

A Influência do Ar nas Atividades de Corridas

Prof. NELSON ANEL SARMIENTO ARANDA
(Mestrando em Ed. Fís. na UFRJ)

O ar, como fluido que ocupa os espaços superiores das camadas da superfície terrestre (atmosfera), oferece diferentes graus de possibilidades para a execução das diversas atividades da vida diária do ser humano. Nestas condições, o ar, como elemento básico da

atmosfera, apresenta certas características que atuam na execução dos diversos trabalhos físicos e na vida dos seres vivos. Entre tais características podem ser indicadas: Concentração de Oxigênio, Umidade relativa, Temperatura e Pressão Atmosférica, entre outras. São estas características que determinam a força de atrito que freia o movimento. Esta força tem uma relação direta

com a velocidade do corpo, forma e textura da superfície que entra em contato direto (choque) com o ar.

Neste trabalho dar-se-á ênfase à resistência que o ar oferece à execução e à velocidade dos movimentos; aliás, serão abordadas, de maneira bastante ampla, as características deste fluido que influenciam na sua capacidade de resistência.

ASPECTOS DETERMINANTES NA RESISTÊNCIA DO AR

"O ar, como fluido, em contato com um corpo em movimento, oferece uma resistência que varia segundo: (a) a pressão do ar; (b) a área e a forma da superfície ativa (de choque); (c) a textura da superfície ativa do corpo; (d) a velocidade relativa entre o corpo e o ar, e (e) temperatura do ar." (Barham, 1978.)

Pressão Atmosférica

A pressão atmosférica é o peso das diferentes camadas de ar que atuam sobre o corpo de uma pessoa, animal ou objeto localizado sobre a superfície terrestre. A maior pressão atmosférica considerada é, comumente, ao nível do mar, embora nos lugares situados abaixo deste nível ela seja maior; mas, por uma questão de uniformidade é tomado o nível do mar como padrão e, à medida que aumenta a altitude, a pressão atmosférica vai diminuindo. Segundo Guillet e Genetty (1975), a pressão atmosférica diminui com a altitude, sendo que a 5.500 m é de 50% da observada ao nível do mar e, aos 8.500 m de altitude representa apenas 33% da pressão ao nível do mar.

Além da pressão exercida sobre os seres vivos, ela age de forma semelhante com os elementos que formam o ar. Nestas condições, a maior concentração dos elementos gasosos por cm^3 encontra-se ao nível do mar e vai decres-

cendo com altitude (Gupta et alii, 1975; Gupta et alii, 1979; Drinkwater et alii, 1979). Esta característica do ar é denominada Densidade do Ar, a qual também está intimamente ligada a temperatura do fluido. Devido à queda da pressão barométrica, o ar torna-se mais rarefeito, oferecendo menor resistência, como observa Brito (1973) quando diz que "o corredor de velocidade é favorecido pela altitude." (Pág. 44).

Através da Tabela nº 1, podemos encontrar os valores da densidade do ar para algumas altitudes acima do nível do mar, apresentadas por Brito (Pág. 45).

A temperatura do fluido

"A segunda determinante na densidade do ar é a temperatura. Ela exerce efeitos na resistência do ar, criando uma força de oposição ao movimento" (Barham, 1978). O próprio autor indica que, em dias quentes, o movimento

molecular é maior, o que produz maior atrito entre o ar e a superfície do corpo, enquanto que em dias frios, aquele movimento molecular é mais baixo, sendo igualmente menor a resistência que o ar oferece. Embora estas diferenças existam, no meio desportivo não são muito relevantes na *performance* atingida, já que a temperatura do ar não apresenta grandes alterações. São assim poucos significativas.

A nível fisiológico, a temperatura do ar desenvolve um importante papel nas atividades físicas — tanto do atleta como do homem não-atleta —, provocando um aumento mais ou menos rápido da temperatura do corpo quando submetido ao esforço físico, o que faz com que o organismo ative seus mecanismos de equilíbrio. Em temperaturas baixas, o corpo demora a se aquecer quando solicitado a uma atividade física. Em um ar mais quente o indivíduo consegue aumentar a temperatura cor-

TABELA Nº 1.

RELAÇÃO ENTRE A ALTITUDE E A DENSIDADE DO AR

Altitude	Densidade
0	0,125
700	0,116
1200	0,110
2000	0,102
2300	0,094

poral mais rapidamente. Os extremos de temperatura (muito fria ou muito quente) solicitam do organismo um grande esforço para manter o equilíbrio térmico corporal, com um conseqüente maior desgaste energético (Mathews e Fox, 1979).

A temperatura do ar é modificada quer pela latitude, quer pela altitude geográfica. Guillet e Genetty (1975) demonstram que a temperatura desce

0,55°C/100m, mas outros autores consideram que ela depende da umidade relativa do ar, sendo que no ar seco sofre uma queda de 1°C cada 100m e, no ar úmido, 1°C cada 200m.

Concentração de oxigênio

Como foi dito anteriormente, a concentração dos elementos do ar está em relação direta com a pressão barométrica que, por sua vez, depende da altitude. Deste modo, a maior altitude corresponde a uma menor densidade do ar, o que indica que a quantidade de O₂ por cm³ é menor com a diminuição da pressão parcial. Oliveira (1981) indica que, partindo do fato que O₂ encontra-se numa proporção aproximada de 21% no ar, no nível do mar encontrar-se-á numa pressão parcial de 159 mm (21% x 760 mm = 159 mm O₂), enquanto que a 1000m de altitude encontrar-se-á O₂ numa pressão parcial de 141,54 mm (21% x 674 mm) a 2000 m de altitude será de 125,16 mm (21% x 596 mm) devido a que "a concentração do O₂ não muda, mas sim a quantidade, devido à queda da pressão barométrica." (Pág. 1). Comparando estes dados com os apresentados por Monje em 1951 (citado por Roca, 1966) nos quais observa ter encontrado 150 mm de pressão parcial de oxigênio na cidade de Lima (Pressão Barométrica 750 mm) e 104 mm de pressão parcial de Oxigênio em Huancayo com pressão barométrica de 518 mm.

Após esta análise da pressão parcial do ar e a quantidade de O₂ existente por cm³, pode-se afirmar que o organismo captará menos O₂ em cada inspiração (partindo do fato que o volume do ar inspirado seja igual tanto no nível do mar como na altitude), sempre que se encontrar em altitudes elevadas.

Área e forma da Superfície Ativa (choque) do Corpo.

O valor da resistência oferecida pelo ar depende da forma e da superfície

de ataque do corpo. Barham (1978) observa que:

"No ar em movimento (relativo), o atrito que oferece o fluido é protal (plano transversal) do corpo, atuando em ângulo reto em relação à corrente do fluido." (Pág. 437).

A superfície corporal de um atleta vai depender da estatura e do peso, segundo Boothby e Sandiford, citados por Brito (1973), que apresentou uma tabela da qual tiramos alguns exemplos. É importante observar que atletas da mesma estatura e diferentes valores de peso apresentam superfícies corporais diferentes (Vide Tabela nº 2).

Textura da Superfície Ativa do Corpo.

Outro fator importante que intervem na resistência do ar é a textura da superfície do corpo (área de choque). Superfícies irregulares apresentam uma resistência maior. Barham (1978) indicou o seguinte exemplo:

"Uma bola de *softball*, construída com maiores costuras e maior tamanho - maior superfície - deslocando-se à mesma velocidade que a bola de *baseball*, de textura mais uniforme, mais pesada e menor, encontrará uma maior resistência do ar" (Pág. 438).

No caso do atleta, um aspecto que influi e que merece a nossa atenção é o tecido do qual é feita sua roupa, devido ao fato de que, além de aumentar a superfície do corpo do atleta, oferecerá um grau variável de resistência, pois tem-se conhecimento de que a resistência oferecida pelo tecido de lã é maior que a oferecida pela seda. Quanto ao grau médio da força que representa a forma e a textura da superfície de ataque em um corredor, Fraccaroli (1977) indicou-a em 0,028, sendo considerado um valor bastante constante.

Velocidade Relativa entre o Corpo e o Fluido (ar).

Uma das formas através da qual se manifesta a resistência de um fluido é quando existe movimento do corpo, ao redor do qual se criam correntes do fluido. A velocidade do corpo anteriormente mencionada é, em realidade, relativa, com respeito à corrente de ar. A resistência do vento (contra) tem o mesmo efeito que a aceleração na velocidade do corpo em um meio de ar parado; a diminuição da velocidade corpo e o vento a favor oferecem um efeito inverso e semelhante quanto ao valor da força (Rach e Burke, 1967).

