-65.

ARELLANO, R.; PARDILLO, S. An evaluation of changes in the crawl-stroke technique during training periods in a swimming season. In: MCLAREN, D.; REILLY, T.; LEES, A. **Biomechanics and Medicine in Swimming – Swimming Science VI**. London: E and FNSpon, 1992. p. 143-149.

BADILLO, J. J. G; AYESTARÁN, E. G. **Fundamentos do treinamento de força – aplicação ao alto rendimento desportivo**. (2. ed.). Porto Alegre, Artmed, 2001.

BARBOSA, A. C.; DOPSAJ, M.; ANDRIES JÚNIOR, O.; OKICIC, T. Connection between features of towing force by the method of swim-in-place and result level. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE – THEORETICAL, METHODOLOGICAL AND METHODICAL ASPECTS OF COMPETITIONS AND ATHLETES' PREPARATION, 1., 2009, Belgrade, **Proceedings...** Belgrade: University of Belgrade Faculty of Sport and Physical Education, 2009. p. 27.

BARBOSA, A. C.; ANDRIES JÚNIOR, O. Características da curva força x tempo de nadadores de alto nível no nado crawl. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIA DO ESPORTE, 31., 2008, São Paulo, **Anais...** São Paulo: Revista Brasileira de Ciência e Movimento Supl., 2008. p. 64.

BARBOSA, A. C.; MORAES, R. C.; ANDRIES JÚNIOR, O. Efeito do treinamento de força na relação força muscular-desempenho aeróbio de nadadores competitivos. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 9, n. 4, p. 379-384, 2007.

BARBOSA, A. C.; ANDRIES JÚNIOR, O. Efeito do treinamento de força no desempenho da natação. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 20, n. 2, p. 121-150, 2006.

BARBOSA, Augusto Carvalho. **A relevância do treinamento complexo no desempenho de nadadores competitivos**. 2006. 134f. Dissertação (Mestrado em Educação Física)-Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

BARBOSA, T. M.; LIMA, F.; PORTELA, A.; NOVAIS, D.; MACHADOM L.; COLAÇO, P.; GONÇALVES, P.; FERNANDES, R. J.; KESKINEN, K. L., VILLAS-BOAS, J. P. Relationship between energy cost, swimming velocity and speed fluctuation in competitive swimming stroke. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 6, supl. 2, p. 192-194, 2006.

BARBOSA, T. M.; VILLAS-BOAS, J. P. Estudo de diversos conceitos de eficiência da locomoção humana no meio aquático. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 5, n. 3, p. 337-349, 2005.

BARBOZA, B. H. V.; GURJÃO, A. L. D.; JAMBASSI FILHO, J. C.; GONÇALVES, R.; GOBBI, S. Declínio relacionado a idade sobre a taxa de desenvolvimento de força e o efeito do treinamento com pesos em idosas. **Acta Fisiátrica**, v. 16, n. 1, p. 4-9, 2009.

BERGER, M. A. M.; HOLLANDER, A. P.; DE GROOT, G. Technique and energy losses in front crawl swimming. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 29, n. 11, p. 1491-1498, 1997.

BIDEAU, B.; COLOBERT, B.; NICOLAS, G.; LE GUERROUÉ, G.; MULTON, F.; DELAMARCHE, P. In: CHATARD, J. C. **Biomechanics and Medicine in Swimming IX**. Saint Etienne: Publications de l'Université de Saint-Étienne, 2003. p. 51-56.

BIXLER, B. S. Resistência e propulsão. In: STAGER, J. M.; TANNER, D. A. **Natação – Manual de medicina e ciência do esporte**. Barueri: Manole. (2. ed.), 2008. p. 69-119.

BIXLER, B.; RIEWALD, S. Analysis of a swimmer's hand and arm in steady flow conditions using computational fluid dynamics. **Journal of Biomechanics**, v. 35, n. 5, p. 713-717, 2002.

BOCALINI, D. S.; RICA, L. R.; TRIVIÑO, R. N.; SERRA, A. J.; OLIVEIRA, B. S. B.; LIMONJELLI, A. M. A. Desempenho em teste de velocidade de nadadores velocistas treinados com parachute. **Integração**, n. 57, p. 145-149, 2009.

BOCALINI, D. S.; ANDRADE, R. M. P.; UEZU, P. T.; SANTOS, R. N.; NAKAMOTO, F. P. O treinamento pliométrico melhora o desempenho de saída de bloco de nadadores. **Revista Brasileira de Educação Física, Esporte, Lazer e Dança**, v. 2, n. 1, p. 1-8, 2009.

BOLLENS, E.; ANNEMANS, L.; VAES, W.; CLARYS, J. P. Peripheral EMG comparison between fully tethered and free front crawl swimming. In: UNGERRECHTS, B. E.; WILKE, K.; REISCHLE, K. **International series on sports science – Swimming Science V**. Champaign: Human Kinetics, 1988. p. 173-181.

BRADSHAW, A.; HOYLE, J. Correlation between sprinting and dry land power. **Journal of Swimming Research**, v. 9, p. 15-18, 1993.

BREED, R. V.; YOUNG, W. B. The effect of a resistance training programme on the grab, track and swing starts in swimming. **Journal of Sports Science**, v. 21, n. 3, p. 213-20, 2003.

BRITO, C.; FIGUEIREDO, R. A validade e a reprodutibilidade do teste de 15 metros para nadadores de velocidade. **Revista Corpo e Consciência**, n. 2, p. 61-68, 1998.

BROWN, R. M.; COUNSILMAN, J. E. The role of lift in propelling swimmers. In: COOPER, J. M. **Biomechanics**. Chicago: Athletic Institute, 1971. p. 179-188.

CABRI, J.; ANNEMANS, L.; CLARYS, J. P.; BOLLENS, E.; PUBLIE, J. The relation of stroke frequency, force, and EMG in front crawl tethered swimming. In: UNGERECHTS, B. E.; WILKE, K.; REISCHLE, K. **International series on sports science – Swimming Science V**. Champaign: Human Kinetics, 1988. p.183-189.

CALLAWAY, W. C.; CHUMLEA, W. C.; BOUCHARD, C.; HIMES, J. H.; LOHMAN, T. G.; MARTIN, A. D.; MITCHELL, C. D.; MUELLER, W. H.; ROCHE, A. F.; SEEFELDT, V. D. Circunferences. In: LOHMAN, T. G; ROCHE, A. F; MARTORELL, R. **Anthropometric Standartization Reference Manual**. Champaign: Human Kinetics, 1988. p. 39-54.

CAPUTO, F.; OLIVEIRA, M. F. M.; DENADAI, B. S.; GRECO, C. C. Fatores intrínsecos do custo energético da locomoção durante a natação. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, n. 6, p. 399-404, 2006.

CAROLAN, B.; CAFARELLI, E. Adaptations in coactivation after isometric resistance training. **Journal of Applied Physiology**, v. 73, n. 3, p. 911-917, 1992.

CHATARD, J. C.; WILSON, B. Effect of Fastskin suits on performance, drag, and energy cost of swimming. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 40, n. 6, p. 1149-1154, 2008.

CHOLLET, D.; CHALIES, S.; CHATARD, J. C. A new index of coordination for the crawl: description and usefulness. **International Journal of Sports Medicine**, v. 21, n. 1, p. 54-59, 2000.

CHU, D. Plyometrics: the link between strength and speed. **National and Strength Coaches Association Journal**, v. 5, n. 2, p. 20-21, 1983.

CLARYS, J. P. The Brussels swimming EMG project. In : UNGERECHTS, B. E.; WILKE, K.; REISCHLE, K. **International series on sports science – Swimming Science V**. Champaign: Human Kinetics, 1988. p. 157-172.

CLARYS, J. P. Relationship of human body form to passive and active hydrodynamic drag. In: ASMUSSEN, E, JORGENSEN, K. **Biomechanics VI-B**. Baltimore: University Park Press, 1978. p. 120-125.

CLARYS, J. P. Human morphology and hydrodynamics. In: TERAUDS, J.; BEDINGFIELD, E. W. **Swimming III**. Baltimore: University Park Press, 1979. p. 3-43.

COLWIN, C. M. **Nadando para o século XXI**. São Paulo: Manole, 2000.

CORRÊA, S. C.; ALVES, F.; BOTELHO, A.; RAMA L.; MARTINS-SILVA, A. Active drag and physical characteristics in age group swimmers. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOMECHANICS IN SPORTS, 25., 2007, Ouro Preto, **Proceedings...** Ouro Preto: UFMG, 2007. p. 204-207.

CORVINO, R. B.; CAPUTO, F.; OLIVEIRA, A. C.; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Taxa de desenvolvimento de força em diferentes velocidades de contrações musculares. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 15, n. 6, p. 428-431, 2009.

COSSOR, J. M.; BLANKSBY, B. A.; ELLIOT, B. C. The influence of plyometric training on the freestyle tumble turn. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 2, n. 2, p. 106-116, 1999.

COSTILL, D.; SHARP, R.; TROUP, J. Muscle strength: contributions to sprint swimming. **Swimming World**, v. 21, p. 29-34, 1980.

COUNSILMAN, J. E. **A natação – Ciência e técnica para a preparação de campeões**. Rio de Janeiro: LIAL, 1980.

CRONIN, J.; JONES, J.; FROST, D. The relationship between dry-land measures and tumble turn velocity in elite swimmers. **Journal of Swimming Research**, v. 17, n. 3, p. 17-23, 2007.

CRONIN, J. B.; MCNAIR, P. J.; MARSHALL, R. N. Force-velocity of strength training techniques and loads: implication for training strategy and research. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 17, n. 1, p. 148-155, 2003.

DAVIES, B.; MURPHY, A.; WHITTY, A.; WATSFORD, M. The effects of plyometric training on the swimming block start. In: AUSTRALIAN CONFERENCE OF SCIENCE AND MEDICINE IN SPORT, 2001, Perth. **Anais Eletrônicos...** Perth: Sports Medicine Australia, 2001. Disponível em: <<http://fulltext.ausport.gov.au/fulltext/2001/acsms/papers/DAVB.pdf>>. Acesso em dez. 2008.

DAVIS, J. S. Effect of weight training on speed in swimming. **Physical Education**, v. 12, p. 28-29, 1955.

DEGROOT, G.; VAN INGEN SCHENAU, G. Fundamentals mechanics applied to swimming: technique and propelling efficiency. In: UNGERECHTS, B. E.; WILKE, K.; REISCHLE, K. **International series on sports science – Swimming Science V**. Champaign: Human Kinetics, 1988, p. 17-30.

DE LA FUENTE, B.; GÁRCIA, F.; ARELLANO, R. Are the forces applied in the vertical countermovement jump related to the forces applied during the swimming start? In: CHATARD, J. C. **Biomechanics and Medicine in Swimming IX**. Saint-Étienne: Publications de l' Université de Saint-Étienne, 2003. p. 207-212.

