

## O Cometa de Halley ao longo da história<sup>(\*)</sup>

M. F. THOMAZ

Departamento de Física, Universidade de Aveiro

*A próxima passagem do cometa de Halley em Fevereiro de 1986 tem suscitado um interesse renovado sobre este meteoro que «visita» a Terra de 76 em 76 anos aproximadamente. Com o presente trabalho pretende-se contribuir para o incremento desse interesse pelo cometa, particularmente nas escolas, através dos professores de Física. Indicam-se as previsões relativas à próxima aparição quanto a condições de observação.*

*Dadas as suas manifestações, por vezes espectaculares, os cometas têm sido utilizados na interpretação de acontecimentos históricos como sinais sobrenaturais, por representarem uma quebra na ordem «imutável» dos astros. São referidos alguns registos antigos mais conhecidos do cometa de Halley relacionados com episódios da história europeia e também os registos científicos das aparições posteriores a 1682.*

### 1. Introdução

A próxima aparição em 1985/86 do cometa de Halley (ou P/Halley; P por ser periódico) tem suscitado por todo o mundo um interesse renovado pelo estudo, observação e história deste tipo de astros, que, apesar da sua pequena dimensão, poderão ter um grande interesse científico e pela sua espectacularidade têm desempenhado um papel importante na interpretação dada pelos homens a certos acontecimentos ao longo da história. Deste surto de interesse pelo cometa de Halley é testemunho a proliferação de associações de carácter mais ou menos científico com vista à comunicação de dados relativos ao cometa, como por exemplo, a *Halley's Comet Society* fundada em 1976 em Inglaterra, a *Halley's Comet Watch'86* e a *International Halley Watch* nos E.U.A., esta última com objectivos mais científicos e profissionais.

Embora o periélio do cometa esteja calculado para 9 de Fevereiro de 1986, cerca das

10 horas e 50 minutos, a sua observação já começou. Em 16 de Outubro de 1982 D. Jewitt e G. E. Danielson, conseguiram observar pela primeira vez este retorno do cometa de Halley no telescópio de 200 polegadas do Observatório de Monte Palomar, na Califórnia.

A antecedência de mais de três anos com que se começou a observar o cometa em relação à data prevista do seu periélio é notável. Basta recordar que na anterior aparição do cometa em 1910 essa antecedência foi de cerca de sete meses. O progresso observado deveu-se não apenas à utilização de um grande telescópio, embora não seja o maior do mundo, mas principalmente à utilização de detectores não tradicionais, especialmente sensíveis, à base de silício (charge-coupled devices, CCD). O cometa apareceu na constelação Cão Menor,

---

(\*) O presente trabalho foi apresentado na 4.<sup>a</sup> Conferência Nacional de Física — Física 84, Évora (Abril, 1984).

muito próximo do ponto previsto, deslocando-se na direcção e com a velocidade calculadas [1]. A fig. 1 mostra a primeira observação do cometa atrás mencionada.

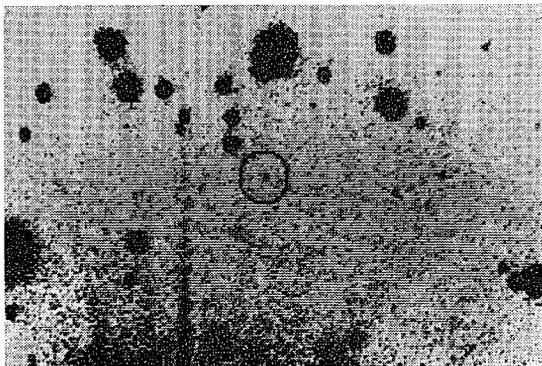


Fig. 1 — Imagem obtida por Jewitt e Danielson em 1982, do cometa de Halley, assinalado por um círculo.

## 2. Um pouco da física dos cometas [2]

A palavra *cometa*, como é sabido, é de origem grega e deriva de *coma*, ou *cabeleira*. As ideias sobre a constituição dos cometas correspondem à existência de um *núcleo*, com dimensão da ordem dos quilómetros, composto por partículas de poeiras e materiais voláteis ou gelos. Movem-se em torno do Sol com órbitas muito excêntricas e quando se aproximam do Sol os gelos começam a sublimar devido à radiação solar. Os gelos vaporizados e as poeiras arrastadas no processo formam a *cabeleira*. A grandes distâncias do Sol a luz do cometa é devida à reflexão da luz solar pelo núcleo mas quando se dá a aproximação do Sol a radiação visível e ultra-violeta do Sol dissocia e excita as moléculas resultantes da sublimação aparecendo as emissões características dessas moléculas, bem como dos iões e radicais resultantes. Nessa situação a maior parte da luz emitida pelos cometas é a radiação de fluorescência emitida pelas várias espécies presentes, o que permite identificá-las e por meios delas as moléculas mães. As partículas da cabeleira impulsionadas pela pressão da radiação solar, na direcção radial oposta ao

Sol, originam a *cauda de poeiras* do cometa. A conservação do momento angular obriga a cauda de poeiras a encurvar na direcção oposta ao movimento do cometa. Por outro lado os campos magnéticos associados com o vento solar levam os iões da cabeleira para a direcção oposta ao Sol, criando uma *cauda iónica*, que é rectilínea e atinge, por vezes, dimensões da ordem de  $10^8$  km.

O cometa de Halley é um cometa de período intermédio, isto é, pertence ao grupo dos cometas cujo período sideral se situa entre os 13 e os 200 anos. A sua órbita, esquematizada na Fig. 2, tem uma inclinação  $i \approx 162^\circ$

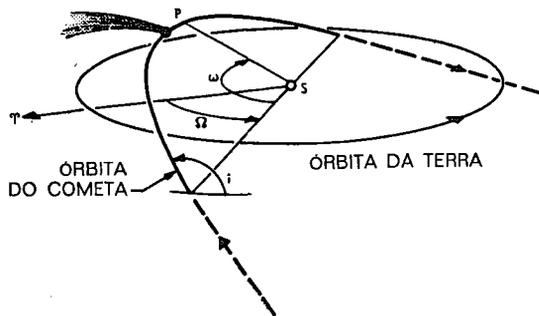


Fig. 2 — Órbita do cometa de Halley na região mais próxima do Sol. Os parâmetros da órbita estão indicados:  $i$  — inclinação,  $q = SP$  — distância do periélio,  $\omega$  — argumento do periélio,  $\Omega$  — longitude do nodo ascendente (em relação ao equinócio de Outono). A excentricidade  $e$  completa a descrição da órbita. Os valores destes parâmetros para a presente órbita são:  $q \approx 0,587$  UA;  $\omega \approx 111,85^\circ$ ;  $\Omega \approx 58,15^\circ$ ;  $i \approx 162,24^\circ$ ;  $e \approx 0,967$ .

em relação ao plano da eclíptica, o que significa um sentido retrógrado em relação ao movimento orbital da Terra. Esta situação é relativamente rara, pois os cometas de período intermédio, e de modo especial os de período curto, têm inclinações cuja distribuição estatística se concentra perto do valor  $i = 0^\circ$ .

