

# Biomecânica do chute

Prof. Dr. Guanys de Barros Vilela Junior

# Chute

- Chute de peito de pé é o mais analisado
- É predominantemente usado para se obter o gol, portanto, o mais importante em termos de resultados.
- Captura do movimento: realizada em 1 plano de movimento, tornando mais simples o controle de eventuais erros de paralax e de perspectiva.

# Fases Temporais

O chute pode ser dividido em 4 fases distintas (Wickstrom, 1975).

1) Recuo: a perna do chute é recuada para trás e o joelho flexionado.

2) Balanço: rotação superior e inferior da perna devido a rotação e flexão do quadril.



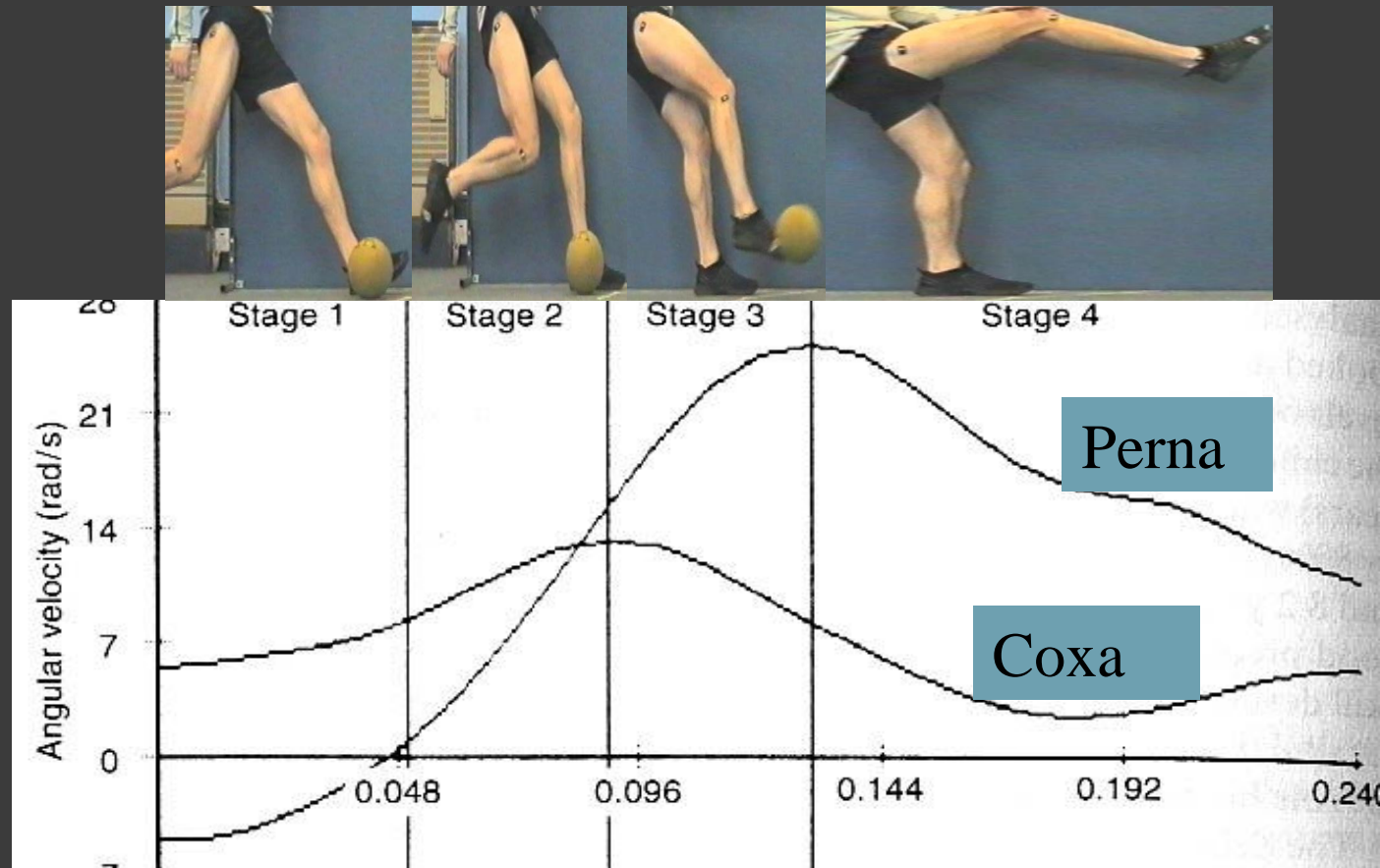
# Fases Temporais

3) Impacto e flexão do joelho. A desaceleração da coxa e aumento da aceleração da perna para o impacto.

4) Finalização: Continuação do movimento para frente e flexão do quadril.



# Fases do movimento de chute



Velocidade Angular da coxa e da perna em função do tempo.  
(Lees, 1996)

# Importantes Aspectos do Chute

- As fases 2 e 3 são as mais importantes em termos de performance.
- Durante a fase 2 a velocidade angular da coxa aumenta e o joelho é flexionado, reduzindo o momento de inércia. A força utilizada é gerada pelos flexores do quadril e da coxa.
- Durante a fase 3 ocorre um aumento na velocidade angular da perna e diminuição da velocidade angular da coxa. Ou seja, a energia cinética é transferida da coxa para a perna.

# Polêmica

- ⦿ A desaceleração da coxa no instante do impacto.
- ⦿ Para Wichstrom (1975) a coxa praticamente não altera sua velocidade neste instante.
- ⦿ Para Putnam (1993) as velocidades da coxa neste instante estão entre  $-2,8$  e  $5,4$  rad/s.
- ⦿ Segundo Day (1987) este valor é de  $5,9$  rad/s em crianças.

# Velocidade do pé

- Uma alta velocidade do pé, consequência de uma alta velocidade angular da perna é muito importante para a produção de um bom chute.
- Asmai & Nolte (1983) obtiveram uma elevada correlação (0,74) entre a velocidade da bola e do pé.
- Para Lees (1996) a velocidade do pé é determinada pela produção de energia durante as fases 2 e 3.
- Aproximadamente 50% da velocidade angular da perna é obtida na fase 2.



