

Teoria do Vento Relativo

Ao posicionar-se na porta da aeronave o pára-quedista possui uma velocidade em relação ao solo igual ao da própria aeronave, que será a velocidade de lançamento, aproximadamente 70 mph. Para uma melhor compreensão, podemos dividir seus movimentos subseqüentes em dois eixos x e y, onde x é a direção do movimento da aeronave e y a direção vertical, onde a princípio a velocidade nesta direção é zero.

Ao abandonar a aeronave o pára-quedista fica submetido a estas duas componentes de velocidade, é o momento do "relativo".

A velocidade na direção x (paralelo à aeronave) é decrescente enquanto que na direção y (vertical) é crescente.

A partir do instante em que V_y abandona a aeronave, o pára-quedista fica submetido a duas forças de arrasto sendo que elas são variáveis, pois a área exposta em x e y variam, logo abaixo mostramos que essa força depende da área.

Quando existe uma velocidade relativa entre um fluido e um corpo (seja porque o corpo se desloca através do fluido, seja porque o fluido escoar ao redor do corpo), o corpo experimenta uma força de arrasto que se opõe ao movimento relativo e que está na direção e sentido em que o fluido escoar em relação ao corpo.

Verificamos então que existe uma combinação de dois movimentos independentes um do outro: um movimento vertical e um horizontal, que podem também ser estudados de forma independente.

Na vertical a velocidade aumenta rapidamente pois a resistência do ar à passagem do pára-quedista é baixa. Neste caso a resistência do ar é proporcional à velocidade. Quando o pára-quedas se abre, a resistência do ar aumenta bastante, também por causa da sua forma geométrica. Para esta parte do movimento, a resistência do ar pode ser considerada proporcional ao quadrado da velocidade.

Para os aficionados por equações, podemos escrever:

$$V'_x = V_x + a_x t \quad \text{onde} \quad a_x = - \frac{K}{m} V_x \sqrt{V_x^2} + \sqrt{V_y^2}$$

$$V'_y = V_y + a_y t \quad \text{onde} \quad a_y = - g - \frac{K}{m} V_y \sqrt{V_x^2} + \sqrt{V_y^2}$$

A velocidade ao longo do eixo y é crescente até atingir a velocidade terminal que pode ser escrita matematicamente por:

$$V_t = \sqrt{\frac{mg}{0,5C_D\rho_A}}$$

Onde m é a massa, g é a aceleração da gravidade, ρ é a densidade do ar, A é a secção de área e C_D é o coeficiente de arrasto do ar.

