



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Ciências Sociais e Humanas

# **Importância da Acção da Pernada de Crol no Rendimento Desportivo de Jovens Nadadores**

**Roberto Cláudio Azevedo Pinto de Oliveira**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Ciências do Desporto**  
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Aldo Matos da Costa  
Co-orientador: Prof. Doutor Daniel Almeida Marinho

**Covilhã, Setembro de 2011**



## Resumo

O propósito deste estudo contempla três objectivos. O primeiro passa por compreender a relação entre a performance do nado completo em crol e da pernada na mesma técnica. O segundo é analisar a relação entre a performance do nado de crol com algumas variáveis hidrodinâmicas associadas à pernada. Finalmente, o terceiro pretende apreender quais os efeitos de um programa de treino de pernada de crol, na performance e nas variáveis hidrodinâmicas. Para tal, 36 nadadores ( $10.03 \pm 0.66$  anos,  $43.18 \pm 8.28$  kg,  $1.51 \pm 0.06$  m) participaram neste estudo. A performance a 200m crol, a 200m pernas de crol e o arrasto activo foram medidos. O método da perturbação da velocidade foi seleccionado para a medição do arrasto activo. Foram ainda destacados para efectuarem um programa de 8 semanas de treino de pernada de crol. O grupo Experimental 1 (E1, n=12) realizou a totalidade dos metros previstos. O segundo grupo Experimental (E2, n=12) efectuou metade deste volume e o grupo de Controlo (C, n=12) substitui este programa por tarefas de técnica, com o esmo volume e a baixa intensidade. A performance aos 200m crol relacionou-se significativamente ( $p < 0.01$ ) com a prestação nos 200m pernas de crol (0.87), a força de arrasto hidrodinâmico da pernada (0.50) e com os valores de potência, também da pernada (0.58). Os valores do coeficiente de arrasto não registaram nenhuma relação com a prestação nos 200m crol. Depois de aplicadas as 8 semanas de treino de pernada, só encontramos diferenças estatisticamente significativas entre E1 e E2 na Vm da pernada. Mas, quando comparamos as diferenças intra-grupos, registamos que, em E1, as variáveis Prs200 (0.003), Tp200 (0.002), Vm p (0.005) e Vm (0.005) progrediram significativamente. Em E2, a evolução foi verificada nos Prs200 (0.026), no D (0.026) e na P (0.021). No grupo C, apenas a Tp200 (0.003) e a Vm p (0.016) evidenciaram diferenças estatisticamente significativas. Estes resultados encontrados sublinham a importância das acções da pernada de crol na performance do nado completo dos nadadores destas idades, e sugerem ainda o importante papel que as tarefas de pernada assumem nos treinos dos jovens nadadores.



## Abstract

The purpose of this study has three objectives. The first was to understand the relationship between the performance of the front crawl and the front crawl leg kicking. The second was to analyse the relationship between front crawl performance and hydrodynamic variables during leg kicking. Finally, the third was to learn about the effects of an 8 week leg kick training program on the performance and on the hydrodynamic variables. Thirty three age-group swimmers ( $10.03 \pm 0.66$  years-old,  $43.18 \pm 8.28$  kg,  $1.51 \pm 0.06$  m) participated in this study. The 200m front crawl performances, the 200m front crawl kicking performance and the active drag during leg kicking were measured. The velocity perturbation method was used to determine active drag. They were also assigned to an 8 week leg kick training program. The Experimental group 1 (E1, n=12), performed the totality of the train. The Experimental group 2 (E2, n=12) only performed half of that train, and a Control group (C, n=12), substitute this program by technique tasks of the same volume and at a low intensity. The 200m front crawl performance was significantly correlated ( $p < 0.01$ ) with the performance in 200m kicking (0.87), the hydrodynamic drag force during leg kicking (-0.50), and with power output during kicking (-0.58). Drag coefficient values were not related to the performance in 200 m front crawl. After applying the 8 week leg kick train, we only find a significant difference between E1 and E2 on the Vm in leg Kick. But when we compare de differences intra-group, we find in E1 that variables as Prs200 (0.003), Tp200 (0.002), Vm<sub>k</sub>p (0.005) and Vm<sub>k</sub> (0.005) progressed significantly. In E2, the evolution was registered in the Prs200 (0.026), in the Dk (0.026) and in the Pk (0.021). In the group C, only the Tp200 (0.003) and the Vm<sub>k</sub>p (0.016) shows statistical differences. These findings underline the importance of leg kicking to overall performance in front crawl swimming in these ages and can suggest the important role of the kicking tasks during training in young swimmers.



## Agradecimentos

Aos meus pais por, em toda a minha existência me terem feito perceber que o trabalho, o estudo, o investimento e a constante procura do conhecimento são a mais importante ferramenta que possuímos para enfrentar os desígnios da vida.

À Alexandra, por me acompanhar sempre com um grande sorriso em todas as barreiras e desafios que a vida me tem colocado à frente.

Ao meu enorme amigo Aldo, por me ter colocado nos meu horizonte mais este desafio, do qual saio mais rico, mais valorizado e por isso mais reconhecido.

Aos meus orientadores, os Professores Doutor Aldo Costa e Daniel Marinho por, além de partilharem comigo o seu vasto saber científico, terem sempre conseguido criar desafios intermédios, o que nunca permitiu que um certo adormecimento se instalasse e por isso mesmo a conclusão deste trabalho nunca estivesse em causa.

À Universidade da Beira Interior por prever no seu Curriculum um Mestrado com estas características, grande motivo pelo qual foi possível enveredar por esta opção.





## Artigos de suporte ao estudo

- Oliveira, R.; Marinho, D.; Garrido, N.D.; Costa, A. M. The Relationship Between Front Crawl Swimming Performance And Swimming Technique In Young Swimmers (2011). *Medicine and Science in Sport Exercise, Volume 43:5 Supplement. (in press)*
- Oliveira, R.; Marinho, D.; Garrido, N.D.; Costa, A. M. Relação Entre A Performance De Nado E Variáveis Hidrodinâmicas Associadas À Realização De Trabalho De Pernada. In actas do XXXIV Congresso Técnico Científico da Associação Portuguesa de Técnicos de Natação, Ílhavo, Portugal.
- Marinho, D.; Oliveira, R.; Garrido, N.D.; Barbosa, T.M.; Costa, M.J.; Silva, A.J.; Costa, A.M. The Relationship Between Front Crawl Performance And hydrodynamics In young female Swimmers (2011). *Portuguese Journal of Sport Sciences 11 (Suppl. 2)*, Porto.



