

# O Sol: A nossa estrela



# Culto do Sol na antiguidade

Há registros de observações do Sol desde que há humanidade. Desde sempre foi perceptível que o Sol é responsável por nos fornecer luz e calor, e por isso é essencial para a nossa existência.

Algumas civilizações da antiguidade foram ao ponto de adorar o Sol como deus. No antigo Egito, por exemplo, o Sol (Rá) era dos deuses mais importantes.



Ricardo Liberato

A antiga civilização egípcia é conhecida pela sua adoração do Sol.



O deus-Sol Egípcio – Rá.

# Monumentos ao Sol

A importância do Sol para o dia-a-dia das pessoas era tal que se ergueram monumentos, para marcar a sua passagem no céu ao longo do ano. Estes monumentos funcionavam como calendários, indicando as mudanças de estação e as alturas para plantar ou colher as colheitas.

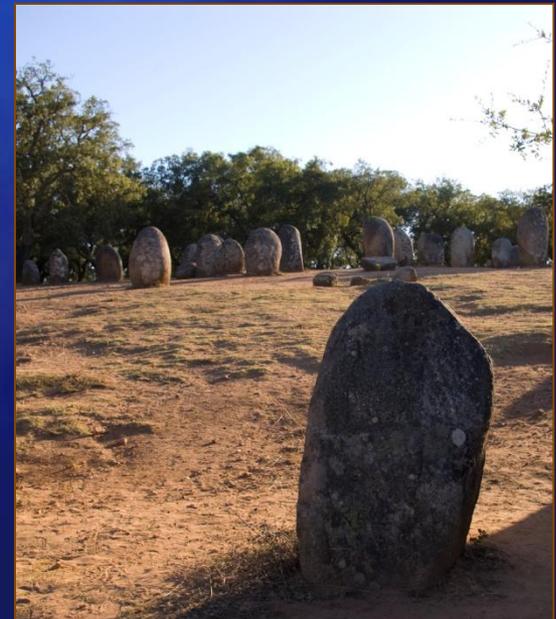
Alguns destes “observatórios da antiguidade”, como Stonehenge (Inglaterra), ou o Cromeleque dos Almendres (Beja, Portugal), ainda existem.

Estes serviam apenas para acompanhar o Sol, mas a verdadeira natureza da nossa estrela estava ainda para além da capacidade de compreensão da época.



Frédéric Vincent

Tanto Stonehenge (acima) como o Cromeleque dos Almendres (abaixo) conseguiram resistir à passagem do tempo.

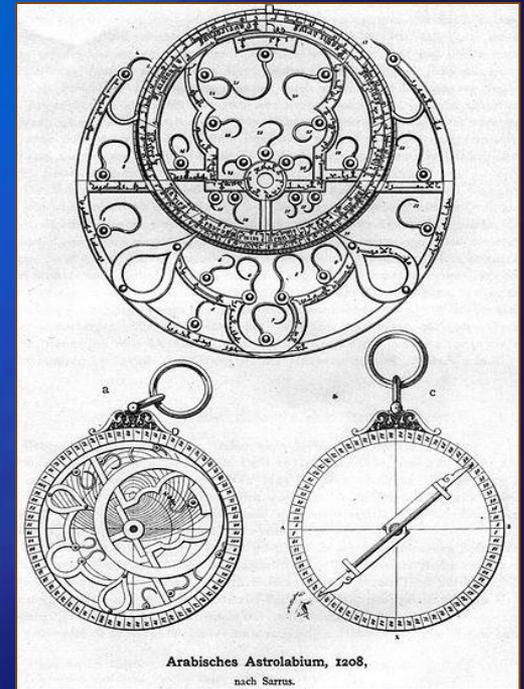


Ricardo Cardoso Reis (CAUP)

# Civilizações árabe e grega

Os gregos antigos pensaram em detalhe na verdadeira natureza do Sol. Alguns filósofos argumentavam que o Sol era uma bola de gás incandescente, muito longe da Terra.

Na época medieval, os árabes calcularam a distância Sol/Terra, a circunferência do sol, e provaram que o luar era apenas luz do Sol reflectida. Os valores aos quais chegaram são muito próximos dos que conhecemos nos dias de hoje.

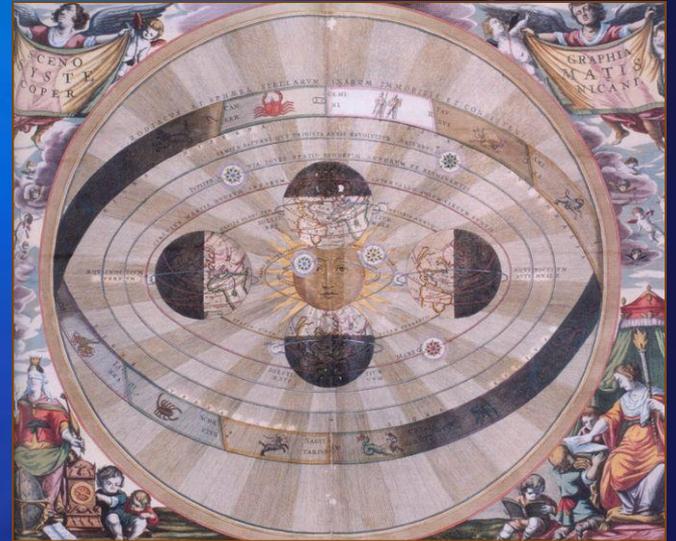


Um astrolábio Persa, um instrumento usado para assinalar posições de objectos celestes.

