

# Introdução à Biomecânica

## Tiago Barbosa

### 1. AS CIÊNCIAS DO DESPORTO E A BIOMECÂNICA

A investigação aplicada ao contexto desportivo, quando comparado com outras actividades humanas, é relativamente recente. Só após o fim da segunda guerra mundial é que se verifica um aumento exponencial da investigação no domínio do desporto, da educação física e, da actividade física.

Com efeito, existe um conjunto de ciências que têm vindo a desenvolver trabalhos de investigação, debruçando-se sobre a problemática do desporto. São as denominadas Ciências do Desporto (Gaya, 1994). As diversas Ciências do Desporto podem ser agrupadas por áreas, de acordo com o tipo de abordagem utilizada para estudar o desporto. Uma dessas áreas é a das ciências biológicas, onde se destaca a Fisiologia do Exercício, a Bioquímica, a Antropometria ou, a Biomecânica.

### 2. DEFINIÇÕES DE BIOMECÂNICA

Existem várias definições de Biomecânica. Diversos autores tem vindo a propor diferentes definições para esta ciência, que é o mesmo que dizer que perfilham diferentes perspectivas quanto ao seu papel no domínio da investigação na área da actividades física.

Numa análise morfológica da palavra Biomecânica, pode-se decompor o termo em duas partes. No prefixo “bio”, de biológico, ou seja, relativo aos seres vivos e, mecânica. Logo, a partir da análise morfológica da palavra, a Biomecânica será a aplicação dos princípios da Mecânica aos seres vivos.

Hay (1978), descreve a Biomecânica como sendo a ciência que estuda as forças internas e externas que actuam no corpo humano e, os efeitos produzidos por essas forças. Ou seja, esta definição mais não será que uma adaptação da definição de mecânica mas, desta feita, aplicada a sistemas biológicos, neste caso o corpo humano.

Da definição proposta por Hay (1978), observa-se a existência de dois campos de estudo distintos na Biomecânica: o estudo das forças internas e das forças externas e, as suas repercussões. Assim, pode-se distinguir a existência da Biomecânica interna e, da Biomecânica externa (Hay, 1978; Amadio, 1989; 1996).

Segundo Amadio (1989; 1996), a Biomecânica interna preocupa-se com a determinação das forças internas e as consequências resultantes dessas forças. Já a Biomecânica externa representa os parâmetros de determinação quantitativa ou qualitativa referentes às mudanças de lugar e de posição do corpo, ou seja, refere-se às características observáveis exteriormente na estrutura do movimento (Amadio, 1989; 1996). Por sua vez, McGinnis (1999), refere que será integrado na Biomecânica interna o estudo dos biomateriais, do sistema esquelético, do sistema nervoso e, do sistema muscular. Ainda o mesmo autor, integra na Biomecânica externa o estudo da cinética linear e angular, da cinemática linear e angular, do equilíbrio e, da mecânica dos fluidos.

Uma outra definição, caracteriza a Biomecânica como sendo o estudo da estrutura e da função dos sistemas biológicos, utilizando os métodos da Mecânica (Enoka, 1989; Hall, 1991; Adrian e Cooper, 1995).

Desta definição emergem implicitamente as áreas subsidiárias da Biomecânica, isto é, a Anatomia, a Fisiologia e, a Mecânica (Hall, 1991). Ou seja, para se desenvolver um estudo biomecânico necessitar-se-á do contributo destas três ciências.

A Anatomia é a ciência que estuda as formas e as estruturas dos seres vivos (Castro, 1976). A Fisiologia é a ciência que estuda o funcionamento de todas as partes do organismo vivo, bem como do organismo como um todo (Guyton, 1988). E a Mecânica é a ciência que descreve e prediz as condições de repouso ou de movimento de corpos sob a acção de forças.

Relembre-se que na Mecânica, distinguem-se diversos ramos. A Estática é o subramo da Mecânica que estuda os sistemas que estão em estado de movimento constante, através da Cinética e; a Dinâmica estuda os sistemas em movimento, nos quais a aceleração está presente, por meio da Cinética e da Cinemática.

Por sua vez, a Cinética estuda as forças associadas ao movimento do corpo e, a Cinemática a estuda o movimento do corpo em relação ao tempo, à sua trajectória, à sua velocidade e, à sua aceleração.

### **3. CONSIDERAÇÕES EPISTEMOLÓGICAS**

Em termos epistemológicos, uma ciência só é considerada como autónoma quando detém um objecto de estudo próprio e, metodologias específicas. O mesmo se passa com a Biomecânica. Dado que é considerada como uma ciência autónoma, terá de possuir um objecto de estudo próprio e metodologias que se distinguem das restantes ciências.

#### **3.1. OBJECTO DE ESTUDO**

O objecto de estudo da Biomecânica é o sistema gestual, isto é, o movimento. Este estudo do sistema gestual consiste na análise da interacção do corpo, que realiza a acção, com o meio envolvente.

