

# Por que o ‘boomerang’ retorna?

(Why a boomerang returns?)

A.C.M. Stein-Barana, G.A. Santarine  
 Departamento de Física, IGCE, Unesp, Rio Claro  
 Caixa Postal 178, CEP: 13500-970  
 Rio Claro, SP, Brasil

Recebido em 2 de Setembro, 1998

O voo de um ‘boomerang’ e seu intrigante retorno às mãos do lançador é um problema que envolve conceitos fundamentais da Mecânica Clássica tais como: momento angular orbital e torque. Esta nota, destina-se a esclarecer estudantes de segundo grau bem como estimular alunos do curso superior a resolvê-lo de modo completo.

The returning-type boomerang illustrates fundamental concepts of Classical Mechanics as a angular momentum and torque. We presents a simplifier treatment to clear the inicial classes in physics.

Os ‘boomerangs’ conhecidos pela maioria das crianças são artefatos que uma vez lançados em vôo retornam às mãos do lançador. Eles são originários da Austrália onde foram desenvolvidos para serem usados como arma de guerra e caça.

Construir tais artefatos não é tarefa das mais difíceis, basta levar-se em consideração os perfis de asas que são aerodinamicamente mais eficientes. Um ‘boomerang’ do tipo convencional (tipo banana) pode ser construído de forma que duas pequenas asas (braços) são dispostas de maneira a formar entre si ângulo que pode variar de 80 a 140 graus com o bordo de ataque de uma asa coincidindo com o bordo de fuga da outra ao longo da junção entre elas.

Responder a intrigante questão sobre o porque do retorno não é tão fácil. Vamos fazê-lo de modo simples analisando-se as forças que afetam o vôo e conseqüentemente modificam a trajetória, provocando seu retorno ao ponto de partida.

A principal força a ser considerada em um perfil (secção de asa) é a força de sustentação  $\vec{F}$  a qual mantém um objeto suspenso no ar enquanto se desloca. Esta força é obtida a partir da relação de Bernoulli, sendo perpendicular a direção do movimento [1] e proporcional ao quadrado da velocidade transversal  $\vec{v}$ . Tal velocidade esta relacionada com as características do lançamento e com o movimento de rotação próprios do ‘boomerang’.

Consideremos um ‘boomerang’ lançado na direção horizontal mas com seu plano da rotação na vertical, conforme ilustra a figura 1. Observe que em cada braço

do ‘boomerang’ a velocidade é diferente, pois ela é a soma das contribuições da velocidade de translação  $\vec{v}_t$  e de rotação  $\vec{v}_r$ , sendo que esta última tem sentidos opostos em cada braço. Isto resulta em uma força de sustentação  $\vec{F}$  que varia de intensidade em cada braço. Logo, a asa que se move adiante experimenta uma força de sustentação maior que a outra (posterior) - figura 1b, gerando um torque  $\tau$  sobre o ‘boomerang’.

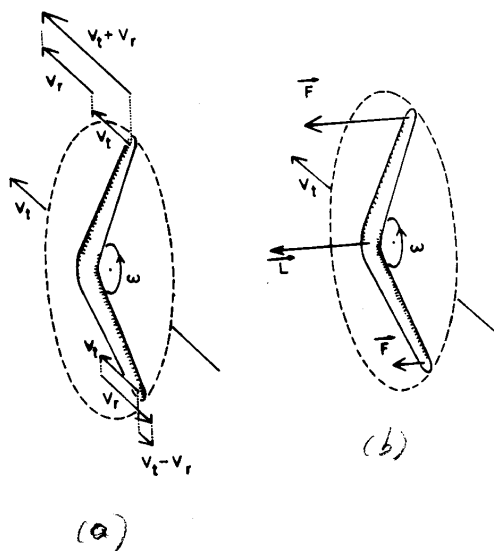


Figura 1. A a velocidade de cada braço do ‘boomerang’ é uma composição das velocidades de translação e rotação. A força de sustentação, sendo proporcional ao quadrado da velocidade, também é diferente em cada braço.

Outro dado importante é a existência de um mo-

mento angular orbital  $\vec{L}$  perpendicular ao plano de rotação. Ele aponta da direita para a esquerda se o 'boomerang' gira no sentido anti-horário (figura 1 b).

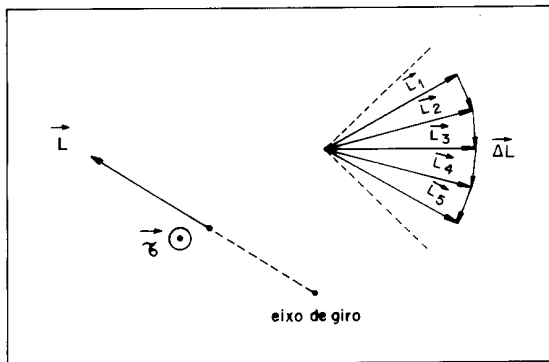


Figura 2. Representação do vetor  $\Delta\vec{L}$  para o 'boomerang' visto de cima.

Vamos agora associar esses dois fatos: note que o 'boomerang' atua como um giroscópio; o torque oriundo das forças de sustentação de diferentes intensidades tem direção perpendicular ao plano dessas forças e do momento angular  $\vec{L}$  (figura 2). De acordo com a segunda Lei de Newton aplicada às rotações, esse torque corresponde à variação do momento angular para dado intervalo de tempo, ou seja,  $\tau = \Delta\vec{L}/\Delta t$ . Desta forma, a medida que o 'boomerang' vai realizando a curva sua quantidade de movimento angular vai variando ponto a ponto, incitando-o a retornar as mãos do

lançador. Este efeito é análogo ao que acontece quando se faz uma curva com a bicicleta sem utilizar as mãos, apenas deslocando-se o corpo para o centro da curva. De acordo com as nossas considerações, o 'boomerang' começa a se deslocar para a esquerda 'fechando' sua trajetória em um movimento conhecido como precessão e assim retornando ao ponto inicial.

Para um caso particular em que as trajetórias são órbitas circulares [2] é possível demonstrar que o raio  $R$  da órbita e a velocidade  $v$  do 'boomerang' são dados pelas relações:

$$R \propto \frac{m}{d\gamma\ell} \quad v \propto \omega d$$

onde  $m$  é a massa,  $d$  o comprimento e  $\ell$  a largura do braço,  $\omega$  a velocidade de rotação do 'boomerang'.  $\gamma$  é um fator que depende da densidade do ar e do perfil das asas (cujo valor médio é algo em torno de  $4 \times 10^{-4} \text{ g/cm}^3$ ).

## Referências

1. R. Resnick, D. Halliday, *Física 2* (Livros Técnicos e Científicos, 1984), pp.97
2. V. Barger, M.G. Olsson, *Classical Mechanics; a Modern Perspective* (McGraw-Hill, New York, 1973).
3. GREF, *Física 1 - Mecânica* (EDUSP, 1990).