

## Modelação matemática na física do desporto

Cidália Macedo

A solução de um problema, na Física, Engenharia, Biologia, Medicina, Economia, Ciências Sociais, Desporto ..., é hoje em dia procurada usando modelos matemáticos. O processo da modelação depende da área científica mas todos partilham de alguns procedimentos (etapas) comuns:

### 1ª etapa. Identificação do problema

A consciencialização da existência do problema nasce de forma espontânea (sede de saber, justificação do ser, procura da verdade) ou quando se está numa situação de risco ou de melhoria de condições (cura de uma doença, controle dos rios, prestações desportivas).

Na base da *competição desportiva* está a vontade de ser mais forte, de saltar mais longe ou mais alto e de ir mais depressa. Na natação, treinadores e atletas procuram que a Biofísica os ajude a otimizar a propulsão e diminuir a resistência (de superfície e de forma) do meio aquático.

Um problema pode ser para todos, para alguns ou para nenhum de nós. Seja como for, a sua identificação pressupõe o seu isolamento do meio externo e a forma como ele se une a esse mesmo meio. Criam-se assim *sistemas* com as suas *variáveis* e *parâmetros*. Assumem-se *simplificações* ou *aproximações* a fim de tornar o problema menos complexo sob pena de ser insolúvel. Fazem-se diagramas, árvores, grafos ou seja esquemas geométricos que ajudam a reter o que é essencial sem, contudo, desvirtualizar o problema.

A locomoção de um objecto num meio fluido, seja este um líquido ou um gás, depende da velocidade (*variável*) e de vários *parâmetros* (massa volúmica e viscosidade do fluido, área da superfície do objecto, temperatura, salinidade, ...)

Um nadador melhora a sua flutuabilidade se nadar numa piscina de água salgada (figura 1).

Figura 1.







Figura 2.

São a partir de leis da natureza (1), de leis constitutivas (2) e de constrangimentos geométricos (3) que se estabelecem os modelos matemáticos<sup>(4)</sup>:

- 1) Leis da natureza — regem os fenómenos e são reconhecidamente consideradas como muito válidas. São empíricas, observam-se.

Na natação, várias leis sustentam a sua cientificidade. Por exemplo:

- Arquimedes, um matemático que viveu acerca de 2000 anos estabeleceu um princípio que guarda o seu nome e que diz que a grandeza da força exercida por um fluido num corpo nele imerso é igual ao peso do volume  $V$  de fluido deslocado:  $F = \rho V g$  ( $\rho$  — massa volúmica do fluido,  $g$  — aceleração da gravidade);
- A força de resistência que actua num corpo em movimento num meio fluido é proporcional ao quadrado da sua velocidade:  $F_R = kv^2$ ;
- A energia consumida pelo atleta é proporcional ao cubo da velocidade das braçadas:  $E = kv^3$ ;

- 2) Leis constitutivas — levam em conta os materiais de que são feitos os sistemas.

Apesar da resistência de superfície não ser significativa, os nadadores depilam-se ou usam fatos elaborados com fibras especiais de grande elasticidade.

- 3) Constrangimentos geométricos — os fenómenos ocorrem num universo finito quer no espaço quer no tempo. A noção matemática do infinitamente grande ou do infinitamente pequeno corresponde apenas a uma necessidade de mudança de escala no estudo de um dado fenómeno.

A resistência de forma é diminuída pelo nadador ao manter o seu corpo alongado e reduzindo a sua secção transversal (livres e costas: rotação do corpo entre cada braçada; bruços: afunilamento dos braços e o encolhimento dos ombros entre cada pernada; mariposa: levantamento do tronco durante a fase impulsora)

- 4) Modelos matemáticos — são conjuntos de equações algébricas ou equações diferenciais que traduzem a formulação matemática das leis.

## 2ª etapa. Resolução do problema

A determinação das soluções, se estas existirem, utiliza métodos analíticos, numéricos, computacionais ou estatísticos. A adequação do método ao modelo matemático pode consistir, ele próprio um problema ... sugerindo a interligação de várias áreas e obrigando a constituição de equipas multidisciplinares.

A dificuldade de um nadador flutuar vem do facto do seu peso  $P$  e a força de impulsão exercida pelo meio aquático provocarem uma rotação no nadador que deverá resolver o problema desenvolvendo a sua técnica (figura 2).

## 3ª etapa. Interpretação dos resultados

As soluções encontradas devem estar de acordo com o fenómeno em estudo e serem organizadas de modo a reconhecer-se nelas as vantagens e desvantagens de serem utilizadas.

Ora, isso obriga que os modelos matemáticos tenham um número mínimo de valores fixos o que permitirá simular situações diferentes, variando, por exemplo, as dimensões e os materiais dos sistemas ou outros parâmetros que alteram a sua eficiência e rendimento.

A velocidade de um nadador é obtida dividindo a distância percorrida pelo tempo gasto.

Os treinadores têm duas quantidades que medem melhor a eficiência de um nadador:

- a) a razão entre a distância percorrida pelo número de braçadas efectuadas (média de braçadas).
- b) a razão entre o número total de braçadas e o tempo gasto (frequência de braçadas).

Escolher, prever, controlar e decidir são acções que resultam desta etapa.

As técnicas usadas na natação sofreram uma grande evolução no início dos anos 70 quando várias pesquisas revelaram que as forças de sustentação que agem sobre a mão poderiam actuar como geradoras de propulsão. A acção sinuosa para trás efectuada pelo nadador optimiza a propulsão. Por outro lado, ainda hoje não está determinado se as pernas contribuem para as forças propulsivas que impelem o nadador para a frente.

Cidália Macedo

Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria