A importância da depilação no rendimento desportivo em natação

J. P. Vilas-Boas

Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física

Universidade do Porto, Porto, Portugal

<https://doi.org/10.5628/rpcd.01.02.65>

RESUMO

O rendimento desportivo de alto nível é hoje determinado pelo controlo de uma multiplicidade de detalhes que concorrem para a máxima expressão das capacidades de realização do desportista. No domínio da natação, vem-se assistindo a um progressivo incremento dos cuidados com a hidrodinâmica resistiva, os quais ganharam uma expressão particular com o surgimento dos novos fatos integrais, quer para senhoras, quer para homens. Na mesma linha de preocupações, os hábitos de depilação pré-competitiva foram-se instituindo na comunidade desportiva da natação, apesar de persistir uma grande controvérsia acerca da utilidade e repercussões deste procedimento. O objectivo do presente trabalho consiste em rever o estado actual de conhecimentos a este respeito, de forma a proporcionar uma síntese com relevância operativa no domínio da preparação desportiva de nadadores.

Palavras-chave: Natação, Biomecânica, arrasto hidrodinâmico, depilação.

ABSTRACT

The importance of hair shave on swimming performance

Top level performance in sports is, nowadays, determined by the control of a complex of details that converge to the maximal expression of the performance potential. In swimming, it's noticeable a progressive improvement of cares about hydrodynamical constraints to the performance, specially after the appearance of the new body suits from different companies. Pointing in the same direction is the tradition of shaving body hair previously to a main competition, despite some controversy about it's utility and consequences. The purpose of this work is to review the actual state of the art about this topic, in order to provide a operational synthesis with operative relevance for the preparation of swimmers to competition.

Key Words: Swimming, Biomechanics, hydrodynamic drag, hair shaving

1. INTRODUÇÃO

Pelo facto da natação se desenvolver num meio físico com características mecânicas específicas, colocam-se ao nadador problemas igualmente específicos ou, se se quiser, apenas similares a alguns dos que se colocam a actividades realizadas a alta velocidade no meio aéreo (e.g., corrida de velocidade, ciclismo, patinagem no gelo, ski, etc.). Nestas modalidades são evidentes as preocupações de natureza aerodinâmica, consubstanciadas, por exemplo, na utilização de equipamentos especiais que, nos Jogos Olímpicos de Seoul/1988, culminou com os fatos integrais, elásticos e com touca, utilizados pelos velocistas da equipa de atletismo dos EUA. As vantagens da utilização deste tipo de equipamento foram evidenciadas por Kyle e Caiozzo (14), autores que, estudando em túnel de vento a aerodinâmica do equipamento desportivo dos corredores de velocidade e fundo, concluíram que a utilização de equipamento apropriado, incluindo a cobertura do cabelo, pode permitir reduzir o arrasto aerodinâmico entre 0.5 e 6%; salientaram ainda que uma redução em 2% do arrasto pode permitir uma redução de 0.01s no tempo dos 100 m e de 5.7s no tempo de prova da maratona.

Se cuidados como este parecem ser legitimados pela aplicação dos conhecimentos relativos à mecânica de fluidos à prática do atletismo (14), do ciclismo (13), do ski (20) e da patinagem de velocidade (25), procedimentos similares sê-lo-ão também, certamente, em natação, já que se a velocidade de deslocamento é consideravelmente inferior, a viscosidade do fluido envolvente é, em contrapartida, significativamente superior. Ao nível da mecânica dos fluidos têm sido, em natação, insistentemente tratadas as questões relativas ao entendimento da mecânica propulsiva e resistiva, maioritariamente numa perspectiva de aperfeiçoamento das técnicas de nado e de definição do morfotipo ideal do nadador. Porém, para além destes aspectos, existem a este nível outros que se revestem também de grande relevância prática, nomeadamente para a fundamentação de opções relativas à preparação específica da prestação competitiva e que não têm sido tão frequentemente objecto de investigação. Referimo-nos, concretamente, às possibilidades de minimização do

