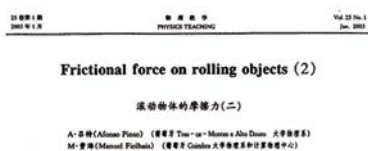


## PORTUGUESES TRADUZIDOS NA CHINA



A revista "Physics Teaching" da Sociedade Chinesa de Física formulou um convite para a publicação de um artigo sobre forças de atrito em objectos rolantes a Afonso Pinto e Manuel Fiolhais, docentes nas Universidades de Trás-os-Montes e Alto Douro e de Coimbra. O artigo teve edição bilingue (chinês e inglês) e foi publicado em duas partes (Dezembro de 2002 e Janeiro de 2003). O convite para a publicação deste *paper* surgiu na sequência de um artigo publicado recentemente pelos mesmos autores na revista "Physics Education".

## SPACE WITHOUT SMOKE: UMA EXPERIÊNCIA EM MICROGRAVIDADE

Em 11 e 13 de Setembro de 2002 realizaram-se os voos da *5th Student Parabolic Campaign* promovido pela Agência Espacial Europeia (ESA), na qual participaram 32 equipas de 15 países, uma das quais portuguesa. A experiência do projecto português *Space without Smoke* foi bem sucedida e despertou grande interesse dos responsáveis da organização.

O convite dirigido à equipa portuguesa para integrar um grupo de quatro equipas seleccionadas para continuarem as respectivas experiências em dois novos voos da *4th DLR Campaign* (ou da 4ª campanha de voos parabólicos da Agência Espacial Alemã, DLR), em Outubro de 2002, constituiu o melhor dos prémios para a sua dedicação. O projecto "Space Without Smoke" foi premiado no concurso Physical Science Contest promovido pela Agência Espacial Europeia. O projecto *Space Without Smoke* venceu o 1º prémio no "V Encontro Nacional de Estudantes de Física" realizado em Lisboa de 14 a 16 de Março de 2003. A equipa portuguesa apresentará o seu projecto na 18ª ICPS (*International Conference for Physics Students*) que se realizará em Odense (Dinamarca) de 7 a 13 de Agosto de 2003.

Vejamos como surgiu e ganhou consistência a concepção da experiência *Space without Smoke*. Em Janeiro de 2001, Pedro Souto e Helder Carvalho, docentes do Departamento de Engenharia Têxtil da Universidade do Minho, lançaram aos seus alunos o desafio de participarem na *5th Student Parabolic Campaign*. Formou-se, então, uma equipa de quatro estudantes, Tiago Pires, Rui Gomes (Departamento de Engenharia Têxtil da Universidade do Minho), Hugo Costa e Daniel Cruz (Departamento de Física da Universidade da Beira Interior-UBI), à qual mais tarde se juntou João da Providência, também da UBI. Em Janeiro de 2002 debateu-se o projecto a propor à ESA e optou-se pela realização de uma experiência permitindo o estudo da propagação de fumo em microgravidade. Em Março de 2002 a equipa inscreveu-se, e em Abril

submeteu o projecto *Space without Smoke*, o qual foi seleccionado.

As razões para o estudo da propagação de fumo em microgravidade são várias. Existem muitos estudos de combustão em microgravidade como, por exemplo, o comportamento da chama de uma vela. Numa estação espacial podem ocorrer incêndios, como já aconteceu na MIR.

Um artigo da NASA [1] refere a necessidade de as estações espaciais incorporarem detectores de fumo e faz notar que, em casos extremos, os detectores de fumo desenvolvidos para a Terra não permitem detectar o fumo em ambientes de gravidade zero, em parte devido à diferente natureza das partículas produzidas na combustão. Estes resultados mostraram que o desenho de um detector de fumo para uma estação espacial não pode ser baseado em experiências realizadas a gravidade normal.

Além das motivações práticas, há o interesse puramente científico de investigar a propagação do fumo em microgravidade, numa situação de convecção forçada.

Os quatro estudantes portugueses embarcaram em Bordéus para viverem, a bordo de um avião Airbus A300 especialmente preparado, períodos de microgravidade da ordem de 25 s. O avião a jacto efectuou, em cada um dos dois voos, 30 saltos parabólicos. Um salto parabólico realiza-se da seguinte forma: encontrando-se o avião a uma altitude de cerca de 6100 metros e voando a uma velocidade da ordem dos 825 km/h, inicia um movimento ascendente até atingir uma altitude de cerca de 7600 metros com uma velocidade rondando 580 km/h e uma inclinação, com a horizontal, de aproximadamente 47 graus, com o topo virado para cima. Nesta fase, denominada de *pull up*, e que demora uns 20 segundos, a situação é de hipergravidade entre 1,8 g e 1,5 g, onde g é a aceleração normal da gravidade. Segue-se uma fase de transição de cerca de 5 segundos na

qual os motores são desligados ou a sua actividade é reduzida ao mínimo, procurando-se que o avião descreva a trajectória que teria um projectil. Durante um período de cerca de 20 segundos a situação no interior do avião é de microgravidade, ou seja, cerca de  $0 g$ . A uma altitude de 8500 metros, o avião atinge o vértice da parábola com uma velocidade de 370 km/h e depois inicia o processo de queda atingindo novamente a velocidade de 580 km/h a uma altitude de 7600 metros e com uma inclinação de 42 graus com a horizontal (agora com o nariz do avião apontando para baixo). Segue-se nova fase de transição de cerca de 3 segundos. O avião passa então para a fase de 20 segundos de *pull out*, durante a qual existe hipergravidade (à volta de  $1,8 g$ ). Os motores são accionados a fim de estabilizar a trajectória atingindo, à altitude de 6100 metros, a orientação horizontal com a velocidade de 825 km/h. Em cada salto, há um período de 20 segundos em que se atingem as condições de microgravidade que permitem realizar experiências. Naturalmente, na estação espacial internacional ou no vaivém espacial, são obtidos ambientes de microgravidades maiores e de melhor qualidade.

