

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – RIO CLARO



BIOMECÂNICA DOS ESPORTES INDIVIDUAIS

Paulo Roberto Pereira Santiago

Rio Claro
10 de outubro de 2008

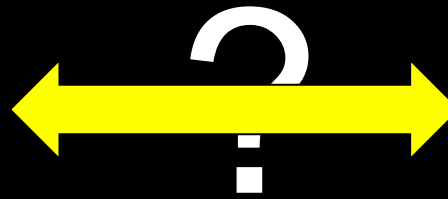


Profª LILIAN TERESA BUCKEN GOBBI

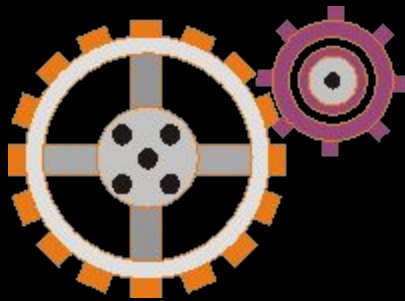
Rio Claro/SP



Bio
Mecânica

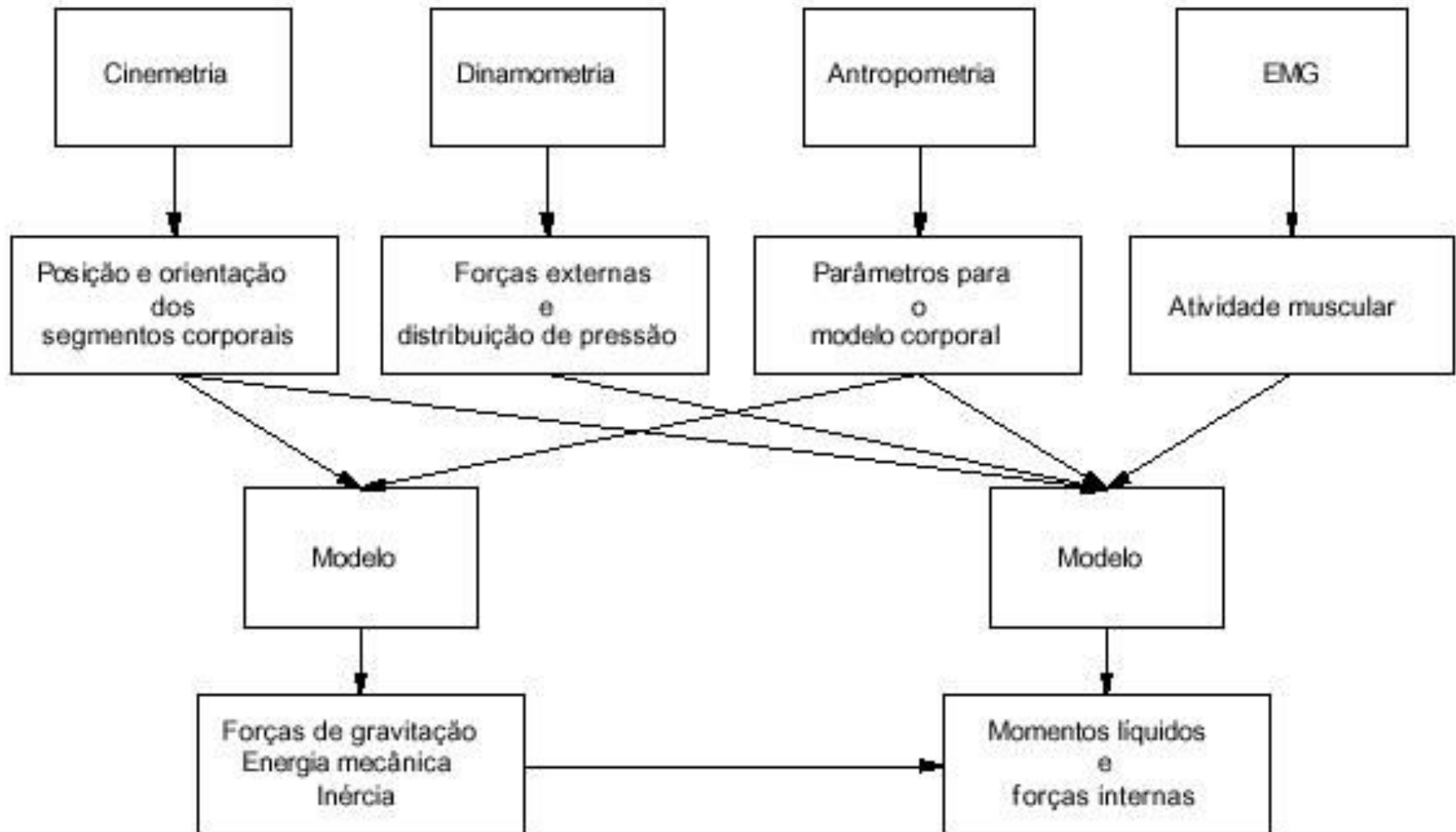


Movimento
humano



Métodos bimecânicos

ÁREAS PARA A COMPLEXA ANÁLISE DO MOVIMENTO (BAUMANN, 1992)



BIOMECÂNICA APLICADA AO MOVIMENTO HUMANO

**Clínica e
Reabilitação**

Equipamentos

Esporte

Músculo-esquelética

Cardiovascular e Respiratória

Modelagem e Simulação Computacional

**Instrumentação e
Métodos**

**Ortopedia e
Traumatologia**

Ocupacional e Ergonomia

Esportes individuais



Esportes Individuais Paraolímpicos



Classificação em função da relação de cooperação e oposição (GONZALES, 2004).

Esporte	Com interação com o adversário	Sem interação com o adversário
Coletivo	Basquetebol Futebol Futsal Voleibol Handebol	Ginástica rítmica desportiva (grupo) Nado sincronizado Remo Iatismo (star)
Individual	Judô Peteca Tênis	Atletismo Natação Ginástica olímpica

Biomecânica e esportes individuais

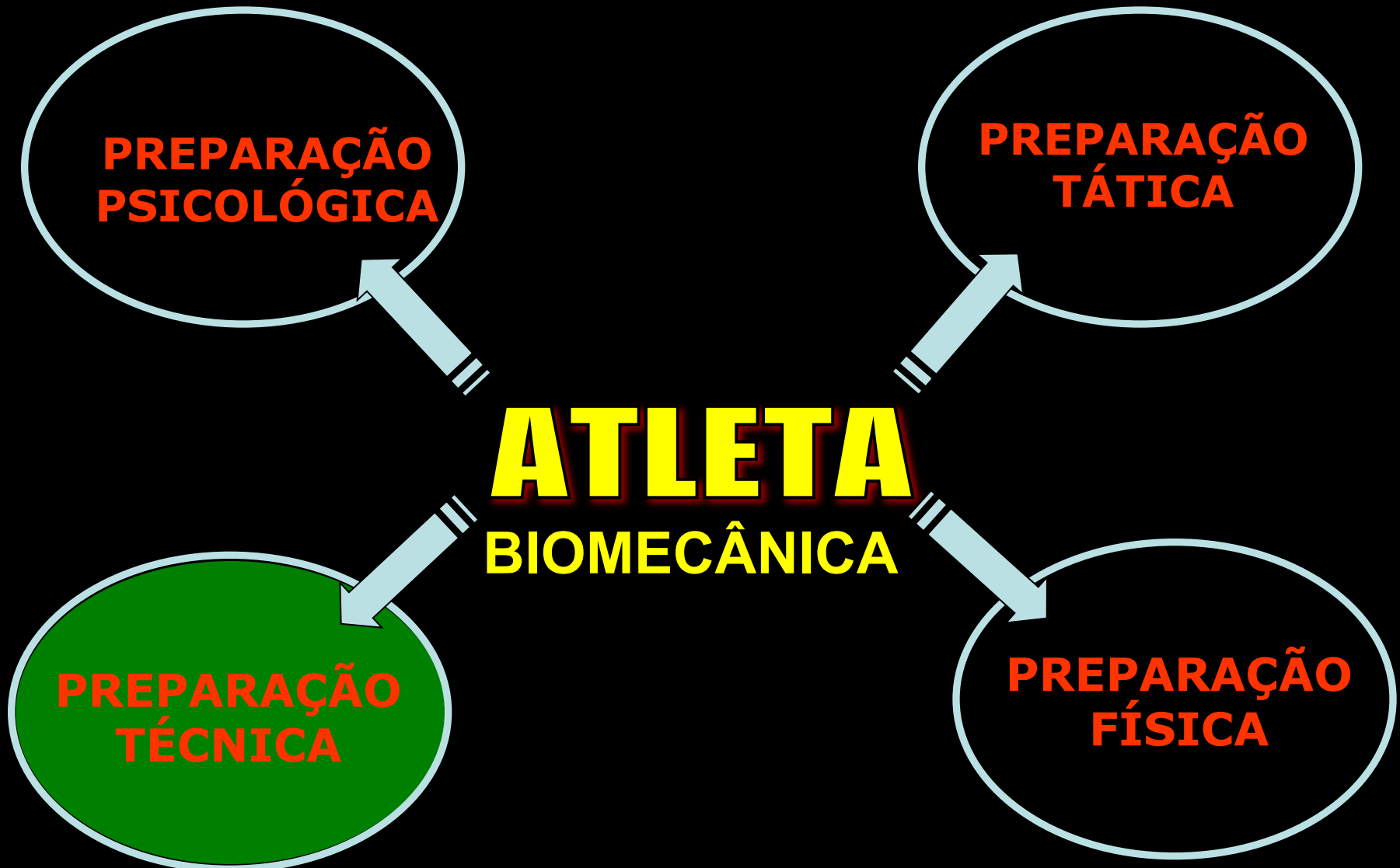
Tipos de análises

Análise qualitativa X Análise quantitativa

- Melhorar o desempenho
- Prevenção de lesões



FATORES RELACIONADOS AO DESEMPENHO DO ATLETA



Modalidades esportivas individuais

- Ciclismo



- Natação



- Atletismo (corridas, saltos e arremessos)

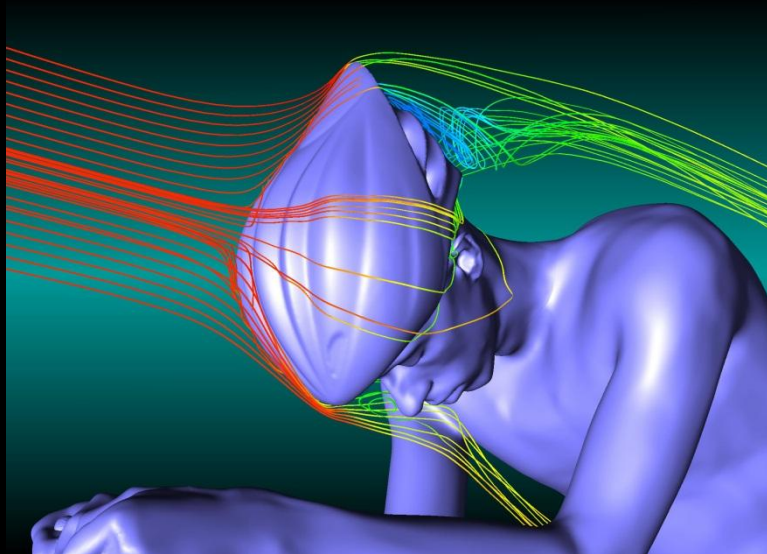
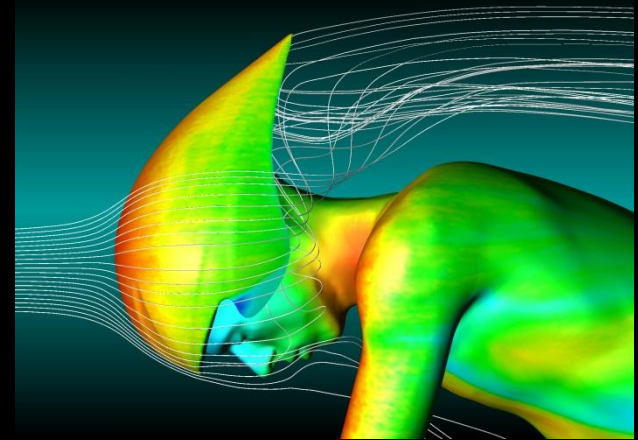
Ciclismo

- Aerodinâmica;
- Padrões de Movimento;
- Forças.

Aerodinâmica



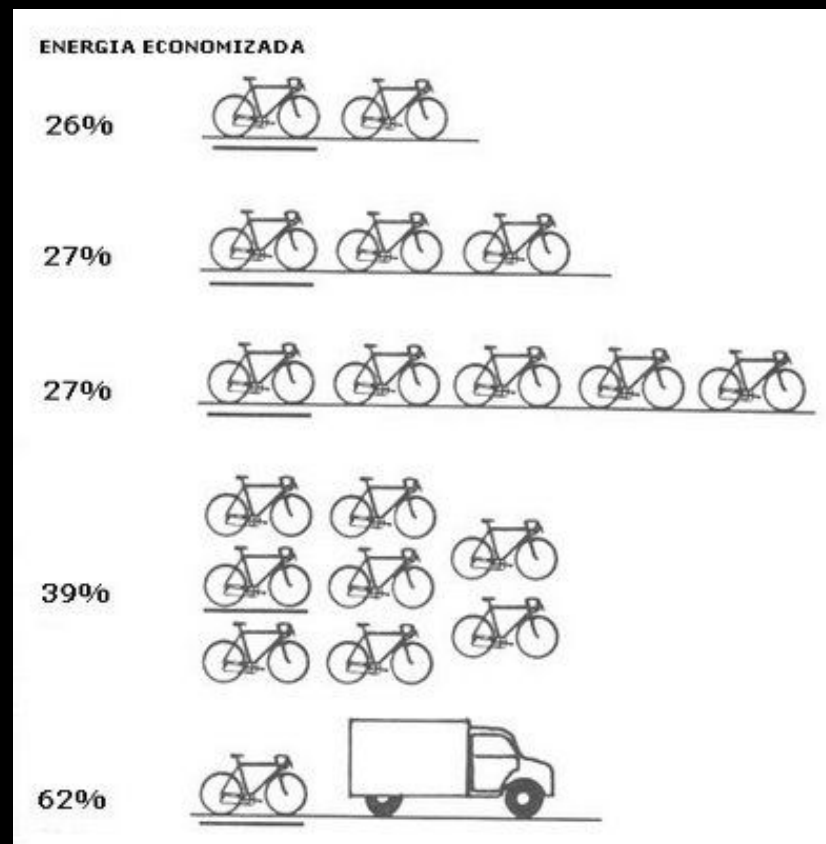
Arrasto (*Drag*)