efeito de outras variáveis passivas (não dependentes da técnica) determinantes da intensidade da força de arrasto oposta ao deslocamento do nadador, i.e., equipamento desportivo e características da superfície de contacto do nadador com a água. A importância desta fica bem expressa nos resultados de van Manen e Rijken (26), que registaram uma redução de 9% na intensidade do arrasto a que se sujeita uma nadadora em consequência da utilização de um fato de competição relativamente a quando nada despida, e de Toussaint et al. (23), autores que verificaram uma redução do arrasto hidrodinâmico activo em natação - *crawl* - como consequência da utilização de um fato de triatlo em neoprene; esta redução foi de 14% à velocidade de 1.25 m.s⁻¹ e de 12% a 1.5 m.s⁻¹ e pode permitir um aumento de $\pm$ 5% na velocidade de nado. O efeito foi atribuído quer a uma mais pronunciada flutuabilidade, quer a uma redução do arrasto de fricção.

Das variáveis passivas determinantes do arrasto a que se sujeita o nadador, uma das que mais insistentemente é referida é o nível de desenvolvimento da pilosidade na superfície de contacto do nadador com a água, o que tem justificado a generalização do hábito dos nadadores se depilarem antes de competições importantes. Apesar deste ser um procedimento adoptado desde há muito pelos nadadores, só mais recentemente surgiram evidências científicas que o parecem substantiar. O objectivo deste trabalho é perspectivar, com base na literatura disponível, o interesse da prática da depilação pré-competitiva em natação, com especial incidência nas suas repercussões hidrodinâmicas, nomeadamente no tocante a um eventual efeito na redução da intensidade da força de arrasto hidrodinâmico.

2. DESENVOLVIMENTO DO PROBLEMA

De há muito que os nadadores, os técnicos e os investigadores revelam preocupações importantes relativamente às possibilidades de minimização da intensidade da força de arrasto hidrodinâmico oposta ao deslocamento do corpo humano na água. São exemplos recentes dos cuidados tidos a esse nível: (i) a continuada investigação no domínio do arrasto; (ii) os esforços de evolução das técnicas de nado através da minimização do arrasto; (iii) a

evolução dos fatos de banho, que passou pelo “fato integral” apresentado pelas nadadoras da estafeta sueca nos campeonatos do mundo de Madrid '86 e agora retomados pela TYR, e culminou com os fatos integrais femininos e masculinos, sejam os *Fast Skin* da *Speedo*, ou os seus congéneres da *Arena*, da *TYR* e da *Adidas* e (iv) a manutenção dos hábitos de depilação completa da superfície cutânea exposta ao contacto com a água, incluindo a cabeça.

Segundo Sharp et al. (21), desde a década de 50 que os nadadores se depilam e poucos serão os recordes mundiais e americanos estabelecidos nos últimos anos que não tenham sido precedidos daquela prática. Porém, a par da generalização deste procedimento, parece que, durante muito tempo, não se conseguiram obter suficientes evidências empíricas e argumentos teóricos que o suportem. A depilação parece ter por finalidade principal minimizar a componente de fricção da força de arrasto total, uma vez que, para além da densidade e da viscosidade do fluido, a extensão e rugosidade da superfície de contacto do nadador com a água (pilosidade e textura da pele, textura do fato de banho e da touca), constituem os seus principais factores determinantes (4, 8). No mesmo sentido se tem justificado o hábito de revestir a superfície cutânea com substâncias gordurosas diversas, bem assim como a opção por tecidos de textura lisa na concepção de fatos de banho (2, 16).

2.1. Importância do arrasto de fricção em natação

Na literatura especializada pode constatar-se que, muito embora as opiniões não sejam unânimes, a maioria dos autores considera que o arrasto de fricção desempenha, em natação, um papel de somenos importância relativamente às componentes de pressão e de onda. Kozel (12) refere que, pelo menos para baixas velocidades da nado, o arrasto de pressão desempenha um papel predominante na intensidade da força de arrasto oposta ao deslocamento do nadador. Counsilman (6), reportando-se a nadadores, e Prance e Schmidt-Nielsen (19), referindo-se a patos, salientam que, para velocidades elevadas, o arrasto de onda desempenha um papel preponderante na intensidade do arrasto total e Clarys (3) refere que, atendendo aos valores supostamente muito elevados do arrasto

de pressão, o arrasto de fricção é desprezível em natação. O mesmo autor refere que, em qualquer circunstância, o escoamento da água em torno do corpo humano é turbulento, reduzindo assim a importância relativa do arrasto de fricção e implicando valores elevados do arrasto de pressão. Na mesma perspectiva, Gadd (9) refere que, para o mesmo valor do Número de Reynolds (Re), o coeficiente de arrasto (C_D) é, para o Homem em decúbito ventral, aproximadamente 13 vezes superior ao de um corpo hidrodinâmico, o que se traduz num regime de escoamento turbulento e num acentuado arrasto de pressão.