Uma órbita cometária depende de três factores: *a*) — atracção do Sol; *b*) — as perturbações devidas aos planetas do sistema solar, em especial os de grande massa — Júpiter, Saturno, Urano e Neptuno; *c*) — as forças não gravitacionais.

Embora de modo geral as interações com os planetas grandes, especialmente Júpiter, não introduzam perturbações significativas nas órbitas (os parâmetros orbitais —  $1/a$ , sendo  $a$  o semi-eixo maior, periélio  $q$ , inclinação  $i$ , argumento do periélio  $\omega$  e longitude do nodo ascendente  $\Omega$  — não sofrem em geral variações superiores a 0,1 %) por vezes a acção atractiva de Júpiter é forte para os cometas cujo periélio é da ordem do raio médio da órbita de Júpiter ( $\sim 5\text{U.A.}$ , sendo a unidade astronómica definida por  $1\text{UA} = 1,5 \times 10^8 \text{ km}$ , a distância média da Terra ao Sol). Supõe-se mesmo que a captura por Júpiter daqueles cometas de longo período é a principal causa do aumento do número dos cometas de período curto (Fig. 3).

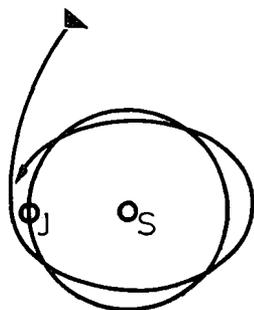


Fig. 3 — Esquema ilustrando a captura por Júpiter de um cometa de longo período que se transforma em cometa de período curto.

As forças não gravitacionais pouco afectam os parâmetros orbitais; mas permitem explicar alguns aspectos qualitativamente importantes. Resultam da reacção do jacto produzido pela sublimação dos gelos do núcleo (Fig. 4). Se o núcleo não tivesse movimento de rotação só haveria uma componente radial da força não gravitacional, com direcção oposta ao Sol pois a direcção de máxima desgaseificação seria na direcção do Sol. Esta força tenderia a reduzir a atracção do Sol. No caso de haver rotação do núcleo a região de máxima desgaseificação será deslocada em relação à direcção heliocêntrica e aparecerá uma força de reacção com uma componente transversal, e eventualmente uma componente normal, além da componente

radial. O efeito da componente transversal é o de acelerar ou desacelerar o movimento do cometa conforme a rotação se dê no sentido do movimento orbital ou no sentido oposto ao desse movimento. Dá-se então um aumento ou uma diminuição do período sideral do cometa, respectivamente.

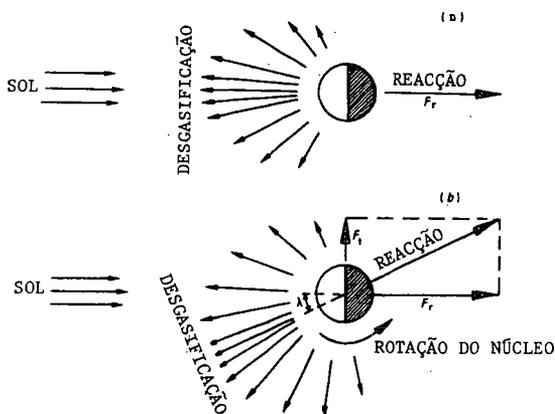


Fig. 4 — Acção das forças não gravitacionais. A sublimação do núcleo origina uma força de reacção oposta à direcção de máxima desgaseificação. Um núcleo sem rotação sofre uma força não gravitacional radial (a). Num núcleo com rotação a zona de máxima desgaseificação está adiantada em relação ao ponto sub-solar originando uma componente transversal da força não gravitacional (b).

O cometa de Halley tem uma rotação com um período de 10,3 horas no sentido directo, isto é, no sentido do movimento orbital.

Quando as velocidades de rotação são muito grandes (períodos  $< 5$  horas) os núcleos podem sofrer fragmentações, pois a sua estrutura de conglomerado ligado por gelos é muito frágil. O cometa de Halley sofreu possivelmente uma fragmentação na sua última aparição, exibindo três fragmentos durante vários dias, com correspondente aumento de brilho. Este aumento de brilho explica-se pelo aparecimento de superfícies frescas para volatilização em consequência das fracturas.

A energia  $E$  dum cometa, ou o inverso do semi-eixo maior da respectiva elipse, (recorde-se que  $|E| \propto 1/a$ ) constitui um dado importante, particularmente no caso de cometas

de longo período, pois pode dar informações sobre a sua origem. Com efeito, a maior parte dos cometas de longo período têm  $1/a$  entre 0 e  $10^{-4}$  UA $^{-1}$  e portanto uma energia muito próxima de zero. A distribuição dos seus afélios mostra uma concentração na região de 4 a  $6 \times 10^4$  UA (o sistema solar tem um diâmetro da ordem de  $10^2$  UA). Pensa-se então que se trata de cometas «novos» que são desviados para o sistema solar, por perturbações causadas pelas estrelas que passam na região circunsolar distante. A este mecanismo de geração de cometas contrapõem-se os mecanismos de desgaste (sublimação gradual dos núcleos, fragmentação, desagregação) e de ejeção hiperbólica por interacção com os planetas. Os cálculos do desgaste por sublimação indicam que o componente mais provável dos gelos dos núcleos é a água (vd. Fig. 5).