**Conjunto de forças
fluidas que tendem a
se opor aos
movimentos que um
atleta realiza**

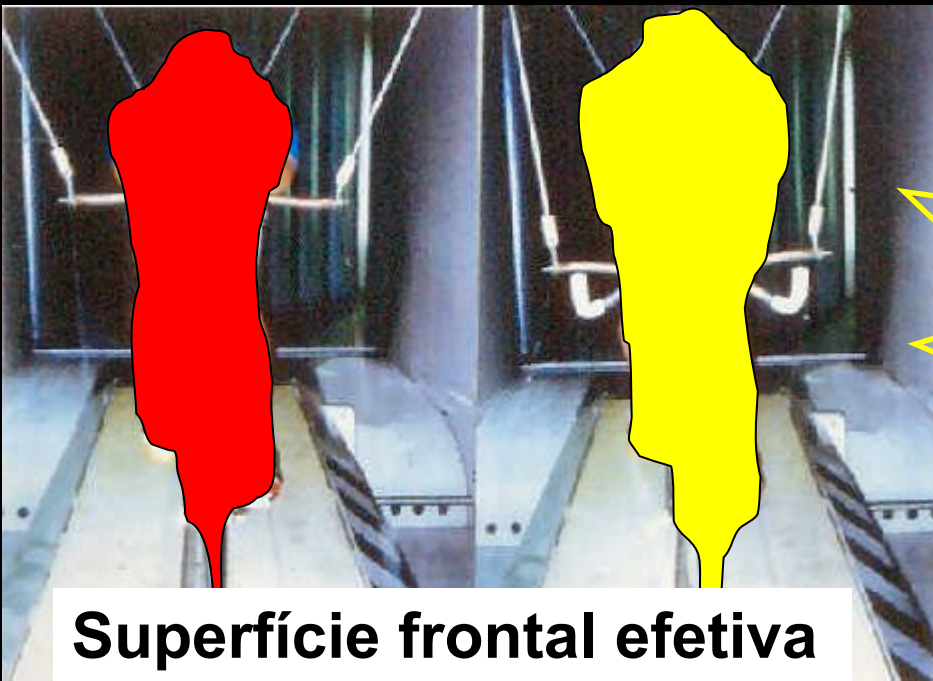
Aerodinâmica

- **Energia economizada em média ao pedalar atrás de um, dois, três ciclistas, atrás do pelotão de cinco ciclistas ou atrás de um caminhão em velocidade de 32 km/h (livro High-Tech Cycling de BURKE, E. R., 1996).**



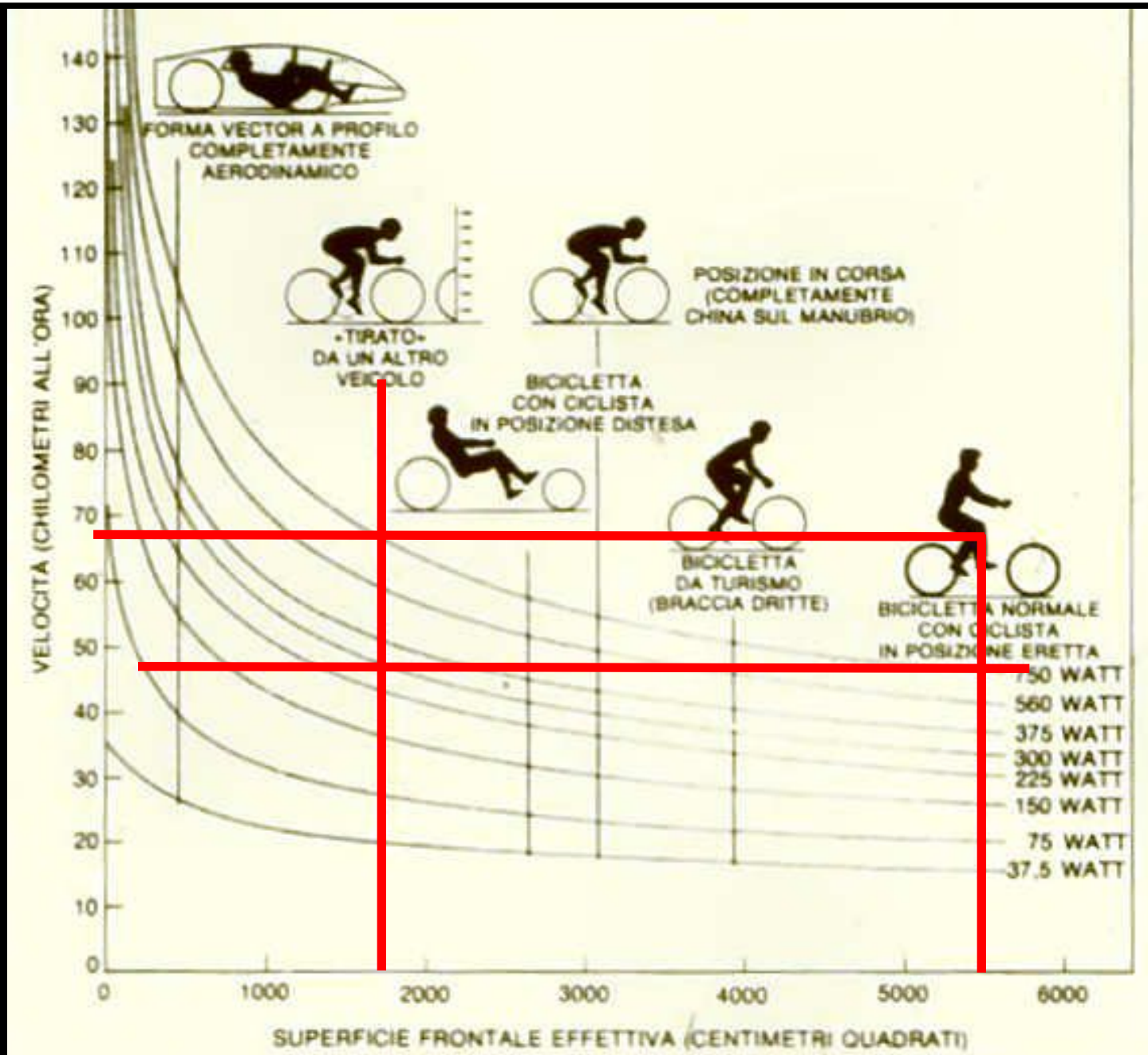
- Prova contra relógio, triatlo Olímpico, ou mesmo no Ironman, onde o “vácuo” no ciclismo é proibido, exige que o triatleta otimize a aerodinâmica para melhorar a desempenho.





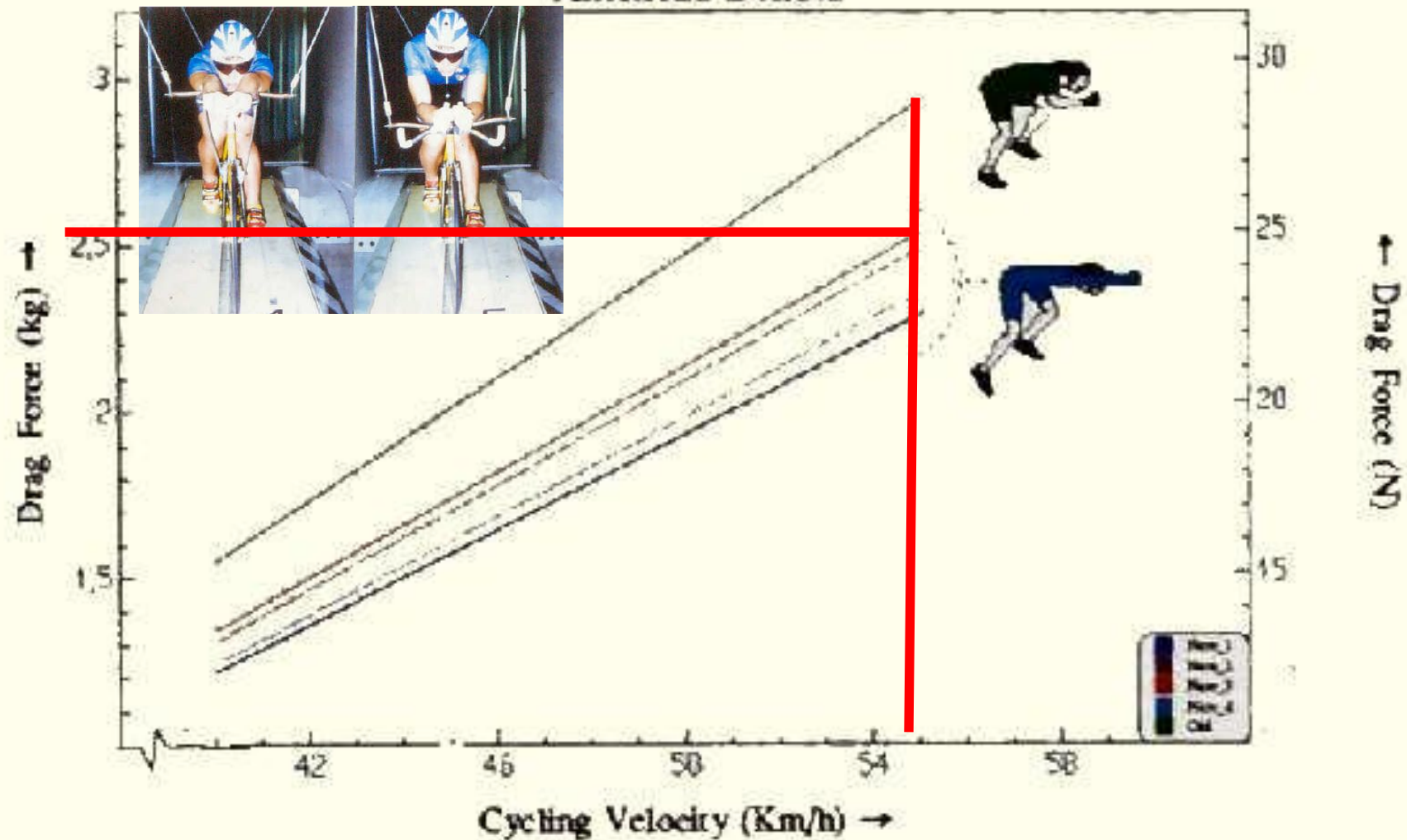
Quanto menor a superfície frontal efetiva menor o arrasto.





WIND RESISTANCE AT DIFFERENT CYCLING VELOCITIES

Antonella Bellutti



Theoretical differences in drag force of riding different cycling positions.

Aerodinâmica X Conforto

Aerodinâmica ↑ o custo energético por maior exigência dos músculos posturais.

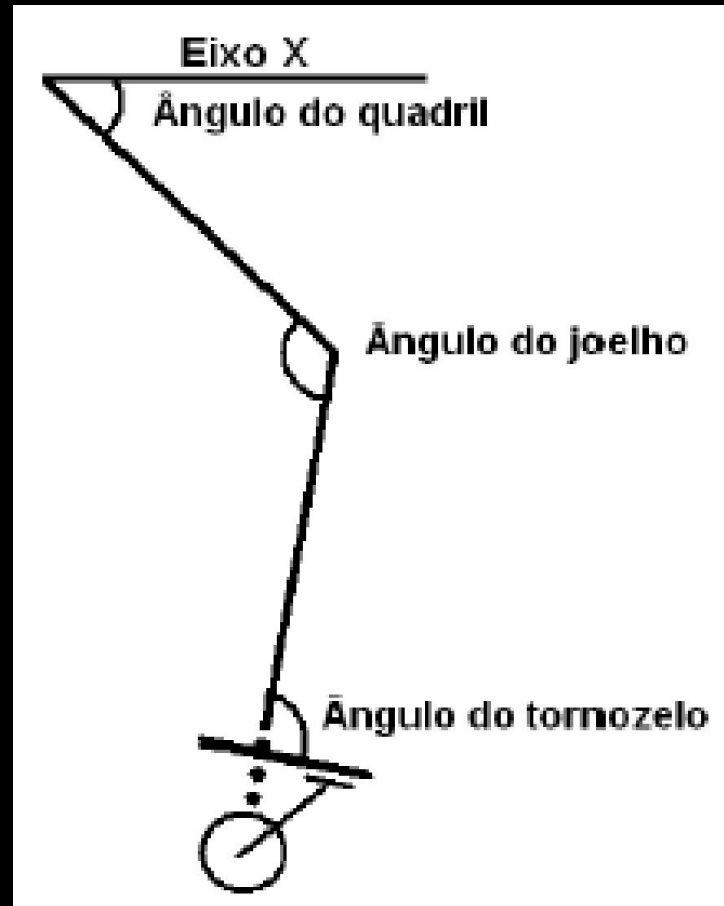
O britânico Chris Broadman ao ser questionado como conseguiu percorrer 56.375 metros em uma hora de ciclismo em pista, respondeu que conhecia uma série de ciclistas que possuíam capacidade fisiológica de fazer este feito, no entanto, nenhum deles conseguia permanecer por tanto tempo em uma posição tão desconfortável. Talvez o grande feito de Broadman foi conseguir manter esta posição.

Alterações de Padrão de Movimento



ALTERAÇÕES NA CINEMÁTICA DA PEDALADA DURANTE 1 HORA DE EXERCÍCIO SOB INTENSIDADE DE 80% DO VO₂máx

(Wiest et. *al.*, 2007)



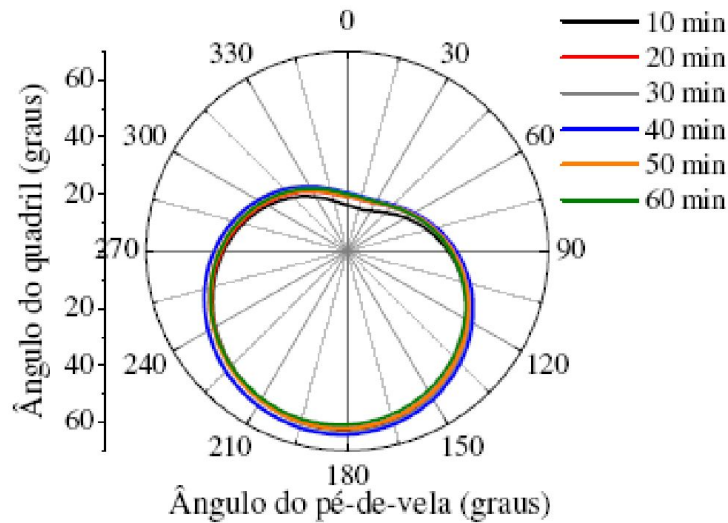


Figura 02 – Comportamento angular do quadril.