Clarys (3) não encontrou uma correlação estatisticamente significativa entre a intensidade da força de arrasto e a área de superfície corporal, tendo, porém, verificado o oposto para a área de secção máxima transversal à direcção de deslocamento e para a razão altura/volume. Estes parâmetros constituem-se, entretanto, como elementos determinantes, respectivamente, do arrasto de pressão e do arrasto de onda. Miyashita e Tsunoda (17) também não constataram correlações estatisticamente significativas entre o arrasto e a superfície corporal dos nadadores. Em contrapartida, Karpovich (11), Alley (1) e Counsilman (7) referem que a intensidade da força de arrasto passivo é tanto superior quanto maior for a superfície corporal do nadador. Cazorla (2) refere que o arrasto de fricção é negligenciável em nadadores, só representando uma parcela significativa do arrasto total para corpos hidrodinâmicos deslocando-se a velocidades muito elevadas. Nesta perspectiva, qualquer eventual redução da intensidade do arrasto de fricção decorrente de práticas de depilação ou outras, não teria expressão significativa na prestação desportiva do nadador (7).

Um argumento teórico parece reforçar as opiniões relativas ao reduzido significado do arrasto de fricção em natação: para valores elevados do número de Reynolds (Re) - como presumivelmente ocorre no caso do corpo humano - o escoamento é supostamente turbulento (4, 8). Nestas condições, Douglas et al. (8) referem que, para que se respeite a condição fundamental de não deslocamento das partículas de fluido adjacentes à superfície do corpo, é imprescindível que se estabeleça uma subcamada

laminar no interior da camada limite, na zona imediatamente adjacente à superfície do corpo. Esta, para todos os efeitos práticos, tornaria o corpo hidraulicamente liso, conduzindo à possível desvalorização do efeito resistivo da componente de fricção da força de arrasto (8).

Contrariando o pressuposto fundamental do argumento anteriormente exposto, Hay e Thayer (10), num trabalho realizado com o objectivo de desenvolver uma técnica de visualização do regime de escoamento da água em torno do corpo do nadador, referem que o escoamento da água em torno do corpo do brucista natural - técnica ondulada - parece ser maioritariamente laminar, prevalecendo o arrasto de fricção relativamente ao arrasto de pressão. Por seu lado, Ungerecht (24) questiona a validade de Re como indicador rigoroso do regime de escoamento de fluidos em torno de corpos que mudam continuamente de forma, pelo que valores de Re muito elevados não implicariam, nestas condições, que o escoamento fosse necessariamente turbulento. É, de resto, nesta perspectiva que o clássico *paradoxo do golfinho* poderia encontrar solução na possibilidade do escoamento se manter laminar para valores de Re superiores ao valor crítico (9). No mesmo sentido, Clarys (3) salienta que, devido às constantes variações de forma e posição do corpo, muitos dos princípios fundamentais da hidrodinâmica dos corpos rígidos não podem ser directamente aplicados ao estudo do nadador. Miyashita e Tsunoda (17) referem também este tipo de preocupações, reportando-se especialmente às dificuldades de aplicação da equação $D = 1/2 \rho V^2 C_D S$ à determinação do arrasto (D) para corpos não rígidos. Parece-nos lícito, portanto, admitir que aos valores de Re apresentados na literatura para o corpo humano possa não corresponder, necessariamente, um regime de escoamento turbulento, situação que conferiria maior relevância ao arrasto de fricção. Nesta perspectiva, Larsen et al. (15) referem que para corpos que se deslocam na superfície livre de um líquido, como os barcos e os nadadores, o arrasto de fricção representa entre 18 a 20% do arrasto total.