## Índice

Resumo	iii
Abstract	v
Agradecimento	vii
Artigos de suporte ao estudo	ix
Índice	xi
Lista de tabelas	xiii
1. Introdução	1
2. Metodologia	7
2.1. Amostra	7
2.2. Procedimentos	8
2.2.1 Avaliação da performance	8
2.2.2. Avaliação de parâmetros hidrodinâmicos	8
2.2.2.1. Situação de teste	10
2.2.3. Programa de treino	11
2.2.4. Procedimentos Estatísticos	12
3. Resultados	13
3.1. Relação entre a performance em nado completo, em pernada e variáveis hidrodinâmicas associadas à pernada	13
3.2. Efeitos de diferentes volumes de trabalho de pernada	13
4. Discussão dos Resultados	17
4.1. Relação entre a performance em nado completo, em pernada e variáveis hidrodinâmicas associadas à pernada	17
4.2. Efeitos de diferentes volumes de trabalho de pernada	18
5. Limitações e propostas futuras de trabalho	21
6. Conclusões	23
7. Referências	25



## Lista de Tabelas

**Quadro nº 1:** Características da amostra

**Quadro nº 2:** Valores descritivos (média  $\pm$  desvio-padrão) das variáveis analisadas

**Quadro nº 3:** Coeficiente de correlação *Pearson* entre a performance aos 200m crol e as variáveis hidrodinâmicas obtidas em situação de pernada

**Quadro nº 5:** Relação entre pré-teste e pós-teste da prestação aos 200m pernas e 200m crol ( $p < 0.05$ ).

**Quadro nº 6:** Relação entre o pré-teste e pós-teste da FG aos 200m crol ( $p < 0.05$ ).

**Quadro nº 7:** Relação entre o pré-teste e pós-teste da velocidade máxima de deslocamento em situação de pernada e em nado completo ( $p < 0.05$ ).

**Quadro nº 8:** Relação entre o pré-teste e pós-teste da prestação do coeficiente de arrasto em situação de pernada e em nado completo ( $p < 0.05$ ).

**Quadro nº 9:** Relação entre o pré-teste e pós-teste dos valores de arrasto hidrodinâmico em situação de pernada e em nado completo (0.05).

**Quadro nº 10:** Relação entre o pré-teste e pós-teste dos valores de potência de nado em situação de pernada e em nado completo (0.05).



## 1. Introdução

Para que um determinado nadador se desloque na água, este tem de ser capaz de produzir forças propulsivas ( $p$ ) de intensidade pelo menos igual à força de arrasto hidrodinâmico ( $D$ ) a que a água o sujeita durante o seu deslocamento (Vilas-Boas et al., 2001). Assim sendo, a progressão na água depende da interacção de forças propulsivas e resistivas. Como tal, um nadador pode melhorar o seu desempenho, aumentando as forças de carácter propulsivo e/ou diminuindo as forças resistivas que actuam no corpo a uma dada velocidade (Sanders et al., 2001).

Desde sempre, a preocupação maior de qualquer treinador, é potenciar o rendimento dos seus nadadores. E como os nadadores de elite parecem denotar menores valores de  $D$  para velocidades de nado semelhantes (Takamoto et al., 1985), parece-nos legítimo procurar um entendimento mais claro do papel do arrasto nesta questão. Quando pretendemos resolver e superar um problema, nada melhor do que conhecê-lo o mais aprofundadamente possível, embora a exposição seguinte não siga essa exaustão de conhecimento.

Deste modo, importa, antes de mais, reconhecer que este conjunto de forças, denominadas por  $D$ , se caracteriza por uma força externa que actua sobre o corpo do nadador, com a mesma direcção mas com um sentido oposto ao seu vector de deslocamento. A sua intensidade decorre de um complexo de factores, dos quais se destacam 4 grandes categorias: (i) as características morfológicas do sujeito; (ii) as características dos equipamentos desportivos (óculos, toucas e fatos); (iii) as características físicas do meio e; (iv) a técnica de nado propriamente dita (Vilas-Boas, 1993; Marinho et al., 2011).

O arrasto hidrodinâmico ( $D$ ) caracteriza-se ainda pelo facto de se dividir em três categorias distintas. Assim sendo, quando esta área é alvo de estudo teórico, podemos afirmar que  $D$  pode influenciar o desempenho do sujeito por efeitos de diferenças de pressão entre a parte anterior e posterior do corpo do nadador (arrasto de pressão), por intermédio da fricção à qual o corpo do nadador se sujeita ao deslocar-se na água (arrasto de fricção), bem como através de massas de água que, por estarem imóveis antes do contacto do

nadador, não se conseguem afastar, provocando a criação de sistemas de ondas (arrasto de onda).

Para um entendimento mais aprofundado destas manifestações de D, parece-nos relevante discorrer de uma forma mais detalhada e clara acerca de cada uma delas.

Assim sendo, e segundo Sanders et al. (2001) um fluido regular que passa ao longo do corpo de um nadador pode separar-se num determinado ponto dependendo da forma, do tamanho e da velocidade desse nadador. Precisamente atrás desse ponto de separação, o fluido pode tornar-se instável, formando esteiras. Nesta circunstância podem-se gerar diferenças de pressão entre a parte anterior ao corpo do nadador e a porção posterior a este, o que resulta na criação de forças denominadas por arrasto de pressão (Sanders et al., 2001). Referem ainda que estas forças são proporcionais ao diferencial de pressão criado em função da área de secção transversal do nadador.

Quando um corpo evidencia uma forma mais hidrodinâmica o arrasto de fricção prevalece sobre o arrasto de pressão. Quando o corpo apresenta uma forma menos hidrodinâmica, o arrasto de pressão suplanta o arrasto de fricção (Douglas et al., 1979).

O arrasto de pressão é por esse motivo um dos factores mais fáceis de controlar, podendo ser minimizado pela adopção de posturas alinhadas em cada momento. Esta situação justifica o facto de nadadores com a mesma dimensão corporal (peso e altura) poderem demonstrar diferenças drásticas nos seus valores de arrasto durante o nado (Kolmogorov e Duplishcheva, 1992).

Por outro lado, o arrasto de fricção é atribuído frequentemente a massas de água mais lentas que fluem ao longo do corpo do nadador. A magnitude do arrasto de fricção depende da velocidade do fluido relativamente à velocidade de deslocamento do corpo, à área da superfície corporal e às características da superfície (Clarys, 1979; Douglas et al., 1979; Sanders et al., 2001).



Assim sendo, a aspereza da pele, o contorno corporal, o cabelo e a composição dos materiais do fabrico dos fatos de banho são exemplos de características de superfície que podem causar fricção à medida que o nadador se desloca na água. À medida que a velocidade de deslocamento aumenta, verifica-se um aumento proporcionalmente menor nos valores de arrasto de fricção em função dos valores que dizem respeito ao arrasto de pressão e de onda.

Finalmente, registamos que o corpo do nadador ao deslocar-se na superfície de separação da água e do ar, dois meios fluidos com densidades diferentes, provoca perturbações dessa superfície que se traduzem numa oscilação de partículas em torno da sua posição de equilíbrio (Vilas-Boas, 1993). O processo de indução e transmissão dessas oscilações é percebido pelo observador como um movimento ondulatório da superfície de separação (Fédiaevski et al., 1979). Poder-se-á dizer então que a velocidade à superfície da água é estrangida pela formação de ondas.