A resistência do ar cresce constantemente e em proporção com a velocidade do corpo, o que pode ser medido mediante o uso do túnel de vento (Hochmuth, 1973). Segundo Barham (1978), em velocidades relativamente baixas a corrente do fluido em redor do corpo é bastante uniforme e regular, sendo o atrito (resistência) do fluido proporcional à velocidade, observando além disso que:

"Se inicialmente $V = 0$, a resistência produzida pelo atrito ao movimento é insignificante e qualquer força aplicada é integralmente efetiva na produção de movimento (Pág. 435).

Sendo a resistência do ar proporcional à velocidade, tem-se que, em velocidades pequenas (menos de 1m/seg), ela é proporcional à primeira potência de velocidade; a partir de 1m/seg é, aproximadamente, proporcional ao quadrado da velocidade; e a partir de uns 20m/seg, passa a ser proporcional ao cubo da velocidade, podendo-se tornar proporcional a potências superiores (Enciclopédia Barsa). Além da velocidade do corpo ou do ar é importante o ângulo de choque entre

TABELA Nº 2

RELAÇÃO ENTRE A SUPERFÍCIE CORPORAL, O PESO E A ESTATURA

Estatura m	Peso kg	Superfície Corporal m ²
1,80	80	1,99
1,80	75	1,93
1,65	65	1,73
1,70	65	1,81

a corrente de ar e o eixo longitudinal do corpo. Quando a direção da corrente coincidir com o eixo longitudinal do objeto ou corpo humano, a resistência encontrada é menor do que quando este ângulo de choque é diferente, formando-se correntes turbulentas que aumentam a resistência e refreiam a progressão do corpo (Hochmuth, 1973). Quando, nestas condições, se aumenta a velocidade do corpo, alcançam-se níveis maiores de turbulências, aumentando com isto a resistência do ar (Barham, 1978).

APLICAÇÃO DOS DIFERENTES ASPECTOS DETERMINANTES DA RESISTÊNCIA DO AR, NO CÁLCULO DESSA RESISTÊNCIA NAS CORRIDAS

Para Brito (1973), a resistência do ar é calculada através da fórmula que segue: $R = PSV^2$. Sendo que "R" é a resistência do ar medida em quilos, "P" é a densidade do ar que, como foi dito anteriormente, depende da altitude sobre o nível do mar e da temperatura, ainda que para os cálculos comuns a temperatura não é considerada, admitindo-se que seja constante (em termos médios) — vide Tabela nº 1 —; "S" é a superfície de choque entre o corpo e o ar; "V" é a velocidade (relativa) do corpo, que para nosso estudo é representada pela velocidade do atleta. Para Barham (1978), a resistência do ar ou qualquer outro fluido é calculada através da fórmula:

$$F = \frac{KPSV^2}{2}$$

"F" representa a força de resistência do ar medida em quilos/seg;

"K" representa a constante da força de atrito provocada pela forma e a textura da superfície do corpo (área de choque);

"P" representa a pressão do fluido (ar, neste caso), sendo que neste estudo utilizar-se-á o valor dado na densidade do ar;

"S" representa a superfície do corpo, em contato com o fluido (ar) — superfície de choque;

"V" representa a velocidade relativa do corpo.

Além destas encontra-se uma ampla variedade de fórmulas para a realização deste cálculo. A fórmula de Barham (1978), bastante completa e clara, ser-

virá para realizar algumas demonstrações.

EXEMPLO: Um atleta de 1,65m de estatura e 65kg de peso corporal se desloca no Maracanã a uma velocidade de 10m/seg. Qual será a resistência a vencer, com:

- a — Ar parado (sem vento)
- b — Vento a favor: velocidade de 2m/seg
- c — Vento contra: velocidade de 2m/seg

Cálculos:

$$\text{Fórmula: } F = \frac{KPSV^2}{2}$$

Valores:

K = 0,028

P = 0,125 (Maracanã ao nível do mar)

S = 1,71 m²

V = 10 seg

V₁ = 10 - 2 (seg)

V₂ = 10 + 2 (seg)

Pensemos agora que esse mesmo atleta se deslocasse na mesma velocidade, mas numa pista localizada a 2.300 m de altitude; qual será a principal modificação na resistência do ar? Brito (1973) indica que em parte são favorecidos pela queda da pressão atmosférica, o que se traduz em baixa da densidade do ar, sendo que para esta altitude, ela é de 0,094. Nestas condições, nosso atleta só teria que vencer uma resistência de 0,225 Kg/m²/seg no ar parado, 0,144 Kg/m²/seg com vento de 2m/seg a favor, e 0,324 Kg/m²/seg, com vento contra. Este atleta, no nível do mar, com vento contra de 1m/seg, tem que vencer uma resistência de 0,362 Kg/m²/seg. a 2.300 m. de altitude e vento contra de 3m/seg, só terá que vencer 0,380 Kg/m²/seg. Visto de outra forma, tem-se que no nível do mar, se este atleta encontrar vento a favor de 3m/seg e se deslocar a 10m/seg, encontrará uma resistência de 0,147 Kg/m²/seg, que é menor do que a encontrada, se fosse a 2.300 m de altitude, sem vento (0,225 Kg/m²/seg).