# Sistema Heliocêntrico

A teoria que a Terra roda em torno do Sol, e não ao contrário, foi pensada pelos astrónomos das civilizações grega, indiana, babilónica, e árabes medievais.

Esta ideia só foi ressuscitada e divulgada no ocidente no séc. XVI, por Nicolau Copérnico. Este sistema “heliocêntrico” iria abanar por completo as fundações do conhecimento estabelecido da época.



A ideia que o Terra poderia não ser o centro do Universo era revolucionária.

# A chegada do Telescópio

Em 1609, o astrónomo italiano Galileu comprou em Veneza um curioso instrumento, vendido como brinquedo. Era uma versão primitiva do que mais tarde seria chamado Telescópio.

Fez a sua própria versão deste instrumento, e usou-o (entre outras coisas) para observar manchas escuras na superfície do Sol. Estas mudavam com o tempo, e novas iam surgindo, enquanto as antigas desapareciam.

Isto estava em desacordo com a visão estabelecida, que “os céus” eram perfeitos e imutáveis.



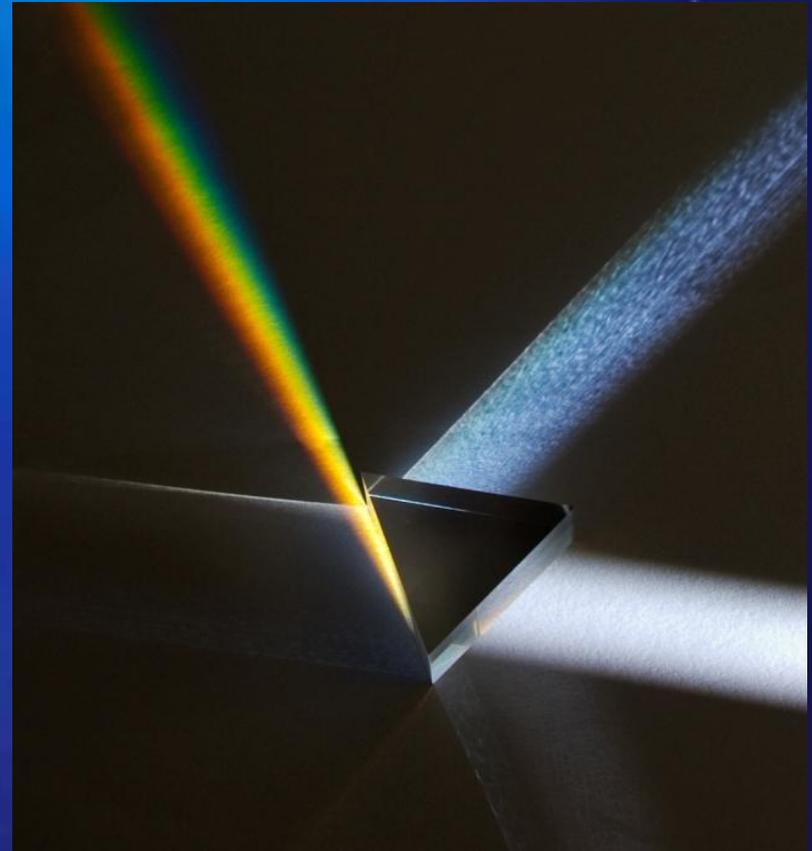
Desenhos de Manchas Solares feitos por Galileu (do livro *Istoria e Dimostrazioni*, Florence 1613).

# “Dissecando” o Sol

Por volta de 1670, Sir Isaac Newton voltou a sua atenção para o Sol.

Usando um prisma, separou a luz do Sol em cores diferentes, voltando de seguida a recombina-las, com um segundo prisma.

O Sol era um objecto muito complexo, mas finalmente estava a ser estudado usando o método científico.



Ricardo Cardoso Reis (CAUP).

Um prisma separa a luz do Sol nas cores do arco-íris

# O Sol e os infravermelhos

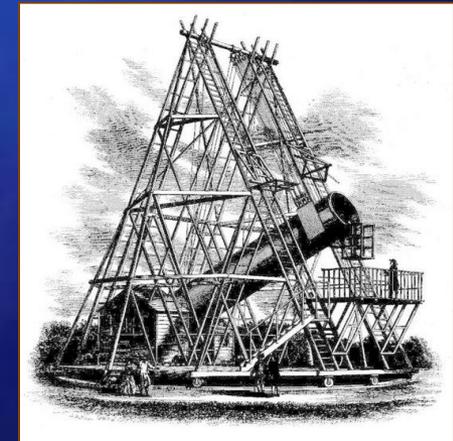
Em 1800, William Herschel estava a observar manchas solares usando filtros experimentais, e ficou surpreendido por registar bastante calor quando usou um filtro vermelho.

Este aumento da temperatura estava presente mesmo para além da zona vermelha do espectro visível. Parecia emanar de um tipo de luz invisível.

Herschel tinha descoberto a radiação infravermelha, e apercebeu-se que o Sol emitia uma grande quantidade desta radiação.



