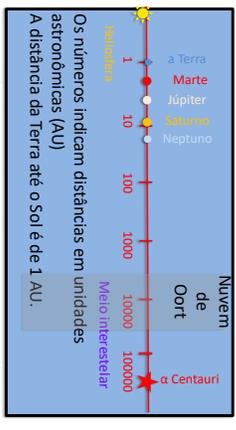


Grażyna Stasińska  
Observatório de Paris



### O Universo no meu bolso

Distâncias até o Sol das planetas, da Nuvem de Oort e da estrela mais próxima,  $\alpha$  Centauri.



Os números indicam distâncias em unidades astronômicas (AU). A distância da Terra até o Sol é de 1 AU.



O módulo Philae em 2014, depois de ser solto no cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko pela sonda Rosetta após uma viagem de 10 anos (Crédito: ESA).



Legenda no verso

### Os cometas inspiraram muitos pintores e poetas



### Cometas, a memória do Sol

Em 1982, Mayo Greenberg propôs que os cometas são agregados de poeira interestelar que não foram incorporados aos planetas quando eles se formaram. Os cometas permaneceram nas regiões mais remotas e frias do sistema solar e, portanto, teriam retido a composição química da nuvem molecular na qual o Sol foi formado. A composição química do gelo cometário pode ser revelada pela análise espectroscópica dos cometas (ver [túmp 2](#)) ou pela análise direta (ver [página oposta](#)). **Água e muitas moléculas carbonáticas**, como monóxido e dióxido de carbono, metano, álcool metílico, formaldeído, etc., são encontradas em cometas. Essas moléculas também são encontradas nas nuvens do meio interestelar, sugerindo que a hipótese de Greenberg estava correta.

### Cometas e vida

Metade da massa dos cometas é composta de moléculas "orgânicas". Elas são moléculas contendo carbono e hidrogênio, e são encontradas em organismos vivos. Se elas encontram um ambiente favorável, como a água, podem dar origem a células vivas. A hipótese de que a vida na Terra veio de outros lugares - panspermia - tem sido apresentada por alguns pensadores por mais de 2000 anos. Com as descobertas da composição química de cometas e asteróides, e experimentos sobre a força das moléculas orgânicas e sua capacidade de formar compostos complexos, esta idéia está sendo levada a sério pelos cientistas. As "sementes" da vida poderiam estar se espalhando no espaço, transportadas pela poeira, asteróides e cometas.



Representação artística do impacto de um cometa por Ben Crowder.



As pesquisas atuais apontam para duas fontes possíveis para a origem das "moléculas da vida" na Terra: uma fonte extraterrestre (cometas e condritos carbonáticos) ou uma fonte terrestre (o fundo do oceano). O debate não é claro e é possível que ambas as fontes tenham contribuído com essas moléculas orgânicas.



Cometa Halley sobre Londres em 1759. Pintura de Samuel Scott.



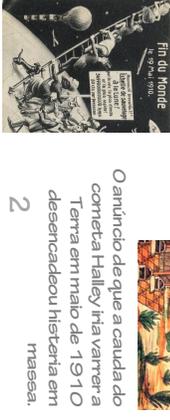
O cometa Halley em 1531. Crédito: Coleção Grupo Museu da Ciência



O cometa Halley em 1066 na Tapeçaria Bayeux (século XI). No mesmo ano, os normandos derrotaram os ingleses na Batalha de Hastings.

### De onde vêm os cometas?

Em 1705, o astrônomo inglês Edmond Halley formulou a hipótese de que o cometa de 1682 era o mesmo que visto em 1531 e 1607. A teoria da gravitação desenvolvida por seu amigo Isaac Newton (ver [túmp 2](#)) tornou possível explicar o reaparecimento do cometa e também calcular quando ocorreria a próxima aparição. Halley fez os cálculos e descobriu que seria em 1758. O cometa apareceu em 1759, e recebeu o nome de Halley. Foi um grande sucesso para a teoria da gravitação. Halley também suspeitava que os cometas vinham de um "reservatório de cometas". Em 1950, Jan Oort mostrou que este reservatório está localizado a cem mil U.A. (ver [túmp 15](#)) do Sol e provavelmente contém trilhões de cometas. Este reservatório é chamado de "Nuvem de Oort".



Mocetzuma olhando para o cometa de 15319 pouco antes do fim do Império asteca. Duran Codex, 1581

2



O anúncio de que a cauda do cometa Halley, há vintem e Terra em maio de 1910 desencadeou história em massa.



O cometa de 1401 precedeu uma grande praga na Alemanha. Imagem do Livro dos Milagres (1552)



data do século VIII AC e contém descrições de 29 cometas que apareceram durante um período de vários séculos.

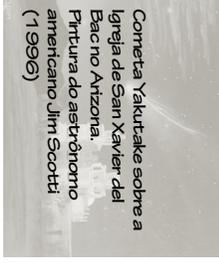


Símbolo do cometa gravado em pedra há cerca de 3000 anos. Valcamonica, Itália.

