



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Ciências Sociais e Humanas

**Área de Secção Transversal Oposta ao
Deslocamento em Nadadores
A Aplicação da Equação de Clarys numa Amostra de
Nadadores Portugueses**

André Barão Cirne

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

Orientador: Prof. Doutor Daniel Marinho

Covilhã, Outubro de 2010

Agradecimentos

A execução deste estudo, bem como a aquisição do grau de Mestre, constitui para mim mais um passo importante na minha vida pessoal e profissional. Este passo só pôde ser dado devido à ajuda, colaboração, contribuição e cooperação de algumas pessoas e entidades que se mostraram sempre disponíveis ao longo de todo o estudo, às quais não posso deixar de agradecer e expressar os meus sinceros agradecimentos:

Ao Professor Doutor Daniel Marinho, orientador da presente dissertação, pela sua colaboração a todos os níveis (técnicos, profissionais, sugestões), pela sua elevada competência e eficiência, pelo encorajamento e disponibilidade demonstrada.

A todos os professores, treinadores e monitores que, ao longo da minha vida académica e da minha formação, me possibilitaram atingir níveis muito bons de conhecimentos, através da partilha dos seus saberes e dos seus inúmeros exemplos de profissionalismo.

Aos responsáveis da Associação de Natação de Aveiro, pela disponibilidade e colaboração demonstrada na recolha de informações.

Aos dirigentes, treinadores e atletas dos clubes inquiridos, Clube Desportivo de Campinho e Clube Desportivo de Estarreja pela sua disponibilidade e colaboração.

À minha família, em especial aos meus pais, pelo carinho, apoio, dedicação, e acima de tudo pela confiança absoluta nas minhas capacidades.

A todos os meus colegas e amigos, que pelas suas sugestões pertinentes e pelo apoio sempre incondicional, me ajudaram a ultrapassar os maus momentos ao longo deste trabalho.

...o meu, **Muito Obrigado!**

Resumo

O presente estudo, pretendeu determinar e comparar a área de secção transversal de nadadores de ambos os sexos e de diferentes escalões etários através da metodologia de “planimetry”, comparando-os depois com os valores obtidos através do cálculo pela equação de Clarys (Clarys, 1978).

A amostra foi constituída por trinta e nove atletas do sexo masculino e feminino, que constituíram as respectivas equipas de dois clubes (Clube Desportivo Estarreja e Clube Desportivo Campinho) da Associação de Natação de Aveiro (ANA) na época 2009/2010, associação esta que integra a Federação Portuguesa de Natação (FPN).

Para podermos colocar em prática o nosso estudo, contactámos os clubes em causa e junto dos atletas que integram a nossa amostra realizámos a recolha de dados relativos a: Sexo, Idade, Escalão etário, Massa Corporal e Estatura.

As principais conclusões do estudo foram:

- Existem diferenças entre os nadadores masculinos e femininos na área de secção transversal oposta ao deslocamento, apresentando os nadadores do sexo masculino valores mais elevados, utilizando ambas as metodologias de cálculo desta variável.

- Existem diferenças entre os nadadores de diferentes escalões etários na área de secção transversal oposta ao deslocamento, apresentando os nadadores com mais idade valores mais elevados, utilizando ambas as metodologias de cálculo desta variável.

- Não existem diferenças na determinação da área de secção transversal utilizando a equação de Clarys (1978) e a técnica de “planimetry”, quando considerada a amostra global e quando a mesma é dividida por sexo ou por escalão etário.

- A equação de Clarys (1978) parece continuar a ser uma técnica válida para a determinação da área de secção transversal dos nadadores, pelo que pode ser um instrumento bastante útil para a comunidade técnico-científica ligada à natação.

Palavras-chave:

Área de Secção Transversal, “planimetry”, Clarys, Arrasto.

Abstract

This study sought to determine and compare the cross-sectional area for swimmers of both genders and different age groups using the methodology of “planimetry”, then comparing them with those obtained by calculating the equation of Clarys (Clarys, 1978).

The sample consisted of thirty-nine male athletes and female, who were the respective teams of two clubs (Clube Desportivo Estarreja and Clube Desportivo Campinho) of Associação de Natação de Aveiro (ANA) in the 2009/2010 season. This association is part of the Federação Portuguesa de Natação (FPN).

So we could put into practice our study, we contacted the clubs concerned and with the athletes that comprise our sample we hold the collection of data on: sex, age, age group, body mass and height.

The main findings were:

- There are differences between male and female swimmers in the area opposite to the displacement cross section, showing the male swimmers higher values using both methods for calculating this variable.
- There are differences between swimmers of different age groups in cross-sectional area opposite to the displacement, with the older swimmers with higher values using both methods for calculating this variable.
- There is no difference in determining the cross-sectional area using the equation Clarys (1978) and the technique of “planimetry”, when considering the overall sample and when it is divided by gender or by age.
- The equation of Clarys (1978) also seems to be a valid technique for determining the cross-sectional area of the swimmers, so it could be a useful tool for the technical-scientific community turned to swimming.

Keywords:

Cross-Sectional Area, “planimetry”, Clarys, Drag.

Índice

1 - Introdução	1
2 - Revisão da Literatura	2
2.1 - Posição Hidrodinâmica Fundamental	2
2.2 - Arrasto Hidrodinâmico	2
2.3 - Avaliação da Força de Arrasto Hidrodinâmico	4
2.3.1 - Arrasto Passivo	5
2.3.2 - Arrasto Activo.....	5
2.3.3 - Métodos Indirectos.....	6
2.3.4 - Métodos Directos	7
2.4 - Área de Secção Transversal Oposta ao Deslocamento.....	8
3 - Problema	11
3.1 - Definição do problema.....	11
3.2 - Objectivos do estudo.....	11
3.3 - Hipóteses de estudo	11
4 - Metodologia.....	12
4.1 - Caracterização da amostra.....	12
4.2 - Procedimentos.....	14
4.3 - Procedimentos estatísticos.....	15
5 - Apresentação e Discussão dos Resultados	16
5.1 - Diferenças entre metodologias de cálculo da Área de Secção Transversal.....	16
5.1.1 - Análise da Amostra global	16
5.1.2 - Análise por Escalões de Formação e de Elite	17
5.1.3 - Análise por Escalões Etários.....	17
5.1.4 - Análise por Sexo.....	19
5.2 - Diferenças entre Grupos.....	20
5.2.1 - Análise por Escalões de Formação e de Elite	20
5.2.2 - Análise por Escalões Etários.....	21
5.2.3 - Análise por Sexo.....	22
6 - Conclusões	23
7 - Referências Bibliográficas.....	24

Lista de Figuras

Figura 1: Representação esquemática da área de secção máxima do nadador em deslize ventral, identificada no seu plano transversal em relação à direcção da aplicação da força de arrasto hidrodinâmico (D), oposta à direcção de aplicação de força (adaptado de Clarys, 1979).	3
Figura 2: Representação esquemática do método de determinação de arrasto hidrodinâmico activo proposto por di Prampero et al., (1974) (adaptado de Vilas-Boas, 2000).	6
Figura 3: Método de determinação do arrasto activo proposto por Clarys (1978), Clarys (1979).	7
Figura 4: MAD-System. Método de determinação do arrasto activo proposto por Hollander et al. (1985), Hollander et al. (1986).....	7