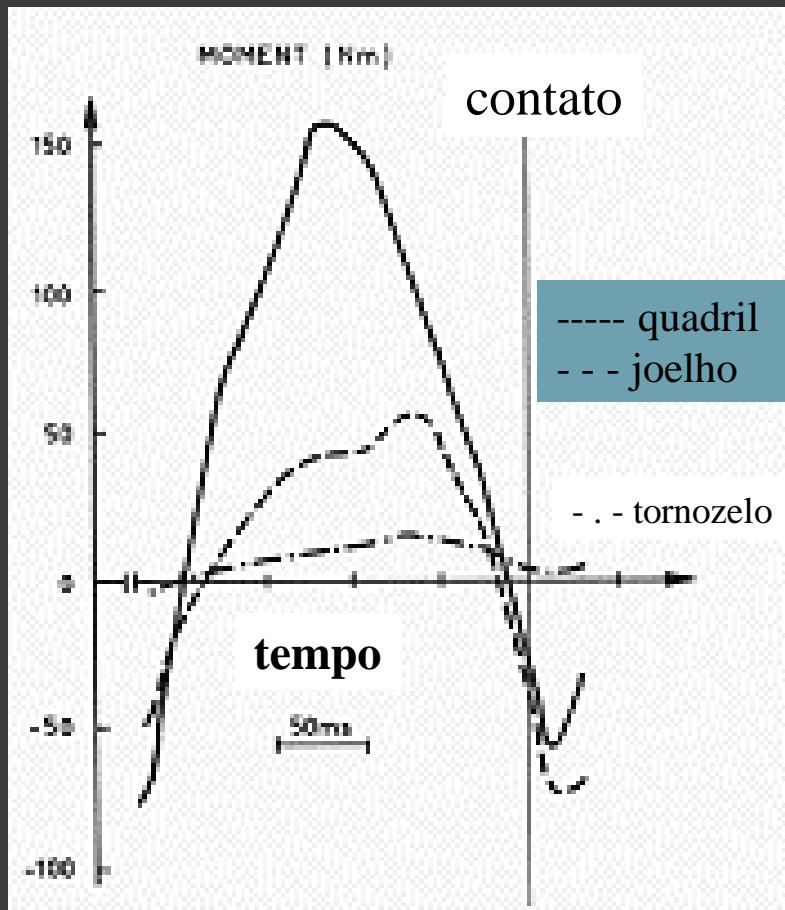
# Estudos sobre a cinética do chute

- Vários estudos tem sido realizados para investigar a relação entre o esforço muscular e a performance do chute. A velocidade do pé (e portanto, do chute) depende da contração voluntária dos músculos.
- Cabri *et al.* (1988), Poulmedis (1988), Nacrici *et al.* (1988) e De Proft *et al.* (1988).

# Mecanismo de Rotação

- O torque do quadril é maior que o do joelho e este é maior que o do tornozelo.
- O torque diminui com a diminuição da velocidade de rotação.
- No instante do impacto os torques articulares são relativamente pequenos, isto indica a contração estabilizadora dos músculos.

# Mecanismo de Rotação



Torques atuantes no instante do impacto são pequenos

Qual a vantagem disto?

# Impacto

- A velocidade da bola pode ser calculada através da equação:
- $V(\text{bola}) = V(\text{pé}) [M] \times [1+e] / [M + m]$
- $V =$  velocidade,  
 $M =$  massa da perna que chuta,  
 $m =$  massa da bola ( 0,41 - 0,45 Kg),  
 $e =$  coeficiente de restituição.



# COEFICIENTE DE RESTITUIÇÃO ( $e$ )

$v_1$  } Velocidades dos corpos  
 $v_2$  } antes da colisão

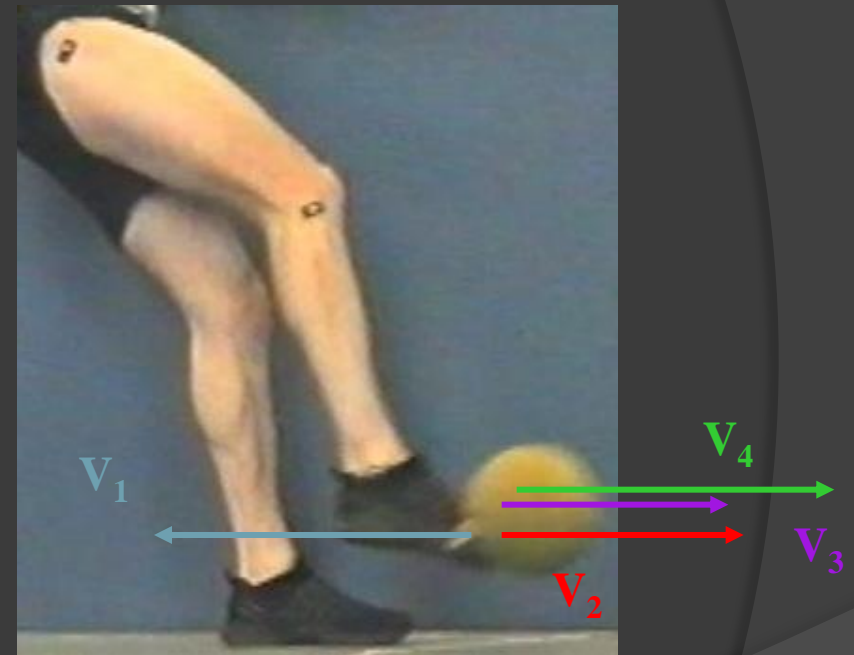
$v_3$  } Velocidades dos corpos  
 $v_4$  } depois da colisão

$V_1$  = velocidade da bola antes do impacto

$V_2$  = velocidade do pé antes do impacto

$V_3$  = velocidade do pé depois do impacto

$V_4$  = velocidade da bola depois do impacto  
(velocidade do chute)



