

Como a física pode contribuir para melhorar o desempenho de atletas brasileiros nos XXXI Jogos Olímpicos de Verão de 2016

(How can Physics contribute to improve the performance of Brazilian athletes at the XXXI Summer Olympics Games of 2016)

Amaro José da Silva Filho¹ Álvaro Chispino e José Luiz Fernandes

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Recebido em 2/8/2010; Aceito em 23/6/2011; Publicado em 2/6/2012

Visa contribuir com atletas e para-atletas, por meio da *Física Aplicada ao Desporto*, de modo que estes possam mais facilmente conquistar melhores índices e resultados nos XXXI Jogos Olímpicos de Verão que ocorrerão na Cidade do Rio de Janeiro, em 2016.

Palavras-chave: física aplicada ao desporto, confiabilidade, desporto de alto rendimento, XXXI Jogos Olímpicos de Verão de 2016.

It aims at to contribute with athletes and for-athletes by means of *Physics Applied to Sport* in such a way that these can more easily achieve indices and results in XXXI Summer Olympics Games which will occur in the City of Rio de Janeiro in 2016.

Keywords: physics applied to sport, reliability, sport of high income, XXXI Summer Olympics Games of 2016.

1. Introdução

Em vista da recente decisão tomada pelo COI – Comitê Olímpico Internacional quanto à realização dos XXXI Jogos Olímpicos de Verão da Era Moderna de 2016, em ter sua Sede Olímpica no Brasil, nada mais coerente se pretender tomar parte dos eventos afins. Com efeito, dentre as participações possíveis, há de se incluir a do pesquisador ávido por resultados atléticos de incontestável nível técnico e com maior confiabilidade. Por isso, julgou-se pertinente buscar na *Física Aplicada ao Desporto* aquelas particularidades que possam contribuir para melhorar o desempenho de atletas e para-atletas brasileiros nos desportos de alto rendimento (“[...] esporte espetáculo” [1]). De pronto, num breve relato, fala-se da herança olímpica recente, incluindo-se a ela um estudo sugestivo de como se determinar a classificação final dos participantes com menor grau de causalidade. Nesta sugestão, leva-se em conta não somente o quantitativo de medalhas de ouro, prata e bronze como tradicionalmente se faz, mas também o número de nações participantes, bem como a totalidade de atletas competidores, os esportes que compõem a referida edição dos Jogos e os eventos esportivos por esportes praticados. Por fim, de maneira idêntica, trata-se sobre as interações físicas nos desportos e do modo

como se entende ser possível torná-las vantajosas para os desportistas do Atletismo como um todo.

2. A herança olímpica de um passado recente

Em Pequim, nos XXIX Jogos Olímpicos de Verão de 2008, apesar da modesta presença de 2,64% do total de 10.500 atletas olímpicos, o Brasil bate mais um recorde ao competir com 277 atletas. Agora, as 132 presenças femininas totalizam 47,7% da delegação brasileira, outro recorde, com 6 medalhas no total dentre as quais 2 de ouro. Para os homens, 145 atletas ou 52,3% da delegação, 9 foram as medalhas sendo 1 de ouro. Em vigésimo segundo lugar entre 204 nações participantes, o Brasil fica dentro do grupo seleto daqueles países que conquistaram medalhas de ouro, 87 ao todo. Das 28 modalidades em 2004 passou-se agora para 32, ou seja, 14,3% a mais, portanto, não restam dúvidas quanto ao crescimento dos últimos quatro anos [2]. No gráfico da Fig. 1 a seguir, a Curva de Desempenho do Brasil nos Jogos Olímpicos de Verão da Era Moderna de 1920 a 2008 mostra a relação entre o sugerido número adimensional IRD - Índice Relativo de Desempenho, como se denominou, e as datas em que o Brasil participou enquanto uma Nação Olímpica. Esse índice proposto per-

¹E-mail: amarojs@hotmail.com.

mitiu classificar a atuação do país nos Jogos com base nos fatores a eles relacionados, tais como o número de nações participantes, o total de atletas olímpicos, os esportes que compuseram a edição avaliada, os eventos

esportivos por desporto praticado e o somatório individual das medalhas ouro, prata e bronze de premiações. Isto, tanto para a entidade Olímpica quanto para a entidade Brasil.

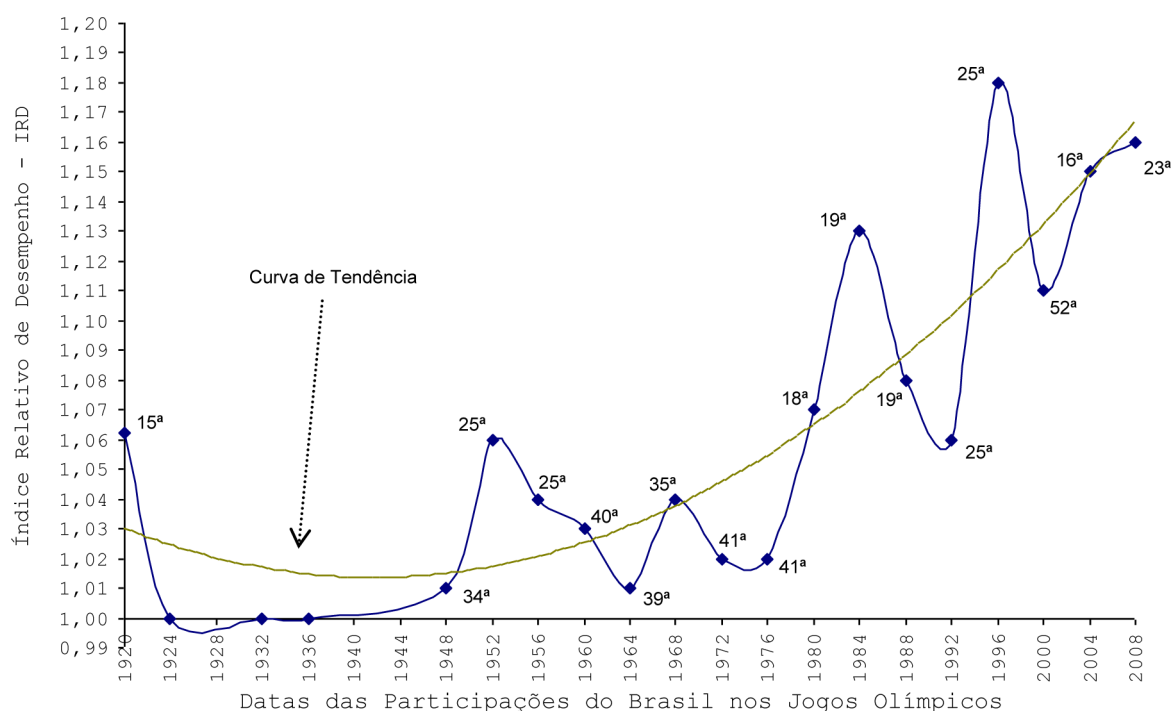


Figura 1 - Curva de desempenho do Brasil nos Jogos Olímpicos de Verão da Era Moderna de 1920 a 2008, com base no IRD.

No cálculo do IRD correspondente aos anos de participação, para um $IRD \geq 1$, utilizou-se a Eq. (1) como descrita a seguir

$$IRD = \left(\frac{NB}{NO} \times \frac{AB}{AO} \times \frac{E_v B}{E_s O} \right)^{\frac{3 \times \frac{OB}{OO} + 2 \times \frac{PB}{PO} + 1 \times \frac{BB}{BO}}{6}} \quad (1)$$

onde $NB \rightarrow$ Nação Brasileira $NO \rightarrow$ Nações Olímpicas, $AB \rightarrow$ Atletas Brasileiros $AO \rightarrow$ Atletas Olímpicos, $E_s B \rightarrow$ Esportes Brasileiros $E_s O \rightarrow$ Esportes Olímpicos, $E_v B \rightarrow$ Eventos Brasileiros $E_v O \rightarrow$ Eventos Olímpicos, $OB \rightarrow$ Ouro Brasileiro $OO \rightarrow$ Ouro Olímpico, $PB \rightarrow$ Prata Brasileira $PO \rightarrow$ Prata Olímpica e $BB \rightarrow$ Bronze Brasileiro $BO \rightarrow$ Bronze Olímpico.

Com a curva assim traçada procurou-se tirar de cena a conveniente classificação por quantidade de medalhas ordenadas do ouro ao bronze e que, como se vê pela presença dos numerais ordinais, é imprópria e não realça o efetivo desempenho dos desportistas. Por outro lado, dessa forma, reduz-se a causalidade propiciada por falhas humanas. A curva exibe ainda os anos em que não ocorreram os Jogos como 1940 e 1944 devido a Segunda Grande Guerra Mundial, bem como o ano em

que o Brasil não participou por problemas econômicos, 1928. Nos anos em que se quer obtivesse classificação, 1924, 1932 e 1936, o índice relativo de desempenho, por convenção, registra o número um. Por outro lado, a linha poligonal descreve a tendência do conjunto de desempenhos.