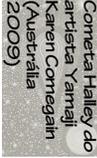
O Livro de Seda de Mawangdui



Cometas. Pastel de Maria Clara Elmhart, astrônoma alemã (ca. 1700)



Cometa Yakutake sobre a Igreja de San Xavier del Bac no Arizona. Pintura do astrônomo americano Jim Scott (1996)



Cometa Halley do artista Yamaji Karen Comegain (Austriália 2009)

No espaço flutuam os planetas e aquecem os cometas. Poema (Eve, 11 anos (França))



Vern: cometa estilizado no livro de cometas (Flandras, 1587)



Pintura do pintor anglo-americano Peter W. Rogers (2017)

## A estrutura dos cometas

Hoje, a natureza dos cometas é bem compreendida. Eles consistem de um **núcleo** sólido de tamanho de alguns quilômetros. Este núcleo é formado por gelo e rocha (gelo sujo, como dizia o astrônomo Fred Whipple).

A medida que se aproximam do Sol, os cometas se tornam mais brilhantes; os gases evaporam e produzem uma atmosfera difusa: **coma**, que pode ter mais de um milhão de km de diâmetro. Ainda mais perto do Sol, a pressão da radiação solar e o vento solar tornam-se apreciáveis. Aparece uma **cauda** de gás e poeira. Essa cauda não segue a trajetória do cometa - ao contrário do caso de um cometa balão (*ver ao lado*). A poeira responde à pressão da radiação, mas o gás é afetado pelo campo magnético do vento solar, de modo que as duas caudas são distintas.

7

Os oceanos cobrem 71% da superfície da Terra e contêm  $1,4 \times 10^{19}$  toneladas de água. Um cometa de 5 km de diâmetro tem uma massa de  $5 \times 10^{11}$  toneladas. Supondo um intervalo de tempo de um bilhão de anos, teriam sido necessários 3 impactos por milênio para preenchê-los.



O grande Cêberna Islândia Cometas chocando-se com a Terra jovem (visão artística)



A ideia de que toda a água dos oceanos foi trazida por cometas ou asteroides não é compartilhada por todos os cientistas. Por exemplo, alguns acreditam que ela veio de gêsiseres, semelhantes aos que vemos hoje, que extrairam água do interior da Terra.

10

## Terra, água e cometas

Quando a Terra foi formada, sua temperatura aumentou tanto a água evaporou e escapou para o espaço. Mas de onde vem a água dos oceanos?

Por mais de trinta anos, trabalhos têm sugerido que a água foi trazida por cometas que atingiram a Terra. Entretanto, a análise dos cometas mostrou que a água que eles contêm não é idêntica à água dos oceanos: ela é mais rica em deutério. Além disso, embora os primeiros cálculos tenham previsto um número suficiente de impactos cometários, trabalhos recentes contradizem isto. Os conditos carbonáticos do cinturão de asteroides entre Marte e Júpiter parecem ser melhores candidatos. Em 2011 foi descoberto que a água do cometa Hartley 2 se assemelha à dos oceanos. Pensa-se agora que uma combinação das duas fontes estava envolvida. Mas há também outras hipóteses.

11



Tradução: Natália Vale Aeari TUIJMP Creative Commons

Para saber mais sobre esta coleção e os temas apresentados neste livrinho, você pode visitar <http://www.tuijmp.org>.

Imagem da capa: Cometa Bennett, 1970. Crédito: Akira Fujii/DavidMalin.com.

Este livrinho foi escrito em 2021 por Grakzyna Stasińska e revisado por Dominique Bockelée-Morvan (ambas do Observatório de Paris).

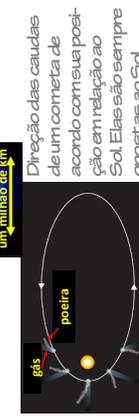
## O Universo no meu bolso nº 22

3

Vendo os cometas no céu Desde os tempos remotos, as pessoas eram cativadas pelo aparecimento de estrelas incógnitas, nebulosas frágeis com cabelos loiros, tão diferentes dos pontos de luz que são as estrelas ou os planetas. Ao contrário das estrelas, que têm posições relativas inutáveis, e dos planetas, cuja reaparição no céu é regular, o aparecimento de cometas era completamente inesperado - até o século XVII, como veremos. Seria por isso que os cometas em algumas culturas eram associados a divindades malignas ou maus presságios? O aparecimento de cometas no céu era frequentemente seguido por uma chuva de meteoros, o que aumentava o seu caráter assustador. Mesmo no século XX, a aproximação de cometas causou temores irracionais.



O núcleo do cometa 67P/Churumov-Guerasimeiko fotografado pela sonda Rosetta em setembro de 2014.



Cometa Hale-Bopp em 1997 com sua cauda azul de plasma e sua cauda branca de poeira. (Foto tirada por um astrônomo amador)

6