DI PRANPERO, P. E.; PENDERGAST, D. R.; WILSON, C. W.; RENNY, D. W. Energetics of swimming in man. **Journal of Applied Physiology**, v. 37, n. 1, p. 1-5, 1974.

DOPSAJ, M.; MATKOVIĆ, I.; THANOPOULOS, V.; OKICIC. Reliability and validity of basic kinematics and mechanical characteristics of pulling force in swimmers measured by method of tethered swimming with maximum intensity of 60 seconds. **Facta Universitatis – Series: Physical Education and Sport**, v. 1, n. 10, p. 11-22, 2003.

DOPSAJ, M.; MATKOVIĆ, I.; ZDRAVKOVIĆ, I. The relationship between 50m-freestyle results and characteristics of tethered forces in male sprint swimmers: a new approach to tethered swimming test. **Facta Universitatis – Series: Physical Education and Sport**, v. 1, n. 7, p. 15-22, 2000.

FINA – *Fédération Internationale de Natation Amateur*. **FINA Records**. Disponível em: <[http://www.fina.org/project/index.php?option=com\\_content&task=view&id=647&Itemid=9](http://www.fina.org/project/index.php?option=com_content&task=view&id=647&Itemid=9)>. Acesso em: 07 de jan. 2010.

FRISANCHO, A.R. New Standards of weight and body composition by frame size and height for assessment of nutritional status of adults and the elderly. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 40, n. 4, p. 808-819, 1984.

GABRIEL, D. A.; BASFORD, J. R.; AN, K. Neural adaptations to fatigue: implications for muscle strength and training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 33, n. 8, p. 1354-1360, 2001.

GARDANO, P.; DABNICHKI, P. On hydrodynamics of drag and lift of the human arm. **Journal of Biomechanics**, v. 39, n. 15, p. 2767-2773, 2006.

GASTIN, P. B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. **Sports Medicine**, v. 31, n. 10, p. 725-741, 2001.

GAUTIER, J.; BALY, L.; ZANONE, P. G.; WALTIER, B. A kinematic study of finswimming at surface. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 3, n. 2, p. 91-95, 2004.

GIROLD, S.; MAURIN, D.; DUGUÉ, B.; MILLET, G. Effects of dry-land vs. resisted- and assisted-sprint exercises on swimming sprint performances. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 2, p. 599-605, 2007.

GIROLD, S.; CALMELS, P.; MAURIN, D.; MILHAU, N.; CHATARD, J. C. Assisted and resisted sprint training in swimming. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 3, p. 547-554, 2006.

GLAISTER, M. Multiple sprint work: physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. **Sports Medicine**, n. 35, v. 9, p. 757-777, 2005.

GOURGOULIS, V.; AGGELOUSSIS, N.; KASIMATIS, P.; VEZOS, N.; ANTONIOU, P.; MAVROMATIS, G. The influence of hand paddles on the arm coordination in female front crawl swimmers. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 3, p. 735-740, 2009.

GOURGOULIS, V.; AGGELOUSSIS, N.; VEZOS, N.; KASIMATIS, P.; ANTONIOU, P.; MAVROMATIS, G. Estimation of hand forces and propelling efficiency during front crawl swimming with hand paddles. **Journal of Biomechanics**, n. 41, n. 1, p. 208-215, 2008a.

GOURGOULIS, V.; AGGELOUSSIS, N.; VEZOS, N.; ANTONIOU, P.; MAVROMATIS, G. Hand Orientation in Hand Paddle Swimming. **International Journal of Sports Medicine**, n. 29, n. 5, p. 429-434, 2008b.

GOURGOULIS, V.; AGGELOUSSIS, N.; VEZOS, N.; MAVROMATIS, G. Effect of two different sized hand paddles on the front crawl stroke kinematics. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 46, n. 2, p. 232-237, 2006.

GUTIERREZ, G. M.; MACBETH, E. V.; TILLMAN, M. D.; CHOW, J. W. Does plyometric training improve swim start performance? In: ANNUAL MEETING AMERICAN SOCIETY OF BIOMECHANICS, 28., 2004, Portland. **Anais Eletrônicos...** Portland: American Society of Biomechanics, 2004. Disponível em: <<http://www.asbweb.org/conferences/2004/pdf/242.pdf>>. Acesso em: 13 de jan. 2008.

HARRISON, G. G.; BUSKIRK, E. R.; CARTER, J. E. L.; JOHNSTON, F. E.; LOHMAN, T. G.; POLLOCK, M. L.; ROCHE, A. F.; WILMORE, J. H. Skinfold thicknesses and measurement technique. In: LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. **Anthropometric Standardization Reference Manual**. Champaign: Human Kinetics, 1988. p. 55-80.

HAVRILUK, R. Variability in measurement of swimming forces: a meta-analysis of passive and active drag. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 78, n. 1, p. 32-39, 2007.

HAVRILUK, R. Performance level differences in swimming drag coefficient. In: IOC OLYMPIC WORLD CONGRESS ON SPORT SCIENCES, 7., 2003, Atenas. **Proceedings...** Atenas: IOC Medical Commission, 2003. p. 93E.

HAY, J. G.; GUIMARAES, A. C. S. A quantitative look at swimming biomechanics. **Swimming Technique**, v. 20, p. 11-17, 1983.

HOFF, J.; GRAN, A.; HELGERUD, J. Maximal strength training improves aerobic endurance performance. **Scandinavian Journal of Sports Medicine and Science in Sports**, v. 12, n. 5, p. 288-295, 2002.

HOPKINS, W. G. Measures of reliability in sports medicine and science. **Sports Medicine**, v. 30, n. 1, p. 1-15, 2000.

HUIJING, P. A.; TOUSSAINT, H. M.; MACKAY, R.; VERVOON, K.; CLARYS, J. P.; DE GROOT, G. In : UNGERECHTS, B. E.; WILKE, K.; REISCHLE, K. **International series on sports science – Swimming Science V**. Champaign: Human Kinetics, 1988. p. 109-113.

ITO, S. A difference of blood lactate level in freestyle swimming between S-shaped and I-shaped stroke. **Journal of Biomechanics**, v. 40, supplement 2, p. S358, 2007.

ITO, S. Optimal arm stroke for competitive freestyle swimming. In: ISB CONGRESS, 20., 2005, Cleveland, **Proceedings...** Cleveland: American Society of Biomechanics, 2005. p. 228.

ITO, S. The swimming style and fluid dynamics of swimming. **The Japan Society of Mechanical Engineers New**, v. 15, n. 2, p. 6-8, 2004.

ITO, S. ; OKUNO, K. A fluid dynamic consideration for arm stroke in swimming. In: CHATARD, J. C. **Biomechanics and Medicine in Swimming IX**. Saint-Étienne: Publications de l' Université de Saint-Étienne, 2003. p. 39-44.

JENSEN, C. R. Effects of five training combinations of swimming and weight training on swimming the front crawl. **Research Quarterly**, v. 34, n. 4, p. 471-477, 1963.

JUDGE, L. W.; MOREAU, C.; BURKE, J. R. Neural adaptation with sport-specific resistance training in highly skilled athletes. **Journal of Sports Science**, v. 21, n. 5, p.419-427, 2003.

KARPOVICH, P. V. Water resistance in swimming. **Research Quarterly**, v .4, p. 21-28, 1933.

KJENDLIE, P. L.; SATALLMAN, R. K. Drag characteristics of competitive swimming children and adults. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 24, n. 1, p. 35-42, 2008.

KOLMOGOROV, S.; DUPLISHEVA, A. Active drag, useful mechanical power output and hydrodynamic force coefficient in different swimming strokes at maximal velocity. **Journal of Biomechanics**, v. 25, n. 3, p. 311-318, 1992.

KRAEMER, W. J.; HAKKINEN, K. **Treinamento de força para o esporte**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

LLOP, F.; GONZÁLEZ, C.; HERNANDO, E.; DIAZ-RINCON, J.; NAVARRO, F.; ARELLANO, R. Analysis of modifications on technique and lactate concentration during added resistance freestyle swimming. In: CHATARD, J. C. **Biomechanics and Medicine in Swimming IX**. Saint-Étienne: Publications de l' Université de Saint-Étienne, 2003. p. 343-348.

LLOP, F.; ARELLANO, R.; GONZÁLEZ, C.; NAVARRO, F.; GARCÍA, J. M. Variaciones em La técnica de crol durante el nado resistido com paracaídas. **Revista Motricidad**, n. 8, p. 7-20, 2002.

LUTOMSKY, P.; STANKOWSKY, T.; KONARSKY, J.; PIETRUSIK, K.; CIEREZKO, A.; STRZELCZYK, R. From studies on the thrust in swimming. **Journal of Human Sports and Exercise**, v. 3, n. 2, p. 25-32, 2008

MACMASTER, W. C.; TROUP, J. P. Competitive swimming biomechanics: Freestyle. **International Journal of Sports Medicine**, v. 2, n. 6, p. 1-8, 2001.

MAGLISCHO, E. W. **Nadando ainda mais rápido**. São Paulo: Manole, 1999.

MARINHO, Paulo Cezar da Silva. **Sistema de periodização em blocos: Efeitos de um Modelo de Treinamento Sobre o Desempenho de Nadadores Velocistas de Alto Nível**. 2008. 142f. Tese (Doutorado em Educação Física)-Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

MARINHO, P. C.; BERNHOEFT, M.; MOURA, R.; CIPOLI, E.; ANDRIES JÚNIOR, O. Análise comparativa da força especial de nadadores de alto rendimento especializados nas distâncias de 100 e 200 metros crawl. In: CONGRESSO DE CIÊNCIAS DO DESPORTO, 1., 2005, Campinas, **Anais...** Campinas: UNICAMP/FEF, 2005.

MARINHO, P. C.; ANDRIES JÚNIOR, O. Mensuração da força isométrica e sua relação com a velocidade máxima de jovens nadadores com diferentes níveis de performance. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 12, n. 1, p. 71-76, 2004.

MARINHO, Paulo Cezar da Silva. **Nado Amarrado: mensuração da força propulsora e sua relação com a velocidade básica de nadadores de nível competitivo**. 2002. 95f. Dissertação (Mestrado em Educação Física)-Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

MARINHO, P. C. S.; GOMES, A. C. Diagnóstico dos níveis de força especial em nadadores e sua influência no resultado desportivo. **Treinamento Desportivo**, v. 4, n. 2, p. 41-47, 1999.

MARQUES, M.C.; TILLAAR, R.; VESCOVI, J.D.; BADILLO, J.J.G. Changes in strength and power performance in elite senior female professional volleyball players during the in-season: a case study. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 4, p. 1147-1155, 2008.

