

# Caracterização do padrão de deslocamento das mãos em nadadores de mariposa

Nuno Batalha<sup>1</sup>, Luís Cardoso<sup>2</sup>, António Silva<sup>3</sup>, Francisco Alves<sup>4</sup>

Estudo conduzido no âmbito do Mestrado em Treino de Jovem Atleta – FMH/UTL

<sup>1</sup> Universidade de Évora

<sup>2</sup> Federação Portuguesa de Natação

<sup>3</sup> Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

<sup>4</sup> Faculdade de Motricidade Humana

## 1. Introdução

É opinião unânime na comunidade científica que a mão é uma superfície corporal de extrema importância para a criação de resultantes propulsivas na NPD, coincidindo as suas acelerações e desacelerações com mudanças similares nas velocidades de deslocamento do Centro de Massa (CM).

Na realidade, se considerarmos que pequenas variações na aceleração da mão em determinadas fases da braçada, assim como alterações aparentemente insignificantes no posicionamento dos segmentos em relação ao fluido envolvente têm consequências exponencialmente superiores na resultante propulsiva, é fácil entender a razão pela qual a mão tem sido alvo de diversos estudos.

O objectivo deste trabalho foi caracterizar o padrão de deslocamento das mãos em nadadores de mariposa de nível nacional e internacional. Tendo em conta que o referido perfil resulta de uma combinação de movimento nos três planos espaciais (transversal -X, vertical -Z e sagital -Y), optámos por efectuar uma análise da velocidade média das mãos nas suas diversas componentes direccionais.

## 2. Metodologia

Foram analisados oito nadadores do sexo masculino. Todos eles participantes em provas nacionais e internacionais, fazendo parte a selecção Júnior e Absoluta da FPN.

Com vista a caracterizar a amostra, foram utilizados a idade, o peso (Kg), a altura (cm) e os melhores tempos dos nadadores aos 100m mariposa (s) - (piscina de 50m).

**Quadro 1** - Caracterização da amostra.

	Idade	Peso	Altura	M.T.100
N1	17	64,30	180,5	62,04
N2	17	65,50	168,0	62,50
N3	16	63,30	170,5	62,30
N4	17	65,00	172,0	59,71
N5	17	72,40	175,5	59,50
N6	17	68,50	189,0	55,25
N7	28	82,40	192,0	54,38
N8	21	75,30	188,5	57,89
Média	18,75	69,58	179,50	59,19
dp	4,02	6,66	9,36	3,15

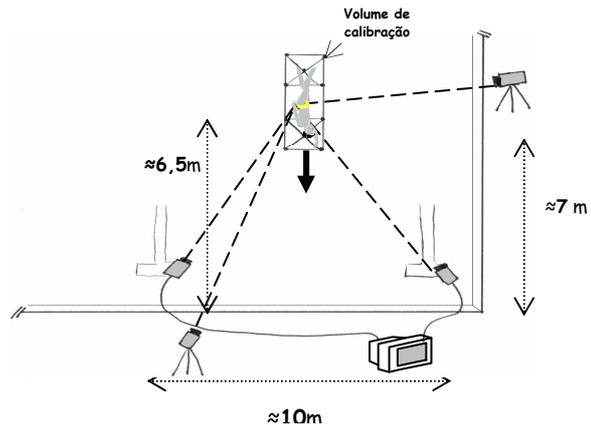
Foi pedido a todos os nadadores que efectuassem um trajecto de 50m mariposa com salto prévio, à velocidade máxima e que, após a passagem pela marca dos 25 metros, efectuassem

cinco ciclos consecutivos sem inspiração. Posteriormente, foi confirmado junto dos treinadores que o tempo realizado pelos nadadores se situou num limite de 3% dos seus melhores tempos.

Os nadadores foram marcados nas projecções dos centros articulares a digitalizar e filmados por quatro câmaras digitais, duas subaquáticas e duas de superfície, de modo a registar um ciclo completo de nado que foi posteriormente digitalizado, utilizando o programa *Ariel Performance Analysis System* (APAS), visando a representação tridimensional do modelo biomecânico de cada nadador.