Lista de Tabelas

Tabela 1: Número de indivíduos constituintes da amostra por sexo.....	12
Tabela 2: Número de indivíduos por escalão etário relativamente ao sexo.....	12
Tabela 3: Número de indivíduos por escalão de formação e elite relativamente ao sexo.....	12
Tabela 4: Valores médios e respectivos desvios-padrão da idade, massa corporal e estatura dos indivíduos.	13
Tabela 5: Valores médios e respectivos desvios-padrão da idade, massa corporal e estatura dos indivíduos que pertencem ao escalão de infantis.....	13
Tabela 6: Valores médios e respectivos desvios-padrão da idade, massa corporal e estatura dos indivíduos que pertencem ao escalão de juvenis.	13
Tabela 7: Valores médios e respectivos desvios-padrão da idade, massa corporal e estatura dos indivíduos que pertencem ao escalão de juniores.	14
Tabela 8: Valores médios e respectivos desvios-padrão da idade, massa corporal e estatura dos indivíduos que pertencem ao escalão de seniores.	14
Tabela 9: Valores médios e respectivos desvios-padrão das áreas de secção transversal dos atletas que compõem a nossa amostra segundo as metodologias de “planimetry” e Clarys...	16
Tabela 10: Valores médios e respectivos desvios-padrão das áreas de secção transversal dos nadadores de escalões de formação segundo as metodologias de “planimetry” e Clarys.	17
Tabela 11: Valores médios e respectivos desvios-padrão das áreas de secção transversal dos nadadores de escalões de elite segundo as metodologias de “planimetry” e Clarys.	17
Tabela 12: Valores médios e respectivos desvios-padrão das áreas de secção transversal dos nadadores do escalão de infantis segundo as metodologias de “planimetry” e Clarys.....	18
Tabela 13: Valores médios e respectivos desvios-padrão das áreas de secção transversal dos nadadores do escalão de juvenis segundo as metodologias de “planimetry” e Clarys.	18
Tabela 14: Valores médios e respectivos desvios-padrão das áreas de secção transversal dos nadadores do escalão de juniores segundo as metodologias de “planimetry” e Clarys.....	18
Tabela 15: Valores médios e respectivos desvios-padrão das áreas de secção transversal dos nadadores do escalão de seniores segundo as metodologias de “planimetry” e Clarys.....	19
Tabela 16: Valores médios e respectivos desvios-padrão das áreas de secção transversal dos nadadores do sexo feminino segundo as metodologias de “planimetry” e Clarys.....	19
Tabela 17: Valores médios e respectivos desvios-padrão das áreas de secção transversal dos nadadores do sexo masculino segundo as metodologias de “planimetry” e Clarys.	19
Tabela 18: Valores médios e respectivos desvios-padrão das áreas de secção transversal dos nadadores do sexo feminino segundo as metodologias de “planimetry” e Clarys.....	20
Tabela 19: Valores médios e respectivos desvios-padrão das áreas de secção transversal dos nadadores do sexo feminino segundo as metodologias de “planimetry” e Clarys.....	21
Tabela 20: Valores médios e respectivos desvios-padrão das áreas de secção transversal dos nadadores do sexo feminino segundo as metodologias de “planimetry” e Clarys.....	22

Lista de Acrónimos

- \bar{x} - Média
- ANA - Associação de Natação de Aveiro
- C_D - Coeficiente de Arrasto
- Cm^2 - Centímetros quadrados
- D - Arrasto
- D^- - Força Propulsiva Adicional
- D^+ - Arrasto Suplementar
- D_a - Arrasto Activo
- D_p - Arrasto Passivo
- dp - Desvio-padrão
- et al. - E colaboradores
- F_D - Força de Arrasto Activo
- FPN - Federação Portuguesa de Natação
- g - Aceleração da Gravidade
- Hz - Hertz
- MI - Membros Inferiores
- MS - Membros Superiores
- N - Número
- NPD - Natação Pura Desportiva
- P - Pressão
- $P < 0,05$ - Valor de significância
- S - Área de Secção Transversal
- V - Velocidade de Deslocamento
- μ - Coeficiente de Viscosidade do Fluido
- ρ - Propulsão

1 - Introdução

Reconhece-se, hoje em dia, que os pormenores têm cada vez maior importância na preparação e prestação do atleta tanto em treino como na sua prestação em competição.

Quando falamos de atletas, debruçamo-nos sobre aqueles que compõem uma estrutura desportiva que visa alcançar o rendimento e a performance (Araújo, 1995).

Assim, e considerando o contexto desportivo, existe uma grande preocupação ao nível do desporto, no que diz respeito ao conhecimento técnico da metodologia de treino, condições do espaço físico onde se desenvolve o treino, recursos materiais usados, assim como as características biomecânicas, fisiológicas e psicológicas do atleta (Curado, 2002).

Em natação pura desportiva (NPD), a posição hidrodinâmica fundamental é um conceito essencial, devendo ser trabalhada desde o início da formação do nadador. Para se poder nadar mais rápido e com menor gasto de energia, é necessário adoptar na água uma posição que ofereça a menor área de secção transversal do corpo oposta ao deslocamento, e uma redução da sucção que se produz nas partes posteriores do mesmo (Navarro e Arsénio, 1999).

Com o intuito de minimizar o arrasto hidrodinâmico (D) o nadador deverá adoptar uma posição o mais hidrodinâmica possível na água (Maglischo, 1993).

O progressivo refinamento de uma técnica de nado consubstancia-se no incremento do nível de aproveitamento dos recursos energéticos em velocidade de nado, o que deveria passar, entre outros factores, pela minimização da resistência oposta ao deslocamento que é determinada pelo meio líquido (arrasto) (Vilas-Boas, 1997b).

Por outro lado, a progressão na água depende da interacção de forças propulsivas e resistivas. Um nadador pode melhorar o seu rendimento aumentando as forças de carácter propulsivo e diminuindo as forças resistivas que actuam no corpo a uma dada velocidade (Sanders, Rushall, Toussaint, Stager e Takagi, 2001).

Uma vez que a Área de Secção Transversal do corpo do nadador tem grande influência na intensidade da força de arrasto que se opõe ao seu deslocamento, definimos para o nosso estudo os seguintes objectivos específicos:

1 - Determinar e comparar a área de secção transversal de nadadores de ambos os sexos e de diferentes escalões etários através da técnica de “planimetry”.

2 - Comparar os valores da área de secção transversal oposta ao deslocamento, obtidos através da técnica de “planimetry” e através da equação de Clarys (Clarys, 1978).

Para tal, iniciamos o nosso trabalho com uma breve revisão da literatura onde procuramos sintetizar os conhecimentos teóricos acerca das variáveis que pretendemos estudar, servindo de suporte para a parte prática. De seguida, apresentamos o problema, os objectivos e hipóteses do nosso estudo. Após a descrição sobre a recolha dos dados, metodologias e procedimentos utilizado e caracterização da amostra, passamos à apresentação e discussão de resultados. Por fim, são sintetizadas as principais conclusões do presente trabalho.

2 - Revisão da Literatura

2.1 - Posição Hidrodinâmica Fundamental

A posição hidrodinâmica fundamental é um conceito essencial à natação pura desportiva (NPD), devendo ser trabalhada desde o início da formação do nadador. Torna-se primordial para compreensão do desenrolar do nosso trabalho.

A posição hidrodinâmica fundamental é utilizada em todas as partidas e após as viragens, devendo ser encarada como um coadjuvante no aumento do rendimento do nadador, seja qual for a sua prova, dado que o tempo total de nado, parâmetro tradutor do rendimento em NPD, é composto pelo somatório do tempo de partida, do tempo de nado e do tempo de viragem (Guimarães e Hay, 1985).

Com o intuito de minimizar o arrasto hidrodinâmico (D) o nadador deverá adoptar uma posição, o mais hidrodinâmica possível. O corpo do nadador deve estar totalmente em extensão, com a cabeça entre os membros superiores (MS) e o olhar dirigido para baixo. Os MS devem estar juntos e em extensão, procurando colocar uma mão sobre a outra (Maglischo, 1993). Os membros inferiores (MI) devem permanecer juntos e em extensão, com os pés em flexão plantar e, se possível, sobrepostos (Grote, 1999). Vilas-Boas (1997a) refere que o corpo do homem é mais hidrodinâmico do que o da mulher, facto este explicado pela maior similaridade morfológica do homem com uma gota de água, isto é, apresentam, de uma forma geral, um diâmetro biacromial superior ao diâmetro bicristal (ombros largos, anca estreita). Este autor menciona ainda que quanto maior for o comprimento total do corpo do nadador, menor será o arrasto hidrodinâmico (D), pelo que se deverão privilegiar as posições alongadas na água. De acordo com esta ideia, para Sanders et al. (2001) os nadadores mais longilíneos têm vantagens hidrodinâmicas, o que lhes permite reduzir o D e aumentar a propulsão. Para poder nadar mais rápido e com menor gasto de energia, é necessário adoptar na água uma posição que ofereça a menor área de secção transversal do corpo, e uma redução da sucção que se produz nas partes posteriores do mesmo (Navarro e Arsénio, 1999).

2.2 - Arrasto Hidrodinâmico

O progressivo refinamento de uma técnica de nado consubstancia-se no incremento do nível de aproveitamento dos recursos energéticos em velocidade de nado, o que deveria passar: i) pela minimização da resistência oposta ao deslocamento que é determinada pelo meio líquido (arrasto); ii) pela maximização da capacidade propulsiva das acções segmentares e iii) pela minimização das flutuações da velocidade de deslocamento por ciclo gestual (Vilas-Boas, 1997b).

A progressão na água depende da interacção de forças propulsivas e resistivas. Um nadador pode melhorar o seu rendimento aumentando as forças de carácter propulsivo e

diminuindo as forças resistivas que actuam no corpo a uma dada velocidade (Sanders, Rushall, Toussaint, Stager e Takagi, 2001). A capacidade propulsiva consiste numa das competências fundamentais do nadador, na qual se entrecruzam as capacidades técnicas e as qualidades físicas que sustentam a expressão mecânica da força. No entanto, a capacidade de diminuir o D (arrasto) não é menos importante, sendo por isso de importância primordial para o nosso estudo. Considera-se que o D, relativamente à força propulsiva é menos dependente da técnica e mais determinada por factores constitucionais e, portanto mais estável (Vilas-Boas e Fernandes, 2001).