MATSUUCHI, K.; MIWA, T.; NOMURA, T.; SAKAKIBARA, J.; SHINTANI, H.; UNGERRECHTS, B. E. Unsteady flow field around a human hand and propulsive force in swimming. **Journal of Biomechanics**, v. 42, n. 1, p. 42-47

MAVRIDIS, G.; KABITSIS, C.; GOURGOULIS, V.; TOUBEKIS, A. Swimming velocity improved by specific resistance training in age-group swimmers. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 6, supl. 2, p. 304-306, 2006.

MILLER, D. I. Biomechanics of swimming. In: WILMORE, J. H.; KEOGH, J. F. **Exercise and Sports Sciences Reviews**. Nova Iorque: Academic Press, 1975 apud VORONTOV, A. R.; RUMYANTSEV, V. A. Forças resistivas na natação. In: ZATSIORSKY, V. M. **Biomecânica no esporte – Performance do desempenho e prevenção de lesão**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p.143-158.

MIYASHITA, M.; KANEHISA, H. Effects of isokinetic, isotonic and swim training on swimming performance. In: HOLLANDER, A. P.; HUIJING, P. A.; DEGROOT, G. **Biomechanics and Medicine in Swimming**. Champaign: Human Kinetics, 1983. p. 329-334.

MOLLENDORF, J. C.; TERMIN II, A. C.; OPPENHEIM, E.; PENDERGAST, D. R. Effect of swim suit design on passive drag. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 36, n. 6, p. 1029-1035, 2004.

MONTEIL, K. M.; ROUARD, A. H. Free swimming versus paddles swimming in front crawl. **Journal of Human Movement Studies**, n. 27, p. 89-99, 1994.

MONTEIL, K. M.; ROUARD, A. H. Influence of the size of the paddles in front crawl stroke. In: MCLAREN, D.; REILLY, T.; LEES, A. **Biomechanics and Medicine in Swimming – Swimming Science VI**. London: E and FN Spon, 1992a. p. 99-104.

MONTEIL, K. M.; ROUARD, A. H. Biomechanical aspects of paddle swimming at different speeds. In: MCLAREN, D.; REILLY, T.; LEES, A. **Biomechanics and Medicine in Swimming – Swimming Science VI**. London: E and FN Spon, 1992b. p. 63-67.

MOROUÇO, P.; ALVES, S. VILLAS-BOAS, J. P.; FERNANDES, R. Association between 30sec maximal tethered swimming and swimming performance in front crawl. In: NORTH AMERICA CONGRESS ON BIOMECHANICS, 13., 2008, Ann Arbor. **Anais Eletrônicos...** Ann Arbor: American Society of Biomechanics, 2008a. Disponível em: <<http://www.asbweb.org/conferences/2008/abstracts/380.pdf>>. Acessado em: 03 jan. 2009.

MOROUÇO, P.; SOARES, S.; VILLAS-BOAS, J. P.; FERNANDES, R. Relationship between tethered swimming forces and front crawl and butterfly performances. In: ANNUAL CONGRESS OF THE EUROPEAN COLLEGE OF SPORTS SCIENCE, 13., 2008, Estoril, **Proceedings...** Estoril: European College of Sports Science, 2008b. p. 137.

NEVELL, R.; PEASE, D.; WILSON, B. Wave drag on human swimmers. **Journal of Biomechanics**, v. 39, n. 4, p. 664-671, 2006.

NEWTON, R. Resistance training for the sprint swimmer. **Performance Training Journal**, v. 1, n 7, p. 17-31, 2002.

NICOLAS, G.; BIDEAUA, B.; COLOBERT, B.; LE GUERROUE, G.; MULTON, F. Dynamic evaluation of swim-fins. **Journal of Biomechanics**, v. 39, suppl. 1, s. 458, 2006.

OGITA, F.; ONODERA, T.; TABATA, I. Effects of hand paddles on anaerobic energy release during supramaximal swimming. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 31, n. 5, p. 729-735, 1999.

OGITA, F.; TABATA, I. Effect of hand paddle aids on oxygen uptake during arm-stroke-only swimming. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 66, n. 6, p. 489-93, 1993.

OLBRECHT, J.; CLARYS, J. P. EMG of Specific Strength Training Exercise for Front Crawl. In: HOLLANDER, A. P.; HUIJING, P. A.; DEGROOT, G. **Biomechanics and medicine in swimming**. Champaign: Human Kinetics, 1983. p. 136-141.

ØSTERÅS, H.; HELGERUD, J.; HOFF, J. Maximal strength-training effects on force-velocity and force-power relationship explains increases in aerobic performance in humans. **European Journal Applied Physiology**, v. 88, n. 3, p. 255-263, 2002.

OSTROVSKI, R.; MORÉ, F. C.; CASTRO, F. A. S. Comparação de força e impulso no nado de peito completo e em seus componentes isolados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 12., 2007, São Pedro, **Anais...** São Pedro: Tec Art, 2007. p. 324-329.

PAAVOLAINEN, L.; HAKKINEN, K.; HAMALAINEN, I.; NUMMELA, A.; RUSKO, H. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. **Journal of Applied Physiology**, v. 86, n. 5, p. 1527-1533, 1999.

PAPOTI, M.; VITÓRIO, R.; VELOSA, A. B.; CUNHA, S. A.; SILVA, A. S. R.; MARTINS, L. E. B.; GOBATTO, C. Uso de células de carga para mensuração da força dos membros inferiores em nado ondulatorio. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 7, n. 3, p. 313-318, 2007.

PAPOTI, Marcelo. **Utilização do sistema de nado atado na avaliação de parâmetros mecânicos, fisiológicos e no treinamento de nadadores**. 2002. Tese (Doutorado em Educação Física)-Departamento de Educação Física, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita, 2007.

PAPOTI, M.; MARTINS, L.; CUNHA, S.; ZAGATTO, A.; GOBATTO, C. Padronização de um protocolo específico para determinação da aptidão anaeróbia de nadadores utilizando células de carga. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 3, n. 3, p. 36-42, 2003.

PAYTON, C. J.; LAUDER, M. A. The influence of hand paddles on kinematics of front crawl swimming. **Journal of Human Movement Studies**, v. 28, p. 175-192, 1995.

PESSÔA-FILHO, D. M.; NASCIMENTO, E. P.; DENADAI, B. S. Validação do modelo potência-tempo limite no crawl-atado pelas relações com os modelos distância/tempo limite e velocidade/tempo limite. **Revista Brasileira de Ciência do Esporte**, v. 29, n. 2, p. 95-114, 2008.

PESSÔA-FILHO, D. M.; DENADAI, B. S. Mathematical basis for modeling swimmer Power output in the front crawl tethered swimming: an application to aerobic evaluation. **The Open Sports Science Journal**, v. 1, p. 32-37, 2008.

PESSÔA-FILHO, D. M. Parâmetros mecânicos e metabólicos do desempenho em intensidade supra-máxima no nado crawl. **Motriz**, v. 13, n. 3, p. 188-202, 2007.

PICHON, F.; CHATARD, J. C.; MARTIN, A.; COMETTI, G. Electrical stimulation and swimming performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 27, n. 12, p. 1671-1676, 1995.

PLATONOV, V. N.; FESSENKO, S. L. **Sistema de treinamento dos melhores nadadores do mundo – Volume 2**. Rio de Janeiro: Sprint, 1986.

PLATZER, H. P.; RASCHNER, C.; PATTERSON, C. Influence of physical fitness on freestyle performance in young swimmers. In: ANNUAL CONGRESS OF THE EUROPEAN COLLEGE OF SPORT SCIENCE, 13., 2008, Estoril, **Proceedings...** Estoril: European College of Sports Science, 2008. p. 148-149.

PLYASHKO, G. I.; GILEV, G. A. Concerning the speed-strength preparation of swimmers. **Soviet Sports Review**, v. 24, n. 2, p. 71-74, 1984.

POLLOCK, M.L.; SCHMIDT, D.H.; JACKSON, A.S. Measurement of cardiorespiratory fitness and body composition in the clinical setting. **Comprehensive Therapy**, v. 6, n. 9, p. 12-27, 1980.

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

RASULBEKOV, R. A.; FOMIN, R. A.; CHULKOV, V. U.; CHUDOVSKY, V. I. Does a Swimmer Need Explosive Strength? **National Strength and Coaches Association Journal**, v. 8, n. 2, p. 56-57, 1986.

RISCH, O.; CASTRO, F. A. S. Desempenho em natação e pico de força em tethered swimming. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 12., 2007, São Pedro, **Anais...** São Pedro: Tec Art, 2007. p. 441-446.

ROBERTS, A. J.; TERMIN, B.; REILLY, M. F.; PENDERGAST, D. R. Effectiveness of biokinetic training on swimming performance in collegiate swimmers. **Journal of Swimming Research**, v. 7, n. 3, p. 5-11, 1991.

ROUBOA, A.; SILVA, A.; LEAL, L.; ROCHA, J.; ALVES, F. The effect of swimmer's hand/forearm acceleration on propulsive forces generation using computational fluid dynamics. **Journal of Biomechanics**, v. 39, n. 7, p. 1239-1248, 2006.

SCHLEIHAUF, R. E.; HIGGINS, J. R.; HINRICHS, R.; LUEDTKE, D.; MAGLISCHO, C.; MAGLISCHO, E. W.; THAYER, A. Propulsive techniques: front crawl stroke, butterfly, backstroke, and breaststroke. In: UNGERRECHTS, B. E.; WILKE, K.; REISCHLE, K. **International series on sports science – Swimming Science V**. Champaign: Human Kinetics, 1988. p. 53-59.

SCHLEIHAUF, R. E.; GRAY, L.; DEROSE, J. Three dimensional analysis of hand propulsion in the sprint front crawl stroke. In: HOLLANDER, A. P.; HUIJING, P. A.; DEGROOT, G. **Biomechanics and medicine in swimming**. Champaign: Human Kinetics, 1983. p. 173-183.

SCHLEIHAUF, R. E. Specificity of strength training in swimming: a biomechanical view point. In: HOLLANDER, A. P.; HUIJING, P. A.; DEGROOT, G. **Biomechanics and medicine in swimming**. Champaign: Human Kinetics, 1983. p. 184-191.

SHAHBAZI, M. M.; BAHADORAN, M. R.; HOJJAT, S. A mechanical method for finding correlations between drag force and human anthropometrical measures in water. **European Journal of Scientific Research**, v. 22, n. 1, p.129-139, 2008.

SHARP, R. L.; TROUP, J. P.; COSTILL, D. L. Relationship between power and sprint freestyle swimming. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 14, n. 1, p. 53-56, 1982.

SIDNEY, M.; PAILLETTE, S.; HESPEL, J. M.; CHOLLET, D.; PELAYO, P. Effect of swim paddles on the intra-cyclic velocity variations and on the arm coordination of front crawl stroke. In: SYMPOSIUM INTERNATIONAL ON BIOMECHANICS IN SPORTS, 19., 2001, San Francisco. **Proceeding...** San Francisco: University of San Francisco, 2001. p. 39-42.

