

Eclipses ao longo dos Séculos

Norma Teresinha Oliveira Reis

(normareis@mec.gov.br)

Ministério da Educação – MEC, Universidade Internacional do Espaço – ISU,
Estagiária no Centro de Vão Espacial NASA Goddard, Verão de 2008

1. Introdução

“Até onde sabemos, o Sol é a única estrela comprovadamente capaz de cultivar plantas.”

- Philip Scherrer¹

O Sol e a Lua são os corpos celestes mais próximos da realidade humana na Terra. Apesar de os povos, desde os primórdios da História, serem curiosos a respeito das estrelas e do Universo como um todo, o Sol e a Lua têm sido os principais atores em nosso magnífico teatro celestial. Por estarem diretamente relacionados a questões cotidianas como o ciclo dia/noite e as estações do ano, eles influenciam atividades econômicas vitais, como a agricultura.

Crucial para todos nós, o Sol é a estrela mais próxima da Terra e nossa principal fonte de calor, luz e energia. Você poderia imaginar a vida na Terra sem o Sol?

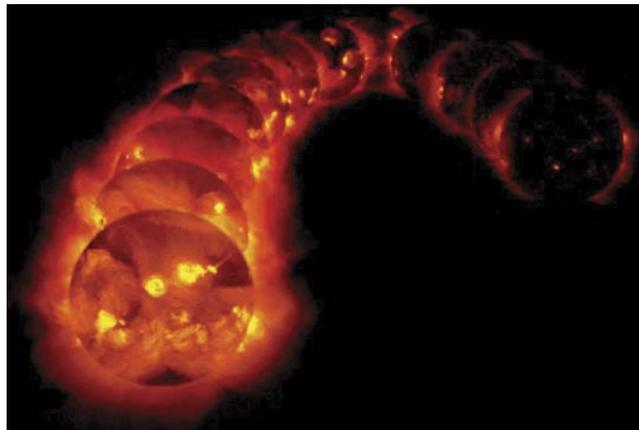


Fig. 1 – O Sol Mutante. Essas 13 imagens em raio-x, obtidas pela sonda espacial Yohkoh, entre 1991 e 1995, fornece uma visão espetacular do Sol, destacando a forma como a corona solar muda durante o ciclo solar – período que dura aproximadamente 11 anos, no qual o Sol passa de um estado “ativo” (esquerda) para um estado mais passivo (direita). Fonte: NASA.



Fig. 2 – Eclipse lunar em Atenas (Grécia), janeiro de 2001. Técnica de múltipla exposição mostra um eclipse lunar, no qual a Lua, durante a fase de totalidade, assume uma intensa coloração vermelha. Crédito: ©2002, Fred Espenak.

As antigas civilizações eram altamente dependentes do Sol. Para aqueles povos, o Sol era essencial para estimar a hora do dia. Para essa finalidade, os astrônomos Caldeus desenvolveram o *gnomon* (vareta ereta perpendicularmente ao horizonte), utilizada para indicar as horas, por meio de sua sombra projetada no solo. Povos antigos também estudavam os ciclos do Sol para saber a época adequada para realizar plantações, preparar-se para o inverno, bem como planejar cerimônias relacionadas a mudanças de estação. Você sabe quando as estações estão prestes a mudar?

Nos primórdios da humanidade, as pessoas costumavam rezear eclipses do Sol e da Lua. Com efeito, nós humanos, por vezes, tememos o desconhecido e qualquer coisa que não sejamos capazes de compreender e prever. Imagine uma nave espacial pousando em seu quintal com criaturas de outro mundo – seria bastante assustador! Se

não tivéssemos conhecimento prévio acerca do desaparecimento do Sol em plena luz do dia durante um eclipse solar (resultando da temporária passagem da Lua entre a Terra e nossa estrela), temeríamos que a luz do Sol tivesse sido extinta e que aquela escuridão pudesse durar para sempre.

Eclipses são fenômenos astronômicos de beleza indescritível que têm despertado curiosidade, paixão, medo e outros sentimentos intensos ao longo dos séculos. Nesse artigo, aprenderemos mais sobre eclipses solares e lunares, bem como sua influência nas sociedades antiga e contemporânea.

Antes de discutir mais os eclipses, vamos entender melhor os significados objetivos e subjetivos do Sol para os povos antigos. Civilizações antigas temiam tanto o desaparecimento do Sol, sobretudo porque ele influenciava a economia. Com efeito, aquelas sociedades agrícolas dependiam da luz e calor do Sol para existir. Ademais, deve ter sido intrigante para as primeiras

civilizações ser subitamente privadas da luz do Sol em pleno dia. Elas devem ter questionado, “Será o fim do mundo?” “Estão os deuses descontentes com nosso comportamento?” A imaginação humana é muito criativa ao preencher lacunas de entendimento.

Embora o Sol fosse considerado um deus poderoso e um herói cósmico, ele

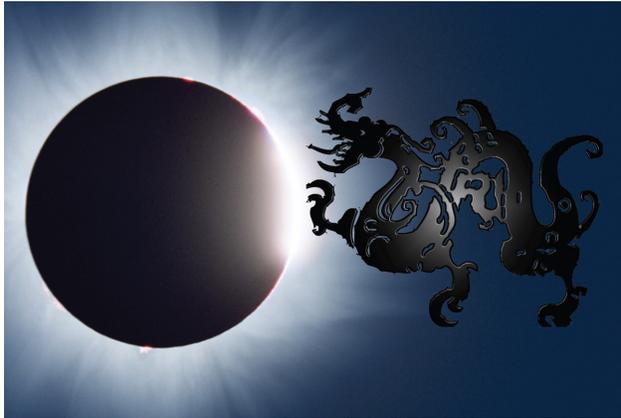


Fig. 3 – O dragão invisível. Povos na China antiga e em culturas do Sudeste Asiático acreditavam que um dragão engolia o Sol durante eclipses solares. Fonte: NASA.

também tinha inimigos a combater. Por vezes, demônios da escuridão obscureciam-no e as pessoas imaginavam que seu deus não mais retornaria.² Igualmente, quando um eclipse lunar ocorria, a forma como a Lua era ocultada em uma vasta área de sombra, e a maneira com que sua cor transmutava para um vermelho sangue, inequivocamente indicariam alguma perturbação na ordem cósmica. Assim, não seria exagero imaginar que aquilo seria um sinal de fúria divina, ou a ação de algum

poder demoníaco.³ Por isso, surgiram numerosos mitos associados a eclipses.

Conforme mencionado, eclipses solares acontecem quando a Lua passa na frente do Sol, ocultando-o total ou parcialmente. Essa configuração somente ocorre na fase de lua nova, ou *conjunção* – isto é, quando a Lua se encontra entre o Sol e a Terra. Além disso, é necessário que o Sol, a Lua e a Terra estejam no mesmo plano. Considerando que a órbita da Lua é inclinada 5 graus em relação ao plano orbital da Terra, essa configuração não se dá todo mês.

Não sabemos, ao certo, desde quando a humanidade tem observado eclipses. Sequências de marcas gravadas em ossos de animais datando de aproximadamente 30 mil anos sugerem as fases da Lua, de um ciclo a outro.⁴

Apesar de os eclipses serem bem compreendidos atualmente, o ilusório desaparecimento do Sol e da Lua foi atribuído a diversas causas ao longo dos séculos.

Os antigos chineses, por exemplo, acreditavam que havia um temível dragão invisível no céu. Zangada com eles, a besta devorava o Sol ou a Lua. Quando

isso acontecia, eles seguiam diversos rituais para espantar o dragão e resgatar a luz solar ou lunar.

Uma antiga tradição chinesa consistia em bater tambores e potes, fazendo um tremendo barulho para espantar o dragão. Mesmo recentemente, no século dezenove, a marinha chinesa disparou tiros de canhão durante um eclipse lunar para assustar o dragão que devorava a Lua!

No antigo oriente, o dragão simbolizava os quatro elementos da natureza: terra, ar, fogo, e água. Eles eram geralmente associados às forças da escuridão e a uma serpente que habitava a terra e representava o mal.⁵ A idéia de uma besta ou animal feroz tentando engolir o Sol era comum a diversas civilizações. A batalha entre os poderes da luz e da escuridão, ou o apetite voraz de bestas místicas embasa várias explicações de eclipses.

Nesse artigo, iremos aprender conceitos básicos sobre o mecanismo dos eclipses e descobrir histórias interessantes sobre esses fenômenos astronômicos inspiradores que mudaram tantas vezes o curso da história, impulsionaram o desenvolvimento da ciência e que continuam ainda hoje fascinando pessoas de todas as idades, nacionalidades e culturas ao redor do mundo.



Fig. 4 – Eclipse conjugal. Alguns povos tinham uma visão romântica dos eclipses: o Sol e a Lua são amantes que, quando se abraçam, apagam as luzes do céu para assegurar sua intimidade. Fonte: © Biblioteca nacional da França (BnF), foto Jean-Loup Charmet.

2. Algumas Lendas de Eclipses

Os eclipses não causavam medo a todas as civilizações antigas. Os esquimós, por exemplo, interpretavam tais fenômenos como sinais de boa sorte. O Sol e a Lua abandonavam temporariamente seus lugares naturais no céu para assegurarem-se de que tudo estava bem na Terra. Algumas lendas de eclipses são histórias de amor e muitas outras refletem crenças locais, conforme se segue:

a) Na maioria das culturas aborígenes, acreditava-se que a Lua e o Sol eram marido e mulher respectivamente, puxando as cortinas do céu para assegurar privacidade à sua união.

- b) Os atenienses, na Grécia antiga, acreditavam que os eclipses (solares ou lunares) eram causados por deuses furiosos; logo, eram considerados mau presságio.
- c) Os maias, na América Central, acreditavam que, durante os eclipses lunares, um jaguar gigante devorava a Lua. Ele se movia pela escuridão e sua pele se assemelhava a um céu estrelado.
- d) No Japão, poços eram fechados para evitar que a água fosse contaminada pelo suposto veneno que vinha dos céus, proveniente do eclipse.⁶
- e) Na Escandinávia, acreditava-se que dois lobos chamados *Skoll* e *Hat* aterrorizavam o Sol e a Lua.
- f) Na Índia, um monstro chamado *Rahu* teria a cabeça de um dragão e a cauda de um cometa. Ele dirigiria uma carruagem puxada por oito cavalos pretos que representavam o céu.
- g) Os Astecas acreditavam que *Tzitzimine*, estrelas-demônio, causavam eclipses quando combatiam o Sol.
- h) Na Bolívia, acreditava-se que cachorros corriam atrás do Sol e da Lua e mordiam-nos. Era o sangue da Lua que a deixava avermelhada. A população gritava e gemia para espantar os cães.⁷

O fato é que a humanidade nunca foi indiferente aos eclipses. No decorrer da história, eles têm sido apontados como afetando ou mesmo determinando eventos históricos importantes. Queda e ascensão de impérios, reis coroados ou destronados, vitórias ou derrotas de tropas em batalhas, eram supostamente resultantes de alinhamentos aleatórios do Sol, Terra e Lua.

3. Eclipses e o Progresso da Ciência

Do ponto de vista científico, os eclipses têm, freqüentemente, aberto portas a importantes conhecimentos. Na Idade Antiga, os eclipses lunares foram uma prova da esfericidade da Terra. Eles constituíram elementos fundamentais aos debates de Pitágoras, Aristóteles e outros filósofos gregos. Assim, se temos um eclipse lunar ocasionado pela sombra da Terra projetada sobre a superfície de nosso satélite, a forma daquela sombra deve representar o formato do planeta.⁸

Por exemplo, Aristarco (310–230 BCE) utilizou eclipses para estimar os tamanhos relativos da Terra e da Lua pela curvatura do disco lunar e pela curvatura da sombra da Terra nele projetada, estando o Sol, a Terra e a Lua alinhados nessa seqüência. Ele

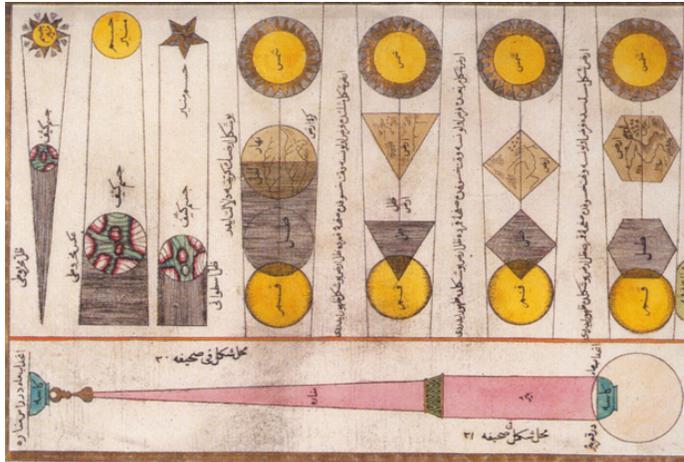


Fig. 5 - Argumento geométrico de Aristóteles. Presente em diversos textos antigos de Astronomia, incluindo *Cosmographia*, por Petrus Apianus e Gemma Frisius (1581) e a obra de Mustapha Ibn Abdullah, *Livro da Descrição do Mundo* (1732). Fonte: Bibliothèque nationale de France (BnF).

também estimou a distância da Terra a Lua e ao Sol, bem como o tamanho do último. Ele demonstrou ainda que o Sol se encontrava mais distante que a Lua e era maior que a Terra.⁹

Por volta do final do século dezenove, os astrônomos perceberam que a corona¹⁰ era essencial para a compreensão de diversos fenômenos solares, talvez até mesmo as misteriosas auroras. Em 1930, Bernard Lyot (1897-1952 CE) inventou o coronógrafo, um instrumento que permitia que os raros eclipses totais do Sol fossem reproduzidos, escolhendo-se um horário e um local.¹¹

De acordo com Mitchell (1869), eclipses solares, em certas épocas o terror do ignorante e objeto de estudo dos astrônomos somente, tornaram-se especialidades também do químico, do físico e do fotógrafo. O telescópio, a câmera e o espectroscópio passaram a trabalhar juntos, cada qual sobrecarregado com sua tarefa específica, e cada qual encontrando seu campo mais frutífero no Sol. Por exemplo, durante o eclipse de 16 de agosto 1868 CE, o Senhor Joseph Lockyer, da Inglaterra, e o Senhor Pierre Janssen, da França, descobriram, de forma independente, utilizando recursos espectroscópicos, intrigantes sinais de Hélio na corona solar. O Hélio tornou-se o primeiro elemento químico descoberto fora da Terra. Ele empresta seu nome da palavra grega para Sol, *Helios*.

Os eclipses bloqueiam a fotosfera e revelam a presença de uma atmosfera acima do Sol e além de um raio solar. Esse meio se tornou assunto de extensivo estudo no século dezenove e a observação de eclipses revelou uma porção interior brilhante, a cromosfera, e um halo muito extenso, a corona.¹²

Discutivelmente, o eclipse mais importante dos tempos modernos ocorreu em 29 de maio de 1919 CE, quando Arthur Eddington utilizou um eclipse solar para

testar a Teoria da Relatividade Geral de Einstein, demonstrando que campos gravitacionais fortes, como o do Sol, são capazes de curvar a luz de estrelas, conforme previsto.



Fig. 6 – A magnificente corona. Essa dramática imagem agrega 22 fotos processadas digitalmente, destacando detalhes de um eclipse total ocorrido em agosto de 1999. As fotos da parte exterior da corona solar foram digitalmente alteradas para melhorar a luminosidade e dar destaque a ondas e filamentos. Crédito: © 1999, Fred Espenak.

Os eclipses solares são utilizados para fotografar e estudar a composição e dinâmica da corona solar, somente visível quando o disco brilhante do Sol ou fotosfera é completamente encoberta.

Os cientistas também lançam mão desses eventos para estudar fenômenos relacionados ao clima espacial, como os “flares” solares (gigantescas explosões) e as ejeções de matéria coronal. Esses fenômenos são importantes, pois são capazes de afetar sistemas espaciais e atividades como:

telecomunicações, navegação, bem como o trabalho complexo de astronautas no espaço, especialmente durante atividades extra-veiculares.

Atualmente, a maioria das pessoas compreende o mecanismo básico dos eclipses e não teme mais esses fenômenos – considerados eventos fascinantes, de rara beleza. Todo ano, pessoas de diferentes idades, nacionalidades e interesses se reúnem, em todo o mundo, para assistir eclipses totais ou parciais do Sol e da Lua. Mas, teria alguma coisa se perdido? O fato de entendermos o funcionamento das coisas reduz sua beleza e mistério? Ou será que a beleza do mundo se torna ainda maior quando compreendemos aquilo que vemos?

Esses magníficos espetáculos celestes são também observados em todo o mundo por estudantes e educadores de todos os níveis. Tais fenômenos são

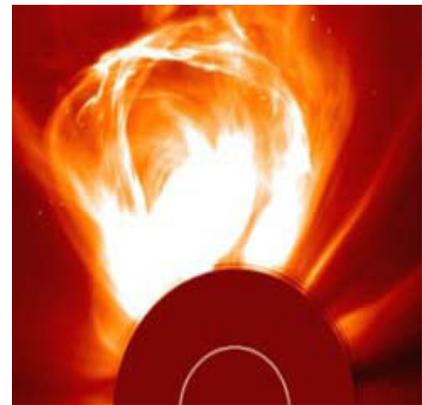


Fig. 7 – Ejeção de matéria coronal. Bolhas enormes de plasma ejetadas da corona solar e que podem causar interferências na magnetosfera terrestre. Crédito: ESA/NASA.

capazes de despertar o fascínio de jovens para o universo e estimulá-los a aprender mais sobre o ambiente espacial. O exemplo do astrônomo dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601 CE) bem ilustra esse fato. Ele abandonou o direito e abraçou a astronomia após fascinar-se por um eclipse quando tinha 14 anos. Antes de Brahe, a astronomia era bastante inexata. Brahe então decidiu desenvolver tabelas precisas para a observação de estrelas e planetas.¹³ As contribuições de Brahe para a astronomia foram bastante significativas. Ele catalogou com grande precisão mais de mil estrelas!

