



## MONTEIRO DA ROCHA E O INTRINCADO PROBLEMA DAS ÓRBITAS DOS COMETAS

“Os nomes de Monteiro da Rocha e de Olbers devem pois figurar juntos na história da Astronomia, como sendo os primeiros inventores de um método prático para a determinação das órbitas parabólicas dos cometas”

**Gomes Teixeira, 1934**

Em 2019 comemorou-se o bicentenário da morte do matemático e astrónomo José Monteiro da Rocha (1734-1819). Assinalando a efeméride, saiu aqui na *Gazeta de Matemática* em final do ano passado um artigo que escrevi juntamente com o António Leal Duarte (DM, CMUC) – “José Monteiro da Rocha (1734-1819) um matemático ao serviço do Estado” (GM n.º 192).

Monteiro da Rocha foi uma das figuras marcantes da ciência e da cultura portuguesas na transição do Antigo Regime para o Liberalismo, tendo desempenhado um papel central em todo o processo de institucionalização da ciência moderna no nosso país. Como homem de ciência, professor e académico, Monteiro da Rocha tem uma obra vasta, especialmente em matemática aplicada e astronomia.

No sentido de tentar despertar o interesse, principalmente junto dos leitores mais jovens que eventualmente se sintam inclinados pela investigação pós-graduada em História da Ciência, nomeadamente da matemática e da astronomia, vou aproveitar este simpático convite dos editores da *Gazeta de Matemática* para dar a conhecer um dos seus trabalhos mais representativos: o da determinação das órbitas dos cometas. Um trabalho que ele publica nas *Memórias de Matemática e Física* da Academia Real das

Ciências de Lisboa em 1799 (MACL, 1799, pp. 402-479) e que se debruça sobre um dos grandes problemas da astronomia do século XVIII.

(Já em 2014 aqui na *Gazeta* (GM n.º 173) me referi a um outro importante trabalho de Monteiro da Rocha escrito na década de 1760 sobre o problema da determinação da longitude no mar, um dos maiores problemas técnico-científicos que a Humanidade havia enfrentado até então. Esse trabalho é escrito na altura em que esta questão está no seu auge, com o declarado objetivo de fornecer aos pilotos nacionais novos métodos astronómicos para a determinação da longitude no mar, numa clara tentativa, como afirma, de contribuir para a “utilidade pública da Navegação Portuguesa”. Um trabalho que representa muito bem a visão que Monteiro da Rocha tem da ciência, a de solucionar problemas e servir ao progresso e ao bem-estar da sociedade.

Escolhi este trabalho dos cometas por duas razões. A primeira, porque o *Determinação da órbita dos cometas* era até finais do século passado amplamente reconhecido pela historiografia da ciência portuguesa como um dos seus trabalhos mais emblemáticos e importantes. A segunda razão, por ter sido com o seu estudo (foi o tema da minha tese de mestrado) que tomei contacto com Monte-

ro da Rocha e sua obra, e que iniciei a minha investigação em História da Ciência.

Ao longo dos tempos, os cometas sempre foram vistos com um misto de admiração e temor – segundo as contas, ter-se-ão, ao longo da História, observado cerca de 700 cometas, descobertos por um número estimado de cerca de 300 a 400 pessoas, das quais apenas 150 descobriram mais do que um. As suas raras visitas, a variedade de direções em que apareciam relativamente ao Sol e à Lua, uns em movimento direto e outros em movimento retrógrado, a enorme panóplia de formas e tamanhos das caudas, os diferentes brilhos com que se apresentavam, chegando alguns a ser visíveis em pleno dia, reforçava-lhes a imagem de estranhos, extravagantes e misteriosos seres. Também as velocidades com que se deslocam, desde cometas que se movem lentamente a outros que se movem com uma enorme rapidez, os tornavam mais misteriosos e incógnitos. Ainda em 1910 a passagem do cometa *Halley* causou expectativa e pânico em todo o mundo (recomendo o livro de Joaquim Fernandes sobre o cometa *Halley* e a República em Portugal).

Percebidos pela primeira vez na teoria aristotélica como um fenómeno atmosférico, começam gradualmente a ser considerados, após as observações de Tycho Brahe (1546-1601) do cometa de 1577, corpos celestes que obedecem às leis de Newton. No entanto, a sua natureza física e as suas trajetórias permanecem um mistério durante muito tempo.

