

# 10

## Gente que gira

A velocidade de rotação de um objeto pode mudar simplesmente mudando-se sua forma!

### O retorno dos incríveis potinhos girantes

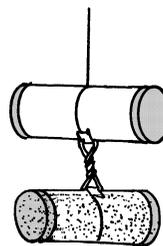
Sempre é possível imaginar mais! O que aconteceria se os potinhos da nossa experiência anterior não possuísem a mesma massa? Afinal, a maioria das coisas são assim: o motor do liquidificador, por exemplo, não tem a mesma massa do que a sua carcaça. Mas o que é realmente interessante é que essa nova experiência vai ajudar você a entender movimentos muito curiosos que aparecem na dança e no esporte. Por isso, o nome desta leitura é "Gente que gira"...

#### do que você irá precisar



#### 1ª experiência

Preencha os dois potinhos de baixo ou os dois de cima com areia ou água.



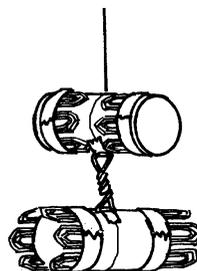
Cuide para que os potinhos preenchidos com água ou areia fiquem equilibrados na horizontal quando pendurados.

Refaça as duas experiências da leitura anterior usando esses potinhos e responda:

- O que ocorreu a cada potinho?
- O movimento dos potinhos preenchidos é igual ao dos vazios? Por quê?
- Quando invertemos a posição dos potinhos muda alguma coisa? Por quê?

#### 2ª experiência

Prenda os clipes em torno dos potinhos com fita adesiva. Use a mesma quantidade de clipes em cada um dos potinhos.



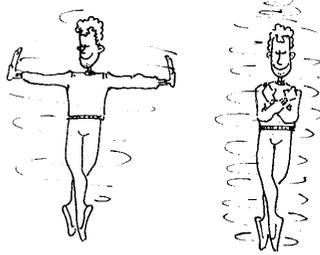
Nos de cima, coloque os clipes mais próximos ao centro, e nos de baixo, "saindo" dos potinhos.

Repita os mesmos procedimentos com esses potinhos e responda:

- O que ocorreu a cada potinho?
- Os movimentos dos potinhos com clipes para fora e para dentro são iguais? Por quê?
- Invertendo a posição dos potinhos, o que você observa?
- Comparando essa experiência com a dos potinhos preenchidos, o que você conclui?

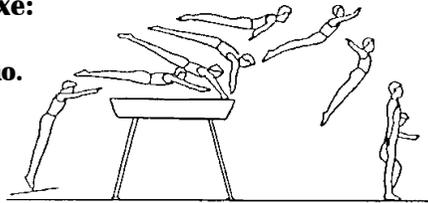
**Ao aproximar seus braços do eixo de rotação, o bailarino aumenta sua velocidade.**

Um bailarino ao executar um rodópio impulsiona o chão em sentido oposto ao do seu giro. Após iniciar esse movimento de rotação, ele pode aumentar sua velocidade de giro sem a necessidade de um novo impulso, simplesmente aproximando os braços do corpo.

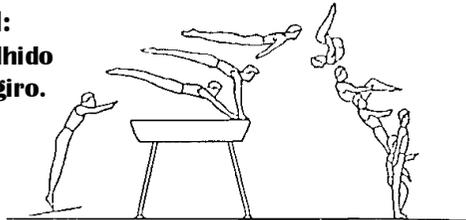


Na modalidade de ginástica conhecida como salto sobre o cavalo o atleta precisa encolher o corpo para realizar o salto mortal (giro para a frente). Com isso, ele consegue aumentar sua velocidade de giro durante o voo sem precisar receber um novo impulso. Já em um salto estilo peixe, em que não há o rodópio, a pessoa deve manter seu corpo esticado, para dificultar o giro.

**Salto estilo peixe:  
o corpo esticado  
dificulta a rotação.**



**Salto mortal:  
o corpo encolhido  
possibilita o giro.**



**Há algo estranho nesta história. Como uma coisa pode aumentar sua velocidade sem receber impulso?**

Esses dois exemplos parecem desobedecer à conservação da quantidade de movimento angular. Afinal, de onde vem esse movimento a mais que eles receberam? Na realidade não vem de lugar nenhum, ele estava aí o tempo todo, "disfarçado". Vamos ver como e por quê.