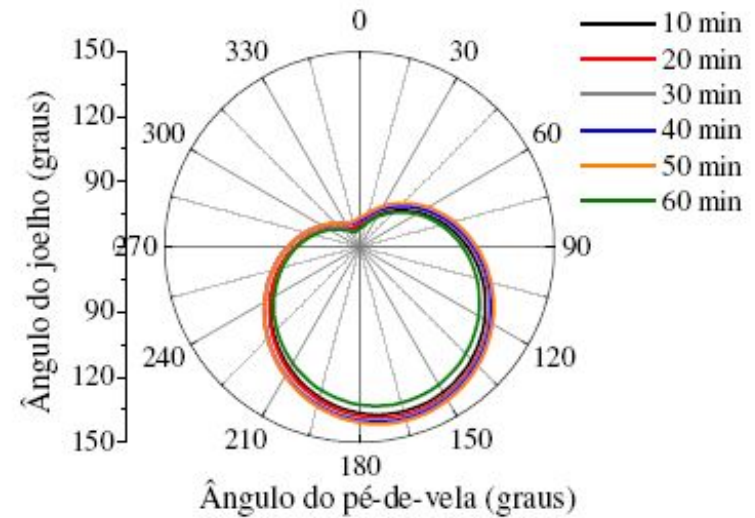


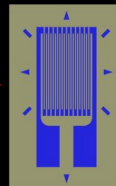
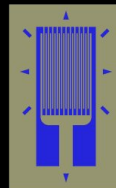
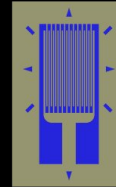
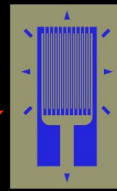
Figura 03 – Comportamento angular do joelho.

Mudar a estratégia de recrutamento muscular a fim de contrapor os mecanismos de fadiga e continuar a atividade (Black et al., 1993 & Amoroso et al., 1993)



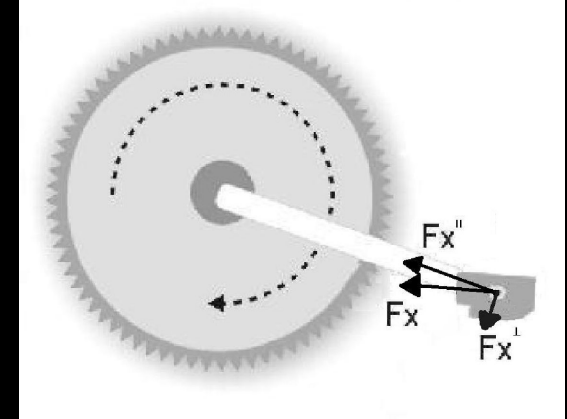
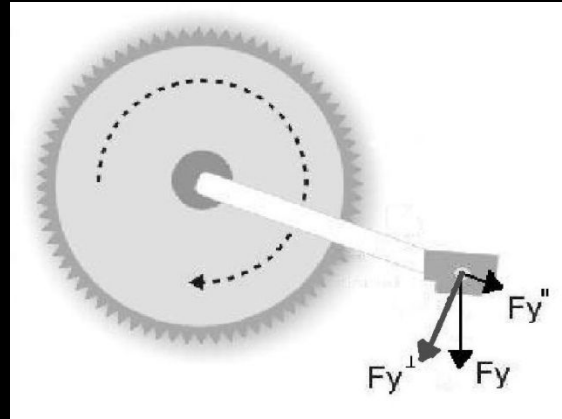
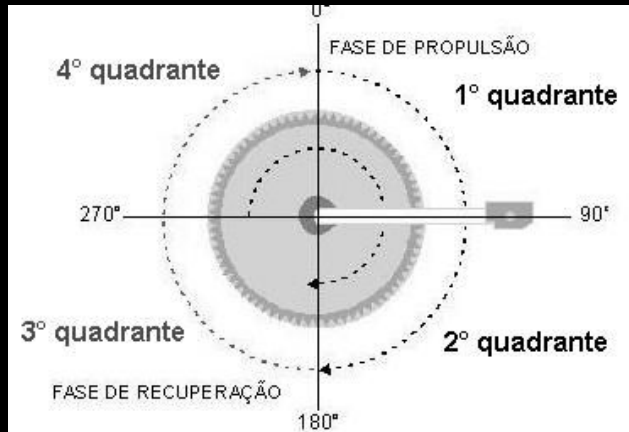
Alterações no ângulo influencia o comprimento musculares, por consequência a produção de força (HERZOG, 1991)

DINAMOMETRIA

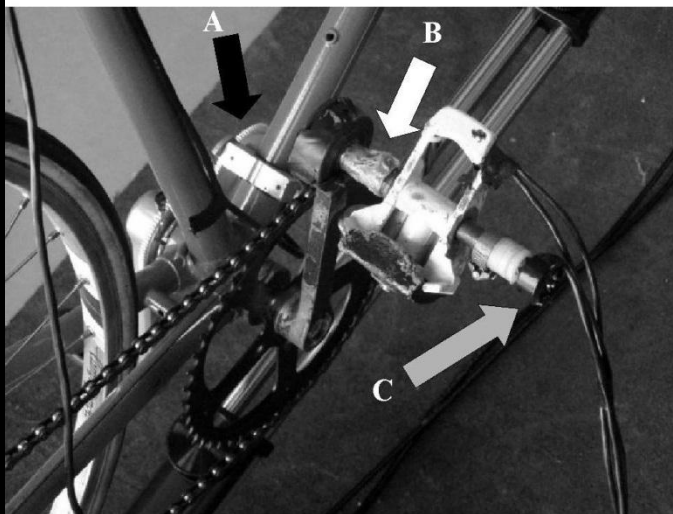


**STRAIN
GAUGES**

Transferência de energia para o pé-de vela



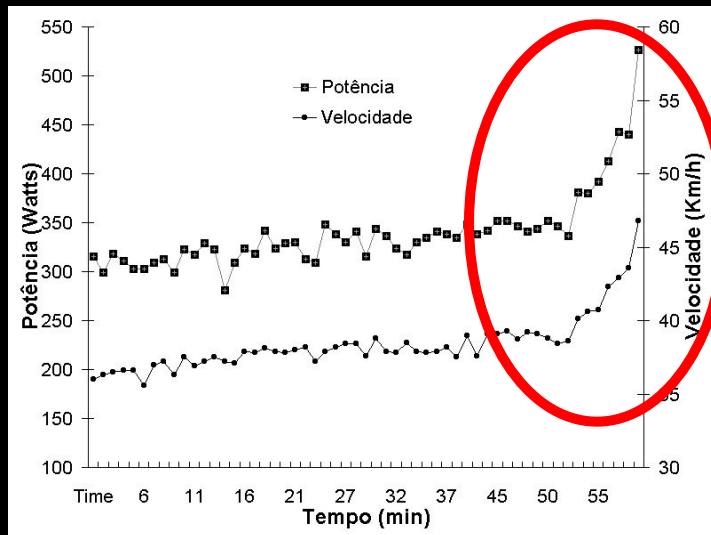
Registros das componentes da força normal (F_y) e tangencial (F_x) aplicadas no pedal



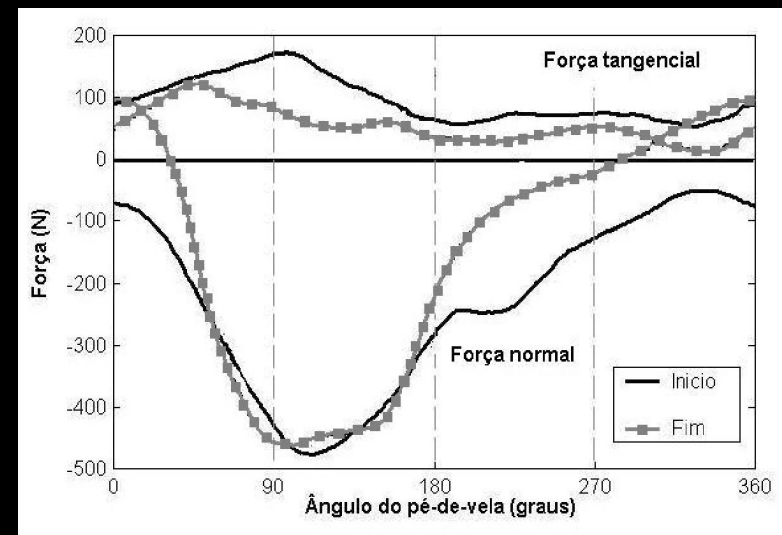
(A) Potenciômetro do pé-de vela, (B) eixo instrumentado e (C) potenciômetro do pedal

Força efetiva (FE), que é a componente de força perpendicular ao pé-de vela a qual representa o quanto da força resultante aplicada no pedal é transmitida para o movimento.

EQUAÇÃO (NABINGER, 1997)

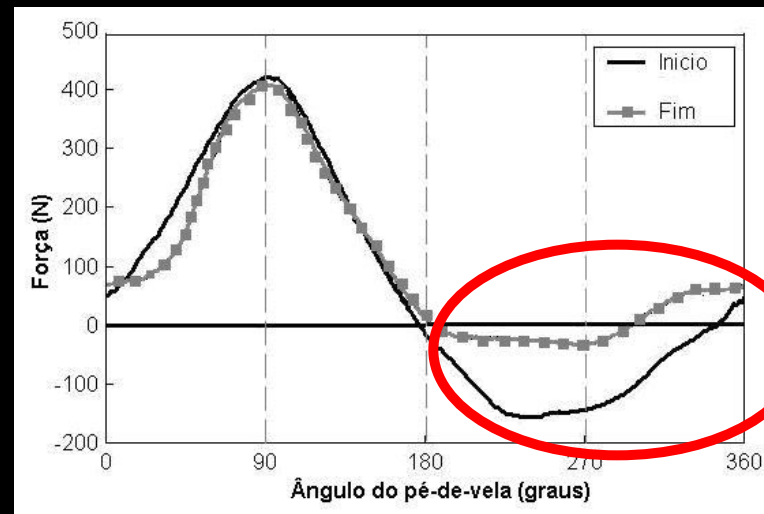


Potência e velocidade a cada minuto durante 40 km contra relógio.



Forças normal e tangencial ao pedal no 1 minuto e no fim dos 40 km (último minuto).

**Maior
velocidade
(sprint) fim
de prova**



Força efetiva no início e no fim dos 40 km.

Material didático

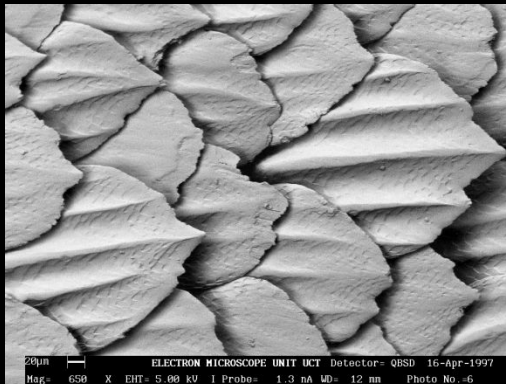
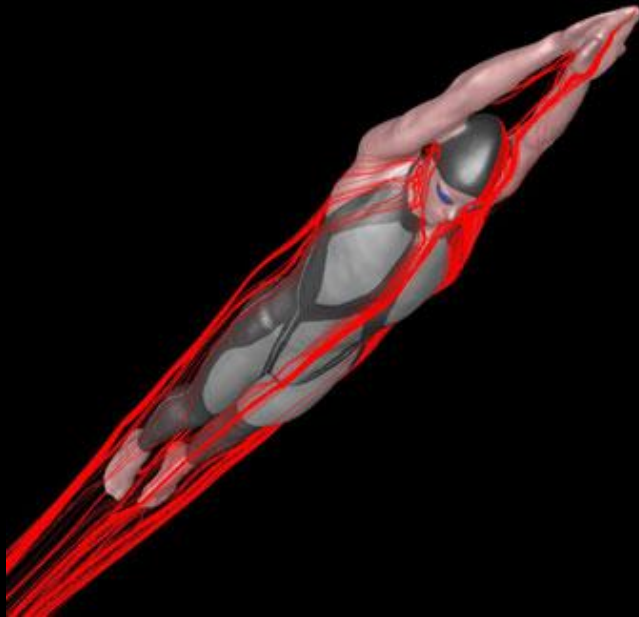
drag_calc.m



Natação

- **Flutuação, empuxo, sustentação ou levantamento e propulsão;**
- **Análise qualitativa dos padrões na natação;**
- **Análise quantitativa do nado crawl: Determinação de parâmetros mecânicos de nado (comprimento, frequência, velocidade média e índice de braçada).**

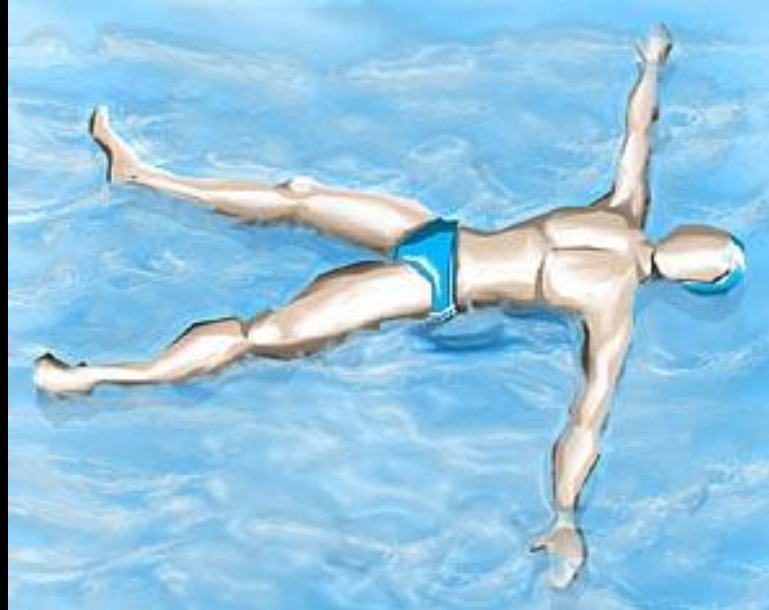
DIMINUIÇÃO DO ATRITO E MAIOR FLUTUABILIDADE



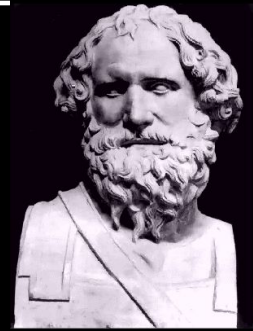
FASTSKIN

Flutuação

- Relacionado manter uma posição estacionária na superfície da água com a pressão hidrostática

