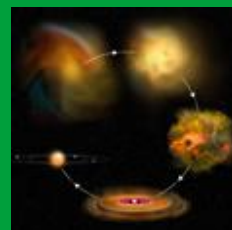


Sol como estrela



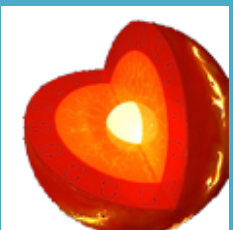
Location, location...

A posição do Sol
e o seu habitat



Como fazer estrelas

Nascimento das estrelas



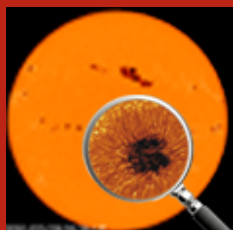
Como funciona isso?

O interior das estrelas
Corte pelo Sol



As faces do Sol

Aspeto das camadas
observáveis



Observação do Sol

Quem está a olhar
O que se vê



Viver com o Sol

Efeitos do Sol

Atividades e sugestões



Dados e acessos
Andar a procura...

Sol

Aspetos fundamentais sobre o Sol e as estrelas

Compilação do conteúdo temático Sol

Astronomia Hands-on 2 – Descobrir o Sistema Solar (Cacém: Jan-Fev 2016)

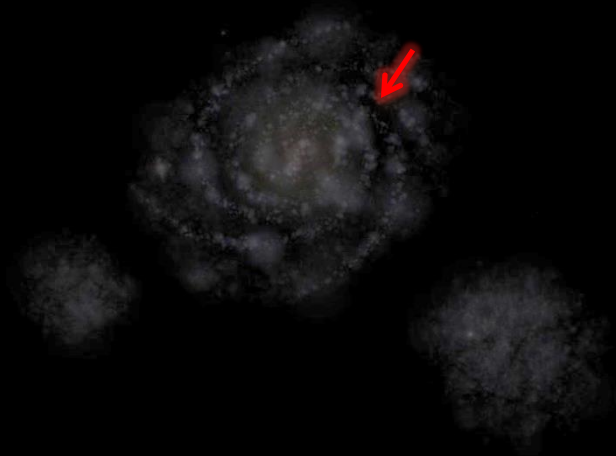
23.Jan.2016

Location, location, location...

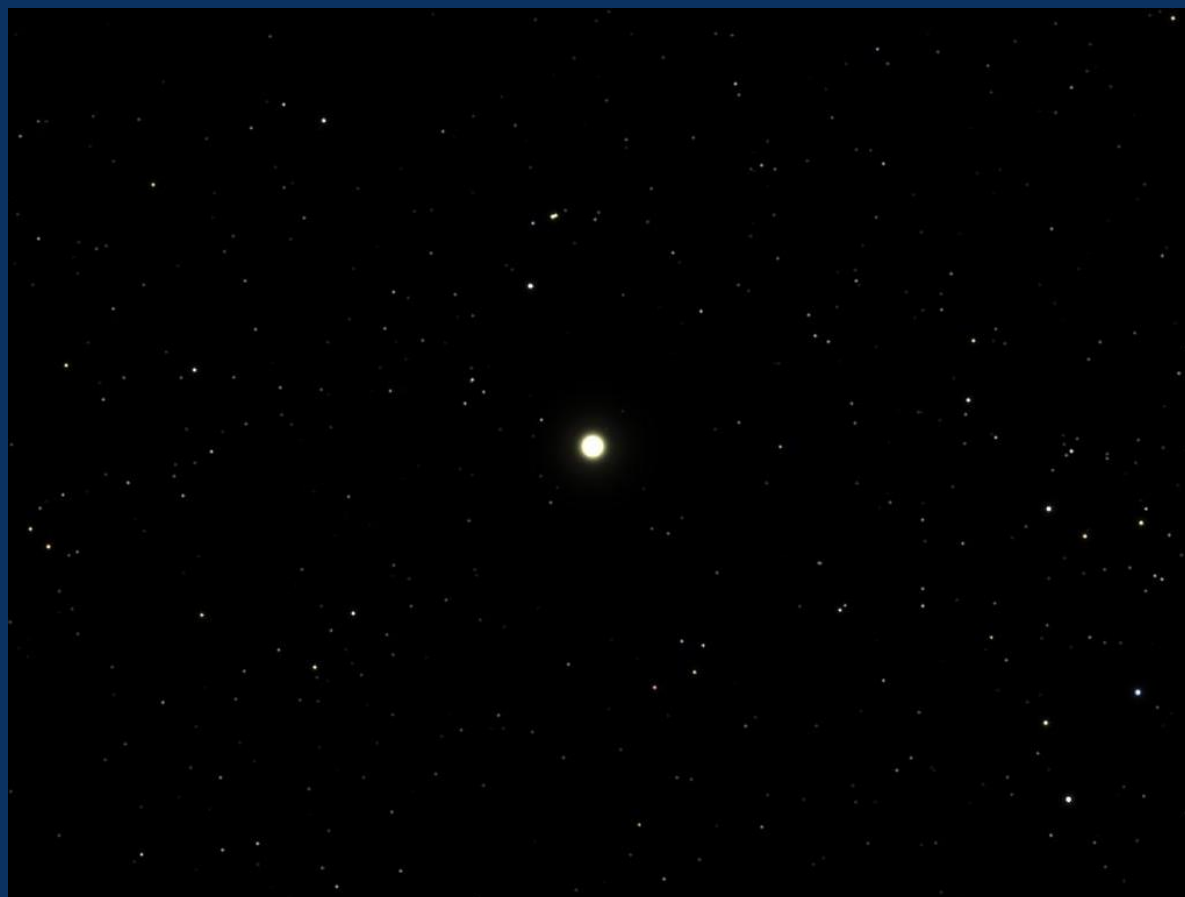
Lar, doce lar



A nossa galáxia, a Via Láctea, vista de lado. Ela é o lar de todas as estrelas que podem ser vistos no céu. De uma ponta a outra mede aproximadamente 120 mil anos-luz (1 ano-luz = distância que luz percorre num ano a 300.000 km/s). Ao todo contém entre 100 mil milhões a 400 mil milhões de estrelas...ainda estamos a contar, o que demora algum tempo.



Uma simulação da nossa galáxia vista de baixo (o sul galáctico). As 2 nebulosidades são respetivamente a Pequena e a Grande Nuvem de Magalhães, galáxias anãs que orbitam a nossa. O Sistema Solar encontra-se na parte da frente de um dos braços da espiral.



O Sol visto da Terra... esta vista com estrelas requer uma curta viagem para cima da atmosfera terrestre. O diâmetro aparente corresponde a um campo de visão de aprox. 40%.

Se achar que o Sol parece pequeno, tire uma fotografia com o seu telemóvel e verá quão pequeno é.

A ilusão do maior tamanho é trabalho da nossa mente.



A próxima estrela mais perto de nós chama-se Alfa Centauri, à 4,2 anos-luz de distância. Não é visível em Portugal (fica mesmo um pouco abaixo do horizonte). Este é o seu aspeto e das demais estrelas na mesma direção, visto no céu a noite. Nada de especial para ver...parece simplesmente mais uma qualquer estrela.



Aqui Alfa Centauri a uma distância igual a da Terra até o Sol. De perto descobre-se que se trata de uma estrela dupla (alias é um sistema triplo). Importa a estrela no centro (alfa Centauri B), pois ela tem quase o mesmo tamanho que o nosso Sol. Alfa Centauri A, porém, é quase igual ao Sol quanto a sua idade e composição. Apenas é um bocado maior e, aqui, um pouco mais distante.



O Sol visto de alfa Centauri

Da imagem anterior, basta virar as costas a Alfa Centauri e olhamos para o nosso Sol. Este não passa, portanto, de mais uma qualquer estrela no céu de um mundo hipotético em torno de Alfa Centauri, tal como Alfa Centauri se apresenta visto a partir da Terra.

O Sol é uma estrela

De longe mal dá nas vistas

Faz parte da Via Láctea (nossa galáxia)

Orbita o centro da galáxia em ~250 milhões de anos (Myr)

Dista do centro da galáxia aprox. 26 mil anos-luz (~8 kpc)

Como se faz um sol?

Os princípios rudimentares e aspetos da formação do Sol. Sendo ele uma estrela o mesmo se aplica-se a quase todas as estrelas

Vamos ver...



É preciso um **galáxia** para uma estrela poder nascer. Nos primórdios do nosso universo não havia galáxias, mas a matéria necessária para o efeito existia mais ou menos espalhada uniforme. Nisso, o aspecto **MENOS UNIFORME** era determinante para o que tornou o Universo naquilo que hoje é.