O D caracteriza-se por ser uma força externa que actua sobre o corpo do nadador, com a mesma direcção mas, com sentido oposto ao seu vector deslocamento, pelo que, quanto menor for a sua intensidade, maior será a velocidade de deslocamento se todas as outras condições se mantiverem constantes. Neste conceito a minimização de D deve constituir uma preocupação central no âmbito de qualquer programa de treino de nadadores (Vilas-Boas, 1997). Este mesmo autor refere ainda, que a intensidade de D depende de um grande número de factores, distribuídos por quatro categorias: i) características morfológicas do nadador; ii) características dos equipamentos desportivos; iii) características físicas do meio e iv) técnica de nado.

O D a que se sujeita um nadador pode ser calculado segundo a seguinte expressão newtoniana:

$$D = \frac{1}{2} \rho C_D V^2 S \quad (1)$$

Onde ρ representa a massa volúmica da água, C_D o coeficiente de arrasto, V a velocidade de deslocamento e S a área de secção transversal do corpo à direcção da força.

O C_D do corpo é uma grandeza adimensional que ao depender dos números de Strouhal, Froude, Euler e Reynolds, expõe a dependência da força relativamente às variáveis independentes (ρ , V , S) sendo, por sua vez função do comprimento do corpo (l), de (ρ), de (V), da pressão (p), da aceleração da gravidade (g), do coeficiente de viscosidade do fluido (μ) da forma e orientação do corpo relativamente às direcções de deslocamento (Fédiaevski et al., 1979).

A S corresponde maioritariamente à área de projecção do corpo no seu plano transversal (figura 1). Destacando-se por ser um dos factores biomecânicos mais expressivos aquando o estudo do D, pois está relacionada com a qualidade técnica dos nadadores e às próprias características das diferentes técnicas de nado. Assim, o nadador deverá minimizar a S , quando possível, pois é oposta ao deslocamento, para assim minimizar as forças de D.

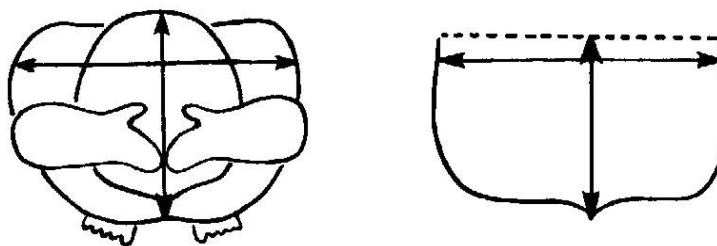


Figura 1: Representação esquemática da área de secção máxima do nadador em deslize ventral, identificada no seu plano transversal em relação à direcção da aplicação da força de arrasto hidrodinâmico (D), oposta à direcção de aplicação de força (adaptado de Clarys, 1979).

A sua má interpretação poderá originar uma série de faltas técnicas decisivas para a prestação do nadador, como: i) a acentuada obliquação do corpo em imersão com os MI em posição mais profunda que o tronco, pelo que se origina um desalinhamento no plano horizontal - poderá ser consequência de uma manutenção da cabeça em extensão nas técnicas ventrais, ou flexão na técnica de costas e ii) uma entrada com o cruzamento dos MS na água após a realização da recuperação, assumindo um desalinhamento lateral.

Segundo Maglischo (2003) a forma que os nadadores apresentam na água, a orientação do corpo e velocidade do movimento são os três factores mais importantes responsáveis pela turbulência criada pelos nadadores.

Os corpos que se movem num fluido classificam-se em dois grupos, de acordo com a sua aerodinâmica: i) corpos delgados - chapas planas ou aerofólios finos a ângulo zero de ataque; e ii) corpos rombudos - aerofólios espessos, esferas, cubos ou qualquer coisa que apresente uma superfície mais ampla para o fluxo a seu redor. O corpo do nadador enquadra-se nos rombudos (Bixler et al., 2007), provocando maior D que qualquer corpo delgado. Segundo Maglischo (2003), a forma ideal para a redução do D é a de um projectil ou a de um peixe.

Habitualmente o D aumenta quando os nadadores estão menos horizontais, quando fazem movimentos laterais, e quando elevam a sua velocidade criando mais fricção e turbulência. Com poucas excepções, os nadadores devem manter-se na posição mais horizontal possível ao deslocarem-se no meio aquático interrompendo, assim o menor número de correntes do fluido (Maglischo, 2003).

2.3 - Avaliação da Força de Arrasto Hidrodinâmico

Um dos objectivos que desde cedo perseguiu os investigadores em NPD foi a determinação das forças de D a que o corpo humano se sujeita, quando se desloca na água. Contudo, a complexidade da tarefa determinou que a maioria dos métodos desenvolvidos fossem ou muito distantes das situações de nado, ou que implicavam procedimentos complexos e morosos que envolviam equipamentos delicados e de grande custo e sofisticação (Vilas-Boas, 2001).

A determinação do D tornou-se cada vez mais importante em NPD no sentido de se atingir um entendimento mais correcto dos valores de trabalho mecânico externo propulsivo que é realizado, bem como para efectuar um cálculo que nos permita conhecer a eficiência de nado (Karpovich, 1933).

No entanto, os estudos efectuados com base na determinação objectiva do D têm-se limitado à procura da determinação da intensidade, independentemente da importância relativa que as suas componentes assumem entre si (Vilas-Boas, 1997). De acordo com o mesmo autor, um dos motivos apontados para este facto passa pela complexidade processual para a consecução deste objectivo.

Na literatura disponível distinguem-se, fundamentalmente, duas grandes categorias de arrasto: o arrasto passivo (D_p) e o arrasto activo (D_a).

2.3.1 - Arrasto Passivo

O D_p é a quantidade de resistência da água que um corpo humano experimenta, sem movimentos intersegmentares, permanecendo este imóvel (Kolmogorov et al., 1997).

Os primeiros estudos neste domínio consistiram na determinação do D rebocando os nadadores (Toussaint et al., 2004) de forma mais ou menos criativa. Dubois-Reymond (1905) rebocou pessoas na parte de trás de um barco a remos medindo a resistência com um dinamómetro. Liljestrand e Stenstrom (1919) mediram a resistência rebocando nadadores através de um guindaste na margem.

A maioria destes estudos foram efectuados, estando os nadadores em decúbito ventral, no entanto, o D_p avaliado em decúbito dorsal foi também estudado embora de uma forma menos frequente. Quando comparados, é possível concluir que os valores de arrasto verificados em posição ventral são inferiores aos encontrados em decúbito dorsal (Clarys, 1979).

Vários autores mostraram que o D_p depende das posições do corpo e da cabeça (Chatard et al., 1990). Os mesmos autores referem que o D_p é um bom indicador da aptidão para o deslize. O interesse no D_p é justificado pelo facto de a fase de deslize representar uma importante componente da performance em NPD.

Os métodos de determinação de D_p não permitem avaliar a repercussão da técnica de nado, mas apenas a maior e a menor predisposição morfológica do nadador para se sujeitar a intensidades reduzidas de D . Aparentemente, a única vantagem da determinação de D_p resulta da maior facilidade de operacionalização dos métodos de avaliação.

O arrasto passivo poderá ser determinado: i) calculando a força necessária para rebocar um nadador a uma dada velocidade numa determinada posição recorrendo à dinamometria directa; ou ii) através da modelação da curva de desaceleração do nadador após o impulso na parede seguido de deslize (em posição hidrodinâmica ou outra) (Vilas-Boas, 1997b), recorrendo à dinâmica inversa. Neste segundo caso podemos recorrer a: i) “Swim meters” por cabo (Lima, 2006); ii) “Swim Speed Recorders” (Atha, 1990); iii) Foto-optometria com as luzes tracejadas intermitentes (Vilas-Boas, 1993) e iv) Processamento de imagens de vídeo ou filme.

2.3.2 - Arrasto Activo

Sem deixar de reconhecer a importância que os métodos de avaliação do D_p representam para a melhor compreensão do comportamento do corpo do nadador na água, iremos procurar conceder maior destaque a uma metodologia que pretenda avaliar o D do nadador quando este assume um papel interventivo no seu deslocamento na água, ou seja

debruçaremos sobre o D_a . Assim como refere Kolmogorov et al. (1997), o D_a é a resistência da água associada com o movimento de nado.

Desde já, e tendo em conta a literatura disponível, poderemos dividir as tentativas de determinação do D_a em duas grandes categorias: i) métodos indirectos; e ii) métodos directos (Vilas-Boas, 1997).