À medida que o nadador progride à superfície desloca água à sua frente. As ondas resultam da variação da pressão devido ao diferencial da velocidade da água circundante ao nadador (Sanders et al., 2001). Referem ainda que à medida que a velocidade aumenta, a onda anterior (onda que se forma junto à cabeça do nadador), com o aumento da inércia, não consegue escoar rapidamente da frente do nadador e deste modo obsta ao aumento da velocidade do mesmo. Desta forma, o arrasto de onda resulta da energia despendida na formação de um sistema de ondas que surge pela deformação da superfície da água e que o acompanha nos seus movimentos (Alley, 1952; Clarys, 1979; Douglas et al., 1979; Fédiaevski et al., 1979; Schleihau, 1974; Chollet, 1990; Vilas-Boas, 1993).

A energia necessária para a formação de um sistema total de ondas é transferida para a massa líquida pelo movimento do corpo. Este processo de transferência de energia designa-se por arrasto por produção de ondas (Clarys, 1979) e parece ser um dos principais fenómenos responsáveis pela frenagem do nadador, representando cerca de 80 a 82% do arrasto total a que este se sujeita (Larsen et al., 1981).

Sanders et al. (2001) referem igualmente que, à medida que a velocidade de deslocamento do nadador aumenta, maior é a importância que esta componente do arrasto assume. Movimentos verticais acentuados aumentam o arrasto de onda, como por exemplo, o momento da respiração em mariposa, com a elevação do rosto da água ou elevando a cabeça na respiração em *crol*.

Assim sendo, uma postura corporal mais hidrodinâmica, bem como uma técnica de nado mais optimizada podem estar associadas a menores valores de arrasto por formação de ondas.

Para além destes factores, o volume corporal imerso constitui-se como um dos principais factores determinantes do arrasto de onda (Larsen et al., 1981, Toussaint et al., 1989).

No mesmo sentido, Sanders et al. (2001) referem que o arrasto de onda é radicalmente reduzido quando o nadador se encontra totalmente submerso a uma profundidade de aproximadamente 0,7m. De igual modo, quando o corpo do nadador toca a interface entre o ar e a água experimenta forças de arrasto cinco vezes superiores às que o mesmo corpo experimenta quando se desloca a profundidades superiores ao triplo da sua largura. À superfície, o arrasto total aumenta consideravelmente devido ao arrasto de onda. O arrasto de onda torna-se negligenciável a superfícies 3 vezes superiores ao diâmetro do objecto (adaptado de Toussaint, 2001).

Sem que tenhamos a ousadia de nos embrenharmos demasiado nestas questões, parece-nos, no entanto obrigatório proceder, ainda, a mais uma categorização do arrasto. E esta questão é pertinente porque o corpo de um nadador não enfrenta as mesmas grandezas de  $D$ , tendo em linha de conta a sua atitude perante o meio. Deste modo, se um nadador se deslocar na água, sem que para tal necessite de realizar movimentos corporais, em cada instante (i.e. deslize, ou situação de reboque do nadador), estamos perante uma situação de arrasto passivo ( $D_p$ ).

Ao invés, sempre que o nadador executa movimento com os seus segmentos corporais visando o seu deslocamento na água, o arrasto que estamos a observar é denominado de arrasto activo hidrodinâmico ( $D_a$ ). É precisamente

este que nos parece mais interessante considerar, tendo em conta que no trabalho presente este é um dos alvos em análise.

Felizmente, a batalha pela conquista do movimento, através da suplantação de Da, parece talhada a ser vencida. Inclusivamente, diversos autores, sugerem que Da pode ser reduzido através de uma melhoria técnica (Schleihauß et al. 1986; Maglischo et al. 1988; Toussaint et al. 1988; Chatard et al. 1990), o que se obtém através da manutenção de uma posição corporal mais correcta no deslize, bem como melhorando as acções complementares de braços e pernas.

A questão é que, desde cedo, fomos convidados a acreditar que, na técnica, o papel dos membros superiores e inferiores estão bem definidos. Deslocando-nos no nosso meio habitual (terra), a acção propulsiva está atribuída em absoluto aos membros inferiores e os membros superiores desempenham, unicamente um papel equilibrador. Na água as atribuições são perfeitamente inversas, sendo os membros superiores os agentes propulsivos e os inferiores os equilibradores.

Mas quando nos debruçamos um pouco mais aprofundadamente na bibliografia, não encontramos unanimidade a este respeito. Em estudos anteriores, foi defendido, de facto, que a propulsão em nado de crol era alcançada predominantemente através da acção de braçada, existindo uma contribuição mínima da pernada (i.e., Schleihauß et al., 1983, 1988; Hollander et al., 1986; Toussaint & Beek, 1992; Schleihauß, 1979).

Outros autores referem que a pernada é a acção menos eficiente no nado de crol e a sua função principal é a estabilização do tronco, mantendo o corpo numa posição alinhada, reduzindo, deste modo, os valores de D (Bucher, 1974; Karpovich, 1955; Laurence, 1969).

No entanto, Deschodt et al. (1999) mostraram que a pernada auxilia efectivamente a acção propulsiva da braçada, contribuindo, desta feita, para o aumento da propulsão gerada pelo corpo como um todo.

Para suscitar ainda mais dificuldade na discussão, esta controvérsia parece estar sustentada por um número muito escasso de trabalhos de investigação,

principalmente quando consideramos nadadores de grupos de idades (Marinho et al., 2011).

No entanto, na natação moderna, parece-nos inquestionável, que todos os grandes campeões são exímios executantes da acção de pernada, o que nos remete para a importância desta competência técnica no sucesso do nado global. Tanto mais que, como refere Maglischo (1993), os ganhos, por mais minimalistas que possam ser, devem ser sempre atendidos.

Deste modo, propomo-nos realizar um estudo mais alargado neste domínio, para contribuir para uma melhor compreensão desta temática, bem como, para ajudar os treinadores destas idades a planearem, da melhor forma, o trabalho técnico junto dos seus nadadores.

Assim sendo, este trabalho integra dois estudos de carácter quasi-experimental. No primeiro estudo analisamos a relação entre a performance de pernas com os melhores tempos dos nadadores destas idades numa prova de meia distância referencial como são os 200m crol, bem como, conhecer a influência entre diversas variáveis hidrodinâmicas, associadas à pernada, em relação à respectiva performance do crol completo nestes jovens nadadores. No segundo estudo, procuramos identificar os efeitos de diferentes volumes de trabalho de pernada, em relação a alguns factores associados à técnica e à performance, quer da pernada, quer do nado completo. Pretende-se assim ajudar os técnicos desportivos a ajustar o planeamento das tarefas de pernas nos treinos destes jovens nadadores.

## 2. Metodologia

### 2.1. Amostra

No âmbito da realização dos primeiros dois objectivos em estudo, foram estudados trinta e seis jovens nadadores: 16 nadadores do sexo feminino e 20 do sexo masculino, cuja participação decorreu voluntariamente.