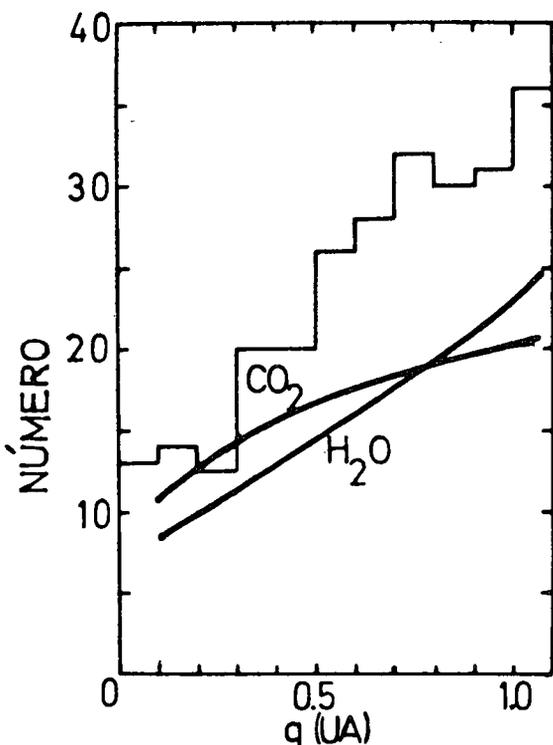


Fig. 5 — Distribuição de frequências das distâncias dos periélios para cometas de longo período com  $q < 1,1$  UA. As curvas representam o número de cometas de longo período (calculadas a partir de um fluxo arbitrário de cometas) com núcleos de  $H_2O$  e  $CO_2$ , sendo a curva referente a  $H_2O$  mais semelhante à distribuição estatística.

A análise espectroscópica da radiação emitida pelos cometas é uma técnica poderosa para identificar a natureza das espécies químicas presentes. São numerosas as espécies (moléculas, iões e radicais) identificadas através das riscas e bandas espectrais próprias nas regiões do ultra-violeta, do visível, do infravermelho e do radio. Delas se deduz que as principais moléculas originais, libertadas dos núcleos, são:  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$ ,  $NH_3$ . A partir destas por acções fotofísicas e fotoquímicas outras espécies se formam como  $H$ ,  $OH$ ,  $H_2O^+$ ,  $C$ ,  $C^+$ ,  $CO_2^+$ ,  $CH^+$ ,  $CN$ ,  $HCN$ ,  $N_2^+$ ,  $S$ ,  $Na$ , etc. No cometa de Halley, durante a sua aparição de 1910, foram identificadas as seguintes espécies:  $CH$ ,  $CN$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $Na$ ,  $CO^+$ ,  $N_2^+$ .

É a luz emitida pelas espécies químicas presentes ao desexcitarem-se, e, a grandes distâncias, a luz solar refletida na superfície do núcleo, que determinam o brilho e a grandeza dum cometa. A grandeza  $m$  de um objecto celeste varia no sentido oposto ao seu brilho  $B$  pois se define como  $m = -2,5 \log B$ . Portanto objectos de grandeza  $-2,5$  ou  $+2,5$  têm brilhos respectivamente mil ou dez vezes superiores a um objecto de grandeza  $+5$ .

A grandeza, em função das distâncias ao Sol,  $r$ , e à Terra,  $\Delta$ , é dada pela equação

$$m = m_0 + 5 \log \Delta + 2,5 n \log r$$

em que  $m_0$  e  $n$  são parâmetros que podem assumir valores diferentes nas várias fases da órbita.  $m_0$  é o valor de  $m$  para  $\Delta = r = 1$ UA e  $n$  um expoente que indica a potência inversa da distância heliocêntrica que traduz a variação do brilho. Para grandes distâncias, como aquela a que o cometa de Halley foi descoberto em 1982, e enquanto o cometa está inactivo a relação encontrada foi [3]

$$m = 14,1 + 5 \log \Delta + 5 \log r$$

Isto significa que, estando então o cometa de Halley para além da órbita de Saturno (cerca de onze vezes a distância da Terra ao Sol), a grandeza aparente era de cerca de 24, ou seja, aproximadamente dez milhões de vezes menos brilhante que a menos brilhante das estrelas

visíveis a olho nu. Para as menores distâncias  $m_0$  tem valores mais baixos e, embora  $n$  assumia valores superiores a 2, o cometa pode chegar a ter grandezas de valor muito baixo, sendo possivelmente o menor o valor estimado de  $-3,5$  aquando da aproximação de 10 de Abril de 837, em que o cometa esteve a  $0,033\text{UA}$  da Terra.

Para finalizar esta apresentação sumária de alguns aspectos da física dos cometas resta referir que os raios dos núcleos dos cometas são, em média, de 1 a 5 km e as suas massas específicas da ordem de  $1\text{ g cm}^{-3}$ . Os valores estimados destas grandezas para o cometa de Halley são de 5 km e  $1\text{ g cm}^{-3}$  respectivamente.

Os cometas estão também relacionados com certos fenómenos astronómicos como é o caso dos enxames de meteoróides. Quando o cometa se aproxima do Sol as partículas de poeiras arrancadas do núcleo durante a sublimação dos gelos seguem órbitas semelhantes à do próprio cometa. Se o periélio for  $< 1\text{UA}$  a órbita passa próximo da da Terra na vizinhança do nodo ascendente, ou do descendente ou ainda dos dois. Quando as poeiras passam pela Terra verifica-se um enxame de meteoróides uma ou duas vezes por ano. Exemplos bem conhecidos deste fenómeno são os enxames de  $\eta$  Aquárides em Abril e Oriónides em Outubro que estão associados ao cometa de Halley [4].

Por último, com alguma especulação têm sido também associados os cometas ao aparecimento da vida (ou de certas formas de vida) na Terra, atribuindo-se-lhes um papel de disseminadores através do espaço de formas percursoras ou mesmo formas elementares de vida [5].

### 3. A aparição de 1985/86 [3]

Nas figuras 6 e 7 mostram-se as projecções da órbita do cometa de Halley no plano da eclíptica, calculadas em 1983, portanto já tendo em conta os dados da observação do retorno a partir de Outubro de 1982. As previsões quanto à grandeza para os períodos de antes e após o periélio dão valores mínimos de  $m \sim 4$  (nas situações de observação mais favoráveis), o que significa que as primeiras pre-

visões são desanimadoras quanto à hipótese de uma aparição espectacular do cometa.