2.2. Repercussões da depilação no rendimento desportivo de nadadores

Muito embora alguns dos argumentos atrás referidos questionem de alguma forma o interesse das práticas tendentes a minimizar a intensidade do arrasto de fricção que já referimos, estas mantêm-se muito difundidas, sobretudo entre os nadadores de mais elevado nível. A questão fundamental que se coloca é a de se saber até que ponto é que se justificam, por interferirem positivamente na capacidade de rendimento desportivo dos nadadores e, de entre elas, principalmente a depilação, já que se constitui como um procedimento pelo menos incómodo para o nadador.

A divergência de opiniões e a inconsistência dos argumentos hidrodinâmicos e empíricos parecem não ter, nos últimos anos, contribuído decisivamente para a sua afirmação ou abandono. Counsilman (7) refere a inexistência de qualquer evidência válida que substancie a hipótese segundo a qual a depilação reduz o arrasto de fricção de forma suficiente para influenciar significativamente a *performance*. Sharp et al. (21) salientam por seu lado não existir, até então, qualquer literatura publicada que suporte ou refute a influência desta prática na melhoria da prestação desportiva. Por outro lado, Mrazek (18) refere uma melhoria de 1.2% no rendimento competitivo em consequência da depilação e Costill et al. (5) salientam que a depilação pode contribuir para uma elevação da *performance* em 3 a 4%.

O reconhecimento do efeito supostamente positivo da depilação tendo por base os resultados desportivos decorre do facto de, quando depilados, os nadadores realizarem as suas melhores *performances*. No entanto, os atletas depilam-se apenas para as competições mais importantes, ou seja, exactamente para aquelas que apontam os “picos de forma” do processo de treino, facto que naturalmente compromete a possibilidade de se estabelecerem relações causais entre depilação e rendimento desportivo (27).

Atendendo a este estado de coisas, parece ser perfeitamente lícito que, na dúvida, os nadadores mantenham as referidas práticas de depilação e afins e que os técnicos as prescrevam. Esta posição parece ser reforçada pela opinião de alguns autores,

segundo a qual a depilação poderia influenciar positivamente o rendimento desportivo do nadador, quanto mais não fosse por se repercutir favoravelmente nas sensações quinesísticas e na predisposição psicológica do indivíduo para a competição (7, 18, 2, 16).

A inconsistência dos argumentos relativos à melhoria das sensações quinesísticas parece, porém, ser pelo menos tão acentuada quanto a dos referentes às repercussões hidrodinâmicas da depilação, restringindo-se, segundo Sharp et al. (21), ao domínio especulativo. Na mesma perspectiva, parece desajustado o incentivo às práticas de depilação apenas com o objectivo de favorecer a predisposição psicológica do atleta, uma vez que a psicologia desportiva dispõe de meios de intervenção mais eficazes e menos cruentos.

Em síntese, se não são razões sólidas de natureza hidrodinâmica a conferir legitimidade à prática de depilação pré-competitiva e procedimentos similares, não parecem ser razões de natureza psicológica ou quinesística a consegui-lo. Há já algum tempo, porém, foram publicadas evidências que parecem contribuir, se não de forma inequívoca, pelo menos de forma importante para o esclarecimento do problema. Referimo-nos muito concretamente aos resultados dos estudos de Sharp et al. (21) e de Sharp e Costill (22).

Sharp et al. (21) constataram, em dois dias consecutivos, uma redução da razão lactatemia/velocidade (economia) para a técnica de crawl em consequência da depilação. As diferenças entre as provas realizadas antes e depois da depilação foram estatisticamente significativas ($p < 0.05$) quer para velocidades submáximas, quer para velocidades máximas. No primeiro caso a diferença média foi de $28 (\pm 7) \%$ e, no segundo, de $23 (\pm 3) \%$.