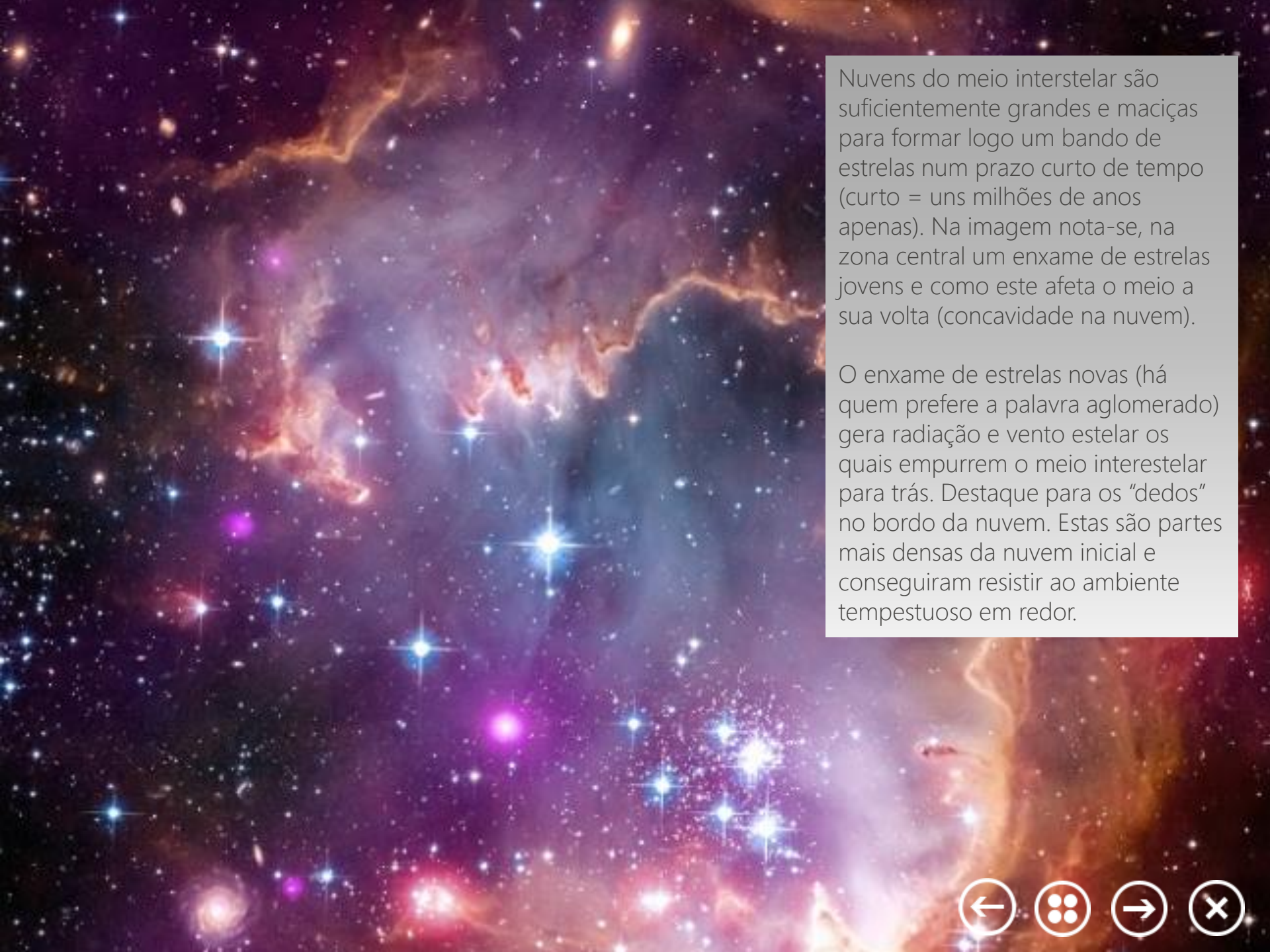


Uma secção minúscula da galáxia mostra não só milhões de estrelas, mas também nuvens de matéria (hidrogénio, hélio e quantidades ridiculamente diminutas de material >He na tabela periódica).

Genericamente tais nuvens são chamadas o meio interestelar.

Destaque para o aspeto IRREGULAR e as variações na DENSIDADE (nas zonas menos densas vê-se as estrelas do fundo através da nuvem).



The image shows a vast interstellar cloud, likely the Carina Nebula, with a complex structure of glowing gas and dust. The colors range from deep purples and blues to bright oranges and reds. In the center, there is a dense cluster of young stars, some of which are very bright and have prominent diffraction spikes. The cloud's surface is irregular and filamentary, with some regions appearing more dense than others. The overall scene is dynamic and colorful, capturing the raw energy of star formation in space.

Nuvens do meio interstelar são suficientemente grandes e maciças para formar logo um bando de estrelas num prazo curto de tempo (curto = uns milhões de anos apenas). Na imagem nota-se, na zona central um enxame de estrelas jovens e como este afeta o meio a sua volta (concavidade na nuvem).

O enxame de estrelas novas (há quem prefere a palavra aglomerado) gera radiação e vento estelar os quais empurram o meio interestelar para trás. Destaque para os “dedos” no bordo da nuvem. Estas são partes mais densas da nuvem inicial e conseguiram resistir ao ambiente tempestuoso em redor.



Pilares da criação



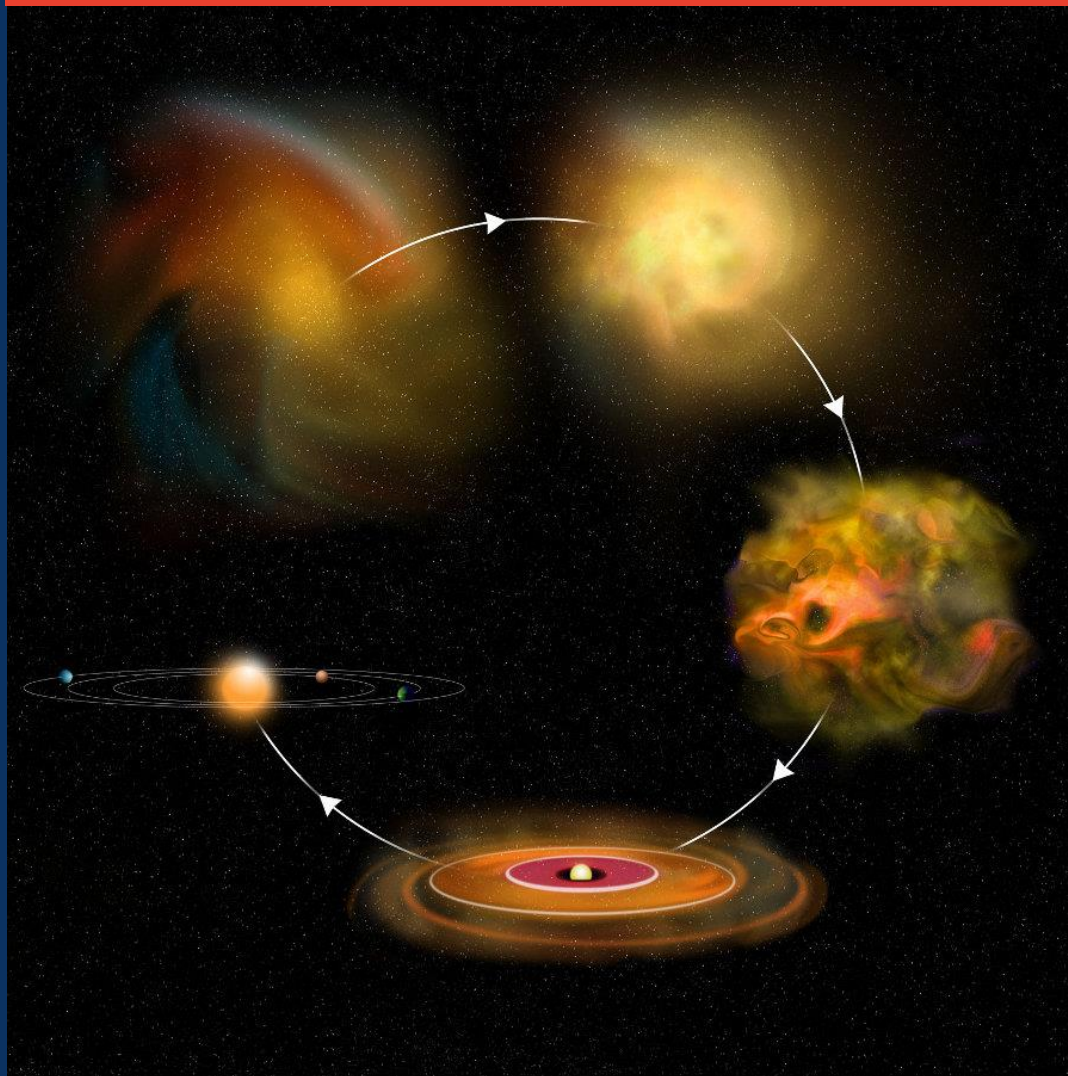
© NASA, Hester, Scowen (Ariz. Uni.)