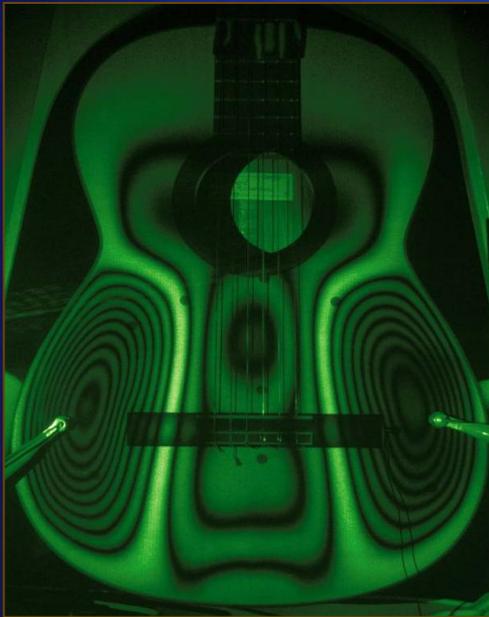
A radiação infravermelha pode ser usada para “ver” o calor das pessoas.



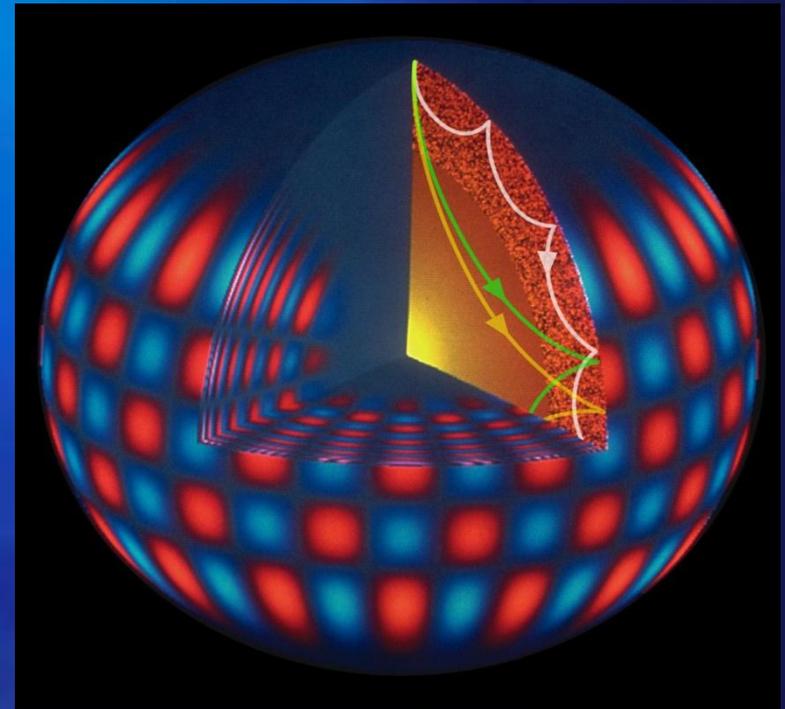
Herschel era um astrónomo entusiasta, e tinha o seu próprio observatório.

# Sismologia solar

A sismologia solar é o estudo de oscilações à superfície da nossa estrela. Isto permite sondar a estrutura e a dinâmica solar, de uma maneira semelhante ao que é feito na Terra com o estudo de sismos.



B. Richardson (Cardiff University)



NOAO/AURA/NSF

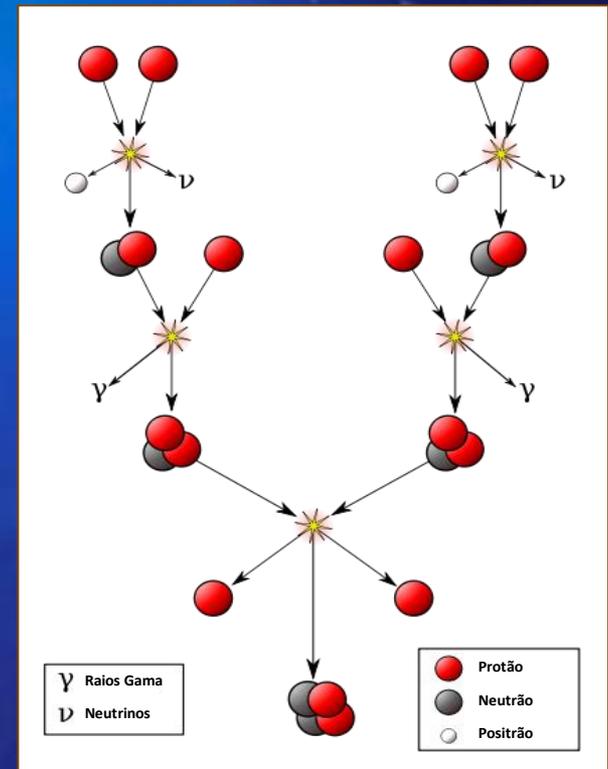
As ondas destes “Solmos” penetram no Sol a diferentes profundidades, revelando o interior do Sol.

Esta técnica é comparável a determinar a forma de um instrumento musical, usando apenas os sons que ele emite quando toca.

# A fonte de energia do Sol

A energia do Sol era um puzzle que só foi resolvido no início do séc. XX. Foi sugerido que a temperatura no núcleo do Sol era tão elevada (15 milhões de graus), que ocorreria fusão nuclear.

A cada segundo, 700 milhões de toneladas de hidrogénio são transformadas em 695 toneladas de hélio. O resto é transformado em energia, que mantém o Sol durante milhares de milhões de anos.