É com este acervo e mais o que adquirirá nos próximos XXX Jogos Olímpicos de Londres, marcados para 2012, que os atletas e para-atletas brasileiros marcarão presença nos XXXI Jogos Olímpicos de 2016, na Cidade do Rio de Janeiro. Até lá, deve-se somar esforços inclusive da física.

3. Interações físicas nos desportos: como torná-las vantajosas

3.1. A corrida nas curvas e suas particularidades

Muito se falou a respeito de Usain Bolt e isto se deve, obviamente, aos bons resultados obtidos por este atleta nos XXIX Jogos Olímpicos de Pequim, 2008. Não obstante, como bem mostra a foto da Fig. 2 [3], observe-se a posição do referido corredor ao efetuar a curva numa competição de 200 metros rasos. Note-se o quanto afas-

tado da borda interna da raia, dado por Δr , Bolt executa sua prova. Evidentemente um melhor posicionamento seria aquele que tangenciasse a curva, sem, contudo, levá-lo a tocar na linha que delimita as raias. Assim, não seria desclassificado como o foram seus adversários olímpicos Wallace Spearmon (americano) e Churandy Martina (caribenho) na final dos 200 metros rasos, corrida no Estádio Olímpico conhecido como “Ninho de Pássaro”.



Figura 2 - Corrida na curva durante uma prova de 200 metros rasos.

Mesmo nas Olimpíadas é o que muito se vê (Fig. 3).² Atletas de alto rendimento deixando de usar, por imperícia, talvez, recursos a eles(as) disponíveis graciosamente, os quais, se devidamente aplicados com vistas à aquisição de melhores resultados, decerto contribuiriam para uma evolução menos demorada de novas marcas.



Figura 3 - Eliminatória dos 200 metros rasos feminino, Pequim 2008.

Para confirmar veemente declaração, atente-se para as competidoras das raias 3, 4 e 6, enumeradas da direita para a esquerda na Fig. 3. Perceba-se como se posicionam quase no centro das respectivas raias. Raias estas, que a partir de 2004, “Regra 160.4” [5, p. 12], foram reduzidas de $(1,25 \pm 0,01)$ metros [6, p. 97] para no máximo $(1,22 \pm 0,01)$ metros, cada uma. Enquanto isto, a atleta da raia 5, em posição exemplar relativamente à raia, tangencia a curva numa bela demonstração de aproveitamento deste recurso. Portanto, ao adotarem semelhante estratégia (exclusivamente na curva), deixaram, com isso, de levar em conta o fato de a linha branca do arco externo da raia em questão, bem como o arco adotado como trajetória no percurso, apresentar medidas algébricas maiores do que a do arco interno junto à linha de medição, como se demonstra a seguir (Fig. 4).

Assim, da relação existente entre a medida algébrica de um arco orientado qualquer, AB (ou CD , no caso), ao longo de uma circunferência de círculo de centro em O , como mostra a Fig. 4, seu respectivo raio vetor, r , e o ângulo vetorial (ou argumento), ϕ (fí), dado pela expressão: $AB = r \phi$, pode-se afirmar que $CD > AB$, ou seja, que a trajetória CD , por hipótese escolhida pela maioria das atletas daquela semifinal olímpica, foi maior que a trajetória AB oficialmente utilizada como a linha de “[...] medição da pista”, “Regra 160.2” [7, 8]. Com isto, a princípio, as atletas deixaram de conquistar resultados mais significativos, fruto de tempos sem dúvida maiores. Pois, mesmo que as velocidades escalares tenham sido expressivas, houve desperdício de energia, como no caso da velocista jamaicana Verônica Campbell-Brown que venceu a disputa com o tempo oficial de 22,64 segundos, 1,30 segundos acima do recorde mundial [9] de 21,34 segundos da americana Florence Griffith Joyner, conquistado na Coreia do Sul, nos XXIV Jogos Olímpicos de Seul, em 1988. Por conseguinte, Campbell correu a prova com a velocidade média de 8,83 m/s ($\approx 31,8$ km/h) contra os 9,37 m/s ($\approx 33,7$ km/h) de Griffith, ou ainda com uma velocidade média cerca de apenas 5,76% menor daquela do recorde mundial a qual, segundo o autor, seria desnecessário por se tratar de eliminatória. Ressalte-se que por vezes, até se chega a excelentes resultados à custa de um desgaste maior ou muito maior do que o desejável, mas tudo por conta de extremas capacidades atléticas ocasionais, porém sem o rigor das ciências.

Outra maneira de considerar a questão em análise seria utilizar os dados contidos no modelo fornecido pela CBAAt, relativamente a “Pista Oficial de Atletismo” [10] (Fig. 5). Neste modelo, nas partes central e esquerda da figura estão as informações valiosas que ajudaram a levantar os resultados pretendidos.

²Conforme a Ref. [4].

Fazendo:
 $\lambda = \overline{BD}$ (ou \overline{AC}) $> 0 \rightarrow r + \lambda > r$
 Então, para φ expresso em radianos,
 tem-se que:
 $\widehat{AB} = r \cdot \varphi$
 $\widehat{CD} = (r + \lambda) \cdot \varphi$
 Logo, $\widehat{CD} > \widehat{AB}$

- $O \Rightarrow$ pólo fixo (hipotético)
- $Ox \Rightarrow$ eixo polar (hipotético)
- $\varphi \Rightarrow$ ângulo vetorial ou argumento
- $r \Rightarrow$ raio vetor
- $\lambda \Rightarrow$ variação arbitrária do raio vetor

Notas:

- 1) Os valores 5 e 20 que compõem a figura são medidas expressas em centímetros (cm);
- 2) A raia mede no máximo $(1,22 \pm 0,01)$ metros.

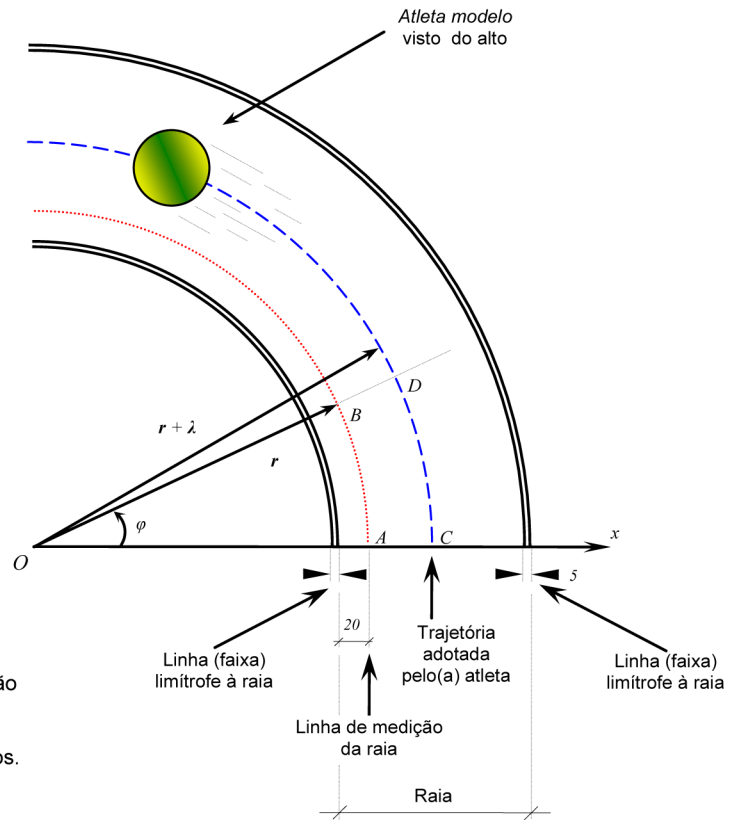


Figura 4 - Trecho esquemático da curva de uma pista oficial de Atletismo.

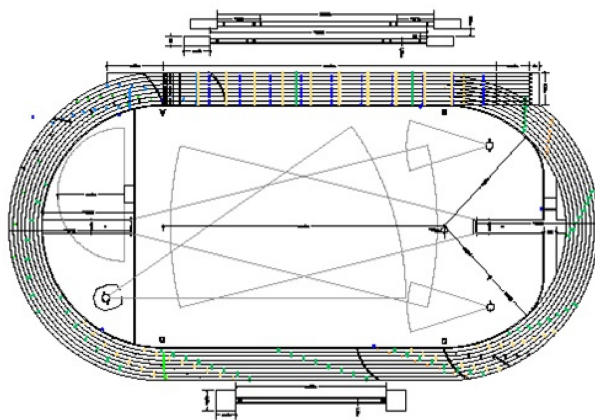


Figura 5 - Pista oficial de Atletismo.