Eclipses constituem, de fato, um canal efetivo para despertar a curiosidade das pessoas – adultos, crianças, jovens – acerca das maravilhas e mistérios do Universo, além de estimular o desejo humano pela exploração e descoberta. Eles constituem uma forma singular de reunir pessoas em todo o mundo para observar o céu estrelado, como o lugar de onde todos viemos há muito tempo, de uma perspectiva cosmológica.

4. Eclipses: Definições e Terminologia

O conceito de eclipse solar e lunar, visto como o Sol e a Lua sendo devorados por um dragão invisível, foi manifestado no primeiro termo chinês para eclipse, *shih*¹⁴ (comer). Conforme vimos, eles acreditavam que os eclipses ocorriam quando esse dragão tentava devorar o Sol ou a Lua.¹⁵

O termo eclipse, originado do grego ekleipsis, de ekleipein ‘falha em aparecer, ser eclipsado,’ de ek ‘fora’ + leipein ‘partir’, também significando ‘abandono’, ‘falha’.

De acordo com o Dicionário Inglês Oxford (1969), eclipse como substantivo significa “*uma intercepção ou obscurecimento da luz do Sol, da Lua e de outros corpos luminosos, pela intervenção de algum outro corpo celeste, tanto entre este e o olho, ou entre*

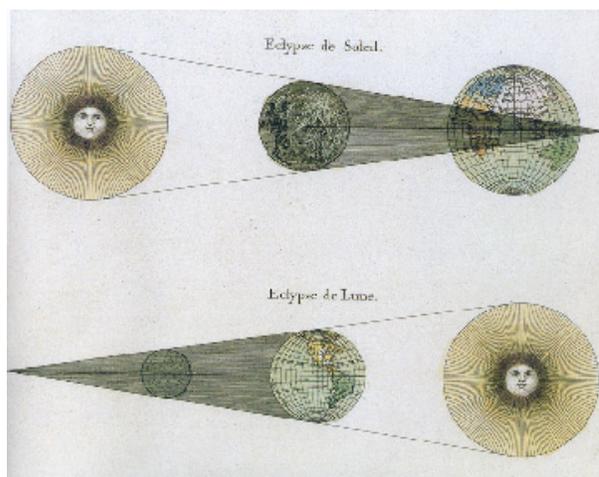


Fig. 8 – Representação antiga para eclipses do Sol e da Lua. *Atlas methodique et elementaire de geographie*, por Claude Buy de Mornas. Fonte: Bibliothèque nationale de France (BnF).

o astro luminoso e o astro iluminado por aquele; como da Lua, atravessando a sombra da Terra; do sol, pela Lua vindo entre ele e o observador; ou de um satélite, entrando na sombra desse anterior.”

No sentido figurado, eclipse significa “obscurcimento, perda de brilho ou esplendor,” por exemplo, o eclipse de um império.

5. Base científica

“Algumas pessoas vêem um eclipse parcial e se perguntam por que outros falam tanto em eclipses totais. Ver um eclipse parcial e afirmar que se viu um eclipse é como ficar do lado de fora de uma casa de ópera e dizer que viu a ópera; em ambos os casos, perdeu-se o evento principal.”

- Jay M. Pasachoff¹⁶



Fig. 9 – Lua eclipsada em Stonehenge. Uma Lua avermelhada aparece entre as pedras de Stonehenge durante o eclipse lunar de maio de 2004. Crédito: Foto: Phillip Perkins, Sítio Astro Cruise, <http://www.astrocruise.com/>

Comparado a outros corpos celestes, o Sol e a Lua são os astros mais brilhantes avistados de nosso planeta. Por isso, os eclipses solares e lunares encontram-se também mais próximos a nossas realidades que qualquer outro fenômeno celeste.

A par disso, eclipses solares são muito mais notáveis que eclipses lunares, pois aqueles, quando totais, são capazes de “transformar o

dia em noite!” Durante eclipses solares, por exemplo, os animais ficam mais agitados, pois eles percebem que alguma coisa está errada na ordem natural das coisas: Por que aquela escuridão repentina em meio ao dia!

Eclipses constituem, basicamente, uma disposição de pelo menos três corpos celestes em linha reta.¹⁷ O termo eclipse solar é incorreto, pois o fenômeno constitui na verdade uma *ocultação*.

Por quê? A resposta é simples. Um *eclipse* ocorre quando um corpo celeste passa na sombra projetada por outro corpo celeste (como durante um eclipse da Lua). Uma *ocultação* ocorre quando um corpo celeste passa na frente de outro. Quando a lua nova passa em frente ou oculta o Sol, conforme visto da Terra, a Lua também projeta uma pequena sombra sobre o planeta. Uma “ocultação” do Sol constitui, assim, um “eclipse” parcial da Terra, também.¹⁸

Você encontrará, na seqüência, um conjunto de perguntas e respostas que irão ajudá-lo a entender melhor o mecanismo dos eclipses.

A) Quando ocorre um eclipse solar?

*Quando qualquer parte da Terra entra em qualquer parte da sombra da Lua, há um eclipse do Sol em algum local do planeta.*¹⁹

Essa configuração somente pode ocorrer durante a lua nova, quando o Sol, a Lua e a Terra se encontram alinhados com a Lua no meio. Devido ao fato de a órbita da Lua ser inclinada 5 graus em relação ao plano orbital da Terra, isso não acontece todo mês.

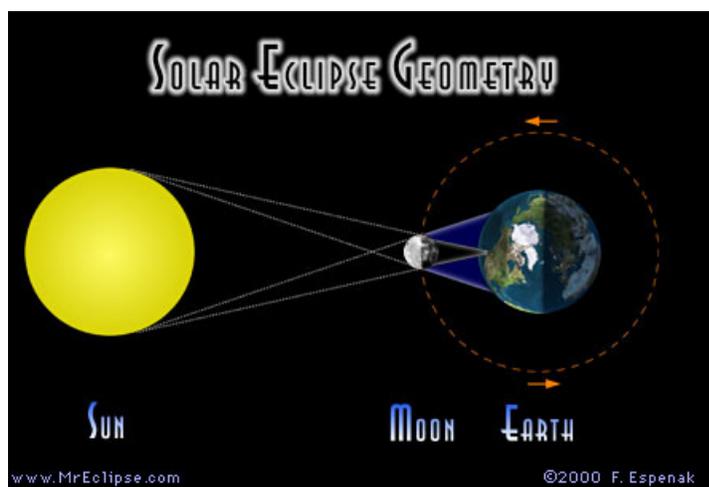
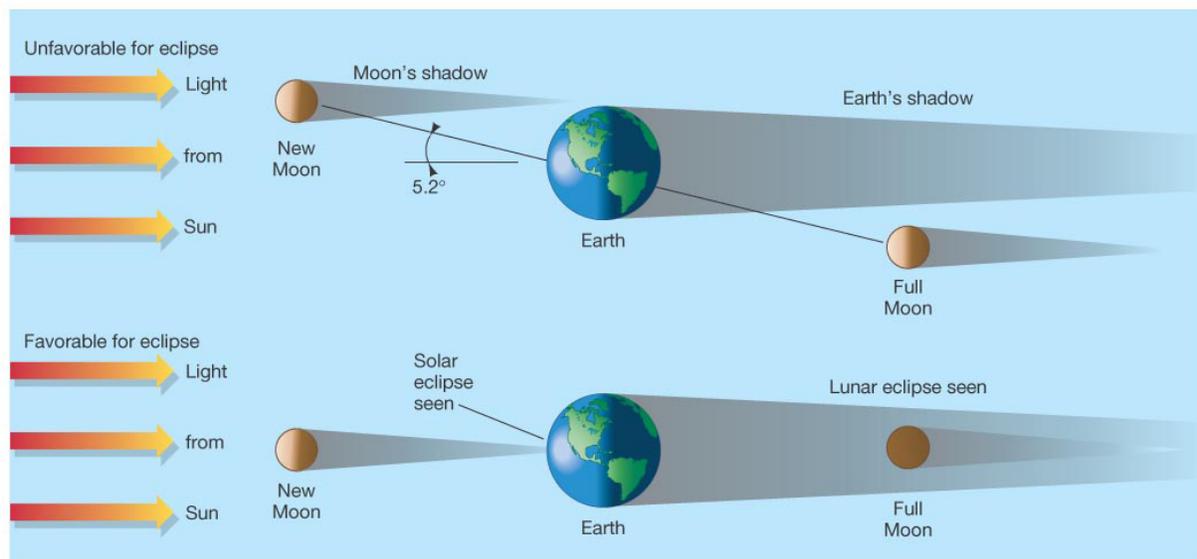


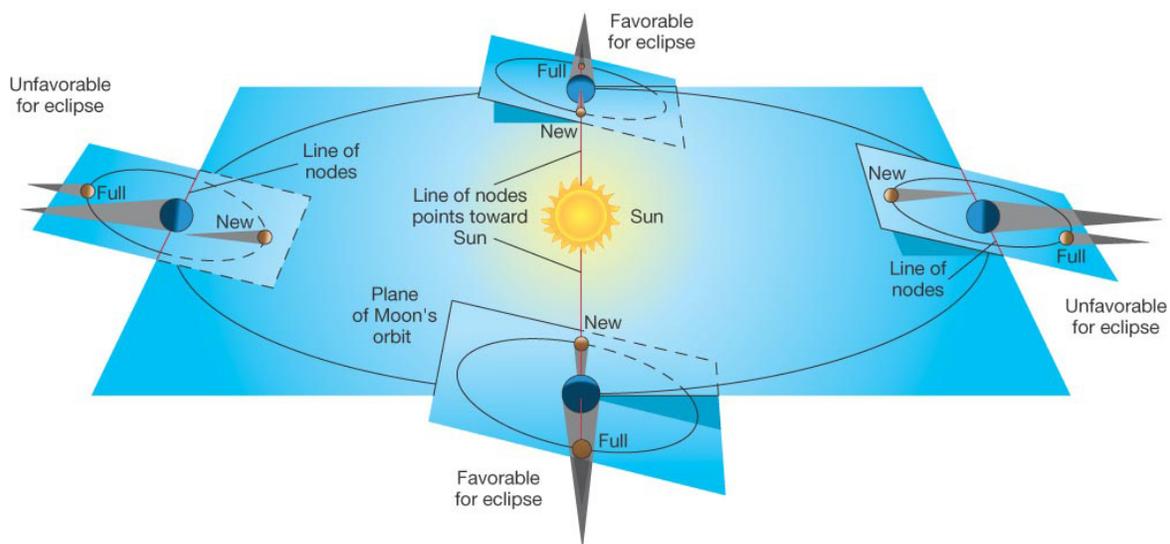
Fig. 10 – A geometria de um eclipse solar. Devido a essa geometria única, durante um eclipse solar a Lua oculta o Sol de forma quase perfeita. Extraído com permissão do sítio de Fred Espenak, <http://www.mreclipse.com/>

A sombra da Lua é composta por duas partes: a) a sombra externa ou *penumbra*; e b) a sombra interna ou *umbra*. Na região coberta pela penumbra, somente parte do Sol é ocultada. Opostamente, a umbra central, mais escura, constitui a sombra de um eclipse total. Durante um eclipse total, a umbra atravessa a Terra de oeste para leste, e o curso por ela percorrido é denominado *faixa de totalidade*.

Qualquer pessoa situada no interior dessa zona verá o Sol completamente obscurecido pela Lua por aproximadamente sete minutos. Fora dessa faixa, mas ainda na penumbra, é possível observar um eclipse parcial. A faixa da umbra dificilmente ultrapassa 300 km de extensão, enquanto que a da penumbra se estende por cerca de 7.000 km.²⁰



(a)



(b)

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Addison-Wesley.

Fig. 11 – Esquema para visibilidade de eclipses. (a) Eclipses ocorrem quando a Terra, a Lua e o Sol se encontram precisamente alinhados. Se o plano orbital da Lua se encontrasse exatamente sobre o plano da eclíptica, tal alinhamento ocorreria uma vez por mês. (b) Para que os eclipses ocorram, a linha de intercessão dos dois planos devem se situar sobre a linha Terra-Sol. Logo, os eclipses podem ocorrer somente em determinadas datas do ano. Crédito: Chaisson/Mcmillan, *Astronomy Today*, 6 ed., Pearson Education.

B) Por que o Sol e a Lua aparecem do mesmo tamanho durante um eclipse solar?

A Lua possui somente 3.500 km de diâmetro, enquanto o Sol possui cerca de 1.400.000 km de diâmetro. Uma das mais notáveis coincidências da natureza consiste no fato de que a Lua e o Sol aparentam ser do mesmo tamanho quando vistos da Terra. Isso se deve ao fato de que, apesar de o Sol ser 400 vezes maior em diâmetro que a Lua, ele também se encontra 400 vezes mais distante da Terra que a Lua.²¹

C) Por que não ocorre um eclipse solar a cada lua nova?

A órbita da Lua ao redor da Terra não se encontra no mesmo plano orbital da Terra ao redor do Sol. A órbita da Lua é inclinada cerca de 5 graus em relação ao plano orbital da Terra, na *eclíptica*. O satélite natural de nosso planeta cruza esse plano imaginário somente duas vezes por mês, em dois pontos específicos. Durante o restante do tempo, a Lua se encontra acima ou abaixo do plano orbital da Terra. O alinhamento completo do Sol, da Lua e da Terra não é tão freqüente, pois somente acontece quando a lua nova ocorre em um desses pontos.²²

D) Eclipses solares são fenômenos raros?

Não. Na verdade, eles são mais comuns que eclipses lunares. Em qualquer ano-calendário, há pelo menos cinco eclipses solares, enquanto não pode haver mais que três eclipses lunares por ano, e por vezes não há nenhum. Combinando eclipses solares e lunares, é possível que em um ano ocorram, no máximo, sete eclipses.²³

Por favor, note que estamos nos referindo a eclipses em geral. Eclipses solares totais são fenômenos relativamente raros, que se repetem no mesmo lugar, em média, após intervalos de centenas de anos.

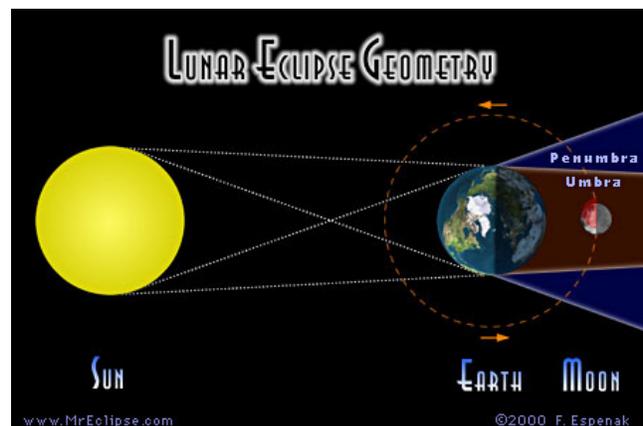


Fig. 12 – Geometria do Sol, da Terra e da Lua durante um eclipse lunar. As duas sombras da Terra são a penumbra e a umbra (tamanhos e distâncias fora de escala). Extraído com permissão do sítio de Fred Espenak, <http://www.mreclipse.com/>

E) Qual é a fase mais notável de um eclipse solar?

A fase mais espetacular ocorre durante a *totalidade*, quando o Sol fica completamente obscurecido pela Lua. A totalidade nunca dura mais que 7 minutos e 40 segundos.

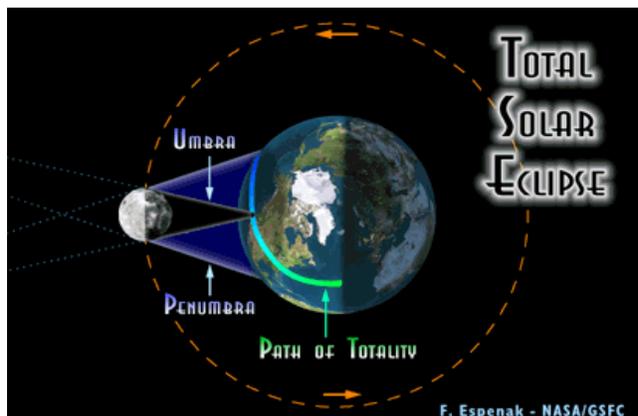


Fig. 13 - Geometria do Sol, da Terra e da Lua durante um eclipse solar. As duas sombras da Lua são a penumbra e a umbra (tamanhos e distâncias fora de escala). Extraído com permissão do sítio de Fred Espenak, <http://www.mreclipse.com/>

Durante cada milênio, ocorrem geralmente menos de 10 eclipses solares totais, durante os quais a fase de totalidade excede 7 minutos. Somente durante a **totalidade** (Ver “A Experiência da Totalidade” em <http://www.mreclipse.com/Totality/TotalityCh01.html>) a corona pode ser observada sem equipamento especializado. Por isso os eclipses solares totais são tão importantes para os astrônomos.

F) É fácil prever um eclipse solar?