Os "dedos" da imagem anterior, vistos de perto, chamam-se poeticamente os pilares da criação.

Estes pilares tem centenas de anos de luz de extensão. Destaque para os numerosos picos pequenos que sobressaíam por todo lado.

Em cada ponta a força da gravidade local faz o interior desses picos colapsar sobre si próprio formando uma estrela dentro de uma espécie de casulo de matéria interestelar (protoestrela).

Making of...

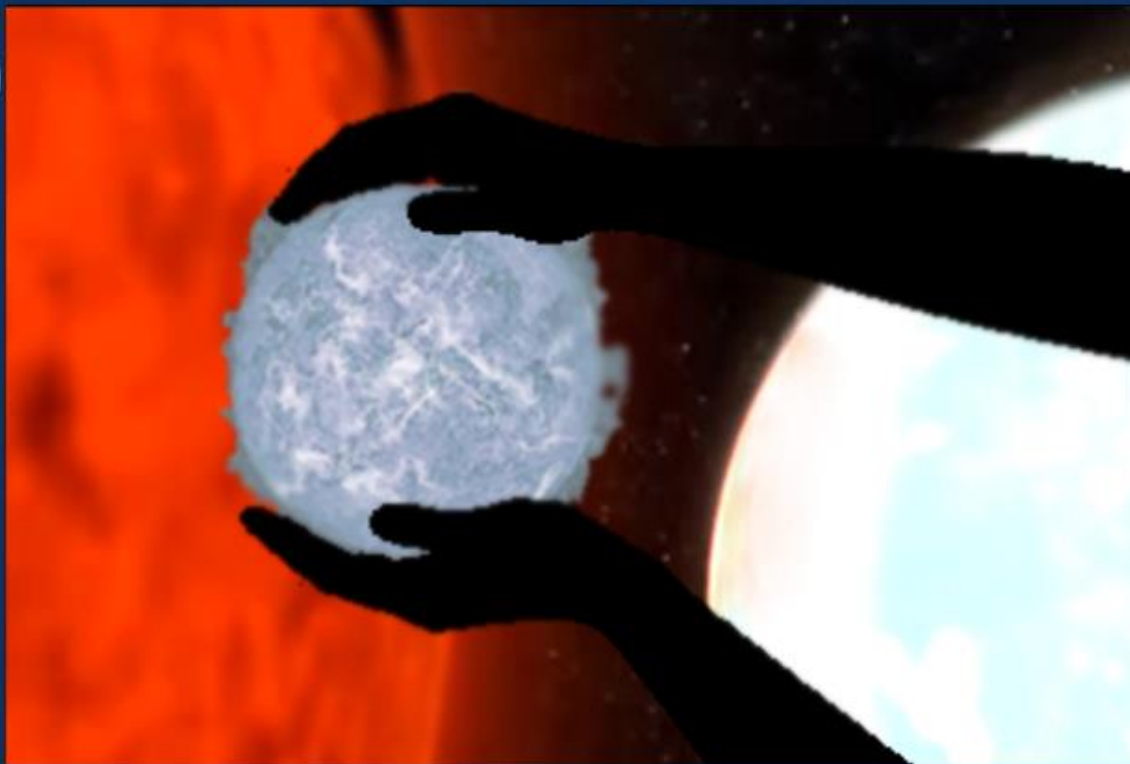


O processo de fazer uma estrela (e o que fez o Sol) é razoavelmente simples. A gravidade faz a nuvem comprimir e condensar no seu centro. As partículas (seja átomos, moléculas ou poeiras) aumentam a pressão e assim a temperatura no centro. A transição de uma nuvem irregular para um disco plano é resultado da preservação do momento de rotação (as partículas não caem em linha reta, mas gradualmente orbitam para o centro).

Para ver algo semelhante ao vivo basta ir a uma pizzaria e ver o cozinheiro lançar ao ar uma bola de massa e sair uma pizza plana (antas do molho de tomate).

Material que não chegou atempadamente ao centro quando a estrela finalmente acender, é afastado com o vento estelar. Com alguma sorte, antes que tudo dissipa, parte do entulho do estaleiro estelar transforma-se em planetas, asteroides e cometas.

Estrelas à medida



Uma vez que as nuvens do meio interstelar são irregulares e com zonas de densidades diferentes, podem nascer estrelas de todos os tamanhos. Os valores são algo difíceis de determinar, mas um limite máximo de 100 massas parece sensato. Porém, existem uma ou outra estrela que sugere ter mais de 150 massas solares. Destaque para o tamanho do nosso Sol comparada com outras estrelas. Por baixo da lupa, há os representantes largamente mais numerosos da galáxia: as anãs vermelhas. (nem todas as estrelas na ilustração são adultos normais, como o Sol).

Resumo do nascer das estrelas

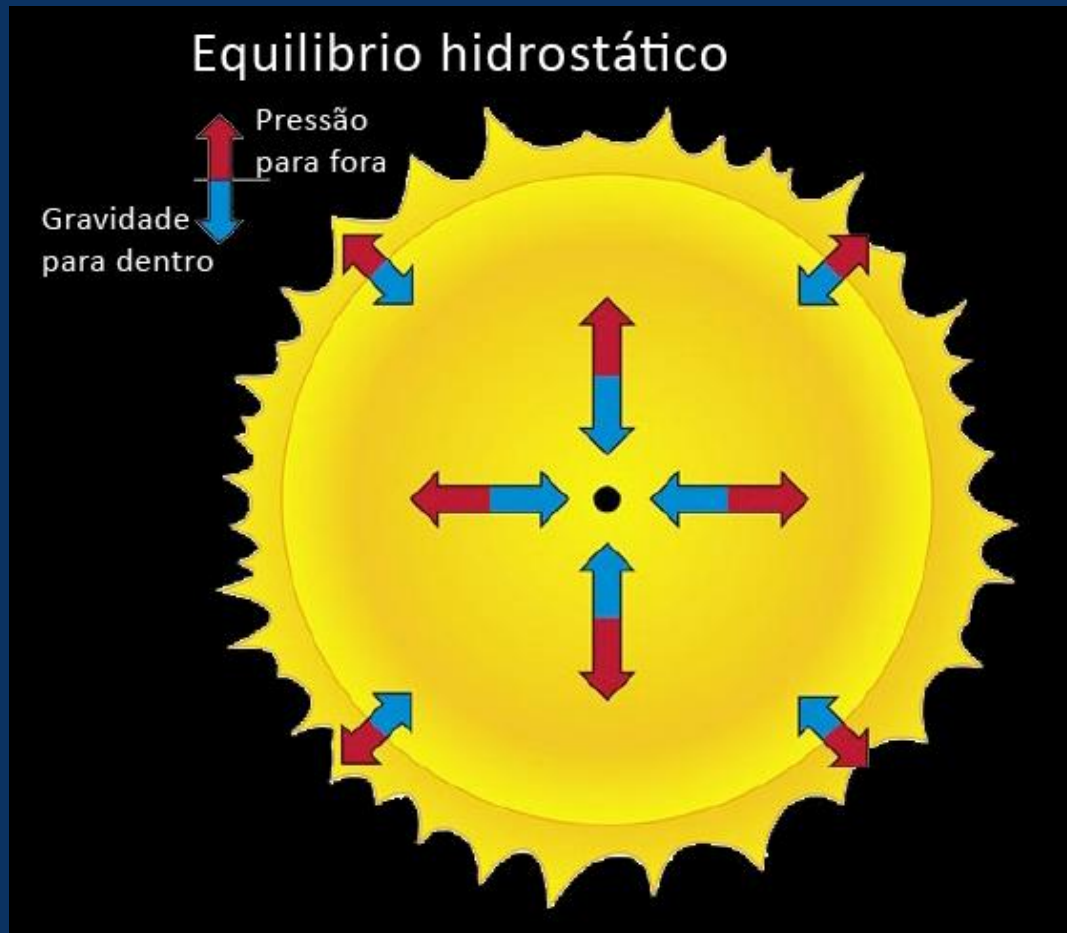
Estrelas como o Sol nascem da contração de nuvens de matéria interstelar (meio interstelar), seja apenas por força gravítica como, mais frequente, por impulso exterior (vento estelar, supernova, etc.)

Meio interestelar: Trata-se de nuvens de gás ionizado, atômico ou molecular, poeiras e partículas
Poeiras só pode haver se houve uma estrela que morreu na vizinhança e injetou material diferente produzido por esta estrela.

Composição (unid.): 91% H, 9% He, 0,1% >He
Composição (massa): 70% H, 28% He, 1,5% resto

Na astronomia, tudo o que é mais pesado que o hélio é considerado um metal. A primeira geração de estrelas no universo só tinha H e He (população III).
A segunda geração já assimilou parte do metal libertado pela morte da primeira geração (população II).
A geração seguinte (população I) assimilou o que sai das progenitoras e é, por isso, considerada rica em metal. O sol é da população I.