Mas como se pode perceber, entretanto, a redução da pista trouxe impossibilidade à leitura dos dados, assim, achou-se por bem fazer uso do esquema a seguir, Fig. 6. Nele observa-se um ângulo γ (gama) com o valor de $42,5039^\circ$ ($\approx 0,741833$ rad). Logo, com base no ângulo raso, a soma dos ângulos α (alfa), β (beta) e γ (gama), dá 180 graus, ou seja, $\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$. De fato, se $\alpha = \gamma$, chega-se a um valor para β igual a $94,9922^\circ$ ($\approx 1,65793$ rad), ao se considerar a precisão mantida pelos seis algarismos significativos em questão.

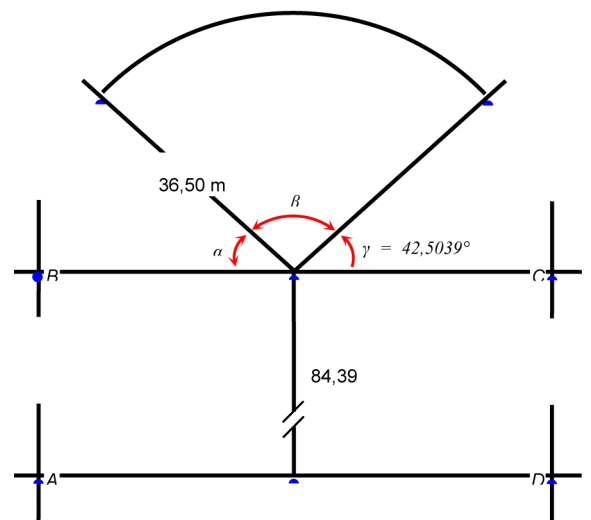


Figura 6 - Esquema representativo de parte da pista oficial de Atletismo.

Agora, recorrendo-se a expressão $s = r \gamma$ e levando-se em conta que a linha de medição afasta-se da borda interna da curva em 30 centímetros na primeira raia, aproximam-se então da medida deste arco de 27,30 metros, com um raio total de 36,80 metros, já incluídos os 30 centímetros a mais.

Daí, para o arco relativo ao ângulo β e o mesmo raio r de antes, tem-se outro arco s' medindo cerca de

61,01 metros. Portanto, toda a curva, da tangente B a tangente C , no sentido horário, mede nada menos que 115,61 metros, ou seja, $2 \times 27,30 \text{ m} + 61,01 \text{ m} = 115,61 \text{ m}$. Note-se que este mesmo resultado poderia ser obtido multiplicando-se o raio de 36,80 metros pelo ângulo raso de π radianos, equivalente aos 180 graus do ângulo BC . Para conferir este resultado, dobra-se o valor de 115,61 metros devido às duas curvas e, da mesma forma, dobra-se o valor de 84,39 metros referente às duas retas que completam a volta da prova dos 400 m rasos e, com efeito, contata-se a identidade, pois $2 \times 115,61 \text{ m} + 2 \times 84,39 \text{ m} = 400,00 \text{ metros}$.

Por conseguinte, se nesta primeira raia o(a) atleta resolver correr ao longo da linha média, estará acrescentando ao raio de 36,80 metros, mais 31 centímetros. Ou seja, o novo raio será de 37,11 metros. Com isto, o comprimento da curva também aumenta indo agora para 116,58 metros, com um incremento de 97 centímetros ou em torno de 0,83% da curva. Por extensão, para todas as outras raias, a elevação chegaria a 1,27 metros ou 1,09% da curva, aproximadamente, já que para as sete raias externas a linha de medição situa-se a 20 centímetros do arco interno das respectivas raias (Tabela 1).

Em virtude de uma conduta semelhantemente subjetiva, causada a princípio por erro humano (negligência, imperícia, imprudência ou mesmo fortuitos como, por exemplo, esquecimento de fundamentos), o(a) atleta ficaria sujeito a outra consequência. Pois, com o aumento não oficial, mas voluntário da trajetória curvilínea, e tendo-se em conta a definição de velocidade escalar média, v_m ($v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$, onde $\Delta x =$ espaço percorrido e $\Delta t =$ tempo decorrido ao longo de Δx), ou: (1) Aumenta-se a velocidade para se manter o tempo inalterado (o que, a princípio, demandaria maior potência, P , visto que $P = F \times v$); ou (2) tem-se o tempo aumentado por se manter a velocidade constante (medida esta, indesejável). Há, contudo, um meio termo que também poderia ocorrer, qual seja (3) o de aumentar em conjunto tanto a velocidade quanto o tempo (perder-se-ia um pouco no tempo, porém a potência exigida seria menor). Portanto, das três hipóteses, parece que a de número um é a melhor ou, por assim dizer, menos ruim, uma vez que a pretensão é sempre a de superação. Todavia, mais arrojado seria (4) aumentar em muito a velocidade (mesmo em detrimento do desgaste), para assim superar o tempo com um novo recorde. Com isto, volta-se ao início da proposta, ou seja, basta correr no máximo, sobre a linha de medição.

Inegavelmente, o tempo de 22,64 segundos da velocista Verônica Campbell-Brown da Jamaica (Fig. 3), poderia reduzir-se para 22,53 segundos se ao invés de percorrer a curva pela sua linha média, na raia 4, ela a tivesse feito pela linha de medição da mesma raia, o que

lhe daria, em conclusão, um ganho de 11 centésimos de segundo ou, em termos porcentuais, 0,4859% (0,5%). Na opinião do autor, informações como estas não deveriam ficar a margem do processo de preparação de atletas de alto rendimento, uma vez que 57,8% da prova dos 200 metros rasos desenvolvem-se na curva, ficando para a reta final apenas os 42,2% restantes.

No Tabela 2 indicam-se as medidas correspondentes aos pontos de referência em uma raia genérica (Fig. 7) para as provas de 200 e 400 metros rasos.

3.1.1. Outra situação relevante a se permitir nas curvas

Dentre todas as forças em estudo, a força de pressão, \mathbf{F}_p (onde $|\mathbf{F}_p| = pA$, para $p =$ pressão (exercida por fluido) e $A =$ área da superfície sob pressão), talvez seja a única que possa ser considerada imparcial. Isto porque, até onde se percebe, esta parece não depender das características do(a) atleta quanto ao perfil, se esguio ou achaparrado. Portanto, salvo reações orgânicas individuais não tratadas na presente análise, bem como eventuais flutuações pontuais do fluxo atmosférico, passivas de ocorrerem num Estádio Olímpico, a pressão do ar atmosférico será a mesma para todos(as) os(as) competidores(as) locais.

Por outro lado, o mesmo não se pode dizer quanto ao peso próprio, \mathbf{P} (onde $\mathbf{P} = m \mathbf{g}$), do(a) atleta, pois este depende da massa, m , de seu corpo e da “aceleração [local] da gravidade” [11, p. 1-4], \mathbf{g} , comum a todos(as). Do volume submerso, V_{sub} , do corpo do(a) competidor(a), além de outros parâmetros e, por consequência, do peso próprio aparente, $\mathbf{P} + \mathbf{E}$ (onde $\mathbf{E} = V_{sub} \rho_{liq} \mathbf{g}$, para $\mathbf{E} =$ empuxo e $\rho_{liq} =$ massa específica do fluido em questão), também. Assim, igualmente o é à força de reação normal ou “de vínculo” [12, p. 238-286], \mathbf{N} , enquanto agente equilibrador desse peso próprio aparente. E mais, sob o mesmo ponto de vista, a “força de atrito estático” [13], \mathbf{F}_{ae} (onde $0 \leq \mathbf{F}_{ae} \leq \mu_e \mathbf{N}$, para $\mu_e =$ coeficiente de atrito estático), que depende da força normal, e por último, de acordo com estudos realizados [14, 15, p. 115], a força de “resistência do ar”, \mathbf{F}_r (onde $|\mathbf{F}_r| = 1/2 C_D \rho A v^2$, para $C_D =$ “coeficiente de resistência ao arrasto”), por depender da área transversal, A , do corpo do(a) corredor(a), assim como de sua velocidade, \mathbf{v} .

Com efeito, na curva, uma sétima força efetivamente se permite sentir, independentemente do(a) competidor(a). Do ponto de vista do(a) atleta, esta força age como se o(a) puxasse para fora da curva, permitindo-lhe inclinar-se contrariamente, isto é, para dentro da curva. Esta ação, justificada com outros argumentos por um observador inercial ou galiano,³ se deve a força centrífuga, \mathbf{F}_{cf} (onde $\mathbf{F}_{cf} = -m \mathbf{a}_{ct}$, para $\mathbf{a}_{ct} =$ aceleração centrípeta).

³Conforme a Ref. [16].

Tabela 1 - Relação das medidas calculadas para a curva, com 8 raias, de uma pista oficial de atletismo.