2.3.3 - Métodos Indirectos

O método de di Prampero et al. (1974), (figura 2), baseia-se na regressão, para uma dada velocidade, entre o consumo energético e a carga adicional positiva ou negativa a que um nadador está sujeito. Explorando a recta de regressão, para o consumo energético líquido zero, obtém-se a intensidade de arrasto hidrodinâmico à velocidade considerada.

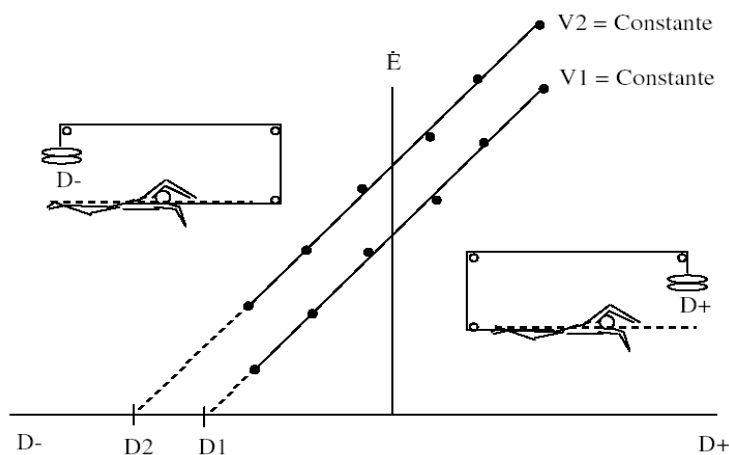


Figura 2: Representação esquemática do método de determinação de arrasto hidrodinâmico activo proposto por di Prampero et al., (1974) (adaptado de Vilas-Boas, 2000).

Clarys (1979), apresentou uma metodologia muito semelhante à proposta por di Prampero et al. (1974), diferindo, sobretudo, na forma de aplicar as cargas adicionais negativas e positivas ao nadador. Através desta metodologia (figura 3) pretende-se registar as forças horizontais que são exercidas sobre uma coluna vertical ligada ao nadador que, em diversos percursos se desloca a velocidades constantes superiores, iguais e inferiores à velocidade de nado do indivíduo. Assim sendo, quando a coluna se desloca a velocidades inferiores à do indivíduo, poderemos ver registadas forças positivas que correspondem a um arrasto suplementar (D^+). Da mesma forma, quando se verifica o inverso, as forças negativas encontradas correspondem a uma força propulsiva adicional (D^-). Finalmente, quando as velocidades são iguais, não é possível registar nenhuma força. A partir destes princípios, traça-se uma recta de regressão para os valores de V , D^+ e D^- . D é calculado através da extrapolação para a velocidade zero.

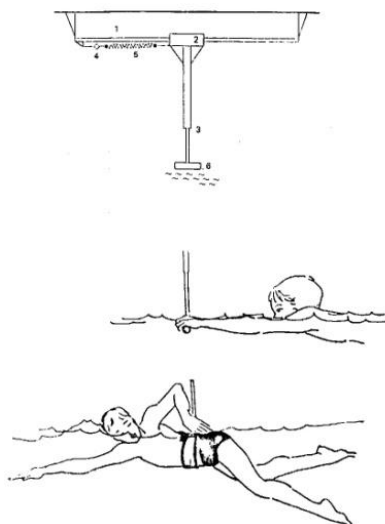


Figura 3: Método de determinação do arrasto activo proposto por Clarys (1978), Clarys (1979).

2.3.4 - Métodos Directos

Schleihauf (1974) propôs a determinação matemática de D , tendo por base os resultados dos seus estudos acerca dos valores da propulsão produzidos pelos MS e outros recolhidos na literatura relacionada com as forças produzidas por outros segmentos (Hay, 1986).

Mais recentemente, Hollander, Groot, Schenau, Toussaint, Best, Peeters, Meulemans e Schreurs (1986), descreveram uma metodologia que se denominou MAD-System (Measure of Active Drag System). Relativamente à sua aplicabilidade apresenta condicionantes, uma vez que apenas permite o cálculo do D na técnica de crol executada apenas com os MS, estando os MI suportados por um pull-buoy.

Assim o MAD-System (figura 4) consiste na avaliação da força média que o nadador realiza num conjunto de apoios fixos montados sequencialmente ao longo da piscina, cerca de 80 centímetros abaixo da superfície da água. O nadador desloca-se a uma velocidade constante, sendo o valor médio de D calculado em função da média das forças horizontais que foram registadas.

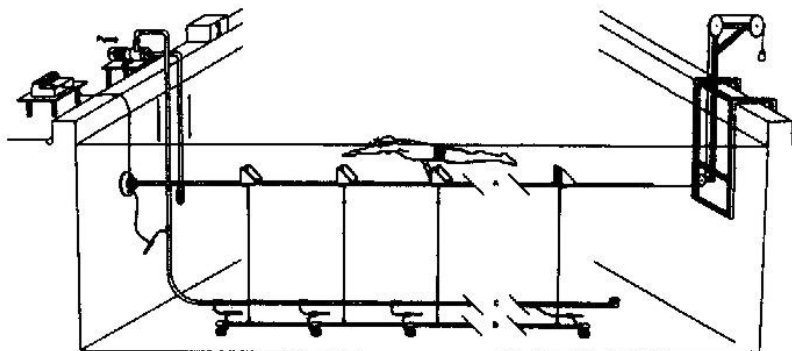


Figura 4: MAD-System. Método de determinação do arrasto activo proposto por Hollander et al. (1985), Hollander et al. (1986).

Finalmente, Ungerechts e Niklas (1994) criaram uma nova metodologia através de uma adaptação do método proposto por Di Prampero et al. (1974). As vantagens em função do método original baseiam-se no menor constrangimento dos movimentos dos nadadores, em situação de teste, quando se sujeitam os mesmos às cargas positivas e negativas. Assim sendo, é permitido ao nadador a execução de movimentos livres em todas as direcções, tendo sido, desta forma, encontrados resultados próximos dos verificados através do MAD-System para os valores de D. Este facto é extremamente relevante, principalmente se tivermos em linha de conta que no método original havia uma disparidade de 1,5 a 2 vezes superior para os mesmos valores. No que diz respeito a estas metodologias e às suas limitações, Vilas-Boas (1993) destaca três grandes pontos: i) Os resultados relativamente elevados encontrados por Clarys (1978 e 1979) poderão estar relacionados com o facto de a extrapolação realizada estar baseada na dúbia consideração de que a P se mantém constante independentemente da velocidade a que o nadador se desloca; ii) Valores baixos de D encontrados, utilizando o MAD-System, poderão estar relacionados com o facto de o mecanismo não medir efectivamente a força propulsiva produzida ao longo de todo o trajecto dos MS em situação real de nado; o autor refere mesmo que tal facto poder-se-á verificar pelo facto de existir alguma negligência nas fases do trajecto dos MS que se caracterizam por uma dominância vertical; e iii) O facto de existirem múltiplas aproximações teóricas pode ter influenciado os resultados verificados por Schleihauf (1984).

2.4 - Área de Secção Transversal Oposta ao Deslocamento

O arrasto activo em natação tem sido definido como a resistência associada ao movimento de nado. Os investigadores mostraram que em natação, o arrasto activo e o arrasto passivo (associado ao corpo em posição imutável) não estão necessariamente relacionados (Kolmogorov e Duplishcheva 1992). Como tal, têm-se interessado em avaliar o arrasto activo dos nadadores, já que a sua magnitude parece estar relacionada com a técnica biomecânica do nado (Clarys, 1979; Toussaint, 1990). Os vários factores importantes na determinação do arrasto activo, traduzem-se na seguinte equação:

$$F_D = (\rho A C_D V^2) / 2$$

Onde F_D é a força de arrasto activo, A é a área de secção transversal, C_D é o coeficiente de arrasto e V é a velocidade relativa do fluxo de água. O coeficiente de arrasto surge principalmente em função das características do fluxo da água determinadas pela forma e a atitude do objecto (Hoemer, 1958). Como tal, foi considerado como indicador a má ou boa técnica, tendo sido demonstrado que varia entre atletas com forma do corpo semelhante, e velocidades de nado semelhantes (Kolmogorov e Duplishcheva 1992). Isto sugere que a

técnica biomecânica do indivíduo desempenha um papel importante na determinação do coeficiente de arrasto e, portanto, arrasto activo.

A área de secção transversal foi considerada constante durante o nado e, portanto, facilmente obtida a partir de equações matemáticas. No entanto, tem sido demonstrado através de medidas de quadril e ombro, bem como a menor oscilação lateral óssea, que os nadadores de elite têm a posição do corpo superior em relação aos nadadores que não são de elite (Cappaert et al. 1995). Tanto a posição do corpo como a sua atitude na água podem afectar directamente a área de secção transversal, bem como é possível que a mesma também possa variar de acordo com a técnica adequada ou pobre. Se no nadador, a técnica ajuda a determinar a área de secção transversal total, este factor também pode ser importante na determinação e medição de arrasto activo.