Dentro das estrelas



© Pearson Prentice Hall, Inc/ GRM

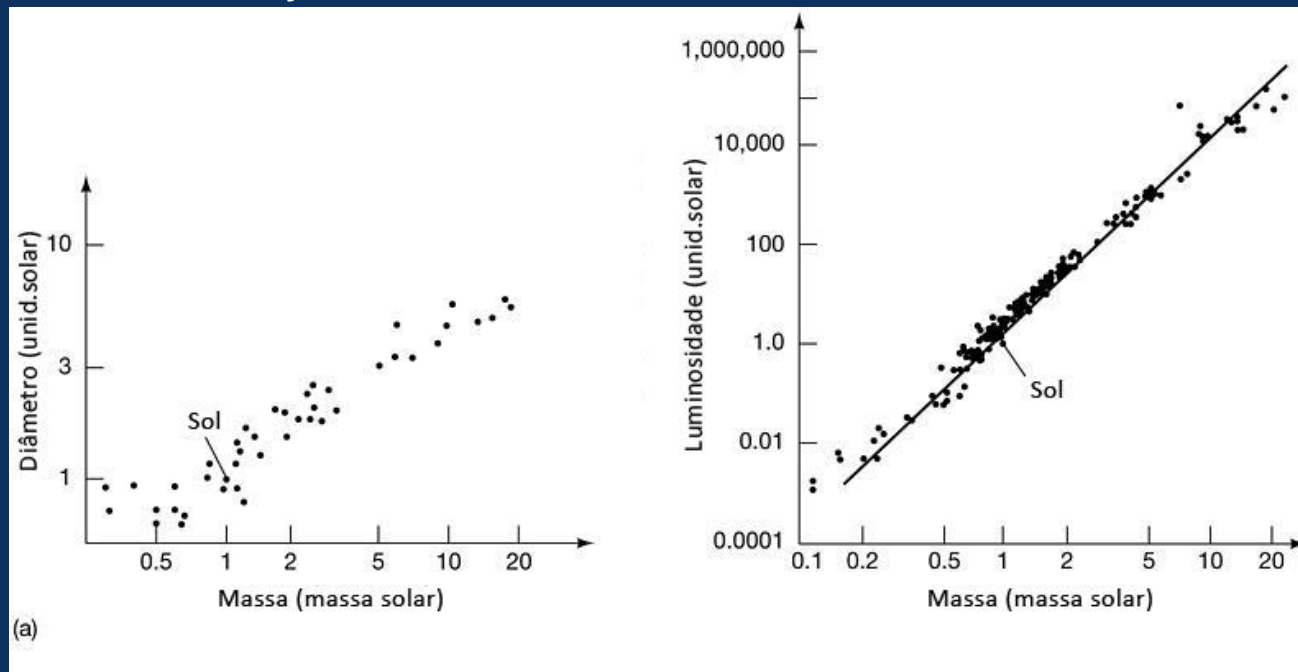
Evitar o colapso total e formação de um buraco negro.

A gravidade faz com que a matéria sente a irresistível atração de ir ao encontro com o centro. No centro aumenta a pressão. Esta pressão (térmica e física) atua no sentido contrário (para fora) e evita a concentração de todo o material no centro, formando um buraco negro.

Imagem mental: um(a) aluno(a) senta-se no chão. A turma gradualmente empilha sobre ele/ela (atração gravítica). Quem está no centro sente a força da gravidade dos outros acima. A massa densa do seu corpo resiste por algum tempo. Conforme mais alunos se amontoam, o/a que está no centro começa reagir primeiro com voz, depois com ação física (equivalente ao núcleo de uma estrela em fusão). Outro exemplo, menos proativo: Ragby

Todas iguais, todas diferentes

O equilíbrio hidrostático permite apenas certas combinações entre a massa e o tamanho da estrela.



Ao determinar a massa e o tamanho das estrelas maduras em redor do Sol e criar um gráfico desses dados, nota-se que tudo se arranja ao longo de uma linha. O gráfico massa vs luminosidade (brilho visto a uma distância padrão) cria igualmente uma faixa estreita na qual encaixam todas as estrelas normais. Esta linha de estrelas maduras (= não recém-nascidas, nem no fim da vida, nem outra esquisitice) é chamada a sequência principal.

A relação direta entre massa e tamanho e luminosidade determina ao mesmo tempo a temperatura na superfície.

Estrelas por dentro

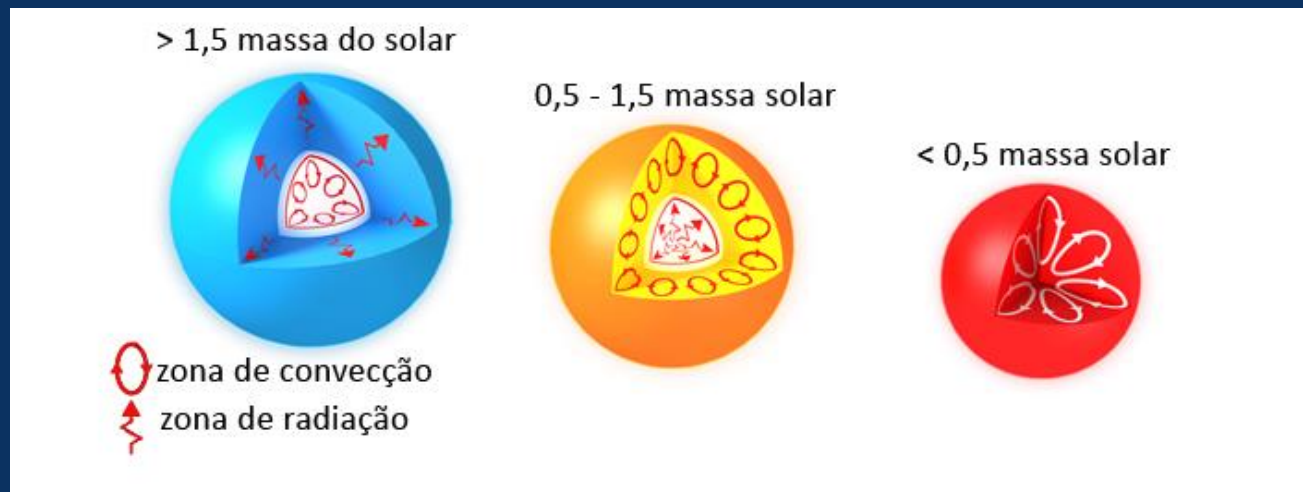
A energia é produzida exclusivamente no núcleo.
A transferência da energia/fotões por radiação ou convecção
leva a energia para as camadas superiores e para fora.

Radiação

Os fotões são produzidos e "fogem" igual a luz de uma lâmpada em todas as direções (incl. absorção e reemissão).

Convecção

A matéria da estrela (chamada plasma) aquece e, como ar quente numa sala, sobe por ser mais leve. Ao subir arrefece, adensa e volta descer para dentro.