Tentativas de natureza mais matemática podem ser encontradas desde que Newton (1643-1727) publicara em 1687, nos *Principia*, um método assaz engenhoso, porém de difícil aplicação. Foi utilizando esse método, com pequenas adaptações, que Halley (1656-1742) conseguiu determinar as órbitas de 24 cometas, concluindo que os cometas 1531, 1607 e 1682 apresentavam órbitas idênticas. Isto levou-o a sugerir que esses avistamentos eram de facto passagens sucessivas e periódicas do mesmo cometa, que voltaria em 1758. Nesse mesmo ano, Clairaut (1713-1765), Lalande (1732-1807) e Nicole-Reine Lepaute (1723-1788) envolvem-se na difícil tarefa de precisar a data do regresso do cometa *Halley*, como assim ficaria conhecido. A apresentação dos resultados do titânico esforço de cálculo dos parâmetros orbitais é feita à Académie Royal des Sciences de Paris a 14 de novembro de 1758, cerca de apenas seis semanas antes do regresso do cometa, cuja previsão erram por 33 dias (o cometa atingiu o seu periélio a 13 de março de 1759 e a previsão avançava com a data de 15 abril de 1759).

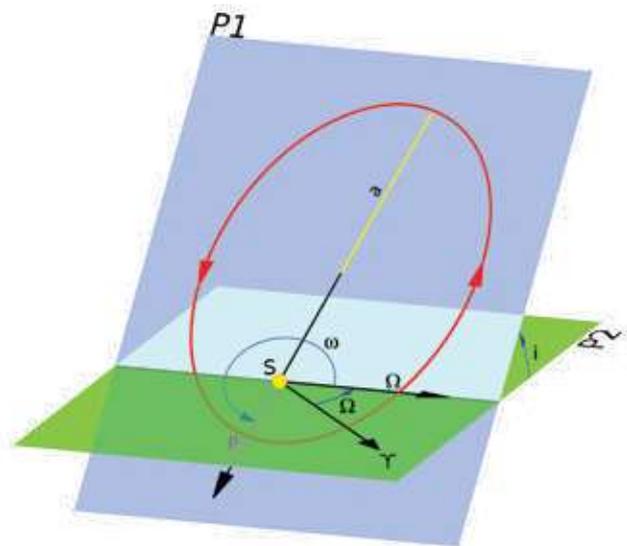


Figura 1: Os seis elementos orbitais de um cometa:  $i$ = inclinação;  $\Omega$ = longitude do nodo ascendente;  $\omega$ = argumento do periélio;  $p$ = distância do periélio;  $e$ = excentricidade  $t$ = instante de passagem no periélio.

Em finais de 1759, quando ainda se encontrava no Brasil, Monteiro da Rocha, ciente de que o retorno do cometa seria um teste crucial para a teoria de Newton, aproveita a ocasião para disseminar didaticamente a teoria gravitacional do matemático inglês num trabalho intitulado *Systema Physico Mathematico* dos Cometas, “composto por ocasião de um que foi visto no ano de 1759 na Cidade da Baía”. Ironicamente, não reconhece que as observações que faz entre 13 de março de 1759 e finais de abril são realmente do tão esperado cometa *Halley* (as condições climáticas pouco favoráveis e falta de bons instrumentos não terão ajudado).

A partir da década de 1740, devido ao desenvolvimento significativo de ferramentas matemáticas que permitiram novas abordagens analíticas, a questão da computação das órbitas dos cometas tomou um novo fôlego. Na tentativa da sua resolução aparecem nomes como os de Euler (1707-1783), Boscovich (1711-1787), Lacaille (1713-1762), Clairaut, Lalande, Laplace (1749-1827), Gauss (1777-1855), entre muitos outros.

O primeiro método analítico que não fez uso de considerações geométricas foi apresentado por Euler em 1744, no *Theoria motuum planetarum et cometarum*. O método de Euler faz uso de três observações próximas umas das outras, considerando que a distância heliocêntrica do come-

ta no momento da segunda observação é conhecida com um nível de aproximação razoável.