Cappaert e Gordon (1998), realizaram um estudo que tinha como objectivos medir a área de secção transversal de nadadores durante o nado em livres e comparar os valores medidos com os valores obtidos utilizando diferentes métodos computacionais. Nele participaram vinte e seis nadadores de elite dos Estados Unidos da América (15 homens e 11 mulheres), tendo realizado um sprint máximo de 50 metros livres onde se filmou a secção entre os 40 e 45 metros da piscina através de duas câmaras de 60 Hz.

A área de secção transversal (S) foi calculada usando dois métodos:

1 - Clarys (1979); (Clarys): $S = (6,9256 * \text{peso}) + (3.5043 * \text{altura}) - 377,156$

2 - Kolmogorov e Duplishcheva (1992); ($VOLUME^{2/3}$): $S = 2/3$ (volume do corpo humano).

Os resultados da ANOVA do mesmo estudo (Cappaert e Gordon, 1998) revelaram que todos os métodos foram significativamente diferentes entre si dentro dos homens. Os resultados da ANOVA usando as mulheres mostraram que as áreas de secção transversal foram também significativamente diferentes entre si, excepto entre a medição do tronco e o método de Clarys.

Para indivíduos do sexo masculino, todos os métodos foram significativamente e positivamente correlacionados entre si, enquanto, os métodos para os indivíduos do sexo feminino, o CORPO, Clarys e o VOLUME foram todos correlacionados entre si enquanto o tronco não se correlacionou com nenhum dos outros métodos.

A comparação dos métodos revelou uma grande variação de valores na área de secção transversal. Os resultados obtidos com base no tronco (através da fórmula proposta por Clarys) foram os mais próximos em valor. A medida do corpo que inclui os membros e cabeça foi maior do que o baseado em cálculos do tronco tendo o método do VOLUME produzido os maiores valores de área de secção transversal.

Como o método do VOLUME para o cálculo da área de secção transversal foi significativamente maior do que o corpo, é difícil encontrar razões para utilizar este método.

Em conclusão e segundo os autores do estudo (Cappaert e Gordon, 1998), os diversos métodos de cálculo da área de secção transversal de natação foram significativamente correlacionados entre si, mas também significativamente diferentes entre si, para os homens. Para as mulheres, todos os métodos foram significativamente correlacionados com excepção

do tronco, que não se correlacionou com os dados de qualquer um dos outros métodos. Também para as mulheres, todos os métodos foram significativamente diferentes entre si, excepto o tronco e o método Clarys.

Os diferentes valores para a área de secção transversal poderiam ter um grande impacto sobre os cálculos do arrasto activo. As diferenças em C_D , que são vistas na literatura de natação podem ser parcialmente explicadas por variados métodos de cálculo para a área de secção transversal.

Além disso, é difícil avaliar a quantidade real de área de secção transversal, que um nadador arrasta durante o percurso de nado em livres. Portanto, também é difícil recomendar um método para o cálculo da área de secção transversal. No entanto, dado que os valores do $VOLUME^{2/3}$ estavam bem acima da área de secção transversal medida no corpo, este método não é recomendado para uso durante o nado de livres.

3 - Problema

3.1 - Definição do problema

Com este estudo, a partir da percepção dos vários indivíduos que constituíram a nossa amostra, pretendemos tentar responder ao seguinte problema: Será que a equação de Clarys permite determinar de uma forma válida a Área de Secção Transversal do corpo oposta ao deslocamento em nadadores?

3.2 - Objectivos do estudo

Neste estudo pretendemos determinar a Área de Secção Transversal do corpo do nadador em relação ao deslocamento no meio aquático.

Neste sentido, definimos os seguintes objectivos específicos:

1 - Determinar e comparar a área de secção transversal de nadadores de ambos os sexos e de diferentes escalões etários através da metodologia de “planimetry”.

2 - Comparar os valores da área de secção transversal oposta ao deslocamento, obtidos através da metodologia de “planimetry” e através da equação de Clarys (Clarys, 1978).

3.3 - Hipóteses de estudo

As hipóteses que se pretende comprovar são:

H1 - A área de secção transversal é diferente entre nadadores e nadadoras.

H2 - A área de secção transversal é diferente entre nadadores de diferentes escalões etários.

H3 - Os valores da área de secção transversal são diferentes quando obtidos utilizando a técnica de “planimetry” e através da equação de Clarys.

4 - Metodologia

4.1 - Caracterização da amostra

A amostra foi constituída por trinta e nove atletas de ambos os sexos, todos federados em Natação Pura Desportiva na Associação de Natação de Aveiro, para a época 2009/2010. Vinte e dois destes atletas representam o Clube Desportivo de Estarreja, os restantes dezassete pertencem ao Clube Desportivo Campinho.

Na tabela 1 é possível verificar a distribuição dos trinta e nove indivíduos que constituem a nossa amostra, sendo dezoito do sexo masculino e vinte e um do sexo feminino; a nossa amostra é composta maioritariamente por indivíduos do sexo feminino.

Tabela 1: Número de indivíduos constituintes da amostra por sexo.

Amostra	Masculino	Feminino
Total (n=39)	18	21

Na tabela seguinte (tabela 2), além da representação dos vários indivíduos por sexo, diferenciamos-os pelos respectivos escalões etários a que pertencem: Infantil, Juvenil, Júnior e Sénior.

Tabela 2: Número de indivíduos por escalão etário relativamente ao sexo.

Masculino	Escalão	Feminino
3	Sénior	3
6	Júnior	4
6	Juvenil	7
3	Infantil	7

Verificamos que o escalão com mais indivíduos é o Juvenil com 13, seguindo-se o Infantil e Júnior ambos com 10 atletas cada e por último o sénior apenas com 6.

Na próxima tabela (tabela 3) pretendemos caracterizar a nossa amostra relativamente a escalões de formação e escalões de elite. Entendemos por escalões de formação os dois primeiros, infantil e juvenil. Para escalões de elite contemplamos os de júnior e sénior, nos quais os atletas estão já dotados de maiores índices de capacidades físicas e competências técnicas.

Tabela 3: Número de indivíduos por escalão de formação e elite relativamente ao sexo.

Masculino	Escalão	Feminino
9	Elite	7
9	Formação	14

Verificamos então que os atletas de Formação estão em maioria, 23 indivíduos, contra apenas 16 da Elite. Realça-se ainda que a nossa amostra é bastante equilibrada entre os dois escalões considerados quando olhamos exclusivamente para o número de atletas masculinos, ao contrário do que se verifica no número de atletas femininos que na formação é o dobro da elite.

Relativamente à idade, massa corporal e estatura dos atletas que constituem a nossa amostra, podemos verificar na tabela 4 que em média têm 15 anos de idade, pesam 57 quilogramas e medem 166 centímetros.

Tabela 4: Valores médios e respectivos desvios-padrão da idade, massa corporal e estatura dos indivíduos.

Amostra	$\bar{x} \pm dp$
Idade	$15 \pm 3,26$
Massa Corporal	$57,17 \pm 11,13$
Estatura	$166,03 \pm 9,77$

Depois de nos termos debruçado sobre a caracterização da idade, massa corporal e estatura da nossa amostra em termos globais, vamos agora concentrar-nos em caracterizar estes parâmetros mas por escalões etários. Apresentamos então uma tabela para cada escalão com os seus respectivos valores.

Para o escalão de Infantis, podemos verificar na seguinte tabela (tabela 5) que em média os atletas têm 12 anos, pesam aproximadamente 49 quilogramas e medem cerca de 158 centímetros.

Tabela 5: Valores médios e respectivos desvios-padrão da idade, massa corporal e estatura dos indivíduos que pertencem ao escalão de infantis.

Infantis	$\bar{x} \pm dp$
Idade	$12 \pm 0,82$
Massa Corporal	$48,95 \pm 9,46$
Estatura	$158,10 \pm 0,67$

O escalão que se segue é o de Juvenis, a tabela 6 indica-nos que em média os atletas têm cerca de 14 anos, pesam aproximadamente 59 quilogramas e medem perto de 169 centímetros.

Tabela 6: Valores médios e respectivos desvios-padrão da idade, massa corporal e estatura dos indivíduos que pertencem ao escalão de juvenis.

Juvenis	$\bar{x} \pm dp$
Idade	$14,08 \pm 1,32$
Massa Corporal	$59,18 \pm 7,70$
Estatura	$168,69 \pm 9,15$

Entre os escalões de Infantis e Juvenis verificámos um aumento de valores nos três parâmetros caracterizados.

Seguidamente surge o escalão de Juniores, que caracterizámos através da tabela 7.