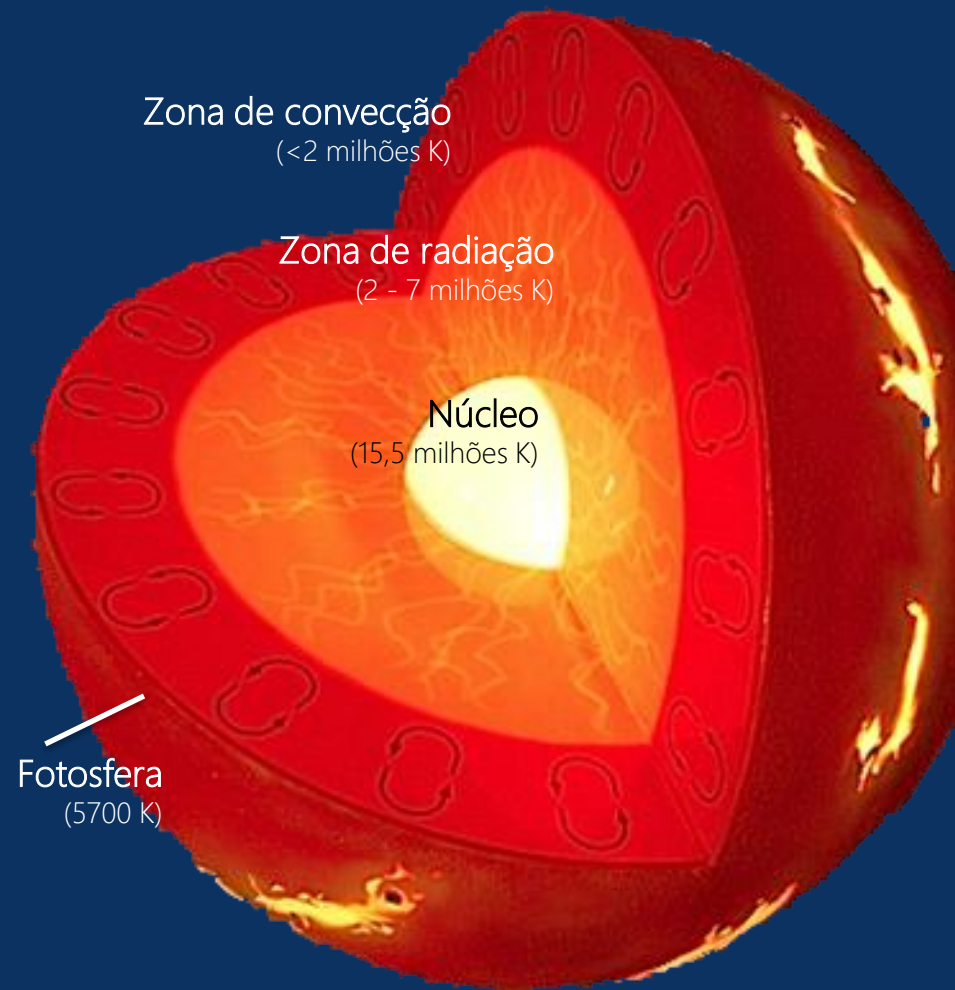


<0,5 massas solares. anãs vermelhas, não conseguem sustentar a fusão de hidrogénio por muito tempo. O núcleo por vezes trabalha, por vezes não, até um dia repousar de vez.

Estrelas enormes maciças da sequência principal não são bem considerados gigantes, mesmo que possam chegar a >10x o tamanho do Sol.

Estrelas com >30-40 massas solares: a transição entre estrela jovem para estrela gigante moribunda é muito rápida (pouco tempo na sequência principal 10-30 milhões de anos. Mais massa=mais rápida morre a estrela).

Corte do Sol

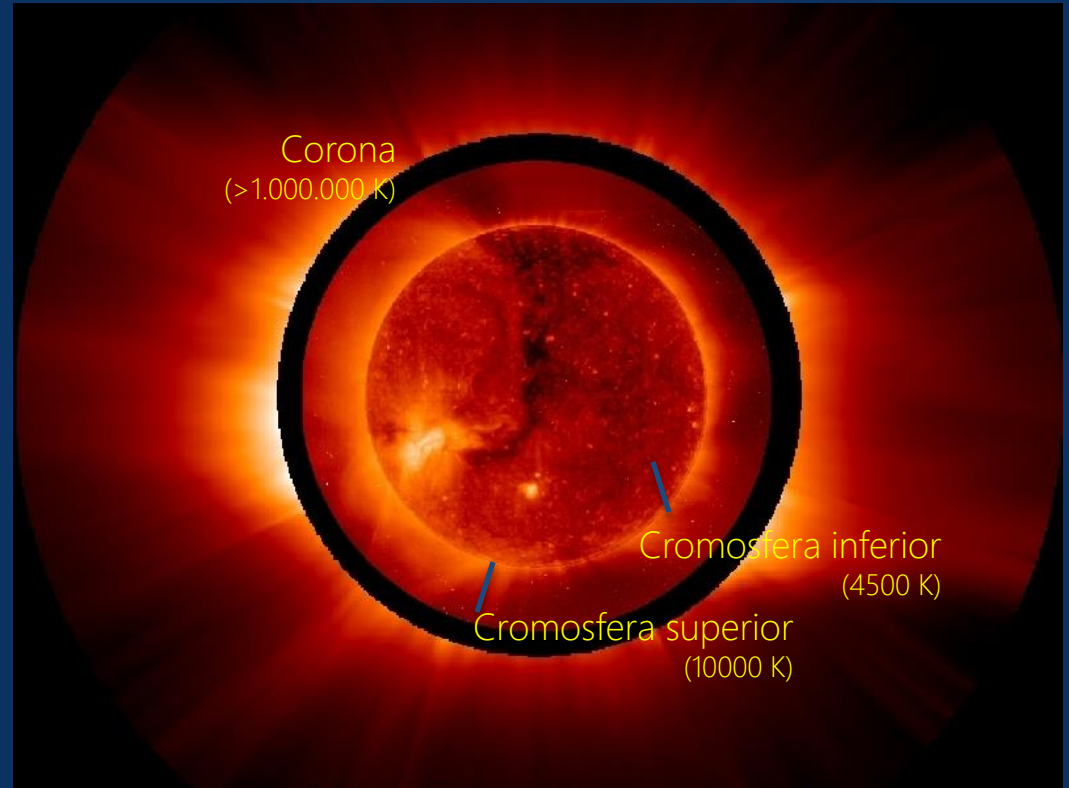


Zona de radiação = zona radiativa
Zona de convecção = zona convectiva

Lado fora do Sol

O sol da imagem anterior encontra-se imediatamente por baixo da cromosfera interior. A cromosfera é muita estreita e encosta diretamente na fotosfera (igual a atmosfera no solo da Terra).

A foto, na verdade, não representa bem a cromosfera. Importa o conceito e a ideia.



Parece estranho o aumento da temperatura por mais se afasta da fonte de calor? A corona é extremamente rarefeita em partículas. Temperatura = velocidade das partículas... Estas são aceleradas pelo campo magnético e outro efeito ainda em discussão acesa. Menor a densidade = mais liberdade de voo sem travagem. Na corona, nem um ovo ficava cozido, se não fosse a proximidade da fotosfera. A corona estende-se até bem uns 3 diâmetros solares.

Resumo do Sol por dentro e fora

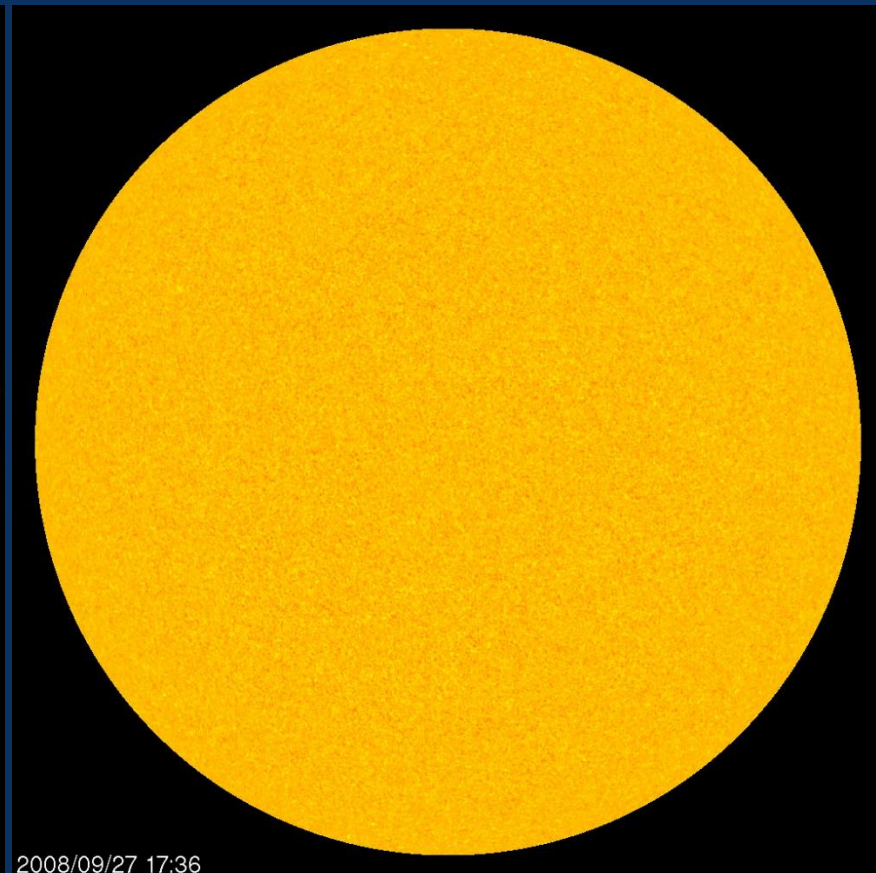
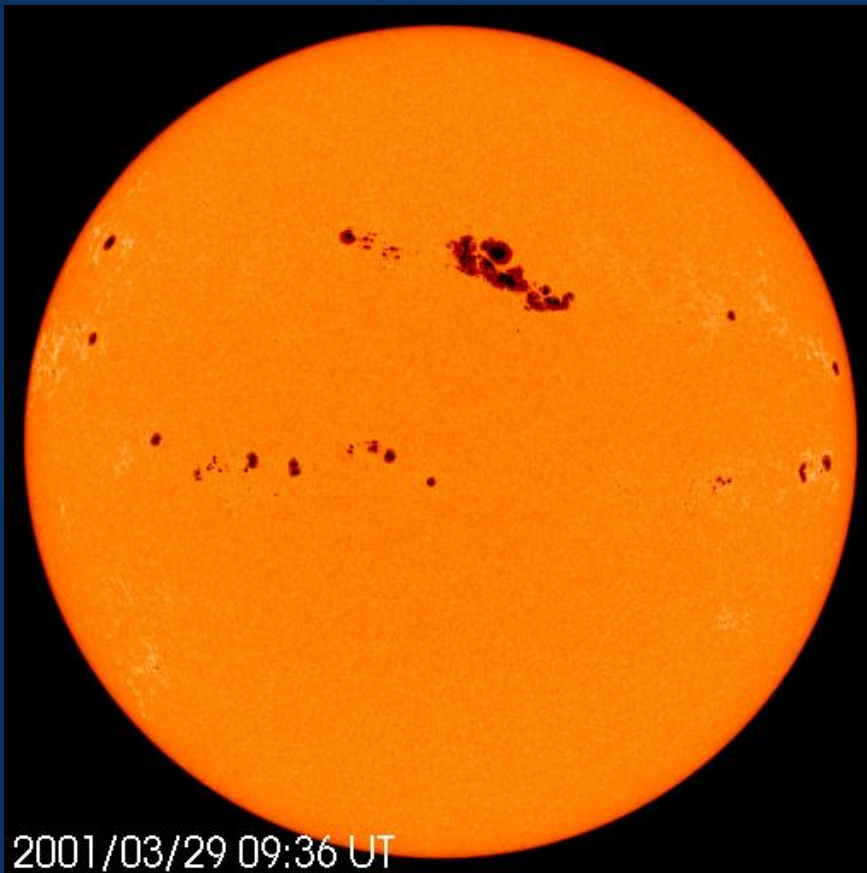
O Sol é: (de dentro para fora)