Ordem	Discriminação	Medidas (em metro) por raias							
		1	2	3	4	5	6	7	8
A	Raias								
B	Larguras das raias	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22
C	Raios internos das raias	36,50	37,72	38,94	40,16	41,38	42,60	43,82	45,04
D	Afastamentos das bordas internas das linhas de medições da pista, nas raias	0,30	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
E	Raios das linhas de medições da pista, nas raias	36,80	37,92	39,14	40,36	41,58	42,80	44,02	45,24
F	Raios das linhas médias das raias	37,11	38,33	39,55	40,77	41,99	43,21	44,43	45,65
G	Comprimentos das curvas, sobre as linhas de medições da pista	115,61	119,13	122,96	126,79	130,63	134,46	138,29	142,13
H	Acréscimos aos comprimentos das curvas, devido aos afastamentos laterais (referência G1)	0,00	3,52	7,35	11,18	15,02	18,85	22,68	26,52
I	Comprimentos das raias na curva para a prova dos 200 m rasos, sobre as linhas de medições da pista	115,61	115,61	115,61	115,61	115,61	115,61	115,61	115,61
J	Comprimentos das curvas sobre as linhas médias das raias	116,58	120,42	124,25	128,08	131,92	135,75	139,58	143,41
K	Acréscimos aos comprimentos das raias na curva, devido às localizações das linhas médias (J1 - G1)	0,97	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29
L	Acréscimos aos comprimentos das curvas, devido aos afastamentos laterais (referência J1)	0,00	3,84	7,67	11,50	15,34	19,17	23,00	26,83
M	Comprimentos das raias na curva para a prova dos 200 m rasos, sobre as linhas médias das raias	116,58	116,58	116,58	116,58	116,58	116,58	116,58	116,58
N	Valor utilizado para π na expressão $s = r \gamma$, onde γ é expresso em radianos	3,141592654							

Fonte: Dados levantados a partir das informações contidas no modelo da Pista Oficial de Atletismo divulgado pela CBAt. Disponível em http://www.cbat.org.br/pistas/pista_oficial_cbat.pdf. Acesso em 18/5/2009.

Tabela 2 - Pontos de referência da raia.

a	b	c
200,00 m	200,97 m	201,95 m
400,00 m	401,94 m	403,90 m

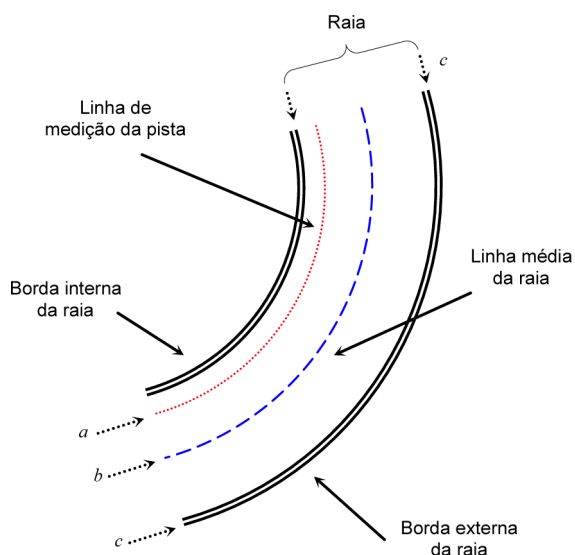


Figura 7 - Detalhes de um trecho da curva da pista oficial de Atletismo.

Deste modo, aproveitando as duas fotos acima, Fig. 8, é possível ilustrar o quanto inclinado se encon-

travam os atletas ao passarem pela curva no instante do acionamento do disparador das respectivas câmeras fotográficas. Para o técnico Ahyilton da Conceição (1929-2002), neste momento, as inclinações tanto para o lado da curva quanto para frente, deveriam ser as mais acentuadas possíveis, e bradava: “[...] olhe p’ra dentro da curva...”. Ao atender o comando, o(a) atleta não só demonstrava disciplina como aprendia o quanto lhe beneficiava esta técnica, apesar da dificuldade que sentia em superar o receio de cair.

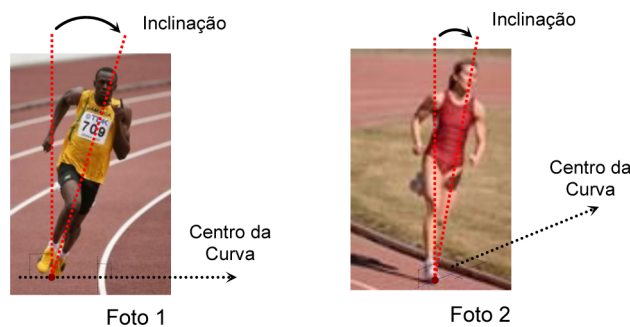


Figura 8 - Fotos de atletas percorrendo a curva numa pista de Atletismo.

E como justificar fisicamente esta prática? Antes de avaliar as razões do mando acima, contudo, percebase na “Foto 1” (Fig. 8), relativamente a “Foto 2”,

uma maior inclinação lateral. Também, além da determinação pessoal de cada atleta de assim executar ou não o determinado pelo técnico, admita-se, por hipótese, como de interesse tal procedimento.

Pois bem, tanto a velocidade escalar (rapidez), v , cuja variação instantânea se dá por conta da aceleração tangencial, a_{tg} , devido a equivalente componente do atrito estático, F_{ae} , situada entre a pista e o pé ou sapatilha do corredor na tangente à curva, quanto à aceleração centrípeta, a_{ct} , gerada pela componente normal (radial) do atrito estático, F_{ae} , ao longo da reta que passa pelo centro, O , da curva, são por assim dizer, em conjunto, os esteios deste conhecimento usual ilustrado na Fig. 9.

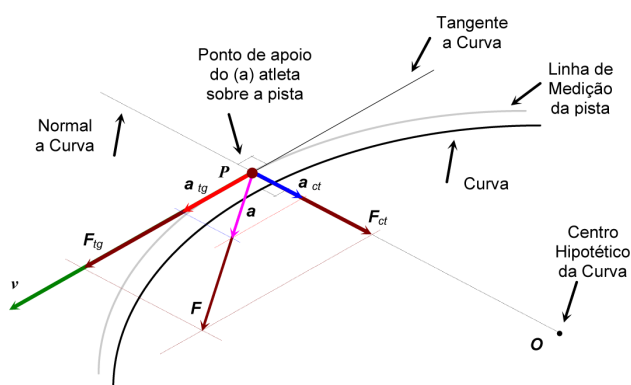


Figura 9 - Decomposição conjunta da força de atrito estático, F_{ae} , e da aceleração, a , tangente a linha de medição.

No esquema dessa Fig. 9, arbitrariamente no ponto P da linha de medição da pista, na curva, pretendeu-se relacionar as acelerações produzidas pelas componentes normal e tangencial da força de atrito, bem como a velocidade, v , inerente a uma massa, m (do corpo do(a) atleta), supostamente constante. Adiante, na Fig. 10, estendeu-se em detalhes ao lançar mão das forças de

resistência do ar, F_r , exercida pela ação do “[...] vento aparente” [17], centrífuga, F_{cf} , cujo “[...] efeito [...] é causado [...] pela inércia” [18, p. 144] e do peso próprio aparente, $P + E$, num esforço para dar ao todo um aspecto tridimensional.

Assim, enquanto a componente normal, F_{ct} , do atrito estático, impede que o pé do(a) atleta derrape lateralmente para fora da curva, arrastado por inteiro pela ação real da força centrífuga, F_{cf} , e que o(a) leva a inclinar-se para dentro da curva (somente reproduzida na Fig. 10), também contribui com a aceleração normal, a_N , incumbida de mudar a direção de sua velocidade, v . Esta aceleração, por vezes chamada de aceleração centrípeta, a_{ct} , também permite justificar a diferença entre as inclinações dos atletas na Fig. 8 (velocidade na Foto 1, maior que velocidade na Foto 2).

Da mesma forma, a componente tangencial, F_{tg} , do atrito estático, não permite o escorregamento de seu pé para trás, como igualmente o faz enquanto a trajetória é retilínea, e ainda produz a aceleração tangencial, a_{tg} , responsável pela variação, aumento no caso, da intensidade da velocidade, v .