# COEFICIENTE DE RESTITUIÇÃO ( e )

$$e = \frac{\text{velocidade relativa de afastamento}}{\text{velocidade relativa de aproximação}}$$

mesmo sentido

$$v_r = v_1 - v_2$$

$$v_r = v_3 - v_4$$

sentidos opostos

$$v_r = v_1 + v_2$$

$$v_r = v_3 + v_4$$

$e = 0$	$e < 1$	$e = 1$
Colisões perfeitamente anelásticas	Colisões parcialmente elásticas	Colisões perfeitamente elásticas
Máxima dissipação de energia	Dissipação parcial de energia	Conservação de energia

# Coeficiente de Restituição ( $e$ )

- O coeficiente de restituição é aproximadamente constante entre dois materiais. Seus valores oscilam entre 0 e 1. Quando  $e = 0$  os corpos que colidem permanecem unidos após o impacto, e esta colisão é chamada anelástica. Quando  $e=1$  a colisão é perfeitamente elástica e ocorre uma total transferência de energia. Em situação realísticas o coeficiente de restituição está entre estes limites, ou seja, as colisões (impactos) são parcialmente elásticas, ocorrendo portanto, absorção e dissipação de energia.

- ⦿  $M/[M+m]$  é indicador da rigidez do impacto do pé e da perna no momento do impacto.
- ⦿ Cabri *et al.* (1988) identificaram uma alta correlação do chute com a capacidade dos músculos de exercer força excêntrica.



# Efeitos do chute sobre a estrutura do pé

- Causas do Impacto: Deformação das articulações metatarsofalangeais e hiper flexão plantar e do tornozelo. Estas influenciam no valor de  $e$ .
- Asmai & Nolte (1983) não encontraram correlação significativa entre variações do ângulo do tornozelo e a velocidade da bola. Entretanto, detectaram uma correlação significativa entre variações nas articulações metatarsofalangeanas e a velocidade da bola.

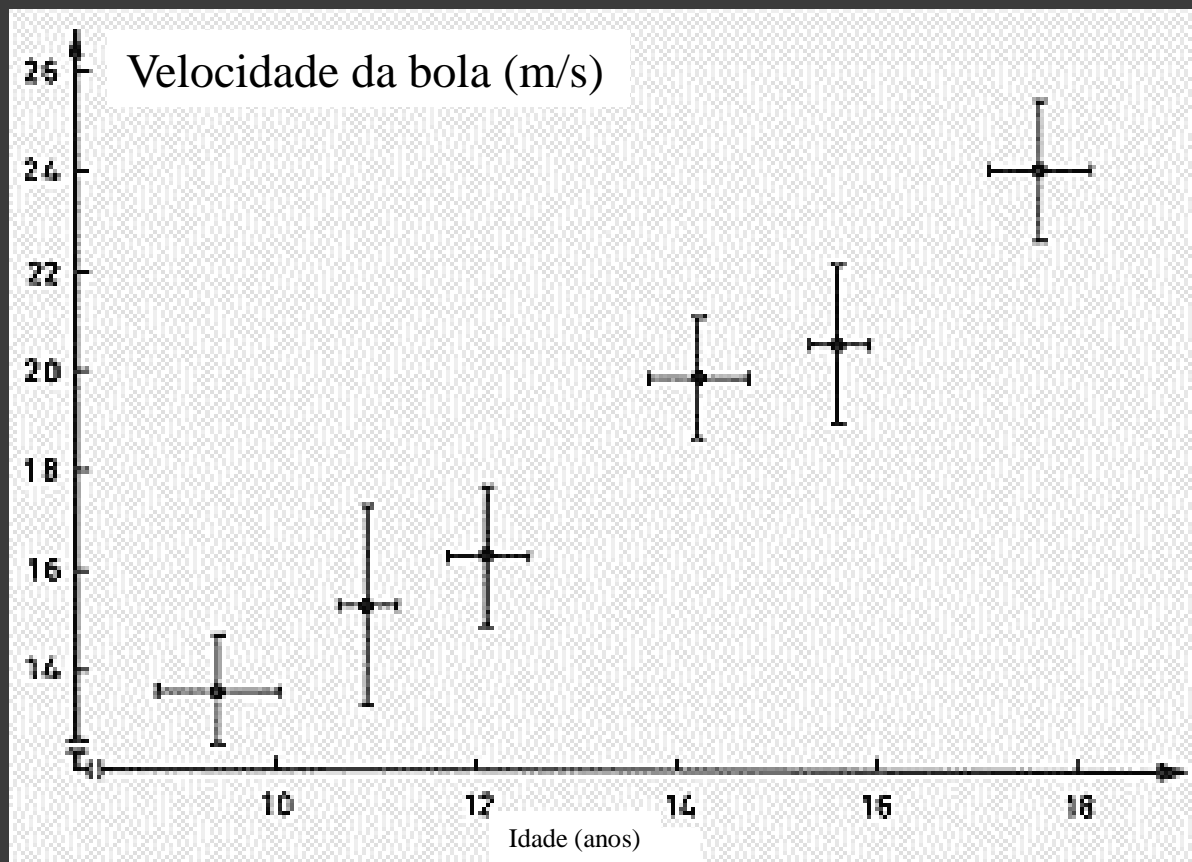
# Relação entre as velocidades da bola e do pé

