



EM CASA, NO UNIVERSO

2009 ANO INTERNACIONAL DA ASTRONOMIA

PLANETAS GIGANTES

Não pare distante do jovem Sol, embora seja mais facilmente capturado pela gravidade dos próximos planetários. Assim marcaram os pontos gigantes e gasosos, com uma densa camada externa de nuvens. Júpiter é o planeta de maior massa, com 318 vezes a massa da Terra, seguido de Saturno. O terceiro planeta por massa é Netuno, mas por tamanho é Urano. Os planetas gigantes, também chamados de jovianos, possuem muitos satélites, enquanto os terrestres possuem poucos ou nenhum.

URANO

Terra

A Terra não é planeta gigante, mas está aqui representada assim como...

Em casa, no universo (2009 : Porto Alegre, RS)

Em casa, no universo / catálogo da exposição organizada pelo Museu da UFRGS. -- Porto Alegre : UFRGS, 2009.

112 p.: il., fots.

Exposição comemorativa ao Ano Internacional da Astronomia, com curadoria de Basílio Xavier Santiago, Eduardo Luiz Damiani Bica, Maria Helena Steffani, Claudio Miguel Bevilacqua.

1. Astronomia. 2. Astronomia - UFRGS - Exposição. I. Santiago, Basílio Xavier. II. Museu da UFRGS.

CDU 52(063)

Catálogo-na-publicação: Biblioteca Central/UFRGS

EM CASA, NO UNIVERSO

2009 ANO INTERNACIONAL DA ASTRONOMIA

Curadoria

Basílio Xavier Santiago
Eduardo Luiz Damiani Bica
Maria Helena Steffani
Claudio Miguel Bevilacqua
Museu da UFRGS





A Universidade Federal do Rio Grande do Sul completa 75 anos destacando-se como uma das mais importantes universidades brasileiras e contribuindo, cada vez mais, para o desenvolvimento do Estado e do País. A produção e a democratização do conhecimento, integrados nas atividades de ensino, pesquisa e extensão, levaram ao reconhecimento, nacional e internacional, de sua elevada qualidade acadêmica em todas as áreas do saber, em todos os níveis, bem como as dimensões culturais, filosóficas, tecnológicas e científicas.

A Exposição “Em Casa no Universo” integra as atividades do Ano Internacional da Astronomia, AIA 2009, e também se insere na programação comemorativa dos 75 anos da UFRGS.

Há 400 anos, Galileu Galilei utilizou pela primeira vez um telescópio, por ele mesmo construído, para observações astronômicas. Inaugurava-se uma verdadeira revolução científica que passou a moldar uma nova concepção do cosmo. Este evento excepcional e marcante do início da consolidação da ciência moderna oferece a motivação para o Ano Internacional da Astronomia.

Esta exposição, concebida como instância de divulgação científica, dá a conhecer um pouco da história da Astronomia e aborda alguns dos importantes temas em pesquisa desenvolvidos no Brasil, especialmente na área de Astrofísica desta Universidade.

A realização da exposição só foi possível pelo decisivo envolvimento do Departamento de Astronomia do Instituto de Física, unidade acadêmica que comemora, em 2009, 50 anos de existência. O Instituto é o precursor da pesquisa em ensino de ciências no Brasil, uma atividade hoje disseminada pelos Departamentos de Física de quase todas as universidades brasileiras, além de desempenhar papel de destaque na pesquisa científica e na divulgação da ciência. No plano educacional, o Instituto se destaca pela oferta de ensino de qualidade para estudantes de física, engenharia, geologia, matemática, química e biologia.

Ao oferecer esta exposição à sociedade gaúcha, a UFRGS se engaja no movimento mundial que busca despertar nos jovens o interesse pela Astronomia, ciência responsável pelo desenvolvimento de diversas áreas da Física e da Matemática, e que busca respostas para um dos questionamentos básicos da humanidade: qual o nosso lugar no cosmo?

CARLOS ALEXANDRE NETTO

Reitor



O Universo no Museu

Há 400 anos, Galileu inventava o telescópio. Pela primeira vez, o homem vê o céu a uma distância tangível e sente mesmo que é quase capaz de tocá-lo. O cientista Galileu pode ter imaginado as consequências dessa tecnologia para a humanidade, mas, com certeza, não poderia prever que séculos mais tarde, o homem de fato conquistaria as estrelas, deixando sua marca no satélite terrestre e aumentando o fascínio que o Universo exerce sobre nós desde antes da Antiguidade.

Disso se trata a exposição “Em Casa no Universo”: do sentimento do homem de pertencer a este Universo e de sua vontade natural de desbravá-lo, ao mesmo tempo em que seus mistérios aguçam sua imaginação. Como aproximar-se dele, como enfim compreendê-lo? A resposta não é outra senão através da Ciência.

Neste Ano Internacional da Astronomia, em que comemoramos os 400 anos da invenção de Galileu e ainda os 40 anos da chegada do homem à Lua, o Museu da Universidade faz o papel do telescópio: traz o conhecimento científico para perto da comunidade. São painéis, vídeos e objetos que buscam apresentar o conhecimento astronômico em linguagem simples, estimulando a curiosidade por essa ciência e cumprindo o papel da Extensão de disseminar o saber acadêmico em benefício da sociedade.

Cabe considerar que uma Exposição do porte de “Em Casa no Universo” é possível se tornar realidade a partir da inquietação de muitos e da colaboração de outros. A incrível curiosidade dos pesquisadores e o olhar carinhoso de quem tem a tarefa de concretizar uma Exposição. Todos estão de parabéns e o futuro agradece tão generosa contribuição.

SANDRA DE DEUS
Pró-Reitora de Extensão



E o céu é o limite...

Antes o limite era até onde a vista alcançava, tanto na terra quanto no céu. Depois o limite da visão foi expandido pelo alcance do telescópio, desenvolvido por Galileu Galilei. Com ele, o Universo começava a ser desvendado da nuvem de mistério que o envolvia e que até então suscitava a criação de mitos e lendas.