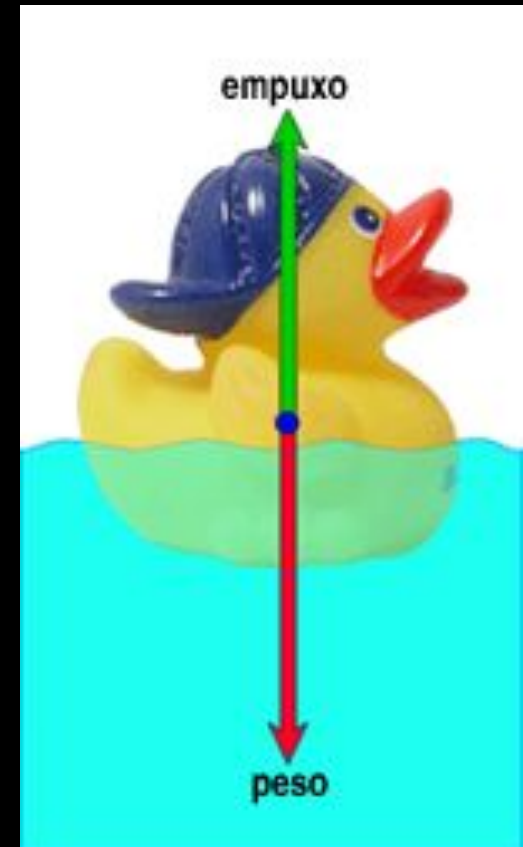


FLUTUAÇÃO E EMPUXO

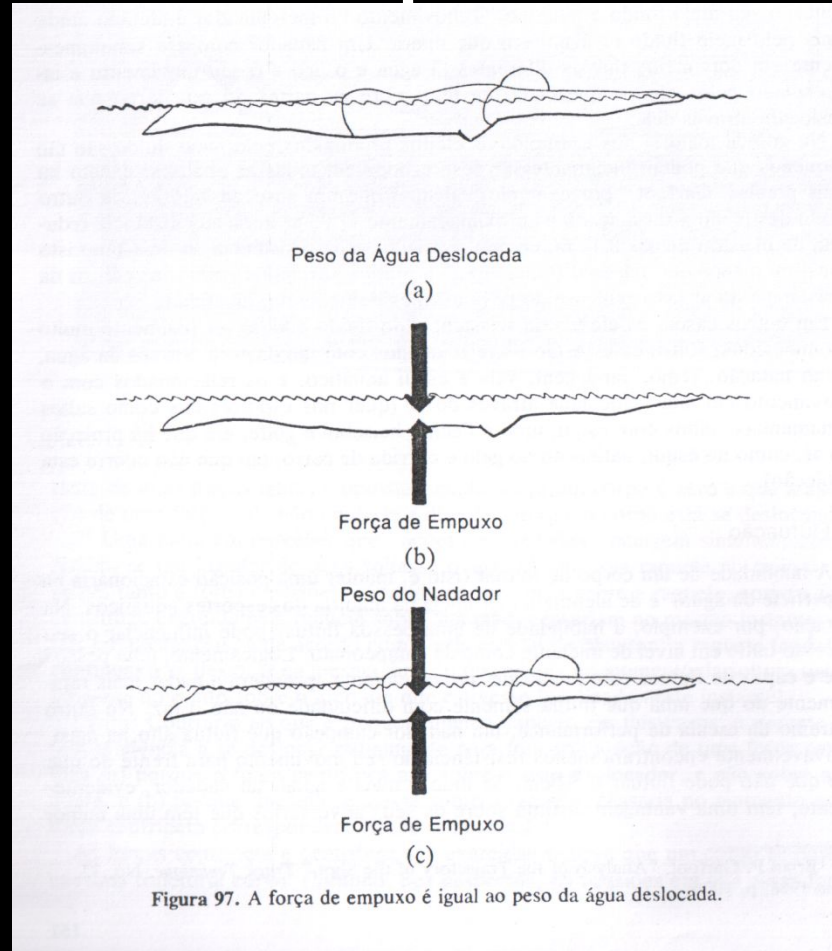


Princípio de Arquimedes:

Quanto um corpo está completa ou parcialmente imerso em um líquido em repouso ele sofre um **empuxo** para cima igual ao peso do líquido deslocado.



Empuxo



Empuxo

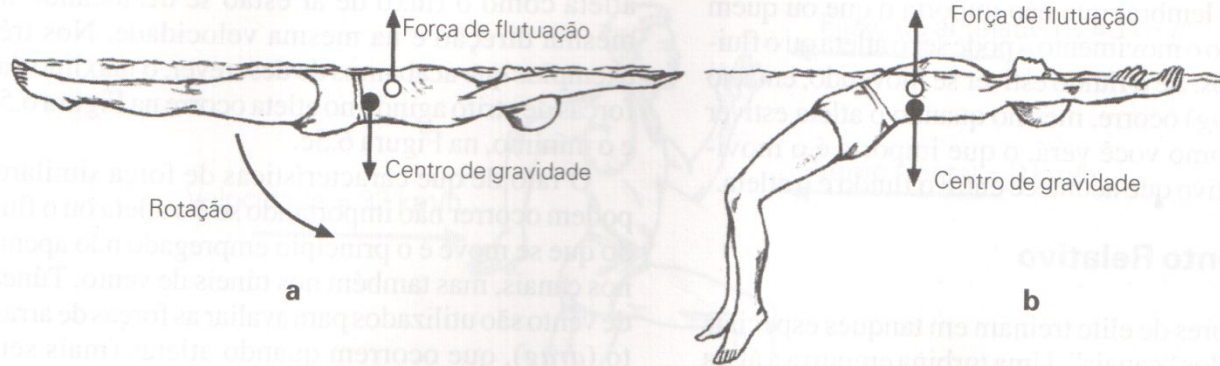


Fig. 6.3. O torque causado pelas forças de gravidade e flutuabilidade faz o atleta rodar para uma posição de flutuação onde o centro de flutuabilidade está diretamente acima do centro de gravidade.
Reimpresso de Luttgens *et al.*, 1992.

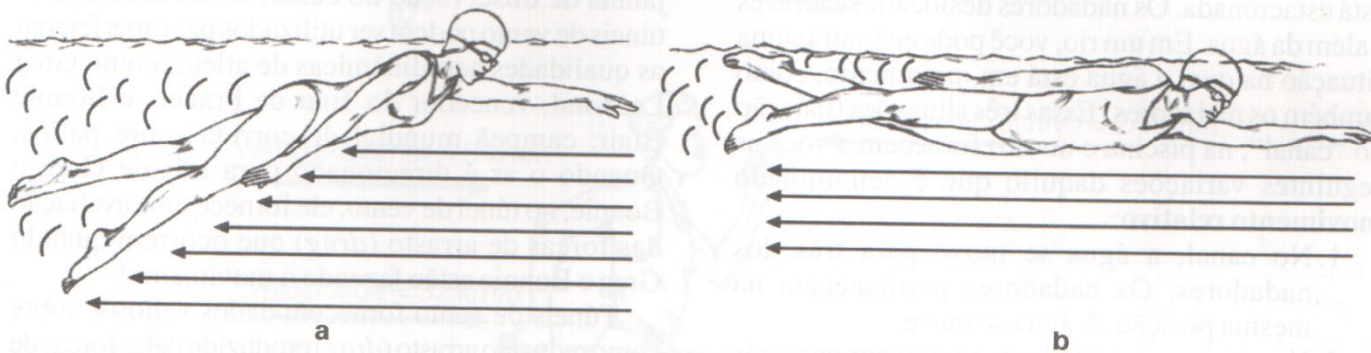
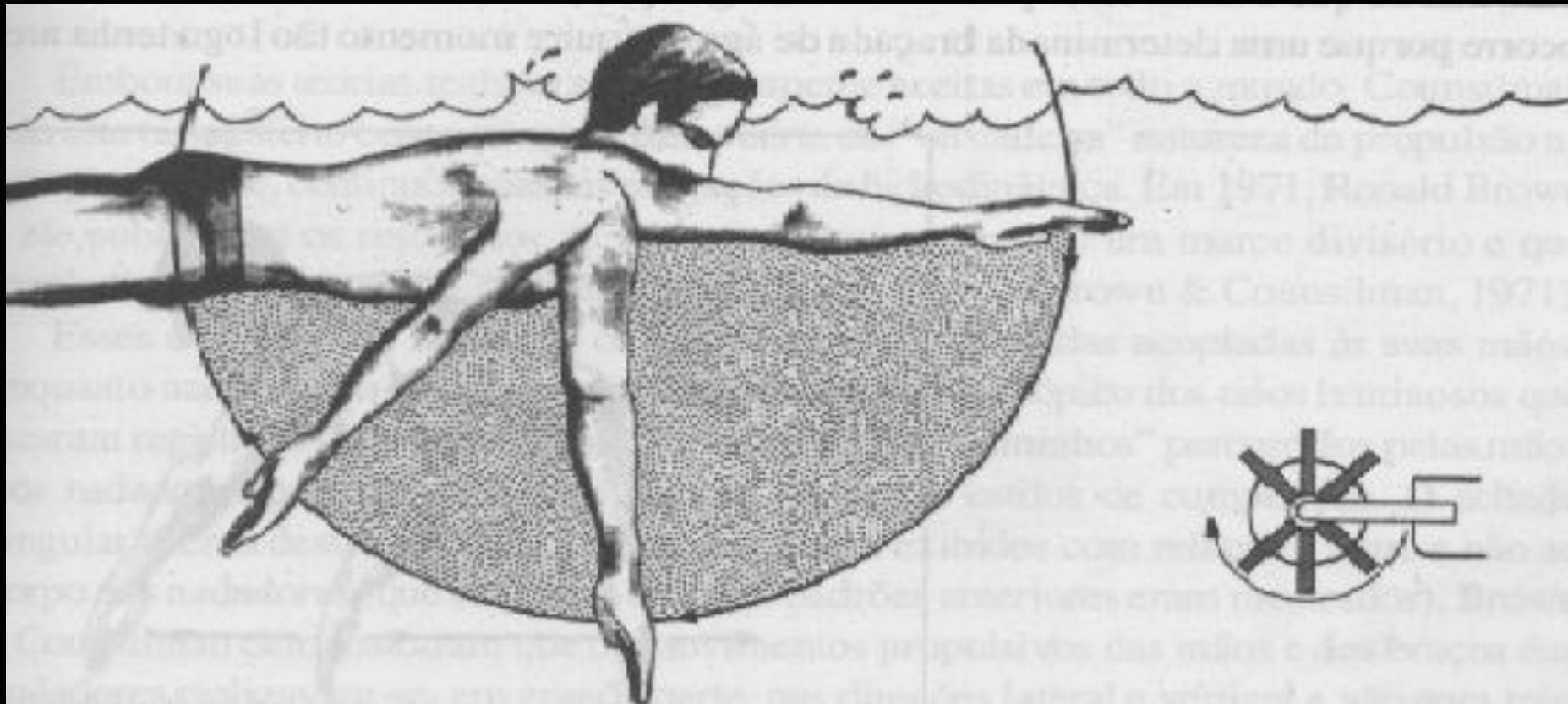
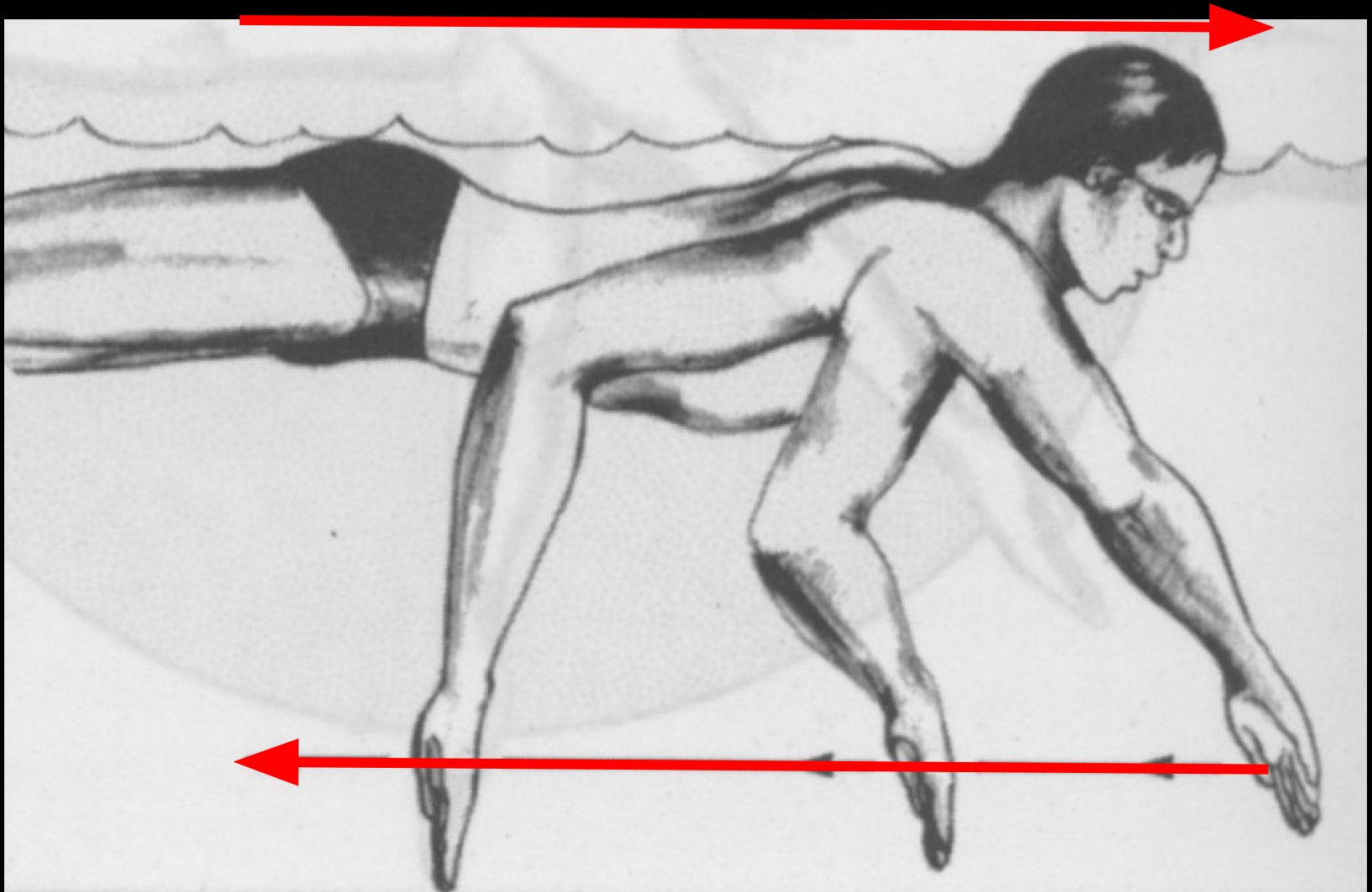