Segundo os mesmos autores, muito embora não existam suficientes dados publicados a esse respeito e as generalizações sejam obviamente difíceis, o decréscimo da lactatemia correspondente a uma dada velocidade ao longo de uma época desportiva, em consequência do treino, varia entre 27 e 35%, permitindo a depilação, de um dia para o outro, por si só, reduções de 23 a 28%. Se a isto juntarmos que, em termos de *performance*, os resultados de Sharp et al. (21) apontam para uma redução de 6.6 s no

tempo de prova em 200m livres, podemos verificar que conferem grande relevância às repercussões desportivas da depilação. Naturalmente que resultados tão exuberantes sugerem grande ponderação na sua interpretação e, naturalmente, recomendam a realização de aproximações ulteriores que confirmem ou infirmem as respectivas conclusões. O mesmo decorre da reduzida extensão da amostra testada ($n=6$) e o também reduzido poder discriminativo do indicador utilizado. Importa, portanto, conseguir-se novos contributos que esclareçam mais consistentemente esta problemática, nomeadamente no que respeita à efectiva importância da depilação e, sobretudo, da sua aparente influência poder decorrer, ou não, de uma diminuição do arrasto de fricção. De facto, a metodologia empregue por Sharp et al. (21) não exclui a possibilidade do aumento da economia motora se dever, no todo ou em parte, a um aumento da eficiência propulsiva decorrente de uma melhoria das sensações quinesísticas. Isto, entretanto, já seria possível se se comparassem directamente as forças de arrasto activo nas duas situações ou, pelo menos, se as diferenças registadas em natação livre não se observassem em natação estacionária para os mesmos indivíduos. Os resultados de Sharp et al. (21) impunham, portanto futuros desenvolvimentos experimentais, os quais foram tentados por Sharp e Costill (22).

Tendo por base estes pressupostos, Sharp e Costill (22) estudaram o efeito da depilação na resposta fisiológica de 13 nadadores a um teste de natação livre e a um teste de natação estacionária (*tethered swimming*) e as suas repercussões na desaceleração verificada durante o deslize após uma impulsão máxima na parede testa da piscina, num outro grupo de 18 nadadores.

No primeira parte deste estudo, os 13 indivíduos foram divididos em dois grupos: um grupo experimental ($n=9$) e um grupo controlo ($n=4$). Todos os indivíduos realizaram dois testes de 365.8 m bruços à mesma velocidade (90% do melhor tempo de treino), separados de uma semana, e dois testes de 8 mn em natação estacionária com cargas progressivas, também separados de uma semana. No segundo teste de natação livre e de natação estacionária os indivíduos do grupo experimental

depilaram-se e os indivíduos do grupo controlo não. Os autores puderam constatar que entre os dois testes de natação livre: (i) a distância percorrida por ciclo aumentou significativamente (0.24 m/ciclo , $p < 0.05$) no grupo experimental e não variou no grupo controlo; (ii) o VO_2 determinado nos primeiros 40 s de recuperação diminuiu significativamente ($p < 0.05$) no grupo experimental (0.33 l.mn^{-1}) não tendo sido testado no grupo controlo; (iii) a lactatemia de 2 mn de recuperação diminuiu significativamente ($p < 0.05$) no segundo teste para o grupo experimental ($- 1.68 \text{ mmol.l}^{-1} - 21\%$) e aumentou para o grupo controlo ($+ 1.55 \text{ mmol.l}^{-1}$) e (iv) a frequência cardíaca diminuiu também no grupo experimental ($- 6 \text{ bat.mn}^{-1}$) e não variou no grupo controlo. Entre os dois testes de natação estacionária constataram que a frequência cardíaca, o VO_2 do último minuto de esforço e a lactatemia de 2 mn não variaram a qualquer das intensidades entre o primeiro e o segundo teste, quer para o grupo controlo quer para o grupo experimental, tendo podido observar que também a força propulsiva e a potência máximas não variaram significativamente entre o primeiro e o segundo teste para qualquer dos grupos.

Na segunda parte do estudo, os 18 indivíduos foram divididos em dois grupos de 9, um servindo como grupo controlo e outro como grupo experimental. Todos os indivíduos realizaram duas séries de 6 impulsões da parede testa da piscina em dias consecutivos, tendo os indivíduos do grupo experimental sido depilados antes da segunda série. A velocidade máxima após a impulsão foi similar para os dois grupos e para o primeiro e segundo testes. A desaceleração, porém, foi significativamente inferior no grupo experimental quando os indivíduos se encontravam depilados, não tendo sido registadas diferenças significativas entre o primeiro e segundo teste para o grupo controlo. A aceleração negativa instantânea foi superior para velocidades elevadas e inferior para velocidades mais baixas.