Além disso, com base na segunda lei de Newton relacionam-se, na Eq. (2), em módulo, a força de atrito, F_{tg} , tangente a curva, a massa, m , do(a) atleta e a aceleração tangencial, a_{tg} , ou a variação temporal da velocidade escalar, v , desenvolvida. Já na Eq. (3), as grandezas velocidade escalar, v , do(a) velocista e sua massa, m , bem como o raio, R (seguimento OP , nas Figs. 8 e 9), da trajetória curva e a força centrípeta, F_{ct} .

$$\begin{cases} F_{tg} = m \times a_{tg} = m \times \frac{dv}{dt}, & (2) \\ F_{ct} = m \times a_{ct} = m \times \frac{v^2}{R}. & (3) \end{cases}$$

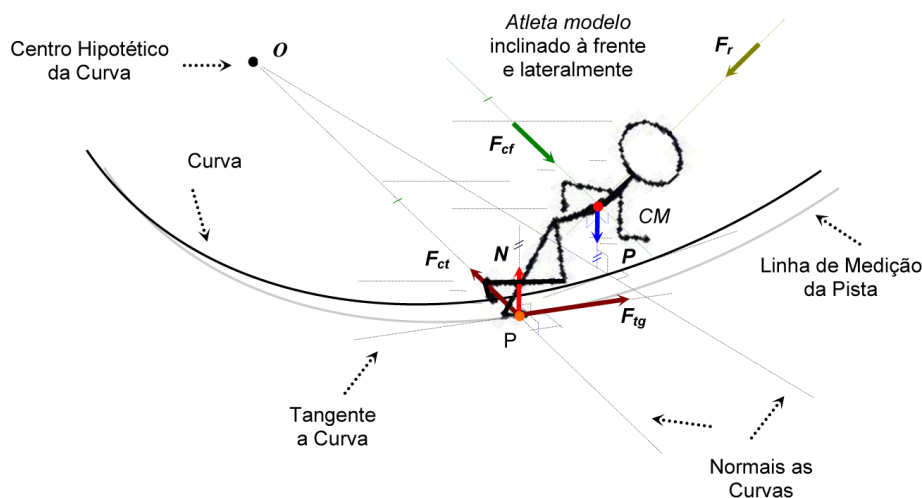


Figura 10 - Forças que atuam no atleta enquanto faz a curva na pista de Atletismo.

Em síntese, entende-se que seja este um legado útil aos(as) velocistas praticantes, enquadrando-se, portanto, dentre todos aqueles conhecimentos que podem ser transmitidos aos interessados, com a profundidade devida.

3.2. Um zigzague inoportuno para velocistas

Algumas largadas são tensas. Exigem não somente concentração (“[...] velocidade de reação motora” [19, p. 339-343]), mas antes de tudo, muito, mais muito treinamento. Mesmo assim, não raro, atletas de alto rendimento deixam de se beneficiarem quando, após a explosiva saída do bloco, zigzagueiam durante os primeiros segundos tanto na prova dos 100 metros rasos quanto nas provas do salto em distância e salto triplo.

Contra este comportamento impróprio, o técnico Ahylton da Conceição agia com o rigor da razão. E para combatê-lo, ele incluía nos treinamentos inúmeras repetições de saída de bloco, com o bloco situado sobre a linha divisória das raias. Com isto, esperava condicionar seus atletas, inclusive o autor, a correr em linha reta, sem zigzague, não deixando, assim, que se perdessem os preciosos milésimos de segundos os quais, um percurso maior decerto encobriria. Deste modo, com mais este pequeno detalhe, contribuía para resultados desejáveis e não depreciativos.

Sem dúvida isto vale uma demonstração. Por isso, a fim de esclarecer, a seguir comparam-se os desempenhos de dois *atletas modelos* imaginários (Fig. 11).

O *atleta modelo A*, com o melhor tempo brasileiro nos 100 metros rasos, 10,00 segundos cravados (tempo eletrônico, semelhantemente ao tempo do recordista Robson Caetano da Silva em 1988, no México, segundo a CBA [20]), percorre os primeiros 20 metros da prova sem zigzaguear. O segundo atleta, o *atleta modelo B*, no entanto, ao invés de correr em linha reta como o fez o *atleta modelo A*, inadvertidamente, desloca-se todo zigzagueante.

Apesar da saída impecável de ambos, sem desvios de simultaneidade na precisão de centésimos dos

cronômetros utilizados (partida eletrônica), com consistência, os cálculos levarão os juizes a acusarem a mesma “velocidade média” [21] para os dois. Enfim, empatados.

Mas se o *atleta modelo B* percorreu um espaço maior no mesmo tempo que o *atleta modelo A*, deveria, por isso, ter uma velocidade média maior e, por conseguinte, ganhar a prova. E de fato. Só que no Atletismo, as metragens já estão definidas. Sendo assim, não se computam “doações”, pois o que vale, no caso, é o menor tempo. O mesmo ocorre nos saltos em altura e com vara, quando os(as) atletas vão além ou muito além da posição dos respectivos sarrafos. São as regras. Injustas ou não, os acréscimos sobre sarrafos e percursos não são registrados, em que pese o estágio da tecnologia dos dias de hoje (2009).

Então, se argumentos como o de aproveitamento dos acréscimos sobre os sarrafos dos saltos em altura e com vara, a partir de dispositivos eletrônicos de detecção, não sejam suficientes para alterar as regras, que se passe rente aos sarrafos. Se **pular** sobre as barreiras (Fig. 12) [22], indo-se muito acima das metragens convencionadas para as provas de 100 e 400 metros com barreiras (feminino), 110 e 400 metros com barreiras (masculino) ou 3000 metros com obstáculos (masculino e feminino), amplia os tempos das respectivas provas, que se **passa** então rente as barreiras ou, como afirma Dyson [23, p. 136]:

“[...] Uma inclinação acentuada à frente e uma boa sincronização dos movimentos dos braços e pernas permite a passagem sobre a barreira de forma econômica. Com o centro de massa próximo a barreira, pode-se voltar rapidamente ao chão. Em vez disso, uma passagem mal feita conduz a perda de tempo no ar.” (Tradução nossa).

Portanto, se correr em zigzague leva a um percurso maior e reduz as chances de recorde, corra-se em linha reta.

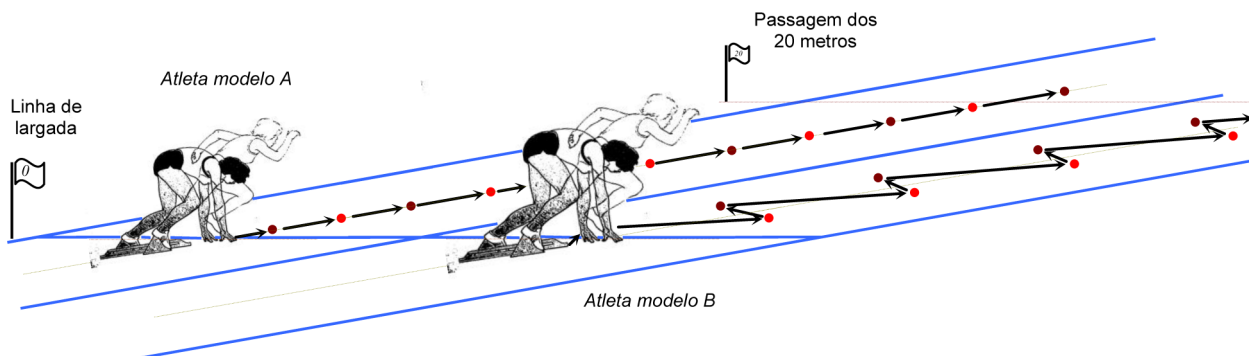


Figura 11 - Corrida em pista reta e plana com e sem zigzague.



Figura 12 - Prova de barreiras com vistas a Pequim 2008.

Afinal, em qualquer triângulo plano, cada lado é menor do que a soma dos outros dois e maior do que a sua diferença. Assim, afirma o autor, se a corrida em ziguezague permite sequenciar triângulos no plano por seus vértices, de modo a manter o maior lado alinhado, para um número arbitrário de triângulos, a soma destes la-

dos retos será menor do que a soma de todos os outros dois. Daí, nas simulações de triângulos seqüenciados ΔOAP , ΔPBQ , ΔQCR e ΔRDS (etc.), Figs. 13 e 14 a seguir, a soma dos lados OP , PQ , QR e RS (etc.), será menor que a soma dos lados OA , AP , PB , BQ , QC , CR , RD e DS (etc.). Nos esquemas I, II e III, simulam-se as superposições das trajetórias proposta na Fig. 11. Neles o ziguezague do atleta modelo B, tem amplitude constante.

Já na Fig. 14, nos esquemas IV, V, e VI que simulam as mesmas superposições, o ziguezague apresentado é proporcional a extensão das passadas. Enquanto as passadas do atleta modelo B, em IV, foram relativamente menores daquelas do atleta modelo A, a amplitude do ziguezague reduziu-se; quando as passadas aumentaram, em VI, o afastamento lateral ampliou-se. Na seqüência, os esquemas II e V, idênticos, foram as referências. Neles as passadas e as amplitudes dos ziguezagues são iguais.