Em consequência quase imediata deste ato criativo, há 400 anos, vários dogmas começaram a tombar e, ao mesmo tempo, uma miríade de novas questões foi sendo descortinada quase numa medida direta do número de pontos brilhantes que mais e mais apareciam no céu aos olhos atentos dos pesquisadores e curiosos que o observavam com o auxílio de novos telescópios e novas tecnologias de observação do espaço sideral.

Hoje, com as poderosas ferramentas que evoluíram a partir do primeiro telescópio já conseguimos “ver” objetos que existiam há 13 bilhões de anos e a descobrir planetas em outras estruturas estelares. Ou seja, é possível observar o Universo como ele era próximo da data de sua gênese e a começar a descobrir e a compreender o porquê da existência de algumas das mais estranhas estruturas siderais: estrelas que nascem, crescem, envelhecem e explodem, galáxias que colidem, buracos negros que engolem até a luz, as ainda misteriosas energia e matéria escura. Do ponto de vista humano talvez a maior questão a ser respondida é: estamos sozinhos no Universo?

E tudo começou com Galileu, que alinhou um par de lentes ópticas em um tubo e nos levou ao encontro do quase infinito.

A exposição “Em Casa no Universo” nos remete a uma viagem ao conhecimento humano sobre o Universo e transcreve o avanço científico e tecnológico que o Homem desenvolveu nesses 400 anos da observação moderna do espaço vazio que cerca a Terra. E que de vazio não tem nada! Entre as imagens mais impressionantes obtidas pelos telescópios modernos se destacam as que mostram as estrelas em formação. Tem a aparência de grandes acolchoados de gás hidrogênio acalentando pontos estelares em formação. Poético e ao mesmo tempo desconcertante e soberbo.

É absolutamente maravilhoso poder viver este período da história humana e experimentar a sensação da descoberta praticamente diária de novos fenômenos, de novos corpos celestes e do inesperado. Assim é o Universo. Assim é a Pesquisa: surpreendente!

JOÃO E. SCHMIDT
Pró-Reitoria de Pesquisa



Em Casa, No Universo

Até 1609, nosso conhecimento sobre o Universo esteve limitado ao alcance da visão de nossos antepassados voltada diretamente para o céu. Muito foi aprendido até então pelas diferentes civilizações ao longo da História. Mas o uso do telescópio, iniciado por Galileu Galilei, revolucionou a nossa concepção do Cosmos e de nossa posição nele. A luz débil das estrelas e galáxias distantes, analisada pelos grandes instrumentos astronômicos do presente, é em torno de 10 bilhões de vezes mais fraca do que o limite da visão humana. Ao aumentar nossa capacidade de detecção das fontes astronômicas, o desenvolvimento do telescópio continua a desafiar nossos modelos contemporâneos de Universo.

Em 2009, decorridos 400 anos desde Galileu, comemoramos em todo o planeta o Ano Internacional da Astronomia. Considerando nosso papel no contexto cósmico, chega a ser irônica esta celebração. Afinal, foi o uso do telescópio que descartou de vez a possibilidade de que a Terra, nosso planeta, fosse o centro do Universo. Até o Sol, astro insuperável pelo seu brilho, é hoje sabidamente apenas uma estrela comum, dentre mais de 100 bilhões de outras estrelas da Via-Láctea, nossa Galáxia. E esta é apenas uma dentre bilhões de outras galáxias semelhantes. Hoje temos claro que toda a aventura humana, marcada por necessidades, buscas, dramas e conflitos se passa num cenário que é um grão de poeira de um palco incomparavelmente maior. Sabemos que a matéria que compõe a Terra e os outros planetas, o Sol e as outras estrelas, e mesmo nossos corpos, é uma fração pequena, uns 4% apenas, de tudo que existe. Ainda nos fazemos tantas perguntas como antes, algumas delas muito antigas: O que somos? De que somos? Onde estamos? Estamos sós?

Esta exposição busca lançar as bases para responder essas perguntas. Aprendemos muito e a um ritmo cada vez maior como resultado do trabalho árduo de pesquisadores e tecnólogos dedicados à Astronomia, inclusive aqui na UFRGS. Hoje somos capazes, por exemplo, de detectar planetas fora do nosso Sistema Solar, orbitando outras estrelas. Em breve, seremos capazes de dizer o quão comum é um planeta como nossa Terra orbitando uma estrela como nosso Sol. E, quem sabe, também saberemos o quão comum é a vida inteligente, essa manifestação de auto-consciência desse imensurável sistema natural, que é o Universo. Sozinhos ou não, ele é também nossa casa e temos a obrigação de tentar conhecê-lo. Fiquem à vontade.

Basílio Xavier Santiago
Eduardo Luiz Damiani Bica
Maria Helena Steffani
Claudio Miguel Bevilacqua
Museu da UFRGS



Sumário

14	AIA	62	Asteróides
16	Constelações/Cosmovisões	64	Cometas
20	Galileu	66	Exoplanetas
26	Telescópios	72	Galáxias
34	Luz	76	Aglomeración de galáxias
37	Estrelas	80	Buracos Negros
40	Nucleossíntese	83	Matéria e Energia Escuras
41	Espectroscopia	87	EcoAstronomia
42	Via-Láctea	96	Poluição
45	Aglomerados Estelares	100	Astronomia e Sociedade
48	Planetas	102	Institucional
53	Planetas Anões	106	Bandeira
56	Satélites	108	Ensino

Ano Internacional da Astronomia

O Ano Internacional da Astronomia 2009 (AIA2009) foi proclamado pela ONU em 19 de dezembro de 2007, em reconhecimento ao papel da Astronomia no avanço das ciências, no desenvolvimento tecnológico, na educação formal e na divulgação e popularização da ciência.

O AIA2009 comemora os 400 anos das observações telescópicas do céu pelo astrônomo italiano Galileu Galilei. É uma celebração global da Astronomia e de suas contribuições ao conhecimento humano. Com seus avanços, a Astronomia modificou radicalmente as concepções humanas sobre o universo em que vivemos.



Versão com texto em português da logomarca do AIA2009, que é adotada em todo o planeta.