O decréscimo na concentração sanguínea de lactato observada em consequência da depilação por Sharp e Costill (22) é semelhante à registada por Sharp et al. (21) - 23% - e a ausência de alterações no grupo controlo sugere que as primeiras não se ficaram a dever às actividades desenvolvidas pelos nadadores

no período que mediou entre os dois testes. Apesar de, por dificuldades com o equipamento de avaliação, não terem registado o VO_2 no grupo controlo e de, por isso, não poderem afirmar que o custo energético foi reduzido em consequência da depilação, os autores referem não lhes parecer coerente, em face dos resultados obtidos, que o grupo controlo tenha experimentado uma elevação da economia motora.

Os resultados obtidos em natação livre, quando comparados com os de natação estacionária, sugerem que a depilação reduziu o arrasto e, consequentemente, o custo energético da natação livre, não se repercutindo na natação estacionária porque o arrasto activo tem, nesta situação, uma influência muito reduzida ou inexistente. Esta perspectiva é reforçada se se considerar que a habilidade para produzir força propulsiva não se alterou, tendo, todavia, aumentado a distância percorrida por ciclo em consequência da depilação. Os resultados de acelerometria passiva concorrem também para a mesma conclusão.

Uma última questão prende-se com a componente do arrasto que, possivelmente, terá sido mais influenciada pela depilação. Na opinião de Sharp e Costill (22), quer o arrasto de fricção, quer o de pressão e de onda podem ser influenciados por aquele procedimento. Todavia, repercutindo-se este mais nas características da superfície de contacto entre o corpo do nadador e do fluido, parece-nos ser lícito esperar que o arrasto de fricção seja aquele que mais significativamente é afectado pela depilação, o que, a ser verdade, lhe confere uma expressão no rendimento desportivo em natação que, como vimos, não é reconhecida por diferentes autores.

Os resultados dos estudos de Sharp et al. (21) e de Sharp e Costill (22) parecem-nos: (i) conferir significação objectiva e legitimar a tradicional prática de depilação pré-competitiva dos nadadores, pelo menos enquanto não estiverem disponíveis evidências em contrário e (ii) sublinhar, junto dos técnicos, a potencialmente elevada relevância desportiva dos progressos de natureza técnica em geral e hidrodinâmica em particular, numa altura em que as preocupações a este nível parecem ainda ser pouco relevantes no contexto global das tarefas de preparação desportiva de nadadores.

3. CONCLUSÕES

Do que acabamos de expor, parece-nos possível retirar as seguintes conclusões:

- (i) Em nadadores, as práticas de depilação pré-competitiva e similares, não se têm fundamentado em dados empíricos e em argumentos hidrodinâmicos teóricos suficientemente consistentes.
- (ii) Justificações de natureza psicológica ou quinestésica parecem não ser suficientes para legitimar as práticas referidas.
- (iii) Os dados disponíveis na literatura apontam para um claro favorecimento da prestação desportiva em natação como consequência da prática de depilação pré-competitiva, o qual parece ser imputável a vantagens de natureza hidrodinâmica.
- (iv) As repercussões dos progressos técnicos em geral e hidrodinâmicos em particular poderão traduzir-se em significativas vantagens desportivas, pelo que importará conferir crescente importância a estas questões no âmbito dos programas de treino e de preparação desportiva de nadadores.

CORRESPONDÊNCIA

J. Paulo Vilas-Boas

Faculdade de Ciências do Desporto
e de Educação Física da Universidade do Porto
Rua Dr. Plácido Costa, 91
4200 Porto
Portugal
[jpvb@fcdef.up.pt]