- A velocidade da bola e do pé se relacionam através da equação:

$$V (\text{bola}) = 1.2 \times V (\text{pé})$$

- Considera-se que para um chute ser biomecanicamente eficiente a razão entre a velocidade da bola e a velocidade do pé deve ser superior a 1,0.

# Velocidade Máxima da bola para diferentes idades



No alto nível pode chegar a 32m/s

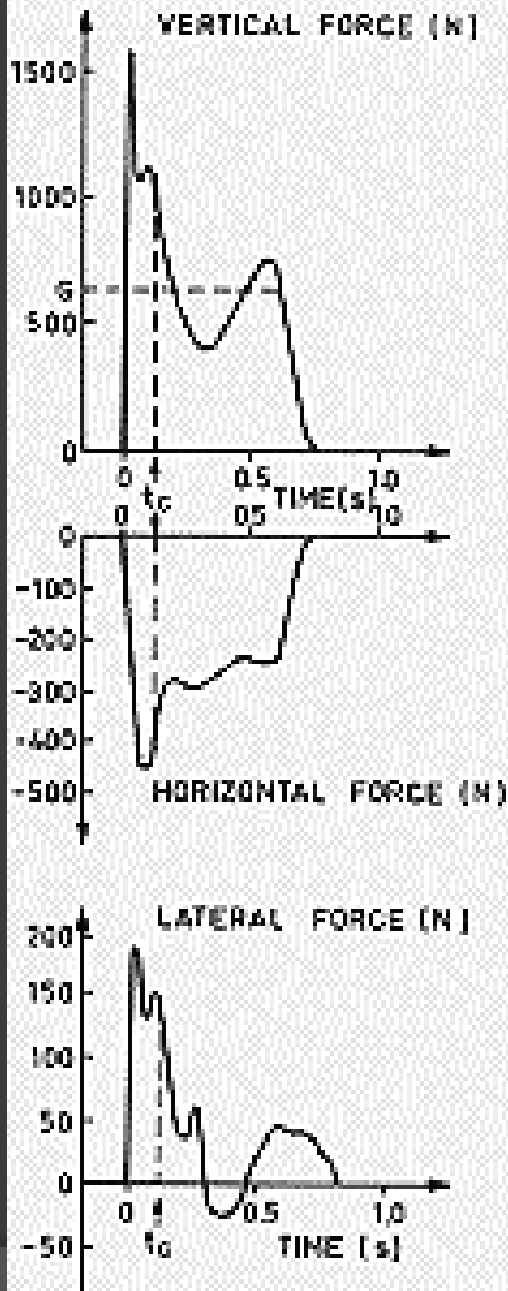
Quanto tempo um goleiro dispõe para tentar a defesa de um penalty?

# Forças de reação durante o chute

Imediatamente antes do contato, as forças de reação são máximas, portanto, trata-se do momento mais crítico do chute.

## Exercício

Qual a força resultante que atua sobre o atleta?