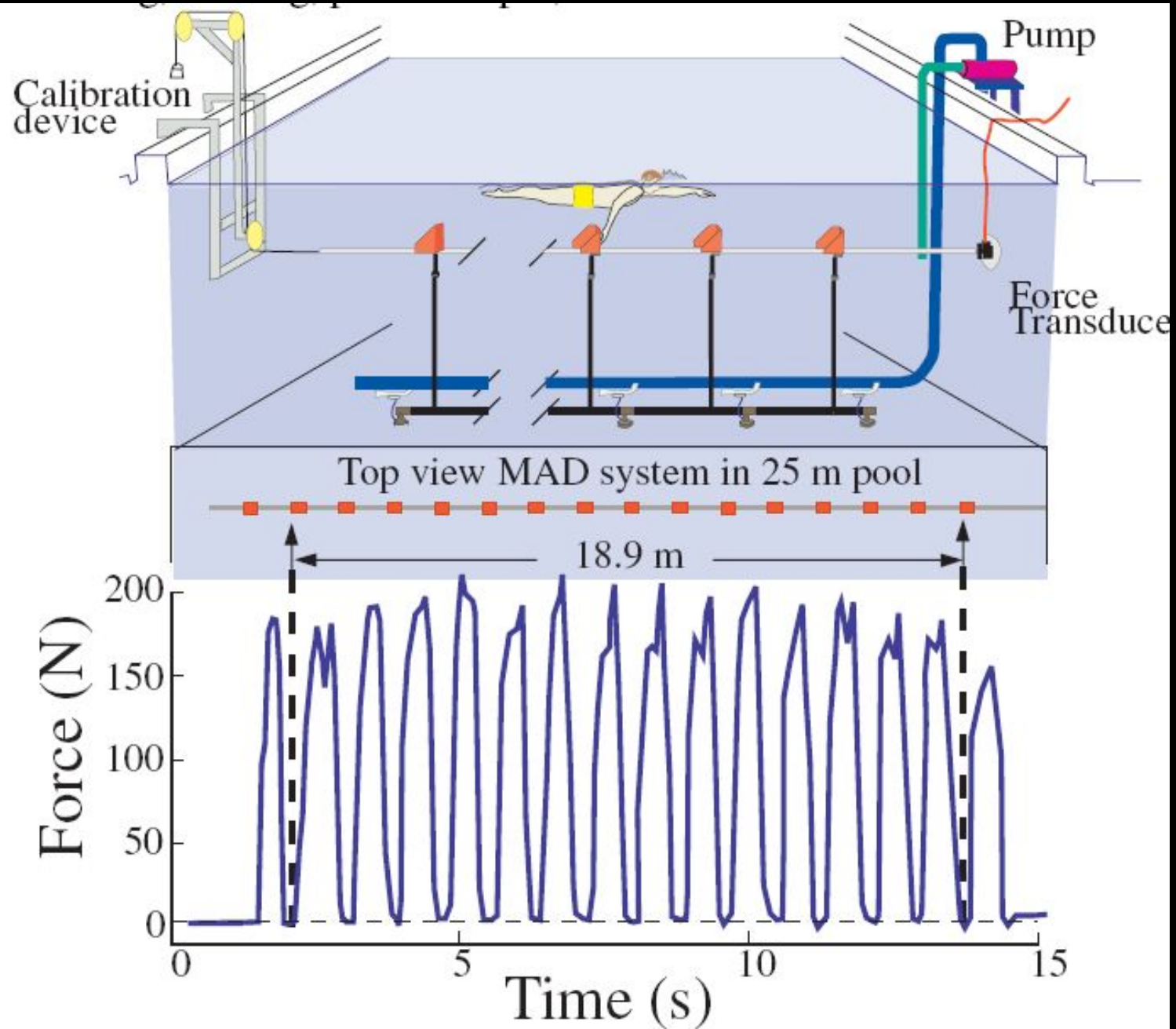
Fig. 6.4. Na natação, considerável arrasto (*drag*) é provocado por uma baixa posição de pernas (a). Uma posição alta de pernas (b) reduz o arrasto (*drag*) .

PROPULSÃO EM NATAÇÃO

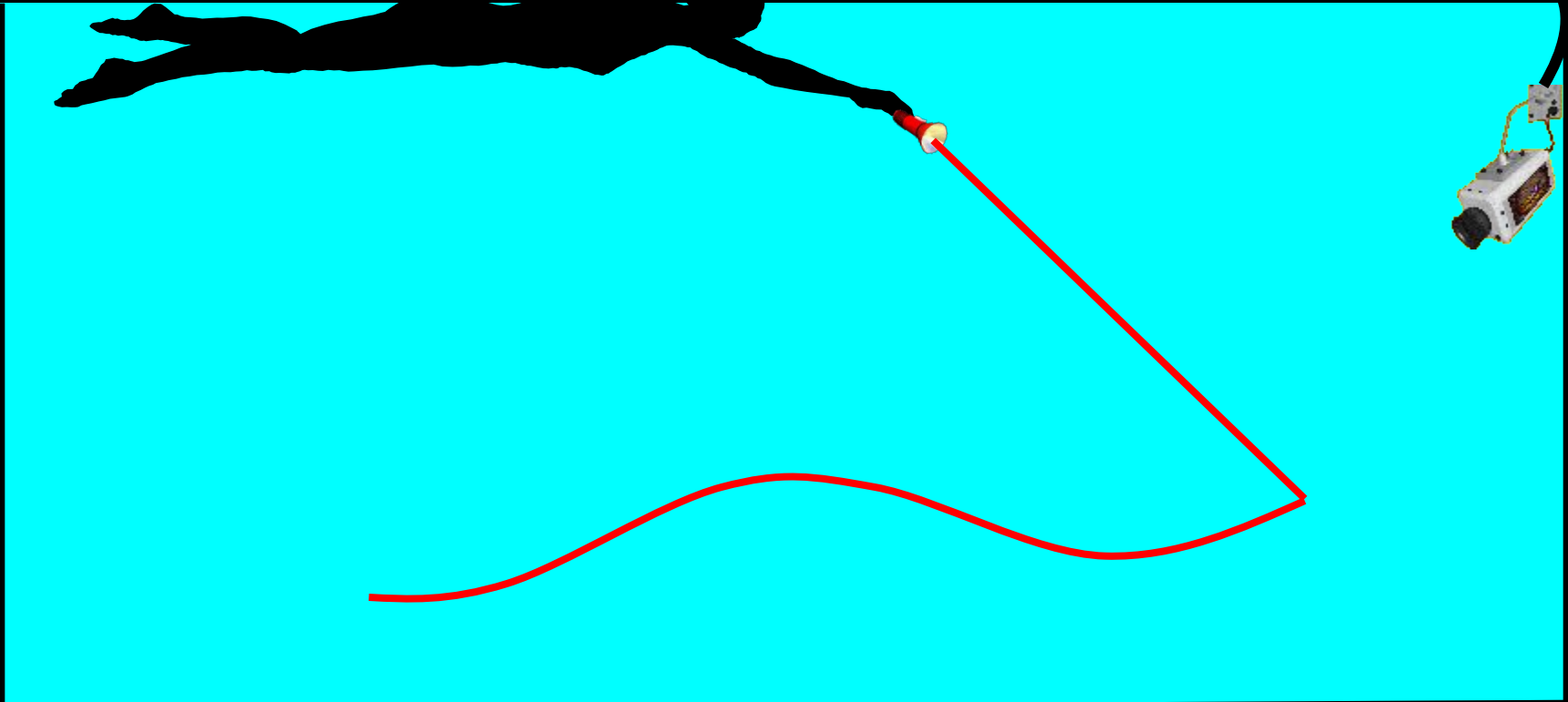


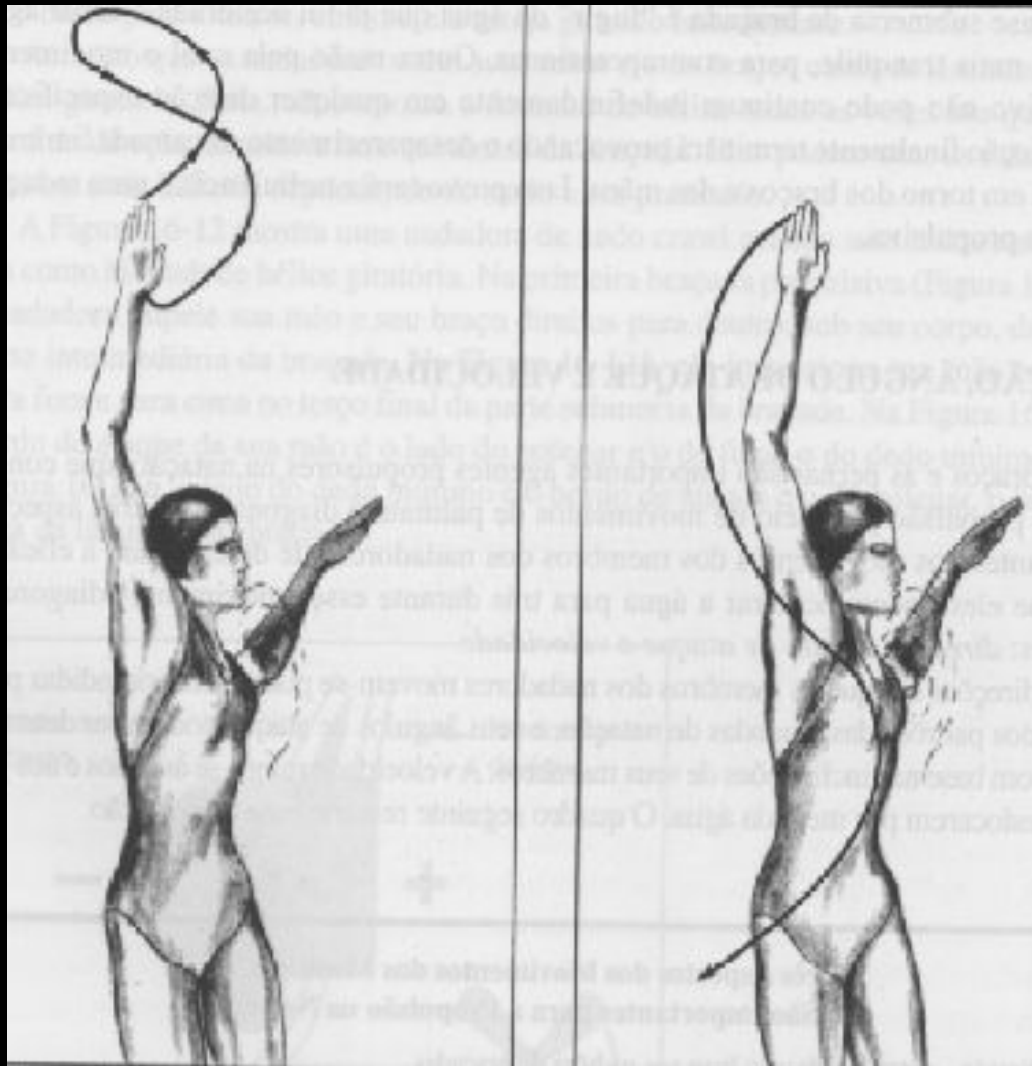
3ª LEI DE NEWTON:



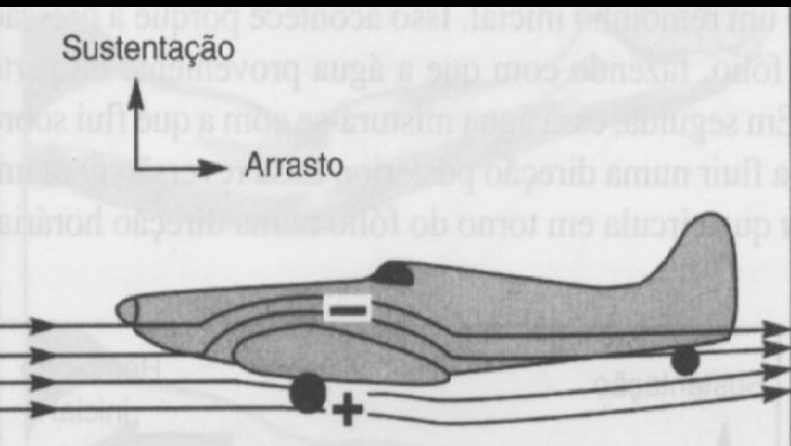


Brown & Counsilman (1971):
TEORIA DO “S”





Comparação dos padrões de braçadas desenhados com relação à água (esquerda) e ao corpo da nadadora (direita)