SIFF, M. C. F. Fundamentos biomecânicos do treinamento de força e de potência. In: ZATSIORSKY, V. M. **Biomecânica no esporte – Performance do desempenho e prevenção de lesão**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p. 81-108.

SILVA, A. J.; REIS, V. M.; MARINHO, D.; CARNEIRO, A. L.; NOVAES, G.; AIDAR, F. J. Economia de nado: factores determinantes e avaliação. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 8, n. 3, p. 93-99, 2006.

SILVA, A. J.; ROUBOA, A. F.; LEAL, L.; ROCHA, J.; ALVES, F. B.; MOREIRA, A. M.; REIS, V. M.; VILAS-BOAS, J. P. Cálculo da força propulsiva gerada pela mão e antebraço do nadador através da dinâmica computacional de fluidos. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 5, n. 3, p. 288-297, 2005a.

SILVA, A. J. R. M.; REIS, V. M.; COSTA, A.; GARRIDO, N. O banco de nado biocinético como meio específico de treino de força em seco na natação. **Revista Brasileira de Biomecânica**, v. 7, n. 13, p. 77-84, 2005b.

SIRI, W. E. Body composition from fluid spaces and density. In: BROZEK, J.; HENSCHEL, A. **Techniques for measuring body composition**. Washington: National Academy of Science, 1961. p. 223-244.

STARON, R. S. The Classification of Human Skeletal Muscle Fiber Types. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 11, n. 2, p. 67, 1997.

STONE, M. H.; SANDS, W. A.; CARLOCK, J.; CALLAN, S.; DICKIE, D.; DAIGLE, K.; COTTON, J.; SMITH, S. L.; HARTMAN, M. The importance of isometric maximum strength and peak rate-of-force development in sprint cycling. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 4, p. 878-884, 2004.

STONER, L. J.; LUEDTKE, D. L. Variation in the front crawl and back crawl arm strokes of varsity swimmers using hand paddles. In: TERAUDS, J.; BEDINGFIELD E. W. **Swimming Science III**. Baltimore: University Park Press, 1979. p. 281-288.

STRASS, D. Effects of maximal strength training on sprint performance of competitive swimmers. In: UNGERRECHTS, B. E.; WILKE, K.; REISCHLE, K. **International series on sports science – Swimming Science V**. Champaign: Human Kinetics, 1988. p. 149-156.

SZMUCHROWSKI, L. A.; FERREIRA, R. M.; CARVALHO, R. G. S.; FERREIRA, J. C. Correlação entre a força isométrica, força de propulsão de nado e velocidade média em nadadores. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 12., 2007, São Pedro, **Anais...** São Pedro: Tec Art, 2007. p. 620-625.

TAKAGI, H. A current of product development for competitive swimsuits. **The Japan Society of Mechanical Engineers News**, v. 15, n. 2, p. 8-10, 2004.

TANAKA, H.; COSTILL, D. L.; THOMAS, R.; FINK, W. J.; WIDRICK, J. J. Dry-land resistance training for competitive swimming. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 25, n. 8, p. 952-959, 1993.

TELLES, Thiago. **Efeito agudo da utilização de palmares e parachutes na técnica do nado crawl**. 2008. 36f. Monografia (Graduação em Educação Física)-Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

TIOZZO, E.; LEKO, G.; RUZIC, L. Swimming bodysuit in all-out and constant pace trials. **Biology of Sport**, v. 26, n. 2, p. 149-156, 2009.

TOIGO, M.; BOUTELLIER, U. New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. **European Journal of Applied Physiology**, v. 97, n. 6, p. 643-663, 2006.

TOUSSAINT, H. M.; DE GROOT, G.; SAVELBERG, H. H. C. M.; VERVOON, K.; HOLLANDER, A. P., VAN INGEN SCHENAU, G.J. Active drag related to velocity in male and female swimmers. **Journal of Biomechanics**, 21, n. 5, p. 435-438, 1988.

TOUSSAINT, H. B.; BEELEN, A.; RODENBURG, A.; SARGEANT, A. J.; DE GROOT, G. Propelling efficiency of front crawl swimming. **Journal of Applied Physiology**, v. 65, n. 6, p. 2506-2512, 1988b.

TOUSSAINT, H. M.; JANSSEN, T.; KLUFT, M. The influence of paddles on propulsion. **Swimming Technique**, 26, p. 28-32, 1989.

TOUSSAINT, H. M.; VERVOORN, K. Effects of specific high resistance training in the water on competitive swimmers. **International Journal of Sports Medicine**, 11, n. 3, p. 228-233, 1990.

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.; JANSSEN, T.; KLUFT, M. Effect of propelling surface size on the mechanics and energetics of front crawl swimming. **Journal of Biomechanics**, v. 24, n. 3-4, p. 205-211, 1991.

TOUSSAINT H. M.; BEEK, P. J. Biomechanics of competitive front-crawl swimming. **Sports Medicine**, v. 1, n. 13, p. 8-24, 1992.

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

TOUSSAINT, H. M.; HOLLANDER, A. P.; VAN DEN BERG, C.; VORONTOV, A. R. Biomechanics in swimming. In: GARRETT, W. E.; KIRKENDALL, D. T. **Exercise and Sport Science**. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, 2000. p. 639-660.

TOUSSAINT, H. M. **The Fast-Skin, hip, hype, but does it works?** Disponível em: <[http://web.mac.com/htoussaint/SwimSite/Abstracts/Entries/2002/10/8\\_Effect\\_of\\_a\\_FAST-SKIN%E2%84%A2\\_body\\_suit\\_on\\_drag\\_during\\_front\\_crawl\\_swimming\\_files/fastskinFINA.doc.pdf](http://web.mac.com/htoussaint/SwimSite/Abstracts/Entries/2002/10/8_Effect_of_a_FAST-SKIN%E2%84%A2_body_suit_on_drag_during_front_crawl_swimming_files/fastskinFINA.doc.pdf)>. Acesso em: 13 dez. 2008.

TOUSSAINT H. M.; TRUIJENS, M.; ELZINGA, M. J.; VAN DE VEN, A.; DE BEST, H.; SNABEL, B.; DE GROOT G. Effect of a Fast-skin 'body' suit on drag during front crawl swimming. **Sports Biomechanics**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2002a.

TOUSSAINT, H. M.; VAN STRALEN, M.; STEVENS, E. Wave drag in front crawl swimming. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOMECHANICS IN SPORTS, 10., 2002, Cáceres, **Proceeding**... Cáceres: Universidad de Extremadura, 2002b. p. 279–282.

TOUSSAINT, H. M.; VAN DEN BERG, C.; BEEK, W. J. “Pumped-up propulsion” during front crawl swimming. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 34, n. 2, p. 314-319, 2002c.

TOUSSAINT, H. M.; ROOS, P. E.; KOLMOGOROV, S. The determination of drag in front crawl swimming. **Journal of Biomechanics**, v. 37, n. 11, p. 1655-1663, 2004.

TOUSSAINT, H. M.; TRUIJENS, M. Biomechanical aspects of peak performance in swimming. **Animal Biology**, v. 55, n. 1, p. 17-40, 2005.

TOUSSAINT, H. B. **Wave drag**. Disponível em: <[http://web.mac.com/htoussaint/SwimSite/Wave\\_Drag.html](http://web.mac.com/htoussaint/SwimSite/Wave_Drag.html)>. Acesso em: 08 de jan. 2009.

TRAPPE, S.; COSTILL, D. L.; THOMAS, R. Effect of swim taper on whole muscle and single muscle fiber contractile properties. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 33, p. 48-56, 2000.

TRAPPE, S. W.; PEARSON, D. R. Effects of weight assisted dry-land strength training on swimming performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 8, n. 4, p. 209-213, 1994.

VAN DER VAART, A. J. M.; SAVELBERG, H. C. M.; DE GROOT, G.; HOLLANDER, A. P., TOUSSAINT, H. B.; VAN INGEN SCHENAU, J. An estimation of drag in front crawl swimming. **Journal of Biomechanics**, v. 20, n. 5, p. 543-546, 1987.

VENNELL, R.; PEASE, D.; WILSON, B.; Wave drag on human swimmers. **Journal of Biomechanics**, v. 39, n. 4, p. 664-671, 2006.

VERKHOSHANSKY, Y. V. Principles for a rational organization of the training process aimed at speed development. **Treinamento Desportivo**, v. 4, n. 1, p. 3-7, 1999.

VILLAS-BOAS, J. P. A importância da depilação no rendimento desportivo em natação. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 1, n. 2, p. 65-72, 2001.

VORONTOV, A. R.; RUMYANTSEV, V. A. Forças resistivas na natação. In: ZATSIORSKY, V. M. **Biomecânica no esporte – Performance do desempenho e prevenção de lesão**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004a. p.143-158.

VORONTOV, A. R.; RUMYANTSEV, V. A. Forças propulsivas na natação. In: ZATSIORSKY, V. M. **Biomecânica no esporte – Performance do desempenho e prevenção de lesão**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004b. p. 159-178.

WAGNER, D. L. Skeletal muscle growth: Hypertrophy and Hiperplasia. **Strength and Conditioning Journal**, n. 18, v. 5, p. 38-39, 1996.

WHITE, J.C.; STAGER J. M. The relationship between drag forces and velocity for the four competitive swimming strokes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 36, n. 5. p. S9, 2004.

WILLIAMS, B.; SINCLAIR, P.; GALLOWAY, M. **Does resisted and assisted freestyle swimming adversely affect stroke mechanics?** Disponível em: <[http://www.coachesinfo.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=108:swimming-mechanics&catid=49:swimming-coaching&Itemid=86](http://www.coachesinfo.com/index.php?option=com_content&view=article&id=108:swimming-mechanics&catid=49:swimming-coaching&Itemid=86)>. Acesso em: 26 de jan. 2009.

WINTER, D.A. **Biomechanics and motor control of human movement**. 2. ed., USA: A Wiley-Interscience publication, 1990.

XIN-FENG, W.; LIAN-ZE, W.; WEI-XING, Y.; DE-JIAN, L.; XIONG, S. A new device for estimating active drag in swimming at maximal velocity. **Journal of Sports Science**, v. 25, n. 4, p. 375-379, 2007.

YEATER, R. A.; MARTIN, R. B., WHITE, M. K.; GILSON, K. H. Tethered swimming forces in the crawl, breast and back strokes and their relationship to competitive performance. **Journal of Biomechanics**, v. 14, n. 8, p. 527-537, 1981.

ZAMPARO, P.; GATTA, G.; PENDERGAST, D.; CAPELLI, D. Active and passive drag: the role of trunk incline. **European Journal of Applied Physiology**, v. 106, n. 2, p. 195-205, 2009.