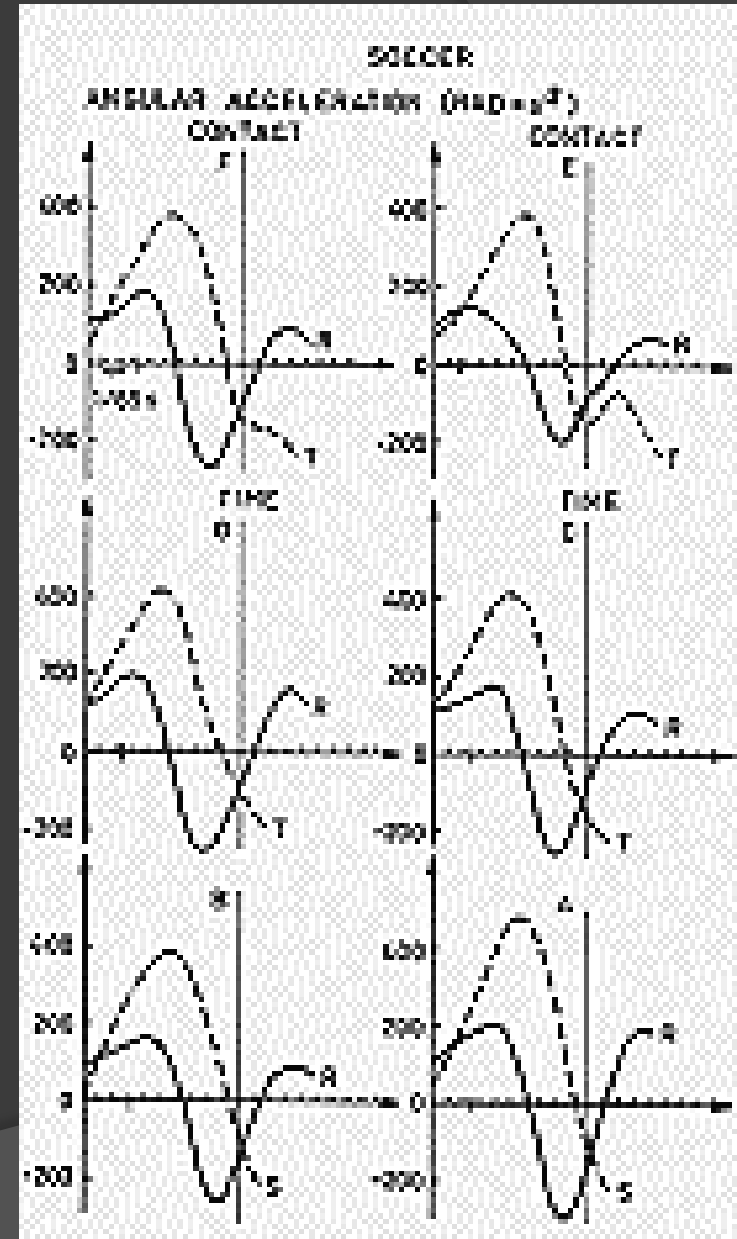


# Aceleração Angular da coxa e perna

-- coxa

— perna

- Seis jogadores de equipe juniores.
- Chute mais forte possível.
- Antes do impacto a aceleração da coxa é maior que a da perna.
- No instante do impacto (contato) a aceleração da coxa e da perna são muito próximas, portanto, a variação do torque dependerá principalmente do momento de inércia. ( $T = I_x \alpha$ )



# Tempo de Contato

- O conjunto pé+bola desloca-se 26 cm durante o tempo de contato.
- Na máxima deformação da bola esta já possui 50% da velocidade resultante.
- Durante a deformação da bola o pé não é desacelerado (asia et al, 1995)
- Tempo de contato = 9ms
- Distância horizontal de contato = 15cm.
- Isto mostra que o fornecimento de energia pelos músculos não pode ser desprezado.

# Finalização



- ⦿ Importante etapa na performance
- ⦿ Propicia proteção contra lesões.
- ⦿ Possibilita que o pé atinja velocidade máxima para o impacto, além de preparar o corpo para o próximo lance do jogo.
- ⦿ Aumenta o trabalho mecânico que atua sobre a bola.