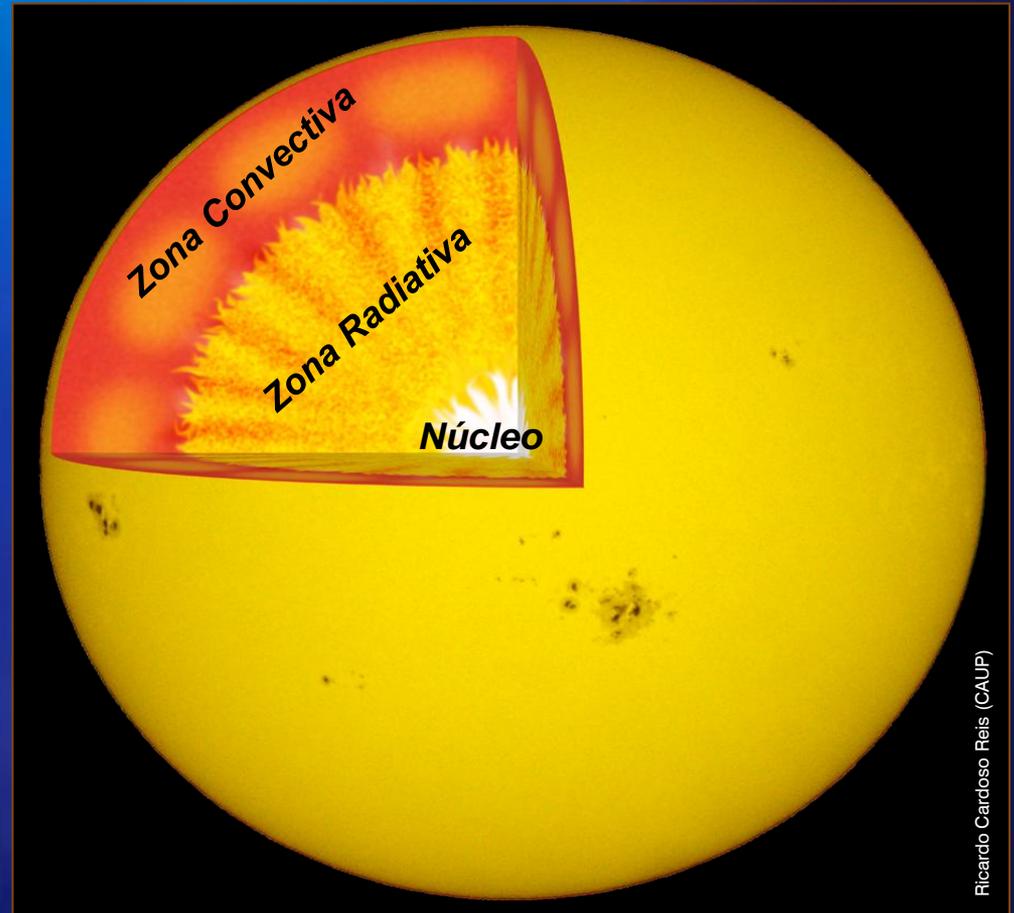


A fusão nuclear é muito energética, e converte massa em energia.

# Estrutura do Sol - Interior

Na camada logo acima do Núcleo, a energia é transportada por radiação. Mas um fóton para transpor esta camada demora quase 1 milhão de anos.

Na camada seguinte, a energia é transportada por convecção, de maneira semelhante a uma panela de água a ferver. O plasma mais quente sobe, arrefece à superfície, e volta a afundar.