Antes de analisarmos os resultados da experiência portuguesa vejamos a motivação para a realizar este tipo de experiências em ambientes de microgravidade. O lançamento de satélites, a realização de missões espaciais, a colocação de estações espaciais em órbitas (a MIR e a estação espacial internacional) e as viagens do vaivém espacial abriram novas possibilidades à evolução da ciência.

À superfície da Terra encontramos sujeitos à força gravítica e a uma outra força que a equilibra. Em queda livre, o nosso organismo encontra-se numa situação de microgravidade. Num foguetão acelerado, encontramos-nos numa situação de hipergravidade (vários  $g$ ). Em algumas situações experimentais, a gravidade constitui um elemento não desejável, que pode ser eliminado se as experiências forem realizadas em microgravidade.

Estão a ser desenvolvidos pela NASA estudos em microgravidade em vários

campos como, por exemplo, a cultura de tecidos biológicos, a ciência da combustão, a produção de melhores cristais, a produção de novos materiais e fenómenos interfaciais. Nestas condições, não existem efeitos perturbadores como sedimentação ou correntes de convecção devidos à gravidade.

Na experiência da equipa portuguesa, o fumo foi produzido por uma máquina como as que são usadas nas discotecas (que funcionou bem em condições de microgravidade). Trata-se de um fumo denso, não tóxico, constituído por gotículas de um fluido que foi evaporado na referida máquina. O fumo foi observado numa câmara em forma de caixa, com paredes transparentes, com dimensões de 1 m x 0,7 m x 0,7 m. Teve-se o cuidado de impedir que o fumo condensasse e entupisse os tubos que o conduzem à caixa de observação. Finalmente, o fumo foi conduzido para a caixa através de um tubo perpendicular a uma das faces quadradas. Como na ausência de gravidade não existe uma direcção privilegiada, seria de esperar que o fumo continuasse ao longo da direcção do tubo que o conduziu para o interior da caixa ou, então, se o fumo não for constituído por um feixe colimado, um cone com o eixo de simetria ao longo do referido tubo.

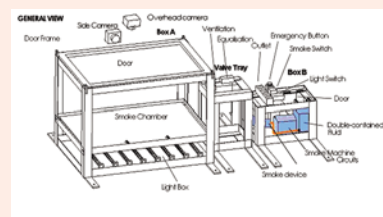


Note-se que, embora não existam correntes de convecção devidas à gravidade, a experiência é construída com a possibilidade de forçar essas correntes, o que enriquecerá as observações. As correntes de convecção são produzidas por uma bomba ligada ao tubo que dá acesso à câmara de observação. Visto que a referida bomba é accionada manualmente, o experimentador poderá considerar vários regimes. Poderá esvaziar grande parte da bomba enviando para o interior da câmara um jacto de fumo, ou apenas um pulsar de fumo (formando um anel de

fumo). Temos, assim, dois regimes distintos. No primeiro observa-se que o jacto de fumo se move de forma compacta e em linha recta na direcção do tubo (por onde entra na câmara) até cerca de metade da caixa. Depois de passar metade da caixa, começa subitamente a dispersar e a desviar-se, indo embater no topo da caixa. Este comportamento, que se repete nas experiências realizadas nos vários saltos, poderá parecer estranho devido à ausência da simetria referida. Na Terra observa-se que o fumo cai. Como o fumo sobe a partir de metade da caixa, será que não se conseguiu uma microgravidade tão perfeita como se desejava? As experiências programadas para novos voos permitirão esclarecer estas e outras questões.

Por outro lado, quando o experimentador, quase no fim de esvaziar a bomba, consegue produzir um pequeno pulsar fazendo um anel de fumo, este move-se em linha recta indo bater no meio da face oposta. Aqui temos o comportamento esperado a  $0 g$ : o anel de fumo move-se ao longo da caixa com velocidade constante, ou seja, o anel continua a mover-se na direcção em que foi emitido!

A descrição da experiência assim como *links* para outras experiências encontram-se em <http://sws.planetaclix.pt>.  
Helder Carvalho, Hugo Costa, Daniel Cruz,



Rui Gomes, Tiago Pires, João da Providência Jr. e Pedro Souto

Universidade da Beira Interior, Covilhã  
joao@teor.fis.uc.pt

[1] - Urban, D.L., Mulholland, G., Yuan, Z.G., Yang, J., Cleary, T., "Smoke: Characterization of Smoke Particulate for Spacecraft Fire Detection", Sixth International Microgravity Combustion Workshop, NASA Glenn Research Center, Cleveland, OH, CP-2001-210826, pp. 401-404, May 22-24, 2001.