- núcleo (produção da energia)
- zona de radiação (transporte da energia)
- zona de convecção (transporte da energia)
- fotosfera (superfície visível)
- cromosfera (200 km de *atmosfera* solar)
- corona (baixa densidade, elevada temperatura)
- tipo espectral G2V (ver outra aula ou outro curso)

O Sol também:

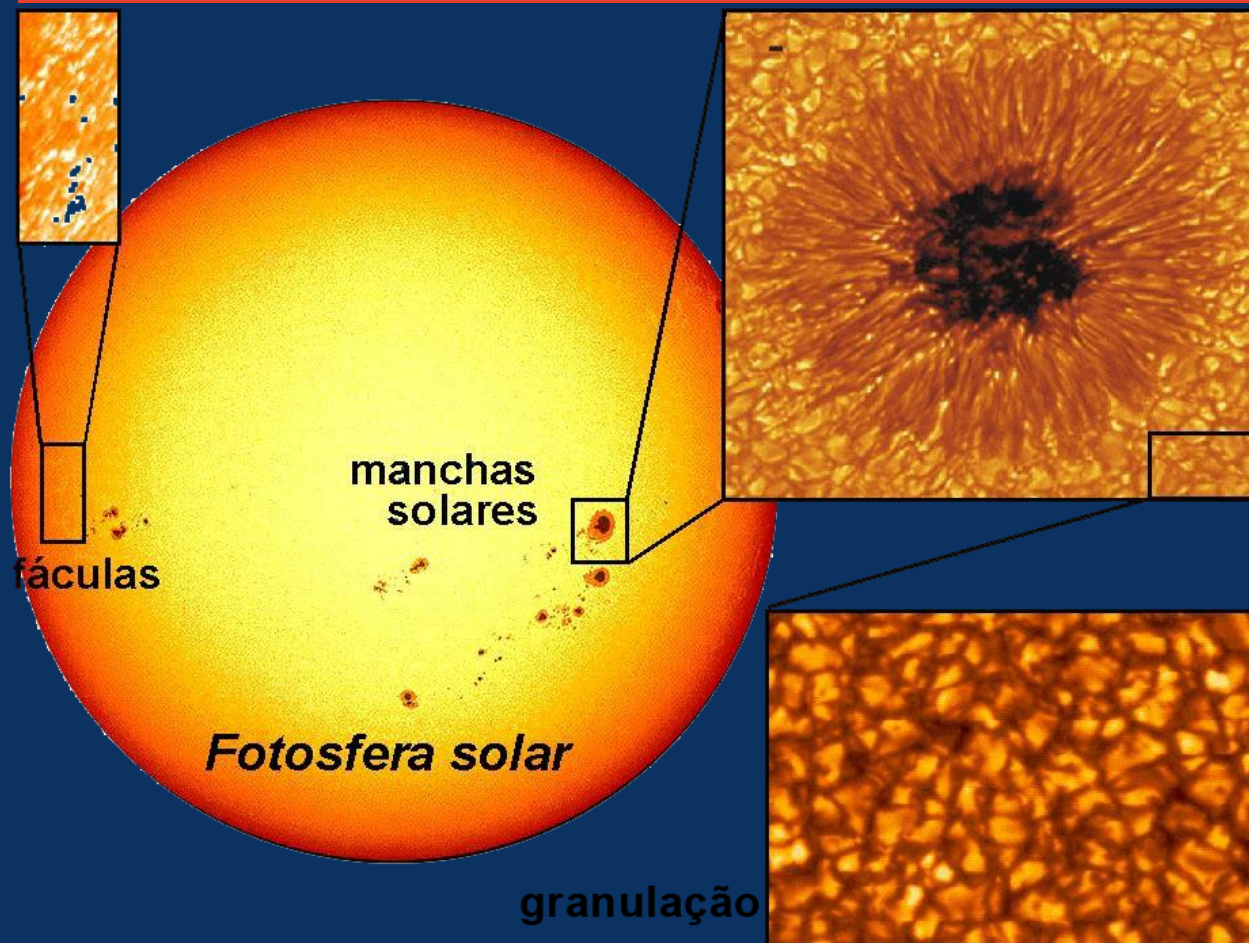
- é 109x maior que a Terra (1.392.684 km)
- dista da Terra 107x o seu diâmetro (149.600.000 km)

As faces do Sol



A esquerda o Sol com atividade aparente. 7 anos mais tarde, o mesmo Sol sem qualquer fenómeno na superfície. O sol tem ciclos de atividade. No máximo de atividade solar o sol apresenta-se como na imagem esquerda. No mínimo, muitos dias não há nada de especial na superfície. O ciclo de atividade solar dura na média 11 anos (de mínimo a mínimo). Entre os 24 ciclos registados por seres humanos desde 1755 houve durações de 8 a 14 anos.

Sol em luz branca



O plasma do sol é matéria ionizada (átomos com falta de elétrons), portanto tem carga elétrica e consequentemente um fluxo/campo magnético. A convecção e o movimento horizontal do plasma faz as linhas do(s) campo(s) magnético(s) adensar e entrelaçar. Nos pontos mais densos, as linhas do campo magnético saem ou penetram na superfície solar e, como uma rolha, travam a matéria quente em ascensão. A matéria no topo arrefece e **nasce uma mancha solar**.

A **granulação** é a convecção vista de cima. As bolhas de plasma quente subam, arrefecem e a matéria menos quente desliza para o bordo da bolha (as linhas escuras) voltando para dentro do sol. Tamanho médio dos grânulos ~ península ibérica. Toda a face solar (só ao nível da granulação) renova em ~7 minutos.

A energia que não conseguiu sair na mancha tem de sair algures. Onde sai, a matéria aquece mais que a superfície não perturbada, aumentando a temperatura local e por isso o brilho (lei de Stefan-Boltzmann).