Foi definida como variável dependente a velocidade de nado (VN). As variáveis independentes estudadas foram a velocidade da mão nas suas diversas componentes direccionais e a sua resultante (3D) - ( $V_{mão}$ ), amplitude horizontal das mãos ( $AmH_{mão}$ ), velocidade horizontal do centro de massa ( $Vh_{CM}$ ) e duração relativa das diferentes fases do ciclo gestual.

**Figura 1:** Esquema geral de organização da situação experimental e disposição relativa das câmaras e restante equipamento, na piscina.

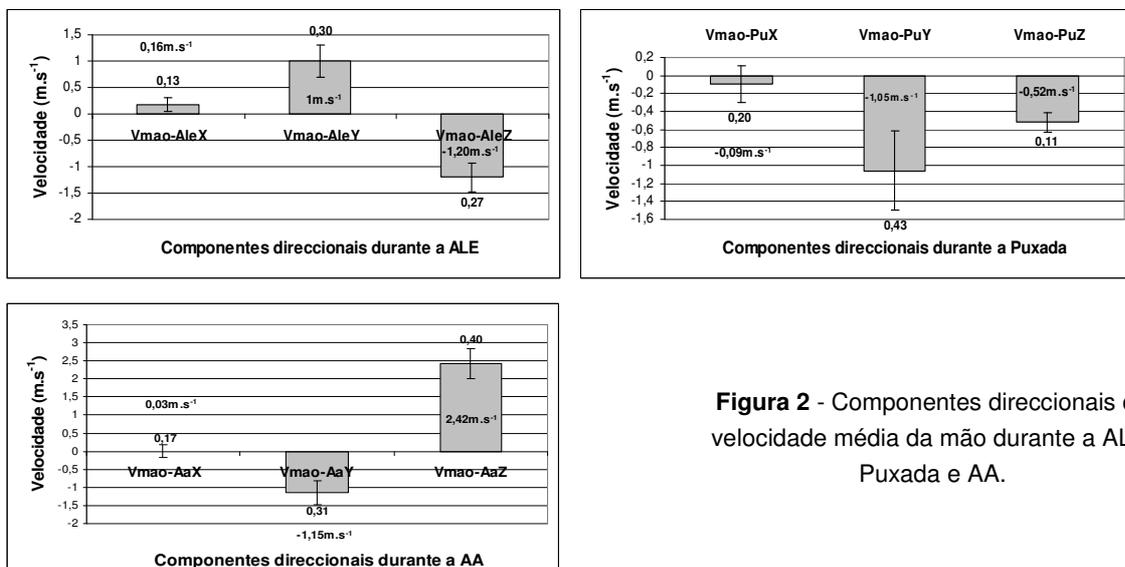


Foi analisado um ciclo gestual com fase não inspiratória, sendo o mesmo dividido nas seguintes fases: Acção Lateral Exterior (ALE), Puxada (PU), Acção Ascendente (AA) e Recuperação (Rec).

Na análise estatística, para além de efectuarmos a estatística descritiva dos dados, utilizámos o Coeficientes de Correlação  $r$  - produto-momento de Pearson -, sendo adoptados dois níveis de significância:  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ .

### 3. Apresentação e discussão dos resultados

De forma a retirarmos dados referentes ao perfil propulsivo das mãos, no que respeita às diferentes componentes direccionais, efectuámos numa primeira fase, as médias das velocidades das mãos nas diversas fases do ciclo gestual. As figuras que se seguem permitem-nos uma análise clara da situação.



**Figura 2 -** Componentes direccionais da velocidade média da mão durante a ALE, Puxada e AA.

Os valores apresentados permitem identificar um perfil de variação de velocidade da mão em cada uma das componentes direccionais semelhantes ao descrito na literatura, nomeadamente nos trabalhos de Maglischo (1993) e Silva et al. (1997).

Os valores médios da velocidade direccional da mão dos nadadores da amostra apresentam o seguinte perfil:

- Durante a realização da ALE os nadadores aceleram as mãos para a frente (velocidade antero-posterior da mão positiva), para baixo (velocidade vertical da mão negativa) e para fora (velocidade transversal da mão positiva).

- À semelhança do descrito por Silva et al. (1997), durante a realização da PU, os nadadores mudam a direcção da velocidade da mão de anterior para posterior e também de fora para dentro, mantendo o deslocamento para baixo.