# APÊNDICES

## APÊNDICE A – CALIBRAÇÃO DO SISTEMA DE NADO ATADO

A calibração da célula de carga utilizou pesos-padrão com certificação do INMETRO, aferidos conforme a norma NBR ISO/IEC 17025 (ANEXO E).

A célula de carga foi suspensa em um guindaste para que a referência sem peso fosse obtida. Em seguida, incrementos de 20 kgf foram sucedidos até a carga de 100 kg, i.e, 50% da capacidade da célula. Em cada estágio, foram realizadas três leituras de 10 s. Durante esse intervalo, os sinais elétricos gerados pela deformação mecânica da célula de carga foram enviados para uma interface A/D, que os converteu em sinal digital, armazenados numa planilha do software Microsoft® Office Excel® a uma frequência de 600 Hz. Os sinais brutos foram suavizados pelo filtro “*butterworth*” de quarta ordem (MATLAB® 7.6.0, versão R2008a, The MathWorks, Inc.) com uma frequência de corte de 80Hz, determinada pela análise residual (WINTER, 1990). A figura A1 apresenta os materiais e as condições no momento da coleta.



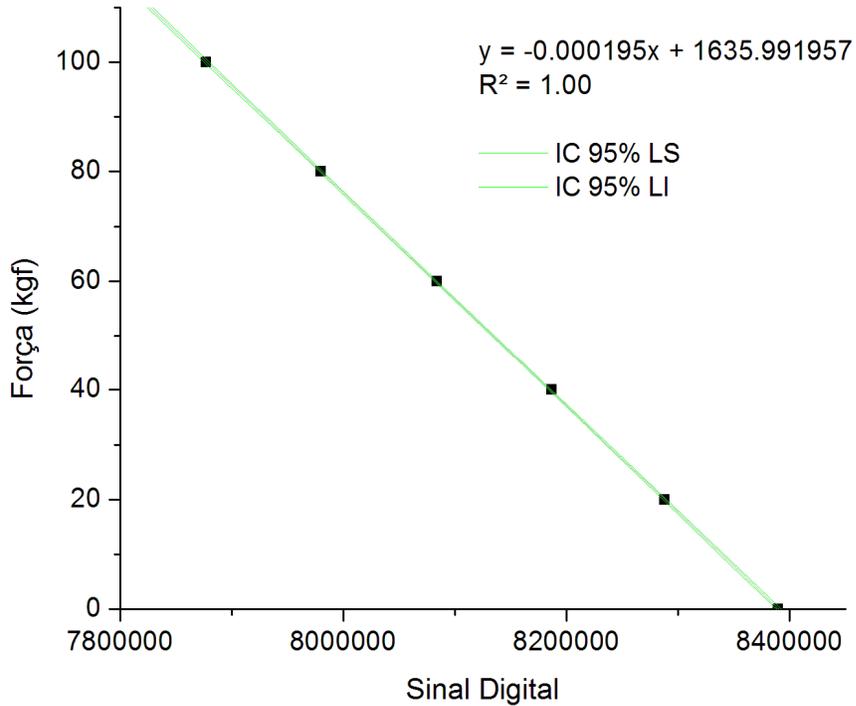
Figura A1 – Materiais e condições durante a calibração.

Para construção do modelo de regressão linear, os sinais digitais médios das três leituras foram empregados como variável independente, enquanto os valores dos pesos-padrão foram utilizados como variável dependente. Os valores do sinal obtidos nos diferentes estágios podem ser visualizados na tabela A1:

**Tabela A1 – Média do sinal digital obtidos nas diferentes cargas.**

Pesos-Padrão (kgf)	Sinal Digital Médio
0	8389341
20	8287982
40	8186663
60	8083791
80	7979780
100	7876839

Os resultados da ANOVA mostraram que o modelo de regressão linear foi estatisticamente significativo ( $F=150401.61$ ,  $p<0.0001$ ), apresentou um erro de medida de 216 gramas-força, e altos coeficientes de correlação ( $r = 1.00$ ) e determinação ( $r^2=1.00$ ), evidenciando nível de associação perfeito entre as variáveis. A equação que descreve a reta (Figura A2) e que foi utilizada para a conversão do sinal digital ( $S_{dig}$ ) em unidades de força ( $F$ ) é a seguinte:  $F \text{ (kgf)} = -0.000195 * S_{dig} + 1635.991957$ .



**Figura A2 – Reta de Regressão linear considerando a força e sinal digital, coeficiente de determinação ( $r^2$ ), intervalo de confiança 95% limites superior (IC 95% LS) e inferior (IC 95% LI).**

## APÊNDICE B – ESTIMATIVA DE PRECISÃO DA MENSURAÇÃO DA VELOCIDADE COM CÂMERA MÓVEL

Para estimar a precisão da mensuração da velocidade com câmera móvel subaquática (VEL.móvel), um nadador (idade: 23 anos, altura: 1.85 m, massa corporal: 89.9 kg, tempo de treino na modalidade: 07 anos) realizou voluntariamente dez repetições de 25 metros em velocidades variadas. O procedimento foi filmado por um total de três câmeras, que operaram a uma frequência de 30 Hz.

A velocidade média de nado em cada repetição foi mensurada simultaneamente pelo sistema utilizado neste estudo (VEL.móvel), e outro, adotado como medida ouro, que possuía duas câmeras fixas (VEL.fixa), externas, posicionadas ao lado da piscina, em paralelo, nas distâncias de 07 e 22 m, respectivamente, e sincronizadas por um sinal sonoro. Cada uma teve seu eixo ótico alinhado a duas barras fixadas nas raiais da piscina (Figura B1), permitindo identificar os momentos em que o nadador passava pelas marcas de 07 e 22 m. Ao término do ajuste, as marcações mais distantes das câmeras fixas foram retiradas. Ressalta-se que as barras eram visíveis acima e abaixo da água, servindo como referência para ambos os sistemas, VEL.fixa e VEL.móvel. A velocidade média foi calculada dividindo a distância de 15 metros entre as marcações, pelo tempo necessário para cumpri-los, em segundos.

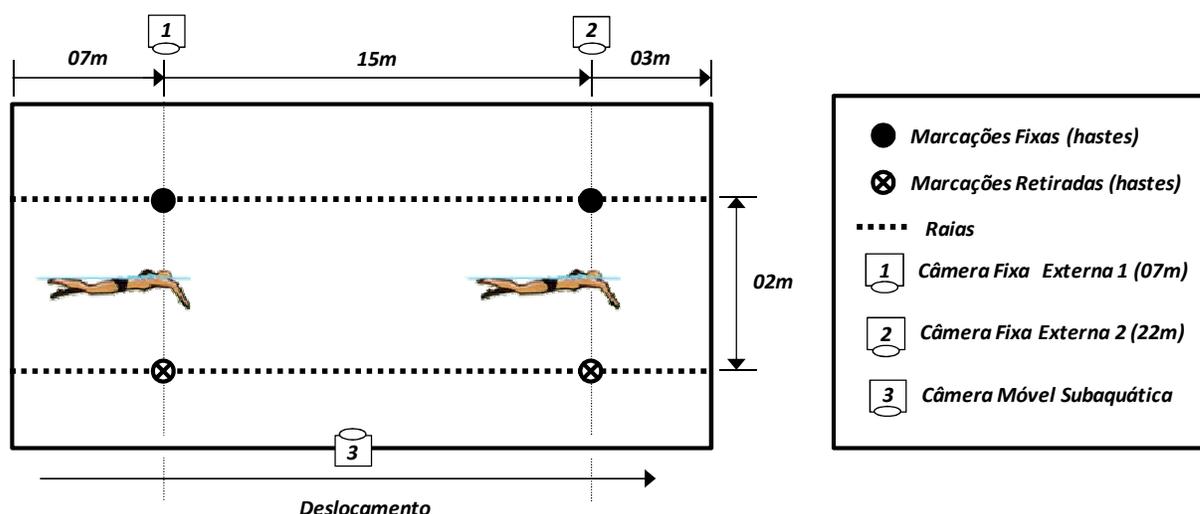


Figura B1 – Calibração do sistema

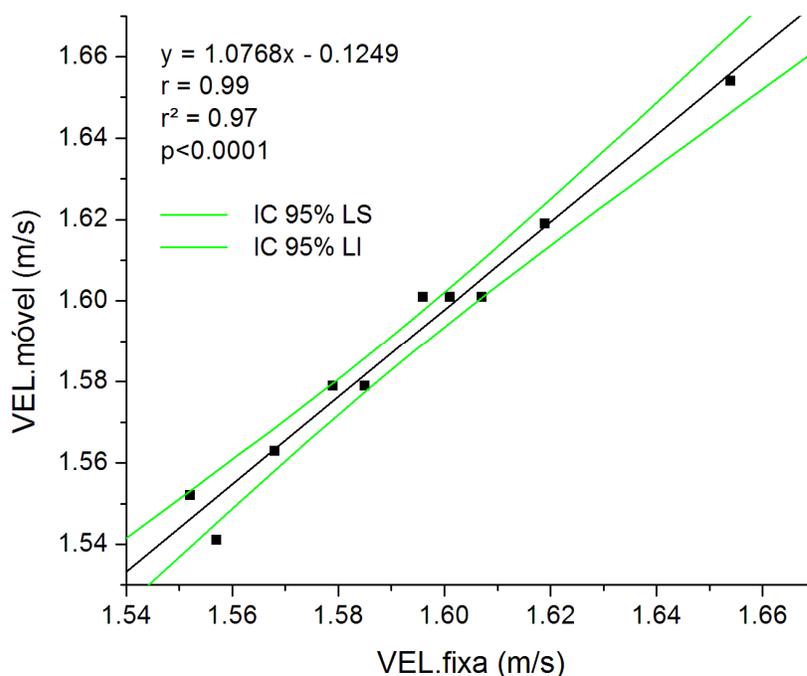
Para a comparação entre VEL.fixa e VEL.móvel, foi utilizado o teste t de Student para amostras independentes. Também foi construído um modelo de regressão linear de onde foram obtidos os coeficientes de correlação linear de Pearson (r) e de determinação ( $r^2$ ). Previamente à realização desses procedimentos estatísticos, constatou-se a normalidade e a homogeneidade dos dados, através dos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Para todas as situações, o nível de significância adotado foi de  $p < 0.05$ . A consistência intermedidas foi identificada pelo coeficiente de variação e também pelo erro típico de medida, calculado conforme proposto por Hopkins (2000).

Os resultados obtidos em ambos os métodos estão disponíveis na tabela B1 e figura B2.