Quando o bailarino está de braços abertos sua velocidade de giro é pequena. Isso acontece porque, com os braços afastados do corpo, sua massa fica distribuída mais longe do eixo de rotação. Podemos dizer que nesse caso ele possui uma "dificuldade de giro" maior do que quando os tem fechados. Ao encolher os braços sua massa se distribui mais próximo ao eixo de rotação, e assim sua dificuldade de giro diminui. Ao mesmo tempo, sua velocidade aumenta.

Essa "dificuldade" de girar é denominada *momento de inércia* e está relacionada à maneira como a massa do corpo está distribuída em torno do eixo de rotação. No nosso exemplo, observamos que, quando o *momento de inércia* diminui, a *velocidade de giro* aumenta. Da mesma forma, quando o momento de inércia aumenta, a velocidade de giro diminui. Isso é um indício de que há "alguma coisa" aí que se mantém constante.

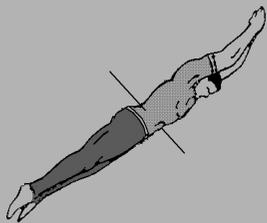
Na experiência que fizemos na página anterior, você viu que os potinhos com cliques colados mais perto do eixo giram mais rápido. Isso é semelhante ao caso do bailarino com os braços fechados. Quando o bailarino abre os braços, a situação se assemelha aos potinhos com os cliques colados longe do eixo: a velocidade de rotação é menor.

É importante notar que os potinhos com cliques perto e longe do eixo têm a mesma quantidade de movimento. Suas velocidades são diferentes porque suas distribuições de massa, ou seja, seus momentos de inércia, são diferentes.

O que a outra experiência mostrou é que o momento de inércia não depende apenas da distribuição de massa, mas também do seu valor. Por isso, potinhos com areia giram mais devagar, embora tenham a mesma quantidade de movimento angular que os potinhos vazios.

Para entender isso melhor, vamos ao exemplo do ginasta. Vamos dar valores a essas quantidades, indicando o momento de inércia pela letra **I** e a velocidade de giro (ou *velocidade angular*, como é chamada na Física) pela letra grega  $\omega$ .

### esticado:



Com o corpo esticado, sua dificuldade de giro é grande, e a velocidade de giro é pequena, porque a massa está distribuída longe do eixo. Os valores podem ser mais ou menos os seguintes:

$$I = 15 \text{ kg.m}^2$$

$$\omega = 0,8 \text{ rad/s}$$

### semi-encolhido:

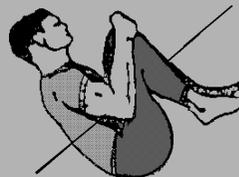


Com o corpo mais encolhido, o momento de inércia (dificuldade de giro) diminui, pois a massa do corpo se aproxima do eixo de rotação. Ao mesmo tempo, aumenta a velocidade angular.

$$I = 6 \text{ kg.m}^2$$

$$\omega = 2,0 \text{ rad/s}$$

### encolhido:



Quando o corpo do atleta está totalmente encolhido, o momento de inércia do atleta é pequeno, porque a massa está próxima do eixo. Nesse momento, a velocidade de giro é grande.

$$I = 4 \text{ kg.m}^2$$

$$\omega = 3,0 \text{ rad/s}$$

O livro *Biomecânica das técnicas desportivas*, de James G. Hay (Editora Interamericana, Rio de Janeiro, 1981), mostra como se obtêm esses dados.

Note que se multiplicarmos os dois valores, **I** e  $\omega$ , em cada caso obteremos sempre o mesmo resultado:

$$15 \times 0,8 = 12$$

$$6 \times 2,0 = 12$$

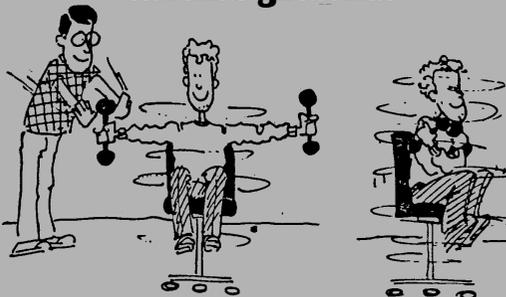
$$4 \times 3,0 = 12$$

Então realmente há alguma coisa que se conserva nessa história. E seu valor aqui é 12. Essa “coisa” é a quantidade de movimento angular. Vemos então que a quantidade de movimento angular é o produto de **I** com  $\omega$ :