Tabela 7: Valores médios e respectivos desvios-padrão da idade, massa corporal e estatura dos indivíduos que pertencem ao escalão de juniores.

Juniores	$\bar{X} \pm dp$
Idade	$16 \pm 0,94$
Massa Corporal	$58,65 \pm 6,43$
Estatura	$167,60 \pm 4,84$

Os atletas Juniores têm em média 16 anos, pesam aproximadamente 59 quilogramas e medem cerca de 167 centímetros.

Por último segue-se a caracterização dos Seniores através da tabela 8.

Tabela 8: Valores médios e respectivos desvios-padrão da idade, massa corporal e estatura dos indivíduos que pertencem ao escalão de seniores.

Seniores	$\bar{X} \pm dp$
Idade	$20,33 \pm 4,18$
Massa Corporal	$68,88 \pm 12,61$
Estatura	$174 \pm 9,72$

Neste escalão, em média, os atletas têm cerca de 20 anos, pesam aproximadamente 69 quilogramas e medem 174 centímetros.

4.2 - Procedimentos

Para podermos colocar em prática o nosso estudo, contactámos os clubes em causa e realizámos recolha de dados junto dos atletas que integram a nossa amostra.

Os dados recolhidos referem-se a: Sexo, Idade, Escalão etário, Massa Corporal e Estatura.

Para calcularmos a área de secção transversal utilizámos duas metodologias.

Na primeira, servindo-nos do programa “Universal Desktop Ruler” versão 3.3.3268, aplicámos a técnica de “planimetry”. No momento da recolha de dados, fotografámos todos os atletas verticalmente e a partir de uma posição superior aos mesmos. Fizemo-nos valer dessas fotografias, para aplicarmos a técnica de “planimetry”, que consiste em contornar e recortar a área de secção transversal de cada nadador em cada fotografia. Após isto, o programa utilizado por nós apresentou o valor da área de secção transversal para cada atleta.

Na segunda, recorrendo-nos dos dados recolhidos no terreno, através dos valores de massa corporal e estatura, calculámos a área de secção transversal para cada atleta através

da fórmula proposta por Clarys (Clarys, 1978), $S = (6.93 \times \text{Massa Corporal} + 3.50 \times \text{Estatura} - 377.2)$.

Por exemplo: para um atleta com 82 quilogramas e 182 centímetros, segundo a fórmula de Clarys, a sua área de secção transversal é de 828,06 cm².

4.3 - Procedimentos estatísticos

Foram utilizados os programas Microsoft Excel 2007 e o SPSS versão 12.0.

Para tratamento dos dados recolhidos utilizámos a estatística descritiva, determinando-se os parâmetros de tendência central (média) e de dispersão (desvio-padrão), tendo sido também calculado a normalidade dos dados através do teste de Shapiro-Wilke.

Para comparação dos valores obtidos utilizando diferentes técnicas de determinação da área de secção transversal utilizou-se o teste T de medidas repetidas. Para comparação dos valores obtidos entre nadadores de diferentes grupos, utilizou-se o teste T de medidas independentes.

Em todos os testes utilizou-se um valor de $P < 0,05$.

5 - Apresentação e Discussão dos Resultados

5.1 - Diferenças entre metodologias de cálculo da Área de Secção Transversal.

Neste ponto, procederemos à análise e interpretação dos nossos dados relativos aos atletas de Natação Pura Desportiva da Associação de Natação de Aveiro que constituem o nosso estudo.

Uma vez que para poder nadar mais rápido e com menor gasto de energia, é necessário adoptar na água uma posição que ofereça a menor área de secção transversal do corpo, e uma redução da sucção que se produz nas partes posteriores do mesmo (Navarro e Arsénio, 1999), discutiremos os valores calculados através das diferentes metodologias de cálculo para a Área de Secção Transversal, de acordo com a “planimetry” e a equação de Clarys.

5.1.1 - Análise da Amostra global

Considerando toda a amostra do nosso estudo, verificamos através da tabela 9 que existe pouca diferença nos valores médios da área de secção transversal calculados segundo as duas metodologias.

Tabela 9: Valores médios e respectivos desvios-padrão das áreas de secção transversal dos atletas que compõem a nossa amostra segundo as metodologias de “planimetry” e Clarys.

Amostra Global	$\bar{x} \pm dp$	P
“planimetry”	594,23 \pm 100,11	0,50
Clarys	600,11 \pm 107,11	

De acordo com a “planimetry” a média da área de secção transversal dos atletas que constituem a nossa amostra é de 594,23 cm², considerando o cálculo através da equação de Clarys a média sobe para os 600,11 cm². A variação de 5,88 cm² não é significativa.

Estudos efectuados com base na determinação objectiva do Arrasto (D) têm-se limitado à procura da determinação da intensidade, independentemente da importância relativa que as suas componentes assumem entre si (Vilas-Boas, 1997).

Por estas razões e por sabermos que o estudo da área de secção transversal do corpo não está muito aprofundado em termos de metodologia de cálculo fidedigno, vamos tentar clarificar as suas variações de acordo com a nossa amostra e para ambas as metodologias, “planimetry” e Clarys.

5.1.2 - Análise por Escalões de Formação e de Elite

Considerámos então os nossos atletas dos escalões de Infantis e Juvenis como de Formação, já os Juniores e Seniores como de Elite.

Focando-nos nos Escalões de Formação e nas duas metodologias utilizadas para medirmos a área de secção transversal entre os vários indivíduos, podemos verificar na tabela 10 que não existem diferenças significativas nos valores médios das duas metodologias.

Tabela 10: Valores médios e respectivos desvios-padrão das áreas de secção transversal dos nadadores de escalões de formação segundo as metodologias de “planimetry” e Clarys.

Escalões Formação	$\bar{x} \pm dp$	P
“planimetry”	563,58 \pm 104,25	0,91
Clarys	564,82 \pm 102,90	

Para os Escalões de Formação o valor médio de área de secção transversal varia em pouco mais do que um cm² considerando as duas metodologias utilizadas. De acordo com a “planimetry” a média da área de secção transversal dos atletas de formação é de 563,58 cm², calculando-se através da equação de Clarys a média é de 564,82 cm².

Observando os Escalões de Elite, os valores médios (tabela 11) para a área de secção transversal já apresentam uma maior diferença entre as metodologias de cálculo, contudo sem apresentarem diferenças significativas.

Tabela 11: Valores médios e respectivos desvios-padrão das áreas de secção transversal dos nadadores de escalões de elite segundo as metodologias de “planimetry” e Clarys.

Escalões Elite	$\bar{x} \pm dp$	P
“planimetry”	636,45 \pm 79,41	0,41
Clarys	650,84 \pm 94,23	

De acordo com a “planimetry” a média da área de secção transversal dos atletas de elite é de 636,45 cm², calculando-se através da equação de Clarys a média sobe para os 650,84 cm². Verificamos uma diferença de 14,39 cm² entre ambas as metodologias de cálculo.

5.1.3 - Análise por Escalões Etários

De seguida poderemos verificar os vários valores de área de secção transversal de acordo com os vários escalões etários, os que considerámos como de formação: Infantis e Juvenis; aqueles que considerámos de elite: Juniores e Seniores.

Começamos então a nossa análise pela base, ou seja, pelos ditos escalões que compõem a formação.

Para os Infantis, através da tabela 12, podemos verificar que os valores médios da área de secção transversal calculados com ambas as metodologias são bastante similares.

Tabela 12: Valores médios e respectivos desvios-padrão das áreas de secção transversal dos nadadores do escalão de infantis segundo as metodologias de “planimetry” e Clarys.

Infantis	$\bar{x} \pm dp$	P
“planimetry”	489,08 \pm 81,81	0,98
Clarys	488,77 \pm 83,68	

Nos Infantis, de acordo com a “planimetry” a média da área de secção transversal dos atletas é de 489,08 cm², já de acordo com a equação de Clarys a média é de 488,77 cm². A diferença média entre as duas metodologias é de apenas 0,31 cm² e portanto não significativa.

Seguidamente aos Infantis, surge o escalão de Juvenis.

Tendo em consideração a pequena diferença verificada nos Infantis, podemos verificar na próxima tabela (tabela 13) que a situação nos Juvenis se mantém apenas com um pequeno aumento.

Tabela 13: Valores médios e respectivos desvios-padrão das áreas de secção transversal dos nadadores do escalão de juvenis segundo as metodologias de “planimetry” e Clarys.

Juvenis	$\bar{x} \pm dp$	P
“planimetry”	620,88 \pm 81,99	0,88
Clarys	623,32 \pm 75,06	

Através da “planimetry” a média da área de secção transversal dos atletas é de 620,88 cm², utilizando-se a equação de Clarys a média sobe para 623,32 cm². A diferença média entre as duas metodologias é de 2,44 cm² e portanto também não significativa.