# Aplicações

- Técnicas de treinamento
- Identificação dos parâmetros mais relevantes do chute
- Movimento do chute
- Minimizar risco de lesões
- Programas de treinamento muscular.
- Subsídios para desenvolvimento de chuteiras mais eficientes.



# Sobre as chuteiras



- Melhoria e adequação da relação flexibilidade / rigidez da sola.
- Sistema de amarrao (Lee, 1995)
- Alguns modelos (Adidas Predator):um aumento do coeficiente de restituição determina um aumento na potência do chute.
- Quanto maior a área de contato maior será a precisão e controle do chute.

# Referências

- Asai, T., Akatsuka, T. and Kaga, M. (1995). Impact process in kicking in football. In: *Book of Abstracts. XVth Congress of the international society of biomechanics*, pp. 74-75. University of Jyväskylä, Finland.
- Asmai, T. & Nolte, V. (1983). Analysis of powerful ball kicking, in *Biomechanics VIII-B* (eds H. Matsui and K. Kobayashi), Human Kinetics, Champaign, Ill, pp.695-700.
- Cabri, J., De Proft, E., Dufour, W. and Clarys, J.P. (1988). The relation between muscular strength and kick performance, in *Science and Football* (eds. T. Reilly, A. Lees, K. Davids, and W.J. Murphy), E. & F.N. Spon, London, pp. 186-93.
- Day, P. (1987). A biomechanical analysis of the development of the mature kicking pattern in soccer. BSc thesis, Liverpool Polytechnic, Liverpool, Cited in *Biomechanics in Sport, performance enhancement and injury prevention* (ed V. Zatsiorsky) Blackwell Science Ltd, pp. 487-507.

- De Proft, E., Cabri, J., Dufour, W. and Clarys, J.P. (1988). Strength training and performance in soccer, in *Science and Football* (eds. T. Reilly, A. Lees, K. Davids, and W.J. Murphy), E. & F.N. Spon, London, pp. 108-13.
- Lees, A. (1996). Biomechanics applied to soccer skills, in *Science and Soccer* (ed T. Reilly), E. & F.N. Spon, London, pp. 123-33.
- Narici, M.V., Sirtori, M.D. and Morgan, P. (1988). Maximum ball velocity and peak torques of hip flexor and knee extensor muscles, in *Science and Football* (eds. T. Reilly, A. Lees, K. Davids, and W.J. Murphy), E. & F.N. Spon, London, pp. 429-33.
- Nelkon, M. & Parker, P. (1970) *Advanced Level Physics 3rd edition with SI units.*

- Putnam, C. (1993) Sequential motions of the body segments in striking and throwing skills: descriptions and explanations. *Journal of Biomechanics* **26** (Suppl.), 125-135.
- Poulmedis, P. (1988). Muscular imbalance and strains in soccer, in Proceedings, Council of Lees, A. (1996). Europe Meeting on Sports Injuries and Their Prevention, Papandal, The Netherlands, pp. 53-57. Cited in Biomechanics applied to soccer skills, in *Science and Soccer* (ed T. Reilly), E. & F.N. Spon, London, pp. 123-33.
- Wichstrom, R.L. (1975) Developmental kinesiology, in *Exercise and Sports Science Reviews* (ed J. Wilmore), Academic Press, New York, pp. 163-92.

# Exercícios

1. Deduza uma fórmula para determinação do coeficiente de restituição entre uma bola qualquer e uma superfície qualquer.
2. Utilizando a fórmula deduzida, formar grupos de até quatro alunos. Calcule o coeficiente de restituição entre a bola e o piso para as seguintes modalidades: futebol, futsal, tênis, handebol, volei, basquete e tênis de mesa. (o tipo de piso deve ser o mais utilizado na modalidade). Quais as conclusões biomecânicas destes resultados?
3. A pressão da bola segundo a FIFA deve estar entre 0,6 e 1,1 atm (ao nível do mar). Quais as consequências biomecânicas desta variação?