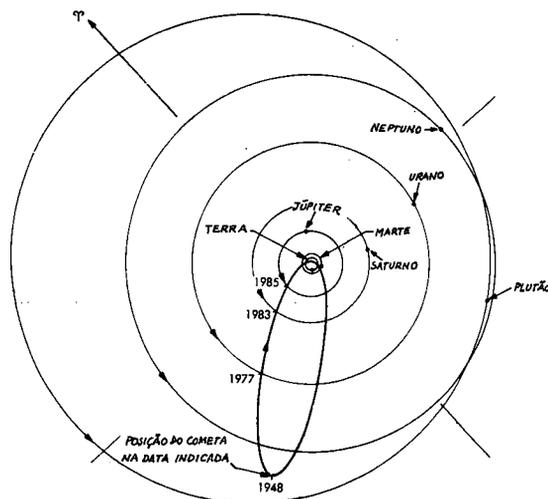


Fig. 6 — Projecção da órbita do cometa de Halley no plano da eclíptica dentro do Sistema Solar, indicando as datas das passagens em diversos pontos da órbita na presente aproximação.

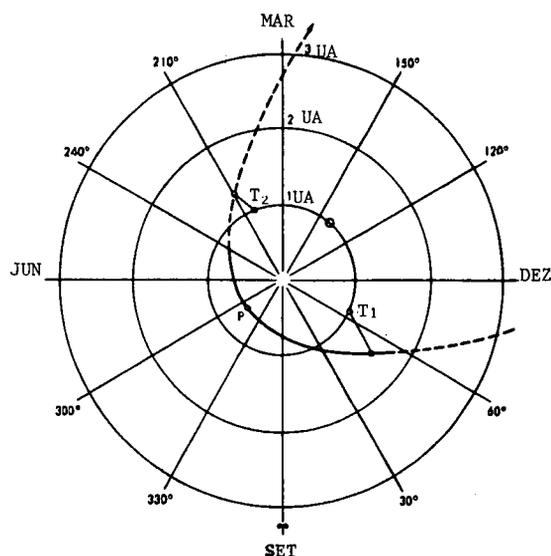


Fig. 7 — Projecção da órbita do cometa de Halley no plano da eclíptica na vizinhança da Terra, relativamente à presente aproximação.

P = Periélio.

T<sub>1</sub> = Posição da Terra na máxima aproximação do cometa no período de pré-periélio (27 de Novembro de 1985).

T<sub>2</sub> = Posição da Terra na máxima aproximação do cometa no pós-periélio (11 de Abril de 1986).

O = Posição da Terra no periélio do cometa (9 de Fev. de 1986).

(É sabido que para um objecto ser visível a olho nu tem de ter uma grandeza  $m < 6$ ). Na figura 8 mostra-se as condições de observação do cometa de Halley em 1986 para observadores localizados a  $40^\circ$  de latitude norte, calculadas em 1983.

Recentemente porém C. S. Morris e J. G. Bortle, dois dos maiores peritos mundiais em cometas, corrigiram os cálculos anteriores da

completamente desenvolvida e a aproximação do cometa à Terra é máxima.

#### 4. O cometa de Halley ao longo da história

##### 4.1. As quatro últimas aparições

Quem previu que este cometa, e de uma maneira genérica os cometas fossem objectos

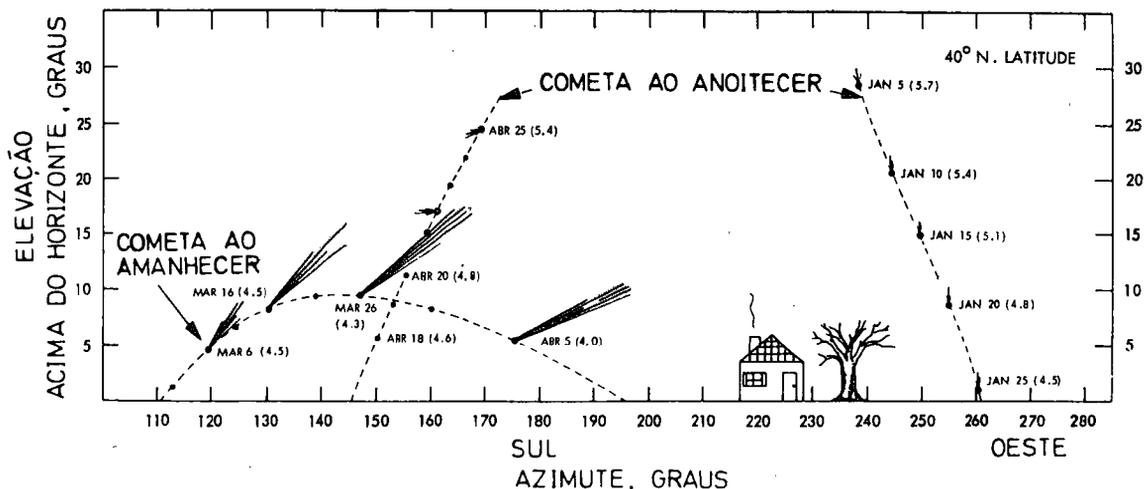


Fig. 8—Condições de observação do cometa de Halley na presente aparição para observadores a  $40^\circ$  de latitude N. Para cada posição e data indicadas apresentam-se entre parêntesis as grandezas totais aproximadas, segundo cálculos de 1983.

grandeza prevista para o cometa que eram baseados nas observações feitas em 1910, em que o cometa passou muito baixo no horizonte e foi observado através de uma camada de ar muito maior do que aquela através da qual eram observadas as estrelas que serviam de referência, não tendo sido feitas correcções para compensar a distorção atmosférica da luz do cometa [6]. Assim as previsões apontam para um brilho cinco a seis vezes superior ao anteriormente calculado, ou seja, uma grandeza que pode atingir o valor 2 (condições de visibilidade semelhantes às da Estrela Polar). Mesmo assim nada de espectacular se prevê, sendo difícil uma boa observação a olho nu em locais urbanos com elevada poluição luminosa. A melhor altura de observação será em Abril de 1986 pois a cauda estará então

astronómicos com órbitas periódicas, foi o astrónomo inglês Edmond Halley que viveu entre 1656 e 1742. Era professor de Geometria da Universidade de Oxford e foi grande amigo de Newton, tendo tido grande influência na publicação das suas obras. Aplicou pela primeira vez *de forma sistemática* a lei da gravitação universal ao cálculo das órbitas «parabólicas» dos cometas e deduziu uma tabela geral dessas órbitas. Este trabalho surgiu no volume 24 (anos de 1704-05) de *Philosophical Transactions*, págs. 1882-1899. Mais tarde, em 1726, uma tradução inglesa daquele original em latim apareceu como anexo ao livro «*The Elements of Physical and Geometrical Astronomy*», de David Gregory.