Sim! Hoje, somos capazes de compreender o movimento dos corpos celestes e calcular as forças atuando sobre eles, com grande precisão. Programas de computar alimentados com esse conhecimento facilmente computam o período e a geometria de eclipses, tanto para o tempo futuro quanto para o tempo passado. Podemos calcular os efeitos da relatividade, precessão, marés e outras forças, obtendo resultados com precisões de segundo para eclipses relativamente próximos do tempo presente.

G) Os eclipses são visíveis em qualquer parte do planeta Terra?

Não. Durante um eclipse lunar, quando a Lua atravessa a gigantesca sombra da Terra, o evento é visível durante a noite em um hemisfério inteiro da Terra e a totalidade geralmente dura mais de uma hora.²⁴ Entretanto, mesmo a fase



Fig. 14 – Eclipse lunar total sobre Mauá, 16 de julho, 2000. Modo de múltipla exposição foi utilizado para capturar o eclipse inteiro; uma segunda exposição captura a luz da manhã. Crédito: © 2000 Fred Espenak.

parcial de um eclipse solar somente será visível em uma dada porção do lado iluminado da Terra e a totalidade pode ser vista somente sobre uma faixa estreita, de aproximadamente 60-70 milhas de extensão.

Eclipses lunares ocorrem quando nosso planeta lança sua sombra sobre a Lua, ocultando-a parcial ou totalmente. A Lua assume uma magnificente cor avermelhada quando eclipsada pela Terra. Talvez por essa razão, os eclipses lunares

assustaram civilizações primitivas, que associaram tal coloração vermelha a sangue ou guerra.

Por exemplo, durante uma das viagens de Colombo para as Américas, ele utilizou seu conhecimento de um eclipse lunar para obter favores dos habitantes daquela terra. Como? Basicamente, ele ameaçou os nativos dizendo que, se eles não fornecessem os suprimentos de que ele e seu povo necessitavam, seu Deus ficaria muito zangado e escureceria a Lua e, a tal acontecimento, seguiriam-se fome e doenças. Há muitos outros exemplos curiosos na história que ilustram a forma como fenômenos naturais celestes influenciaram os povos.

H) Quantos tipos de eclipse solar existem?

Existem três tipos principais de eclipses solares, conforme tabela abaixo.

Tipo	Descrição
Parcial	O Sol é parcialmente ocultado pela Lua.
Total	A Lua encobre totalmente o Sol.
Anular	O centro da Lua passa na frente do centro do Sol enquanto a Lua se encontra próxima do apogeu. O diâmetro angular da Lua é então menor que o do Sol, de modo que um anel do Sol pode ainda ser visto ao redor da Lua.

Eclipses solares totais são espetáculos raros que duram somente alguns minutos e constituem excelentes oportunidades de observar a corona solar sem equipamento especializado. Apesar de ocorrerem em algum local da superfície

terrestre aproximadamente a cada 18 meses, estima-se que eles se repetem em um ponto específico da superfície terrestre somente uma vez a cada 300 ou 400 anos. O eclipse solar total mais longo compreendido no período de 8000 anos, de 3000 BCE a 5000 CE, ocorrerá em 16 de julho de 2186 CE. Sua fase de totalidade irá durar 7 minutos e 29 segundos.²⁵

Além dos principais tipos de eclipses solares naturais, atualmente os astrônomos agora são capazes de produzir eclipses artificiais, a qualquer momento, bloqueando o Sol com uma máscara artificial ou “disco ocultante”, permitindo-lhes estudar a fraca corona solar.

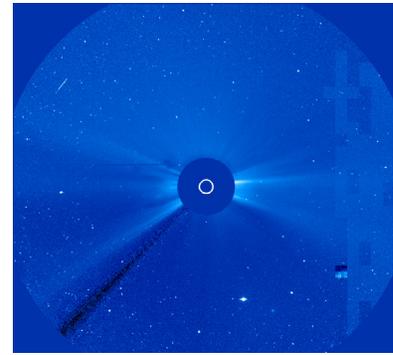


Fig. 15 – Eclipse solar artificial. Um instrumento no interior da sonda espacial, chamado coronógrafo, cria eclipses artificiais, bloqueando a luz do Sol com um disco ocultante. Crédito: ESA/NASA.

I) O que são trânsitos?

Trânsitos constituem um caso especial de eclipse, que ocorre com a passagem de um planeta ao longo do disco solar. Os trânsitos observáveis a partir da Terra são os dos planetas Mercúrio e Vênus, somente.

Eles são bem mais raros que eclipses solares. Em média, ocorrem somente 13 trânsitos de Mercúrio a cada século. Trânsitos de Vênus, por sua vez, geralmente ocorrem aos pares, com oito anos separando os dois eventos. Há um intervalo de mais de um século entre cada par de trânsitos.



Fig. 16 – Trânsito de Venus. Em um bairro da Eslováquia, Tomas Maruska tirou essa foto rara, que mostra Vênus e a Estação Espacial Internacional (ISS) transitando o Sol ao mesmo tempo. Crédito: Tomas Maruska © 2004. Fonte: NASA.

O primeiro trânsito observado na História foi o do planeta Mercúrio, em 1631, pelo astrônomo francês Gassendi. Um trânsito de Vênus ocorreu logo um mês depois, mas a tentativa de Gassendi de observá-lo falhou, devido ao fato de o trânsito não ter sido visível na Europa. Em 1639, Jerimiah Horrocks e William Crabtree tornaram-se os primeiros a observar um trânsito de Vênus.²⁶

J) Posso olhar para o Sol a olho nu durante um eclipse solar?

Olhar para o Sol é perigoso quando qualquer parte do disco luminoso do Sol (fotosfera) é visível; esse ato pode causar dano permanente para a visão. Isso pode ocorrer em qualquer circunstância, inclusive durante eclipses solares. Devido ao fato de que eclipses oferecem uma grande tentação de olhar diretamente para o Sol, registra-se considerável incidência de danos visuais durante eclipses solares. **A observação direta do Sol** através de qualquer tipo de equipamento óptico, binóculos, telescópio, ou mesmo câmeras, **pode ser extremamente perigosa, a menos que certas precauções sejam tomadas.**

K) Como posso observar eclipses solares com segurança?

Para melhor experimentar o deleite da observação de um eclipse, certas medidas de segurança devem ser tomadas. Do contrário, o que deveria ser uma experiência prazerosa e alegre pode se tornar um verdadeiro pesadelo. Aqui, iremos aprender procedimentos que, se devidamente observados, permitem observar eclipses solares de forma segura.

Observar o Sol sem proteção adequada pode causar dano irreparável para a visão e não é recomendável. O Sol é fonte de radiação eletromagnética: raios-x, raios gama, microondas, ondas de rádio, ultravioleta e luz visível.²⁷ Quando os olhos são expostos à luz visível intensa, podem acontecer danos à retina, mesmo sem sensação de dor, mas podendo causar danos irreversíveis para a visão, ou mesmo cegueira.²⁸

Então, como podemos observar o Sol com segurança? Há diversos métodos seguros, mas o melhor é o da **projeção indireta** (Ver “*Observando Eclipses de Forma Segura*,” em <http://www.mreclipse.com/Totality/TotalityCh11.html>). Tal método consiste em projetar a imagem do Sol sobre um pedaço de papel branco, utilizando binóculos com uma das lentes cobertas, ou fazendo um pequeno furo, de cerca de 1 mm de diâmetro, em um pedaço de alumínio colado

em um tubo de papel, freqüentemente chamado câmara pinhole. Esses métodos permitem observar de forma segura a imagem projetada do Sol. Entretanto, deve-se tomar cuidado para certificar-se de que ninguém olhe através do projetor diretamente, uma vez que isso causaria dano permanente para a visão; deve-se tomar especial cuidado quando houver crianças presentes.

O Sol pode ser também observado mediante o emprego de filtros solares apropriados para bloquear a parte nociva de sua radiação. Outros métodos improvisados, tais quais observar o Sol refletido na água, ou olhar através de um disco compacto (CDs de música), são igualmente perigosos. Somente filtros projetados e certificados devem ser utilizados para a observação do Sol, e estes devem estar em perfeitas condições, pois mesmo um pequeno defeito seria capaz de causar dano irreparável para a visão.

Por favor, esteja ciente de que óculos de sol comuns ou lentes polaróides não são filtros solares. Apesar de oferecerem algum alívio para os olhos do observador em um dia ensolarado, eles nunca devem ser empregados para observar o Sol. Não deve-se utilizar óculos de sol, mesmo polaróides sobrepostas, para observar o Sol durante as fases parciais de um eclipse. Tais dispositivos não oferecem praticamente nenhuma proteção aos olhos, para esse propósito.²⁹

Na verdade, é seguro observar a fase total de um eclipse solar quando a fotosfera estiver completamente encoberta. A corona será visível, bem como a cromosfera, proeminências solares e, possivelmente, “flares” solares. Entretanto, mesmo sob tais condições, existe grande risco na observação direta do final da fase de totalidade, bem como no retorno do Sol “exposto”, sem proteção, pois todas as partes do disco solar apresentam igual intensidade. Observar uma pequena porção do Sol pode causar dano permanente para a visão, até mesmo cegueira! Na verdade, 1 por cento da superfície solar ainda visível é aproximadamente 4.000 vezes mais brilhante que a lua cheia.³⁰ Por isso, a observação, mesmo da fase de totalidade de um eclipse solar utilizando binóculos ou telescópio, ou mesmo a olho nu, não é recomendada.

Em suma, a observação de eclipses solares é completamente segura, contanto que as precauções necessárias sejam tomadas. Por isso, recomendamos fortemente o uso do método da projeção indireta. Estimulamos a observação segura dos eclipses, de modo a melhor apreciar esse fenômeno fascinante que tem inspirado, encantado e assustado povos, mudando o curso da história.

6. Eclipses e História

“Tínhamos o céu lá no alto, todo repleto de estrelas, e costumávamos deitar de costas e olhar para elas, e imaginar se elas foram criadas, ou se simplesmente aconteceram.”

- Mark Twain³¹

Desde o início da história, os povos se deleitam com o que vêem ao observar o céu. Com efeito, olhar para a esfera celeste sem a indesejável interferência das luzes da cidade é magnífico. Esse simples ato deslumbra e chama nossa atenção para o espaço exterior, despertando em nós um profundo desejo de viajar para além dessa esfera e experimentar diretamente o que nossos olhos não podem ver. A imaginação humana não tem fronteiras, mas o universo é infinito! Entretanto, muitas civilizações antigas viram mudanças nos céus com muito medo e apreensão. Cometas, chuvas de meteoros, supernovas, eclipses lunares e solares foram vistos como maus sinais por muitas sociedades.

Como discutimos anteriormente, o Sol e a Lua são os principais atores no teatro celestial, sendo o primeiro, vital para a vida na Terra. A Lua, por sua vez, com seu brilho noturno fulgural, tem servido de inspiração a poetas, escritores e namorados. O Sol e a Lua têm sido também associados com religião e mitologia e, por vezes, considerados deuses com influência sobre o destino de sociedades e indivíduos.

É de nossa natureza humana atribuir significados a quaisquer histórias, tradições ou pensamentos a nosso dispor. O mesmo é válido para os eclipses ao longo dos séculos.

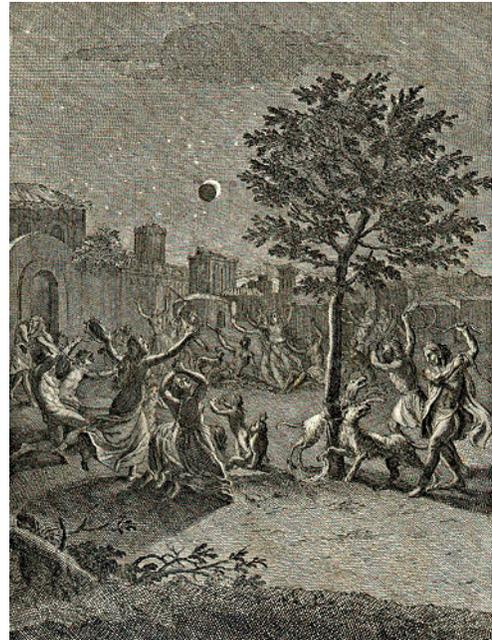


Fig. 17 – Desespero dos Peruvianos durante um Eclipse da Lua. Viagem Histórica da América Meridional. O explorador espanhol Don Juan descreve o desespero dos Peruvianos despair during an eclipse. Source: Loja de Impressos das Filadélfia Ltd., sítio, <http://www.philaprintshop.com>

Os eclipses solares e lunares eram geralmente considerados uma perturbação na ordem natural do céu – um indício de que algo estava errado. Muitos eventos históricos coincidiram com eclipses solares e lunares: batalhas, coroação ou destronamento de imperadores, tratados de paz, dentre outros.

Diferentemente dos cometas, que por um longo período foram considerados eventos imprevisíveis, os eclipses eram previstos com exatidão, já nos primeiros estágios da história da humanidade.³² Antigos astrônomos eram capazes de prever eclipses já por volta de 2300 BCE. Suas previsões baseavam-se em relações empíricas governando a recorrência de eventos por meio dos quais as posições relativas da Terra, do Sol e da Lua se repetem após 6585 dias. A existência de um ciclo regular de eclipses, tal qual o *Saros*, resultou dessas coincidências, envolvendo combinações complexas entre os movimentos da Lua, da Terra e do Sol. Esse conhecimento mais detalhado acerca de eclipses começou a ser adquirido durante o século segundo BCE – idade de ouro da Astronomia grega.

Entretanto, a população em geral não compreendia essas relações. Na medida em que os governantes começaram a perceber a influência que fenômenos astronômicos exerciam sobre a população, eles passaram a utilizar tal conhecimento como instrumento de poder para influenciar a *psique* das pessoas. A população seguiria rituais e rezaria preces para prevenir seus supostos efeitos maléficos. Os governantes queriam fazer crer que eles eram capazes de influenciar os poderes obscuros envolvidos e, da mesma forma, astrólogos e astrônomos, por vezes, tentavam empregar seu conhecimento para manipular e influenciar os governantes.

Somente nos últimos quinhentos anos, aproximadamente, ou certamente desde a invenção do telescópio, em 1609 CE, a humanidade veio a compreender essas ocorrências cósmicas como parte da ordem natural do universo. Conforme previamente mencionado, tais eventos geralmente não são mais temidos, mas vistos como oportunidades de melhor entender e apreciar o Universo.

Neste artigo, apresentamos alguns importantes eclipses solares e lunares e seu impacto sobre os povos, sua história e ciência ao longo dos séculos.

História Antiga

1) Ho e Hi, os Astrônomos Bêbados, 2137 BCE

A astronomia chinesa antiga era majoritariamente uma atividade governamental. Era função do astrônomo manter registro sistemático dos movimentos solares, lunares e planetários, bem como explicar seu significado para o imperador da época.

Ao longo dos séculos, os astrônomos chineses dedicaram atenção substancial para a previsão de eclipses. Todavia, analogamente a esforços similares anteriores ao Renascimento, isso pôde ser realizado somente de forma empírica.³³



Fig. 18 – Observação de eclipse na China, por volta de 1840 BCE. Os astrônomos calmamente observam um eclipse e os servos, apavorados, prostram-se no chão para acalmar o temível demônio. Crédito: *História da China e da Índia* © Mary Evans/ Explorer. Fonte: Brunier e Luminet, *Eclipses Gloriosos*, Cambridge University Press.

O primeiro registro de um eclipse solar é encontrado na antiga história chinesa. Identificações desse evento variaram de 2165 a 1948 BCE,³⁴ apesar de a data mais provável ser 22 de outubro de 2137 BCE.

De acordo com uma lenda, os astrônomos reais Ho e Hi andavam dedicando muito de seu tempo ao consumo de álcool e falharam em prever o eclipse que viria. Tradicionalmente, o eclipse solar registrado no *Shu Ching* (Livro de História) era considerado do terceiro milênio. “No primeiro dia do mês, no último mês do outono, o Sol e a Lua não se encontraram (harmoniosamente) em Fang” ...assim lê-se o texto.³⁵

O imperador ficou extremamente zangado pois, sem saber que havia um eclipse a caminho, não pôde organizar grupos para bater tambores e atirar flechas no ar, para assustar o terrível dragão invisível. O Sol sobreviveu, porém os dois astrônomos perderam suas cabeças por tamanha negligência. Esse verso, cuja autoria é desconhecida, bem ilustra tal tragédia: *“Aqui repousam os corpos de Ho e Hi /Cujo destino apesar de triste era visível/Sendo enforcados porque não puderam espiar/O eclipse que era invisível.”*

Assim, surgiu uma lenda de que ninguém, desde então, teria visto um astrônomo bêbado durante um eclipse.³⁶

2) Eclipse de Abraão em Canaã, 1533 BCE

Ver Mapa de Visibilidade: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/5MCSEmap/-1599--1500/-1532-05-10.gif>

“E pondo-se o sol, um profundo sono caiu sobre Abraão; e eis que grande espanto e escuridão caiu sobre ele.”



Fig. 19 – Abraão em sua jornada no Canaã. Essa imagem foi produzida pelo artista francês Gustave Doré, e ilustra a jornada de Abraão na terra de Canaã. Crédito: Domínio público.

Os eclipses também são citados em livros sagrados, como a Bíblia. Uma das mais conhecidas referências a eclipses aparece no livro do *Gênesis*, envolvendo a jornada de Abraão na terra de Canaã.

Essa descrição pode ser relacionada com um eclipse solar registrado, que teria ocorrido em 9 de maio, 1533 BCE.³⁷

3) Eclipse do Retorno de Odisseu, 1178 BCE

Ver Mapa de Visibilidade: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/5MCSEmap/-1199--1100/-1177-04-16.gif>

“... e o Sol pereceu no céu,
e um orvalho maligno está suspenso sobre tudo.”