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alley, L. E. (1952). An analysis of water resistance and propulsion in swimming. *Res. Quart.*, 23 : 253-270.
2. Cazorla, G. (1978). Contribution a l'étude de la performance en natation - apport des sciences biologiques. Memoir pour le diplôme INSEP INSEP, Paris.
3. Clarys, J. P. (1978). An experimental investigation of the application of fundamental hydrodynamics to the human body. In: B. Eriksson e B. Furberg (eds.), *Swimming Medicine IV*, pp. 386-394. University Park Press, Baltimore.
4. Clarys, J. P. (1979). Human morphology and hydrodynamics. In: J. Terauds e E. W. Bedingfield (eds.), *Swimming III*, pp. 3-41. University Park Press, Baltimore.
5. Costill, D. L.; Kovaleski, J.; Porter, D.; Kirwan, J.; Fielding, R.; King, D. (1985). Energy expenditure during front crawl swimming: predicting success in middle distance events. *Int. J. Sports Med.* 6: 266-270.
6. Counsilman, J. E. (1955). Forces in swimming two types of crawl stroke. *Res. Quart.*, 26 (2): 127-139.
7. Counsilman, J. E. (1968). *The science of swimming*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New York.
8. Douglas, J. F.; Gasiorek, J. M. e Swaffield, J. A. (1979). *Fluid mechanics*. Pitman, Londres.
9. Gadd, G. E. (1963). The hydrodynamics of swimming. *New Scientist*, 355: 483-485.
10. Hay, J. G. e Thayer, A. M. (1989). Flow visualization of competitive swimming technics: the tufts method. *J. Biomech.* 22 (1): 11-19.
11. Karpovich, P. V. (1933). Water resistance in swimming. *Res. Quart.*, 4 : 21-28.
12. Kozel, J. (1975). Zur vermindering des reibimsgwiderstandes mittels additiven beim schwimmen. *Leistungssport* 5.
13. Kyle, C. R.; Burke, E. (1984). Improving the racing bicycle. *Mech. Eng.* 106: 34-45.
14. Kyle, C. R.; Caiozzo, V. J. (1986). The effect of athletic clothing aerodynamics upon running speed. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 18 (5): 509-515.
15. Larsen, O. W.; Yancher, R. P. e Baer, C. L. H. (1981). Boat design and swimming performance. *Swim. Tech.* 18(2): 38-44.
16. Maglischo, E. W. (1982). *Swimming faster - a comprehensive guide to the science of swimming*. Mayfield Publishing Company, Palo Alto.
17. Miyashita, M. e Tsunoda, R. (1978). Water resistance in relation to body size. In: B. Eriksson e B. Furberg (eds.), *Swimming Medicine IV*, pp. 395-401. University Park Press, Baltimore.
18. Mrazek, H. (1970). Die körperratur und ihre auswikungen auf die wettkampfheistungen der sportschwimmer. Dipl. Arbeit, DSHS, Köln.
19. Prance, H.D. e Schmidt-Nielsen, K. (1970). The metabolic cost of swimming in ducks. *J. Exp. Biol.* 53: 763-777.
20. Raine, A. E. (1970). The aerodynamics of skiing. *Sci. J.* 6: 26-30.
21. Sharp, R.L.; Hackney, A.C.; Cain, S.M. e Ness, R. J. (1988). The effect of shaving body hair on the physiological cost of freestyle swimming. *J. Swim. Res.* 4(1): 9-13.
22. Sharp, R. L.; Costill, D. L. (1990). Shaving a little time. *Swim. Tech.* 26 (3): 10-13.
23. Toussaint, H. M.; Bruinink, L.; Coster, R.; de Looze, M.; van Rossem, B.; van Veenen, R.; de Groot, G. (1989). Effect of a triathlon wet suit on drag during swimming. *Med. Sci. Sports Exerc.* 21 (3): 325-328.
24. Ungerechts, B. (1983). The validity of the reynolds number for swimming bodies wich change form periodically. In: A. P. Hollander, P. A. Huijing e G. de Groot (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 81-88. Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois.
25. Van Ingen Schenau, G. J. (1982). The influence of air friction in speed skating. *J. Biomech.* 15: 449-458.
26. Van Manen, J. D.; Rijken, H. (1975). Dynamic measurement techniques on swimming bodies at the Netherlands Ship Model Basin. In: L. Lewillie e J. P. Clarys (eds.), *Swimming II*, pp. 70-79. University Park Press, Baltimore.
27. Vilas-Boas, P. (1985). Reformulação dos conceitos mecânicos aplicados à natação. Curso de Aperfeiçoamento em Natação. ISEF-UP, Porto.