As **fáculas** são estas tais zonas mais quentes

fotosfera 5770 K
manchas 4300 K
fáculas 7100 K

Cromosfera

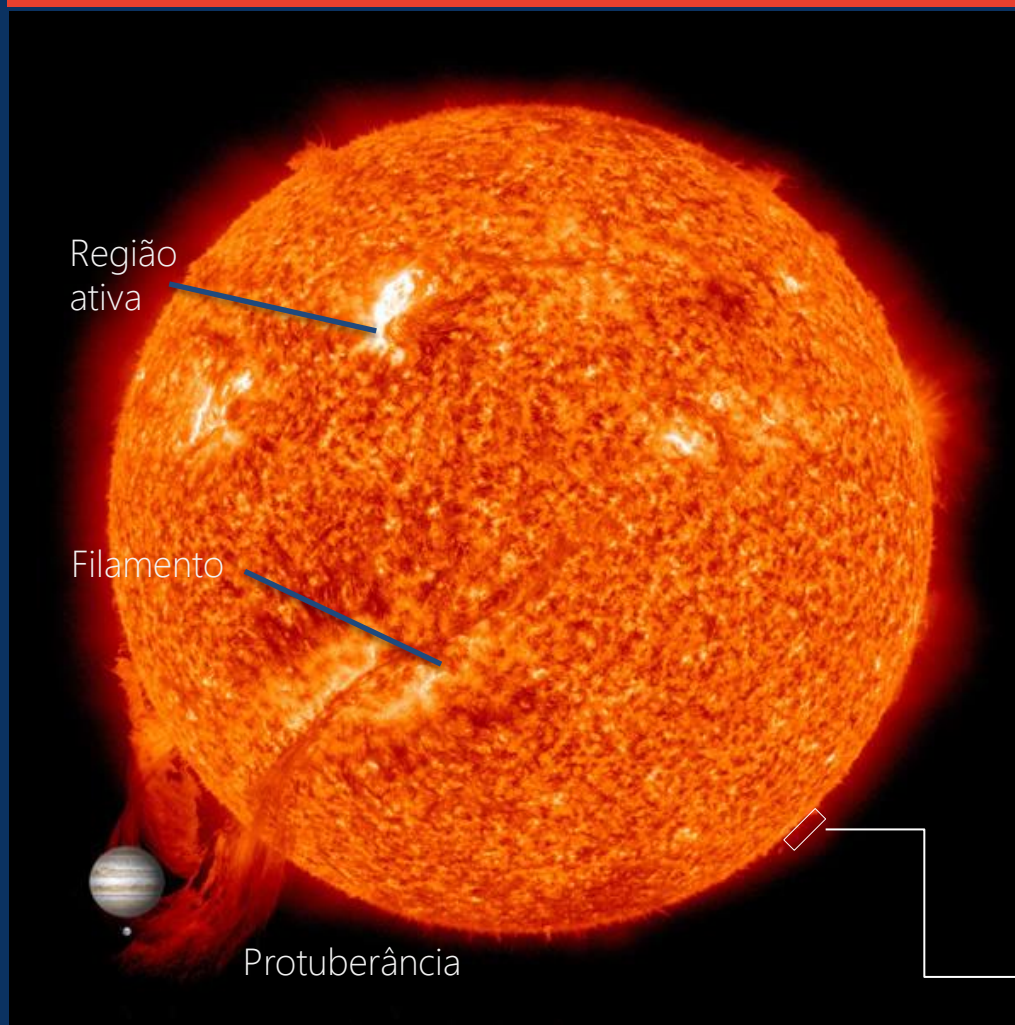


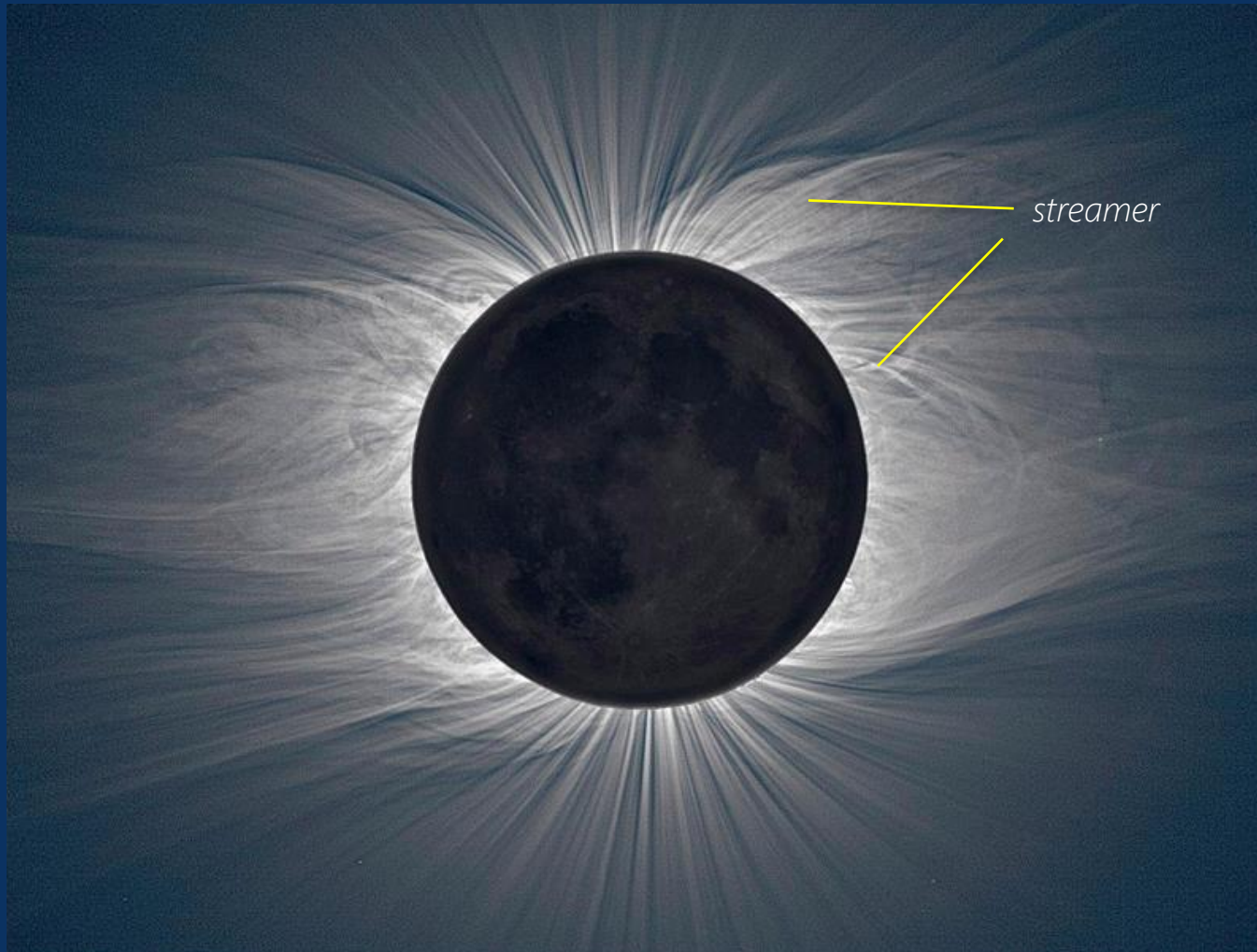
Imagem no canto direito: Aqui vê-se como as partículas do plasma solar se veem forçadas seguir as linhas do campo magnético. No espaço interior por baixo das linhas magnéticas, como uma bolha, a energia é captada sem poder de escape...aumentando o nível energético e a pressão. Frequentemente o campo magnético local rearranja-se espontaneamente, o que liberta explosivamente a matéria e energia presa na bolha. O efeito drástico é a ejeção de matéria, as protuberâncias (há quem prefere chama-los fulgurações). Os mesmos vistos de cima parecem linhas escuras...portanto são autênticas paredes de inferno (milhares de km de espessura e altura..ver imagem).

A região ativa é tipicamente (80%) o representante cromosférico de uma zona de manchas solares na fotosfera diretamente por baixo.



A cromosfera é apenas visível com filtros especiais H-alfa, ou, apenas o bordo solar, durante um eclipse total do Sol ou usando uma máscara exata para tapar o disco solar.

Corona solar



As partículas da matéria na corona seguem as linhas do campo magnético

A matéria tênue da corona solar vê-se obrigado seguir as linhas do campo magnético. A imagem fortemente processada em computador foi obtida durante um eclipse total. A Lua Nova torna-se ligeiramente visível porque a sua superfície recebe a luz solar refletida pela Terra.

Observação do Sol



Observatório solar do instituto de física solar da Royal Swedish Academy of Sciences em La Palma/Espanha

Existem no mundo poucos observatórios profissionais especializados ao sol.

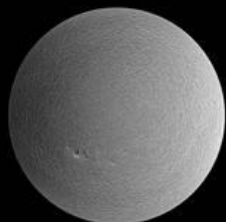
Sugestão: consultar a situação e o estado da oferta do observatório astronómico em Coimbra, quantos aos projetos relacionados com o Sol.



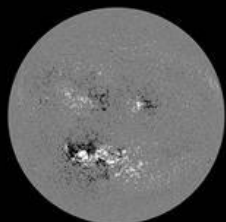
SDO
(Solar Dynamics Observatory
observa a partir do espaço

O estudo do sol faz se bem melhor fora das inconstantes da atmosfera terrestre. A única desvantagem é a vida curta dos satélites/sondas em relação aos observatórios terrestres, que podem estudar o Sol durante muitas décadas sempre com a mesma instrumentação (portanto dados calibrados).