- Homero, *a Odisséia*³⁸

O rei da Ilha de Ítaca, Odisseu, foi persuadido a partir para a Guerra de Tróia, que durou dez anos. Quando Tróia caiu, os gregos voltaram para casa. Entretanto, Poseidon, rei dos mares e inimigo de Odisseu, ficou muito zangado com ele e tentou dificultar sua volta para casa.

Odisseu é o herói da *Odisséia*, de Homero, e pode ter retornado para sua Penélope em dia de eclipse. Aquele deve ter sido um eclipse muito bonito, durante o qual todos os planetas estavam visíveis simultaneamente, e o Sol oculto, “coroadado” pelas Plêiades.³⁹



Fig. 20 – Pretendentes de Penelope, por John William Waterhouse (1912). Enquanto Odisseu lutava para voltar para casa depois da Guerra de Tróia, seu trono e sua esposa estavam sendo disputados. Mas Penélope decidiu esperar seu marido. Crédito: Domínio público.

Basicamente, três evidências sustentam essa hipótese:

- a) Plutarco interpretou a passagem no vigésimo livro de sua obra prima de literatura como a descrição poética de um eclipse solar total ocorrido no retorno de Odisseu;
- b) Há um século, astrônomos estimaram que tal eclipse ocorreu nas ilhas gregas em 16 de abril, 1178 BCE, o único na região ocorrido próximo à data estimada para a queda de Tróia;

c) Recentemente, referências astronômicas levaram dois cientistas a deduzir que o eclipse solar total de 1178 BCE coincidiu com o retorno de Odisseu.

Quase todos os estudiosos clássicos são céticos a respeito de tal correlação. Se realmente houvesse um eclipse, Homero deveria ter considerado esse fato quando escreveu sobre um adivinho profetizando a morte dos pretendentes de Penélope e a entrada de Odisseu em Hades. Com efeito, a história não cita um eclipse, mas sim maus sinais e a descrição poética de um eclipse total do Sol que indicaria a morte dos pretendentes de Penélope.

Segundo a história, Odisseu chegou em casa disfarçado de mendigo, escondendo-se antes de se revelar, para verificar se sua Penélope lhe era fiel. Quando os pretendentes de sua esposa se sentaram para uma refeição, na hora do almoço, começaram a rir e viram respingos de sangue em sua comida. Naquele momento, o vidente Theoclymenus previu sua morte: “*O Sol foi obliterado do céu, e uma escuridão desafortunada invadiu o mundo.*”

Essa descrição sugere um eclipse solar em Ítaca. Odisseu matou os pretendentes de Penélope que tentavam lhe usurpar o trono e passou uma longa noite de amor com sua esposa.⁴⁰

4) Eclipse do Velho Testamento, 763 BCE

Ver Mapa de Visibilidade: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/5MCSEmap/-0799--0700/-762-06-15.gif>

Uma passagem na Bíblia cristã diz: “*E naquele dia, declara o Senhor, o Soberano, ‘Farei o Sol se pôr ao meio-dia, e em plena luz do dia escurecerei a Terra.’*” O eclipse correspondente deve ter ocorrido em 15 de junho de 763 BCE.

Uma referência cruzada é fornecida por uma crônica histórica da Assíria, conhecida como o *Eponym Canon*. Na Assíria, cada ano recebia o nome do oficial no poder, e os eventos do ano eram registrados sob aquele nome, no *Canon*.

No ano correspondente a 763 BCE, um escriba em Níneve redigiu essa frase simples: “*Insurreição na Cidade de Assur. No mês de Sivan, o Sol foi eclipsado.*” Os historiadores puderam então utilizar esse eclipse para melhorar a cronologia dos primeiros tempos bíblicos.⁴¹

5) Eclipse de Arquíloco, 648 BCE

Ver Mapa de Visibilidade: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/5MCSEmap/-0699--0600/-647-04-06.gif>

Acredita-se que o poeta lírico grego Arquíloco observara um eclipse solar total, que ocorreu no dia 6 de abril de 648 BCE, e declarou:⁴² *“Nada existe além de esperança, nada que possa ser declarado impossível, nada maravilhoso, desde que Zeus, pai dos Olímpios, fez do meio-dia noite, escondendo a luz do sol brilhante, e um medo sofrível caiu sobre os homens.”*

6) Eclipse de Tales, 585 BCE

Ver Mapa de Visibilidade: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/5MCSEmap/-0599--0500/-584-05-28.gif>

Pode um eclipse alterar drasticamente o curso da história? Essa história se refere



Fig. 21 – Batalha de Halys.
Fonte: Wisdom Portal Web site,
<http://www.wisdomportal.com>

a batalha final de uma guerra de quinze anos entre lídios e persas. Também conhecida como “Batalha do Eclipse,” ocorreu no Rio Halys, na Turquia, e foi repentinamente interrompida em 28 de maio de 585 BCE,⁴³ devido a um eclipse solar, interpretado como um sinal de que os deuses desejavam o fim do conflito.

No Ocidente, a primeira previsão de um eclipse solar está associada ao filósofo pré-socrático Tales de Mileto. De acordo com Heródoto, Tales teria previsto o eclipse de 585 BCE, na Turquia.⁴⁴ *“No sexto ano uma batalha ocorreu (...), quando a batalha teve início, repentinamente o dia se fez noite. E essa mudança do dia foi prevista por Tales de Mileto (...). Os Lídios, entretanto, e os Persas, quando viram que o dia virou noite, pararam de lutar e ficaram com grande expectativa de que a paz se celebrasse entre eles.”* Apesar de alguns pesquisadores argumentarem que Tales utilizou o período de Saros,⁴⁵ de 223 lunações,^{46,47} sistema desenvolvido pelos Babilônios, é atualmente consenso entre os historiadores que o período de Saros não foi descoberto antes do quinto ou quarto século BCE – logo, Tales não poderia ter se valido daquele sistema.

Uma vez que é possível calcular a data precisa dos eclipses, essa batalha constitui o mais antigo evento histórico para o qual se tem conhecimento de uma data precisa. Tal fato foi proclamado sábio pelo *Oráculo de Delfos* em 582 BCE, possivelmente devido a tal previsão, a ele creditada. Todavia, ele evidentemente não entendia a base científica do fenômeno.

7) Eclipse dos Jogos Olímpicos, 413 BCE

Ver Mapa de Visibilidade: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/5MCSEmap/-0499--0400/-412-08-14.gif>

Sucesso e fracasso podem ser faces da mesma moeda. Eles geralmente resultam das crenças dos indivíduos, nesse caso associadas a um eclipse da Lua, que assustou uma tropa inteira, que acreditava que o fenômeno representava um mal sinal para eles. Esse eclipse ocorreu em 14 de agosto de 413 BCE, durante a 91ª Olimpíada, e influenciou uma batalha na Guerra do Peloponeso.

Tanto os cartagineses quanto os gregos tomaram partes do sul da costa da Sicília, o que resultou em permanentes conflitos.⁴⁸ Os atenienses estavam prontos para mover suas tropas de Siracusa, quando a Lua foi eclipsada. Esse fato trouxe consequências desastrosas para o exército ateniense, pela falta de liderança decisiva de Nícias, o comandante das forças de Atenas. Seu exército foi confrontado em Sicília pelo exército de Siracusa e, havendo de certa forma falhado, decidiu-se que eles deveriam embarcar e abandonar a ilha. Leia esse trecho de Plutarco, em *Vida de Nícias*:

“Tudo de acordo foi preparado para a embarcação, e o inimigo não prestou nenhuma atenção a esses movimentos, uma vez que eles não os estavam esperando. Mas, durante a noite, ocorrera um eclipse da Lua. Nícias e os demais foram tomados por grande pânico, tanto por ignorância quanto por superstição. No que se refere ao eclipse do Sol, que acontece durante a Conjunção, mesmo as pessoas comuns tinham alguma idéia de que seria causado pela interposição da Lua; mas as pessoas não eram capazes facilmente de conceber, pela interposição de qual corpo a Lua, quando cheia, deveria repentinamente perder sua luz e assumir tal variedade de cores. Eles observaram aquilo como um fenômeno estranho e sobrenatural, um sinal pelo qual os Deuses anunciaram alguma grande calamidade. E a calamidade aconteceu, mas somente de forma indireta foi causada pela Lua.”⁴⁹

Com efeito, os soldados e os navegadores ficaram extremamente assustados com esse mau sinal dos céus e relutaram em partir. Nícias consultou os videntes e adiou a partida por vinte e sete dias. Esse atraso conferiu uma vantagem para os siracusanos, que derrotaram o exército ateniense inteiro, matando Nícias.⁵⁰

8) Eclipse de Alexandre, 331 BCE

Em alguns casos, eclipses são também interpretados como indícios de boa sorte vindos do céu. Esse foi o caso com Alexandre, o Grande (356-323 BCE), após conquistar o Egito. Ele marchou ao leste e fez com que os persas deixassem a Babilônia, possuindo-os no norte da Assíria.⁵¹

A exatamente onze dias antes da vitória de Alexandre sobre Darius, em Arbela, Assíria, Plutarco e Plínio mencionam que a Lua fora totalmente eclipsada. Veja esse trecho de Plutarco, em *Vida de Alexandre*:

“Aconteceu um eclipse da Lua, por volta do início do festival dos grandes mistérios de Atenas. Na décima primeira noite após aquele eclipse, os dois exércitos, frente a frente; Dário manteve seus homens sob sua vigilância e procedeu a uma revisão geral de suas tropas sob a luz de tochas.”

Isso parece ter gerado considerável tumulto no campo Assírio, fato percebido por Alexandre. Seus amigos sugeriram um ataque ao campo inimigo durante a noite, mas Alexandre preferiu que os Macedônios tivessem uma boa noite de sono. Daí ele proferiu a famosa frase, *“Não vou roubar uma vitória.”* Esse eclipse aconteceu em 20 de setembro de 331 BCE, e a famosa batalha de Arbela, por sua vez, ocorreu em 1 de outubro de 331 BCE.⁵²

Alexandre provavelmente obteve aquela informação com astrônomos babilônios,⁵³ uma vez que o conhecimento grego de eclipses era amplamente derivado daquele povo, após 330 BCE.

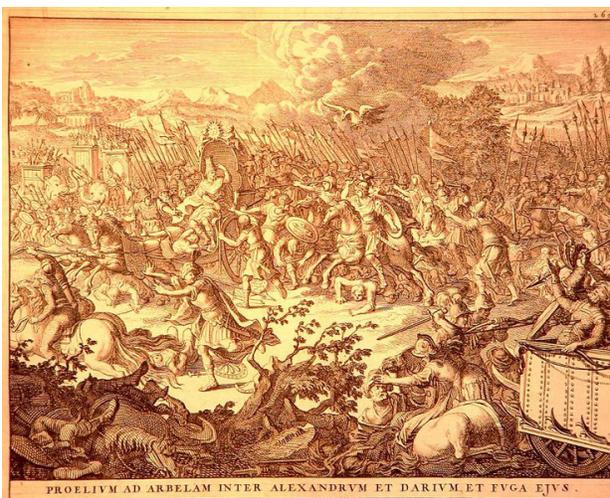


Fig. 22 – A batalha em Arbela, Alexandre cersus Darius. Crédito: Domínio público.

9) Eclipse de Cesar, 51 BCE

Ver Mapa de Visibilidade: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/5MCSEmap/-0099-0000/-50-03-07.gif>

Júlio Cesar (100-44 BCE) morreu em 44 BCE e Arago associou sua morte a um eclipse anular do Sol. Plínio, Plutarco e Tibulus descrevem-no; Seneca e Suetonius adicionam um cometa para tornar a história mais impressionante.

Shakespeare utilizou-a para seus propósitos artísticos.⁵⁴ Na época em que ele escrevia, era forte a crença de que o poder divino intervinha no mundo para punir indivíduos ou nações por seus pecados, de modo que isso se reflete em sua escrita, como no trecho abaixo, de *Hamlet 1.1*:

*“No mais alto e bem-sucedido estado de Roma,
Um pouco antes o poderoso Júlio caiu,
As covas vazias e o morto coberto (...)
... gotículas de sangue,
Desastres no sol; e a estrela úmida,
Sob cuja influencia o império de Netuno se sustenta,
Adoeceu quase ao fim do mundo com o eclipse.”*

De fato, não ocorreu eclipse algum no dia da morte de Cesar. O registro concreto diz que, no tempo da morte de um grande guerreiro, houve uma extraordinária diminuição do Sol. Johnson sugere que Arago deve ter confundido o registro de um eclipse com alguma espécie de interferência meteorológica.⁵⁵ Suetonius também infere que o evento teve origem meteorológica – algum tipo de formação nas nuvens.

Entretanto, sabemos precisamente o dia em que Cesar cruzou o Rubicon, sete anos antes de sua morte, em 7 de março de 51 BCE, porque esse foi o único eclipse possível correspondente ao mencionado por Dion Cassius.⁵⁶

10) Eclipse de Augusto, 14 CE

Logo após a morte do imperador romano Augusto, Tácito mencionou um eclipse lunar, que foi identificado com o eclipse de 27 de setembro de 14 CE. Os soldados acreditavam que o fenômeno estava associado a suas aventuras, em favor de seus esforços. Eles acreditavam que se fizessem muito barulho, o eclipse os favoreceria. Segundo Tacitus: *“A Lua, no céu claro, foi repentinamente*

eclipsada; os soldados, que ignoraram a causa, interpretaram o fenômeno como um mau sinal relacionado a suas atuais aventuras: ao seu trabalho eles compararam o eclipse do satélite, e profetizavam ‘que se a majestosa Lua em sofrimento deveria ser restaurada em brilho e esplendor, igualmente bem-sucedida deveria ser a causa de seu esforço.’ Então eles fizeram muito barulho, batendo latões e soprando trombetas e cornetas; na medida em que a Lua aparecia mais brilhante ou mais escura, eles exultavam ou lamentavam.”⁵⁷

11) Eclipse da Crucificação, 33 CE⁵⁸

Ver Mapa de Visibilidade: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/5MCSEmap/0001-0100/29-11-24.gif>

Jesus Cristo deve ter sido crucificado em dia de eclipse, durante o período em que Pôncio Pilatos foi procurador da Judéia (26-36 CE). Entretanto, não há consenso sobre a data da crucificação. De acordo com os evangelistas, Jesus foi crucificado em uma tarde de sexta-feira, algumas horas antes do início do sábado judeu. Evidências sugerem 3 de abril de 33 CE,⁵⁹ enquanto outros pesquisadores sugerem 7 de abril de 30 CE.

Outra hipótese é a de um eclipse solar visível em Jerusalém, em 24 de novembro de 29 CE.⁶⁰ O historiador grego Phlegon menciona esse eclipse em sua *História das Olimpíadas*, e afirma que ele foi acompanhado por um terremoto.⁶¹ “No quarto ano da 202ª Olimpíada, ocorreu um eclipse do Sol, que foi maior



Fig. 23 – O eclipse da crucificação. De acordo com os evangelistas, o Sol escureceu durante a crucificação de Cristo. Posteriormente, o eclipse foi associado com um eclipse visível em Jerusalém. Crédito: © Valenciennes, Museu de Belas Artes, foto R.G. Ojeda.

que qualquer outro antes; e na sexta hora do dia, o dia fez-se noite; desse modo, estrelas apareceram no céu, e um grande Terremoto que ocorreu em Bitínia destruiu a maior parte de Nicéia.” De fato, menção é feita também na Bíblia a um Sol sendo escurecido mais cedo naquele dia: *“O Sol deve tornar-se escuridão.”*

Entretanto, há várias alusões na Bíblia a uma Lua sendo escurecida e “assumindo uma cor de sangue” quando ela se ergueu na noite após a crucificação, o que indica um eclipse lunar. Em *Atos dos Apóstolos*, Pedro também se refere a uma Lua cor de sangue e um céu escurecido. Há outra evidência de que, naquele dia, a Lua apresentava uma coloração de sangue. Um fragmento Apócrifo do Novo Testamento, o chamado *Relatório de Pilatos*, afirma que *“Jesus foi entregue por ele a Herodes, Caifás, (...) e todo o povo. Em sua crucificação, o Sol foi escurecido; as estrelas apareceram e em todo o mundo, as pessoas acenderam lamparinas da sexta hora até a noite; a Lua apareceu com cor de sangue.”*⁶² Isso pode ser o resultado de uma tempestade de areia causada por khamsin, um vento quente vindo do sul. Sob tais circunstâncias – um eclipse lunar enquanto há muita poeira suspensa – poder-se-ia esperar que a Lua parecesse o escuro sangue carmesim.⁶³

A razão pela qual a Lua assume tal cor de sangue consiste no fato de que, apesar de ela se encontrar geometricamente na sombra da Terra, a luz do Sol é refratada na alta atmosfera, onde a dispersão normal impede a penetração da luz azul. Entretanto, essa luz refratada seria muito mais fraca que a luz direta mesmo de uma pequena porção do Sol e a cor de sangue associada com o eclipse não seria visível para a olho nu. No entanto, a Lua apresentaria uma cor âmbar resultante da absorção atmosférica, como em qualquer outra ocasião em que ela se encontra baixa no horizonte.⁶⁴

Conforme mencionado, há controvérsia entre pesquisadores. Teria sido o eclipse solar ou lunar? E quando ocorreu? De qualquer forma, um eclipse na noite da crucificação deve ter sido interpretado pelos crentes como um sinal sobrenatural, influenciado assim a mudança de idéia dos judeus e de Pilatos, no que se refere ao corpo de Cristo, levando-os a colocar uma guarda militar em frente à tumba.⁶⁵

Idade Média

12) Eclipse de Muhammad, 632 CE

Ver Mapa de Visibilidade: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/5MCSEmap/0601-0700/632-01-27.gif>

Em tempos antigos, nascimentos e mortes de líderes eram relacionados a sinais dos céus. Entretanto, a teologia islâmica não acreditava que o poder divino enviaria um eclipse como sinal do nascimento de seu profeta, Muhammad. Apesar disso, alguns eclipses foram historicamente associados a ele.