FORÇA DE SUSTENTAÇÃO DA PROPULSÃO

teorema de
Bernoulli

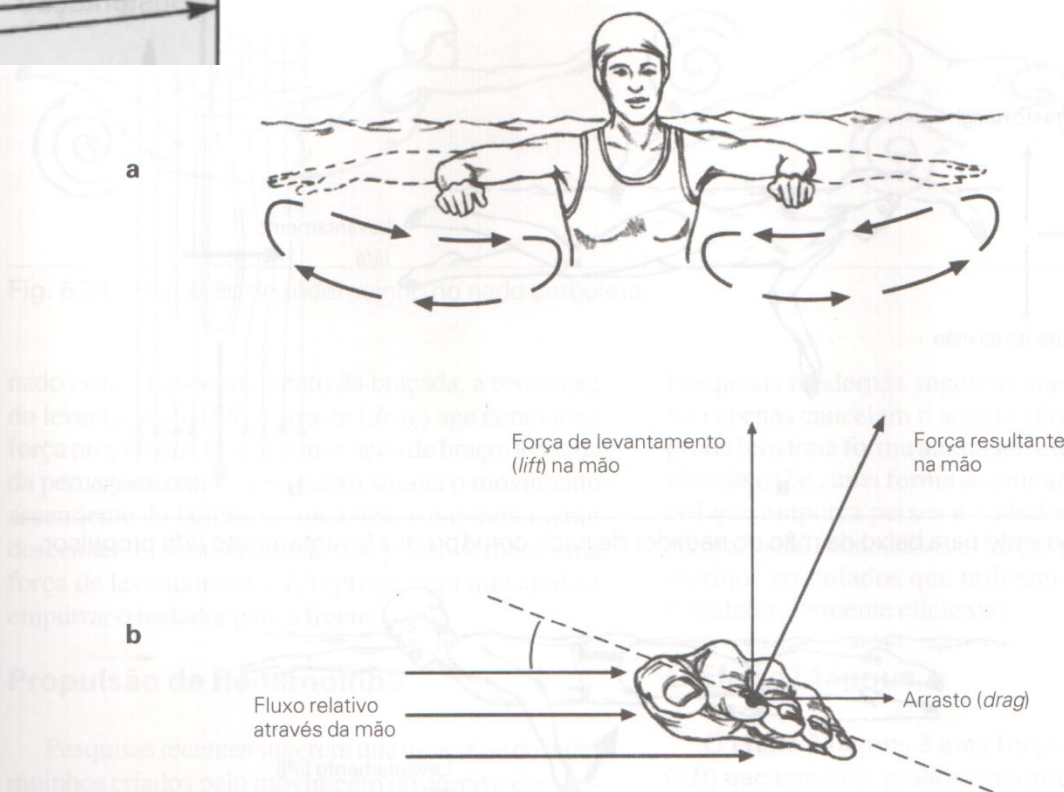
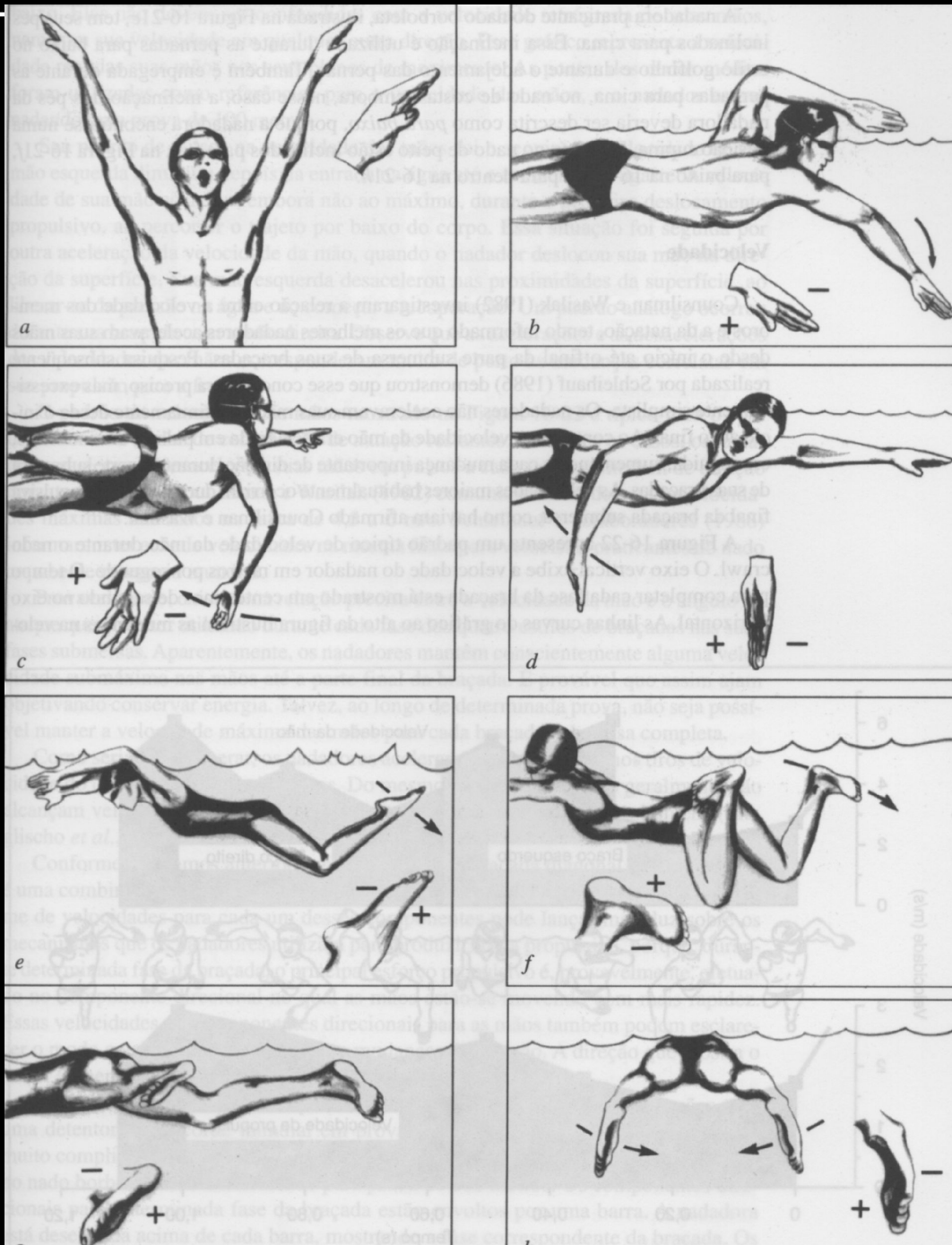
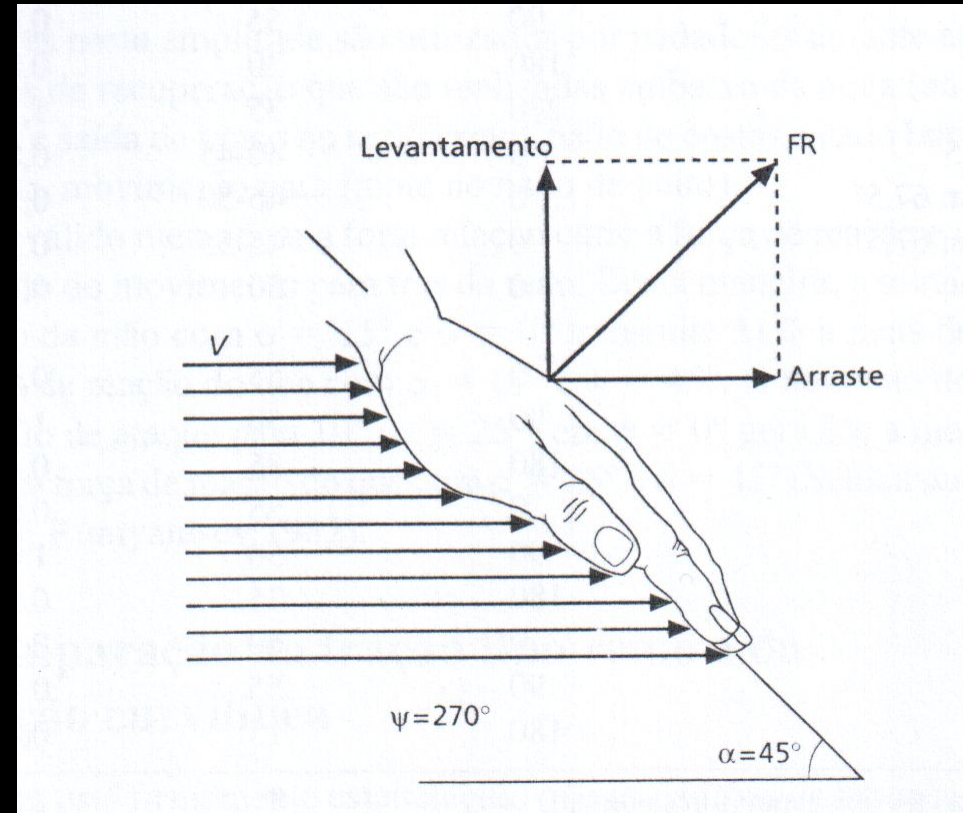
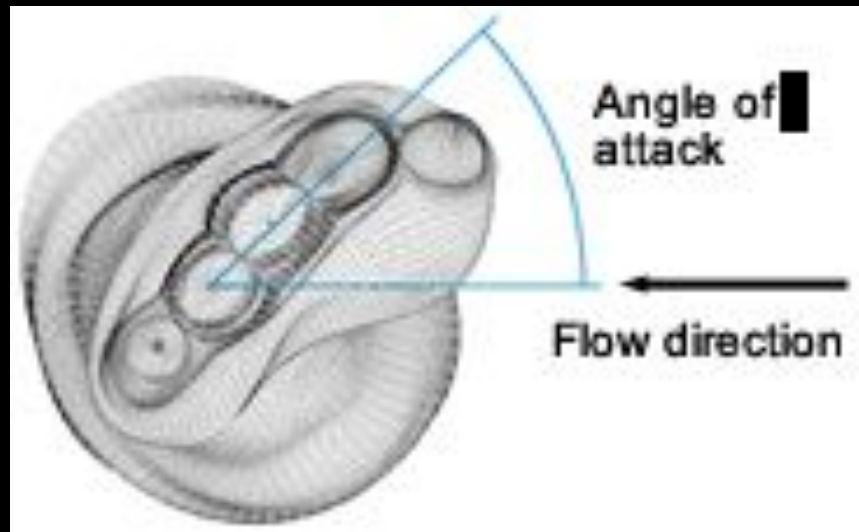


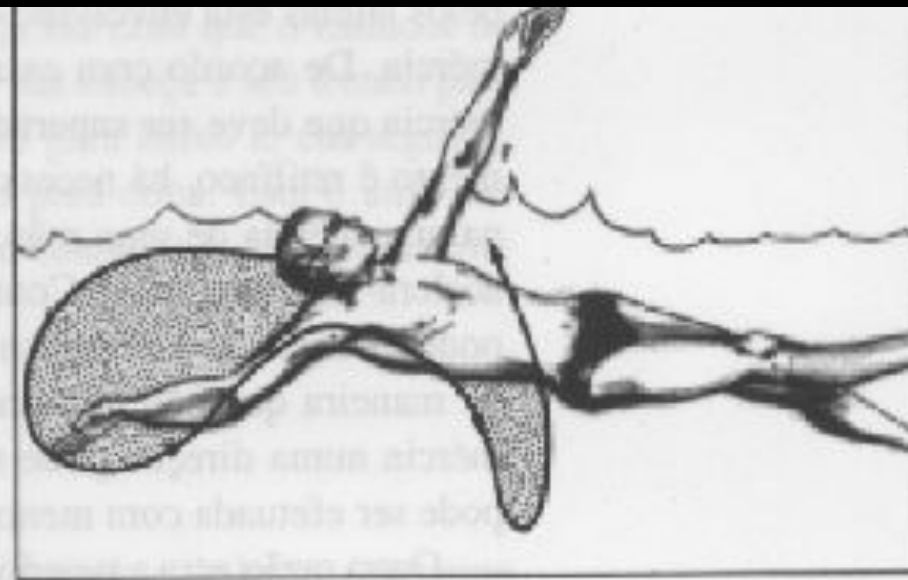
Fig. 6.20. A resultante do levantamento (*lift*) e do arrasto (*drag*) mantém a nadadora na superfície da piscina. (a) Movimentos dos braços e das mãos de uma nadadora na posição vertical na água e (b) ângulo da mão. Adaptado de Kreighbaum e Barthels, 1990.

teorema de *Bernoulli*



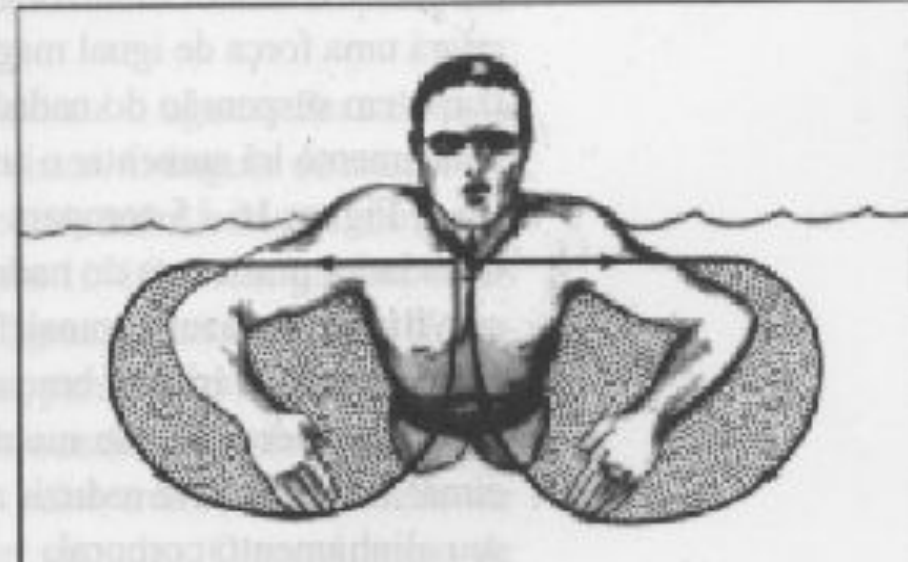


PALMATEIO

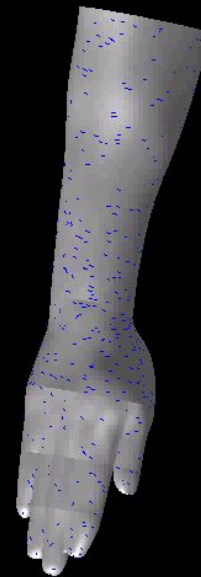


a

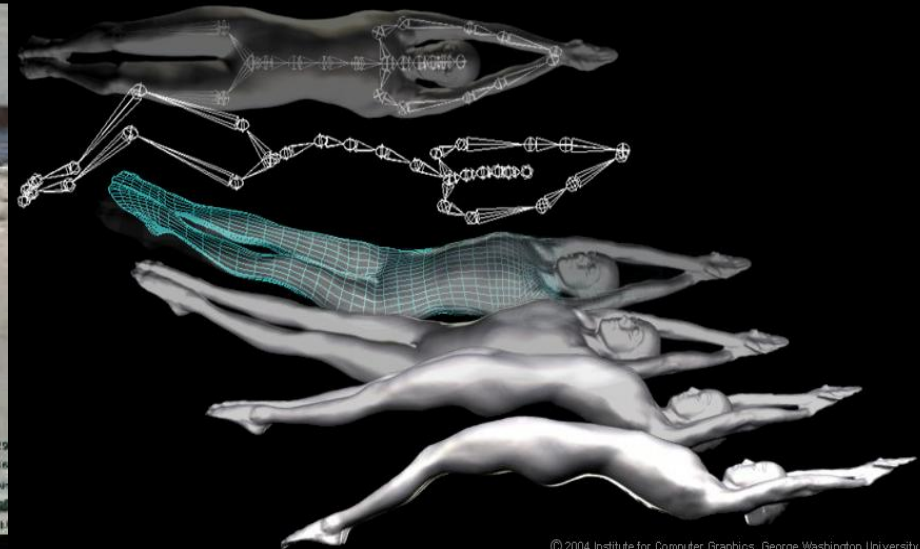
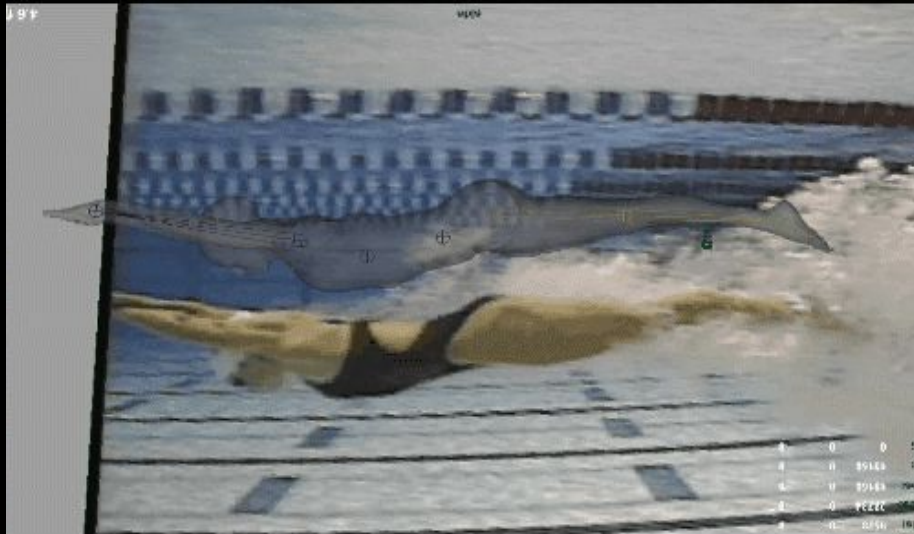
b