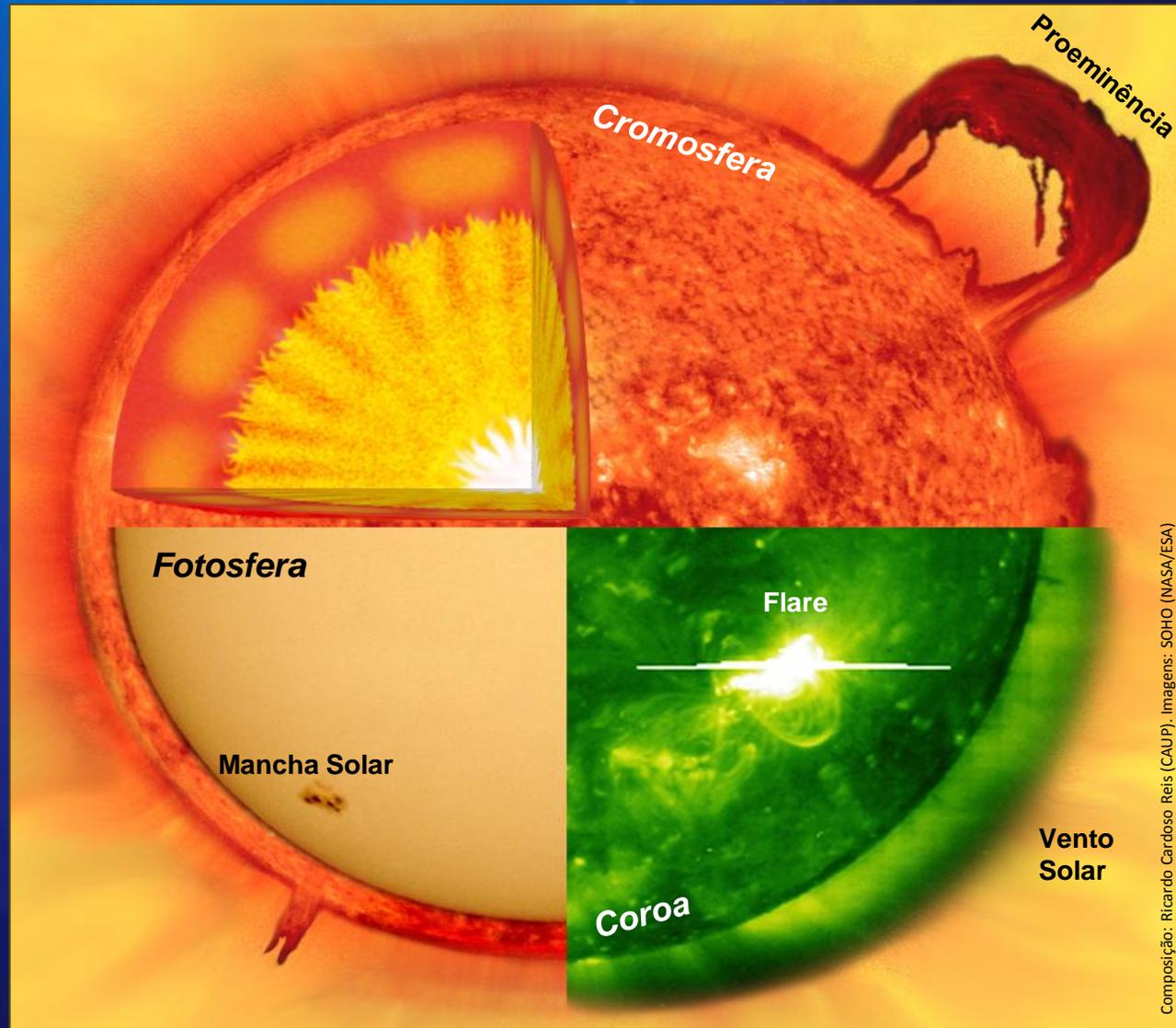
# Estrutura do Sol - Exterior

A camada visível do Sol chama-se **Fotosfera**, tem uma temperatura de cerca de 5500 graus.

Logo acima da Fotosfera está a atmosfera solar.

A primeira camada é a **Cromosfera**, o contorno avermelhado visível durante um eclipse solar.

Durante um eclipse também é possível observar um halo brilhante à volta do Sol. Esta é a camada mais exterior da atmosfera solar – a **Coroa**.



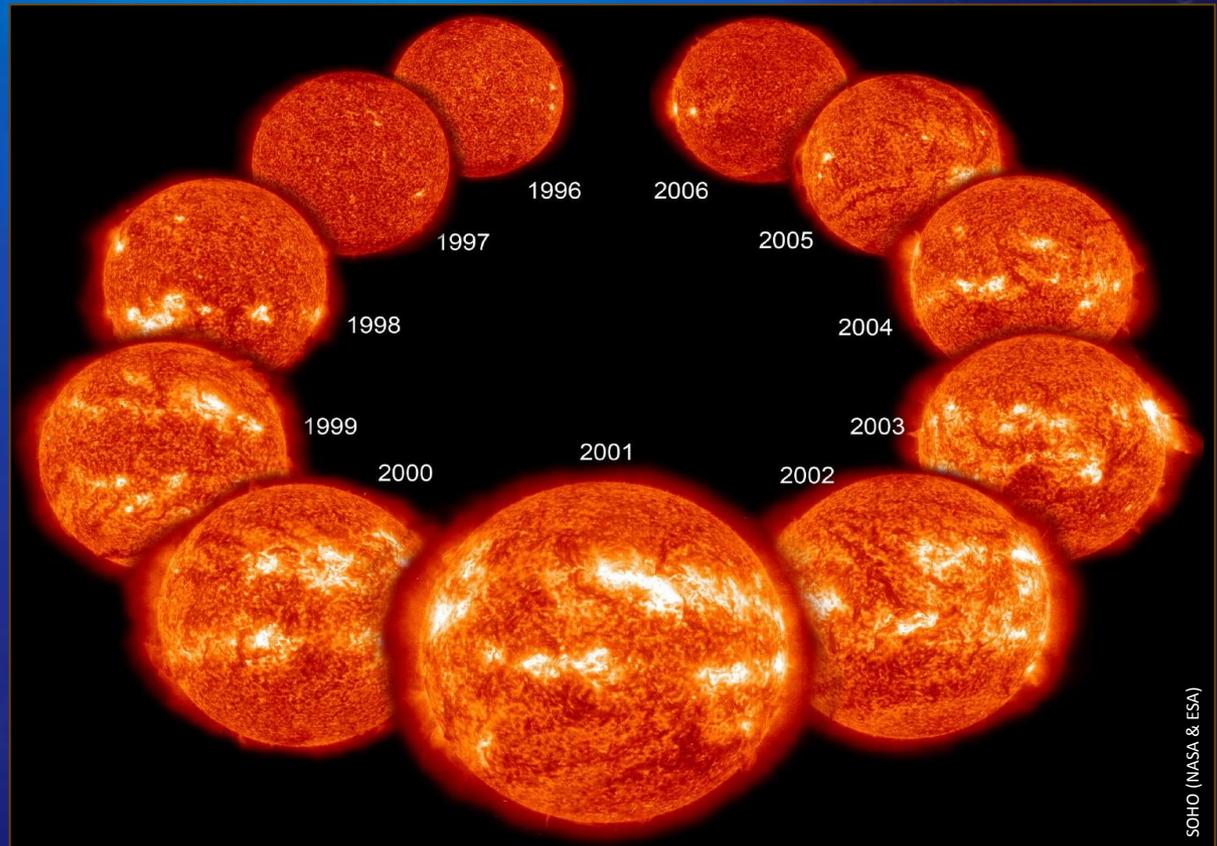
# Ciclo Solar

O ciclo solar é o “dia-a-dia” da nossa estrela.