Todos os nadadores pertenciam ao mesmo clube e foram treinados pelo mesmo responsável durante 2 anos. Todos os elementos eram nadadores de competição de nível regional elevado, treinando uma média de 5 treinos semanais, com uma duração média de 1h20.

Para a consecução do 2º estudo previsto no nosso plano de trabalhos foi necessário proceder à divisão da amostra em 3 grupos distintos (Quadro nº 1): um 1º grupo experimental (E1) - sujeito à totalidade do volume de trabalho de pernada previsto; um 2º grupo experimental (E2) - sujeito a cerca de metade do volume de pernada; e um grupo de controlo (C) - não sujeito a trabalho de pernada.

Quadro nº 1: Características da amostra

	Idade	Peso (Kg)	Altura (m)	t200m L (s)
E1	10.12±0.71	44,43±7,71	1,51±0,085	207,12±45,57
E2	9.97±0.65	41,80±8,27	1,49±0,11	219,96±44,45
C	10.01±0.58	43,53±9,11	1,52±0,12	211,48±43,78
Total	10,03±0,66	43,18±8,28	1,51±0,06	153,19±12,57

Tratando-se de um estudo quasi-experimental, os grupos foram estruturados de forma não aleatória, com vista à criação de grupos com condições estatisticamente idênticas entre si.

Antes do início da pesquisa, os encarregados de educação de todos os nadadores estudados foram convidados a assinar um termo de consentimento livre e esclarecido, contendo todas as informações sobre o estudo, o seu

significado, implicações e possível uso dos resultados. A estes coube autorizar, ou não, o registo, armazenamento e análise dos dados procedentes do estudo, sendo mantidos em anonimato sobre a guarda dos investigadores

A avaliação teve lugar em dois momentos distintos. O primeiro, que coincidiu com o início do 1º macrociclo de treino. O 2º momento após 8 semanas de treino. Durante esse período, os nadadores realizaram cerca de 40 unidades de treino (5 treinos semanais), correspondendo a 1 volume de 92km ( $2,9 \pm 0,5$ km por sessão). Dado que se trata de grupos de jovens nadadores, o treino é fundamentalmente caracterizado por tarefas aeróbias de baixa intensidade, trabalho técnico e sprints. Todos os sujeitos da amostra fora, ainda, submetidos a 2 sessões semanais de 20 minutos para o desenvolvimento da flexibilidade.

## 2.2. Procedimentos

### 2.2.1. Avaliação da performance

Como Konstantaki (2007), foi medida a performance dos nadadores nas distâncias de 200m crol e 200 m pernas crol, em piscina de 25m. Durante a medição da performance dos 200m crol, foi ainda determinada a frequência gestual (FG). Esta avaliação foi efectuada através do registo do tempo despendido na realização de 3 ciclos gestuais da braçada. Para tal, procedemos 4 vezes à medição deste dado em cada 200m, sendo utilizado o valor médio para cada nadador (Craig e Pendergast, 1979).

### 2.2.2. Avaliação de parâmetros hidrodinâmicos

Todos os indivíduos da amostra foram sujeitos ao método para a determinação de  $D_a$  anteriormente descrito por Kolmogorov e Duplishcheva (1992). Este método designado por *método de perturbação de velocidade* baseia-se no princípio da conservação da potência mecânica propulsiva máxima ( $P$ ) do nadador.

A determinação de  $D_a$  foi alcançada através da acoplagem de um corpo hidrodinâmico adicional com um valor de  $D$  conhecido (Fig. 1) ao nadador

(Kolmogorov, 1973) à distância de 3,5 a 4,5 corpos atrás deste (Kolmogorov e Duplishcheva, 1992).

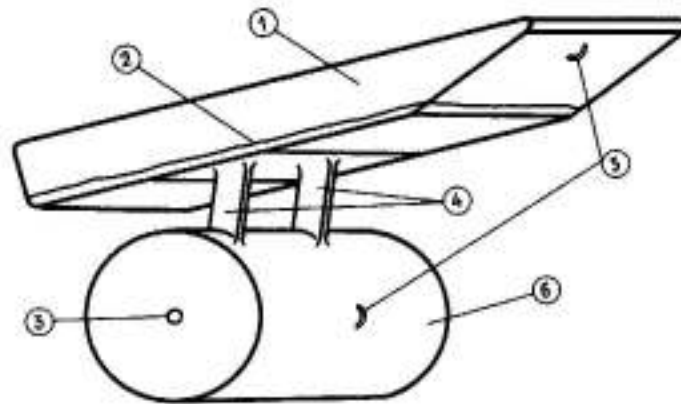


Figura 1: Representação esquemática do corpo hidrodinâmico utilizado no nosso estudo (Kolmogorov e Duplishcheva, 1992). 1 - porção flutuante; 2 - linha de água; 3 - orifício de enchimento; 4 - suportes do cilindro; 5 - locais de ancoragem do cabo; 6 - cilindro hidrodinâmico.

O nosso trabalho consiste na avaliação de duas situações de nado distintas, sempre à máxima velocidade de deslocamento: nado livre ( $P_1$ ) e nado rebocando um dispositivo de arrasto adicional conhecido ( $P_2$ ).

$$P_1 = P_2 \quad (e1)$$

Assumindo a velocidade de nado como constante,  $P_1$  pode ser descrita como:

$$P_1 = D_1 * V_1 \quad (e2)$$

e  $P_2$  como:

$$P_2 = D_2 * V_2 \quad (e3)$$

onde  $D_1$  corresponde ao  $D_a$  na situação 1 e  $D_2$  corresponde ao  $D_a$  total na situação 2, ou seja,  $D_1$  adicionado ao  $D$  conhecido do corpo hidrodinâmico ( $D_{ch}$ ).

Utilizando as equações newtonianas que descrevem  $D_1$  e  $D_2$ , obtemos:

$$D_1 = 0.5 \rho C_D V_1^2 S \quad (e4)$$

e

$$D_2 = 0.5 \rho C_D V_2^2 S + D_{ch} \quad (e5)$$

Combinando as expressões (e5) a (e1), obtém-se uma nova descrição de igualdade :

$$0.5 \rho C_D V_1^2 S = 0.5 \rho C_D V_2^2 S + D_{ch} \quad (e6)$$

Desenvolvendo em ordem ao coeficiente de arrasto ( $C_D$ ) obtém-se :

$$C_D = (D_{ch} * V_2) / [0.5 \rho * S * (V_1^3 - V_2^3)] \quad (e7)$$

Substituindo  $C_D$  na expressão (e8) vem:

$$D_1 = (D_{ch} * V_2 * V_1^2) / (V_1^3 - V_2^3) \quad (e8)$$

É esta equação que nos proporciona a medida do arrasto activo (D) na situação 1: natação livre à máxima velocidade.