Ou seja, a Biomecânica dedica-se ao estudo das acções dos diversos tipos de corpos, quer sejam partículas, corpos rígidos ou, articulados. Mas, tomando sempre em consideração o meio envolvente e as suas características particulares, como por exemplo, a existência da força da gravidade.

Essa interacção entre o corpo e o meio far-se-á tomando como referência os vínculos do sistema, isto é, as cadeias cinemáticas e os diversos graus de liberdade que o corpo apresenta. As cadeias cinemáticas permitem determinar que tipo de relação existe entre o corpo e o meio, se é aberta ou fechada, determinado pela existência – ou não – de apoios fixos externos. Os graus de liberdade permitem descrever a localização e a orientação dos corpos ou dos seus segmentos no espaço.



**Figura 1. O Objecto de estudo da Biomecânica.**

Em termos mais específicos, serão considerados como objectivos da Biomecânica:

- a) aumentar a eficiência técnica dos sujeitos
  - . estudando e comparando o desempenhos dos melhores com o desempenho do indivíduos a quem se deseja aumentar a eficiência;
  - . analisando as técnicas à luz dos princípios da Mecânica;
  - . utilizando simulações computadorizadas;
  - . melhorando os equipamentos e os materiais.
- b) diminuir a probabilidade de se verificarem lesões, do tipo crónico ou agudo, decorrentes da actividade física.

De acordo com Adrian e Cooper (1995), estes objectivos podem ser atingidos em diversos domínios da actividade motriz, por outras palavras, em diferentes campos de aplicação.

**Quadro 1. Campos de aplicação da Biomecânica (Adrian e Cooper, 1995).**

<b>Campo Aplicação</b>	<b>Objecto de estudo</b>
Biomecânica do Desenvolvimento	Estudos dos padrões de movimento e as suas alterações devido à interacção do sujeito com o meio envolvente ao longo do desenvolvimento ontogenético.
Biomecânica do Desporto	Estudo das técnicas desportivas procurando a maximização da sua eficiência e, redução dos riscos de lesão.
Biomecânica Reabilitava	Estudo dos padrões de movimento em sujeitos lesionados ou portadores de deficiências.
Biomecânica Ocupacional	Estudo da interacção do trabalhador com seu meio de trabalho, no domínio antropométrico, mecânico e, aspectos do envolvimento.
Biomecânica nas Artes	Estudo da eficiência das técnicas artísticas (dança, música, teatro, etc.).

### 3.2. METODOLOGIA

De acordo com Baumann (1995), pode-se distinguir as seguintes metodologias de aplicação em Biomecânica: os empírico-indutivos e, os teórico-dedutivos.

No método indutivo, a partir dos dados recolhidos de forma empírica, passa-se a deduzir afirmações genéricas. Ou seja, de forma sintética, passa-se da observação de factos particulares para a sua generalização. No processo dedutivo, efectuado o processo inverso ou seja, far-se-á uma inferência sobre o fenómeno em estudo, com base nos conhecimentos já existentes. Isto é, partindo de conhecimentos generalizados ir-se-á procurar explicar casos particulares.

### 3.2.1. MÉTODOS DE MEDIÇÃO

De acordo com Amadio (1996) e Bauman (1995), os métodos de medição utilizados pela Biomecânica para abordar as diversas formas de movimento são a Cinemetria, a Dinamometria, a Electromiografia e, a Antropometria.

Utilizando estes métodos, o movimento poderá ser descrito e modelado matematicamente, permitindo uma melhor compreensão dos mecanismos internos reguladores e executores do movimento do corpo humano (Amadio, 1996).

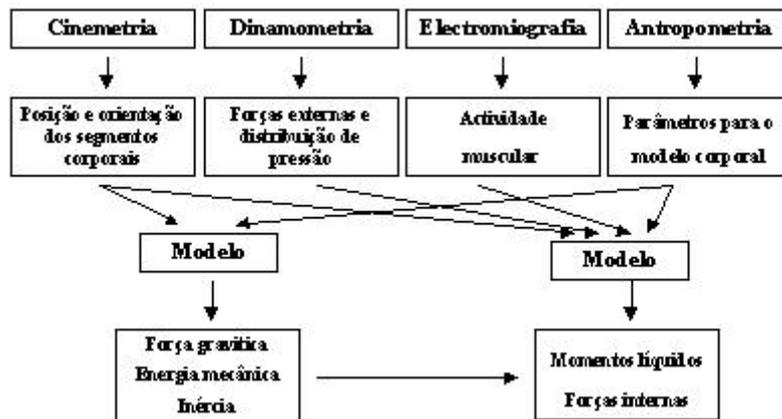


Figura 2. Métodos de medição em Biomecânica (adaptado de Baumann, 1995).