Fonte: <http://www.astronomia.org.br/>

Organização mundial

A organização do AIA2009 tem como órgão patrocinador a UNESCO, agência da ONU para desenvolvimento do ensino, cultura, conhecimento e qualidade de vida para os povos e crianças de todo o mundo. Esta organização delegou à União Astronômica Internacional (IAU), organismo que congrega os astrônomos de todo o mundo, a liderança de uma vasta rede que é composta por agências espaciais como NASA (Agência Espacial Norte Americana), ESA (Agência Espacial Européia), sociedades astronômicas nacionais filiadas à IAU e sociedades astronômicas amadoras.

A coordenação internacional e em cada país é feita pelo sistema de rede, subdividida em nós. Assim temos o nó internacional e os nós nacionais. Cada país é também subdividido em nós regionais, estaduais e locais. Cada cidade pode ter um ou mais nós locais.

Brasil

No Brasil, o nó nacional é composto por regiões geográficas que, por sua vez, são divididas por estados e, estes, por nós locais. Para saber mais: <http://www.astronomia.org.br>

Estado

No Rio Grande do Sul foi organizado um projeto específico, chamado "do céu ao museu, mas sem esquecer a sala de aula", que conta com o apoio do CNPq e que congrega vários nós do estado, em especial UFPel, UNIPAMPA e UFRGS.

Saiba mais em: <http://www.ufpel.edu.br/aia2009/>

Porto Alegre

Em Porto Alegre os nós do AIA2009 estão,
na UFRGS:

- Observatório Astronômico;
- Planetário;

na PUC:

- Observatório Educativo Itinerante;

no Colégio Militar:

- Laboratório de Astronomia.



Foto do Planetário que recebe escolas de terça a sexta-feira para programação de cúpula. Oferece, também, programação para o público em geral nos finais de semana, incluindo observações do céu ao telescópio.

Saiba mais sobre as metas estabelecidas para o AIA2009, bem como sobre os programas e atividades previstos em www.astronomy2009.org 

Constelações e Cosmvisões

Cosmovisões

Para explicar a origem do mundo e dos fenômenos celestes, os povos antigos criaram os mitos cosmogônicos que associavam seres supranaturais à criação do Universo, aos astros e fenômenos da natureza (chuva, raios, estações do ano, etc).

QUEM SOMOS?
ONDE ESTAMOS?
DE QUE SOMOS?
PARA ONDE VAMOS?

*Perguntas que o homem se faz desde a pré-história e que o levaram à construção de modelos do cosmos.
Créditos: Adaptado de <http://doisdedosdeprosa.files.wordpress.com/2007/03/australopithecus.jpg>15/12/2008*



O modelo geocêntrico de Ptolomeu



Ptolomeu sintetizou o conhecimento astronômico grego na obra *Almagesto*. Explicou com seu modelo de universo a observação do movimento retrógrado dos planetas internos.

*Claudius Ptolomeu (87 – 150 d.C.).
Créditos: <http://centros5.pntic.mec.es/sierrami/dematesna/demates67/opciones/sabias/Eudoxio/Image2.gif>17/12/2008*

A órbita básica de cada corpo era um grande círculo, o deferente, e, na medida em que se movia ao longo deste, o planeta traçava também um círculo menor, o epiciclo. O universo ptolomaico era menor que a distância Terra-Sol hoje conhecida.

Representação do modelo de universo ptolomaico.
Créditos: astrofilisiciliani.org



O modelo heliocêntrico de Copérnico

Princípio de Copérnico: A Terra **não** ocupa um lugar privilegiado no espaço. Ela orbita o Sol, assim como os demais planetas.

O arranjo Heliocêntrico explicava por que Mercúrio e Vênus nunca se afastavam muito do Sol no céu: tinham órbitas mais próximas dele que da Terra. Explicava, também, por que Marte, Júpiter e Saturno tinham movimento retrógrado: a Terra passava diante deles em sua órbita menor e mais rápida. Isso foi apresentado no livro “De Revolutionibus Orbium Celestium”, obra prima de Copérnico.

Nicolau Copérnico (1473 – 1543).
Créditos: <http://nautilus.fis.uc.pt/wwwqui/figuras/fisicos/txt/copernico.html>



Representação do modelo Heliocêntrico de Copérnico.
Créditos: http://aeaa.nmns.edu.tw/aeaa/contents_list/ancient_europe_astronomy.html



Constelações

As constelações são agrupamentos arbitrários de estrelas que as várias civilizações e povos foram construindo no seu imaginário ao longo da História. Em geral elas representam deuses, mitos, animais e até objetos de uso importante no cotidiano. A divisão do céu em constelações facilitava a identificação dos objetos celestes, como estrelas, planetas, cometas, entre outros.

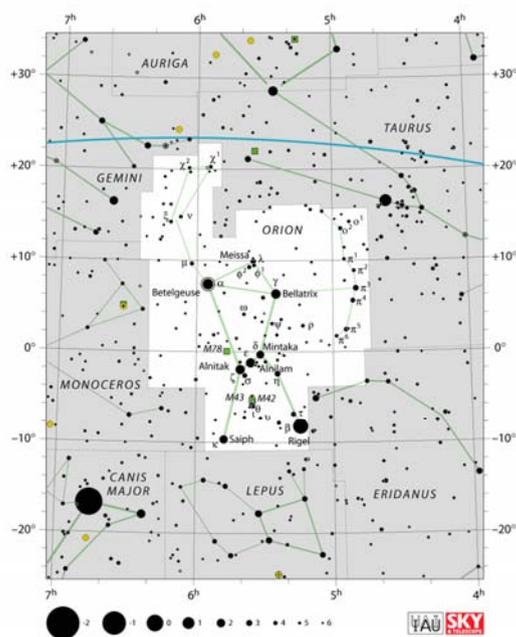
As constelações não formam sistemas físicos, ou seja, suas estrelas podem estar muito longe umas das outras. Hoje em dia, os astrônomos profissionais usam sistemas de coordenadas que identificam qualquer ponto no céu de forma mais eficiente. Mas, as diferentes constelações imaginadas através da História constituem importante registro histórico.