Para além do cálculo de (D), o raciocínio desenvolvido anteriormente permite ainda calcular a potência mecânica propulsiva máxima, bem como determinar ( $C_D$ ) uma vez conhecida a secção transversal máxima (S). S foi estimado de acordo com Kolmogorov e Duplishcheva (1992), através da potência 2/3 do volume corporal, por sua vez inferido do peso e da altura do nadador.

Dos resultados destacam-se os valores de (D) e (P), determinados com um erro potencial na ordem dos 6 a 8% (Kolmogorov e Duplishcheva, 1992).

### 2.2.2.1. Situação de teste

Cada nadador realizou 4 percursos de 25m crol com partida dentro de água. 2 percursos foram efectuados em situação de pernada e outros 2 em nado global (1 em nado livre e a 2ª rebocando o corpo hidrodinâmico). Esta situação foi cumprida numa piscina coberta e aquecida (temperatura da água de 28° C) num plano de água estacionário. Cada nadador devia acelerar gradualmente até aos 11m, altura na qual deveria estar animado da sua velocidade máxima, a qual deveria manter até à parede testa oposta. Cada repetição deveria ser



precedida de um descanso passivo nunca inferior a 20min. Em cada percurso foram cronometrados 13m de nado puro, sem qualquer influência do impulso da parede, bem como da chegada. A marcação destas distâncias procedeu-se através de referências externas, tendo o seu início aos 11m e o seu término aos 24m (Fig. 2).

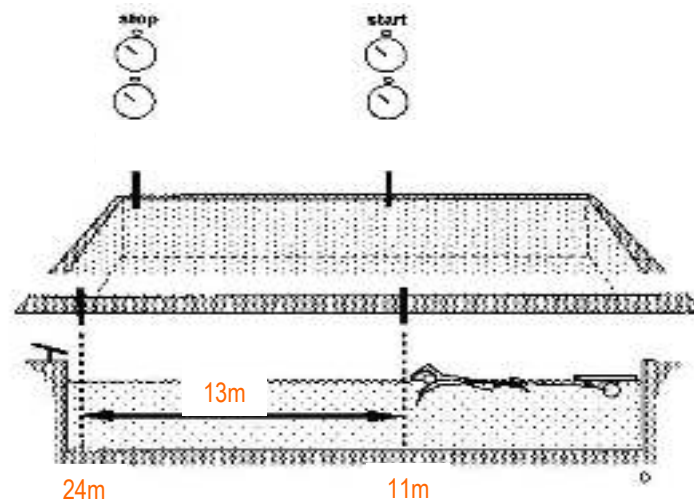


Figura 2: Representação esquemática da situação de teste utilizada para a avaliação do arrasto activo (adaptado de Vilas-Boas et al., 2001).

As cronometragens foram realizadas através de cronómetros digitais com aproximação às centésimas de segundo. O erro associado à cronometragem manual descrita está estimado em 0,8% (Kolmogorov e Duplishcheva, 1992).

### 2.2.3. Programa de treino

Todos os nadadores partiam de uma situação inicial idêntica, na qual o trabalho de pernada já não era efectuado há 8 semanas, por estarem no início de uma nova época desportiva.

Durante 8 semanas, E1 foi sujeito a um trabalho crescente de trabalho de pernada que constava da seguinte formatação: nas primeiras 3 semanas, efectuaram 4 repetições de 50m pernas de crol, nas 3 semanas seguintes fizeram 6 repetições de 50m e nas 2 últimas semanas viram aumentado esse trabalho para 8 repetições.

O segundo grupo, E2, realizou sensivelmente metade desse trabalho de pernada (3 semanas - 2x50m, 3 semanas - 3x50m e 2 semanas 4x50m).

Finalmente, C não realizou qualquer tipo de trabalho de pernada, tendo substituído essas tarefas, por outras de baixa intensidade, em nado completo, de metragem idêntica à cumprida por E1.

A exemplo do utilizado por Marinho et al. (2010), este período de 8 semanas de treino corresponde ao período de preparação geral do 1º macrociclo de treino e compreende os meses de Outubro e Novembro. O fim deste macrociclo coincide com a participação no Campeonato Regional de grupo de idades, em Dezembro.

Importa referir, que a intensidade solicitada aos nadadores neste trabalho era bastante elevada, com parciais a 85% dos seus melhores resultados em pernas e com tempos de descanso com uma relação de  $\frac{1}{2}$ .

Finalmente, é necessário salientar que este trabalho era proposto em regime trissemanal, em dias alternados, factos que persistiram ao longo de todo o programa.

#### **2.2.4. Procedimentos estatísticos**

Foi testada a normalidade dos dados através do teste de Shapiro-Wilk, testando a hipótese nula que os dados seleccionados têm uma distribuição normal. Foi calculada a média e o desvio-padrão (estatística descritiva) para todas as variáveis analisadas. Devido ao número reduzido da amostra (e da necessidade de divisão por três grupos) e à rejeição da hipótese nula, foram utilizados procedimentos não paramétricos. Para verificação das diferenças entre os grupos foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis One Way Anova. Para verificação das diferenças, em cada grupo, antes e após a aplicação do programa, foi aplicado o teste de Wilcoxon. Em todas as situações o nível de significância foi determinado para  $p \leq 0,05$ .

### 3. Resultados

#### 3.1. Relação entre a performance em nado completo, em pernada e variáveis hidrodinâmicas associadas à pernada

No Quadro nº 2, podemos observar os resultados médios das variáveis em análise. Chamamos a atenção especial para os valores de potência encontrados, bem diferentes, como era esperado, dos números que estamos habituados a encontrar em situação de nado completo.

Quadro nº 2: Valores descritivos (média  $\pm$  desvio-padrão) das variáveis analisadas

Variável	Mean $\pm$ SD
200m crol [s]	153,19 $\pm$ 12,57
200m pernas de crol [s]	301,90 $\pm$ 49,50
Força de arrasto em pernada [N]	10,78 $\pm$ 5,79
Coeficiente de arrasto em pernada	0,27 $\pm$ 0,017
Potência de pernada [W]	8,91 $\pm$ 5,03

A performance aos 200m crol correlaciona-se significativamente ( $p < 0.01$ ) com a prestação nos 200m pernas de crol (0.87), bem como com os valores de D (-0.50) e de P (-0.58) observados (Quadro nº 3).

Quadro nº 3: Coeficiente de correlação *Pearson* entre a performance aos 200m crol e as variáveis hidrodinâmicas obtidas em situação de pernada

Performance 200 m crol	
Performance 200m pernas de crol	$r = 0,87, p < 0,01$
Força de arrasto em pernada	$r = -0,50, p < 0,01$
Potência de pernada	$r = -0,58, p < 0,01$

#### 3.2. Efeitos de diferentes volumes de trabalho de pernada

Na segunda parte deste estudo, e na sequência de um programa de treino de pernada com a duração de 8 semanas, foi possível observar uma diferença

estatisticamente significativa na Vm de pernada entre E1 e C. Para as restantes variáveis em análise, não se registaram mais divergências, com valor estatístico, dos resultados em comparação entre cada um dos 3 grupos de testagem.