A actividade solar tem um ciclo médio de 11 anos, embora possa demorar até 13 anos.

Durante este período o Sol vai de estrela calma a muito turbulenta e activa, com os pólos a inverterem a sua polaridade.

O melhor indicador visual da actividade solar são as manchas solares.



Um ciclo solar quase completo, do mínimo de 1996, até ao máximo em 2001, e (quase) de volta ao mínimo em 2006.

# Actividade solar - Manchas

As manchas solares são a mais antiga forma de actividade solar conhecida.

Nestas regiões activas do Sol, as linhas do campo magnético prendem o plasma solar, bloqueando a convecção.

Sem meio de transportar energia, o plasma arrefece até cerca de 4500 graus, tornando estas zonas escuras, em contraste com o brilho da Fotosfera.



Dutch Open Telescope

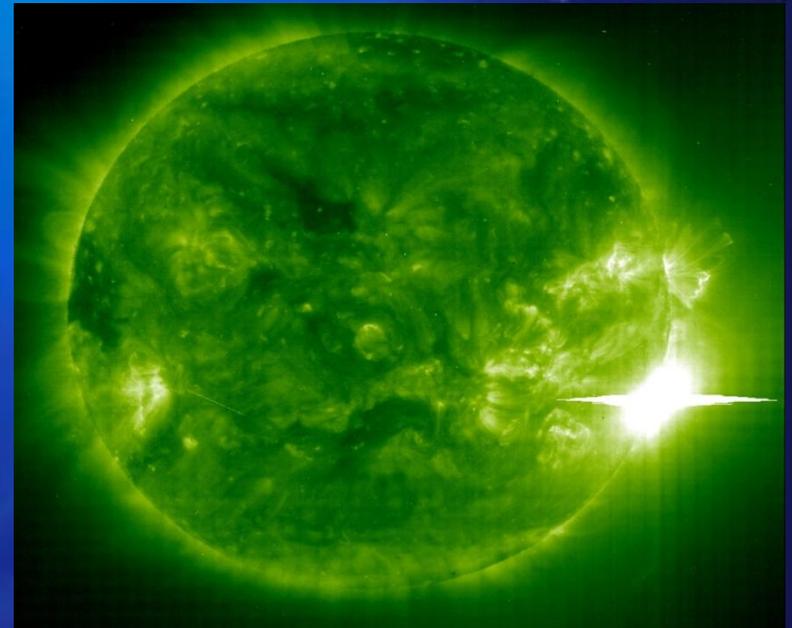
Um grande grupo de manchas solares, observada em 2003 pelo Dutch Open Telescope.

# Actividade solar - Flares

As Flares são o mais violento fenómeno energético no Sol.

Em apenas alguns segundos, estas explosões libertam energia equivalente a mil milhões de megatoneladas de TNT, ou cerca de 50 mil milhões de vezes a energia libertada com a bomba de Hiroshima.

Esta energia é detectada em todos os comprimentos de onda, do rádio aos raios Gama.



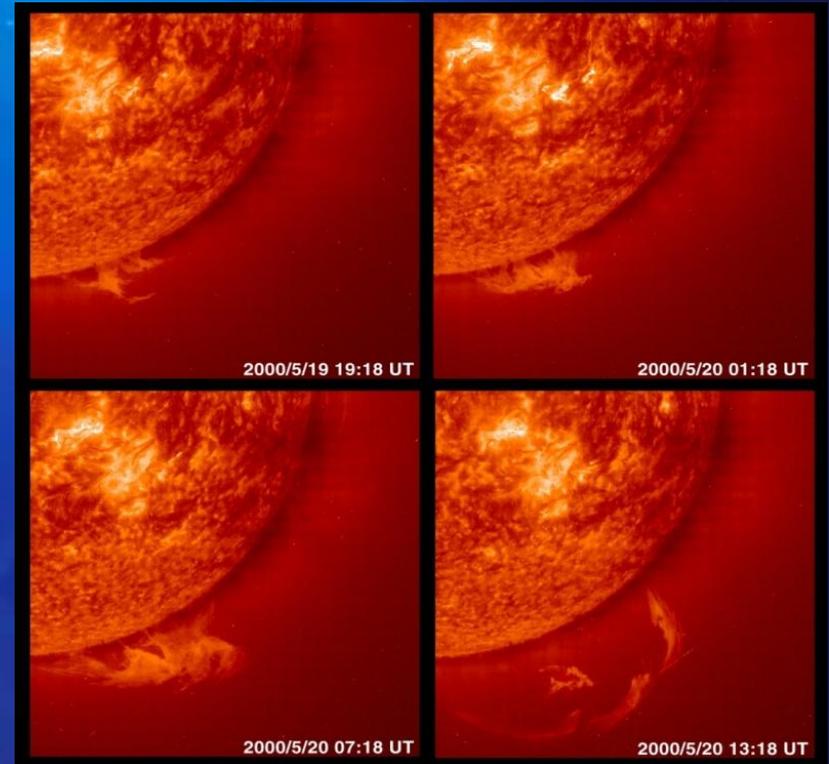
Nesta imagem em ultravioleta extremo (quase raios X), o Flare é muito mais brilhante que as outras zonas do Sol.