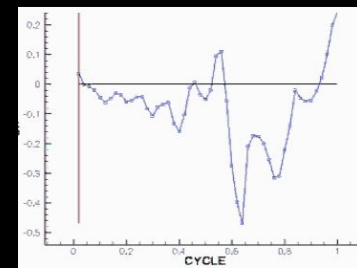
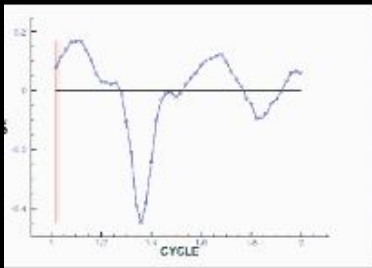
MECÂNICA DOS FLUÍDOS



MODELAGEM DO MOVIMENTO



© 2004 Institute for Computer Graphics, George Washington University



Backstroke 2

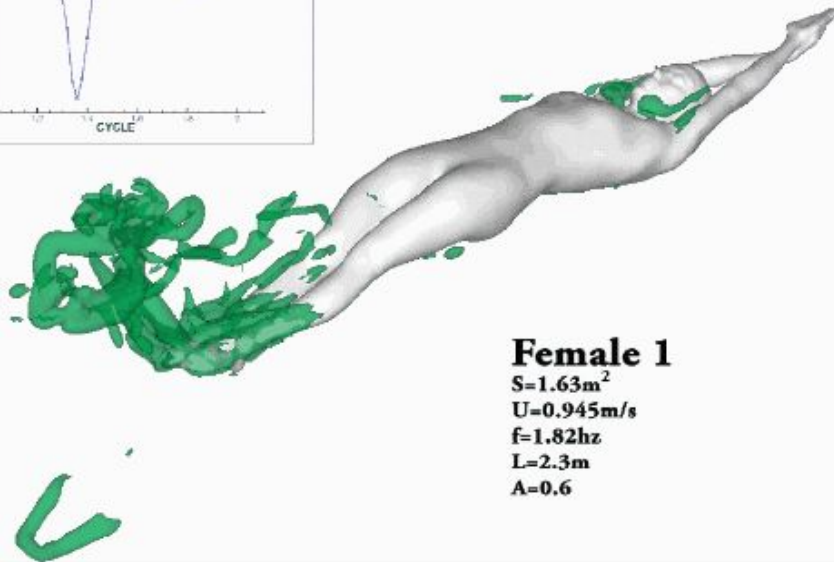
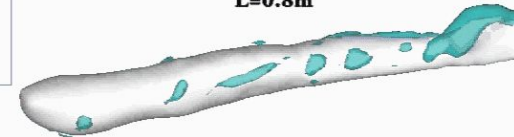
with Shoulder

$S=0.2\text{m}^2$

$U=1.6\text{m/s}$

$f=0.8\text{hz}$

$L=0.8\text{m}$



Female 1

$S=1.63\text{m}^2$

$U=0.945\text{m/s}$

$f=1.82\text{hz}$

$L=2.3\text{m}$

$A=0.6$

Nadar uma distância no menor tempo

- Comprimento médio de braçada (CB);
- Frequência média das braçadas (FB);
- Velocidade média (VM);
- Índice de braçada (IB).

Eficiência propulsiva e melhora na técnica

- **Índice de braçada (IB) □ tem grande utilidade para medir a habilidade técnica do nadador e apresenta a vantagem de neutralizar o efeito da velocidade (COSTILL, D. L. et *al.*, 1985).**
- **Quanto mais elevado for o *IB*, mais adequada, mecanicamente, será a técnica utilizada (COSTILL, D. L. et *al.*, 1985).**

Características da braçada em diferentes distâncias no estilo crawl e correlações com a performance

(CAPUTO et al. 2000)

- **Objetivo:** analisar as características da braçada (*CB*, *FB*, *VM* e *IB*) 50, 100, 200, e 400 m, no nado crawl, em 2 dias diferentes e em ordem randômica.
- **Conclusão:** indivíduos com performance moderada, o *CB* e *IB* podem ser utilizados para a predição de desempenho, particularmente em curtas e médias distâncias. Neles o efeito da distância de prova sobre a *CB* parece apresentar um comportamento diferente do encontrado em nadadores de alto nível e que são especialistas em determinadas distâncias.

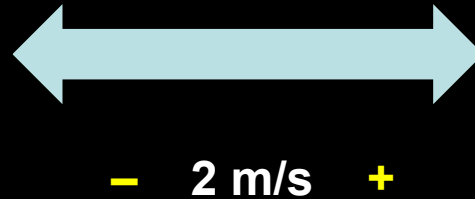
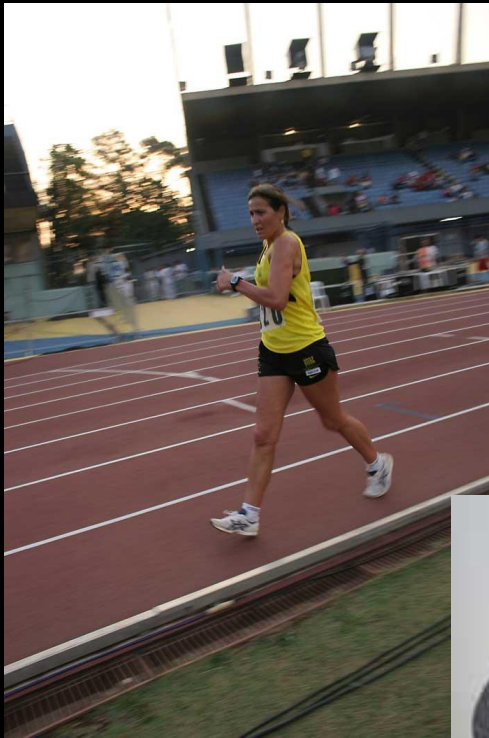
Atletismo

- Corrida;
- Saltos
(distância e altura);
- Arremesso;



Considerações básicas

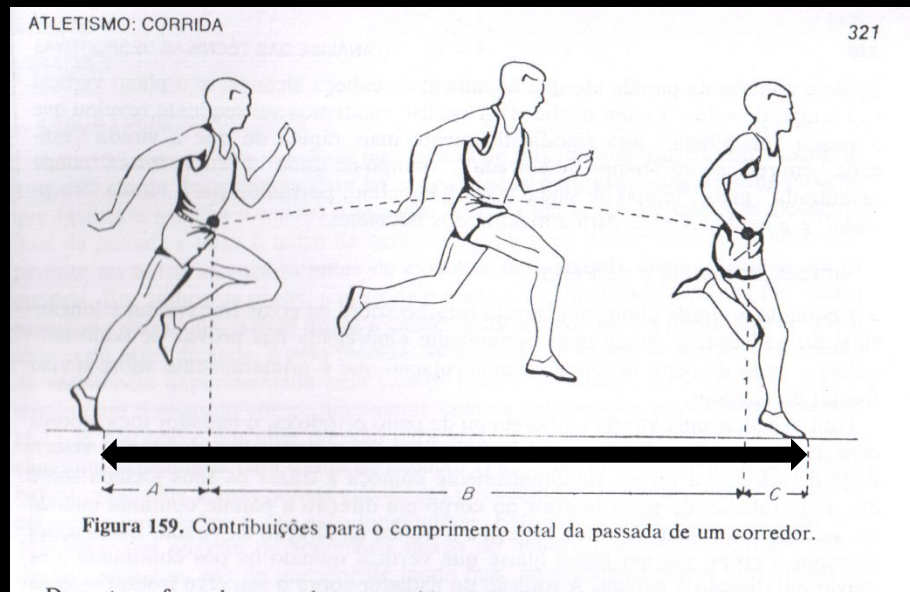
Marcha (sem fase aérea)



Corrida (com fase aérea)



Velocidade de corrida

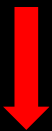


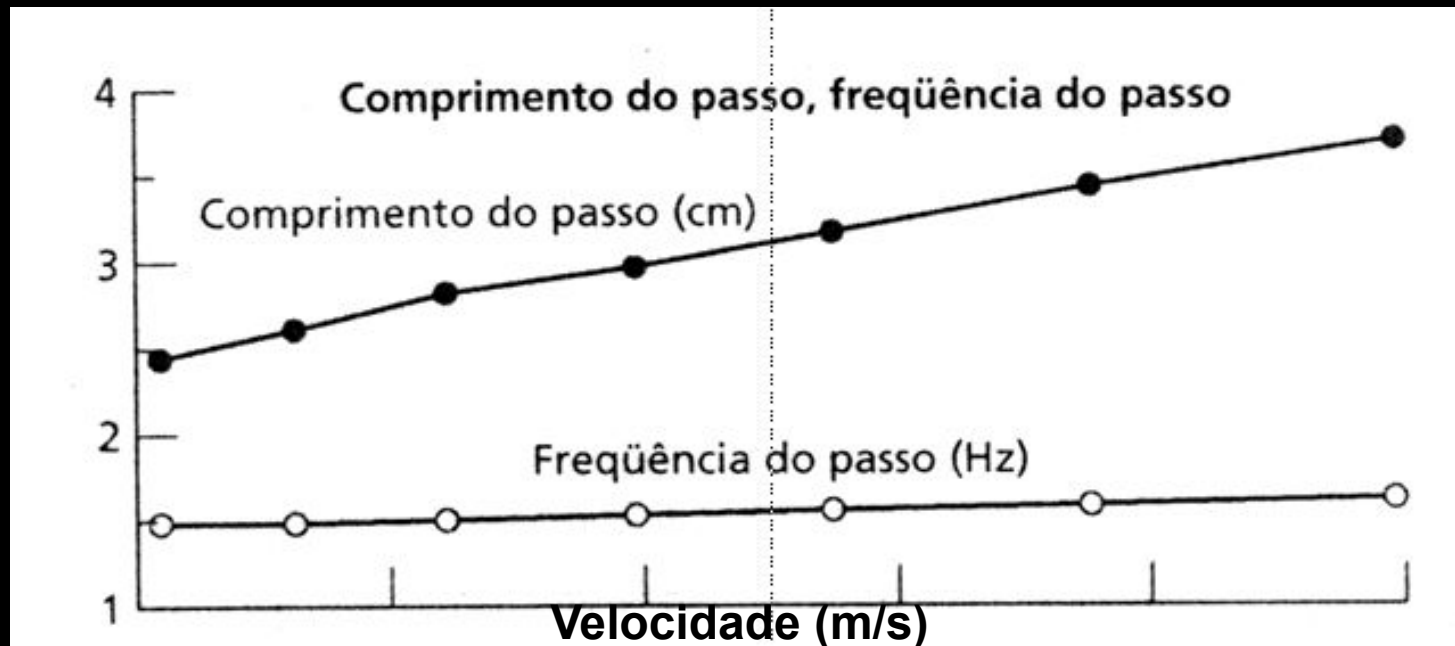
**Deslocamento
da fase aérea**

HAY, J. G. 1981

□ A velocidade empregada na corrida é dependente em maior escala da amplitude da passada do que da frequência da passada (BUS, 2003, MARINO; GOEGAN, 1993, CAVANAGH; KRAM, 1990, ELLIOT; ACKLAND, 1981).

Elliot e Ackland (1981), alteração no padrão após 10 km.



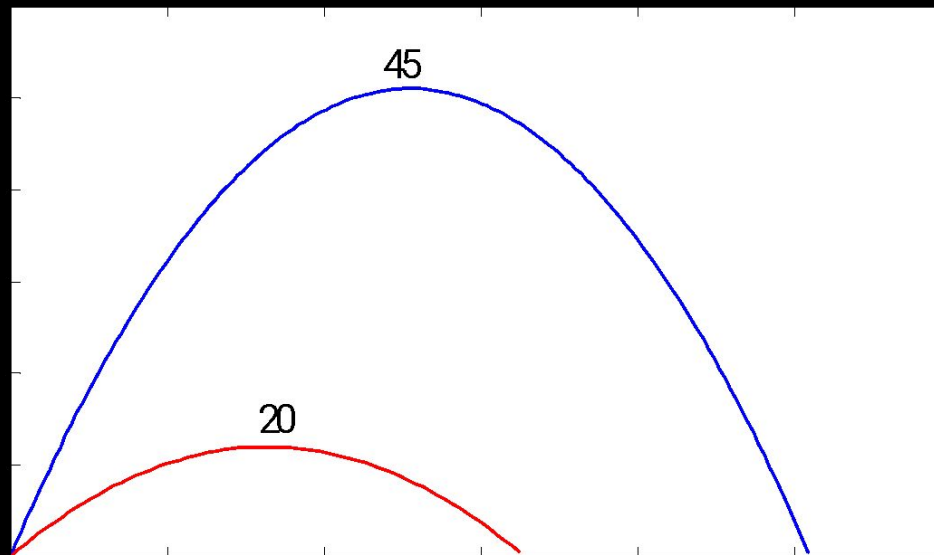


Salto em distância

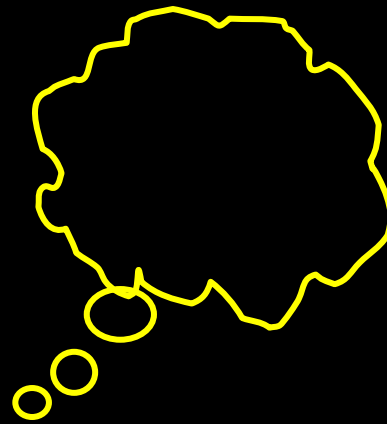




$$\theta < 45^\circ$$



Impulso



ou

Então:

onde:



↔

A meta é a maior distância horizontal

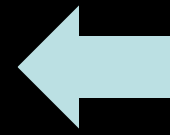
Atleta	Comprimento do salto analisado	Velocidade na impulsão (m/s)	Ângulo de impulsão	Ângulo ótimo de impulsão para uma determinada velocidade†
G. Bell (EUA)	7,76 m	9,09	21°50'	43°33'
R. Boston (EUA)	8,28 m	9,53	19°50'	43°39'
J. Owens (EUA)	8,13 m	9,19	22°	43°35'
I. Roberson (EUA)	8,10 m	9,31	19°10'	43°37'
E. Shelby (EUA)	7,49 m	8,79	21°10'	43°27'
	7,62 m	8,99	20°50'	43°31'
	7,93 m	9,29	20°	43°37'
I. Ter-Ovanesian (URSS)	7,48 m	8,79	18°50'	43°27'
	7,60 m	8,79	18°20'	43°27'
	7,81 m	8,89	24°20'	43°28'
	8,19 m	9,24	21°10'	43°35'

*Baseado em dados relatados em Popov, *Training for the Long Jump*, pág. 38.