De seguida vamos então analisar os escalões que constituem a elite: Juniores e Seniores.

Começando então pelos Juniores, poderemos verificar através da tabela 14 que de acordo com a “planimetry” a média da área de secção transversal dos atletas é de 622,20 cm², utilizando a equação de Clarys a média desce para os 615,85 cm².

Tabela 14: Valores médios e respectivos desvios-padrão das áreas de secção transversal dos nadadores do escalão de juniores segundo as metodologias de “planimetry” e Clarys.

Juniores	$\bar{x} \pm dp$	P
“planimetry”	622,20 \pm 56,15	0,67
Clarys	615,85 \pm 58,59	

Verificamos também que nos Juniores a diferença da média entre as duas metodologias utilizadas é de 6,35 cm² continuando a não ser significativa.

Por último surgem os Seniores, onde, através da tabela 15, podemos verificar os maiores valores de área de secção transversal. Utilizando a metodologia de “planimetry” obtivemos 664,94 cm², já com a equação de Clarys a média sobe para os 709,16 cm².

Tabela 15: Valores médios e respectivos desvios-padrão das áreas de secção transversal dos nadadores do escalão de seniores segundo as metodologias de “planimetry” e Clarys.

Seniores	$\bar{x} \pm dp$	P
“planimetry”	664,94 ± 116,00	0,18
Clarys	709,16 ± 118,02	

Encontramos nos Seniores a maior diferença verificada de entre os 4 escalões etários que considerámos, a diferença entre as médias calculadas é de 44,22cm², contudo não significativa.

5.1.4 - Análise por Sexo

Considerámos pertinente diferenciar também os valores da área de secção transversal por sexo, vamos então agora analisar os femininos e de seguida os masculinos.

Atentando-nos agora à análise da nossa amostra exclusivamente no que se refere ao sexo feminino (tabela 16), podemos verificar uma menor diferença entre os valores médios da área de secção. Segundo a “planimetry”, 554,51 cm², de acordo com Clarys 550,20 cm². A diferença de 4,31 cm² não é significativa.

Tabela 16: Valores médios e respectivos desvios-padrão das áreas de secção transversal dos nadadores do sexo feminino segundo as metodologias de “planimetry” e Clarys.

Femininos	$\bar{x} \pm dp$	P
“planimetry”	554,51 ± 92,23	0,70
Clarys	550,20 ± 84,20	

De acordo com o estudo de Cappaert e Gordon (1998), para as mulheres, os métodos de cálculo através do tronco e Clarys também não apresentaram diferenças significativas.

Uma vez que os valores apresentados pelas duas metodologias que utilizámos não apresentam diferenças significativas, poderá estar aqui uma pertinência do nosso estudo.

Analisando agora a nossa amostra no que se refere aos indivíduos do sexo Masculino (tabela 17), visualizamos uma maior diferença no que se refere aos valores médios para a área de secção transversal.

Tabela 17: Valores médios e respectivos desvios-padrão das áreas de secção transversal dos nadadores do sexo masculino segundo as metodologias de “planimetry” e Clarys.

Masculinos	$\bar{x} \pm dp$	P
“planimetry”	640,57 ± 90,41	0,19
Clarys	658,33 ± 103,15	

Segundo a metodologia de “planimetry” a média da área de secção transversal dos atletas Masculinos é de 640,57 cm², segundo a equação de Clarys a média sobe para os 658,33 cm². Encontramos então aqui uma diferença não significativa de 17,76 cm².

Segundo o estudo de Cappaert e Gordon (1998), os diversos métodos de cálculo da área da superfície frontal utilizados para os homens, embora tenham sido significativamente correlacionados entre si, foram também significativamente diferentes entre si.

De acordo com os valores obtidos no nosso estudo para os Masculinos, que não apresentaram diferenças significativas entre as duas metodologias, comparativamente aos resultados de Cappaert e Gordon (1998) que apresentaram diferenças significativas, observamos agora um contraste inverso relativamente à comparação feita entre os dois estudos para os Femininos.

5.2 - Diferenças entre Grupos

Após analisarmos e compararmos os valores da Área de Secção Transversal calculados através das diferentes metodologias para cada item, vamos agora proceder à análise e comparação de vários itens relativamente à mesma metodologia em função do grupo analisado.

5.2.1 - Análise por Escalões de Formação e de Elite

Como já referido anteriormente, no nosso estudo considerámos como escalões de Formação os escalões etários de Infantis e Juvenis. Já o escalão de Elite foi constituído pelos escalões etários de Juniores e Seniores.

Na tabela 18, podemos verificar os valores médios da área de secção transversal relativos a cada metodologia e comparar as diferenças entre os dois escalões.

Tabela 18: Valores médios e respectivos desvios-padrão das áreas de secção transversal dos nadadores do sexo feminino segundo as metodologias de “planimetry” e Clarys.

Metodologia	Escalão	$\bar{x} \pm dp$	P
“planimetry”	Escalão Formação	563,58 ± 104,25	0,02*
	Escalão Elite	636,45 ± 79,41	
Clarys	Escalão Formação	564,82 ± 102,90	0,01*
	Escalão Elite	650,84 ± 94,23	

* P < 0,05

Quanto à metodologia de “planimetry”, a média da área de secção transversal dos atletas que compõem o escalão de formação é de 563,58 cm², para os do escalão de elite a média sobe para os 636,45 cm². Encontramos então aqui uma diferença significativa de 72,87 cm².

Através da equação de Clarys, a média da área de secção transversal para o escalão de formação é de 564,82 cm², quando calculada para o escalão de elite a média aumenta para os 650,84 cm². Encontramos também aqui uma diferença significativa de 86,02 cm².

Não havendo conhecimento da nossa parte sobre outro estudo para podermos comparar estas variáveis, de forma geral e como esperado por nós, podemos verificar que

dentro de cada metodologia a área de secção transversal é maior no escalão de elite relativamente ao de formação.

Pensamos que estes valores significativamente maiores encontrados no escalão de elite através de ambas as metodologias são facilmente justificáveis por uma maior maturação fisiológica destes indivíduos. De acordo com um estudo sobre o arrasto hidrodinâmico, que depende em grande escala da área de secção transversal oposta ao deslocamento, realizado por Vilas-Boas e Fernandes (2001), o crescimento de D com a idade e o nível desportivo era esperado, sobretudo por duas razões fundamentais: (i) com a idade é esperado um crescimento físico assinalável, nomeadamente próximo-distal e em volume, o que presumivelmente se reflectirá num aumento de S, (ii) com a idade e com o nível desportivo, observa-se um natural aumento progressivo da velocidade máxima de nado, o que implicará também um aumento de D, já que este parâmetro, para um mesmo sujeito ou corpo, varia sempre com a velocidade.

5.2.2 - Análise por Escalões Etários

Mantendo a análise por metodologia de cálculo, de seguida vamos atentar aos valores médios de área de secção transversal para cada escalão etário, considerando para o efeito: Infantis, Juvenis, Juniores e Seniores (tabela 19).

Tabela 19: Valores médios e respectivos desvios-padrão das áreas de secção transversal dos nadadores do sexo feminino segundo as metodologias de “planimetry” e Clarys.

Metodologia	Escalão	$\bar{X} \pm dp$	P
“planimetry”	Infantis	489,08 ± 81,81	0,00*
	Juvenis	620,88 ± 81,99	
	Juniores	622,20 ± 56,15	
	Seniores	664,94 ± 116,00	
Clarys	Infantis	488,77 ± 83,68	0,00*
	Juvenis	623,32 ± 75,06	
	Juniores	615,85 ± 58,59	
	Seniores	709,16 ± 118,02	

* P < 0,05

Relativamente à metodologia de “planimetry”, a média da área de secção transversal para os atletas infantis é de 489,08 cm², para os juvenis 620,88 cm², para os juniores 622,20 cm² e por último para os seniores 664,94 cm². Atendendo a estes valores apresentados, entendemos que existem diferenças significativas.

Quanto aos valores apresentados quando calculados com a equação Clarys, a média da área de secção transversal para os infantis é de 488,77 cm², para os juvenis 623,32 cm², 615,85 cm² para os juniores, e por último 709,16 cm² para os seniores. Dada a amplitude verificada entre estes valores, consideramos que também aqui existem diferenças significativas.

Para poder nadar mais rápido e com menor gasto de energia, é necessário adoptar na água uma posição que ofereça a mínima superfície frontal do corpo (Navarro e Arsénio, 1999), de acordo com os resultados do nosso estudo podemos dizer que esta ideia torna-se mais pertinente conforme os escalões etários dos atletas são mais elevados.

5.2.3 - Análise por Sexo

Por último, vamos seguidamente analisar os valores médios de área de secção transversal para cada metodologia (tabela 20) e comparar as diferenças entre o sexo feminino e o masculino.