O registro mais antigo conhecido de uma constelação foi encontrado nas cavernas de Lascaux, França e representa a constelação de Touro e as Plêiades, datando de 17.300 anos atrás.
Fonte: http://www.iau.org/public_press/themes/constellations/

Em 1930 a União Astronômica Internacional (IAU) publicou a demarcação oficial das 88 constelações que são utilizadas atualmente. As estrelas numa dada constelação recebem designações seguindo a ordem de seu brilho no céu. A mais brilhante

recebe a designação de alfa, a segunda mais brilhante é beta e, assim por diante, seguindo o alfabeto grego. Além da designação, as estrelas mais brilhantes têm nomes. Por exemplo, alfa da constelação do Escorpião é a mais brilhante e seu nome é Antares.



À esquerda, a demarcação das fronteiras da constelação de Órion (caçador), com as estrelas principais. No centro: as estrelas Alnitak, Anilam e Mintaka formam o cinturão de Órion e são conhecidas como as Três Marias. À direita uma imagem fotográfica real notando-se que abaixo das Três Marias aparece a Nebulosa de Órion.

Fontes: painel esquerdo: <http://joemorris.mystarband.net/images/Orion%20Constellation.jpg>; painel direito: IAU/Sky and Telescope.

As constelações refletem a cultura dos diferentes povos que as identificaram no céu noturno. As figuras vislumbradas pelos gregos remetem às suas figuras míticas como Sagitário,

Centauro, Pégaso, Hércules, entre tantas outras. Aqui fazemos uma comparação com as constelações indígenas e suas equivalentes em outros povos antigos.



A mesma região do céu vista por diferentes civilizações. Em sua maioria, as figuras definidas pelas constelações são difíceis de serem identificadas no céu noturno. Na primeira imagem, a demarcação das constelações oficiais conforme a União Astronômica Internacional no céu austral. A demarcação da IAU é herança da visão do céu pelos gregos e romanos. Na segunda imagem, a constelação da Ema segundo a tradição tupi-guarani. Na terceira, a constelação do Emu dos aborígenes australianos. Créditos: alto à esquerda: Stellarium; alto à direita: Germano Afonso, UFPR; abaixo: New World Encyclopedia (newworldencyclopedia.org).

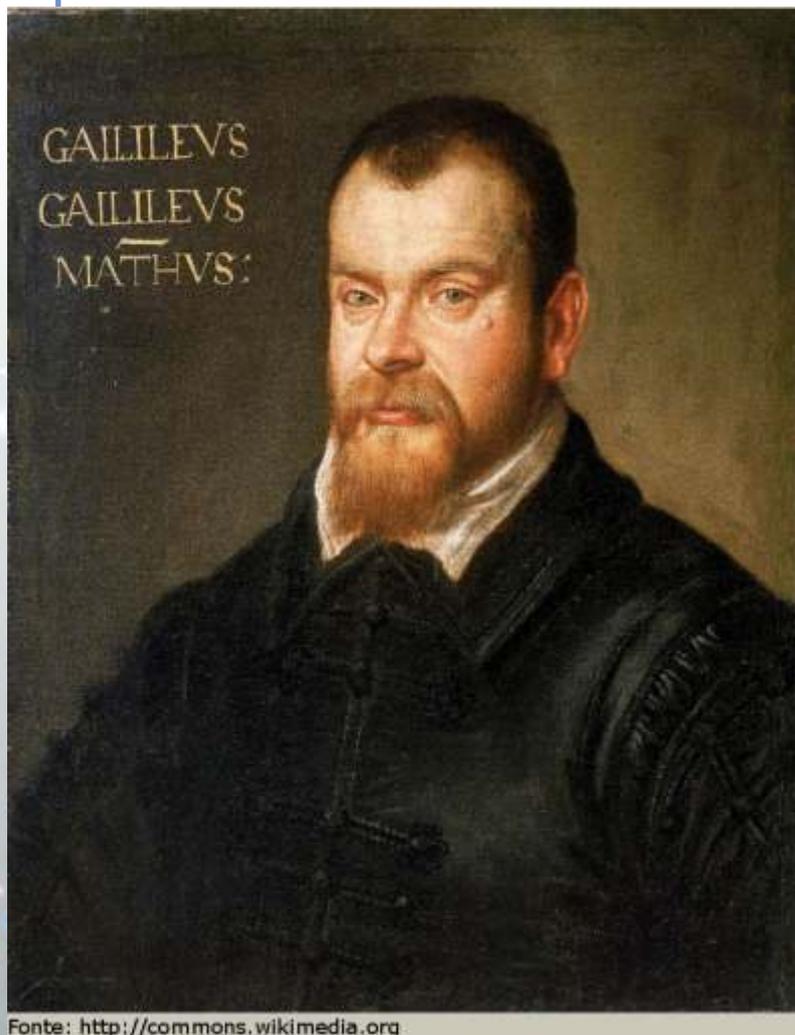
Assim como as constelações incas, as de outros povos da América do Sul eram delineadas não só por estrelas, mas, também, por nuvens escuras na Via-Láctea. A cabeça do Emu está no Saco de Carvão no Cruzeiro do Sul, o pescoço

passa por alfa e beta Centauri e o corpo contém Scorpius. A constelação da ema dos povos sul americanos tem praticamente a mesma definição.



Na imagem da esquerda, na faixa central, temos as Plíades, Touro e Órion. As mesmas constelações formam a figura do Homem Velho para os tupi-guarani (imagem à direita). Fonte e créditos: Germano Afonso/UFPR. ▀

Galileu



Fonte: <http://commons.wikimedia.org>

A descoberta e o uso do raciocínio científico por Galileu foi uma das mais importantes conquistas da história do pensamento humano e marca o começo real da Física. Essa descoberta nos ensinou que as conclusões intuitivas, baseadas na observação imediata, nem sempre devem merecer confiança, pois, algumas vezes, conduzem a pistas erradas.

Albert Einstein e Leopold Infeld

Retrato de Galileu

Galileo di Vincenzo Bonaiuti de' Galilei (1564 – 1642), filho de Giulia Ammannati de Pescia e de Vincenzo Galilei, nasceu em Pisa, Itália. Seu pai, reconhecido pesquisador musical, descobriu relações empíricas em medidas sobre o som de cordas sob tensão.