Muhammad nasceu em Meca, no *Ano do Elefante*, 569-570 CE. O ano de seu nascimento ganhou esse nome devido à invasão pelos abissínios, que utilizaram elefantes no assalto. O exército foi forçado a partir quando aves derrubaram pedras sobre as tropas, causando uma epidemia similar à varíola. O Ano do Elefante foi também memorável por seu eclipse solar.

Mais tarde, seu jovem filho Ibrahim morreu tragicamente em 22 de janeiro de 632 CE. O Sol foi eclipsado naquele dia, e alguns residentes da cidade de Meca afirmaram que aquilo era um sinal divino. Muhammad, entretanto, disse que *“O Sol e a Lua são sinais de Deus e não eclipsam pela morte ou nascimento de nenhum homem.”*

Outro eclipse solar relacionado a Muhammad ocorreu 39 anos após sua morte. Em 661 CE, Mu’awiyah tornou-se líder do império após a revolta contra Ali, filho do principal inimigo mecano de Muhammad. Mu’awiyah decidiu transferir o púlpito do profeta de Medina para sua capital em Damasco, Síria. Porém, enquanto seus homens o removiam, o céu escureceu e as estrelas tornaram-se visíveis. Isso foi considerado um sinal de fúria divina, e a relíquia permaneceu em Medina como um símbolo do insucesso de Mu’awiyah.⁶⁶

13) Os Eclipses de Tatwine e Beda, 734 CE

Uma Crônica Anglo-Saxônica assinala que, em 24 de janeiro de 734 CE,⁶⁷ *“a Lua estava como se tivesse sido manchada com sangue, e os Arcebispos Tatwine e Beda morreram, e Ecgberht foi nomeado bispo.”* A inferência,

aparentemente, é de que a Lua fora, de certa forma, relacionada às mortes dos dois eclesiásticos. A descrição evidencia que a Lua, naquela ocasião, exibia um tom cobre, sinal característico de muitos eclipses lunares.

14) Eclipses Europeus, 828 CE

Dois eclipses lunares foram observados na Europa, em 828 CE, sendo o primeiro em 1 de julho, de manhã cedo e o segundo, na manhã do dia de Natal. A totalidade ocorreu após a meia-noite.⁶⁸

O evento foi associado ao seguinte fato, descrito pela *Crônica Anglo-Saxônica*: “Neste ano, a Lua foi eclipsada em meio a missa noturna de inverno, e no mesmo ano, o Rei Ecgbert subjogou o reinado dos mercianos e tudo o que estava ao Sul do Humber.”

15) Eclipses Solares do Imperador Luís, 840 CE

Ver Mapa de Visibilidade: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/5MCSEmap/0801-0900/840-05-05.gif>

Essa é a história do eclipse que influenciou a divisão da Europa como a conhecemos hoje. Luís de Bavaria, o filho de Charlemagne, era líder de um grande império quando, em 5 de maio de 840 CE, observou um eclipse solar.

Sua imaginação trabalhou contra ele próprio. Ele interpretou o fenômeno como um dedo apontado para *ele*. Aterrorizado, o rei nunca mais se recuperou, acreditando que seus dias estavam contados. De fato, ele morreu um mês depois.⁶⁹

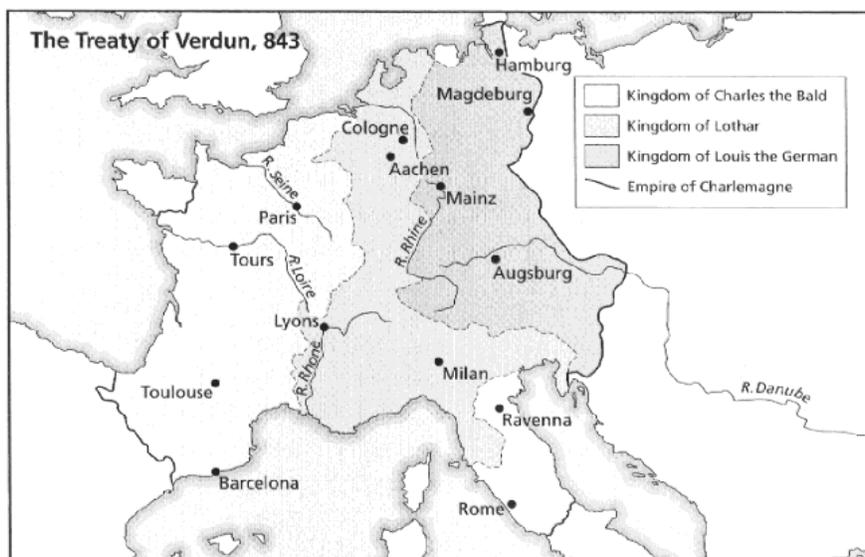


Fig. 24 – O Tratado de Verdun. Fonte: Fundação Northvegr, <http://www.northvegr.org>

*“No terceiro ano da Indicção, o Sol foi escondido desse mundo e estrelas apareceram no céu como se fosse meia-noite.”*⁷⁰

Depois disso, seus três filhos começaram a disputar sua sucessão. A disputa foi resolvida três anos depois, com o *Tratado de Verdun*, dividindo a Europa em três grandes áreas, a saber, França, Alemanha e Itália.⁷¹

16) O Eclipse do Rei Henrique, 1133 CE

Ver Mapa de Visibilidade: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/5MCSEmap/1101-1200/1133-08-02.gif>

Visível na Inglaterra e na Alemanha, esse eclipse solar total ocorreu em 2 de agosto de 1133 CE, e estimulou muitas descrições em crônicas de ambos os países.

Para os ingleses, o eclipse ocorreu no dia da partida do Rei Henrique I, sendo interpretado como um mau sinal relacionado à sua morte. Com efeito, o rei morreu logo em seguida na Normandia, fato que, subsequente, confirmou a superstição. Os alemães associaram o escurecimento do Sol ao saque da cidade de Augsburg e ao massacre de seus habitantes pelo Duque Frederico.⁷²

A Crônica Anglo-Saxônica menciona, em 1135 CE:

“Nesse ano, o Rei Henrique foi para o mar em Sammas, e no segundo dia, quando ele deitou e dormiu no navio o dia escureceu sobre todas as terras; e o sol se fez como se fosse uma lua de três noites de idade, e havia estrelas no céu ao meio-dia. Os homens estavam com grande mal-pressentimento e temerosos, e afirmaram que algum grande acontecimento viria a seguir. E de fato veio, pois no mesmo ano o rei morreu no dia posterior ao dia da missa de Santo Andre, dia 2 de dezembro, na Normandia.”

Realmente, o eclipse ocorreu dois anos antes da morte do rei, logo após sua partida final para a França.⁷³



Fig. 25 - Rei Henrique I, Rei da Inglaterra. Crédito: Domínio público.

17) Eclipse de Bruxa, 1349 CE

Os eclipses foram também utilizados ao longo dos séculos para enganar a população não conhecedora do mecanismo científico que rege o fenômeno. Esse foi o caso de um eclipse lunar, que ocorreu em 30 de junho de 1349 CE, visível em Londres. Uma bruxa esperta tentou usar aquele evento para ameaçar a população a obter favores para ela. De acordo com o eclesiástico Churton,

“O valoroso Arcebispo Bradwardine, que nasceu no reino de Norman Edwards, e faleceu em 1349 CE, conta a história de uma bruxa que estava tentando impor-se ao povo simples da época. Era uma bela noite de verão, e a Lua foi repentinamente eclipsada. ‘Tragam-me finos presentes,’ ela disse, ‘ou eu irei esconder também a luz do Sol de vocês.’ Bradwardine, que estudou com os astrônomos árabes, foi mais que uma combinação perfeita para essa peça simples que ela tentava pregar nas pessoas e, sem pedir o auxílio da lei saxônica, disse: ‘Diga-me, a que horas você vai fazer isso, e nós acreditaremos em você; do contrário, eu lhe direi quando o Sol e a Lua irão ser escurecidos da próxima vez, em que parte de sua orbe a escuridão irá começar, quão longe ela irá se estender, e por quanto tempo irá continuar’.”⁷⁴

Planos malignos como esse por vezes não funcionam, e a presença de Bradwardine deve ter estragado o dia daquela senhora.

18) A Hora Negra, 1433 CE

Ver Mapa de Visibilidade: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/5MCSEmap/1401-1500/1433-06-17.gif>

Um dos eclipses mais celebrados da Idade Média ficou conhecido como a “Hora Negra.” Ele aconteceu na Escócia e diz-se que a escuridão veio por volta das três da tarde, em 17 de junho de 1433 CE, e foi muito profunda.⁷⁵

Afirma-se que o eclipse foi estranhamente longo, durando aproximadamente uma hora. A explicação científica faz referência a um ângulo específico entre o Sol e a Lua naquele dia – na hora do eclipse, o Sol estava a apenas dois graus do perigeu e a Lua a não mais que treze graus do apogeu.⁷⁶

Alguns fatos interessantes sobre esse eclipse são registros da época, que relatam que nada era visível durante o pico da totalidade – apesar de isso soar

exagerado – e no contexto de uma época muito supersticiosa, a pestilência que se proliferou depois foi atribuída ao eclipse.

19) Queda de Constantinopla, 1453 CE

O imperador romano Constantino, em 324 CE, transferiu a capital de seu antigo reino Bizâncio, a qual ele renomeou Constantinopla. Esta capital governou a região leste dos Mares Mediterrâneo e Negro por mais de mil anos, oferecendo um forte governo, bem como a continuação do império Romano, depois de seu colapso em todas as demais localidades.⁷⁷

Em meados do século XV, o império Otomano, em franca expansão, decidiu conquistar Constantinopla. Os turcos tentaram tomá-la em 1402 e 1422 CE, sem sucesso, e a cidade foi cercada por muralhas impenetráveis. Em 1453 CE, as tropas do Sultão Mohamed II retornaram para as muralhas. Além de 250 mil homens, os turcos trouxeram um novo canhão de oito metros de comprimento, capaz de atirar balas de canhão de 600 kg.



Fig. 26 – O cerco de Constantinopla. Cena da batalha para defender Constantinopla. Pintura realizada em Paris, em 1499. Crédito: Domínio público.

Apesar de tudo, os defensores da cidade, cerca de 7 mil homens em número, repeliram três assaltos e repararam suas muralhas danificadas a cada noite. Eles estavam confiantes em previsões antigas, de acordo com as quais Constantinopla jamais cairia. A lua cheia surgiu em eclipse em 22 de maio e sua moral foi igualmente eclipsada. Seis dias depois, Mohamed II tentou um novo assalto e obteve êxito, derrotando os defensores.

Esqueceu-se acidentalmente um portão aberto, que alguns turcos utilizaram para penetrar na cidade. Na medida em que os homens do sultão atravessaram as muralhas, a luta tornou-se um tumulto e a defesa de Constantinopla colapsou. O terrível saque de Constantinopla, que se seguiu durou três dias e foi um grande choque para a civilização ocidental.⁷⁸ Nesse caso, o eclipse foi visto como um

mau sinal por Constantinopla, e seu povo pode ter atribuído tal derrota ao fenômeno.

Idade Moderna

20) Eclipse de Cristóvão Colombo, 1504 CE

Após uma longa viagem para as Américas em 1503 CE, em sua quarta excursão, Colombo foi parar em uma ilha da Jamaica. Em princípio, ele conseguiu obter suprimentos dos caciques nativos em troca de bijuterias e outras bugigangas de pouco valor. Na medida em que os meses passavam, a novidade e a hospitalidade começaram a diminuir, e os marujos espanhóis começaram a ficar mais agressivos com os nativos para obter comida. Zangados, os índios comunicaram aos espanhóis que eles não iriam fornecer-lhes mais nenhum suprimento.



Fig. 27- Colombo impressiona os nativos. Essa ilustração, da obra *Astronomia Popular* de Camille Flammarion, mostra como Cristóvão Colombo utilizou um eclipse da Lua para mostrar seu suposto poder sobre os índios da Jamaica. Crédito: © foto Jean-Loup Charmet.

Colombo ficou desesperado com a ameaça de fome e bolou um plano muito engenhoso. Ele checou seu *Calendarium*, documento que continha previsões de eclipses lunares para muitos anos. Em particular, tal documento previa um eclipse lunar total nas Antilhas, em 29 de fevereiro de 1504 CE. Naquela noite, ele convidou os caciques a bordo de seu *Capitana* para uma séria conversa. Ele começou dizendo que eles eram cristãos e que seu deus não gostou da maneira com que eles estavam sendo tratados e, por isso, iria punir os índios com fome e pestilência e, como um sinal de seu descontentamento, iria escurecer a Lua.

Assim que ele terminou de proferir essas palavras, a sombra da Terra começou a cobrir o disco alvo lunar. Apavorados, os nativos imploraram a Colombo que trouxesse novamente a luz. De acordo com Ferdinand Colombo (segundo filho de Cristóvão Colombo), citado por Sinnot (1992):

“Os índios observaram [o eclipse] e ficaram tão impressionados e assustados que, com grande choro e lamentações, vieram correndo de todas as direções para os navios, carregando suprimentos e implorando (...) e prometendo que eles iriam cuidadosamente suprir todas suas necessidades no futuro.”

Ele respondeu que precisaria consultar seu deus. Então, trancou-se em uma cabine por aproximadamente duas horas. Logo após o final da fase de totalidade, ele reapareceu e anunciou que seu deus concedera seu perdão e traria novamente a Lua, contanto que os cristãos recebessem suprimentos. Imediatamente, a Lua reapareceu. Impressionados, os nativos forneceram a Colombo e sua tripulação os suprimentos de que eles precisavam até que eles pudessem retornar para a Europa.⁷⁹

O uso de eclipses como uma ferramenta para manipular populações menos conhecedoras do mecanismo de eclipses se encontra também presente em diversos trabalhos de ficção. Em 1889, Mark Twain publicou *Um Ianque na Corte do Rei Arthur*, um romance prevendo a vida no século sexto na Inglaterra. O autor conta com Hank Morgan, o ianque do título, enganou o ignorante daquela época, por meio da invocação do conhecimento prévio de um eclipse solar em 21 de junho de 528 CE. Twain traz também Morgan, que se encontra preso aguardando execução, ameaçando o Rei Arthur de apagar o Sol:⁸⁰

“Volte e conte para o rei que, naquela hora eu encobrirei o mundo todo na escuridão de morte da meia-noite; escurecerei o Sol, e ele nunca mais

irá brilhar; as frutas da Terra não irão mais se decompor por falta de luz a calor, e os povos da Terra passarão fome e morrerão, até o último homem!”⁸¹

A descrição fornecida por Twain é precisa em vários aspectos, exceto pelo fato de que não houve nenhum eclipse solar visível na Inglaterra, em 528 CE. Há mais exemplos desse tema na literatura, tais quais *As Aventuras de Tintin*, por Georges Remi e *As Minas do Rei Salomão*, por H. Rider Haggard.

21) Eclipse Cartográfico, 1706 CE

Ver Mapa de Visibilidade: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/5MCSEmap/1701-1800/1706-05-12.gif>

Esse eclipse foi de grande interesse para os geógrafos que confiavam em cálculos astronômicos para produzir mapas terrestres. O momento do eclipse tornou-se um ponto de referência para a cartografia, de modo que os mapas passaram a representar o mundo como ele era em 1706 CE.⁸²

Do alto das montanhas suíças, em Montpellier e em outros locais na Europa, muitas estrelas puderam ser observadas a olho nu durante a lua cheia, tais como Aldebaran e Capella, bem como os planetas Vênus, Mercúrio e Saturno.

Esse eclipse causou grande comoção nas pessoas. Diz-se que em Geneva, o Conselho interrompeu suas deliberações, pois não era possível ler nem escrever. Em diversos lugares, as pessoas se prostravam no chão e rezavam, imaginando que o dia do julgamento final havia chegado.

Os animais também são bastante sensíveis a essas mudanças nos céus. Naquele dia, morcegos voavam, galinhas e pombos voltavam apressados para seus ninhos, aves de gaiola ficaram silenciosas, escondendo sua cabeça debaixo das asas, e animais que trabalhavam nos campos se aquietaram.⁸³

22) O Eclipse de Halley, 1715 CE

Ver Mapa de Visibilidade: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/5MCSEmap/1701-1800/1715-05-03.gif>

“Poucos segundos antes que o Sol fosse totalmente escondido, foi descoberto ao redor da Lua um anel luminoso de cerca de 3/4 de uma polegada, ou talvez uma décima parte do diâmetro da Lua, em extensão. Era de uma

brancura pálida, ou ao invés disso, era de uma cor de pérola, parecendo para mim um pouco tingido com as cores da íris, e parecia ser concêntrico com a Lua.”

- Edmond Halley⁸⁴

Essa foi a descrição do astrônomo britânico Halley (1656-1742) para a corona solar, durante o eclipse total de 3 de abril de 1715 CE, visível na Inglaterra e em Wales. O rei da França e alguns outros membros da família real inglesa devem ter observado o eclipse também.⁸⁵



Fig. 28 – Eclipse solar de 1715. Parcialmente visível em Paris, foi observado de varias maneiras: diretamente por meio do emprego de telescópios, vidro esfumado, câmeras pinholes, peneiras, e vários filtros, ou de forma indireta, pelo reflexo na água. Fonte: Biblioteca Nacional da França (BnF).