# Actividade solar - Proeminências

Quando as linhas de campo magnético ascendem acima da superfície solar, arrastam consigo o plasma solar, formando arcos – as **Proeminências**.

As linhas de campo servem de suporte ao plasma e, enquanto forem estáveis, também o plasma fica estável. Mas quando a base destes arcos magnéticos se rompe, o plasma deixa de ter suporte.

Encontrando-se a flutuar acima da superfície solar, este plasma pode ser libertado para o espaço, na forma de uma proeminência eruptiva.



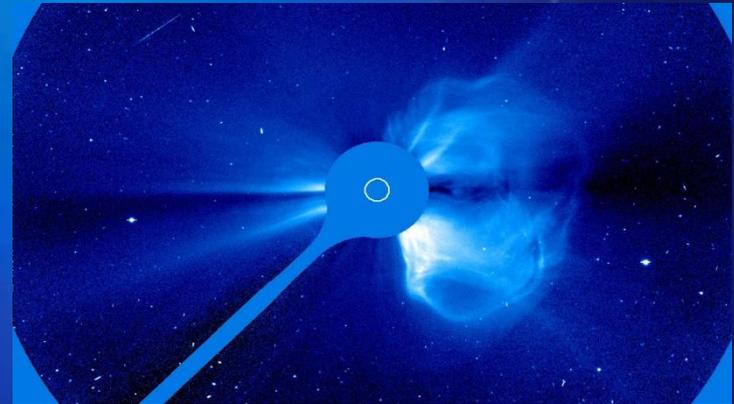
Uma proeminência eruptiva, a ser expelida para o espaço.

# Actividade solar - Ejeções de Matéria Coronal

De aspecto semelhante às proeminências, as Ejeções de Matéria Coronal (CMEs) têm uma evolução bem diferente.

As linhas do campo magnético fecham sobre si próprias, criando uma bolha. Quando esta é libertada para o espaço, arrasta consigo o plasma solar.

Com velocidades entre os 200 e os 600 km/s, as CMEs podem alcançar a Terra em apenas dois dias, onde interagem com a magnetosfera e com a atmosfera.



SOHO (NASA & ESA)

Uma CME vista por um dos coronógrafos do observatório espacial SOHO.



Senior Airman Joshua Strang

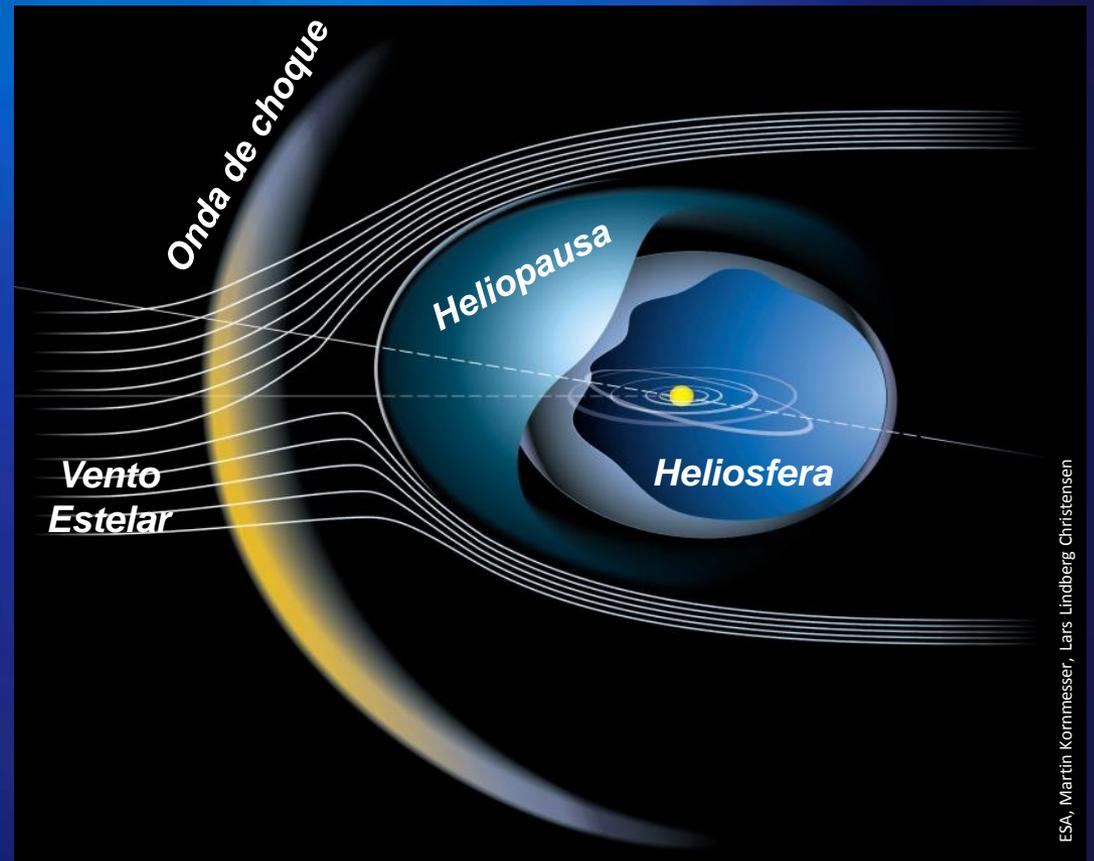
As Auroras são das mais bonitas e fascinantes interacções entre a actividade solar e a nossa atmosfera.