- Durante a AA, a direcção da velocidade posterior da mão mantém-se, revelando nesta fase os valores médios superiores em todo o ciclo de nado. Por sua vez, as mãos alteraram o seu deslocamento de baixo para cima.

Apesar de termos presente que para a produção de força propulsiva teremos que considerar, não só a velocidade das componentes direccionais da mão, mas também a direcção das trajectórias e o seu ângulo de ataque, estamos neste momento em condições de identificar as componentes direccionais mais importantes para a criação de força propulsiva, as quais ocorrem durante as acções mais propulsivas (PU e AA). Assim, temos:

- Durante a PU a velocidade antero-posterior, a qual se alterou de  $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  (durante a ALE-deslocamento para a frente) para  $-1.058\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  (deslocamento para trás).
- Durante a AA, a velocidade vertical ascendente da mão, que aumentou de  $-0.521\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  durante a PU para  $2.424\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  durante a AA e também a velocidade antero-posterior ( $1.058\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  na PU para  $1.151\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  na AA).

Logo, não contabilizando a importância do ângulo de ataque da mão, parece existir uma maior importância das componentes verticais e antero-posteriores, no que respeita às componentes direccionais da velocidade da mão, para a criação de força propulsiva. Com efeito apenas foram encontrados valores correlacionais com significado estatístico no que respeita a deslocamentos antero-posteriores e verticais (para cima).

A análise efectuada fornece-nos indicações importantes no que diz respeito às direcções das mãos e suas alterações durante o trajecto subaquático do ciclo de braçada. No entanto, pareceu-nos importante efectuar também a análise da velocidade das mãos decompondo as suas diversas componentes direccionais, isto é, permitir uma visualização, dando apenas um exemplo relativo ao plano transversal, dos valores de velocidade para fora e para dentro (relativamente à linha média do corpo). Estes valores estão presentes no quadro 2.

Podemos constatar que nenhum dos nadadores da amostra apresenta valores referentes a trajectórias verticais ascendentes durante a ALE, o que, segundo a literatura especializada se enquadra nos padrões técnicos adequados (Costill et al., 1992).

Um outro aspecto que sobressai é o facto dos nadadores 6 e 7 serem os únicos a apresentarem trajectórias antero-posteriores (para trás) durante a realização da ALE. Se tivermos em consideração que estes nadadores são os que apresentam melhores resultados de VN e MT100, poderemos pressupor que este aspecto poderá ser indicador de padrões técnicos adequados. Se considerarmos a literatura especializada, poderemos confirmar o pressuposto anterior, já que, segundo Barthels e Adrian (1975); Costill et al. (1992) e Maglischo (2003), logo após o “agarre”, o qual ocorre durante a ALE, os nadadores deverão iniciar a trajectória das mãos para trás.

Podemos observar alguma heterogeneidade nos dados referentes à variável  $V_{\text{mão-PU}X_{\text{(fora)}}$ , uma vez que apenas três nadadores apresentam deslocamentos das mãos para fora durante a PU. Se atendermos à descrição da técnica de mariposa de Maglischo (2003), poderemos considerar que são valores aceitáveis, uma vez que numa primeira fase da PU as mãos terão um deslocamento semi-circular, o qual poderá apresentar trajectórias com um sentido exterior (para fora).

A heterogeneidade de resultados também está presente em relação à  $V_{\text{mão-AA}X(\text{dentro})}$ , uma vez que cerca de três dos oito nadadores da amostra não apresentam valores da variável mencionada, o que significará que estes nadadores, durante a AA, relativamente ao plano transversal, apenas possuem deslocamentos para fora.

**Quadro 2** - Velocidades médias da mão relativas às diferentes componentes direccionais durante o trajecto subaquático:  $V_{\text{mão-ALE}X}$  ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) – componente direccional da velocidade transversal da mão (fora e dentro);  $V_{\text{mão-ALE}Y}$  ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) – componente direccional da velocidade antero-posterior da mão (frente e trás);  $V_{\text{mão-ALE}Z}$  ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) – componente direccional da velocidade vertical da mão (cima e baixo).