Halley acreditava ter observado a atmosfera da Lua pela primeira vez! Ele ficou famoso por descobrir a periodicidade de certos cometas e prever seu retorno 76 anos após aquele que ele observou em 1682 e que leva seu nome. Baseando seus cálculos na lei da atração universal de Newton, ele forneceu a primeira explicação física para o aparecimento desses viajantes errantes dos céus, que costumavam apavorar as pessoas no passado.⁸⁶

23) Eclipse Solar de Luís XV, 1724 CE

Ver Mapa de Visibilidade: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/5MCSEmap/1701-1800/1724-05-22.gif>

Esse eclipse total do Sol foi visível em Paris, em 22 de maio de 1724 CE. O jovem Rei Luís XV, na época com quatorze anos de idade, observou o fenômeno. A rota de sua sombra, bastante semelhante ao eclipse de 11 de

agosto de 1999 CE, moveu-se para o sul, cruzando a Inglaterra, a França e a Alemanha. O fenômeno foi cuidadosamente calculado e mapeado, e os artistas pintaram cenas das multidões de expectadores.⁸⁷

24) Eclipse de Banneker, 1731 CE

Ver Mapa de Visibilidade: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/5MCSEmap/1701-1800/1790-04-14.gif>

Benjamin Banneker (1731-1806 CE) foi o primeiro cientista americano negro da história. Nascido livre em 9 de novembro de 1731 CE, era filho de Robert, um escravo da Guiné, no oeste da África, e de sua esposa livre Mary Banneky, de descendência inglês-africana. Naquela época, era raro indivíduos negros nascerem livres, mas aquilo ocorreu porque sua mãe era livre.

Durante sua infância, ele foi muito curioso: gostava de números e de aprender o funcionamento das coisas. Um de seus projetos mais significativos consistiu em construir seu próprio relógio. Um dia, um amigo mostrou um relógio de pulso para ele. Benjamin ficou tão fascinado que decidiu montar seu próprio relógio. Após dois anos de trabalho ele conseguiu fazer um relógio totalmente de madeira!⁸⁸

Apesar de trabalhar duro para sustentar sua família, Banneker teve oito anos de escolarização com um professor de Quaker, uma instituição de ensino particular. Ele emprestou e leu livros de Addison, Pope, Shakespeare, Milton, e Dryden, estudou as estrelas, bem como criou e resolveu problemas de matemática, tanto como entretenimento quando como forma de auto-instrução.⁸⁹

Discutivelmente, sua realização mais marcante consistiu em prever com precisão o eclipse solar de 14 de abril de 1789 CE. Outros cientistas famosos da época não acreditavam nas previsões de Banneker, pois eles tinham suas próprias datas; mas, na medida em que o Sol ia sendo parcialmente encoberto



Fig. 29 – Eclipses e a família real francesa. A imagem mostra Luís XIV sentado em uma caixa com parte de trás no formato de um leque, no centro de um Sol. Os numerosos raios de Sol representam as indignidades atribuídas ao Rei entre 1667 e 1705, e também o eclipse de 12 de maio de 1706. Fonte: Catálogo online, Biblioteca do Congresso – LOC.

a 14 de abril de 1789 CE, a estrela de Banneker começou a brilhar!⁹⁰

Banneker é um brilhante exemplo de um cientista que lutou contra limitações socioeconômicas e étnicas, bem como contra determinantes de classe social para pesquisadores negros na época, dando importantes contribuições para a Astronomia e mostrando que barreiras podem e devem ser superadas.

25) Eclipse de Nat Turner, 1831 CE

Ver Mapa de Visibilidade: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/5MCSEmap/1801-1900/1831-02-12.gif>

A maior revolta de escravos da América do Norte foi conduzida por Nat Turner (1800-1831 CE). O inteligente Turner aprendeu a ler com o filho de seu senhor. A leitura era uma habilidade não desejável para os escravos, do ponto de vista dos proprietários de escravos da época, devido ao temor de potenciais rebeliões. Turner, posteriormente, dedicou-se à religião e tornou-se um pastor para seus seguidores.⁹¹

Em 1828 CE, Turner teve uma visão: ele lideraria seu povo para a liberdade, mas deveria esperar um sinal divino, e este veio do céu: um eclipse anular do Sol, em 12 de fevereiro de 1831 CE. Turner interpretou o fenômeno como um ‘anjo negro’ ocultando um anjo branco – uma indicação de que chegara o tempo de os negros superarem os brancos – logo, era chegada a hora da rebelião.

Vários meses depois, após ter assassinado seus senhores, Turner e seu bando de insurgentes dirigiu-se para a pequena cidade de Jerusalém, onde militares prontamente

interromperam sua marcha. A maioria dos escravos, incluindo Turner, se esconderam durante setenta dias, antes de serem presos e decapitados.⁹²



Fig. 30 – Nat Turner aponta eclipse lunar. Líder prevê a rebelião que irá ocorrer com o eclipse da Lua. Crédito: Bernarda Bryson.

Muitas pessoas morreram durante essa revolta e em nenhum outro episódio tantos proprietários de escravos pereceram, razão pela qual muitos consideram Turner um herói da resistência contra a opressão ao povo negro nos Estados Unidos.

26) Eclipse de Adams, 1851 CE

Ver Mapa de Visibilidade: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/5MCSEmap/1801-1900/1831-02-12.gif>

O eclipse solar total de 28 de julho de 1851 CE, foi o primeiro objeto de uma expedição. A fase de totalidade foi visível na Noruega e na Suécia. Muitos astrônomos de todas as partes da Europa viajaram para aqueles países com a finalidade de observar o eclipse.

Chamas vermelhas estavam em evidência na época, e o fato de que elas pertenciam ao Sol e não à Lua foi claramente esclarecido. A primeira foto da corona solar foi obtida durante esse eclipse e as melhores observações foram realizadas na Escandinávia. Edwin Dunkin escreveu:

“As proeminências eram claramente visíveis, especialmente uma grande protuberância curva. Essa notável corrente de gás hidrogênio, que produziu um branco incandescente enquanto passava através da fotosfera aquecida do Sol, atraiu a atenção de quase todos os observadores nas diferentes estações.”

A melhor descrição foi feita pelo eminente astrônomo John Couch Adams. Em 1845 CE, Adams calculou, ao mesmo tempo que o francês Le Verrier, a posição de Netuno. Naquele período histórico, muitos astrônomos jamais tinham observado um eclipse total do Sol, porque eles raramente ocorriam em um determinado local e os recursos de transporte eram restritos e inacessíveis.

Em seu artigo inspirador que apareceu nas *Memórias da Sociedade Astronômica Real*, o estilo lírico de Adams comunica a extraordinária emoção de um astrônomo experiente que se percebe como um completo novato na arte da observação desse espetáculo pela primeira vez:

“A aproximação do eclipse total de 28 de julho de 1851, produziu em mim um forte desejo de testemunhar tão raro e admirável fenômeno. Não que eu tenha muita esperança de poder acrescentar algo de relevância científica às descrições de muitos astrônomos experientes que se prepararam

para observá-lo; porque eu conhecia a dificuldade que alguém não muito acostumado com a observação astronômica teria em preservar o requisito frieza e comando de atenção, em meio a circunstâncias tão novas, nas quais os pontos de interesse são tão numerosos, e o tempo permitido para a observação é tão curto.”

Adams, então, descreve a mágica aparência da corona:

“A aparência da corona, brilhando com uma luz fria misteriosa, criou uma impressão em minha mente que jamais se apagará, e um sentimento involuntário de solidão e inquietação recaiu sobre mim ... Em uma festa de preparadores de feno, que estavam rindo e conversando alegremente em seu trabalho durante a parte inicial do eclipse, estavam agora sentados no chão, em um grupo próximo ao telescópio, assistindo o que estava acontecendo com grande interesse, e preservando um profundo silêncio... Um corvo foi o único animal próximo a mim; ele parecia um tanto confuso, grassando e voando para trás e para frente próximo ao chão, de uma forma incerta.”

Em outro escrito, ele compara a corona com o halo luminoso que os pintores desenham ao redor da cabeça dos santos.⁹³

27) General Gordon e seus Eclipses Fatais, 1863 e 1885 CE

Ver Mapa de Visibilidade: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/5MCSEmap/1801-1900/1885-03-16.gif>

Um aforismo chinês antigo afirma que cada dinastia começa com a substituição de um regime antigo, degenerado e governado pela corrupção e falta de efetividade. Mas, à medida que o tempo passa, os novos governantes, em princípio virtuosos, aderem aos mesmos vícios e o chamado “Mandato dos Céus” (na medida em que eles reinam por graça divina) é passado adiante.

Em tal sociedade, sinais dos céus podem influenciar tremendamente a política.⁹⁴ A dinastia *Ch’ing* teve início em 1644 CE, e atingiu grande esplendor. Por volta da metade do século XIX, entretanto, começou a se tornar ineficiente e corrupta.

Naquele tempo, o general britânico Charles Gordon foi encarregado pelos poderes do Ocidente de ajudar o imperador da China e sua dinastia, em sua luta contra a revolta Taiping. Preparados com gênio e liderança militares,

Gordon comandou um exército de mercenários Chineses e angariou numerosas vitórias.

Em 25 de novembro de 1863 CE, um eclipse lunar parcial assustou suas tropas durante o cerco de Soochow (*Suzhou*) em Kiangsu (*Jiangsu*). Os supersticiosos chineses interpretaram o evento como um mau sinal para o imperador. Soochow não foi conquistada e a revolta Taiping foi resolvida pacificamente. Esse eclipse foi, assim, a causa da primeira derrota do general Gordon.

Outro eclipse, dessa vez solar, ocorrido em 16 de março, foi diretamente responsável por sua morte. Em 1885 CE, ele estava encarregado da defesa de *Khartoum*, capital do Sudão, sob ataque de um líder religioso carismático, Mahdi. Um eclipse solar desmoralizou as tropas de Gordon. A cidade foi tomada antes que as tropas britânicas pudessem chegar com reforços e o general britânico não sobreviveu ao massacre.⁹⁵



Fig. 31 – O General Gordon em seu uniforme como Governador-Geral do Sudão. Fonte: DigNubia – Explorando a Ciência da Arqueologia, <http://www.dignubia.org>

28) O Grande Eclipse de 1878

Ver Mapa de Visibilidade: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/5MCSEmap/1801-1900/1878-07-29.gif>

Considerado um dos maiores eventos daquele século, é conhecido como o grande eclipse de 1878 CE, por sua ampla faixa de visibilidade. A sombra da Lua levou cerca de 20 minutos para cruzar os estados norte-americanos de Wyoming e Colorado, em 29 de julho de 1878 CE. Muitos turistas lotaram hotéis para ver o espetáculo - até o famoso inventor Thomas Edison se fez presente!

Extensivas preparações foram feitas pelos oficiais encarregados pelo Observatório Nacional, para observar o eclipse. Cinco expedições foram encarregadas da missão de observar o fenômeno e conduzir investigações

científicas relevantes, tais quais desenhos da corona e estudos da constituição física do Sol.⁹⁶ Apesar de a corona ter sido fotografada em 1851 CE, os resultados não foram satisfatórios e, em 1878 CE, desenhos forneceram melhores informações sobre seu tamanho e forma.⁹⁷

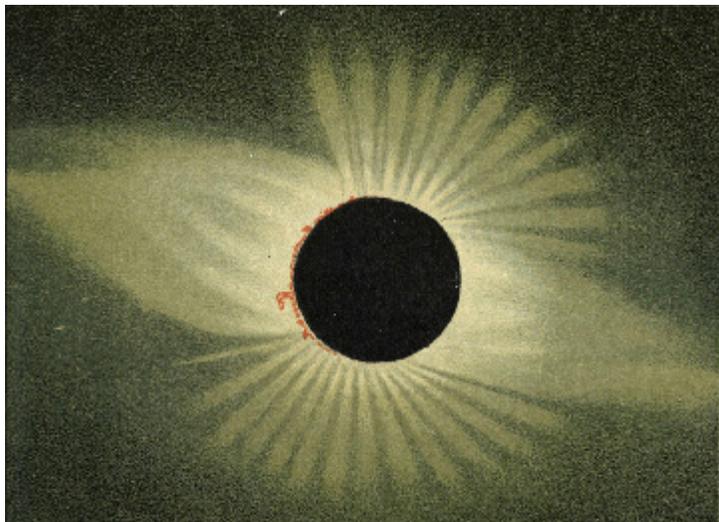


Fig. 32 – Capturando a corona. Magnífica pintura pastel da corona do Sol, por E.L. Trouvelot, durante o eclipse solar total de 29 de maio de 1878. Crédito: Expedição americana para Wyoming. De E.L. Trouvelot, Coleção Meudon.

O eclipse de 1878 CE, foi observado pela astrônoma americana Maria Mitchell, a primeira mulher a ingressar na prestigiosa Academia Americana de Artes e Ciências. Ela liderou uma equipe de cinco de suas alunas em uma jornada ao longo dos Estados Unidos para Denver, estado do Colorado, com o intuito de observar e relatar cientificamente um eclipse solar total.⁹⁸ Elas viajaram de trem, em uma época em que as

mulheres não viajavam sem escolta. Suas alunas ficaram fascinadas com a viagem, embora um pouco assustadas.

Maria se encarregou de toda a logística, enviando telescópios para um sítio observacional, e dando a cada estudante instruções sobre quais observações deveriam fazer. *“Vocês verão a Natureza como nunca antes – não será nem dia nem noite – abram seus sentidos para todas as revelações”*, ela apontou. *“Deixem seus olhos perceberem as cores da Terra e do Céu. Observem a matiz do Sol. Voltem seu olhar para um flash de luz no horizonte. Percebam a cor da folhagem. Utilizem outro sentido – percebam se as flores exalam os odores da noite. Ouça se os animais apresentam sinais de medo – se os cães ladram – se a coruja pia – se as aves param de cantar – se a abelha pára de zumbir – se a borboleta interrompe seu vôo – afirma-se que mesmo a formiga interrompe seu trabalho de carga e não dá mais lição ao preguiçoso”*.⁹⁹

Ela descreve também o mais glorioso momento: a observação da corona! *“Na medida em que os últimos raios da luz solar desaparecem, a corona explode ao redor do Sol, tão intensamente brilhante próxima ao Sol, que o*

olho dificilmente poderia tolerar; estendendo-se com menos intensidade ao redor do Sol, no espaço de cerca de metade do diâmetro do Sol, e em algumas direções lançando ‘streamers’ [raios] por milhões de milhas ...”

As moças ficaram entusiasmadas com a experiência e tiveram uma atitude corajosa em uma época em que acreditava-se que as mulheres não deveriam fazer parte de círculos científicos. Em uma época em que as instituições universitárias masculinas raramente engajavam estudantes de ciências em experiências de campo como essa, as alunas de Mitchell ingressavam em uma nova era de aprendizagem para mulheres. Esse evento representou um significativo avanço científico, social e pedagógico, promovido por uma mulher pioneira.



Fig. 33 –Maria Mitchell. Imagem cortesia da Associação Maria Mitchell. Fonte: Sítio da Escola Central Pocantico Hills, <http://www.pocanticohills.org>

29) Eclipse de Lawrence da Arábia, 1917 CE

Durante a Primeira Guerra Mundial, Thomas Edward Lawrence, conhecido como Lawrence da Arábia, aconselhou os Árabes em sua revolta contra o Império Otomano. Uma de suas maiores proezas foi a captura de Aqaba, um porto fortificado na Península Sinai, com uma pequena tropa de 50 beduínos.

Nos *Sete Pilares da Sabedoria*, ele relata um eclipse lunar no Egito que ajudou-o a superar a primeira posição defensiva, Kethira:

“Pelo meu diário, havia um eclipse. A tempo ele veio, e os Árabes forçaram o posto sem perda, enquanto os soldados supersticiosos ficaram

disparando rifles e ressoando potes de cobre para resgatar o satélite ameaçado.”

Aqaba foi tomada alguns dias depois. Graças ao fato de esse porto estratégico ter caído nas mãos dos britânicos, os aliados logo recapturaram Jerusalém e Damasco. Os soldados turcos tiveram outra razão para temer o eclipse: de acordo com uma tradição islâmica, o Dia do Último Julgamento encontra-se relacionado a um eclipse no meio do mês do *Ramadan*, e este foi exatamente o caso naquela data.¹⁰⁰

Essa é apenas uma ilustração de como os eclipses através dos séculos têm sido recorrentemente associados por diferentes civilizações a profecias do fim dos tempos.

Com efeito, mesmo atualmente há pessoas que não se sentem muito à vontade observando o disco solar sendo ocultado pela Lua, imaginando que tal evento representaria mais que um mero evento astronômico, e que poderia não haver um novo amanhecer.

30) Eclipse de Einstein, 1919 CE

Ver Mapa de Visibilidade: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/5MCSEmap/1901-2000/1919-05-29.gif>

Esse eclipse inequivocamente revolucionou a história da ciência do século XX, na medida em que ajudou a confirmar a Teoria Geral da Relatividade de Albert Einstein (1879-1955 CE). De fato, uma das maiores contribuições de Einstein para a ciência foi sua Teoria da Relatividade Geral (GTR), formulada entre 1913 e 1916 CE. Essa teoria revolucionária contradisse Newton e forneceu novos e fundamentais entendimentos acerca das medições de tempo e espaço. Entretanto, tal teoria era de difícil entendimento e, para ser aceita, foi necessário que ela fosse capaz de prever ou explicar alguns fenômenos observados que a teoria newtoniana não podia.¹⁰¹



Fig. 34 – Lawrence da Arábia. Crédito: Domínio público.