Tabela 20: Valores médios e respectivos desvios-padrão das áreas de secção transversal dos nadadores do sexo feminino segundo as metodologias de “planimetry” e Clarys.

Metodologia	Escalão	$\bar{X} \pm dp$	P
“planimetry”	Feminino	554,51 ± 92,23	0,01*
	Masculino	640,57 ± 90,41	
Clarys	Feminino	550,20 ± 84,20	0,00*
	Masculino	658,33 ± 103,15	

* P < 0,05

Quanto à metodologia de “planimetry”, a média da área de secção transversal das atletas femininas é de 554,51 cm², já para atletas masculinos a média eleva-se para os 640,57 cm². Encontramos entre estes valores uma diferença significativa de 86,06 cm².

Através da equação de Clarys, a média da área de secção transversal para o sexo feminino é de 550,20 cm², quando calculada para o masculino a média aumenta para os 658,33 cm². Encontramos também aqui uma diferença significativa de 108,13 cm².

6 - Conclusões

Tendo em conta os resultados obtidos e os objectivos do nosso estudo, podemos tirar as seguintes conclusões:

- Existem diferenças entre os nadadores masculinos e femininos na área de secção transversal oposta ao deslocamento, apresentando os nadadores do sexo masculino valores mais elevados, utilizando ambas as metodologias de cálculo desta variável.

- Existem diferenças entre os nadadores de diferentes escalões etários na área de secção transversal oposta ao deslocamento, apresentando os nadadores com mais idade valores mais elevados, utilizando ambas as metodologias de cálculo desta variável.

- Não existem diferenças na determinação da área de secção transversal utilizando a equação de Clarys (1978) e a técnica de “planimetry”, quando considerada a amostra global e quando a mesma é dividida por sexo ou por escalão etário.

- A equação de Clarys (1978) parece continuar a ser uma técnica válida para a determinação da área de secção transversal dos nadadores, pelo que pode ser um instrumento bastante útil para a comunidade técnico-científica ligada à natação.

7 - Referências Bibliográficas

- Araújo, J. (1995). Manual do Treinador do Desporto Profissional. Editora Campo das Letras. Porto.
- Atha, J. (1990). Developments in the SSR. Workshop: An Expert system on PC for education of coaches and evaluation of swimmers. Satellite meeting of the V International Symposium Biomechanics and Medicine in Swimming. Sds, Ilokul, Leuven, Belgium.
- Bixler, B., Pease, D. e Fairhurst, F. (2007). The accuracy of computational fluid dynamics analysis of the passive drag of a male swimmer. *Sports Biomechanics*, 6, 81-98.
- Cappaert, J. e Gordon, B. (1998). Frontal surface area measurements in national caliber swimmers. Blackwell Science Ltd. *Sports Engineering*. 1, 51-55.
- Cappaert, J., Pease, D. e Froup, J. (1995). análise tridimensional dos homens 100 metros nado livre com o durin; Jogos Olímpicos de 1992., *7ourtuatl of Applied Biomechanirs*, 11, 103-112.
- Chatard, J., Collomp, C., Maglischo, E. e Maglischo C. (1990). Swimming skill and stroking characteristics of front crawl swimmers. *Int J Sports Med* 11(2): 116-161.
- Clarys, J. (1978). Relationship of human body from to passive and active hydrodynamics to human body. In: E. Asmussen e K. Jorgensen (eds), *Biomechanics VIB*, pp. 120-125. University Park Press, Baltimore.
- Clarys, J. (1979). Human morphology and hydrodynamics. In: Terauds J, Bedingfield EW (eds.), *Swimming III*. Baltimore: University Park Press, 3-41
- Curado, J. (2002). *Organização do Treino nos Desportos Colectivos*. Editorial Caminho SA. Lisboa.
- Di Prampero, P., Pendergast, D., Wilson, D. e Rennie, D. (1974). Energetics of swimming in man. *J Appl Physiol* 37: 1-5 5. Hollander, A., Groot, G. e Schenau, G. (1985). Active drag in female swimmers. Abstracts of the 10th Congress of Biomechanics. ISB
- Dubois-Reymond, R. (1905). Zum physiologie des schwimmens. *Archive für anatomye und physiologie (abteilung physiologie)*, XXIX: 252-274.
- Fédiaevsky, C., Voitkounski, I. e Faddéev, Y. (1979). *Mecânica dos fluidos*. Porto: Lopes da Silva.
- Fernandes, R e Vilas-Boas, J. (2001). Partidas e Viragens em Natação: descrição e sequências metodológicas. Documentação: II Seminário de Natação. Viseu, Novos horizontes.
- Grote, K. (1999). Tech Tips: The open turn. *Swim World and Junior Swimmer*, 40 (12): 16-17.

- Guimarães, A., e Hay, J. (1985). A mechanical analysis of the grab starting technique in swimming. *International Journal of Sports Biomechanics*, 1, 25-35.
- Hoemer, S. (1958) *Fluído dinâmico*. Publicado pelo autor: Midland Park, 17.
- Hollander, A., de Groot, G., e Schenau, G. (1985). Active drag in female swimmers. Abstracts of the 10th Congress of Biomechanics. ISB
- Hollander, A., de Groot, G., van Ingen Schenau, G., Toussaint, H., de Best, H., Peeters, W., Meulemans, A. e Schreurs, A. (1986). Measurement of active drag during crawl arm stroke swimming. *J Sports Sci* 4(1) : 21-30
- Karpovich, P. (1933). Water resistance in swimming. *Res Quart.* 4: 21-28
- Kolmogorov, S., Rumyantseva, O., Gordon, B., e Cappaert, J. (1997). Hydrodynamic characteristics of competitive swimmers of different genders and performance levels. *J Appl Biomech* 13:88-97
- Kolmogorov, S. e Duplishcheva, O. (1992). Arraste Active, potência útil mecânica e força hidrodinâmica coeficiente de diferentes cursos de natação em velocidade máxima. *Jornal de Bromechanics*, 25, 311-318.
- Liljestränd, G. e Stenström, N. (1919). Studiën uber die physiologie des chwimmens. *Scand Arch Physiol* 39: 1-63
- Lima, A. (2006). Conhecimento de resultados e eficiência no treino da técnica em natação: concepção, desenvolvimento e avaliação de um sistema de biofeedbacks para o treino da técnica em nadadores. Porto: A. Lima. Dissertação de Doutoramento apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto.
- Maglischo, E. (1993). *Swimming Even Faster*. Mountain View California: Mayfield Publishing Company
- Maglischo, E. (2003). *Swimming fastest*. Mayfield Publishing Company. Mountain View, Califórnia, USA.
- Navarro, F. e Arsénio, O. (1999). *Natación II. La natación e su entrenamiento*. IBD e Ministério do Gobierno. Buenos Aires.
- Sanders, R., Rushall, B., Toussaint, H., Stager, J. e Takagi, H. (2001). Bodysuit yourself: but first think about it. *Journal of Turbulence*
- Schleihau, R. (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. (1984). The biomechanical analysis of swimming propulsion in the sprint front crawl. *Ed. D. Dissertatiios*. Columbia Teachers College. Columbia
- Toussaint, H., Roos, P. e Kolmogorov, S. (2004). The determination of drag in front crawl swimming. *J. of Biomechanics*. 37:1655-1663.

- Toussaint, R. (1990). Diferenças na eficiência propulsiva entre nadadores competitivos e triathlon. *Medicina e Ciência no Esporte e Exercício*, 22, 409-415.
- Ungerechts, B. e Niklas, A. (1994). Factors of active drag estimated by flume swimming. In: Miyashita M, Mutoh M, Richardson R (eds.), *Medicine and science in aquatic sports*, *Med Sport Sci* 39: 137-142. Basel: Karger.
- Vilas-Boas, J. (1993). Caracterização biofísica de três variantes da técnica de bruços. Porto: J. Vilas-Boas. Dissertação de Doutoramento apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto.
- Vilas-Boas, J. (1997). Bases mecânicas da natação.: R. Fernandes, J. V. Porto.
- Vilas-Boas, J. (1997b). O estado actual da investigação científica sobre técnica desportiva em natação. 17º Congreso da Asociacion Española de Técnicos de Natación e 4º Congreso Ibérico. Camargo, Cantabria, España.
- Vilas-Boas, J. (2000). Aproximação biofísica ao desempenho e ao treino de nadadores. *Revista Paulista Educação Física*. 14(2): 107-117, Jul./Dez. 2000. São Paulo.
- Vilas-Boas, J. (2001). Aproximação biofísica ao desempenho e ao treino de nadadores. *Revista Paulista Educação Física*. 14(2): 107-117, Jul./Dez. 2000. São Paulo.