O trecho que a seguir se transcreve do artigo de Halley dá bem ideia do seu trabalho

e da importância que ele atribui à actividade precursora de Newton: «Esse grande Geómetra que foi o illustre Newton, escrevendo os seus Princípios Matemáticos de Filosofia Natural, demonstrou não apenas que aquilo que Kepler encontrara era necessariamente verificado no

à volta do Sol numa órbita parabólica e descrevia áreas (tomando o Sol como centro) proporcionais aos tempos. Seguidamente (continuando os passos de tão grande Homem) eu tentei aplicar o mesmo Método ao cálculo aritmético; e isso com todo o êxito que eu

( 1886 )

Cometarum Omnium haectenus rite Observatorum ,  
Motuum in Orbe Parabolico Elementa Astronomica.

Cometa Anni.	Nodus Ascend.	Inclin. Orbitae.	Perihelion. in Orbe.	Perihelion in Elliptica	Latitudo Perihelii	Distancia Perihelii à Sole.	Log. dist. Perihelii à Sole.	Temp. aequas. Perihelii Londini.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.			die. h.
1337	II 24. 21. 0	32. 11. 0	♄ 7. 59. 0	♄ 12. 45. 15	22. 40. 30 B	40666	9. 609236	Junii 2. 6. 25
1472	♄ 11. 46. 20	5. 20. 0	♄ 15. 33. 30	♄ 15. 40. 20	4. 25. 50 A	54273	9. 734584	Feb. 28. 22. 23
1531	♄ 19. 25. 0	17. 56. 0	♄ 1. 39. 0	♄ 0. 48. 15	17. 3. 05 B	56700	9. 753583	Aug. 24. 21. 18½
1532	II 20. 27. 0	32. 35. 0	♄ 21. 7. 0	♄ 16. 59. 40	15. 57. 00 B	50910	9. 706803	Oct. 19. 22. 12
1556	♄ 25. 42. 0	32. 6. 30	♄ 8. 50. 0	♄ 11. 0. 00	31. 10. 20 B	46390	9. 666424	Apr. 21. 20. 3
1577	♄ 25. 52. 0	74. 32. 45	♄ 9. 22. 0	♄ 7. 53. 00	69. 35. 20 A	18342	9. 263447	Oct. 26. 18. 45
1580	♄ 18. 57. 20	64. 40. 0	♄ 19. 5. 50	♄ 19. 17. 10	64. 40. 0 B	59628	9. 775450	Nov. 28. 15. 00
1585	♄ 7. 42. 30	6. 4. 0	♄ 8. 51. 0	♄ 8. 59. 10	2. 55. 25 A	109358	0. 038850	Sept. 27. 19. 20
1590	♄ 15. 30. 40	29. 40. 40	♄ 6. 54. 30	♄ 2. 55. 50	22. 45. 50 A	57601	9. 700882	Jan. 29. 3. 45
1596	♄ 12. 12. 30	55. 12. 0	♄ 18. 16. 0	♄ 22. 44. 35	54. 44. 30 B	51293	9. 710058	Julii 31. 19. 55
1607	♄ 20. 21. 0	17. 2. 0	♄ 2. 16. 0	♄ 1. 29. 40	16. 10. 5 B	58680	9. 768490	Oct. 16. 3. 50
1618	II 16. 1. 0	37. 34. 0	♄ 2. 14. 0	♄ 6. 16. 00	35. 50. 0 A	57975	9. 579408	Oct. 29. 12. 23
1652	II 28. 10. 0	79. 28. 0	♄ 28. 18. 40	♄ 10. 41. 35	58. 14. 0 A	84750	9. 928140	Nov. 2. 15. 40
1661	II 22. 30. 30	32. 35. 50	♄ 25. 58. 40	♄ 21. 37. 30	17. 17. 0 B	44851	9. 651772	Jan. 16. 23. 41
1664	II 21. 14. 0	64. 18. 30	♄ 10. 41. 25	♄ 8. 40. 35	16. 1. 50 A	102575½	0. 011044	Nov. 24. 11. 52
1665	III 19. 02. 0	76. 45. 0	♄ 11. 54. 30	♄ 24. 6. 35	23. 8. 0 B	10649	9. 027309	Apr. 24. 5. 15½
1672	♄ 27. 30. 30	83. 22. 10	♄ 10. 59. 30	♄ 9. 26. 00	69. 27. 40 B	69739	9. 843476	Feb. 20. 8. 37
1677	III 26. 49. 10	79. 03. 15	♄ 17. 37. 5	♄ 16. 21. 05	75. 44. 10 B	28052	9. 448072	Apr. 26. 00. 37½
1680	♄ 2. 2. 0	60. 56. 0	♄ 22. 39. 30	♄ 27. 26. 50	8. 11. 10 A	60012½	9. 787106	Dec. 8. 00. 6
1682	♄ 21. 16. 30	17. 56. 0	♄ 2. 52. 45	♄ 2. 0. 30	16. 59. 20 B	58328	9. 765877	Sept. 4. 07. 39
1683	♄ 23. 23. 0	83. 11. 0	♄ 25. 29. 30	♄ 10. 36. 55	82. 52. 00 B	50220	9. 748343	Julii 3. 2. 50
1684	♄ 28. 15. 0	65. 48. 40	♄ 28. 52. 0	♄ 15. 15. 25	26. 35. 20 A	96015	9. 982339	Maii 29. 10. 16
1686	♄ 20. 34. 40	38. 21. 40	♄ 17. 00. 30	♄ 16. 24. 00	31. 17. 35 B	52500	9. 511883	Sept. 6. 14. 33
1698	♄ 27. 44. 15	11. 46. 0	♄ 00. 51. 15	♄ 0. 47. 20	0. 38. 10 A	69129	9. 839660	Oct. 8. 16. 57

Fig. 9 — Tabela contendo as características orbitais de vinte cometas calculadas por Halley. As distâncias do periélio ao Sol vêm dadas em 10<sup>-5</sup> UA.