Nesse cenário, Eddington teve a idéia de que um eclipse solar total poderia oferecer a uma oportunidade de testar quantitativamente a teoria de Einstein. De que forma? Se ela estivesse correta, a luz das estrelas seria encurvada pelo forte campo gravitacional do Sol. E que circunstâncias seriam necessárias para proceder a essa observação? Totalidade e estrelas próximas, porque o teste exigia muitas estrelas brilhantes próximas ao Sol durante o eclipse. O eclipse de 29 de maio de 1919 CE, ofereceu essas condições.

A faixa de totalidade cruzou o Brasil, na América do Sul, e Príncipe, uma ilha pertencente a Portugal, ao norte da linha do Equador e a 150 milhas da costa africana. No nordeste do Brasil, a cidade de Sobral foi o melhor posto de observação. Na ocasião, duas expedições de cientistas americanos e ingleses se uniram à comissão brasileira para observar o eclipse.



Fig. 35 – Sobral, Brasil. A grande cidade de Sobral, no Ceara, Brasil, como era em 1919, e um monumento recente para celebrar o eclipse. Fonte: Sítio da Sociedade Brasileira de Física, <http://www.sbfisica.org.br>

Seus propósitos, entretanto, eram distintos. A comissão brasileira dedicou-se a estudos da corona solar – sua forma e contorno – e realizaram análise espectroscópica de sua constituição. Os ingleses, por sua vez, objetivavam verificar experimentalmente as conseqüências da teoria de Einstein.¹⁰²

Após a análise dos resultados do eclipse, o astrônomo real Frank Dyson anunciou, em novembro de 1919 CE, que os resultados confirmaram a teoria e fez-se publico: Einstein estava certo! De fato, o que provocou tamanha comoção foi a medida precisa do desvio da luz das estrelas, ao passar próximo ao campo gravitacional do Sol. O valor de tal desvio concordava com a previsão da Teoria da Relatividade Geral de Einstein (1.75 segundos de arco), mas foi quase o dobro do valor previsto pela teoria gravitacional de Newton (0.87 segundos de arco).

Essa confirmação do desvio da luz é um dos eventos mais marcantes da história da ciência. Foi notícia de primeira página nos jornais do mundo todo. O London Times exibiu a manchete, “*Revolução na ciência. Nova teoria do universo. Idéias de Newton demolidas*” e o Washington Post com “*Nova teoria do espaço: não possui dimensões absolutas, nem possui tempo, afirma Savants.*” O presidente da Sociedade Real, J. J. Thomson, descreveu a teoria como “*a maior descoberta em conexão com a gravitação desde Newton... Nossas concepções a respeito do tecido do universo devem ser fundamentalmente alteradas*”¹⁰³

Apesar de as pessoas estarem ainda mistificadas por essa teoria, a popularidade mundial de Einstein como um cientista legendário¹⁰⁴ aumentou exponencialmente quase que do dia para a noite,¹⁰⁵ devido parcialmente à fanfarra que se seguiu ao eclipse. Einstein era também muito carismático e tornou-se famoso por sua equação $E=mc^2$.

31) Eclipse do Fim do Milênio, 1999 CE

Ver Mapa de Visibilidade: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/5MCSEmap/1901-2000/1999-08-11.gif>

O eclipse de 11 de agosto de 1999 CE, foi aguardado com ansiedade e observado por milhões de pessoas, muitas das quais viajaram grandes distâncias para assistir ao espetáculo. O faixa de visibilidade englobou o oceano Atlântico e prosseguiu do leste para o sudoeste da Inglaterra. A sombra da Lua, então, cruzou a França, a Alemanha, vários países do leste europeu, a Turquia, o Oriente Médio, o Paquistão e a Índia, antes de eventualmente atingir a Baía de Bengala.¹⁰⁶

Histórias sobre o fim do mundo sempre assustaram populações ao longo da história. Um eclipse do Sol no último ano do milênio seria o cenário perfeito para comoção sobre esse assunto. Um ingrediente fundamental para o eclipse de 11 de agosto de 1999 CE, estava, dessa forma, relacionado com o terceiro milênio, incluindo a previsão de catástrofes.¹⁰⁷

32) Primeiros Eclipses do Terceiro Milênio, 2001 CE

Ver Mapa de Visibilidade: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/5MCSEmap/2001-2100/2001-06-21.gif>

Houve dois eclipses que inauguraram o Terceiro Milênio: um lunar e outro solar. O primeiro aconteceu a 9 de janeiro de 2001 CE, e foi lunar. Ele foi total, conforme observado na maior parte da Ásia, África, Europa e costa leste dos Estados Unidos.

Na Nigéria, o eclipse causou grande consternação e seu advento foi atribuído aos atos dos pecadores. Na região nordeste do país, houve turbulência causada por gangues de jovens. Destruição semelhante ocorreu em outras cidades. *“Os atos imorais cometidos nesses locais são responsáveis por esse eclipse,”* explicou um dos líderes.

Cinco meses depois, a 21 de junho de 2001 CE, o primeiro eclipse solar total do terceiro milênio foi também visível na África. A faixa de visibilidade englobava a Angola, Zâmbia, Zimbábue, Moçambique, e o sul da ilha de Madagascar. Milhares de turistas e milhões de habitantes locais assistiram ao espetáculo.

Em toda parte, muito pranto e ranger de dentes acompanhou o que foi considerado o apagamento do Sol, do qual o mundo jamais se recuperaria.¹⁰⁸ O mundo por certo se recuperou, quase que prontamente e aqui estamos, esperando pelo próximo encontro entre os dois astros, em seu maravilhoso balé espacial.

33) Eclipse visto do espaço, 2006 CE

Ver Mapa de Visibilidade: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/5MCSEmap/2001-2100/2006-03-29.gif>

Na África, para muitas pessoas, os eclipses são muito mais que simples fenômenos astronômicos, sendo geralmente associados a algum significado metafísico, usualmente relacionados a profecias do fim do mundo.

Durante a contagem regressiva para o eclipse solar total de 29 de março de 2006 CE, por exemplo, um acadêmico islâmico, Mallam Muniru Hamidu, declarou que o mundo ia acabar porque está escrito no *Qur'an* que, quando o fim do mundo estivesse próximo, “Deus iria fazer com que o Sol e a Lua se unissem”. Outros textos religiosos como a Bíblia cristã relaciona eclipses a fatos como o Julgamento Final. Um dos sinais é a escuridão que toma conta do dia.¹⁰⁹

A imagem abaixo foi obtida a partir da Estação Espacial Internacional, a 230 milhas acima de nosso planeta. A câmera foi posicionada de modo a visualizar a sombra umbral projetada pela Lua, na medida em que ela se movia entre o Sol e a Terra, durante o eclipse solar de 29 de março. A imagem, obtida por um astronauta, captura a sombra umbral que cruza o sul da Turquia, o norte de Chipre e o Mar Mediterrâneo.



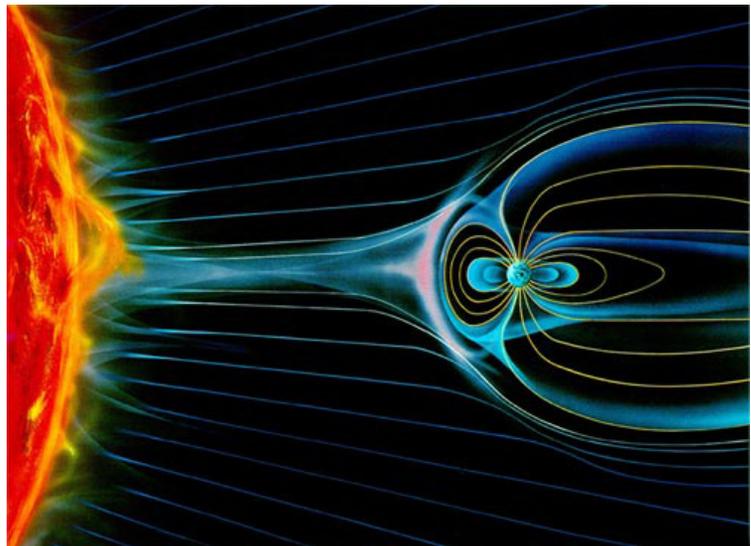
Fig. 36 - Eclipse in outer space. The Moon's shadow passing over the Earth during eclipse. Source: NASA.

Epílogo

O Sol envia energia para a Terra e aos demais planetas de nosso Sistema Solar em forma de luz e calor, além de partículas que formam o vento solar. Logo, o espaço entre a Terra e o Sol não é vazio, mas preenchido por plasma - uma espécie de “gás” eletrificado, composto por íons, elétrons e campos.

A radiação energética contida no interior desse plasma emanado do Sol seria perigosa para a vida humana se a superfície da Terra não fosse protegida pela atmosfera, o campo geomagnético e o ambiente de plasma espacial,¹¹⁰ ou seja, a magnetosfera.

A magnetosfera e a ionosfera da Terra consistem em um sistema de plasma cósmico. É a região no espaço definida pela interação de plasmas solares com o campo magnético da Terra em forma de dipolo, que se estende de cerca de 85 quilômetros acima da superfície da Terra para mais de 60 mil quilômetros na direção do Sol e para várias centenas de raios terrestres na direção oposta ao Sol.¹¹¹



Conforme mencionado, a magnetosfera reveste a Terra contra o clima espacial – vento solar, “flares” solares,

ejeções de material coronal, partículas solares energéticas, dentre outros. Similar à nossa atmosfera, a magnetosfera é um grande campo magnético formado por “linhas” que circulam o planeta e chegam aos pólos aproximadamente na vertical, conforme ilustração ao lado.¹¹² O vento solar interage com a magnetosfera, de modo que o lado que se encontra voltado para o Sol é comprimido e o lado oposto, alongado.

Fig. 37 – Ambiente de plasma espacial do Sol e da Terra. Explosão de energia magnética próxima à superfície solar ejetam plasmas para fora do Sol. Estruturas de campo magnético aparecem em azul claro. Fonte: NASA.

De forma surpreendente, há plasmas que podem ser encontrados para bem além das proximidades da Terra. Os ambientes que circulam os planetas e satélites de nosso Sistema Solar se encontram preenchidos com plasmas, tais quais o vento solar, raios cósmicos solares e galácticos (partículas carregadas de alta energia), bem como partículas capturadas em magnetosferas planetárias. Todos os planetas e o próprio Sistema Solar possuem seus próprios ambientes de plasma espacial.

Plasma é também o estado da matéria no interior do Sol. Basicamente, o que vemos quando observamos um eclipse total do Sol são grandes quantidades de plasma sendo ejetadas de nossa estrela para formar a corona e o vento solar. Veja essa magnífica imagem do Sol e sua corona, em uma foto tirada pela sonda espacial SOHO (Fig. 38), em combinação com uma imagem telescópica obtida a partir da Terra, durante um período de máxima atividade solar.

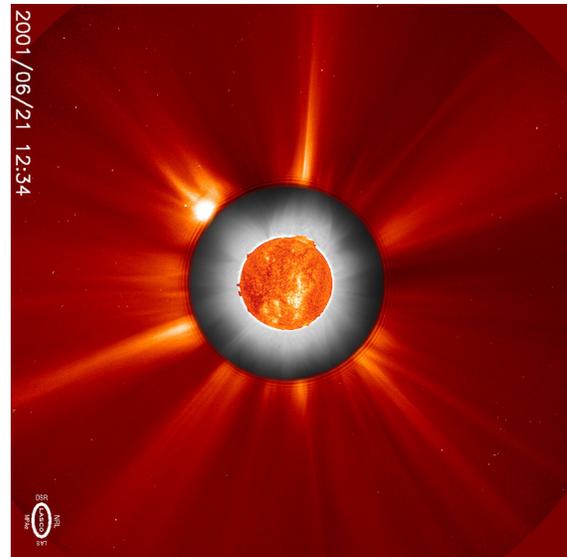


Fig. 38 – Imagens compostas do eclipse solar total de 2001. Essa imagem é composta por três imagens distintas. No centro, uma imagem obtida do espaço; a figura intermediária foi tirada a partir do solo e a imagem externa mostra a corona conforme vista do espaço. Naquele ano, o Sol se encontrava em período de atividade máxima, de modo que a corona é notavelmente expandida. Fonte: ESA/NASA.

Mas afinal, como podemos melhor definir plasmas, e onde podemos encontrá-los? Plasmas consistem basicamente em uma combinação eletricamente condutora e interativa de partículas carregadas e não-carregadas, íons positivos, elétrons negativos, campos elétricos e magnéticos, constituindo o quarto estado da matéria (ver <http://www.plasmas.org/>). Podem ser encontrados a temperaturas muito elevadas, de milhares ou talvez milhões de graus. Nessas temperaturas, os átomos “quebram” e partículas elementares individuais são liberadas no espaço.¹¹³

A fração de partículas não carregadas em um plasma varia substancialmente, oscilando de mais de 95% na baixa ionosfera a menos de 1% no vento solar – o fluxo contínuo de plasma vindo do Sol. Os plasmas conduzem eletricidade e possuem outras propriedades que os tornam mais do que simplesmente um tipo de ‘gás’ elétrico.¹¹⁴

Na Terra, os plasmas são muito comuns. Por exemplo, eles são utilizados em lâmpadas fluorescentes e experimentos laboratoriais em câmaras isoladas. Pequenos elementos de descarga de plasma constituem seqüências de pixels em TVs de plasma. E claro, em raios: descargas elétricas curtas e de longo alcance na atmosfera. Os raios constituem parte de um circuito elétrico global que conecta a superfície da Terra à ionosfera condutora. Os plasmas começam a ser empregados também na medicina: cirurgia sem corte e “bisturis sem sangue” começam agora a se tornar realidade por meio de plasmas frios capazes de inativar bactérias, através de uma combinação de radicais livres, partículas carregadas e radiação ultravioleta, que trabalham juntos para destruir a integridade de membranas celulares bacterianas.¹¹⁵

Indo mais longe, mais de 99% do universo visível se encontra no estado de plasma. Daí a metáfora de Tony Peratts, “Universo Plasma.” No espaço, podemos encontrar plasmas no meio interestelar e intergaláctico, em formas difusas, como nebulosas, bem como em outras formas mais quentes e condensadas, como estrelas ou supernovas.¹¹⁶ Muito mais próximo de casa, a energia vinda do Sol produz fenômenos tais quais auroras e arco-íris.¹¹⁷

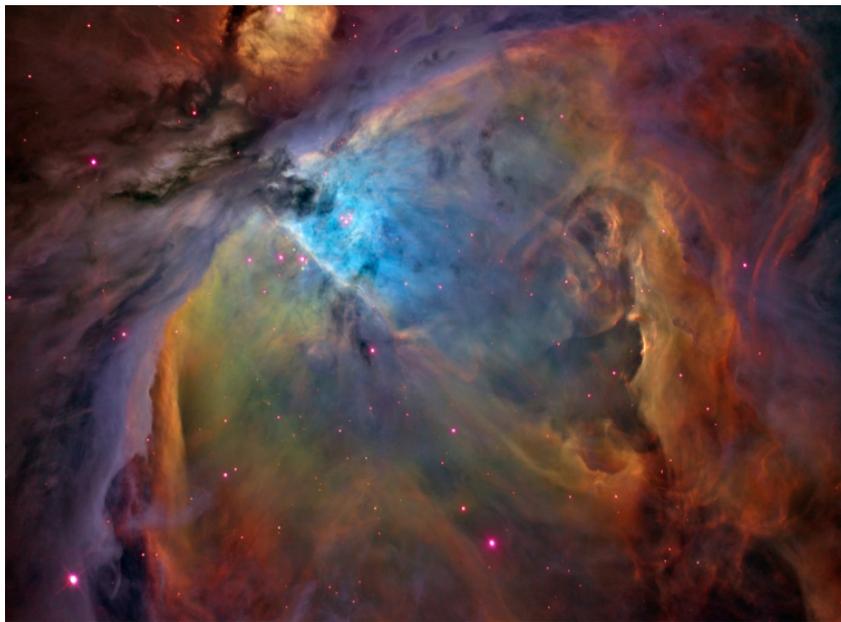


Fig. 39 – O universo plasma. Regiões intensas de nascimento de estrelas no centro da nebulosa de Órion aparecem nessa imagem Hubble. Todas as regiões visíveis aqui e a maior parte das regiões entre elas são dominadas por plasmas contendo partículas neutras, íons, elétrons e campos elétricos e magnéticos. Fonte: NASA.

Partículas solares carregam um campo magnético que pode, por vezes, causar interferências na magnetosfera, causando tempestades magnéticas ou auroras.¹¹⁸ Em especial, as auroras brilham nas regiões polares da Terra. Elas são também conhecidas como luzes do sul e do norte.¹¹⁹ De acordo com Peratt e Strait (1999), as auroras são como “cobertores indefinidos, ondulados que se movem e dançam (...) É a visível manifestação de correntes elétricas enormes e invisíveis abraçando a Terra. A aurora é um show natural de plasma.”



Fig. 40 – Aurora. Essa imagem obtida em janeiro de 2005, mostra uma espetacular aurora boreal sobre uma paisagem gélida no Alasca, EUA. Fonte: NASA.

Esses belos espetáculos da natureza resultam de plasmas do vento solar que interagem com o campo magnético que envolve a Terra, eventualmente atingindo e excitando átomos ou moléculas ionosféricos, fazendo com que eles irradie diferentes cores.