Posto isto, o Quadro 5 mostra que em E1, os valores da prestação aos 200m crol (Tp200) e 200m pernas de crol (200Prs) registaram uma evolução estatisticamente significativa, na sequência do programa de trabalho. Para os mesmos dados, o grupo E2 apenas apresenta melhorias reconhecíveis aos 200Prs. Já o grupo C, evidencia progressão significativa da performance aos 200m crol.

Quadro nº 5: pré-teste e pós-teste da prestação aos 200m pernas e 200m crol

	200Prs	200Prs 2		Tp200	Tp200 2	
E1	287,92±40,61	266,99±42,05	p=0.003	207,12±45,57	186,39±35,61	p=0.002
E2	319,82±58,87	293,52±62,60	p=0.026	220,21±46,41	209,22±41,47	p=0.050
C	310±46,01	294,34±42,01	P=0.065	211,98±41,57	206,48±42,63	p=0.003

Legenda: 200 Prs - performance aos 200m perna de crol; Tp200 - performance aos 200m crol completo.

No que diz respeito à frequência gestual (Quadro nº 6), nenhum dos 3 grupos em análise parece ter sofrido qualquer tipo de oscilação estatisticamente significativa, nesta variável do desempenho técnico de nado.

Quadro nº 6: pré-teste e pós-teste da FG aos 200m crol

	FG200	FG200 2	
E1	35,91±3,87	37,28±5,67	p=0.583
E2	36,33±2,96	36,14±3,84	p=0.754
C	36,16±5,86	36,98±4,40	p=0.859

Legenda: FG - frequência gestual.

Quando comparamos os registos da Vm de nado, tanto em situação de pernada, como de nado completo, verificamos que E2 não apresenta nenhum tipo de diferença a assinalar. Curiosamente, C mostra uma evolução na Vm em situação de pernada. O grupo E1 regista dados mais fortes, com diferenças estatisticamente significativas tanto para a Vm em pernada como em nado completo (Quadro nº 7).

**Quadro nº 7: pré-teste e pós-teste da velocidade máxima de deslocamento em situação de pernada e em nado completo.**

	Vm P	Vm 2 P		Vm	Vm 2	
E1	0,80±0,28	0,87±,29	p=0.005	1,23±0,17	1,33±,15	p=0.005
E2	0,78±0,09	0,80±,13	p=0.789	1,18±0,19	1,21±,20	p=0.373
C	0,78±0,11	0,82±,13	p=0.016	1,17±0,22	1,22±,20	p=0.083

Legenda: Vm P - Velocidade máxima da pernada; Vm - velocidade máxima crol completo.

Os valores de Cd mostram-se perfeitamente estabilizados em qualquer um dos grupos em estudo, não se tendo encontrado qualquer diferença de valor estatístico nesta variável (Quadro nº 8).

**Quadro nº 8: pré-teste e pós-teste da prestação do coeficiente de arrasto em situação de pernada e em nado completo**

	Cd P	Cd2 P		Cd	Cd2	
E1	0,206±0,060	0,251±0,138	p=0.859	0,245±0,094	0,262±0,092	p=0.130
E2	0,281±0,118	0,212±0,090	p=0.213	0,256±0,092	0,264±0,115	p=0.859
C	0,238±0,101	0,244±0,083	p=0.937	0,308±0,228	0,282±0,085	p=0.583

Legenda: Cd P - coeficiente de arrasto em pernas; Cd - coeficiente de arrasto em nado completo.

Quando estudamos o comportamento dos resultados dos valores de D, apenas verificamos uma diminuição estaticamente significativa no grupo E2 em situação de pernada (Quadro nº 9).

**Quadro nº 9: pré-teste e pós-teste dos valores de arrasto hidrodinâmico em situação de pernada e em nado completo**

	D P	D 2 P		D K	D 2	
E1	11,06±4,68	14,01±9,16	p=0.657	25,4±12,40	28,44±12,00	p=0.286
E2	10,51±5,71	8,45±4,54	p=0.120	21,81±12,72	25,76±12,49	p=0.026
C	8,98±3,84	10,45±5,03	p=0.433	23,6±11,56	25,35±9,03	p=0.583

Legenda: D P - arrasto em pernas; D - arrasto em nado completo.

Finalmente, importa referir que no último dado em estudo, verificamos uma inesperada descida dos valores de P de pernada no grupo E2. Nos restantes grupos, embora tivéssemos constatado uma evolução destes valores, os mesmos não tinham expressão estatística, conforme fica ilustrado no Quadro nº 10.

**Quadro nº 10: pré-teste e pós-teste dos valores de potência de nado em situação de pernada e em nado completo**

	P KP	P2 P		P K	P2	
E1	9,88±5,10	13,73±10,30	p=0.424	33,65±19,02	38,8±19,27	p=0.286
E2	8,3±4,91	7,75±4,17	p=0.477	27,24±20,48	32,76±21,61	p=0.021
C	7,03±3,76	8,85±4,66	p=0.182	28,72±17,77	31,72±15,94	p=0.530

Legenda: P P - potência da pernada; P - potência em nado completo

## 4. Discussão dos Resultados

### 4.1. Relação entre a performance em nado completo, em pernada e variáveis hidrodinâmicas associadas à pernada

Parece-nos, antes de mais, importante referir que a não existência de estudos, na literatura, não permitem uma correcta comparação dos resultados obtidos, de Da em pernada em jovens nadadores. Estamos, por isso, perante um estudo inovador, que pretende lançar mais algum conhecimento sobre esta temática.

O método da perturbação da velocidade foi usado para determinar o Da em pernada de crol. Este método foi descrito anteriormente noutros estudos (e.g., Garrido et al., 2010, Kolmogorov et al., 1997), e representa uma estratégia simples e de confiança na determinação de Da em jovens nadadores. Aliás, uma das grandes vantagens é a prática utilização desta metodologia por um número alargado de nadadores (Marinho et al., 2011), bastando para tal, o corpo de arrasto adicional e um cronómetro, critério a valorizar quando estamos perante a avaliação de jovens nadadores (Barbosa et al., 2009).

De resto, e como esperado, os valores de Da, utilizando a mesma metodologia, foram bastante inferiores aos encontrados no nado global em jovens destas idades. Essa diferença era expectável pela menor velocidade de deslocamento em pernada, além de ser fácil constatar que a posição corporal tende a ser mais estável, os membros superiores, ao não executarem nenhum tipo de movimento, também perturbam menos a água durante o deslocamento do nadador.

Importa ainda reter as significativas correlações entre a performance nos Tp200 e a prestação nos 200Prs, bem como com os valores de Da e de P encontrados. Nadadores que apresentam melhores resultados nos Tp200 são acompanhados por melhores resultados nos 200Prs e apresentam paralelamente valores mais elevados de Da e de P.