O Sol sob todas as luzes



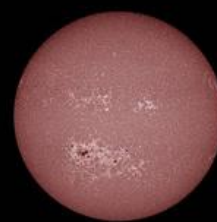
HMI Dopplergram
Surface movement
Photosphere



HMI Magnetogram
Magnetic field polarity
Photosphere



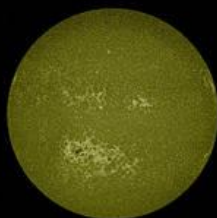
HMI Continuum
Matches visible light
Photosphere



AIA 1700 Å
4500 Kelvin
Photosphere



AIA 4500 Å
6000 Kelvin
Photosphere



AIA 1600 Å
10,000 Kelvin
Upper photosphere/
Transition region



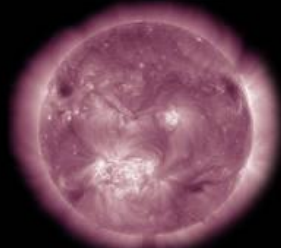
AIA 304 Å
50,000 Kelvin
Transition region/
Chromosphere



AIA 171 Å
600,000 Kelvin
Upper transition
Region/quiet corona



AIA 193 Å
1 million Kelvin
Corona/flare plasma



AIA 211 Å
2 million Kelvin
Active regions



AIA 335 Å
2.5 million Kelvin
Active regions



AIA 094 Å
6 million Kelvin
Flaring regions



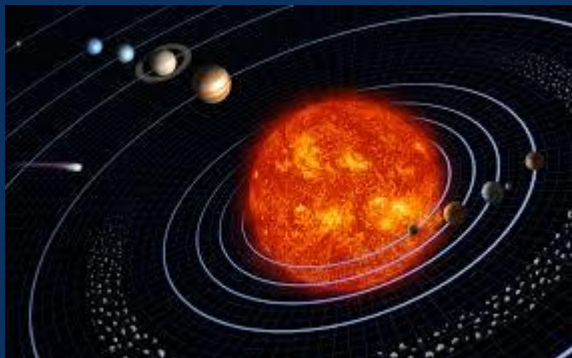
AIA 131 Å
10 million Kelvin
Flaring regions

Eis o que cada uma das câmaras/sensores do SDO veem. Cada linha espectral corresponde tipicamente a emissão de um elemento/ião específico representante dessa camada do Sol (fotosfera, cromosfera, corona) ou que se faz notar sob determinadas condições de atividade do sol.

O magnetograma (2.ª figura), ao fim e ao cabo, é o pai de toda a confusão (preto=sul magnético, branco=norte magn.). Imagens obtidas no mesmo dia.

Vê-se perfeitamente como a zona de distúrbio magnético no magnetograma se propaga por todas as camadas do sol.

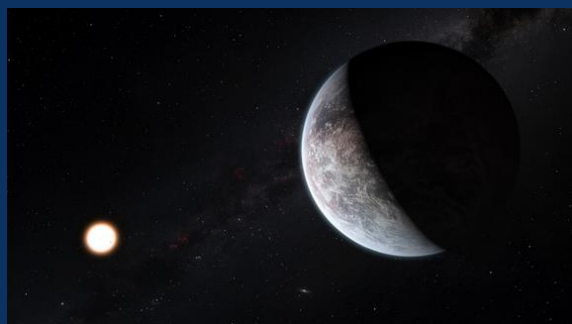
Efeitos do Sol I



O sol mantém os planetas no seu lugar (gravidade)



...ilumina um dos lados de cada planeta



Junto com a rotação do planeta cria dia/noite

Efeitos do Sol II



Aquece os planetas
Essencial para a vida
no nosso planeta



Efeitos do Sol III

Positivo

- Dia e noite (com rotação da Terra)
- Aquece solo, oceanos e atmosfera
- Fornece energia, essencial para >90% da vida na Terra
- Responsável pelo clima e as estações (com órbita da Terra)
- Vento solar afasta parte da radiação cósmica
- Tempo meteorológico (em combinação com as faixas da própria Terra)
- Auroras (para entretenimento da alma)



Negativo

- Tempo espacial (space weather)
- Vento solar, plasma e radiação, são destrutivos (ver vida em Marte)
- Radiação não filtrada pela atmosfera acabava com vida na Terra (p.ex. buraco de ozono – deixa passar os raios UV).
- Tempestades solares/geomagnéticas (destrutivas até o solo)
- Acelera o efeito de estufa/épocas glaciares (agravado com ação humana)



Atividades

A seguir encontram-se apenas algumas sugestões práticas para trabalhar com o Sol no meio escolar ou fora dele.

Observar o Sol

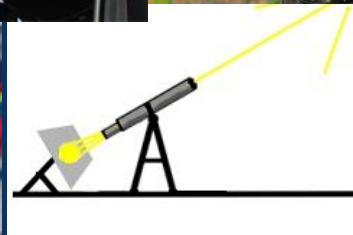
Atividades para o exterior
(curta e longa duração)

Atividades para se tornar um(a)
professor(a) menos popular

Para mais: consultar o NUCLIO quanto a atividades variadas e adaptadas para o tipo de turma, ano e tempo de duração preferido.

Sol nas escolas

Luz branca



Meios escolares não costumam permitir a compra de equipamento sofisticado. Película solar da Baader Planetarium (D), Astrofoto (PT), Brightstar (PT) é simples de utilizar, barata e totalmente segura para binóculo, luneta ou câmara fotográfica.

Rádio (p.ex 10 Ghz – 3cm)



Filtros H-alfa para a cromosfera são dispendiosos e o que se pode fazer com eles no meio estudantil não justifica bem a despesa. Se houver um clube de rádio, falta pouco para a radioastronomia funcionar. Uma parabólica simples construída em grupo e um recetor (não muito dispendioso) permite "ouvir" o sol.

H-alfa



Atividades para o exterior

Construir e usar espectroscópios simples

Monitorizar e estudar sequências da atividade do sol (p.ex. downloads via SDO ou Soho)

Monitorizar o tempo espacial (www.spaceweather.eu (Europa) e www.spaceweather.com (outros))

Fotografar o analema (imagem de fundo)

(alternativa: Printscreens com Stellarium)

Determinar o equinócio/solstício (à la Stonehenge)

Determinar a constante solar (energia vinda do Sol)

Efeitos da lua

A cor do Sol?

Relógios de sol...

Para estudar o clima, o tempo e o sol na história, veja a sequência

Adequado para todos os níveis de ensino

Atividades para dias de chuva

Recorrendo a dados adquiridos nos sites (Dados e acessos), descrições e valores incluídos aqui, é possível criar trabalhos que podem explorar o emprego do conhecimento e raciocínio dos alunos.

O detalhe e a precisão dos resultados podem ser facilmente adaptadas ao conhecimento requerido para o ano escolar da turma.

Medição e cálculo

- Qual é a velocidade de translação do Sistema Solar (exprimir em km/h, 3 dígitos significativos)
- Existe alguma diferença nas manchas solares durante o mínimo e o máximo solar?
- Qual a velocidade de rotação do Sol? (determinar através de sequências de imagens sucessivas)
- Existe uma diferença (e se qual) na velocidade de rotação da zona equatorial e mais perto dos polos? (exprimir em dias, 3 dígitos significativos)
- Qual a velocidade de ejeção média de uma protuberância? (km/h, 3 dígitos significativos e datas das observações)
- Quanto tempo demoraria esse material expelido para cruzar a órbita da Terra (em dias, 2 dígitos significativos)
- Qual a extensão de um grupo de manchas na zona central, equatorial da fotosfera, qual a extensão da mesma região ativa na cromosfera e na corona? (em km, 2 dígitos significativos e data da observação)

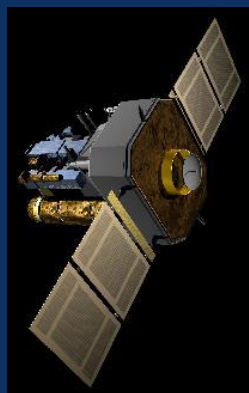
Incertezas quanto ao como?

Dados e acessos

Imagens, vídeos e dados diários
atualizados vindos do espaço



SDO (Solar Dynamics Observatory)
<http://sdo.gsfc.nasa.gov>

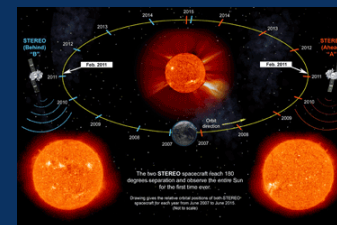


SOHO (Solar and Heliospheric Observatory)
<http://sohowww.nascom.nasa.gov>



Hinode (Japão)
<http://solarb.mssl.ucl.ac.uk/SolarB/Solar-B.jsp>

STEREO
<http://stereo.gsfc.nasa.gov>



Dados e acessos

SIDC (Solar Influences Data Analysis Center)

Acesso a dados atualizados e até 2 séculos para trás.

<http://sidc.oma.be>

Tempo espacial (portal Europeu com recursos para educação)

<http://spaceweather.eu>

Tempo espacial (americano)

<http://spaceweather.com>

Materiais de apoio ou para bricolage em aula

[Central de Materiais do NUCLIO](#)

This is the End

Chegou ao fim, não há mais para fazer neste documento.

O autor e o NUCLIO desejam-lhe uma boa experiência junto dos seus alunos.

Se tiver dúvidas, reclamações, elogios, sugestões ou algum excedente para uma doação simpática... [clique aqui](#)