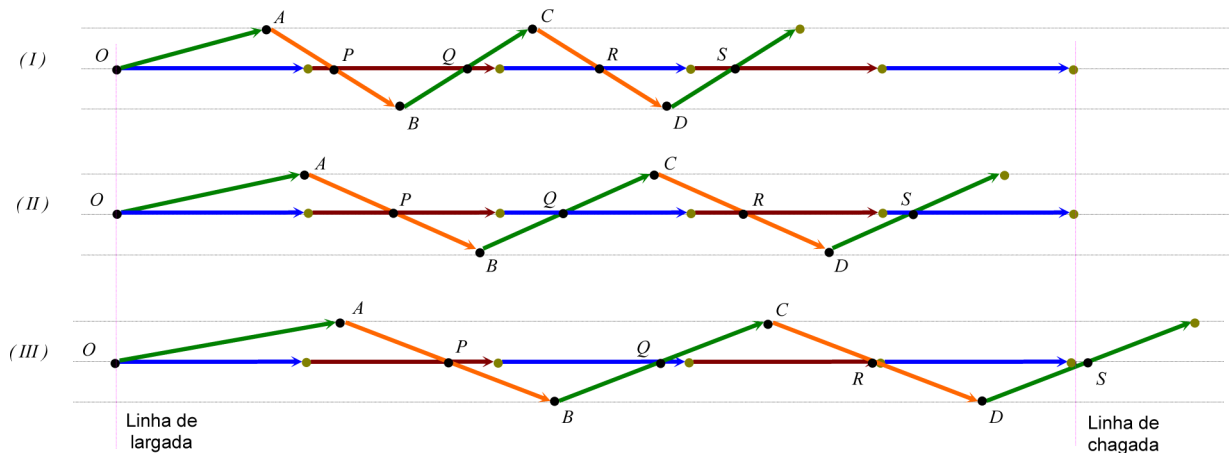


Figura 13 - Esquema da superposição, em três etapas, de corridas em ziguezague e em linha reta.

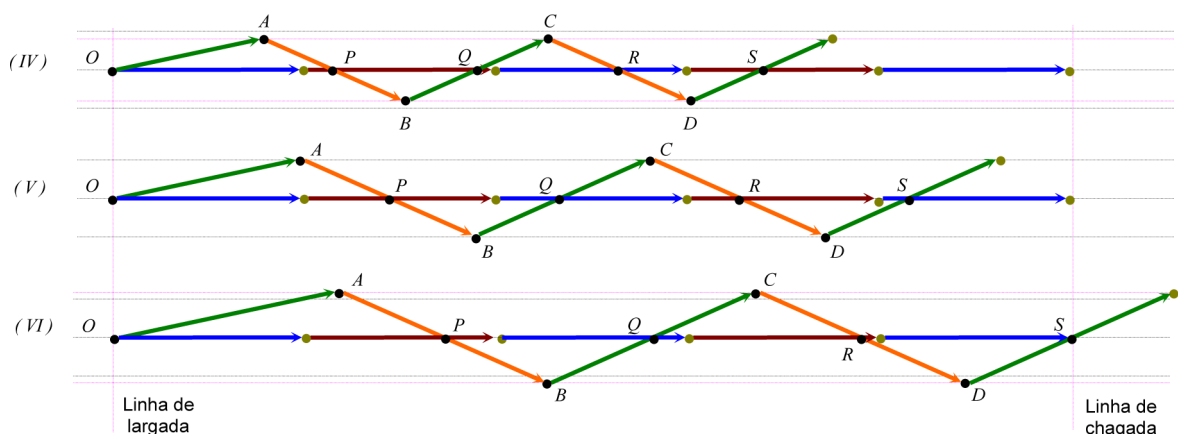


Figura 14 - Esquema da superposição, em três etapas, de corridas em ziguezague e em linha reta.

Por conseguinte, percebe-se nos esquemas II e V que o *atleta modelo B* perde a corrida exclusivamente por conta dos ziguezagues, já que manteve, no mesmo tempo, igual número de passadas idênticas as do *atleta modelo A*. Nos esquemas I e IV, além dos ziguezagues, somou-se à derrota do *atleta modelo B*, o encurtamento das passadas. Entretanto, nos esquemas III e VI, apesar dos ziguezagues, a vitória do *atleta modelo B* se deu por razão do alargamento das passadas, fruto de sua inclinação à frente (e não de uma possível e eventual perna maior), independentemente da maior amplitude das oscilações, mas com o prejuízo por ter alcançado um tempo maior para o trajeto, tempo este que seria menor não fossem os ziguezagues.

Quando do início deste imprudente ziguezaguear, se a direção efetiva do contato do atleta com a pista, por meio da sapatilha-de-prego ou de seu pé, não apontar objetivamente na direção da corrida, o ângulo, θ (teta), entre estas duas direções, se maior que zero, reduzirá a componente da aceleração longitudinal, a_L ($a_L = a \cos\theta$), devido o surgimento de uma aceleração transversal, a_T ($a_T = a \sin\theta$), inconveniente e isto afetará a velocidade, v , com a qual o percurso deveria ser explorado. Sua justificativa pode ser encontrada na segunda lei de Newton (Eq. (2)), onde a força de atrito estático, F_{ae} , reação do solo juntamente com a força normal, N , divide-se como mostra a Fig. 15 anterior, mesmo estando na reta. Como afirmava o técnico Ahylton da Conceição, “[...] [a] posição do pé deverá estar na direção do deslocamento.” [24, p. 4].

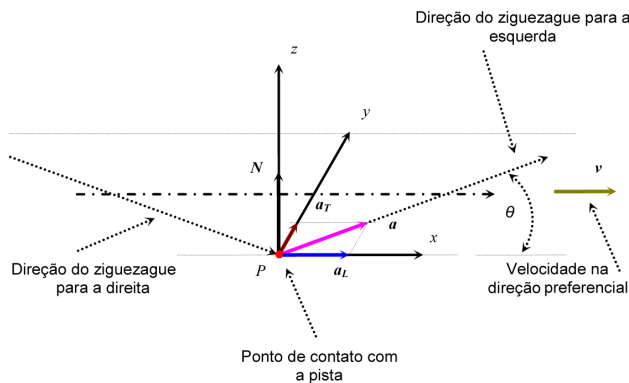


Figura 15 - Decomposição da aceleração, a , do movimento.

3.3. A gravidade, o atrito e a amplitude das passadas

Nos esquemas III e VI das Figs. 13 e 14, constatou-se vantagem devido à amplidão das passadas mantidas durante a competição. Semelhante benefício é possível quando, durante a corrida, o(a) atleta projeta seu tronco à frente, de modo a se deixar puxar adiante pela ação gravitacional (“[...] atração gravitacional” [25, p. 273-282]), como, aliás, esta reproduzida a seguir (Fig. 16).

⁴Conforme a Ref. [28].

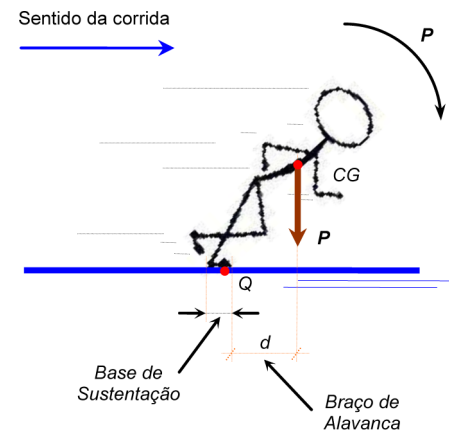


Figura 16 - Postura do atleta com inclinação à frente.

Todavia, a postura esboçada nesta figura somente é possível, sem escorregadelas, mediante o grande atrito (não exibido na figura) existente entre a sapatilha-de-prego e a piso sintético comum nas provas de pista. Deste modo, ao lançar o tronco para frente, o(a) atleta tende a cair em virtude da linha de ação de seu peso próprio, P , se projetar ortogonalmente fora da base de sustentação de seu corpo. Neste momento, numa atitude preventiva, eleva-se o joelho ao máximo e na cadência da rapidez com que se desenvolve o movimento à frente, empurrando o chão para trás enquanto distende-se a perna apoiada, flutua-se em seguida, conforme descreve Perelman [26, p. 31-32], por meio da Fig. 17.

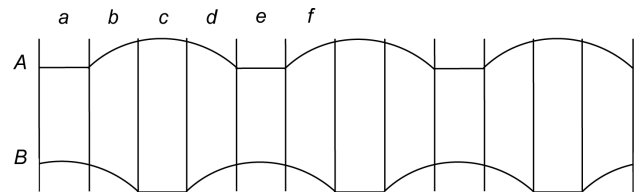


Figura 17 - Esquema do movimento do pé ao correr.

Na Fig. 17, mostra-se as ocasiões (em b , d e f) em que o(a) corredor(a) mantém ambos os pés movendo-se sem apoio, como que a “flutuar” no pequeno lapso de tempo. Nisto, acentua Perelman [27, p. 32], “[...] consiste a diferença entre correr e andar”.