# Actividade solar - Vento Solar

O vento solar é um jacto contínuo de partículas carregadas, provenientes da coroa solar, com temperaturas de milhões de graus e velocidades por volta dos 450 km/s.

Este viaja para lá da órbita de Plutão, onde encontra o vento das outras estrelas. Esta é uma das fronteiras do nosso Sistema Solar – a Heliopausa.

Uma das provas da existência do vento solar vem da observação da cauda dos cometas. Ao serem empurradas pelo vento solar, apontam sempre na direcção oposta à do Sol.



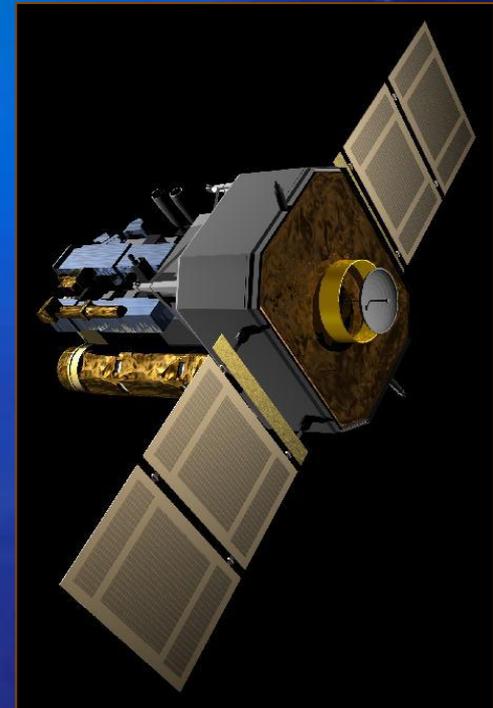
A Heliosfera e a Heliopausa.

# Observações espaciais

A observação solar costumava estar restringida à superfície terrestre, mas os telescópios espaciais da era moderna fornecem uma quantidade imensa de informação.

Estas missões observam o Sol em vários comprimentos de onda, e mais detalhadamente do que alguma vez foi possível.

Fenómenos como o Clima Espacial são agora monitorizados em permanência, por sondas como a SOHO, Hinode ou STEREO, entre outras.



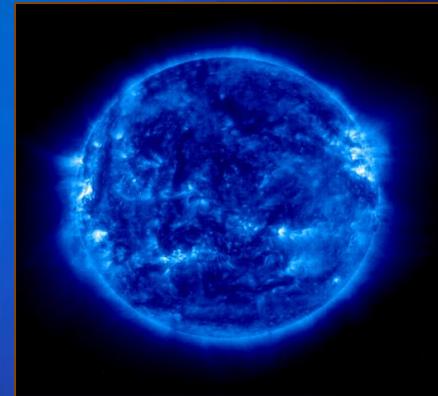
NASA

O Observatório Solar e Heliosférico (SOHO), da NASA/ESA, observa continuamente o Sol da sua posição privilegiada no espaço.

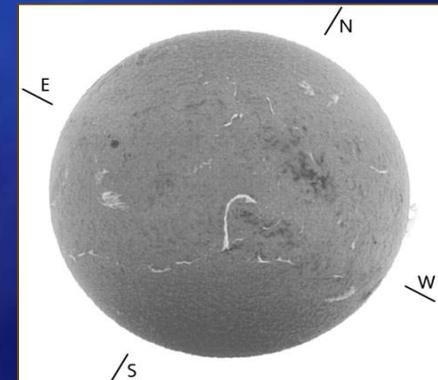
# Questões pendentes

- Qual é exactamente o tamanho do núcleo?
- Como funciona o dínamo solar?
- Como é aquecida a Coroa?
- Como é que a actividade solar afecta o nosso dia-a-dia?

Com o tempo, também estas questões serão respondidas, mas novas surgirão.



SOHO (NASA/ESA)



Observatório Astronómico U. Coimbra

Observar o Sol em diferentes comprimentos de onda (como em ultravioleta ou H-Alfa) revela ainda mais informação sobre a nossa estrela.



Lee Pullen  
Secretariado internacional do AIA2009

Ricardo Cardoso Reis  
Centro de Astrofísica da Universidade do Porto, Portugal  
e Grupo de Trabalho das Noites de Galileu

As Noites de Galileu são um Projecto Global do AIA2009  
<http://www.galileannights.org/>

**Versão portuguesa:**

Ricardo Cardoso Reis  
Centro de Astrofísica da Universidade do Porto, Portugal  
e Grupo de Trabalho das Noites de Galileu

**Contacto**  
Catherine Moloney  
[cmoloney@eso.org](mailto:cmoloney@eso.org)

Global Sponsors



Organisational Associates

