

## AOS ASTROS

A licença poética é uma ferramenta fundamental para a sétima arte. Sem alguma criatividade, ir ao cinema seria tão motivante quanto ver vídeos de férias. Mas erros persistentes podem mostrar a falta de compreensão de alguns aspetos relevantes da ciência.



FABIO CHALUB  
Universidade  
Nova de Lisboa  
chalub@fct.unl.pt

Ficção científica sempre me interessou. Gosto de ver a visão de futuro, seja a dos dias de hoje ou aquela do nosso passado recente. É claro que dificilmente qualquer guião seria aprovado se fosse uma tese de mestrado em ciências. Mas a literatura tem outros objetivos que não ensinar as leis de Newton ou as teorias de Einstein.

No entanto, no último filme desta categoria a que assisti, *Ad Astra*, algo me chamou a atenção. Num certo sentido, há a mesma visão ingénua de como são as viagens espaciais que já estava presente no primeiro exemplar do género, a obra prima *A Viagem à Lua*, de 1902; veja a figura 1.

É difícil adaptar a nossa intuição a circunstâncias muito distintas do nosso dia a dia. Muitas das dúvidas levantadas sobre se as viagens à Lua foram ou não reais são baseadas nestes erros de compreensão. Por exemplo, a foto do céu escuro e sem estrelas a ladear os astronautas sobre a superfície lunar tem sido fonte de muitas teorias conspiratórias. No entanto, apesar do fundo preto, a foto foi tirada durante o dia. O azul do nosso céu é decorrência da atmosfera.

Quando pensamos que Vasco da Gama demorou quase um ano para ir de Lisboa à Índia, e que hoje essa viagem pode ser feita em menos de um dia, não é difícil concluir que a tecnologia tem "encurtado distância" (apesar de isto ser claramente uma figura de linguagem).

Devemos então imaginar que as viagens espaciais serão cada vez mais rápidas: será que um dia poderemos passar o Natal em casa de um filho que mora em Marte e



Figura 1. De *A Viagem à Lua*, de Georges Méliès (1902), a *Ad Astra*, de James Gray (2019), muito mudou: a narrativa, os efeitos especiais... Algo em comum permanece: a ambição humana universal de sair de nosso planeta em direção ao espaço e o medo do incerto. Fonte: Wikimedia Commons.

voltar para celebrar o Ano Novo com o resto da família, cá na Terra?

De facto, no *Ad Astra*, apenas três semanas são necessárias para se ir da Terra a Marte, enquanto menos de três meses são suficientes para ir até Neptuno. Por comparação, a sonda *InSight*, lançada em 2018, demorou seis meses para atingir a órbita de Marte, enquanto a *Neptune Orbiter*, que ainda não foi lançada, deve demorar uma década para atingir o seu destino. E notem que o lançamento destas sondas não é feito num dia qualquer, mas em datas cuidadosamente escolhidas de forma a otimizar a viagem: as "janelas de lançamento".

Sistematicamente, as distâncias na Terra estão a ser "encurtadas", mas não podemos esperar que o mesmo

ocorra para o Sistema Solar, pois a dinâmica das viagens espaciais é muito distinta. O que faz o foguete mover é a inércia, e não os seus motores poderosos. Estes servem apenas para descolar, (por vezes) corrigir a órbita e na aproximação ao destino. A verdadeira viagem ocorre apenas por inércia, sem gasto algum de energia. A mesma força que mantém os planetas ao redor do Sol é o que leva uma espaçonave aos planetas mais distantes: a gravidade.

Assim, a trajetória da sonda será uma elipse com o Sol num dos focos – tal como qualquer órbita planetária, e nunca uma linha reta (como aparece no início de *A Viagem à Lua*).

Mas qual órbita, exatamente?

Esta foi a questão estudada pelo engenheiro alemão Walter Hohmann, que em 1925 encontrou a trajetória entre dois planetas que requer o mínimo de energia. Infelizmente, os estudos de Hohmann foram interrompidos, já que preferiu abandonar a ciência espacial, com medo de que os seus trabalhos fossem utilizados pelo Partido Nazi no desenho de armas.