	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	Média	dp
$V_{\text{mão-ALE}X(\text{fora})}$	0,668	1,538	0,737	0,993	1,007	1,112	0,904	1,122	1,01	0,268
$V_{\text{mão-ALE}X(\text{dentro})}$	0,708	0,416	0,159	0,992	0,582	0,030	0,430	1,268	0,573	0,412
$V_{\text{mão-ALE}Y(\text{frente})}$	1,331	0,834	0,842	1,217	1,309	0,874	0,723	1,217	1,043	0,247
$V_{\text{mão-ALE}Y(\text{trás})}$	--	--	--	--	--	0,616	0,493	--	0,554	0,086
$V_{\text{mão-ALE}Z(\text{cima})}$	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
$V_{\text{mão-ALE}Z(\text{baixo})}$	1,397	1,067	1,581	0,845	0,957	1,183	1,610	1,129	1,221	0,281
$V_{\text{mão-PU}X(\text{fora})}$	0,232	--	--	0,449	--	--	0,569	--	0,416	0,17
$V_{\text{mão-PU}X(\text{dentro})}$	1,007	1,776	1,404	1,495	1,187	1,334	1,564	1,780	1,443	0,27
$V_{\text{mão-PU}Y(\text{frente})}$	0,090	0,304	0,322	0,480	0,167	--	--	0,423	0,297	0,148
$V_{\text{mão-PU}Y(\text{trás})}$	0,574	0,827	1,491	1,318	1,156	1,728	1,638	1,189	1,24	0,394
$V_{\text{mão-PU}Z(\text{cima})}$	0,690	1,268	0,493	0,482	0,171	0,710	0,286	0,696	0,599	0,334
$V_{\text{mão-PU}Z(\text{baixo})}$	1,430	2,104	1,397	1,554	0,993	1,198	1,023	1,442	1,392	0,352
$V_{\text{mão-AA}X(\text{fora})}$	1,218	1,580	1,653	1,534	1,339	0,747	1,129	1,873	1,384	0,353
$V_{\text{mão-AA}X(\text{dentro})}$	--	0,240	0,174	--	--	0,090	0,945	1,407	0,571	0,578
$V_{\text{mão-AA}Y(\text{frente})}$	1,196	0,118	2,478	0,759	1,217	1,164	1,923	1,502	1,294	0,711
$V_{\text{mão-AA}Y(\text{trás})}$	1,451	1,405	1,543	1,767	1,688	1,957	2,255	1,870	1,742	0,284
$V_{\text{mão-AA}Z(\text{cima})}$	2,313	2,181	2,187	2,811	2,515	2,519	3,262	3,060	2,606	0,402
$V_{\text{mão-AA}Z(\text{baixo})}$	--	--	--	--	--	--	--	0,782	--	--

Será ainda de realçar o facto de todos os nadadores da amostra apresentarem valores de velocidade das mãos para a frente durante a AA, o que significa que, antes da saída e início da Rec, os nadadores apresentam trajectórias das mãos no sentido do deslocamento do corpo (para a frente). Este aspecto poderá ser sinónimo de que os nadadores se enquadram no padrão técnico descrito por Maglischo (2003), no qual, antes da saída, existe uma flexão dos cotovelos, sendo estes os primeiros a sair da água, possibilitando um ligeiro deslocamento frontal das mãos.

No que diz respeito à estatística correlacional entre as componentes direccionais da velocidade da mão e a VN, foi encontrada uma forte correlação entre a VN e a velocidade das mãos no sentido antero-posterior durante a AA ( $r=0.890$  ;  $p\leq 0.01$ ). Os resultados sugerem que quanto maior o valor desta variável maior será a VN. Poderemos dizer que estes valores, apesar de se reportarem apenas a uma das componentes direccionais da velocidade resultante das mãos (eixo do Y - deslocamentos para trás), estão de acordo com o que vem mencionado na literatura, a qual sugere que as velocidades mais elevadas das mãos durante o trajecto subaquático coincidem com as acções com maior resultante propulsiva, ou seja, ocorrem durante a AA (Alves et al., 1999; Silva et al., 1997; Barbosa, 2000; Maglischo, 2003).

Uma outra variável com interesse para a caracterização do deslocamento propulsivo da mão será a sua Amplitude Horizontal ( $AmH_{\text{mão}}$ ), a qual diz respeito à distância paralela à superfície da água entre os pontos mais avançado e recuado do deslocamento da mão (quadro 3).