#### 3.2.1.1. CINEMETRIA

A cinemetria consiste na análise de parâmetros cinemáticos, tendo por base a recolha de imagens do movimento em estudo e a sua posterior análise .

Este método permite, fundamentalmente, a caracterização cinemática das técnicas em estudo. Por exemplo, a análise da distância, do tempo, da velocidade e, da aceleração obtida por um dado segmento corporal ou pelo centro de massa do sujeito ao realizar um determinado gesto.

Existem diversos processos de análise cinemática, como a cinematografia, a cronociclografia, cineradiografia e, a estroboscopia.

Todavia, hoje em dia, o processo mais frequente na análise cinemática é videografia. Existem dois tipos distintos de análises cinemáticas: as análises bidimensionais e as tridimensionais.

Os procedimentos metodológicos incluem, num primeiro momento, a filmagem de um objecto de calibração e do movimento em estudo, por câmaras colocadas num só plano (estudos bidimensionais) ou em diversos planos (estudo tridimensional).

Numa segunda fase, é utilizado um sistema vídeo-analógico de medição do movimento, ou seja, um programa informático, através do qual se captará os dados por meio de um procedimento manual ou automático de digitalização dos pontos de referência anatómica do indivíduo, em cada fotograma. Este procedimento tem como objectivo a criação de imagens animadas de modelos espaciais, isto é, de um modelo que represente o sujeito através de segmentos rígidos e articulados, correspondentes aos diversos segmentos anatómicos a realizar a tarefa em estudo.

Antes, realizar-se-á o cálculo do factor escala, a partir de um objecto de calibração do tipo bidimensional ou tridimensional, de acordo com o tipo de estudo a realizar, o qual permitirá a conversão das coordenadas do sistema informático em coordenadas reais.

Após a digitalização das imagens, os dados serão tratados, isto é, através de determinadas técnicas de filtragem, as informações obtidas serão corrigidas, aumentando a fiabilidade dos resultados.

Finalmente, serão recolhidos os dados de interesse para o estudo sob a forma numérica, gráfica ou, pictórica.

### **3.2.1.2. DINAMOMETRIA**

A dinamometria refere-se a todo o tipo de processos que tem em vista a medição de forças, bem como, a medição da distribuição de pressões (Adrian e Cooper, 1995; Amadio, 1996).

Uma das técnicas fundamenta-se na utilização de plataformas de força. São dispositivos que registam a força de reacção do solo, nas suas diversas componentes (vertical, lateral e, antero-posterior) em relação à plataforma.

Esses valores são enviados para um processador, o qual através de um aplicativo informático, regista esses dados, os quais serão tratados e analisados.

Uma outra técnica consiste na utilização de plataformas de pressão. Estes são dispositivos que fornecem mapas gráficos e digitais das pressões. Os equipamentos mais frequentes são os sistemas de medição das pressões plantares. Mais não são que palmilhas que contêm transdutores, os quais medem a pressão nas diversas regiões da planta do pé.

### **3.2.1.3. ELECTROMIOGRAFIA**

Refere-se ao estudo da actividade neuromuscular, através da representação gráfica da actividade eléctrica do músculo (Pezzarat Correia et al., 1993).

A Electromiografia caracteriza-se pela detecção e recolha de uma corrente eléctrica, com origem nas fibras musculares. Essas correntes eléctricas tem origem nas alterações electroquímicas das fibras musculares ao serem excitadas, ou seja, nos potenciais de acção.

São actualmente utilizadas duas formas de recolher os sinais electromiográficos: através da colocação de eléctrodos sobre a pele (Electromiografia de superfície) ou no interior do músculo (Electromiografia de profundidade).

O sinal depois de recolhido, será processado, ou seja, tratado através de um conjunto de técnicas para que seja possível medir com fiabilidade os valores obtidos.

Segundo De Luca (1993) e Pezzarat et al. (1993), actualmente, as aplicações mais comuns da Electromiografia consiste em:

- a) determinar o tempo de activação do músculo;
- b) medir o nível de excitação, enquanto indicador da força produzida;
- c) utilizar o sinal electromiográfico enquanto indicador de fadiga.

#### **3.2.1.4. ANTROPOMETRIA**

A Antropometria tem em vista determinar as características e as propriedades do aparelho locomotor. Ou seja, consiste na caracterização e determinação das propriedades da massa corporal.

O estudo do centro de massa de um corpo é um dos elementos fundamentais na análise dos movimentos. E para tal será necessário determinar previamente a sua localização. Para tal, será necessário recorrer-se aos conhecimentos oriundos da Antropometria.

Uma outra área de interesse, para a Biomecânica, é a construção e aperfeiçoamento de equipamentos e materiais. E, mais uma vez, os conhecimentos oriundos da Antropometria serão determinantes para levar a bom termos essas investigações.