No seu livro, Euler também apresentou um conjunto de teoremas fundamentais para o cálculo das órbitas dos cometas. Um deles é a famosa equação de Euler, que estabelece uma relação entre o tempo decorrido entre dois instantes ( $t_1$  e  $t_2$ ), os dois raios Sol-Cometa ( $r_1$  e  $r_2$ ) e a trajetória ( $s$ ) do arco descrito pelo cometa nesse intervalo de tempo. Lambert (1728-1777) fornecerá uma solução prática para essa equação nos seus artigos, em 1761 e 1771, tornando-se assim conhecido pela equação de Euler-Lambert:

$$6k(t_2 - t_1) = (r_1 + r_2 + s)^{3/2} \pm (r_1 + r_2 - s)^{3/2},$$

sendo  $k$  uma constante que veio a ser conhecida como constante de Gauss.

Em 1774, Boscovich desenvolve um método que também faz uso de três observações. Porém, revela-se de difícil aplicação e só foi usado com sucesso pelo próprio Boscovich para a determinação da órbita do cometa de 1774. Inclusivamente foi alvo de acesa crítica por parte de Laplace, que o considera analiticamente errado, a tal ponto que a Académie des Sciences se vê obrigada a criar uma comissão para arbitrar a questão.

A verdade é que, apesar de todos os esforços, faltava ainda em finais do século XVIII um método fácil que envolvesse relativamente pouco esforço de cálculo para determinar as órbitas dos cometas. De tal maneira que, em

1772, a Academia das Ciências de Berlim lança a concurso (para o ano de 1774) um prémio a quem propusesse um método simples para a determinação da órbita parabólica de um cometa através de três observações. Esse prémio só viria, no entanto, a ser atribuído em 1778, a Condorcet (1743-1794) e Tempelhoff (1738-1808).

Porém, estes trabalhos não se revelaram totalmente satisfatórios e quem ficará conhecido na História como o primeiro a criar um método simples e de fácil aplicação para a resolução do problema das órbitas parabólicas dos cometas foi o astrónomo alemão Heinrich Wilhelm Olbers (1758-1840). O trabalho de Olbers intitulado *Abhandlung Über die Leichteste und Bequemste Methode die Bahn Eines Cometen* (Ensaio sobre o método mais fácil e mais conveniente para se calcular a órbita de um cometa), publicado por Franz Xaver von Zach (1754-1832) em 1797, tornar-se-ia uma ferramenta de uso generalizado durante todo o século XIX e primeiras décadas do séc. XX.

Mas talvez a História tenha algo mais a contar. Talvez não tenha sido Olbers o primeiro a propor tal método. De facto, foi Monteiro da Rocha, em 1782, numa sessão da Academia das Ciências de Lisboa (ACL).

A ACL, criada em 24 de dezembro de 1779, tinha como um dos seus principais objetivos fomentar o desenvolvimento da ciência e dar uma contribuição útil para o desenvolvimento económico e social de Portugal. Era obrigação dos membros apresentarem e publicarem trabalhos científicos. Monteiro da Rocha, eleito a 16 de janeiro de 1780, escreve ao secretário em julho desse mesmo ano

dizendo que enviará "uma memória sobre a determinação das órbitas dos cometas, contendo já parte da solução do problema, para desde agora ocupar essa prioridade, no caso de ser para crédito da Academia, direi a V. Exa. que o fundamento principal da minha solução consiste nas três equações seguintes [apresenta as equações] nas quais não há mais do que três incógnitas, que são as distâncias do cometa à Terra projetadas no plano da eclíptica para os momentos das três observações". Monteiro da Rocha sabia da abertura do concurso de Berlim, mas não sabia que já havia sido atribuído dois anos antes.

Esta carta de Monteiro da Rocha seria lida em sessão da Academia no dia 2 de outubro de 1780, tendo sido guardada no respetivo cartório. No dia 27 de janeiro de 1782 o trabalho completo é apresenta-

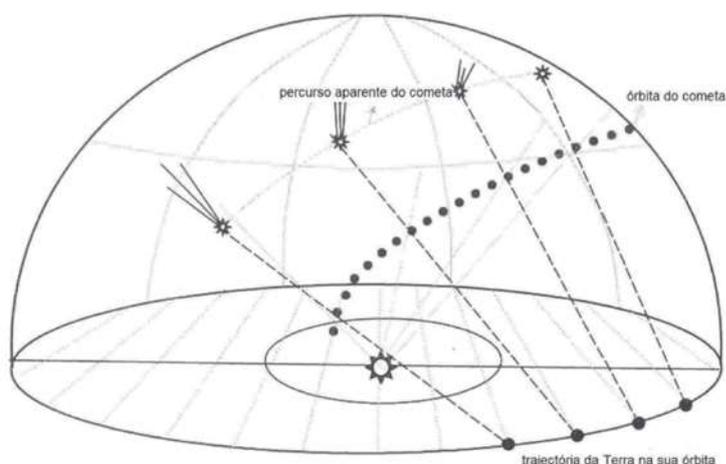


Figura 2: Das observações obtém-se apenas as latitudes e longitudes do cometa. As longitudes do Sol e as distâncias Terra-Sol são fornecidas pelas tabelas astronómicas.