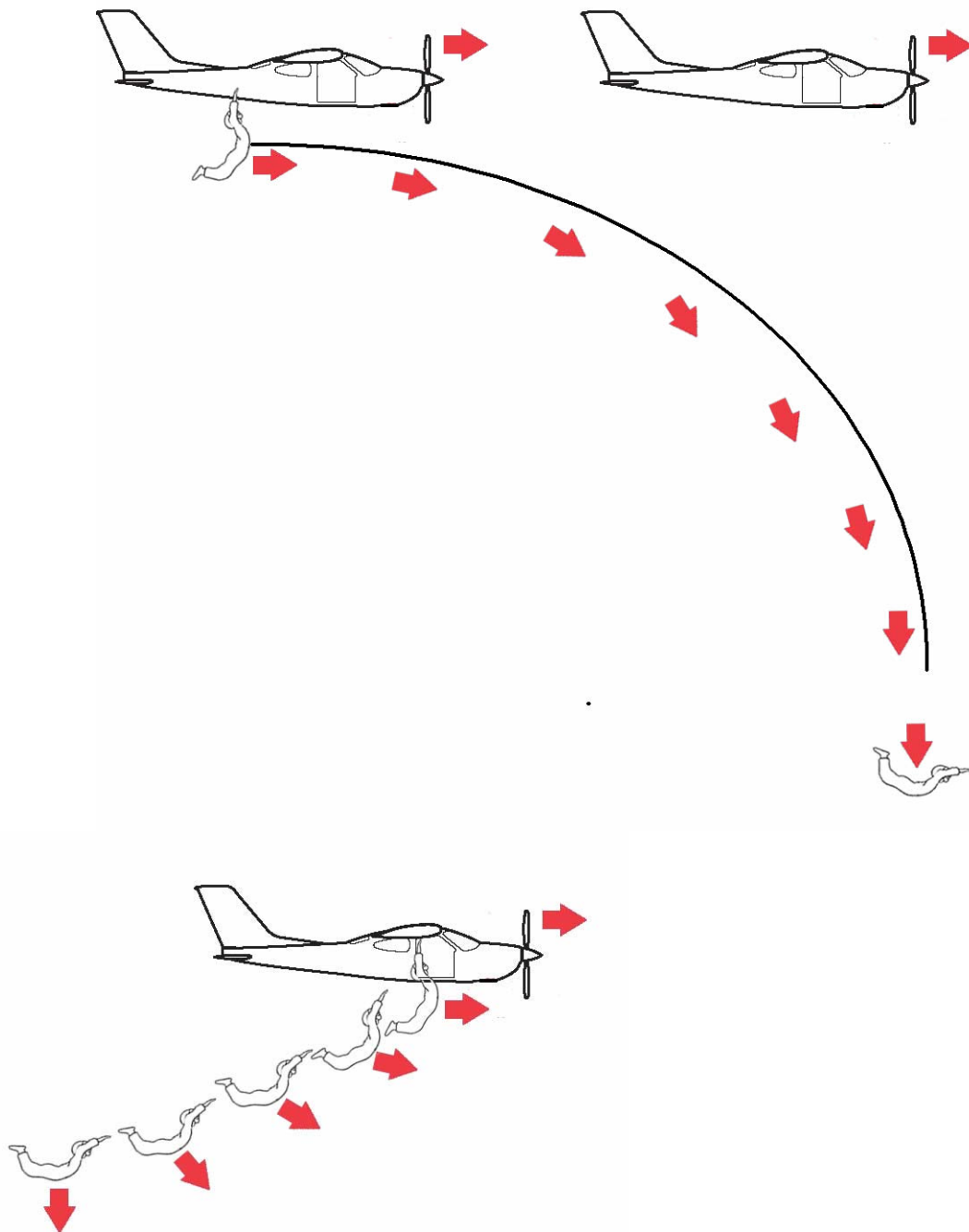
Podemos estimar alguns valores numéricos como 82 kg para a massa do pára-quedista, incluindo o equipamento, a densidade do ar $1,2 \text{ kgm}^3$ a 20°C , e para o produto $C_D A = 0,56 \text{ m}^2$, que seria coeficiente de arrasto para alguns objetos e a área estimada na posição básica "box position" (perpendicular ao tórax). Por curiosidade se estivermos sentado o valor $C_D A = 0,19 \text{ m}^2$, o que aumenta a velocidade.

Usando estes valores podemos estimar a velocidade de abertura como 50 m/s ou 180 km/h, mas atenção: isso são apenas estimativas para a situação descrita acima e que podem variar de salto para salto, pois dependem da massa e da densidade do ar, e se alterarmos a "box position", também afetamos a velocidade terminal.

Após a abertura esta velocidade é reduzida para aproximadamente 4,3 m/s que é uma velocidade que conseguimos quando saltamos em pé de uma altura de 1m do solo. Com isso estimamos o tempo total entre a saída do avião e a chegada ao solo em 375 s ou 6 min e 15 s.

Os valores apresentados acima são apenas estimativos, uma vez que o pára-quedista usualmente não mantém uma orientação constante durante a queda.

TEORIA DO VENTO RELATIVO



Mauro Vanderlei de Amorim
(Licenciado em Física pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul);
Especialista em Ensino de Física pela UNESP;
Mestrando em Engenharia Elétrica pela UNICAMP.)
LIC. CBP nº - "C"