A próxima vez que você tiver a oportunidade de observar um eclipse total do Sol ou alguma bela aurora, saiba que você estará testemunhando um importante espetáculo, similar aos mesmos processos de plasma que ocorrem no Cosmos – uma janela para o universo plasma!

Agradecimentos

Redigir um artigo é um ato muito especial, é um ato de amor. Sempre preocupamo-nos em melhorá-lo, mas a certa altura simplesmente precisamos parar, esperando que os leitores gostem dele. Poucas realizações significativas podem ser completadas individualmente. Por isso, gostaria de expressar minha profunda gratidão a algumas pessoas notáveis que foram fundamentais em ajudar-me a tornar esse projeto uma bela realidade.



Fig. 41 – Dr. Timothy E. Eastman. Físico de plasmas e gerente de equipe, Centro de Voo Espacial NASA Goddard. Criador do sítio plasmas.org

científicas, que enriqueceram amplamente esse projeto. Ele é um grande astrônomo e especialista em educação em ciências espaciais, e uma pessoa muito especial que contribuiu substancialmente para minha experiência de estágio na NASA.

Muito obrigada à *Srta. Constance Carter*, Diretora da Seção de Referência da Divisão de Ciência, Tecnologia e Negócios da Biblioteca do Congresso - LOC (Washington, DC), que ajudou-me a encontrar diversas fontes altamente relevantes, contribuindo substancialmente para a qualidade desse artigo.

Primeiramente, quero expressar minha profunda e especial gratidão ao *Dr. Timothy E. Eastman* (Perot Systems no NASA Goddard), meu mentor e supervisor, que ofereceu-me total e singular orientação para tornar meu estágio na NASA possível. Dr. Tim é um brilhante físico de plasmas e uma pessoa maravilhosa, que vem fazendo uma enorme diferença em minha vida, ensinando-me fundamentais lições profissionais, acadêmicas e de vida.

Sou extremamente grata ao *Dr. Louis Mayo* (SP Systems no NASA Goddard), meu mentor, por nossas incontáveis discussões pedagógicas e



Fig. 42 – Dr. Louis A. Mayo. Astrônomo, especialista em educação em ciências espaciais, Centro de Voo Espacial NASA Goddard.



Fig. 43 – Dr. Fred Espenak. Astrônomo, Centro de Voo Espacial NASA Goddard, criador do sítio mr.eclipse.com

Sou grata à singular orientação do *Dr. Fred Espenak* (NASA Goddard) que, por bons motivos, é conhecido como “Sr. Eclipse”. Dr. Espenak gentilmente orientou-me durante essa pesquisa, indicando fontes valiosas e disponibilizando seus livros e artigos, além de várias imagens de seu sítio na internet dedicado a eclipses.

Vários outros distintos especialistas da NASA foram excepcionalmente generosos, colaborando para o melhoramento desse projeto: *Dr. Troy Cline*, pelo apoio na produção do sítio na Internet para esse artigo e dos respectivos podcasts; *M. Sc. Rita Johnson*, por sua parceria na produção do podcast em língua portuguesa; *Dr. Robert L. Kilgore* e *Dr. Glen A. Asner*, pela leitura crítica e sugestões para o texto; e *Dr. Jay Friedlander*, pela colaboração no que se refere à arte final do material.

Muito obrigada a todo o pessoal da NASA que tornou minha experiência de estágio simplesmente maravilhosa e inesquecível!

Também gostaria de expressar meus agradecimentos ao Ministério da Educação (MEC), meus patrocinadores e pessoas de referência no Brasil e no exterior, por todo apoio, que foi essencial para a efetivação desse projeto.

Meus especiais agradecimentos a meus pais e mestres, *Sra. Antonia Reis* (já falecida) e *Sr. Antonio Oliveira Reis*, cujo amor incondicional, apoio contínuo e estímulo foram essenciais para ajudar-me a realizar meus sonhos.

Acima de tudo, quero agradecer a Deus pela combinação singular de talentos, oportunidades que Ele me proporcionou, além de introduzir em minha vida pessoas tão especiais. Ele tem aberto portas para tornar meu “caminho para as estrelas” uma realidade maravilhosa – a paixão de toda uma vida com a qual sempre sonhei: a NASA!

Referências¹

- [1] Andrews, T., *Wonders of the Sky - Wonders of Nature: Natural Phenomena in Science and Myth* [Maravilhas do Céu – Maravilhas da Natureza: Fenômenos Naturais na Ciência e nos Mitos], Westport: Libraries Unlimited, 2004.
- [2] Baikouzis, C. e Magnasco, M.O. Is an eclipse described in the Odyssey? [Há um eclipse descrito na Odisséia?], *PNAS*, v. 105, n. 26, 1 de julho de 2008, p. 8823-8828. Disponível em: <http://www.pnas.org/content/105/26/8823.full.pdf+html>
- [3] Boston, A., At Another Eclipse, a Star Was Born [Em Outro Eclipse, Nasce uma Estrela], *New Statesman* [O Novo Estadista], v. 128, 9 de agosto de 1999, p. 16.
- [4] Brewer, B., *Eclipse*, Seattle: Earth View, 1991.
- [5] Brunier, S., Luminet, J.P., *Glorious Eclipses: Their Past Present and Future* [Eclipses Gloriosos: Seu Passado, Presente e Futuro], Cambridge University Press, 2000.
- [6] Chambers, G.F., *The Story of Eclipses* [A História dos Eclipses], Nova Iorque: D. Appleton and Company, 1902.
- [7] Duodu, C., The Day the World Failed to End-Again [O Dia em que o Mundo Falhou em Acabar Novamente], *New African* [O Novo Africano], n. 451, maio de 2006, p. 46+.
- [8] Eastman, T.E., A survey of plasmas and their applications [Uma pesquisa em plasmas e suas aplicações], *Plasma Physics Applied* [Física de Plasmas Aplicada], 2006, p. 11-26.
- [9] Eddy, J.A., The Great Eclipse of 1878 [O Grande Eclipse de 1878], *Sky and Telescope* [Céu e Telescópio], junho de 1973.
- [10] Espenak, F. *Fifty Year Canon of Solar Eclipses* [Livro dos Cinquenta Anos de Eclipses Solares], Washington, DC: NASA, Scientific and Technical Information Office, 1987.
- [11] Fotheringham, J.K., A Solution of Ancient Eclipses of the Sun [Uma Solução de Antigos Eclipses do Sol], *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. NASA Astrophysics Data System* [Sistema de Dados Astrofísicos da NASA], v. 81, novembro de 1920. Disponível em: <http://articles.adsabs.harvard.edu/full/seri/MNRAS/0081//0000112.000>.

1 Os sítios da internet acessados para esse projeto se encontram indicados na seção Notas de Rodapé.

[html?high=4868316e3613496](http://www.berkeley.edu/~glaser/html?high=4868316e3613496)

[12] Glaser, D. e Beals, K., *Living With a Star: from sunscreen to space weather: teacher's guide for grades 6-8* [Vivendo com uma Estrela: do filtro solar ao clima espacial: guia para professores das séries finais do ensino fundamental], Berkeley: University of California, 2003.

[13] Hajar, R., *The Dragon: Mythical Beasts of the Middle East* [O Dragão: Bestas Místicas do Oriente Médio], Parte 2, World and I [O Mundo e Eu], v. 14, janeiro de 1999, p. 218.

[14] Humphreys, J.C., Waddington, W.G., *Dating the Crucifixion* [Datando a Crucificação], Nature, v. 306, n. 5945, 22 de dezembro de 1983, p. 743-746.

[15] Idem, The Date of the Crucifixion [A Data da Crucificação], *JASA*, n. 37, março de 1985, p. 02-10.

[16] Ionides, S. A. e Ionides, M. L., *Stars and Men* [Estrelas e Homens], Indianápolis, Nova Iorque: Bobbs-Merril, 1939.

[17] Lang, K.R., *Sun, Earth and Sky*, Nova Iorque: Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1997.

[18] Littell, E. e Littell, R.S., *The Living Age* [A Idade Atual], Boston: Son & Company, 1868.

[19] Littman, M., Willcox, K. e Espenak, F., *Totality: Eclipses of the Sun* [Totalidade: Eclipses do Sol], 2 ed., Nova Iorque, Oxford: Oxford University Press, 1999.

[20] Margulis, L. e Punset, E., Suzuk, David T. (Colaborador), *Mind, Life, and Universe: Conversations with Great Scientists of Our Time* [Mente, Vida e o Universo: Conversas com Grandes Cientistas de Nossa Época], White River Junction: Chelsea Green, 2007.

[21] Mitchel, S.A., *Eclipses of the Sun* [Eclipses do Sol], Nova Iorque: Columbia University Press, 5 ed., 1951.

[22] Mitchell, M., The Total Eclipse of 1869 [O Eclipse Total de 1869], from "Hours at Home for October," *APS Online*, v. 26, n. 37, 13 de novembro de 1869, p. 587.

[23] NASA RP 1383 Total Solar Eclipse of 1999 August 11 [Eclipse Solar Total de 11 de agosto de 1999], abril de 1997, p. 19.

[24] Needham, J., *Science and Civilisation in China* [Ciência e Civilização na China], Nova Iorque, Oxford: Cambridge University Press, 2008.

[25] Newton, R.R., *Medieval Chronicles and the Rotation of the Earth* [Crônicas Medievais e a Rotação da Terra], Baltimore: Johns Hopkins University Press,

1972.

[26] Peratt, A. e Strait, G.C., At Home in the Plasma Universe [Em Casa no Universo Plasma], *World and I* [O Mundo e Eu], v. 14, setembro de 1999.

[27] Peratt, A.L., *Physics of the Plasma Universe* [Física do Universo Plasma], Nova Iorque: Springer-Verlag, 1991.

[28] Schaefer, B.E., Lunar Eclipses That Changed the World [Eclipses Lunares que Mudaram o Mundo], *Sky and Telescope* [Céu e Telescópio], dezembro de 1992, p. 639-642.

[29] Idem, Solar Eclipses That Changed the World [Eclipses Solares que Mudaram o Mundo], *Sky and Telescope* [Céu e Telescópio], maio de 1994, p. 36-39.

[30] Ibidem, *Q J R. Astr. Soc.*, v. 31, 1990, p. 53-67.

[31] Scientific American, The Total Eclipse of the Sun [O Eclipse Total do Sol], *APS Online*, v. XXXIX, n. 04, 27 de julho de 1878, p. 56.

[32] Sinnott, R.W., Columbus and an Eclipse of the Moon [Colombo e um Eclipse da Lua], *Sky and Telescope* [Céu e Telescópio], outubro de 1991, p. 437-440.

[33] Smith, G. e Thackeray, W.M., *The Cornhill Magazine*, v. 18, 1868.

[34] Soares, M.N.M., *Eclipse de 1919: Múltiplas Visões*, 2 ed., Sobral: Edições UVA, 2003.

[35] Steel, D., *Eclipse: the Celestial Phenomenon that Changed the Course of History* [Eclipse: o Fenômeno Celeste que Mudou o Curso da História], Washington, DC: Joseph Henry Press, 2001.

[36] Stephenson, F.R., *Historical Eclipses and Earth's Rotation* [Eclipses Históricos e Rotação da Terra], Cambridge; Nova Iorque, Cambridge University Press, 1997.

[37] The Oxford English Dictionary: A New English Dictionary on Historical Principles [Dicionário Inglês Oxford: Um Novo Dicionário Inglês sobre Princípios Históricos]. Volume III, Oxford University Press, 1969.

[38] The Washington Post 1877, *New Theory of Space* [Nova Teoria do Espaço], 14 de dezembro de 1919. p. E5.

[39] Twain, M., *A Connecticut Yankee in King Arthur's Court* [Um Yankee de Connecticut na Corte do Rei Arthur], Nova Iorque, Londres, Harper & Brothers, 1889.

[40] Idem, *The Adventures of Huckleberry Finn* [As Aventuras de Huckleberry Finn], Nova Iorque, P. F. Collier & Son, 1918.

[41] Wilford, J.N., *Homecoming of Odysseus May Have Been in Eclipse* [O Retorno de Odisseu Pode Ter Ocorrido em Dia de Eclipse], The New York Times, 24 de junho de 2008.

[42] Wilson, R.. *Astronomy through the Ages: The Story of the Human Attempt to Understand the Universe* [Astronomia através das épocas: A História da Tentativa Humana de Entender o Universo], Londres, CRC Press, 1997.

[43] Wolff, L., *Inventing Eastern Europe – The Map of Civilization on the Mind of the Enlightenment* [Inventando a Europa Oriental – O Mapa da Civilização na Era das Luzes], Stanford University Press, 1994.

[44] Wright, H., *Sweeper in the Sky: the Life of Maria Mitchell First Woman Astronomer in America* [Varredora no Céu: A Vida de Maria Mitchell, Primeira Mulher Astrônoma dos Estados Unidos da America], Nova Iorque: The Macmillan Company, 1949.

Notas de Rodapé

¹ Extraído do sítio Centro Solar Stanford, mantido pelo Centro Solar Stanford ©2008, <http://solar-center.stanford.edu/>

² Andrews, 2004.

³ Brunier e Luminet, 2000.

⁴ Steel, 2001.

⁵ Hajar, 1999.

⁶ Brunier e Luminet, 2000.

⁷ Andrews, 2004.

⁸ Brunier e Luminet, 2000.

⁹ Wilson, 1997.

¹⁰ Camada externa da atmosfera solar, visível a olho nu durante um eclipse solar, pode também ser observada por meio de filtros especiais e câmeras de raio-x a bordo de satélites. A coroa é formada por plasmas quentes, de até 1.5 milhões de graus centígrados, e produz o vento solar.

¹¹ Extraído do sítio Dia Terra-Sol NASA - Eclipse”, <http://sunearthday.nasa.gov/2006/index.php>

¹² Wilson, 1997.

¹³ Idem.

¹⁴ Needham, 2008.

¹⁵ Idem.

¹⁶ Littmann et al., 1999.

¹⁷ Extraído do sítio dedicado a eclipses, <http://www.eclipsecubed.co.uk/>

¹⁸ Extraído do sítio “Crystalinks”, mantido por Ellie Crystals ©1995-2008, <http://www.crystalinks.com/eclipse.html>

¹⁹ Newton, 1972.

²⁰ Espenak, 1987.

²¹ Idem.

²² Ibidem.

²³ Ibidem.

²⁴ Extraído do sítio “Crystalinks” (Idem 18).

²⁵ Predições de eclipse por Fred Espenak, NASA Goddard.

²⁶ Extraído do sítio NASA Eclipse, <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/eclipse.html>

²⁷ Glaser & Beals, 2003.

²⁸ Pitts, 1993 *in* NASA, 1997.

²⁹ Extraído do sítio “Mr. Eclipse”, mantido por Fred Espenak e dedicado ao estudo de

eclipses, <http://www.mreclipse.com/>

³⁰ Littmann et al., 1999.

³¹ Twain, 1918.

³² Brunier e Luminet, 2000.

³³ Needham, 2008.

³⁴ Idem.

³⁵ Ibidem.

³⁶ Brunier e Luminet, 2000.

³⁷ Stell, 2001.

³⁸ Mitchel, 1951.

³⁹ Baikouzis & Magnasco, 2008.

⁴⁰ Wilford, 2008.

⁴¹ Brunier e Luminet, 2000.

⁴² Fotheringham, 1920.

⁴³ Ionides e Bobbs-Merrill, 1939.

⁴⁴ Wikipedia.

⁴⁵ O ciclo de Saros consiste em um período de 18 anos, 11 dias e 8 horas. Ao avançar-se ou retroceder-se nesse intervalo, outro eclipse solar, muito similar ao primeiro, será encontrado. Ele irá ocorrer aproximadamente na mesma estação, e com aproximadamente distâncias iguais ao sistema Lua-Terra-Sol. Os babilônios e os caldeus descobriram-no mantendo registro de eclipses lunares. A família Saros de eclipses não é perfeita, movendo-se para a direção norte ou sul (explicação fornecida por Fred Espenak).

⁴⁶ O período médio para um ciclo de fase lunar (por exemplo, o período sinódico da Lua) é de 29.530.589 dias, ou 29 dias, 12 horas, 44 minutos, 3 segundos. Mais especificamente, uma luação é também comumente definida como o intervalo de tempo entre luas novas sucessivas. Extraído de: <http://scienceworld.wolfram.com/astronomy/Lunation.html>

⁴⁷ Needham, 2008.

⁴⁸ Steel, 2001.

⁴⁹ Chambers, 1902.

⁵⁰ Brewer, 1991.

⁵¹ Steel, 2001.

⁵² Brewer, 1991.

⁵³ Steel, 2001.

⁵⁴ Ionides & Ionides, 1939.

⁵⁵ Chambers, 1902.

⁵⁶ Ionides & Ionides, 1939.

⁵⁷ Chambers, 1902.

¹¹⁴ Extraído do sítio Coalizão para Ciência de Plasma, mantido pela Coalizão para Ciência de Plasma ©1999, 2000, <http://www.plasmascoalition.org>

¹¹⁵ Extraído do sítio Perspectivas sobre Plasmas – o quarto estado da matéria, mantido por Tim Eastman, Plasmas International ©1999, 2004, <http://www.plasmas.org/>

¹¹⁶ Idem.

¹¹⁷ Extraído do sítio Centro Solar Stanford, mantido pelo Centro Solar Stanford ©2008, <http://solar-center.stanford.edu/>

¹¹⁸ Glaser e Beals, 2003.

¹¹⁹ Extraído do sítio Tradições do Sol, mantido por UC Regents ©2005, http://www.traditionsofthesun.org/chaco_book_eng/index.html