Sistema Planetário; mas também que todos os fenómenos acerca dos cometas decorreriam naturalmente dos mesmos Princípios; o que ele abundantemente ilustrou com o exemplo do conhecido cometa do ano de 1680, mostrando ao mesmo tempo, um método de delinear as órbitas dos cometas geometricamente; resolvendo (não sem merecer a maior admiração de todos os Homens) um problema, cuja dificuldade o tornava inacessível a qualquer que não ele. Ele provou que este cometa se move

podia desejar. Pois tendo coligido todas as observações de Cometas que pude, eu organizei a tabela seguinte, que é o resultado duma quantidade prodigiosa de cálculos: a qual embora pequena de aspecto, não constitui presente desprezável para os astrónomos. Pois estes números representam tudo quanto tem sido observado até agora sobre o movimento dos cometas, com o auxílio apenas da Tabela Geral anexa; na execução da qual não me poupei a esforços, para que sáisse perfeita,

como uma coisa consagrada à Posteridade e para durar tanto quanto a própria Astronomia».

A pequena tabela referida por Halley, que se mostra na fig. 9, contém as efemérides de 20 cometas relativamente aos quais ele pôde obter dados de observações com carácter científico.

Ao analisar a tabela, Halley notou algumas semelhanças entre certos cometas. Em particular notou que os cometas de 1531, 1607 e 1682 possuíam elementos orbitais muito semelhantes e que a separação entre as datas dos respectivos periélios era aproximadamente constante — 76 e 75 anos. Esta constatação levou Halley a pôr a hipótese de que, em vez de terem movimentos parabólicos, «é altamente provável que eles se movam em órbitas elípticas muito excêntricas, ocorrendo o seu retorno após longos períodos de tempo».

Posta esta hipótese, que aliás era aplicada também a outros cometas da tabela, Halley concluiu que «nada parece contradizer esta minha opinião, além da desigualdade das revoluções periódicas. A qual desigualdade não é tão grande que não possa dever-se a causas físicas. Pois o movimento de Saturno é tão perturbado pelos restantes planetas, especialmente Júpiter, que o período desse planeta tem uma incerteza de alguns dias. Quanto mais portanto estará um cometa sujeito a tais erros, pois ele sobe quase quatro vezes mais alto que Saturno, e a sua velocidade, embora devido a um aumento muito pequeno, seria suficiente para mudar a sua órbita de elíptica para parabólica».

Mais adiante diz Halley: «Portanto eu penso e posso atrever-me a predizer que ele (o cometa de 1682) voltará novamente no ano de 1758».

Halley não viveu para conhecer a confirmação da sua hipótese. Em fins de 1758 o cometa retornou coroando de êxito as previsões de Halley, que deu um primeiro grande contributo para o estudo dos cometas, justificando a designação do cometa com o seu nome.

A observação de 1758/59 foi feita por numerosos astrónomos entre os quais os fran-

ceses Clairaut, Lalande e Charles Messier, a quem Luís XV chamava o «furet des comètes» (furão dos cometas) e que foi grande amigo do físico português João Jacinto de Magalhães.

Messier fez uma série de observações cuidadosas no inverno de 1758/59 e na primavera de 1759 após ter pesquisado os céus durante dois anos no Observatório da Marinha de Paris [7].

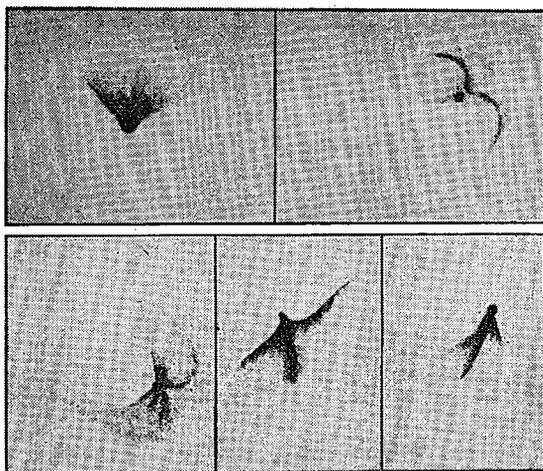


Fig. 10 — Diferentes aspectos do cometa de Halley no período de 11 a 23 de Outubro de 1835, segundo desenhos de Schwabe.

Em 1817 a Academia de Ciências de Turim ofereceu um prémio internacional para o melhor ensaio sobre as perturbações sofridas pelo cometa de Halley desde 1759. O prémio foi atribuído em 1820 a Damoiseau que, tomando em linha de conta as perturbações dos planetas, incluindo a Terra e Urano (planeta cuja existência não era conhecida dos astrónomos em 1759), estabeleceu a passagem no periélio em 4 de Novembro de 1835. Cálculos mais completos feitos por Pontécoulant fixaram a previsão do periélio para 12 de Novembro. O cometa atingiu o seu periélio em 15 de Novembro e foi no período ante-periélio que passou mais próximo da Terra. Adquiriu aspectos curiosos e variados (vd. Fig. 10) mas a sua grandeza aparente não ultrapassou talvez

o grau 2 [8], [9]. Na Fig. 11 reproduz-se uma gravura existente na Biblioteca Nacional de Paris anunciando a chegada do cometa em 1835.

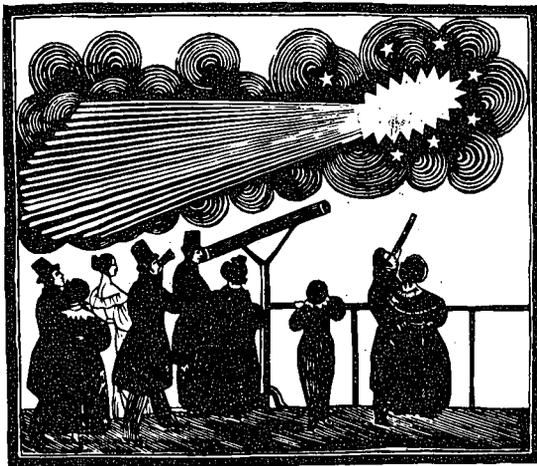
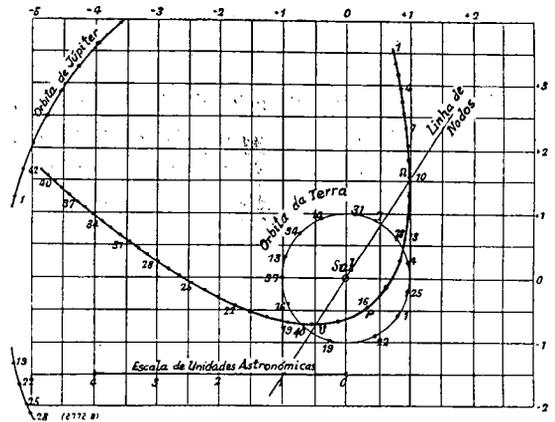


Fig. 11 — Gravura francesa anunciando a aparição do cometa de Halley em 1835.