**Quadro 3** - Velocidade média de nado – VN  $(m.s^{-1})$  e Amplitude Horizontal máxima do deslocamento da mão durante a totalidade do ciclo  $AmH_{mão} (m)$

	VN	$AmH_{mão}$
N1	1,623	0,583
N2	1,558	0,419
N3	1,530	0,544
N4	1,627	0,503
N5	1,608	0,510
N6	1,779	0,592
N7	1,877	0,699
N8	1,629	0,541
Média	1,653	0,549
dp	0,116	0,081

Podemos observar que os nadadores mais rápidos (N6 e N7) foram os que obtiveram valores superiores de deslocamento das mãos no sentido antero-posterior. Estatisticamente foi encontrado um valor significativo de correlação entre a VN e a  $AmH_{mão}$  ( $r = -0.820$  e  $p \leq 0.05$ ), o que reforça a ideia de que os trajectos antero-posteriores são importantes na realização das técnicas de nado em geral e na mariposa em particular.

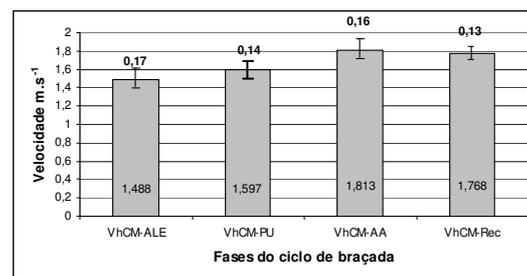
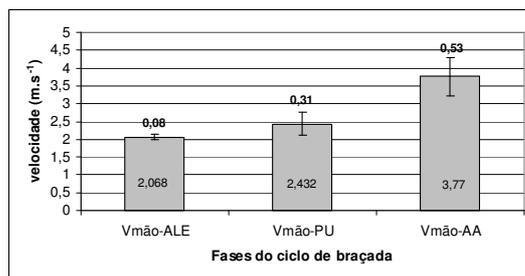


Figura 3 - Velocidade resultante (3D) da mão ( $V_{mão}$ ) nas diversas fases do trajecto subaquático.

Figura 4 – Velocidade horizontal do centro de massa ( $V_{hCM}$ ) nas diversas fases do ciclo de braçada

Relativamente aos valores médios da velocidade resultante das mãos (fig. 3), podemos verificar que vão aumentando desde a entrada e ALE até ao final do ciclo. Estes são valores de certa forma esperados, tendo em conta a literatura consultada, que defende que a velocidade da mão durante o trajecto subaquático aumenta de forma progressiva, ocorrendo os valores superiores durante a AA, a qual é a fase mais propulsiva da braçada (Alves et al., 1999, 1997; Silva et al., 1997; Barbosa, 2000; Maglischo, 2003).

Por outro lado, numa análise aos valores médios da velocidade horizontal do CM (fig. 4), podemos confirmar que a AA é de facto aquela onde os nadadores atingem velocidades superiores, sendo considerada a fase mais propulsiva da braçada (Mason et al. 1992; Sanders, 1996). À semelhança do que acontece com a velocidade resultante das mãos, a velocidade horizontal do CM também aumenta progressivamente durante a realização do trajecto subaquático. Parece então confirmar-se o facto de que existe uma relação entre as velocidades da mão e do CM.

Em relação à duração relativa das diversas fases do ciclo gestual (fig. 5) podemos constatar que a ALE, em média, é a que apresenta maior duração. Por outro lado, a duração das fases da braçada vai decrescendo durante a realização do trajecto subaquático, apresentando uma menor duração durante a AA.

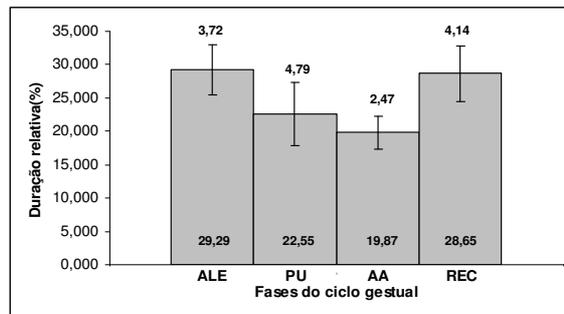


Figura 5 – Duração média relativa das diferentes fases do ciclo gestual

Um aspecto que sobressai é o facto das fases mais propulsivas da braçada (PU e AA) serem as que ocupam menor tempo relativo do ciclo gestual. Esta constatação vem de acordo com o que é revelado pela literatura, em que existe uma tendência para as fases mais propulsivas obterem tempos relativos e absolutos inferiores e vice-versa (Silva et al., 1997).