Para este treinamento específico, o técnico Ahylton da Conceição utilizava-se da corrida em diagonal tanto nas arquibancadas quanto no campo da sede do Botafogo de Futebol e Regatas em General Severiano, no Rio de Janeiro, numa pretenciosa imitação dos amplos saltos dos cangurus australianos, analogamente ao para-atleta Antônio Delfino de Souza,⁴ Fig. 18. E, incansavelmente, repetia: “[...] vocês precisam sair do chão”.



Figura 18 - Atleta em treinamento de elevação de perna.

3.4. Considerações

Durante as provas oficiais do Atletismo nos Jogos Olímpicos, algumas medições físicas são realizadas. Medidas de tempo, distância, altura e velocidade do vento são as mais corriqueiras. Outras, no entanto, para cumprimento das regras vigentes poderiam ser solicitadas ou determinadas pelos árbitros, como as medidas das massas (ou pesos) dos artefatos, tais como o dardo, o martelo ou o peso. O centro de massa do dardo e até mesmo, num exagero extremo, a granulometria ou densidade da areia contida na caixa de areia dos saltos horizontais.

Contudo, ainda na atualidade, depara-se com situações adversas como as descritas pelo físico P. Kirkpatrick que, conforme Álvares [29, p. 146-149], com propriedade, critica os processos de medições, lançando sobre estes suspeitas quanto ao nivelamento dos terrenos nas provas de arremesso de peso e similares, martelo, disco e dardo. Da precisão dos cronômetros e dos sistemas eletrônicos a eles interligados, quando das largadas das provas de pista, particularmente daquelas escalonadas efetuadas nas curvas. Ou ainda, na comparação de resultados e recordes olímpicos devido à variação sofrida pela gravidade local, $g(L, A)$, mostrada a seguir (Eq. (4))

$$g = g(L, A) = 978,0490 + 5,1723 \times \text{sen}^2(L) - 0,0058 \times \text{sen}^2(2 \times L) - \left(\frac{2 \times G \times M}{R^3} \right) \times A, \quad (4)$$

onde L e A são, respectivamente, a latitude e a altitude do lugar e G a constante da gravitação, com o valor de $6,670 \times 10^{-7} \text{ N cm}^2/\text{kg}^2$; M a massa da Terra, com o valor de $5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$; e R o raio médio da Terra, com o valor de $6,37 \times 10^8 \text{ cm}$.

No entanto, não há dúvidas quanto à busca de meios tecnológicos que contribuam efetivamente para os estudos da melhoria dos resultados atléticos. Acredita-se que a criação de um dispositivo baseado na transdução dos pulsos elétricos gerados pelas tensões de compressão exercidas pelo(a) atleta ao longo do corredor de aproximação, no salto em distância ou em uma corrida ou tra qualquer, seja relevante. Desta maneira, com a utilização de sensores piezoelétricos (“células de cargas”), poder-se-ia registrar as durações e as variações da corrente elétrica do arranjo, vindo assim não somente aferir a impulsão do atleta nos saltitar das corridas, sua força sobre o solo, sua aceleração, sua velocidade ou outras grandezas, bem como contribuir com a Biomecânica.

Segundo a “Regra 128. 2” [30, p. 81-82] ou “Regra 129.3” [31, p. 6]:

“O Árbitro de Partida deverá colocar-se de tal maneira que tenha o controle visual de todos os competidores durante o desenrolar da partida. É recomendado, especialmente para as saídas escalonadas, que alto-falantes sejam utilizados em raias individuais para transmitir os comandos aos participantes.

Nota: O Árbitro de Partida deve posicionar-se de maneira que todos os participantes estejam em seu ângulo de visão. Para corridas com saídas baixas é necessário que ele então se posicione de modo que possa verificar que todos os participantes estejam corretamente posicionados em seus lugares antes do disparo da pistola ou do aparelho de partida aprovado. Quando alto-falantes não são usados em corridas escalonadas, o Árbitro de Partida deverá posicionar-se de maneira que a **distância** entre ele e cada competidor seja aproximadamente a mesma. Quando, entretanto, o Árbitro de Partida não puder se posicionar em tal posição, o revólver ou aparelho de partida aprovado deverá ser posicionado na posição correta e disparado por controle remoto.” (grifo nosso).

O trecho descrito acima consta das regras oficiais divulgadas pela IAAF, porém, tais cuidados não desfazem as críticas de Kirkpatrick, até porque, em competições de “menor importância” não se vê alto-falante junto aos blocos nas corridas escalonadas. Outra apreciação cabível diz respeito à área dos arremessos, não quanto ao desnivelamento do terreno em que se arremessam os pesos e martelos, mas quanto à resistência à penetração que este terreno possa oferecer, uma vez que na área em uso, pela extensão, partes menos resistentes permitiriam maior penetração do peso, podendo sobrevir, deste modo, erros grosseiros na aferição do arremesso como indica a Fig. 19.

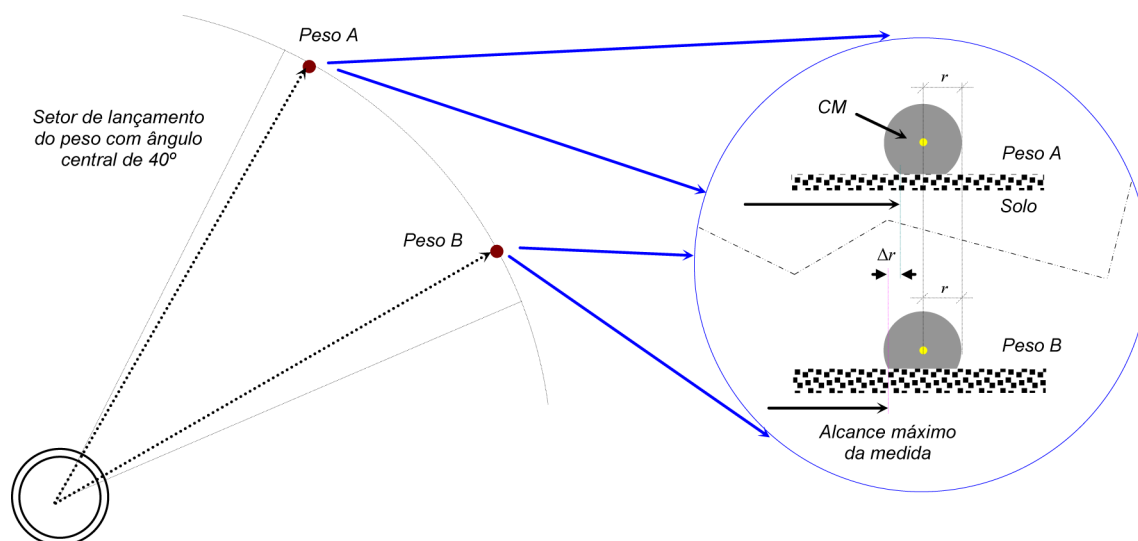


Figura 19 - Detalhes do arremesso de peso.

Nesta Fig. 19, simulou-se um peso de massa igual a 7,260 kg, “[...] [peso] mínimo [...] admitido [para] competição e homologação de records”, com diâmetro de 120 milímetros (média entre 110 mm e 130 mm), previstos na “Regra 188.5” [32, p. 159]. Neste ensaio, admitiu-se o *peso A* caindo sobre a parte resistente do setor de lançamento, enquanto o *peso B*, caindo na parte menos resistente. Com isso, observa-se o *peso B* mais atolado no terreno do que o *peso A*. O erro Δr , passivo de ser cometido na aferição, será máximo quando $\Delta r = r$. Em síntese, apesar de os CM (Centro de Massa) de ambos os pesos estarem sobre o mesmo arco e, portanto, igualmente afastados do centro do círculo de arremesso dos pesos, a medida alcançada pelo arremessador do *peso B*, será Δr menor do que a medida alcançada pelo arremessador do *peso A*. Sendo assim, semelhante erro somente será corrigido se a medição for efetuada pelo centro de massa dos pesos em utilização, ou seja, pelo centro da calota esférica moldada no solo e não pelo ponto da circunferência de círculo que tangencia horizontalmente o terreno, mais próximo do círculo de arremesso.

A despeito de ser um erro da ordem de, no máximo, 60 mm (6,0 cm) para o diâmetro adotado ou de 65 mm (6,5 cm) para um peso com 130 mm, o recorde mundial do americano Randy Barnes [33], de 23,12 metros, conquistados em Los Angeles em 20 de maio de 1990 estaria prejudicado se tais fatos ocorressem.