Tal situação aponta para o facto de o acto de pernada contribuir para uma melhoria do nado global, elevando inclusivamente os valores de P. Pela maior velocidade de deslocamento, são esperados ainda, valores mais altos de Da. Estamos em crer que, provavelmente, se todos os nadadores fizessem os 200m crol à mesma velocidade, os melhores, e portanto os que também apresentam mais competência em pernada, veriam os seus valores de arrasto diminuídos face aos restantes colegas.

Portanto, em jovens nadadores, a performance em Tp200 dos nadadores destas idades parece estar dependente de uma correcta acção de pernada, o que nos remete para a importância crescente que estes exercícios devem encontrar nos treinos destes nadadores

#### **4.2. Efeitos de diferentes volumes de trabalho de pernada**

Quando procedemos a uma comparação dos resultados obtidos entre grupos, só encontramos um apontamento estatisticamente significativo. Essa referência surge nas diferenças de Vm, em situação de pernada, entre E1 e E2 ( $p=0.036$ ). Este dado pode querer dizer que E2 pode não ter realizado um teste de acordo com as suas máximas competências. A confirmar esta questão, estão os dados observados no grupo C, uma vez que entre este e o grupo E1 não se registaram diferenças estatisticamente significativas.

A ausência de mais dados com relevância estatística, podem querer sugerir que o n da amostra, por não ser muito alargado, poderá ter impedido uma robustez superior de dados.

Outro factor que poderá estar em causa, é o facto de no seio de cada um dos grupos, a resposta ao treino parecer ter sido muito heterogénea, o que se constata pelos desvios-padrão elevados que registamos.

Finalmente, o facto de o próprio programa prever uma evolução progressiva das cargas, partindo de um número reduzido de repetições, pode não ter permitido uma clivagem suficientemente marcada entre cada um dos grupos experimentais. Com efeito, consideramos interessante para estudos futuros, a



análise dos efeitos de volumes superiores de treino de pernada e de diferentes modelos de periodização de volume - linear vs não linear - (Marques et al., 2011).

Por outro lado, quando nos remetemos para a análise dos registos das situações de pré-teste e pós-teste, os dados já nos mostram algumas informações importantes. O grupo E1, evidencia um crescimento estatisticamente significativo na valia das marcas de 200Prs ( $p=0.003$ ), e de Tp200 ( $p=0.002$ ), bem como dos valores da Vm, tanto em situação de pernada ( $p=0.005$ ), como de nado global ( $p=0.005$ ), .

Este facto parece denotar uma evolução da efectividade da pernada com consequências directas no desempenho do nado global. Esta situação é ainda mais interessante, porque parece corroborar a correlação encontrada na primeira parte do nosso estudo entre a performance da pernada e o nado completo ( $r= 0.87$ ,  $p<0.01$ ).

Em E2, também se registaram evoluções estatisticamente significativas nos desempenhos aos 200Prs ( $p=0.026$ ), e embora os tempos médios no nado completo também tenham sido melhorados, não encontramos nestas melhorias relevância estatística.

Curiosamente, os registos deste grupo ficam marcados por uma redução estatisticamente significativa dos valores de Da ( $p=0.026$ ), e de P ( $p=0.021$ ), em situação de nado global. Uma vez que as velocidades máximas se mantiveram, isto poderá querer mostrar que os nadadores conseguiram melhorar o seu desempenho através de uma melhoria técnica sugerida pela diminuição do arrasto. Este seria um dado relevante se não fosse o facto de os registos de P terem diminuído, o que poderá fazer crer que houve um menor empenho dos nadadores, o que, desde logo, contraria o espírito do teste. No entanto, a evolução anteriormente descrita no desempenho aos 200Prs poderá ter contribuído para a diminuição dos valores de Da.

O grupo C revela uma evolução estatisticamente significativa no Tp200 ( $p=0.003$ ), o que também não é de estranhar já que, ao não cumprirem o programa de pernada, viram esse trabalho substituído por um outro de

técnica. Esta situação poderá ter apetrechado estes nadadores de competências técnicas adicionais que justificam a evolução agora verificada.

Esta reflexão obriga-nos a recuar ao grupo E2, dado que o trabalho de pernada foi, aparentemente, suficiente para melhorar o seu desempenho em situação de pernada, embora não o suficiente para afectar igualmente o nado completo. Ao não realizarem o trabalho técnico adicional do grupo C, o que poderá justificar a evolução deste grupo no nado global, também não conseguiram acompanhar a evolução destes no nado completo. Esta questão poderá ser muito importante, porque poderá querer dizer que o sucesso do trabalho de pernada poderá estar efectivamente dependente do seu volume. Assim sendo, os treinadores de jovens nadadores, quando planearem o trabalho de pernada, deverão ter em consideração que, se almejarem a conquista de melhorias assinaladas na performance dos seus nadadores, devem prever um trabalho com volume, pelo menos, idêntico ao do grupo E1 deste estudo para as idades analisadas.

## **5. Limitações do trabalho e propostas futuras de trabalho**

- Realizar um estudo mais prolongado no tempo, de forma a vincar de forma mais evidente os resultados observado;
- Estudar volumes de trabalho de pernada mais acentuados e, acima de tudo, mais diferenciadores entre os grupos em estudo;
- Comparar valores de P do Kolmogorov com os encontrados em situação de nado amarrado (célula de carga);
- analisar os mesmos parâmetros em nadadores de idades diferentes e nos restantes estilos de nado (mariposa, costas e bruços).



## 6. Conclusões

Em jovens nadadores, a performance nos 200m crol parece estar dependente das acções de pernada. Neste sentido, os nadadores que apresentam valores mais elevados de arrasto hidrodinâmico e de potência, também alcançaram melhores performances nos 200m crol.

Além do mais, a correlação entre a performance de pernada com os 200m crol (0.87) reforça a importância das acções de pernada, em nadadores desta idade, no nado de crol completo. Estas pistas reveladas sugerem a importância do papel das tarefas de trabalho de pernada, no treino de jovens nadadores.

Para se obterem resultados evolutivos desejados, pelo auxílio da acção de pernada, os jovens nadadores devem realizar um programa de trabalho de pernada com volume, pelo menos idêntico ao proposto ao grupo E1, deste estudo, o que parece indicar a importância do volume de treino na melhoria do desempenho nestas idades.



## 7.Referências

Alley, L.E. (1952). An analyses of water resistance and propulsion in swimming. *Res. Quart.*, 23: 253-270.

Barbosa, T.M., Costa, M.J., Marinho, D.A., Coelho, J., Moreira, M. & Silva, A.J. (2009). Modelling the links between age-group swimming performance, energetic and biomechanic profiles. *Pediatric Exercise Science*, 22(3), 379-391.

Bucher, W. (1974) The Influence of the Leg Kick and the Arm Stroke on the Total Speed during the Crawl Stroke, in: Clarys, J.P., Lewillie, L., eds., *Swimming II*, University Park Press, Baltimore, MD, 180-187.

Chatard J.C., Collomp C., Maglischo E., Maglischo C. (1990) Swimming skill and stroking characteristics of front crawl swimmers. *Int J Sports Med* 11:156-161.