As previsões para o retorno de 1910 foram também objecto de um prémio estabelecido pela Astronomische Gesellschaft. O prémio foi ganho pelos ingleses Cowell e Crommelin que previram o periélio para 16,6 de Abril de 1910. Depois da descoberta do cometa em Setembro de 1909, calculou-se que o periélio ocorreria a 19,68 de Abril de 1910, apenas três dias depois do previsto por Cowell e Crommelin. A aparição de 1910 foi rodeada de alguma espectacularidade pois se receou que o cometa viesse a colidir com a Terra. Por outro lado a recente descoberta, por espectroscopia, de cianeto na emissão do cometa causou grande pânico pois parecia certo que a Terra viria a passar pela sua cauda, no nodo descendente. As posições do cometa e da Terra na sua última passagem estão representadas na Fig. 12, onde se constata que a cerca de 20 de Maio de 1910 a aproximação do cometa relativamente à Terra foi de facto extraordinária ( $\sim 3 \times 10^7$  km). O cometa atingiu a grandeza um, a sua cauda chegou, segundo vários observadores, a um comprimento sem

precedentes de  $140^\circ$  e a sua cabeça era mais brilhante do que qualquer outro objecto celeste, excluindo Venus [10].



Date.	$z$
1 = 1909, Aug. 22.7 = - 240 days	- .46
4 = " Oct. 9.7 = - 192 "	- .32
7 = " Nov. 26.7 = - 144 "	- .17
10 = 1910, Jan. 13.7 = - 96 "	- .02
13 = " Mar. 2.7 = - 48 "	+ .13
16 = " Apr. 19.7 = 0 "	+ .17
19 = " June 6.7 = + 48 "	- .12
22 = " July 24.7 = + 96 "	- .39
25 = " Sept. 10.7 = + 144 "	- .62
28 = " Oct. 28.7 = + 192 "	- .83
31 = " Dec. 15.7 = + 240 "	- 1.01
34 = 1911, Feb. 1.7 = + 288 "	- 1.18
37 = " Mar. 21.7 = + 336 "	- 1.34
40 = " May 8.7 = + 384 "	- 1.49
42 = " June 9.7 = + 416 "	- 1.59

Fig. 12 — Posições sucessivas do cometa de Halley e da Terra na última passagem entre 22 de Agosto de 1909 e 9 de Junho de 1911.

Cientificamente sabia-se que o cometa não chocaria com a Terra e o cianeto da cauda, de tão rarefeito não causaria quaisquer problemas. No entanto o público encheu-se de grande pânico que foi explorado comercialmente pelos vendedores das «pílulas do cometa» que garantiam protecção contra os gases venenosos esperados.

Apesar do razoável nível científico de conhecimentos da época as superstições do grande público foram exploradas com fins comerciais para criar impacto emocional dando explicações ingénuas a factos que não constituíam mais do que meras coincidências. O nascimento do escritor americano Mark Twain a 30 de Novembro de 1835 (duas semanas após o periélio) e a sua morte a 21 de Abril de 1910 (uma dia após a passagem pelo periélio seguinte), bem como a morte do rei Eduardo VII de Inglaterra (ocorrida a 6 de Maio de 1910) após a qual observadores das Bermudas noticiam «um comportamento estranho» do cometa, são apenas dois dos inúmeros exemplos atribuídos às influências sobrenaturais do cometa.

Uma circunstância interessante da passagem do cometa em 1910 foi a ocorrência rara de um trânsito, isto é, o cometa passou entre a Terra e o Sol, o que probabilisticamente só se observa em uma de cada 650 passagens. Tanto quanto foi possível observar com os instrumentos da época o cometa era perfeitamente invisível no disco solar.

Crommelin em 1912 calculou a data do periélio seguinte para fins de Fevereiro de 1986, um erro de cerca de vinte dias num período sideral de 27 690 dias.

#### 4.2. As aparições antigas

As modernas capacidades de cálculo permitiram aos astrónomos determinar retrospectivamente os elementos das órbitas anteriores, ao mesmo tempo que se procuraram registos históricos dessas aparições. É hoje certo que há registos das vinte e nove passagens anteriores do cometa de Halley, a partir da que ocorreu no ano de 240 a.C., com alguma dúvida apenas na aparição de 163 a.C. (Tabela 1).

A maior parte dos registos correspondem a crónicas e documentos chineses, particularmente até ao século XVI, não sendo os registos europeus tão fiáveis nem cientificamente nem descritivamente. Referiremos apenas alguns dos registos antigos mais interessantes no Ocidente.

TABELA 1 — Anteriores passagens do cometa de Halley no seu periélio [11]

30 de Março . . . . .	239 a.C.
5 de Outubro . . . . .	163 »
2 de Agosto . . . . .	89 »
5 de Outubro . . . . .	11 »
26 de Janeiro . . . . .	66 d.C.
20 de Março . . . . .	141 »
17 de Maio . . . . .	218 »
20 de Abril . . . . .	295 »
16 de Fevereiro . . . . .	374 »
24 de Junho . . . . .	451 »
25 de Setembro . . . . .	530 »
13 de Março . . . . .	607 »
28 de Setembro . . . . .	684 »
22 de Maio . . . . .	760 »
27 de Fevereiro . . . . .	837 »
9 de Julho . . . . .	912 »
9 de Setembro . . . . .	989 »
23 de Março . . . . .	1066 »
22 de Abril . . . . .	1145 »
1 de Outubro . . . . .	1222 »
23 de Outubro . . . . .	1301 »
9 de Novembro . . . . .	1378 »
9 de Junho . . . . .	1456 »
25 de Agosto . . . . .	1531 »
27 de Outubro . . . . .	1607 »
15 de Setembro . . . . .	1682 »
13 de Março . . . . .	1759 »
16 de Novembro . . . . .	1835 »
20 de Abril . . . . .	1910 »

Estas datas são aproximadas e têm variado conforme o rigor dos cálculos efectuados.