4. Conclusão

Com a proposição do IRD, buscou-se superar o fisiologismo inerente a classificação por quantitativo e ordenação de medalhas por entender não valorizar os esforços dos participantes, sejam eles atletas, para-atletas, técnicos, investidores ou incentivadores e

nações. Já para a melhoria do desempenho de atletas e para-atletas, em particular no Atletismo, analisou-se alguns pontos considerados de importância para a obtenção de resultados técnicos relevantes, sem é claro, desmerecer com isso aqueles outros pontos não tratados presentemente. Assim, e com a *Física Aplicada ao Desporto*, espera-se tornar os bons resultados mais acessíveis.

Note-se, que em momentos distintos da redação permitiu-se concordar e discordar de textos consagrados por autores de renome. Em tais oportunidades ficara óbvia a escolha adotada. E mais, a não percepção de correlações triviais com Biofísica, Biomecânica, Cinesilogia e Fisiologia, apesar da possibilidade de cooperação mútua, destacam, sem embargo, as contribuições que a *Física Aplicada ao Desporto* pode adicionar aos Desportos (Esportes) de alto rendimento. Sem dúvida, esta independência revela-se como uma necessidade urgente da preparação de profissionais cuja ocupação seja a demanda de atletas e para-atletas, tanto para o desporto de alto rendimento quanto para o desporto educacional.

Por fim, em decorrência das investigações, caberia apontar a necessidade de estudos mais aprofundados sobre o coeficiente de atrito estático entre a sapatilha-de-prego e a pista sintética. Do mesmo modo, o aproveitamento dos acréscimos espontâneos que sobre os sarrafos, saltadores em altura com e sem vara, excedem ao saltarem. Pois no estágio em que se encontra a atual tecnologia, semelhantes registros incorporariam-se aos já obtidos eletronicamente e aceitos no Atletismo pela IAAF. Outra possível aquisição poderia vir da miniaturização, para as sapatilhas-de-prego, das células de cargas hoje utilizadas em laboratório. Como as tensões de compressão sobre a pista geram energia, esta serviria para medir as durações e as variações da corrente

elétrica produzidas em sensores piezoelétricos.

Referências

- [1] V. Bracht, Revista Movimento Ano VI, n. 12 (2000/1). Disponível em <http://www.seer.ufrgs.br/index.php/Movimento/article/viewFile/2504/1148>. Acesso em 10/12/2007.
- [2] *Quadro de Medalhas*. XXIX Jogos Olímpicos de Verão (Pequim, China, 2008). Disponíveis em: <http://www.quadromedalhas.com/olimpiadas/jogos-olimpicos-pequim-2008/brasil-jogos-olimpicos-pequim-2008.htm>. Acesso em 21/4/2009.
- [3] U. Bolt, Foto disponível em <http://www.inpuntadipenna.com/pt/usain-bolt-video-100-metri-in-976/661/>. Acesso em 5/5/2009.
- [4] Na foto (4ª raia da direita para a esquerda), a velocista jamaicana Verônica Campbell-Brown, durante as eliminatórias da prova dos 200 m rasos feminino, nos Jogos Olímpicos de Pequim 2008, na China. A atleta terminou a prova em primeiro lugar com o tempo 22,64s e se classificou para a semifinal. Disponível em http://www.gazetapress.com/pautas/lista/15327/olimpiadas_de_pequim_2008__atletismo_200_metros_rasos_feminino. Acesso em 6/5/2009.
- [5] FAERGS – Federação de Atletismo do Estado do Rio Grande do Sul, *Regras de Competições 2006 – 2007* (FAERGS, Porto Alegre, 2006), p. 12. Disponível em <http://www.faergs.org.br/REGRAS.pdf>. Acesso em 13/12/2008.
- [6] CBAt - Confederação Brasileira de Atletismo, *Regras Oficiais de Atletismo* (Phorte, São Paulo, 2002), p. 97.
- [7] FAERGS – Federação de Atletismo do Estado do Rio Grande do Sul, *loc. cit.*
- [8] CBAt - Confederação Brasileira de Atletismo, *loc. cit.*
- [9] F.G. Joyner, *Recorde Mundial*. Disponível em http://www.cbat.org.br/estatisticas/recordes/recordes_quadro.asp?id=1. Acesso em 12/5/2009.
- [10] *Pista Oficial de Atletismo*. Disponível em http://www.cbat.org.br/pistas/pista_oficial_cbat.pdf. Acesso em 18/5/2009.
- [11] A.M. Maroja, M.F.C. Vitorino e J.S. Pereira, in: *XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Rio de Janeiro, Jan. 2005, p. 1-4. Disponível em <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0297-1.pdf>. Acesso em 16/1/2008.
- [12] N.A. Lemos, Revista Brasileira de Ensino de Física **26**, 283 (2008).
- [13] Véra Lúcia da Fonseca Mossmann, Kelen Berra de Mello Francisco Catelli, Helena Libardi e Igino Santo Damo, Revista Brasileira de Ensino de Física **24**, 146 (2002).
- [14] C.E. Aguiar e G.M. Rubini, Revista Brasileira de Ensino de Física v. **26**, 297 (2004).
- [15] F. Cliff, *Physics of Sport: Selected Reprints* (American Association of Physics Teachers, College Park, 2006), 2 ed., p. 115.
- [16] No caso, um observador solidário a pista sem, contudo, levar em conta o movimento de rotação da Terra em torno de seu eixo.
- [17] S. Caetano, Revista Náutica Online, n. 244 (2008). Disponível em <http://www.nautica.com.br/colunas/viewcoluna.php?id=96>. Acesso em 26/12/2008.
- [18] P.G. Hewitt, *Física Conceitual* (Porto Alegre, Bookman, 2002), 9 ed., p. 144.
- [19] Elessandro Váguino de Lima, Charli Tortoza, Luiz Carlos Laureano da Rosa e Rodrigo Alvaro Brandão Lopes-Martins, Rev. Bras. Med. Esporte **10**, 339 (2004). Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/rbme/v10n5/v10n5a01.pdf>. Acesso em 20/10/2009.
- [20] CBAt - Confederação Brasileira de Atletismo. Recordes. Recordes Brasileiros Masculino. Disponível em http://www.cbat.org.br/estatisticas/recordes/recordes_quadro.asp?id=10. Acesso em 16/5/2009.
- [21] J. Dal Pupo e I.C. Rocha Jr, Revista Digital EF y Deportes **12**, n. 118 (2008). Disponível em <http://www.efdeportes.com>. Acesso em 5/2/2009.
- [22] Prova de 400m com barreiras (feminino). Disponível em <http://omundoempequim.blogspot.com/2008/07/400m-com-barreiras-feminino-e-masculino.html>. Acesso em 22/5/2009.
- [23] G.H.G. Dyson, *Mecânica Del Atletismo* (Instituto Nacional de Educacion Fisica, Madrid, 1978), 6 ed., p. 136.
- [24] A. Conceição, *A Física Aplicada ao Atletismo* (Instituto de Educação Física e Desporto, UERJ, 1974), p. 4.
- [25] A.C. Tort, A.M. Cunha e A.K.T. Assis, Revista Brasileira de Ensino de Física **26**, 273 (2004).
- [26] Y. Perelman, *Física Recreativa* (Moscou, Editorial MIR, 1971), v. 1, 2 ed. p. 31-32.
- [27] Y. Perelman, *Ibid*, p. 32.
- [28] Antônio Delfino de Souza, “nascido em 71, na cidade piauiense de Redenção, *Delfino* teve parte de seu braço direito amputado após um acidente de trabalho no campo onde era lavrador. Em 1999, começou nas corridas de Rua em Brasília, onde mora há 15 anos. *Delfino* é o recordista mundial dos 400m rasos, na classe T46. Em sua carreira, conquistou três medalhas paraolímpicas sendo duas de ouro e uma de prata. Em Atenas, em 2004, venceu nos 400m e 200m rasos. Sua velocidade lhe garantiu medalha de prata em sua primeira Paraolimpíada, em Sydney, em 2000. No Parapan-americano de Mar Del Plata, em 2003, *Delfino* conquistou mais três ouros para o Brasil, nos 100, 200 e 400m rasos. No Parapan do Rio, em 2007, conquistou prata nos 100m e nos 200m. O atleta no futuro quer ajudar os mais necessitados e passar seus conhecimentos.” Comitê Paraolímpico Brasileiro. Disponível em <http://www.cpb.org.br/home/perfil-dos-atletas/atletismo/antonio-delfino-de-souza>. Acesso em 29/5/2009.

- [29] B.A. Alvares e A.M.R. Da Luz, *Curso de Física* (São Paulo, Harbra, 1992), v. 1, 3 ed., p. 146-149.
- [30] CBAt - Confederação Brasileira de Atletismo, *op. cit.*, p. 81-82.
- [31] FAERGS – Federação de Atletismo do Estado do Rio Grande do Sul, p. 6. Disponível em <http://www.faergs.org.br/REGRAS.pdf>. Acesso em 13/12/2008.
- [32] CBAt - Confederação Brasileira de Atletismo, *op. cit.*, p. 159.
- [33] Veja a Ref. [20].