do em sessão académica. Apenas em 1799, a *Determinação das Órbitas dos Cometas* seria publicada nas memórias da Academia. Nele, Monteiro da Rocha apresenta um método para resolver o problema da determinação da órbita parabólica de um cometa fazendo uso de três observações. Este método é essencialmente o mesmo proposto por Olbers e publicado sob o patrocínio de Von Zach dois anos antes, em 1797.

Em 1925 o matemático e historiador Duarte Leite (1854-1950) faz notar a semelhança analítica das equações propostas por ambos, escrevendo que o método de Monteiro da Rocha “foi o único método, verdadeiramente digno deste nome que permitiu, antes do de Olbers, calcular facilmente os elementos orbitais de um cometa a partir de três observações”. É que, embora a publicação do trabalho de Olbers preceda efetivamente em dois anos a publicação de Monteiro da Rocha, a verdade é que no que diz respeito à proposta de uma solução passa-se precisamente o contrário. Monteiro da Rocha apresentou o seu trabalho à ACL no ano de 1782 (a 27 de janeiro). Ou seja, o método de Monteiro da Rocha é por isso anterior ao de Olbers em cerca de 15 anos.

Com o trabalho de Duarte Leite o método de determinação de órbitas de cometas de Monteiro da Rocha passa a ser sucessivamente citado como um dos seus trabalhos mais importantes. Motivado por tudo isto, propus-me fazer um estudo detalhado do método de Monteiro da Rocha, comparando-o com o método proposto por Olbers. Os resultados obtidos indicam que a solução proposta por Monteiro da Rocha é comparável numericamente com a de Olbers e com as soluções propostas por outros autores do seu tempo. Na realidade, os resultados obtidos, quando aplicamos o método de Monteiro da Rocha à determinação de órbitas parabólicas dos cometas, são consistentes e com um elevado grau de precisão.

É por isso mais do que justo o que em 1934 Francisco Gomes Teixeira (1851-1933) escreveu, que “os nomes de Monteiro da Rocha e de Olbers devem pois figurar juntos na História da Astronomia, como sendo os primeiros inventores de um método prático para a determinação das órbitas parabólicas dos cometas”.

O ter sido escrito e publicado em português foi certamente um obstáculo para a sua divulgação entre a comunidade astronómica internacional. Um problema que Gomes Teixeira desde cedo identificou, preocupando-se em publicar e divulgar a sua investigação em prestigiadas revistas internacionais.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Donald K. Yeomans, *Comets: a chronological history of observation, science, myth, and folklore*. Wiley, 1991.
- [2] Duarte Leite, “Pour l’Histoire de la Détermination des Orbites Cométaires”, *Anais da Academia Politécnica do Porto X:2* (1915), pp. 65-73.
- [3] Fernando B. Figueiredo, “A contribuição de José Monteiro da Rocha para o cálculo da órbita de cometas. Tese de Mestrado em História e Filosofia da Ciência”, FC-TUNL, 2005.
- [4] Francisco Gomes Teixeira, *História das Matemáticas em Portugal*. ACL, 1934.
- [5] Joaquim Fernandes, *Halley O Cometa da República*. Temas e Debates, 2010.
- [6] José Monteiro da Rocha, “Determinação das Órbitas dos Cometas”, *Memórias de Matemática e Física da Academia Real das Ciências de Lisboa, II* (1799), pp. 402-479.

**Fernando B. Figueiredo** é investigador na Universidade de Coimbra, sendo atualmente o diretor do Centro de Investigação da Terra e do Espaço (CITEUC).

**Coordenação do espaço HISTÓRIAS DA MATEMÁTICA:**  
**Pedro Freitas**, Universidade de Lisboa, [pjfreitas@fc.ul.pt](mailto:pjfreitas@fc.ul.pt)