A passagem do cometa no ano de 1066 ficou registada na famosa tapeçaria de Bayeux, que o bispo desta cidade da Normandia mandou tecer para ilustrar a conquista de Inglaterra pelos normandos chefiados por Guilherme, o

Conquistador. A tapeçaria tem aproximadamente setenta metros de comprimento por cerca de cinquenta centímetros de largura e contém ao longo do seu comprimento um grande

interior da capela, paredes e tectos, é coberto de frescos de Giotto ilustrando a vida de Cristo. Um dos trinta e oito frescos é a «Adoração dos Magos» que se pensa ser



Fig. 13 — Peça da tapeçaria de Bayeux com a cena em que é figurado o cometa de Halley. A fotografia foi extraída de um folheto da Agência Espacial Europeia sobre a Missão Giotto desta Agência em que um satélite de observação do cometa será lançado em 10 de Julho de 1985 para passar a 1000 km do núcleo do cometa em 13 de Março de 1986.

número de cenas alusivas. Uma das cenas é reproduzida na figura 13, vendo-se à esquerda um grupo de saxões a mirar um cometa, com a legenda *ISTI MIRANT STELLA* (eles estão a admirar a estrela), enquanto do lado direito um outro saxão avisa o rei Harold II do acontecimento. O rei toma o facto como um mau presságio e sonha, como está representado na parte inferior, com os preparativos de uma invasão por mar que se avizinha. A invasão deu-se e conduziu à derrota dos exércitos saxónicos na batalha de Hastings em 1066.

Uma outra descrição pictórica de grande beleza, da passagem do cometa no ano de 1301, é a que o florentino Giotto di Bondone pintou na capela de Arena em Pádua. Esta capela foi mandada erigir por Enrico Scrovegni, um rico comerciante de Pádua, como voto de expiação das suas práticas usurárias. Todo o

datado de 1303 ou 1304 (Fig. 14). Ao pintar a estrela de Belém, Giotto rejeita quer as estritas regras do simbolismo astrológico quer o convencionalismo medieval e pinta o cometa tal como o vira uns anos antes iluminando o céu de Itália. Dos cometas que na época tiveram aparições espectaculares o de Halley foi o único que Giotto poderia ter visto e por isso se conclui que no fresco ele retratou o cometa dentro do espírito naturalista que sempre quis dar à sua pintura e muito contribuiu para a renovação do estilo na sua época [11].

## 5. Conclusão

A próxima aparição do cometa de Halley já começou a ser observada, embora só venha a ser visível a olho nu, ou com binóculos ou

telescópios simples, no final de 1985 ou princípios de 1986. As características da presente órbita e as condições de observação do cometa já foram calculadas, sendo ainda de esperar refinamentos de cálculos que conduzam a previsões mais exactas.



Fig. 14 — «A Adoração dos Magos», de Giotto. Neste fresco, existente na Capela de Arena, em Pádua, o pintor representa a estrela de Belém como o cometa de Halley, que ele viu em 1301.

No passado foram registadas as vinte e nove sucessivas aparições do cometa desde o ano 240 a.C. Pelo seu interesse científico na astronomia dos cometas é feita referência especial à aparição de 1682 que foi estudada por Halley e às de 1759, 1835 e 1910. Por razões de ordem histórica e artística referem-se também as observações de 1066 e de 1301 registadas em obras de valor da cultural ocidental.

Infelizmente não foi possível obter registos de observações do cometa de Halley feitas em Portugal, embora não seja de pôr de parte a hipótese de tais registos existirem relativamente às últimas aparições [12].

## 6. Agradecimentos

À bibliotecária da Royal Society, ao Director do Observatório Astronómico de Lisboa

e ao Director da Biblioteca da Fundação Calouste Gulbenkian são devidos agradecimentos pelas informações ou elementos que me facultaram.

## REFERÊNCIAS

- [1] «Halley's Comet returns». *New Scientist*, **96**, 215 (1982).
- [2] J. A. FERNANDEZ, K. JOCKERS — «Nature and origin of comets». *Rep. Progr. Phys.*, **46**, 665-772 (1983). Este artigo constitui uma excelente revisão sobre a física dos cometas.
- [3] DONALD K. YEOMANS — «The Comet Halley Handbook, an observer's guide» created for the International Halley Watch [Pasadena, Calif., National Aeronautics and Space Administration, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology] 2nd edition, 1983.
- [4] «Dados Astronómicos para os Almanques de 1984 para Portugal» Observatório Astronómico de Lisboa, 1984.
- [5] F. HOYLE, C. WICKRAMASINGHE — «Evolution from Space» Granada Publ. Ltd, London (1981).
- [6] «A brighter Halley is now predicted» *Halley's Comet Watch Newsletter*, 3, n.º 2, págs. 1-2 (1984).
- [7] CH. MESSIER — «A Memoir, Containing the History of the Return of the famous Comet of 1682, with observations of the same made at Paris, at the Marine Observatory, in January, February, March, April, May and the Beginning of June, 1759» *Phil. Trans.*, **55**, 294-325 (1765).
- [8] JEAN MASCART — «La Comète de Halley» Ed. Société Astronomique de Bordeaux, Paris e Bordeaux, 1910.
- [9] Sir JOHN F. W. HERSCHEL — «Observations of Halley's Comet, with Remarks on its Physical Condition, and that of Comets in General» From «Results of Astronomical Observations... at the Cape of Good Hope», London, 1847.
- [10] A. C. D. CROMMELIN, D. SMART — «Report of the section for the observation of comets. Halley's Comet» *Memoirs of the British Astronomical Association*, **19**, 1-40 (1912).
- [11] R. J. M. OLSON — «Giotto's Portrait of Halley's Comet» *Scientific American*, **240**, 160-170 (1979).
- [12] Informação prestada pelo Dr. Ezequiel Cabrita, Director do Observatório Astronómico de Lisboa, a quem são devidos agradecimentos pela pesquisa que efectuou sobre o assunto.