Em 1589, aos 25 anos, Galileu tornou-se professor de Matemática em Pisa. As experiências sobre queda livre em que Galileu teria abandonado publicamente esferas de diferentes massas da torre de Pisa seriam dessa época. Mas, não há um registro de que Galileu tenha realizado de fato essas experiências. Independentemente da realização das experiências na torre, Galileu estava em conflito com seguidores do aristotelismo na Universidade de Pisa.

Aos 28 anos, Galileu passou a ser professor de Mecânica,

Arte da Guerra e Cosmologia, em conferências públicas e privadas na Universidade de Pádua, onde permaneceu por 18 anos.

Galileu, que apenas ouvira falar da existência de um “instrumento para olhar coisas à distância” inventado por um fabricante de óculos holandês chamado Hans Lippershey, construiu o seu primeiro telescópio em 1609, o *perspicillum*, com um aumento de 3 vezes. No mesmo ano construiu um telescópio com aumento de 20 vezes, muito mais potente que qualquer outro existente nessa época. Com esse instrumento, ele iniciou as observações que marcaram o início da Astronomia moderna e da evolução do conhecimento humano até os nossos dias.

Um dos dois únicos telescópios galileanos remanescentes dos vários que Galileu construiu. O tubo principal, com 1273 mm de comprimento, consiste de dois tubos semicilíndricos presos com fio de cobre, tudo envolto em papel. A objetiva é uma lente biconvexa de 51 mm de diâmetro; a ocular é uma lente plano-convexa de 26 mm de diâmetro. Tem aumento de 14x e campo de visão de 15 minutos de arco, aproximadamente metade do diâmetro da Lua cheia. Acervo do Instituto e Museu de História da Ciência, em Florença.



Galileu foi um bom flautista, escreveu composições e também foi pintor. Posteriormente seus conhecimentos musicais seriam utilizados em medidas de tempo no estudo do movimento no plano inclinado. Foi estudante de Medicina e Filosofia, por vontade paterna, mas seu interesse não se limitou aos estudos superficiais; ele estudou a fundo as idéias de Aristóteles, Platão, Euclides e Arquimedes.

No período em que trabalhou em Pádua, Galileu formulou explicações teóricas para o período dos pêndulos, incluindo o problema da independência da amplitude das oscilações, além dos estudos de queda livre e movimentos acelerados com instrumentos por ele inventados, como o plano inclinado. A dificuldade nas medidas dos pequenos intervalos de tempo, necessárias em estudos de movimento, motivou Galileu a métodos como o uso de compassos musicais e relógios de água, que se mostraram suficientemente precisos para o estabelecimento de

resultados experimentais seguros e extrapolações teóricas de caráter matemático. Seus trabalhos de Mecânica colocavam em dúvida a idéia de a Terra ser o centro do universo, para onde todos os corpos deveriam cair.

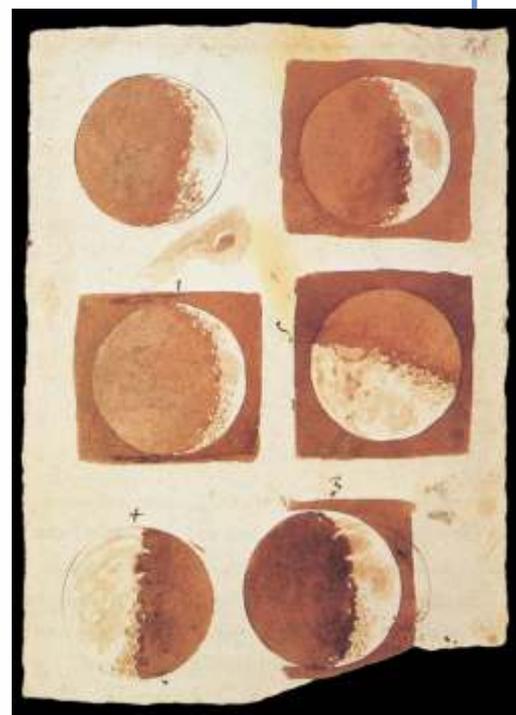
Galileu tinha um laboratório em casa onde equipamentos eram testados. Assim surgiu o termoscópio em torno de 1600, o imã encapsulado em 1608, o telescópio em 1609 e, anos depois, um microscópio (1624).

Com o telescópio, Galileu iniciou uma série de descobertas astronômicas que colocavam em dúvida o sistema de mundo ptolomaico e aristotélico, no qual a Terra era imóvel e ocupava o centro do universo. Em sua obra *Sidereus Nuncius*, o Mensageiro das Estrelas, Galileu, descreve, entre outros fenômenos, observações da superfície lunar, da natureza estelar da Via Láctea, de satélites de Júpiter, das fases de Vênus, das manchas solares e da forma de Saturno.

Observação da Lua

Embora Thomas Harriot tenha se antecipado a Galileu na observação da Lua com telescópio, os desenhos detalhados e as conclusões de Galileu acerca da superfície lunar evidenciam a superioridade do seu telescópio frente aos de seus contemporâneos.

*Desenhos da Lua como vista pelos telescópios de Galileu. Extraídos do livro *Sidereus Nuncius*.*



Estrelas na Via Láctea

A Via Láctea, que então era percebida apenas como uma “nebulosidade esbranquiçada”, ao telescópio revelou-se constituída por uma infinidade de estrelas. As observações de Galileu permitiram concluir que as estrelas estavam a enormes distâncias da Terra, fato que explicava também por que os astrônomos não conseguiam detectar a paralaxe das estrelas.



Desenho das Plêiades, como apresentado no Sidereus Nuncius.



Desenhos da região em torno de uma nebulosa em Órion e do aglomerado do Presépio, tais como observados por Galileu com seu telescópio.
Fonte: Sidereus Nuncius.

Observações dos satélites de Júpiter

Anotações de Galileu sobre observações telescópicas de Júpiter foram feitas entre janeiro e fevereiro de 1610, revelando a existência de corpos celestes que giravam em torno de Júpiter. Chamou-os “astros mediceos”, em homenagem a Cósimo de Médici, Grão-Duque da Toscana.