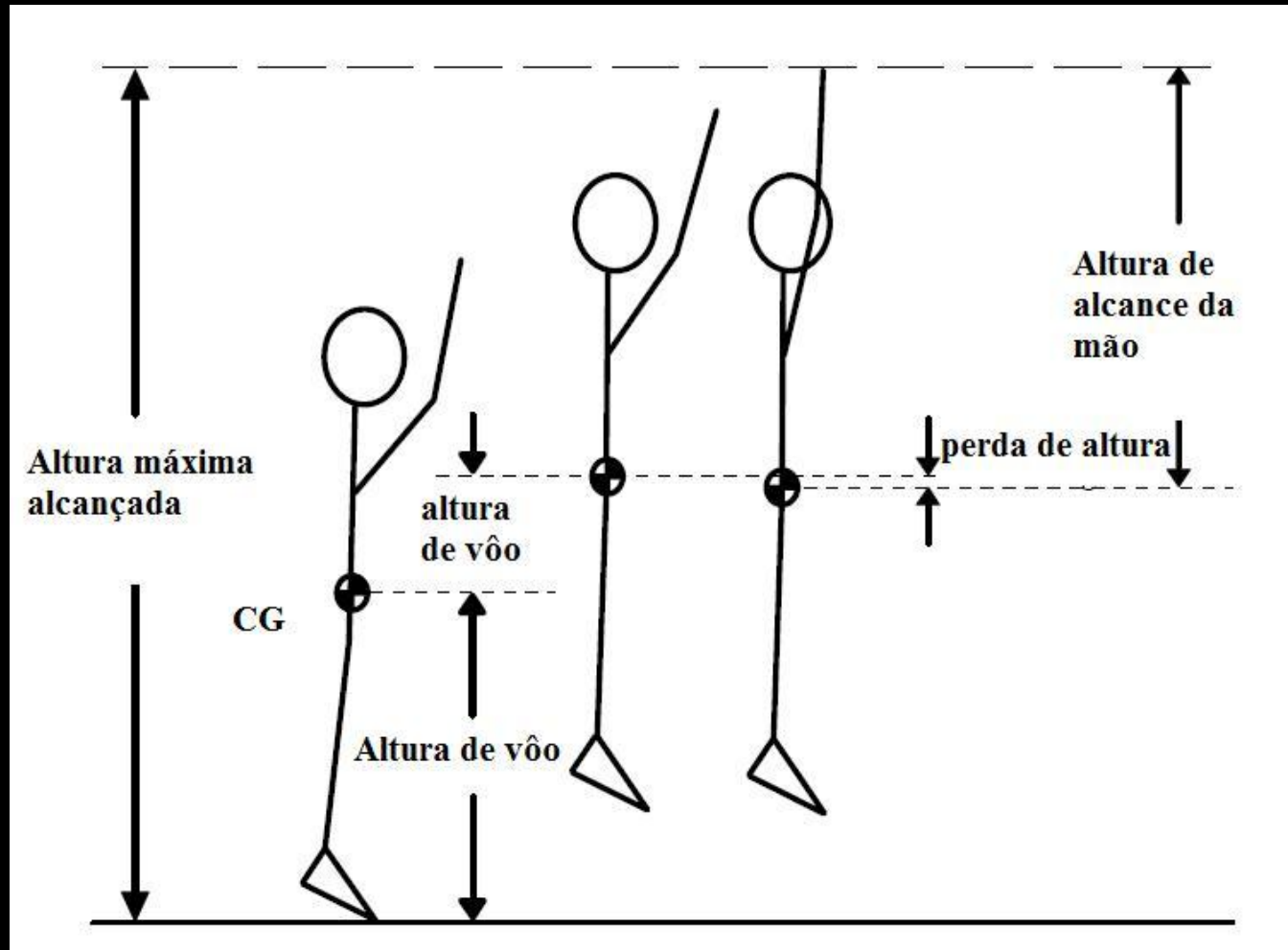
†Os valores nesta coluna são os que geram um deslocamento horizontal máximo quando o centro de gravidade do atleta na impulsão está 0,46 m acima do seu centro de gravidade na queda (os efeitos da resistência do ar foram ignorados nestes cálculos.)

Salto em altura





Altura



Evolução da técnica do salto em altura



tesoura



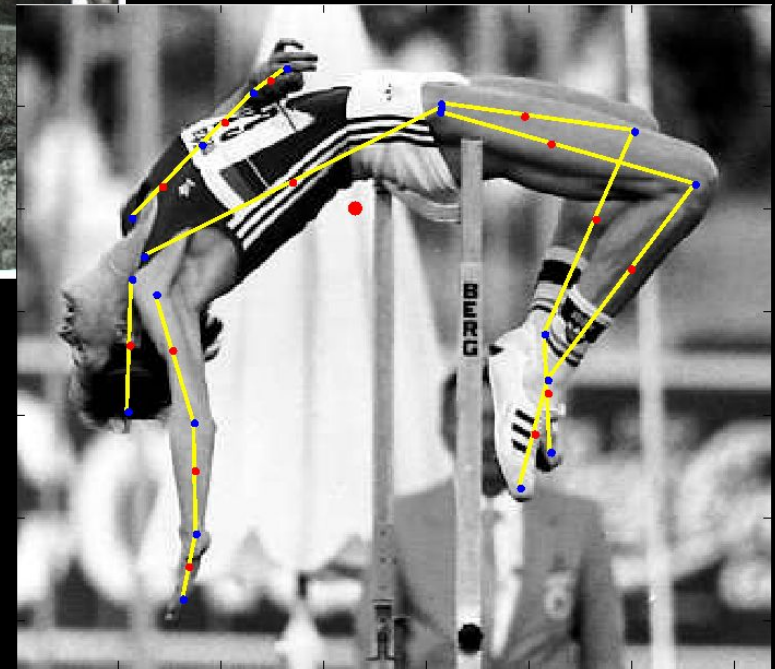
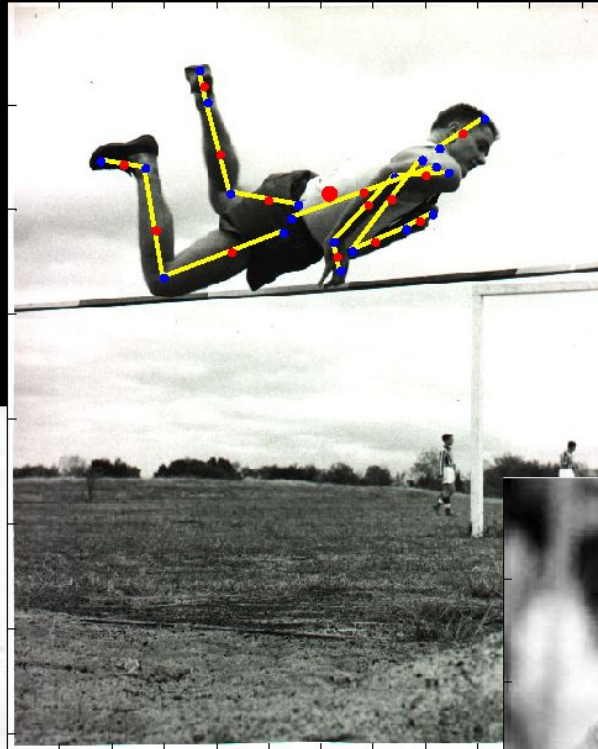
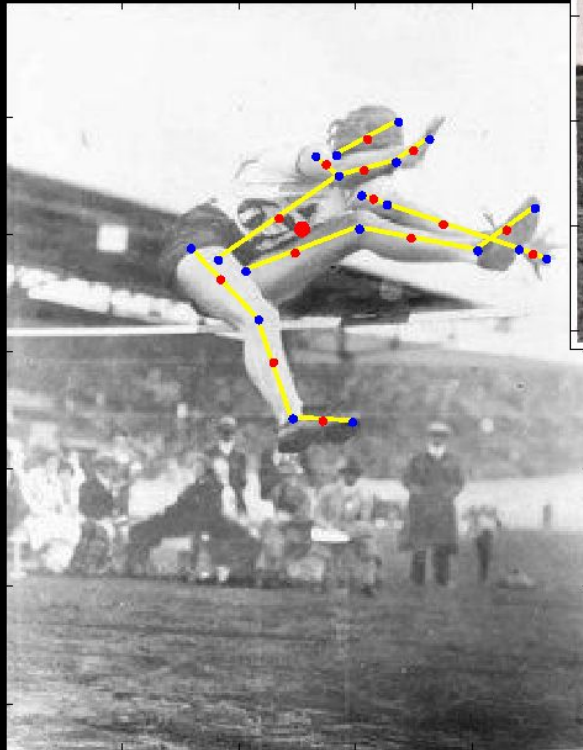
Rolo ventral



Fosbury Flop

Altura do CG muito próximas

**Porém,
melhor
desempenho!**



Material didático

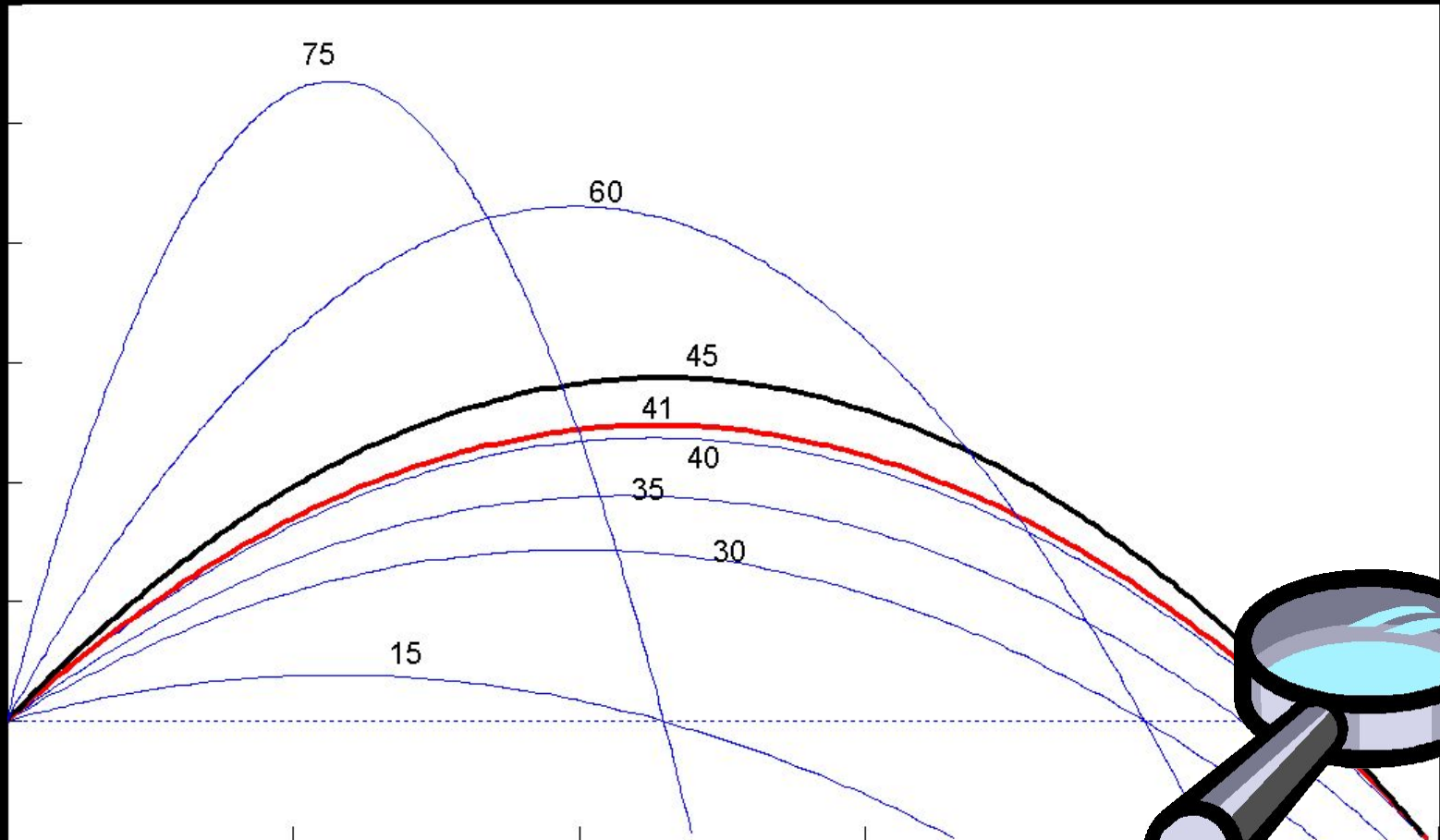
cg2d.m

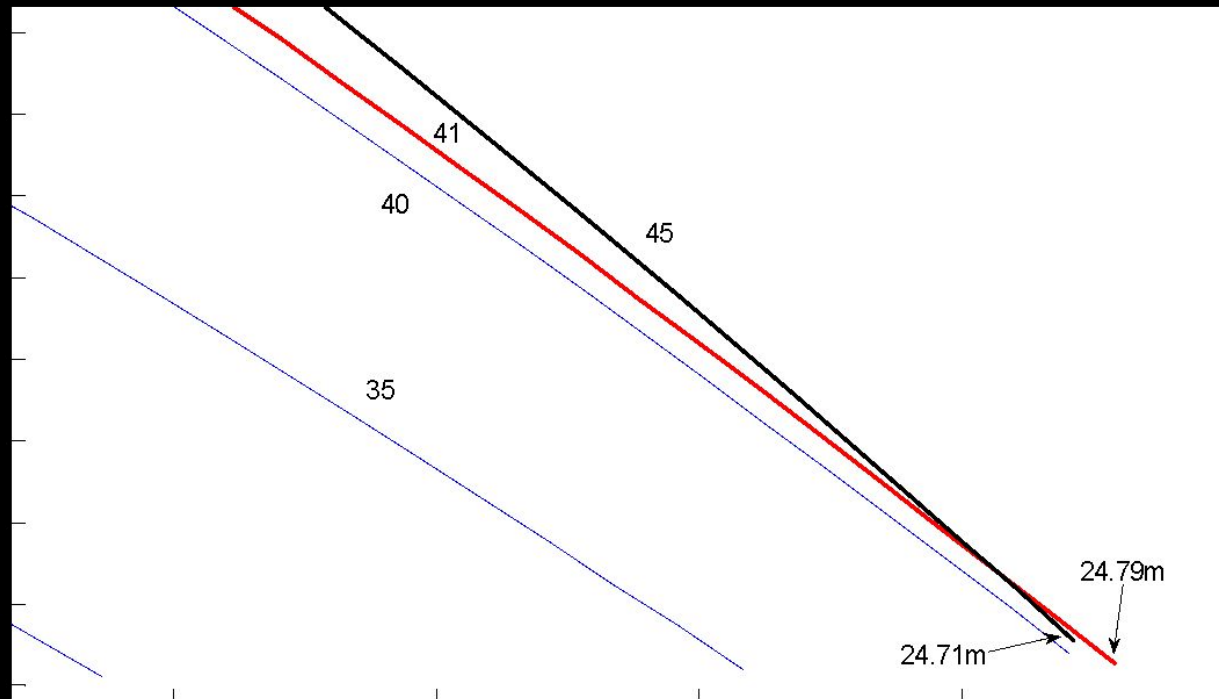


Arremesso de peso



Velocidade = 15 m/s





Maior alcance com 41°

Material didático

projatil3.m

peso



Biomecânica dos Esportes Individuais



**e sem
dormir**