**TABELA B1 – Velocidades obtidas no teste considerando a câmera fixa (VEL.fixa) e móvel (VEL.móvel).**

Repetição	VEL.fixa (m/s)	VEL.móvel (m/s)	Dif. (m/s)	CV (%)
1	1.619	1.619	0.000	0.00%
2	1.579	1.579	0.000	0.00%
3	1.552	1.552	0.000	0.00%
4	1.601	1.601	0.000	0.00%
5	1.596	1.601	0.006	0.25%
6	1.654	1.654	0.000	0.00%
7	1.585	1.579	0.006	0.25%
8	1.557	1.541	0.016	0.73%
9	1.607	1.601	0.006	0.25%
10	1.568	1.563	0.005	0.25%
Média	1.589	1.592	0.004	0.17%
DP	0.034	0.031	0.005	-

Dif. = Diferença entre VEL.fixa e VEL.móvel. CV = Coeficiente de Variação Intermedidas. DP = Desvio Padrão. Dif= Diferença entre VEL.Fixa e VEL.móvel.



**FIGURA B2 –** Retas de Regressão linear das velocidades considerando a câmera fixa (VEL.fixa) e móvel (VEL.móvel), coeficiente de correlação ( $r$ ), coeficiente de determinação ( $r^2$ ), intervalo de confiança 95% limites superior (IC 95% LS) e inferior (IC 95% LI).

Não foram detectadas diferenças significantes entre os métodos VEL.fixa e VEL.móvel ( $p=0.85$ ). Os resultados da ANOVA mostraram que o modelo de regressão linear foi estatisticamente significativo ( $F=314.719$ ,  $p<0.0001$ ), com altos coeficientes de correlação ( $r=0.99$ ) e determinação ( $r^2=0.97$ ), evidenciando um elevado grau de associação entre os métodos. O coeficiente de variação intermedida médio foi de 0.17% (Tabela B1) e o erro típico de medida de 0.003m/s, sendo ambos considerados baixos.

# ANEXOS

**ANEXO A – ÍNDICES BRASILEIROS PARA O PERÍODO 2006-2008 PARA AS  
PROVAS DE 50, 100 E 200 M LIVRE EM PISCINAS DE 25 E 50 M.**

	Piscina 25 m			Piscina 50 m		
	Júnior 1	Júnior 2	Sênior	Júnior 1	Júnior 2	Sênior
50 m	24.50	24.30	24.30	25.50	25.30	25.30
100 m	54.30	53.90	53.90	56.00	55.60	55.60
200 m	1.59.60	1.58.60	1.58.60	2.03.00	2.02.00	2.02.00

## ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

**Título da pesquisa:** “Caracterização e sistematização da carga de força na natação”

**Dados do sujeito doador voluntário:**

**Nome:** \_\_\_\_\_

**Endereço:** \_\_\_\_\_

**E-mail:** \_\_\_\_\_

### **Esclarecimento:**

Esta pesquisa tem por objetivo verificar os efeitos imediatos e/ou de longo prazo do treinamento de força em nadadores. Para isso, os voluntários serão submetidos a avaliações que poderão conter os seguintes testes:

- Força na água: Nadar amarrado a uma corda em intensidade máxima, por períodos que podem variar de 5 a 240 s, e utilizando um dos estilos de competição (borboleta, costas, peito ou crawl).
- Força Isométrica: O voluntário, deitado em um banco e com as mãos apoiadas em um palmar, deverá aplicar a máxima força tão rápido quanto possível, em três tentativas de 05 segundos de duração. Este procedimento acontecerá para o braço direito, depois com o esquerdo e finalmente com ambos os braços.
- Força Máxima: O voluntário deverá realizar uma ação muscular voluntária máxima no exercício selecionado. O teste acontecerá em um equipamento de musculação devidamente preparado para o movimento. Este procedimento poderá se repetir até seis vezes, caso ainda não se tenha determinado a carga referente a uma única ação máxima.
- Velocidade: Nadar por 25 m em esforço máximo utilizando a técnica de um dos estilos de competição.
- Desempenho: Nadar em intensidade máxima a principal distância em que compete utilizando a técnica de um dos estilos de competição.
- Antropometria e Composição Corporal: Será medida a altura, envergadura, massa corporal, espessura de dobras cutâneas e circunferências de tronco, membros superiores e inferiores.

Os testes realizados dentro da água poderão ser repetidos com a utilização de materiais como palmar, paraquedas e/ou extensores, sendo que todos os procedimentos poderão ser filmados por um ou mais câmeras, posicionadas dentro e/ou fora da água.

### **Vantagens e Riscos:**

Ao participar desse estudo, o voluntário tem como benefício a possibilidade de ter um planejamento mais individualizado das cargas de esforço físico usadas no treinamento de força, contribuindo para a melhora do desempenho.

Os riscos da pesquisa são todos aqueles inerentes às sessões de treino e de testes em intensidades intensas, às quais os atletas se submetem voluntária e corriqueiramente durante um período de preparação física. Apesar de raro, há possibilidade de alterações orgânicas durante a realização de qualquer tipo de teste de esforço que podem ser respostas atípicas de pressão arterial, arritmias, desmaios, tonturas e em raríssimas exceções ataque cardíaco. Tais situações são extremamente raras, principalmente em atletas submetidos a treinamentos constantes. Contudo, em

caso de acidentes durante a realização dos testes entraremos em contato com o Corpo de Bombeiros.

Dessa forma, os responsáveis por este trabalho, a Unicamp e o clube não serão responsabilizados por acidentes não previstos no transcorrer destes testes e avaliações. Apesar disso, todas as providências serão tomadas para que exista a anulação de possibilidades de danos à dimensão física, psíquica, moral, intelectual, social, cultural ou espiritual do ser humano, **sendo voluntária a continuidade na pesquisa.**

**Garante-se ao doador voluntário:**

- ✓ Esclarecimento de qualquer dúvida em relação à metodologia e acesso aos resultados antes e durante a pesquisa, podendo ser feito pessoalmente (Departamento de Ciências do Esporte / FEF / Unicamp), por telefone: (11) 7694-3377, (19) 9194-8099, 3788-6614 ou 3521-6146, ou por e-mail: [augustocarvalhobarbosa@yahoo.com.br](mailto:augustocarvalhobarbosa@yahoo.com.br). O acompanhamento e assistência aos voluntários são responsabilidades do Prof. Augusto Carvalho Barbosa, pesquisador responsável deste projeto.
- ✓ O caráter confidencial das informações obtidas, assegurando-lhe sigilo, manutenção de sua privacidade e compromisso de que sua identidade não será revelada nas publicações do trabalho.
- ✓ Liberdade para deixar de participar da pesquisa ou cancelar este termo de consentimento em qualquer momento, sem penalização ou prejuízo de suas funções.

**ATENÇÃO:**

- ✓ Em caso de dúvida quanto aos seus direitos, contacte o Comitê de Ética em Pesquisa da FCM -UNICAMP. CP: 6111 – Rua Tessália Oliveira de Camargo, 126 - Cidade Universitária Zeferino Vaz – CEP: 13.083-970 - Campinas – SP. Fone: (19) 3521-8936. E-mail: [cep@fcm.unicamp.br](mailto:cep@fcm.unicamp.br).
- ✓ Não está previsto ressarcimento das despesas decorrentes da sua participação na pesquisa, nem indenização diante de eventuais danos, pois os riscos envolvidos nesta pesquisa são praticamente inexistentes.
- ✓ Não haverá nenhum tipo de remuneração e nenhum tipo de gasto ao voluntário desta pesquisa.
- ✓ O voluntário ficará com uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Li e entendi as informações precedentes, sendo que os riscos e benefícios já foram discutidos e as dúvidas futuras que poderão ocorrer serão prontamente esclarecidas, bem como o acompanhamento dos resultados obtidos durante a coleta de dados.

Campinas, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_.

---

Voluntário ou Responsável

---

Augusto Carvalho Barbosa  
Responsável pelo Projeto

## ANEXO C – QUESTIONÁRIO PARA CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

### DADOS PESSOAIS

Nome: \_\_\_\_\_

Idade (em 31/05/2008): \_\_\_\_\_ anos

Categoria: ( ) Júnior 1            ( ) Júnior 2            ( ) Sênior

### HISTÓRICO

- Há quanto tempo treina natação? \_\_\_\_\_ anos

- Há quanto tempo compete natação? \_\_\_\_\_ anos

- Qual o seu melhor tempo nas provas:

50m Livre: \_\_\_\_\_ e na atual temporada? \_\_\_\_\_

100m Livre: \_\_\_\_\_ e na atual temporada? \_\_\_\_\_

200m Livre: \_\_\_\_\_ e na atual temporada? \_\_\_\_\_

- Quantos campeonatos **ESTADUAIS** já participou? \_\_\_\_\_

Em quais estados? \_\_\_\_\_

Já foi pódio **ESTADUAL**? \_\_\_\_ Quantas vezes? \_\_\_\_ Qual colocação? \_\_\_\_ Qual estilo? \_\_\_\_\_

- Quantos campeonatos **NACIONAIS** já participou? \_\_\_\_\_

Em quais países? \_\_\_\_\_

Quantas vezes já participou de **FINAIS** em campeonatos **NACIONAIS**?

( ) FINAL A                    ( ) FINAL B

Já foi pódio **NACIONAL**? \_\_\_\_ Quantas vezes? \_\_\_\_ Qual colocação? \_\_\_\_

Qual estilo? \_\_\_\_\_ Em quais países? \_\_\_\_\_

- Quantos campeonatos **INTERNACIONAIS** já participou? \_\_\_\_\_

Quais? (Favor marcar indicando o número de vezes que participou)

( ) Jogos Olímpicos

( ) Campeonato Mundial

( ) Copa do Mundo

( ) Sul-Americano

( ) Multinations ( ) Outros \_\_\_\_\_

Já foi pódio **INTERNACIONAL**? \_\_\_ Quantas vezes? \_\_\_ Qual colocação? \_\_\_  
Qual estilo? \_\_\_\_\_ Em quais competições? \_\_\_\_\_

### TREINAMENTO

- Qual o volume semanal **MÁXIMO** atingido nessa temporada? \_\_\_\_\_ m

- Qual o volume semanal **MÍNIMO** atingido nessa temporada? \_\_\_\_\_ m

Realiza treinamento de força? ( ) Sim, ver abaixo ( ) Não

Qual?	Quantas vezes/ semana?	Há quanto tempo
( ) Musculação	_____	_____ anos
( ) Condicionamento Físico	_____	_____ anos
( ) Palmar	_____	_____ anos
( ) Paraquedas	_____	_____ anos
( ) Elástico	_____	_____ anos
( ) Elástico fora da água	_____	_____ anos
( ) Outros: _____	_____	_____ anos

### OUTRA INFORMAÇÃO QUE JULGAR RELEVANTE

---



---



---

MUITO OBRIGADO!!!

Augusto Carvalho Barbosa – Pesquisador Responsável

## ANEXO D – FOTOS DO NADO ATADO

As figuras abaixo detalham as estruturas mecânicas e eletrônicas do nado atado, bem como a sua utilização.