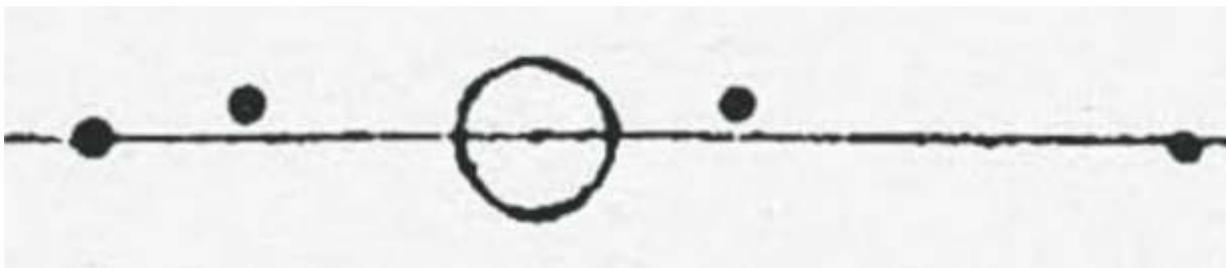


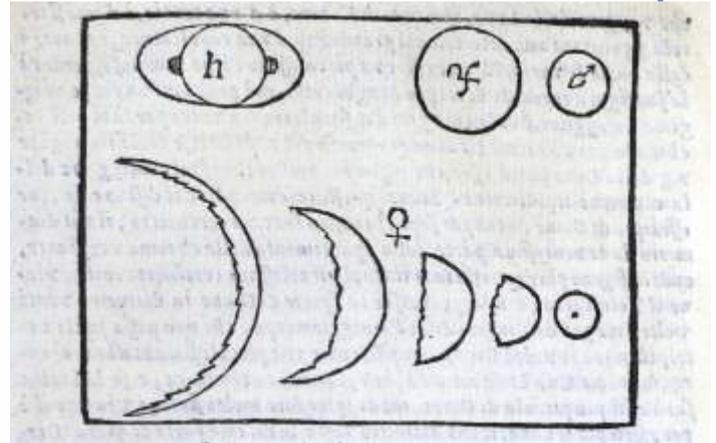
Ilustração dos satélites de Júpiter, como publicado no “Sidereus Nuncius” (1610).

Fases de Vênus e observação de Saturno

Galileu observou Vênus e percebeu que o planeta passa por um ciclo de fases, tal como a nossa Lua. Essa descoberta constituiu um dos mais importantes argumentos a favor da teoria copernicana e, também, provou que os planetas eram corpos opacos por natureza, que brilhavam por refletir a luz do Sol.

Observando Saturno, Galileu notou que o planeta apresentava um apêndice de cada lado, como se fosse um planeta triplo. Somente em 1656, Christian Huygens explicou que eram anéis.

Ilustração de Saturno, Júpiter, Marte e Vênus com suas fases, publicado no "Il Saggiatore" em 1623.



Manchas solares

Observando o Sol por projeção, Galileu notou a presença de regiões escuras que pareciam se mover em sua superfície. Essas manchas também foram observadas independentemente por Scheiner, que as interpretou como "satélites do Sol", Thomas Harriot e Johann Fabricius. Galileu concluiu corretamente que eram fenômenos na superfície do Sol e, a partir do seu movimento, deduziu que o Sol gira em torno do próprio eixo em um período de aproximadamente um mês lunar.

Desenho das manchas solares, publicado no Istorìa e Dimostrazioni, Florence 1613



Cronologia das principais publicações de Galileu

1609 – Siderius Nuncius (O Mensageiro das Estrelas).

1612 - Discorso intorno alle cose Che stanno in su l'acqua Che quella si muovono (sobre corpos na água), em que aparece a defesa da metodologia do uso da Matemática.

1613 – Istorìa e Dimostrazioni intorno alle Macchie Solari (Cartas de Galileu sobre as manchas solares)

1623 - Il Saggiatore (O Ensaíador: obra de caráter filosófico em torno das metodologias e significado das ciências).

1632 - Diálogos Sobre os Dois Máximos Sistemas do Mundo sobre os sistemas copernicano e ptolomaico; diálogo entre três personagens: Simplicio (aristotélico), Salviatti (copernicano) e Sagredo (inteligente observador neutro). Este livro que, para melhor difusão fora escrito em italiano e para um público amplo, incluindo leitores não especializados, foi colocado no Index, o "índice dos livros proibidos" pela Igreja, em meio a um conflito político que resultou na condenação de Galileu a uma forma de prisão domiciliar.

1638 - Discursos sobre duas Novas Ciências (diálogos entre os mesmos personagens anteriores acerca de duas novas ciências: Resistência dos Materiais e Mecânica). ▀