Vamos então considerar que tanto a Terra quanto Marte têm órbitas circulares (de facto, são elipses com baixa excentricidade). Um foguetão lançado da Terra, já a uma distância da Terra de apenas dois milésimos da distância Terra-Sol, experimenta uma maior gravidade solar do que terrestre. Desta forma, a energia necessária para o fazer descolar é apenas para chegar a esta distância, correspondente aproximadamente a 50 vezes o raio da Terra. A partir daí, mover-se-á em órbita elíptica. Cada possível órbita tem um nível de energia associado. A pergunta que tem de ser respondida é: qual a elipse que intersesta tanto a órbita da Terra quanto a órbita de Marte que tem a menor energia?

As contas não são particularmente difíceis e a resposta é muito elegante: é a única elipse interior às órbitas que tem o Sol num dos focos e que é tangente a ambas as órbitas. Desta forma, supondo que o lançamento se dá no ângulo  $\theta = 0$ , o contacto será em  $\theta = \pi$  e o eixo maior desta elipse terá comprimento igual ao da soma dos raios orbitais dos dois planetas. O tempo necessário para percorrer esta distância é dado por

$$T = \frac{\pi}{\sqrt{GM}} \left( \frac{r_T + r_M}{2} \right)^{3/2},$$

onde  $r_T$  e  $r_M$  são os raios orbitais da Terra e de Marte,  $M$  é a massa do Sol e  $G$  a constante de gravitação universal. Note que esta conta é feita na hipótese de que as órbitas estão no mesmo plano, o que é uma aproximação aceitável.

Temos então que o tempo necessário para completar a

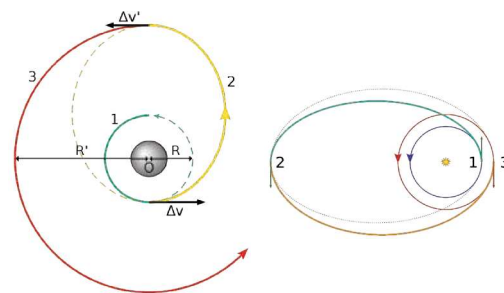


Figura 2. À esquerda, órbita de Hohmann (número 2, a amarelo) para transferir com a mínima energia uma sonda da órbita 1, de raio  $R$ , para a órbita 3, de raio  $R'$ , ambas supostas circulares. A órbita 2 é uma elipse tangente às duas circunferências. À direita, uma junção de duas órbitas de Hohmann, indo inicialmente ao ponto 2, mais distante do que o destino 3, pode ser mais eficiente do que uma viagem direta. Fonte: Wikimedia commons.

jornada é de  $T \approx 250$  dias. Neste momento, as máquinas são novamente ligadas para que seja feita a aproximação ao destino final.

É claro que, no dia do contacto, Marte deve estar no ponto oposto ao do lançamento da sonda. Portanto, no momento do lançamento, Marte não pode estar em qualquer lugar. É a isto que se refere o conceito de "janela de lançamento".

No caso de planetas mais distantes, mais precisamente após Saturno, há uma trajetória ainda mais eficiente do que a órbita de Hohmann: a união de duas elipses. Inicialmente, a sonda viaja através de uma órbita de Hohmann até a uma certa órbita ainda mais distante do que o seu destino; neste ponto, os motores são novamente ligados e toma uma nova trajetória elíptica, iniciando um percurso de retorno (ou seja, diminuindo a distância ao Sol) até chegar ao seu destino final. Apesar de ser necessário ligar os motores três vezes (na saída, na reorientação e na chegada), em algumas circunstâncias esta órbita necessita de menos combustível do que a de Hohmann. O tempo necessário, no entanto, é substancialmente maior.

No caso da Lua, além do descrito acima, também é comum optar por órbitas em forma de "8", por serem desta forma as linhas da mesma energia que orbitam tanto a Terra quanto a Lua. Assim, é possível voltar em segurança.

É difícil dizer que um dia poderemos ir à Marte em menos de um mês, mas, prognósticos só depois do jogo. O consumo energético seria tão grande que dificilmente esta forma de viajar seria viável – mas em muitas circunstâncias, sobretudo com fins militares, o ser humano demonstra poucas preocupações com o custo. Quem sabe esta tecnologia venha um dia a estar disponível?