$$L = I \cdot \omega$$

Portanto, para sabermos “quanto” movimento de rotação tem um objeto, multiplicamos seu momento de inércia pela sua velocidade angular. Resumindo tudo, chegamos à seguinte conclusão: tanto o bailarino quanto o ginasta não têm de onde receber quantidade de movimento angular. Então ela permanece constante. Quando eles mudam sua distribuição de massa, estão mudando ao mesmo tempo seu momento de inércia e sua velocidade angular, mas o produto desses dois valores se conserva: é a quantidade de movimento angular.

## Prova de velocidade em cadeiras giratórias



Um esporte radical que vem ganhando adeptos no mundo todo é a prova de velocidade em cadeiras giratórias. Surgida em aulas de Física de um professor do Texas, chega ao Brasil fazendo grande sucesso. A idéia é simples: o atleta deve girar em uma cadeira giratória com a maior velocidade possível, medida por sofisticados equipamentos. Cabe à equipe conseguir uma cadeira com o

menor atrito possível, e ao atleta encolher-se após o impulso inicial dado por seu companheiro de equipe.

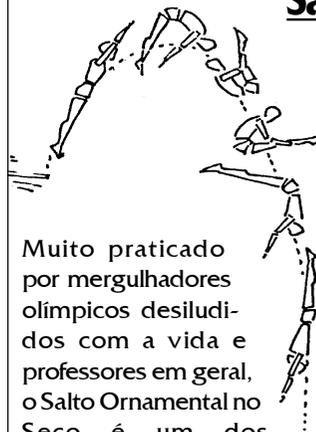
São duas modalidades: a *livre*, na qual o atleta não pode usar nenhum acessório especial para aumentar o desempenho, e a *peso-pesado*, na qual o piloto segura nas mãos pequenos halteres de ginástica.

**1** Por que a velocidade aumenta quando se encolhe os braços?

**2** O momento de inércia é maior quando se usa halteres? Por quê?

**3** Uma pessoa inicia o giro com 1 rad/s de velocidade e 3 kg.m<sup>2</sup> de momento de inércia. Quando se encolhe, fica com 1,5 kg.m<sup>2</sup> de momento de inércia. Qual será sua velocidade angular?

## Salto ornamental no seco



Muito praticado por mergulhadores olímpicos desiludidos com a vida e professores em geral, o Salto Ornamental no Seco é um dos esportes mais radicais já inventados até hoje.

Proibido nos Estados Unidos mas liberado

no Brasil, o esporte virou moda e começa a preocupar as autoridades. O objetivo é saltar executando um salto mortal duplo, o que o torna difícil porque é preciso saber encolher braços e pernas.

Curiosamente, o atleta que não consegue fazê-lo não tem direito a uma segunda chance.

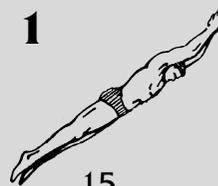
Um professor de Física, praticante da modalidade, nos revelou alguns macetes.

O mergulhador precisa

conseguir uma rotação inicial do seu corpo ao saltar do trampolim. Ao encolher o corpo sua velocidade de giro irá aumentar e ele conseguirá completar duas voltas no ar antes de antigir o seu destino.

Para isso, quando atingir o ponto mais alto do salto, ele precisa estar com o corpo totalmente encolhido, para estar girando a duas rotações por segundo, o que corresponde a uma velocidade angular de 12 radianos por segundo.

**1** Um competidor começa seu salto com a velocidade indicada na figura 1. Quanto vale sua quantidade de movimento angular?



15  
kg.m<sup>2</sup>  
2,1  
rad/s



6,3  
kg.m<sup>2</sup>  
5,0  
rad/s



3,5  
kg.m<sup>2</sup>

**calcule!**

**2** Quando ele encolhe o corpo como na figura 2, qual será sua quantidade de movimento angular? Ela mudou em relação à cena 1? Por quê?

**3** Calcule a velocidade angular do atleta na cena 3. De acordo com o texto, ela é suficiente para o salto mortal?