Segundo Zatsiorskij et al. (1982, in Amadio, 1996), a Antropometria, no âmbito biomecânico dedica-se, fundamentalmente ao estudo de:

- a) a geometria da massa corporal;
- b) o centro de massa do corpo;
- c) o momento de inércia de cada segmento corporal;
- d) o centro de massa de cada segmento;
- e) as dimensões e as proporções corporais.

Esta área auxilia na descrição e análise do movimento, apoiando-se na construção de modelos antropométricos do corpo humano, tendo por base leis matemáticas e físicas, procurando a optimização do rendimento (Amadio, 1989).

Os métodos de investigação para a determinação das características e propriedades da massa corporal humana, pode dividir-se nas seguintes categorias (Zatsiorsky et al., 1984 in Amadio, 1996):

- a) investigação em cadáveres;
- b) investigação in vivo;
- c) investigação analítica indirecta.

As investigações com cadáveres consistem na determinação das características e propriedades da massa corporal, após o desmembramento dos segmentos do corpo. Um dos estudos, deste tipo, mais citado é o de Dempster (1955), o qual utilizou cadáveres de sujeitos entre os 52 e os 83 anos com pesos que variaram entre os 49 e os 72 Kg.

As investigações antropométricas in vivo, consistem na caracterização e determinação das propriedades da massa em corpos vivos através de diversos métodos, como por exemplo, a pesagem hidrostática, a fotogrametria ou, o pêndulo físico.

Finalmente, as investigações analíticas indirectas tem por base procedimentos analíticos para o cálculo das características e propriedades inerciais da massa corporal. Estes modelos são construídos com base em corpos rígidos e articulados. Esses modelos caracterizam-se por serem: (i) sólidos de densidade uniforme; (ii) com formas geométricas simples; (iii) com os eixos articulares fixos substituídos por móveis, para que simulassem posições e movimentos humanos.

#### 4. BIBLIOGRAFIA

1. ADRIAN, M. e COOPER, J. (1995). **Biomechanics of Human Movement**. McGraw-Hill. Boston.
2. AMADIO, A. (1989). **Fundamentos da Biomecânica do Esporte. Considerações sobre a Análise Cinética e Aspectos Neuro-musculares do Movimento**. Tese de Doutorado. Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo. Não Publicado.
3. AMADIO, A. (1996). **Fundamentos Biomecânicos para a Análise do Movimento Humano**. Edição da Universidade de São Paulo. São Paulo.
4. BAUMMAN, W. (1995). **Métodos de Medição e Campos de Aplicação da Biomecânica: Estado da Arte e Perspectivas**. VI Congresso Brasileiro de Biomecânica. Brasília.
5. CASTRO, S. (1976). **Anatomia Fundamental**. McGraw-Hill. São Paulo.
6. DE LUCA, C. (1993). **The use of Surface Electromyography in Biomechanics**. Watenweiler Memorial Lecture. International Society for Biomechanics.
7. DEMPSTER, H. (1955). The Antropometry of the body in action. **Ann. NY Acad. Sci.** pp. 559-585.
8. ENOKA, R. (1988). **Neuromechanical Basis of Kinesiology**. Human Kinetics. Champaign, IL.
9. GAYA, A. (1994). Das Ciências do Desporto à Ciência do Desporto: Notas Introdutórias para uma Epistemologia da Ciência do Desporto. **Horizonte**. XI (63). pp. 110-114.
10. GUYTON, A. (1988). **Fisiologia Humana**. Editora Guanabara Koogan. Rio de Janeiro.
11. HALL, S. (1991). **Biomecânica Básica**. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro.
12. HAY, J. (1978). **The Biomechanics of Sports Techniques**. Prentice-Hall. Englewoo Cliffs, N.J.
13. MCGINNIS, P. (1999). **Biomechanics of Sports and Exercise**. Human Kinetics. Champaign, IL.
14. PEZZARAT CORREIA, P.; MIL-HOMENS, P. e VELOSO, A. (1993). **Electromiografia. Fundamentação Fisiológica. Métodos de Recolha e Processamento. Aplicações Cinesiológicas**. Edições da Faculdade de Motricidade Humana da Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa.
15. ZATSIORSKY, W.; ARUIN, A.; SELUYANOV, W. (1982a). Massengeometrie des Menschlichen Körpers (I). **Theorie und Praxis der Körperkultur**. (6). pp. 416-423.\*
16. ZATSIORSKY, W.; ARUIN, A.; SELUYANOV, W. (1982b). Massengeometrie des Menschlichen Körpers (II). **Theorie und Praxis der Körperkultur**. (7). pp. 533-541.\*
17. ZATSIORSKY, W.; ARUIN, A.; SELUYANOV, W. (1984). **Biomechanik des Menschlichen Bewegungsapparates**. Sportverlag.\*

\* citação indirecta