Chollet, D. (1990). Approche scientifique de la natations sportive. *Edições Vigot*. Paris.

Clarys, J.P. (1979). "Human morphology and hydrodynamics. In: Terauds J, Bedingfield EW (eds.), *Swimming III*. Baltimore.

Craig, A., & Pendergast, D. (1979). Relationships of stroke rate, distance per stroke and velocity in competitive swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 11, 278-283

Deschodt, V.J., Arsac, L.M. and Rouard A.H. (1999) Relative Contribution of Arms and Legs in Humans to Propulsion in 25m Sprint Front Crawl Swimming, *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 80,192-199.

Douglas, P.F., Gasiorek, J.M. e Swaffienl, J.A. (1979). Fluid mechanics. Pitman, Londres.\*

Fédiaevski, C., Voitekounski, I. e Faddéev, Y. (1979). *Mecânica dos fluidos*. Lopes da Silva. Porto.

Garrido, N., Marinho, D., Reis, V., van den Tillaar, R., Costa, A., Silva, A. & Marques, M.C. (2010). Does concurrent dry land strength and aerobic training inhibit strength and swimming performance in young competitive swimmers? *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 300-310.

Hollander, A.P., de Groot, G., van Ingen Schenau, G.J., Kahman, R. and Toussaint, H.M. (1988) Contribution of the Legs to Propulsion in Front Crawl Swimming, in: Ungerechts, B.E., Wilke, K. and Reischle, K., eds., *Swimming Science V, Human Kinetics, Champaign, IL*, 39-43.

Keskinen, K.L. and Komi P.V. (1992) Effect of Leg Action in Stroke Performance in Swimming, in: McLaren, D., Reilly, T. and Lees, A., eds., *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI, E. and F.N. Spon, London*, 251-256.

Kolmogorov, S. V. e Duplishceva, O. A. (1992). Active drag, useful mechanical power output and hydrodynamic force coefficient in different swimming strokes at maximal velocity. *J. Biomechanics*, 25 (3): pp. 311-318.

Kolmogorov, S.V.; Rumantseva, O.A.; Gorgon, B.J.E. Cappaert, J.M. (1997). Hydrodynamic characteristics of competitive swimmers of different genders and performance levels. *J. Applied Biomechanics*, 13: pp. 88-97

Konstantaki, M., Winter, E.M. (2007) The Effectiveness of a Leg-Kicking Training Program on Performance and Physiological Measures of Competitive Swimmers.. Vol 2, 1, pp 37-48.

Larsen, O. W.; Yancher, R. P. ; e Baer, C. L. H. (1981). Boat design and swimming performance. *Swim. Tech.* 18 (2): pp. 38-44.



Maglischo, C.W., Maglischo, E.W., Higgins, J., Hinrichs, R., Luedtke, D., Schleihau, R.E., Thayer, A., (1988) A biomechanical analysis of the U.S. Olympic freestyle distance swimmers. Ungerecht, B.E., Wilke, K., Reischie, K. (eds) *Swimming science V, Human Kinetics Champaign, Ill.*, 18:351-391

Marinho, D.A., Barbosa, T.M., Costa, M.J., Figueiredo, C., Reis, V.M., Silva, A.J., Marques, M.C., (2010). Can 8-Weeks of training affect active drag in young swimmers? *Journal of Sports Sciences and Medicine*, 9, pp 71-78.

Marinho, D.A., Oliveira, R., Garrido, N.D., Barbosa, T.M., Silva, A.J., Costa, A.M., (2011). The Relation Between Front Crawl Performance And Hydrodynamics In Young Female Swimmers. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 11(Supl.2), 323-326.

Sanders, R., Rushall, B., Toussaint, H. M., Stager, J. E Takagi, H. (2001). Bodysuit yourself: but first think about it. *Journal of Turbulence*: [Http://www.iop.org/journals/s/3/138/jot/estra/20](http://www.iop.org/journals/s/3/138/jot/estra/20).

Schleihau, R.E. (1974). A hydrodynamic analysis of swimming propulsion. In: J. Terauds e E. W. b Edingfield (eds.), *Swimming III*. pp. 70-117. University Park Press. Baltimore.

Schleihau, R.E. (1979) A hydrodynamic analysis of swimming pro-propulsion. Terauds, J., Bedingfield, E.W. (eds) *Swimming III. International Series on Sports Sciences, vol. 8. University Park Press, Baltimore*, pp 70±109

Schleihau, R.E., Gray, L., de-Rose, J, (1983) Three-dimensional analysis of hand propulsion in the sprint front crawl stroke. Hollander, A.P., Huijing, P.A., Groot, G. de (eds) *Biomechanics and Medicine in Swimming. International Series on Sports Sciences, vol. 14. Human Kinetics, Champaign, Ill.*, pp 173±183

Schleihau, RE., Higgins, J., Hinricks, R., Luedtke D., Maglischo, C.W., Maglischo, E.W., Thayer, A. (1988) Propulsive technique: front crawl stroke,

butterfly, backstroke, and breaststroke. Ungerecht, B.E., Wilke, K., Reischle, K. (eds), *Swimming Science V. Human Kinetics, Champaign, Ill.*, pp 53-59.

Toussaint H.M., Beelen A., Rodenburg A., Sargeant A.J., Groot G. de, Hollander P., Ingen-Schenau G.J. van (1988) Propelling efficiency of front crawl swimming. *J Appl Physiol* 65:2506-2512.

Toussaint, H.M., Bruinink, L., Coster, R., Looze, M. De, Rossem, B. Van, Veenen, R. Van & Groot, G. de (1989). Effect of a Triathlon wet suit on drag during swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21, pp. 325-328.

Toussaint, H.M. & Beek, P.J. (1992). Biomechanics of competitive front crawl swimming. *Sports Medicine*, 13, 384-387.

Toussaint, H.M. (2001). The fastskin, hip, hype, but does it work ? In: *Fina Coach Clinic*, LEN short course championships, Antwerp.

Takamoto, M.; Ohmichi, H. e Miyashita, M. (1985). Wave height in relation to swimming velocity and proficiency in front crawl stroke. In: D.A. Winter; R.W. Norman; R.P. Wells; K.C. Hayes e A.E. Patla (eds.), *Biomechanics IXB*. pp. 486-491. Human Kinetics Publishers. Campaign, Illinois.

Vilas-Boas, J. P. (1993). Bases mecânicas da natação: Arrasto hidrodinâmico e propulsão. In: *Sebenta de Mestrado em treino de alto rendimento - Natação. Faculdade de Motricidade Humana - Universidade técnica de Lisboa*. Lisboa.

Vilas-Boas, J.P., Fernandes, R. e Kolmogorov, S.V. (2001). Arrasto hidrodinâmico activo e potência mecânica máxima em nadadores pré-juniores de Portugal. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 1 (3): pp. 14-21. F.C.D.E.F. - UP. Porto.