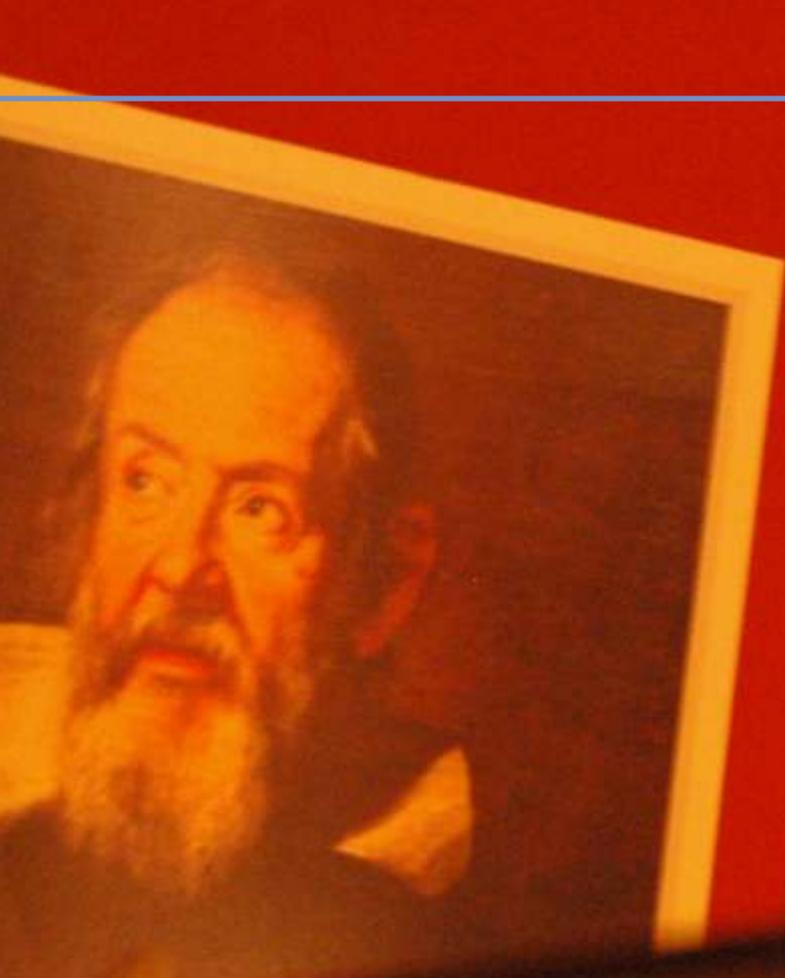
Galileo di Vincenzo Bonaiuti de Galilei (1564 - 1642), filho de Giulia Ammannati de Pescia e de Vincenzo Galilei, nasceu em Pisa, Itália. Seu pai, reconhecido pesquisador musical, descobriu relações empíricas em medidas sobre o som de cordas sob tensão).

Em 1589, aos 25 anos, Galileu tornou-se professor de matemática em Pisa. As experiências sobre queda livre em que Galileu teria abandonado publicamente esferas de diferentes massas da torre de Pisa, seriam dessa época, mas não há um registro de que Galileu tenha realizado de fato essas experiências. Independentemente da realização das experiências, Galileu estava em conflito com seguidores do aristotelismo na Universidade de Pisa.

Aos 28 anos, Galileu passou a ser professor de Mecânica, Arte da Terra e Cosmologia, em conferências públicas e privadas na Universidade de Pádua, onde permaneceu por 18 anos.

Galileu, que apenas ouvira falar da existência de um instrumento para olhar coisas à distância inventado por um fabricante de óculos holandês chamado Hans Lippershey, aperfeiçoou o seu primeiro telescópio.

Galileu aperfeiçoou o telescópio para que pudesse observar o céu. Com esse instrumento ele iniciou as observações que marcaram o início da Astronomia moderna e do conhecimento humano até os nossos dias.



Albert Einstein e Leopold Infeld

Galileu foi um bom flautista, escreveu composições e também foi pintor. Posteriormente seus conhecimentos musicais seriam utilizados em medidas de tempo no estudo do movimento no plano inclinado. Foi este estudo que lhe deu o nome de "vontade de estudar Física e Filosofia por si mesmo". Galileu se limitou aos estudos de Aristóteles, Platão e Ptolomeu.

Galileu formulou explicações teóricas para o movimento dos pêndulos.

Galileu realizou suas experiências em casa, onde equipamentos eram testados. Assim surgiu o termoscópio em torno de 1600, o imã encapsulado em 1608, o telescópio em 1609 e, mais depois, um microscópio (1624).

Telescópios



*Telescópio principal do Observatório Central da UFRGS.
A lente objetiva tem 19cm de diâmetro.
O Observatório, que é uma instituição centenária, fundada em 1908, recebe o público de segunda a quinta-feira, ao anoitecer, para observação do céu.*

O espelho do grande telescópio de William Herschell, responsável pela descoberta de várias luas de Saturno e de inúmeras nebulas. Em terminologia atual, essas últimas são coisas diversas: desde nuvens de gás no interior da Galáxia até outras galáxias.

Fonte: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/05/40-foot-telescope-mirror.jpg>



O telescópio é um aparato que coleta a luz e é a principal ferramenta de trabalho em Astronomia. A evolução do telescópio ao longo destes quatro séculos foi extraordinária e se confunde com a própria evolução do conhecimento astronômico.

A observação ocular é a forma mais comum de observação da Astronomia amadora. Em Porto Alegre, observações oculares são feitas no Observatório Astronômico, no Planetário e nos cursos do Observatório Educativo Itinerante da UFRGS. A observação ocular raramente é feita por astrônomos profissionais nos dias de hoje.

O processo de aprimoramento dos telescópios foi gradual. Mais de cinquenta anos após Galileu, Isaac Newton e Robert Hook construíram os primeiros refletores, que usam espelhos ao invés de lentes. Quase um século depois de Newton, William Herschel construiu o seu refletor gigante, com o qual mapeou a Via-Láctea e identificou milhares de objetos difusos, na época chamados de nebulas (nuvem em latim).

Telescópios atuais

O telescópio é um aparato que coleta a luz. Quanto maior a superfície de coleta, seja a lente objetiva nos telescópios refratores ou o espelho primário nos refletores, mais luz coletada e mais tênues são as fontes que nosso olho pode captar numa observação ocular. As lentes objetivas dos

primeiros telescópios de Galileu tinham poucos centímetros de diâmetro. Hoje, os maiores telescópios do mundo têm superfícies de coleta da luz de dez metros ou mais, sendo todos baseados em reflexão da luz por espelhos (refletores, portanto).