Foram encontrados valores significativos de correlações negativas no que diz respeito à duração relativa da PU ( $r = -0.888$  e  $p \leq 0.01$ ). Este facto indica-nos que parece ser benéfico reduzir o tempo de duração desta acção. Com efeito, os nadadores 6 e 7 são os que apresentaram valores inferiores de duração relativa da PU e, simultaneamente, são os que obtiveram velocidades médias de nado superiores.

#### 4. Conclusões

Os nadadores apresentam o seguinte padrão de deslocamento das mãos durante o trajecto subaquático:

- Inicialmente, durante a ALE, aceleram as mãos para a frente, para baixo e para fora.
- Durante a realização da PU os nadadores mudam a direcção da mão de anterior para posterior e também de fora para dentro, mantendo o deslocamento para baixo.
- Durante a AA, mantém-se a direcção antero-posterior da velocidade da mão, alterando-se o deslocamento de baixo para cima.

Os nadadores mais rápidos são os que iniciam as trajectórias antero-posteriores das mãos durante a realização da ALE, o que significa que iniciam o “agarre” e a sua trajectória antero-posterior mais cedo.

As componentes direccionais da mão mais importantes para a criação de força propulsiva ocorrem durante as fases mais propulsivas do trajecto subaquático, estando relacionadas com trajectórias antero-posteriores e verticais (correlações com significado estatístico no que respeita a deslocamentos antero-posteriores e verticais - para cima).

O valor médio da velocidade horizontal do CM revela um perfil que aumenta desde a entrada até à AA, decrescendo durante a recuperação. Os valores médios superiores ocorreram na AA.

A correlação negativa encontrada entre a VN e a duração relativa e absoluta da PU indica-nos que será benéfico efectuar a referida acção com uma velocidade das mãos elevada, traduzindo-se por uma curta duração da PU. No entanto, teremos que ter em consideração que os valores médios da velocidade resultante das mãos aumentam progressivamente durante a realização do trajecto subaquático, sendo o valor médio máximo obtido durante a realização da AA.

As acções mais propulsivas do percurso subaquático (PU e AA) são as que apresentam uma menor duração relativa, sendo simultaneamente aquelas em que se verificam valores superiores de velocidade das mãos.

#### 5. Bibliografia

- Barbosa, T. (2000). Análise tridimensional da cinemática da técnica de mariposa ao realizarem-se ciclos de inspiração frontal, ciclos de inspiração lateral e não inspiratórios. Dissertação de mestrado (não publicado). Porto: UP-CDEF.
- Barthels, K. M., Adrian, & M. J. (1975). Three-dimensional spatial hand patterns of skilled butterfly swimmers. In: L. Lewillie & J. P. Clarys (eds.). *Swimming II*. (pp.154-160). Baltimore: University Park Press.
- Costill, D.L., Maglischo, E.W., & Richardson, B.A. (1992). *Swimming*. Blackwell Scientific Publications. London.

- Alves, F., Cunha, P., Gomes-Pereira, J. (1999). Kinematic changes with inspiratory actions in butterfly swimming. In K.L. Keskinen, P.V. Komi, A.P. Hollander (Eds), *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII* (pp. 9-14). Jyväskylä: Gummerus Printing.
- Maglischo, E.W. (1993). *Swimming even faster*. California: Mayfield Publishing Company.
- Maglischo, E. W. (2003). *Swimming fasted, The essential reference on technique, training, and program design*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Silva, A., Alves, F., & Gomes Pereira, J. (1997). Fatigue related technical changes in 3-D directional components of hand velocity in butterfly swimming during a 200 m maximal trial: a pilot study. In B.O.Eriksson & L. Gullstrand (eds.) *Proceedings of the XII FINA World Congress on Sports Medicine* (pp. 463-467). Goteborg: Chalmers Reproservice.
- Sanders, R. (1996). Some aspects of butterfly technique of new zealand pan pacific squads swimmers. In: J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert & T.A. Trappe (eds.). *Biomechanics and Medicine in Swimming VII* (pp. 23-28). E & FN SPON, London.