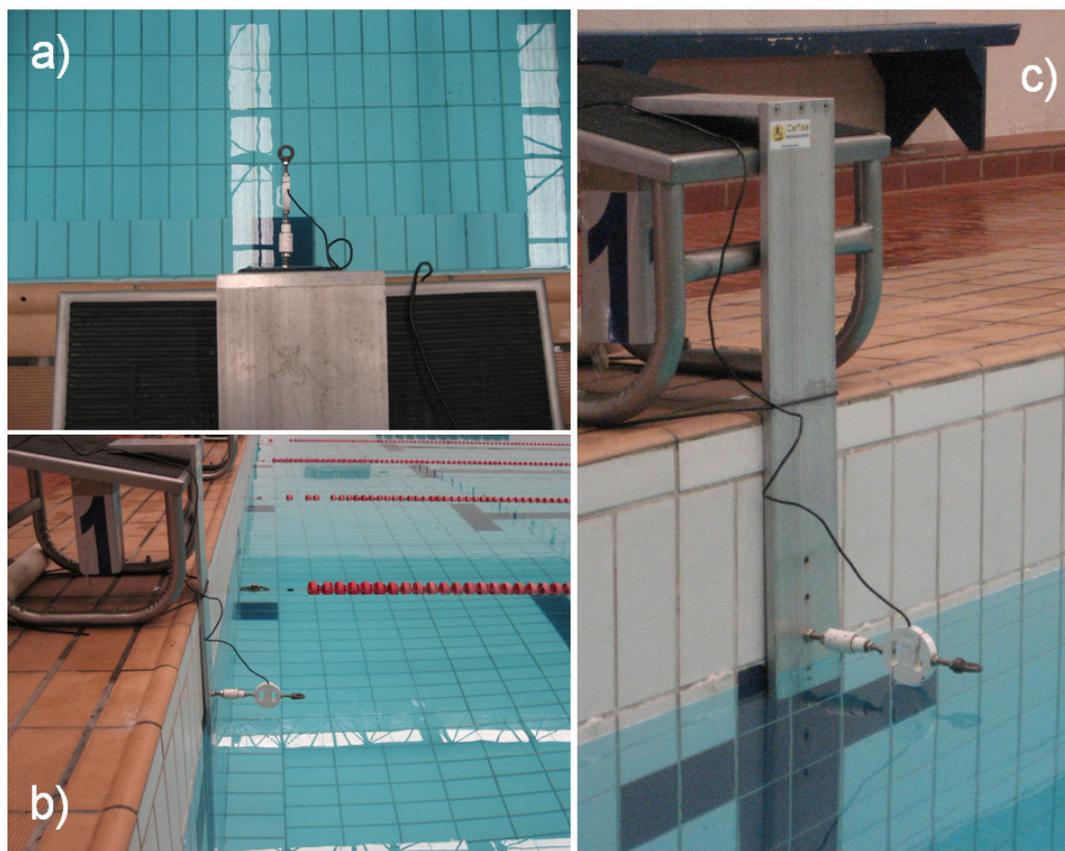


FIGURA D1 – Estrutura do nado atado. Vistas (a) superior, (b) lateral e (c) frontal

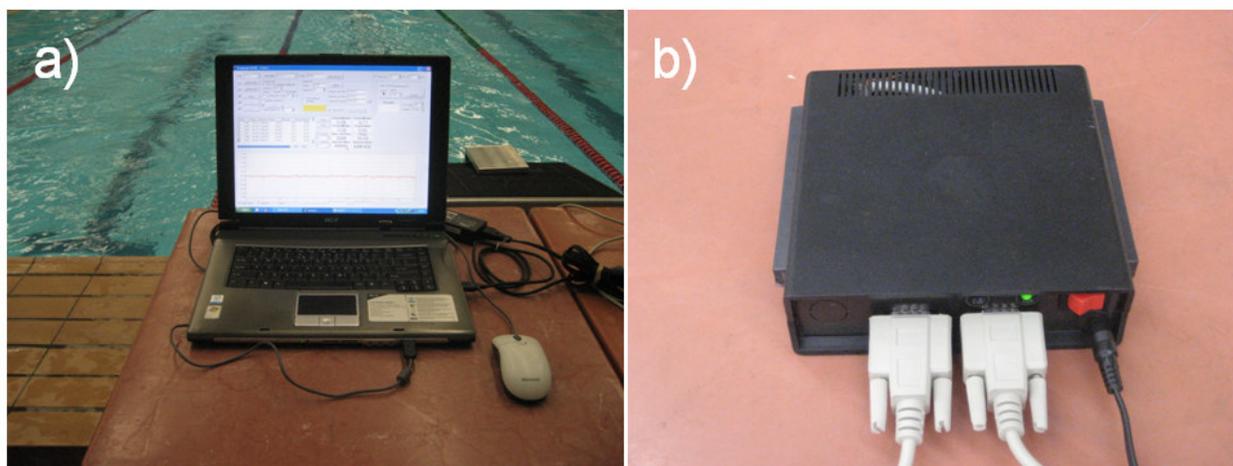


FIGURA D2 - Estrutura eletrônica do nado atado: (a) computador e (b) interface

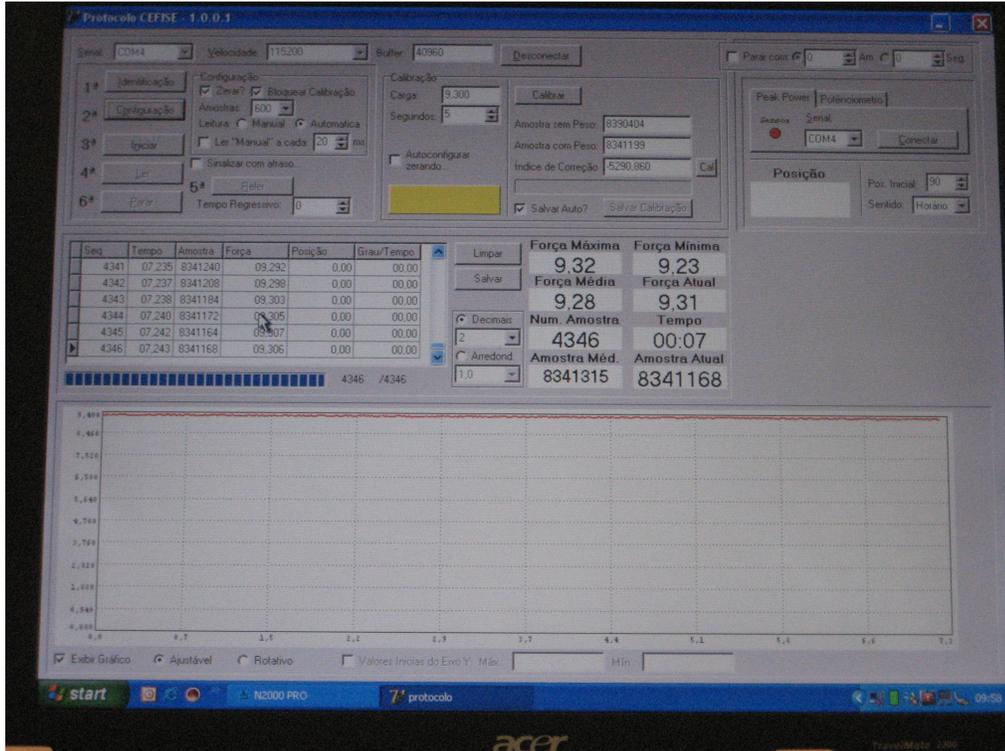


FIGURA D4 – Janela do Software N2000Pró

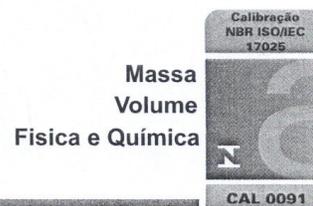


FIGURA D3 – Nado Atado em uso

## ANEXO E – CERTIFICAÇÃO DOS PESOS

# KNWAAGEN

Balanças Ltda.



## Certificado de Calibração N.º M-28217/09

SOLICITANTE EDUANE BALANÇAS LTDA

ENDEREÇO RUA MARECHAL FLORIANO PEIXOTO, 30 AMERICANA SP

CONTRATANTE O mesmo

ENDEREÇO O mesmo

OBJETO DE CALIBRAÇÃO Pesos-padrão:  
4 x 10 kg e 6 x 20 kg

FABRICANTE ARJA E OUTROS

Nº DE FABRICAÇÃO Não consta

IDENTIFICAÇÃO Conforme marcação

CLASSE Não constatada

PROCESSO KN WAAGEN SCM N.º 585/09

DATA DE CALIBRAÇÃO 27.04.2009

DATA DE EMISSÃO DO CERTIFICADO 28.04.2009

### RASTREABILIDADE

Coleção de pesos-padrão:

Peso-padrão: PTL11, classe F1, certificado n.º M-25003/08 do Laboratório de Massas da KN Waagen, válido até 12.05.2009.

Peso-padrão: PTL22, classe E2, certificado n.º M-22206/07 do Laboratório de Massas da KN Waagen, válido até 23.07.2009.

Balança: CC 50.001, Sartorius, certificado n.º 58059 do Laboratório da Assistência Técnica KN Waagen, válido até 09.10.2009.

### CONDIÇÕES AMBIENTAIS

As condições ambientais do laboratório, estão de acordo com as condições padrão de medição, segundo as recomendações R.111 e D.28 da OIML e em conformidade com a portaria 233 do INMETRO

Temperatura: 20,8 °C ± 0,5 °C;  
Umidade Relativa do Ar: 60,9 % ± 5,0 %;  
Pressão Atmosférica: 926 mbar ± 3 mbar.

  
**Eduardo Stapf**  
Chefe do Laboratório

  
**Sandreli Freire da Costa**  
Responsável pela Calibração

Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela Cgcre/Inmetro que avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida.

Página 1 de 2



## Cont. do Certificado de Calibração N.º M-28217/09

### RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO

Marcação	Massa Nominal (g)	Valor Encontrado (g)	Incerteza da Calibração (g)	Material	Formato	Massa Específica (kg/m <sup>3</sup> )
967-13	10.000	10.000,05	± 0,15	Ferro fundido	Paralelepípedo	Não constatada
967-15	10.000	10.000,08	± 0,15	Ferro fundido	Paralelepípedo	Não constatada
967-16	10.000	10.000,11	± 0,15	Ferro fundido	Paralelepípedo	Não constatada
967-38	10.000	10.000,16	± 0,15	Ferro fundido	Paralelepípedo	Não constatada
967-308	20.000	20.000,32	± 0,30	Ferro fundido	Paralelepípedo	Não constatada
967-309	20.000	20.000,07	± 0,30	Ferro fundido	Paralelepípedo	Não constatada
967-314	20.000	20.000,28	± 0,30	Ferro fundido	Paralelepípedo	Não constatada
967-316	20.000	20.000,06	± 0,30	Ferro fundido	Paralelepípedo	Não constatada
967-317	20.000	20.000,10	± 0,30	Ferro fundido	Paralelepípedo	Não constatada
967-323	20.000	20.000,09	± 0,30	Ferro fundido	Paralelepípedo	Não constatada

### PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO

As calibrações dos pesos-padrão foram realizadas através do método de comparação direta, utilizando-se pesos-padrão do Laboratório de Massa da KN Waagen, classificados segundo a OIML, conforme Instrução Técnica IT-21 do Manual da Qualidade da KN Waagen.