CONCLUSÕES

- 1 — O ar oferece resistência a qualquer movimento, ainda que o ar esteja sem movimento, já que a resistência que ele oferece é produto do movimento relativo do corpo.
- 2 — A maior resistência do ar, numa mesma pessoa, é no nível do mar, assim como com o vento contra a

direção de seu deslocamento; a menor é na altitude ou com o vento a favor de seu movimento.

3 — O valor da velocidade do ar (vento) válido para que sejam homologados os recordes atléticos, fixado em até dois (2) m/seg, é muito relativo, já que a resistência encontrada (através das demonstrações da página 9) para ventos a favor de até 3 m/seg ao nível do mar, é menor do que a encontrada a 2.300m de altitude sem vento (ar parado).

4 — A área de superfície corporal do indivíduo exerce também importante papel na determinação da resistência a vencer do ar, pois, quanto maior a superfície corporal, maior será a resistência do ar.

Como se pôde apreciar nas demonstrações anteriores, se o atleta se desloca sem vento, só com sua velocidade de 10m/seg, terá que vencer uma resistência de 0,299 Kg/m²/seg, enquanto que só vencerá 0,192 Kg/m²/seg se existe um vento de 2m/seg a favor; mas terá que vencer 0,431 Kg/m²/seg se o vento é contrário.

BIBLIOGRAFIA

- BARHAM, Jerry N. *Mechanical Kinesiology*. Mosby Company, Saint Louis, 1978.
- BRITO, Aureo Hora "Atleta Brasileiro versus Altitude", in *Revista Brasileira de Educação Física*, (13) 1973).
- DRINKWATER, B. L., Folinsbee, L.J., Bedi, J. F., Plowman S.A., Loucks, A.B. e Horvarth, S.M. "Response of Woman Mountaineers to Maximal Exercise During Hypoxia", in *Aviation Space, and Environmental Medicine*, July, 1979.
- DA ROCHA, Paulo Sergio Oliveira. *Efeitos Fisiológicos da Altitude* (artigo sem publicar), 1981.
- Enciclopédia Barsa V. II, Rio de Janeiro — 1965.
- FRACCAROLI, José Luiz, *Biomecânica*, Manole, São Paulo, 1977.
- GUILLET, R. e Genetty, J., *Manual de Medicina del Deporte*, Toray Masson S.A., Barcelona, 1975.
- GUPTA, S.J., Dua, G. L., Srinivasulu, N. e Malhotra, M.S., *Changes in exercise Heart rate in Lowlanders after prolonged stay at High altitude (4000 m)" in Aviation*

Space, and Environmental Medicine, July, 1975.

GUPTA, S.J., Mathew, L. e Gopinath, P.M. "Effect of Physical training at moderate altitude (1.850 m) on Hypoxic Tolerance" in *Aviation Space, and Environmental Medicine*, July, 1979.

HARRISSON, G. A. e outros - *Biologia Humana*, Editora Nacional - USP 1971.

HOCHMUTH, Gerhard - *Biomecánica de los movimientos deportivos*, Instituto Nacional de Educación Física, Madrid, 1973.

MATHEWS, D.K. e Fox, E.L., *Bases Fisiológicas da Educação Física e dos Desportos*, Interamericana, Rio de Janeiro, 1979.

RACH, J. P. e Burke, K.R., *Kinesiologia*, El Ateneo, Barcelona, 1967.

ROCA, A.C., La Actimatación del deportista a la Altura, *Memoria do V Congresso do Agrupamento Latino de Medicina Física e dos Desportos*, Ministério de Educação, Lisboa, 1966.

Bibliografia complementar

COOPER, J. e Glassow, R. *Kinesiology* Mosby Company, Saint Louis, 1968.

ECKER, T. *Track and Field Dynamics*, Tafnew Press, Los Altos, California, 1971.

QUERCENTANI, R. e Zaccolo A. "De Boston a Myricks." in *Revista Atlética*, 1979.