### NOTAS

A incerteza expandida relatada é baseada em uma incerteza padrão combinada, multiplicada por um fator de abrangência  $k = 2$ , para uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95 %.

O presente certificado de calibração atende aos requisitos da NBR ISO/IEC 17025:2005 e é válido apenas para o instrumento de medição/padrão acima caracterizado, não sendo extensivo a quaisquer outros instrumentos de medição, ainda que similares.

Este certificado de calibração somente pode ser reproduzido em sua forma integral. A utilização dos mesmos para fins promocionais depende da prévia autorização formal da KN Waagen.

O Inmetro é signatário do acordo bilateral de reconhecimento mútuo com a EA - European Co-operation for Accreditation.

Uma cópia deste certificado é arquivada durante 2 anos.

CÓPIA CONTROLADA N.º 655  
 Data: 30/09/09  
 Cliente: Ce Fise  
 Esta CÓPIA é exclusiva para o Cliente acima. Fica proibido sua reprodução.  
**ATENÇÃO: Este Certificado será válido somente quando Carimbado em Azul.**



**ANEXO F – ALTERAÇÃO PERCENTUAL DAS VARIÁVEIS DO ESTUDO EM RELAÇÃO À SITUAÇÃO SEM MATERIAL (LVR)**

Sujeito	F <sub>pico</sub> (%)				F <sub>méd</sub> (%)				TDF (%)			
	LVR-PP	LVR-PM	LVR-PG	LVR-PGG	LVR-PP	LVR-PM	LVR-PG	LVR-PGG	LVR-PP	LVR-PM	LVR-PG	LVR-PGG
A.S.	0.5	16.2	20.4	25.7	-12.1	4.4	6.0	6.5	-12.3	9.6	8.7	25.1
B.M.	4.1	20.6	17.9	19.6	0.3	10.5	12.8	7.2	-11.6	-1.2	-1.4	4.4
C.C.	1.6	11.9	18.0	26.1	-6.0	2.9	-0.1	6.1	-0.8	9.4	19.3	20.9
C.S	4.7	20.2	20.8	33.1	1.5	5.8	10.8	11.9	2.9	9.5	15.0	21.4
F.M.	11.7	18.3	26.2	24.1	3.2	1.0	7.1	2.8	33.0	32.4	39.3	43.6
F.R.	0.3	4.3	14.2	14.5	4.7	8.0	9.5	2.8	-4.6	-3.9	-3.4	0.9
G.D.	4.9	16.6	20.1	22.8	2.9	-4.5	-0.4	-13.4	-3.8	-0.5	4.8	-2.2
G.R.	4.6	3.6	13.4	16.5	3.4	5.4	6.6	3.5	3.6	-8.3	1.4	8.7
H.M.	6.3	3.4	3.3	7.4	3.8	-2.6	4.3	-5.4	25.6	1.4	-0.7	-2.0
J.B.	-2.2	0.8	7.1	7.9	-7.2	-1.1	-1.5	-1.7	-5.7	-10.4	-15.0	-13.2
M.F.	-0.3	1.4	12.6	18.2	6.1	7.8	6.2	5.5	-10.0	-11.1	-8.8	-10.8
M.K.	16.3	15.0	25.2	36.4	11.2	12.3	24.4	28.6	18.8	13.3	20.0	30.2
M.R.	22.3	25.2	32.7	39.7	13.3	10.3	19.9	14.6	32.4	29.8	35.8	36.0
W.C.	-2.8	6.1	2.8	14.7	-2.2	10.8	-1.5	7.6	-12.8	-1.9	-6.4	2.3

F<sub>pico</sub>: força pico, F<sub>méd</sub>: força média, TDF: taxa de desenvolvimento de força, LVR-PP: alteração de livre de materiais para palmar pequeno, LVR-PM: alteração de livre de materiais para palmar médio, LVR-PG: alteração livre de materiais para palmar grande, LVR-PGG: alteração livre de materiais para palmar extragrande.

Sujeito	I <sub>mp</sub> F (%)				DUR (%)				TF <sub>pico</sub> (%)			
	LVR-PP	LVR-PM	LVR-PG	LVR-PGG	LVR-PP	LVR-PM	LVR-PG	LVR-PGG	LVR-PP	LVR-PM	LVR-PG	LVR-PGG
A.S.	1.3	21.9	29.9	40.3	15.2	16.5	22.0	31.2	19.3	8.0	11.6	8.0
B.M.	1.1	13.6	15.7	21.9	-0.6	1.8	2.3	12.9	11.3	18.9	16.7	20.1
C.C.	1.4	10.0	19.9	36.8	7.2	6.4	19.0	27.9	7.1	8.1	12.9	20.0
C.S	14.0	22.0	27.7	42.8	12.6	16.1	15.7	28.2	8.3	32.5	20.5	43.5
F.M.	3.5	13.0	19.8	18.2	-0.5	11.1	10.9	14.4	-7.6	4.0	5.0	2.4
F.R.	0.3	12.2	20.2	25.4	-4.4	4.1	10.0	22.6	-1.9	6.0	17.2	19.7
G.D.	9.7	20.3	30.8	34.1	7.4	26.4	31.8	56.1	12.7	33.0	31.7	49.3
G.R.	6.3	9.8	18.6	20.7	3.4	4.5	12.2	17.6	0.2	9.1	18.8	18.4
H.M.	3.6	11.0	17.7	26.6	-0.5	14.8	13.2	34.3	-12.2	5.8	5.1	17.9
J.B.	10.1	19.3	30.5	37.2	18.9	20.5	32.4	39.3	14.0	16.1	37.4	38.0
M.F.	23.7	8.8	13.8	28.6	0.0	1.0	7.2	24.8	8.8	10.8	27.3	40.5
M.K.	13.1	19.5	32.1	44.0	2.6	7.0	7.2	13.1	2.8	5.0	6.6	11.4
M.R.	10.7	20.0	26.5	35.2	-2.4	8.5	5.5	17.9	-2.3	3.4	3.5	11.9
W.C.	2.9	14.1	13.3	23.4	5.7	3.6	15.3	15.8	6.7	3.1	11.3	16.8

I<sub>mp</sub>F: impulso, DUR: duração da braçada, TF<sub>pico</sub>: tempo para alcançar a força pico, LVR-PP: alteração de livre de materiais para palmar pequeno, LVR-PM: alteração de livre de materiais para palmar médio, LVR-PG: alteração livre de materiais para palmar grande, LVR-PGG: alteração livre de materiais para palmar extragrande

Sujeito	VM15m (%)				FB15m (%)				CB15m (%)			
	LVR-PP	LVR-PM	LVR-PG	LVR-PGG	LVR-PP	LVR-PM	LVR-PG	LVR-PGG	LVR-PP	LVR-PM	LVR-PG	LVR-PGG
A.S.	1.5	4.1	2.7	6.8	-9.0	-13.1	-10.9	-17.5	11.4	19.6	15.2	29.4
B.M.	-0.2	3.7	3.5	3.1	-2.9	-4.6	-7.1	-8.2	2.8	8.7	11.6	12.3
C.C.	-1.0	2.4	3.4	5.6	3.8	-1.3	-1.3	-1.3	-4.6	3.7	4.8	7.0
C.S	0.0	0.6	1.9	1.9	-3.3	-6.7	-9.3	-11.4	3.4	7.8	12.3	14.9
F.M.	0.4	2.1	4.3	1.0	8.4	-7.4	4.8	-11.8	-7.3	10.3	-0.1	14.6
F.R.	3.0	0.8	3.2	5.6	-4.3	-13.3	-10.2	-19.3	7.5	16.3	14.8	30.8
G.D.	3.4	2.6	4.2	4.9	0.0	-6.5	-8.3	-8.3	4.1	9.8	11.2	13.3
G.R.	-1.4	0.4	0.6	0.2	6.5	-3.8	-5.1	-4.7	-7.0	4.4	6.1	5.2
H.M.	1.8	-1.5	2.9	-0.4	-3.0	-14.6	-3.7	-16.5	4.9	15.4	6.9	19.3
J.B.	1.5	4.1	4.3	5.3	-2.2	-2.5	-5.6	-8.7	3.8	6.8	10.4	15.3
M.F.	-1.8	2.4	-0.5	2.3	-2.0	-2.0	-9.8	-9.0	0.2	4.4	10.4	12.5
M.K.	2.2	5.5	7.9	6.8	6.0	0.2	1.3	-0.9	-3.7	5.2	6.4	7.6
M.R.	1.0	0.4	2.3	4.9	-3.8	-9.4	-9.7	-10.4	5.0	10.8	13.3	17.0
W.C.	0.0	3.0	4.4	3.9	2.0	-0.7	-0.3	-4.2	-1.9	3.8	4.8	8.6

VM15m: velocidade média, FB15m: frequência de braçadas, CB15m: comprimento de braçadas, LVR-PP: alteração de livre de materiais para palmar pequeno, LVR-PM: alteração de livre de materiais para palmar médio, LVR-PG: alteração livre de materiais para palmar grande, LVR-PGG: alteração livre de materiais para palmar extragrande

## ANEXO G – ARRASTO DE ONDA

**TABELA G1 – Valores individuais de altura, velocidade de nado sem materiais (LVR) e velocidade de casco estimada ( $V_h$ )**

Sujeito	Altura (m)*	LVR (m/s)*	$V_h$ (m/s)**
A.S.	1.88	1.86	1.71
B.M.	1.81	1.80	1.68
C.C.	1.75	1.75	1.65
C.S.	1.84	1.84	1.69
F.M.	1.91	1.85	1.73
F.R.	1.90	1.84	1.72
G.D.	1.80	1.75	1.68
G.R.	1.84	1.81	1.69
H.M.	1.81	1.95	1.68
M.F.	2.04	2.06	1.78
J.B.	1.79	1.96	1.67
M.K.	1.79	1.74	1.67
M.R.	1.76	1.82	1.66
W.C.	1.80	1.89	1.68
Média	1.84	1.85	1.69
DP	0.08	0.09	0.03

\* Dados obtidos como variáveis do estudo \*\* Estimada pela equação 6 (pág. 46)