*Um dos dois telescópios Gemini, com espelho primário de 8m de diâmetro, visto do alto da cúpula. O furo no centro do primário capta a luz refletida pelo secundário, que fica no alto do telescópio. O Brasil participa do consórcio Gemini podendo utilizar tanto o que está no Havaí (na foto), quanto o que está no Chile.
Fonte: <http://gemini.physics.ox.ac.uk/photos/geminin-telescope-hr.tif>*



*Vista do telescópio Keck I a partir do alto da sua cúpula. Além da estrutura de suporte, vemos claramente o espelho segmentado de 10m, que contém 36 peças hexagonais. A luz incide neste espelho primário e é refletida para o secundário, o qual fica dentro do tubo metálico no centro da foto. Do secundário, a luz, então, é enviada novamente para baixo, ao longo do eixo central do telescópio, até os instrumentos de análise.
Fonte: <http://keckobservatory.org/gallery>*

Rádio-telescópios

As ondas de grande comprimento de onda, chamadas de ondas de rádio, penetram na atmosfera e são coletadas pelos rádio-telescópios. A Rádio Astronomia iniciou-se na primeira metade do século XX. Hoje há antenas receptoras de ondas de rádio espalhadas pelo planeta, à semelhança do que ocorre com os telescópios ópticos. A diferença principal entre os dois é que os maiores comprimentos de onda da luz exigem que os rádio-telescópios sejam também muito grandes; há antenas coletoras com centenas de metros de diâmetro. Uma vantagem na detecção dessas ondas de rádio é que seu grande comprimento facilita a combinação das ondas de uma mesma fonte quando detectadas por mais de uma antena. Essa técnica, chamada de interferometria, aos poucos vai sendo aplicada também no óptico e é capaz de produzir imagens de alta precisão de rádio galáxias a distâncias cosmológicas.



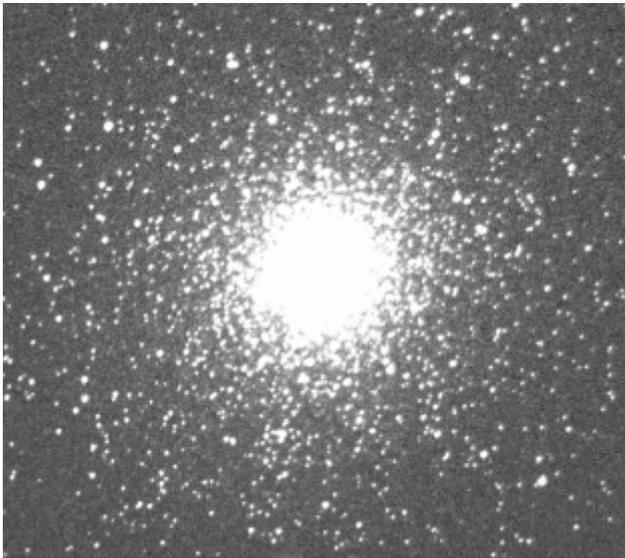
*O maior rádio-telescópio do mundo, com 305m de diâmetro, situado em Arecibo, Porto Rico. Contrariamente a antenas menores e a telescópios ópticos, a antena de Arecibo não se move livremente, captando as ondas de rádio emitidas pelas fontes astronômicas quando estas transitam sobre o local onde está montada.
Fonte: <http://www.naic.edu/>*

Três das 30 antenas que compõem o rádio-telescópio Gigante de Ondas Métricas (GMRT), situado na Índia. Cada antena tem 45m e elas são distribuídas numa região com 25km de extensão. Como as ondas de rádio atravessam as nuvens, as observações com rádio-telescópios podem ser feitas em condições atmosféricas mais diversas. Além disso, o Sol não é tão brilhante em rádio-frequências, de forma que observações diurnas também são comumente feitas.

http://www.mso.anu.edu.au/%7Eplah/Home_Page_Stuff/GMRT_2006/large/three_dishes_backs.jpg



Detecores

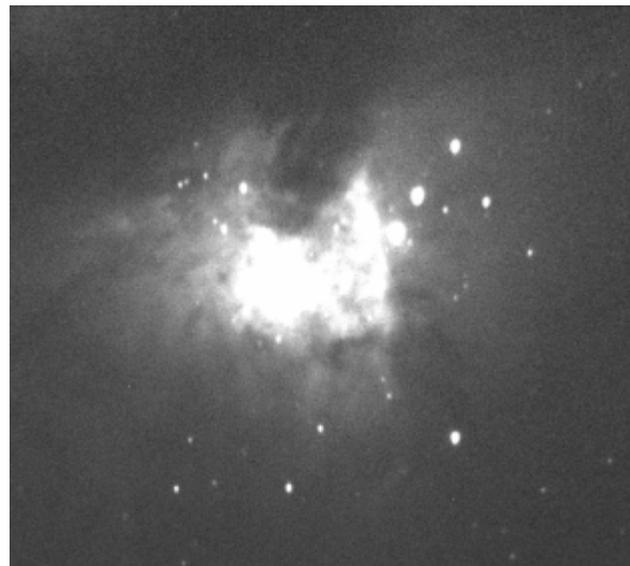


47 Tuc (NGC 104), aglomerado globular situado a 13.400 anos-luz de distância. Imagem obtida no Campus do Vale da UFRGS com uma câmera CCD e o telescópio de 30cm do Observatório Educativo Itinerante (OEI, www.if.ufrgs.br/oei)

Coletar a luz com o telescópio é apenas parte do processo de observação. É fundamental que se registre a imagem produzida pela luz coletada. Isso exige um detector. No caso da observação ocular, como o nome sugere, o detector é o olho humano. Detectores modernos, como placas fotográficas e os Charge Coupled Devices (CCDs), são muito mais eficientes que o olho e são comumente colocados no foco dos telescópios atuais.

Além do contínuo aumento do tamanho de espelhos nos telescópios, e da construção de detectores muito sensíveis, houve recentemente um outro avanço fundamental da observação astronômica: a capacidade de observar não apenas a luz óptica ou em rádio, mas a radiação emitida pelas fontes celestes em todo o espectro eletromagnético.

M42/NGC 1976, nebulosa situada a 1.500 anos-luz de distância. Imagem obtida no Campus do Vale da UFRGS com uma câmera CCD e o telescópio de 30cm do Observatório Educativo Itinerante. (OEI, www.if.ufrgs.br/oei)



Telescópios espaciais

Somente com a Astronomia Espacial, baseada em telescópios e detectores a bordo de satélites, foi possível captar radiação de estrelas, galáxias e do meio interestelar em todas as faixas do espectro eletromagnético.

Conforme explicado no capítulo sobre a luz, existem ondas eletromagnéticas (de luz) cobrindo um amplo domínio (ou espectro) de valores de comprimento (ou frequência).

A luz óptica, a qual nossos olhos são sensíveis, é apenas uma pequena fração do espectro. A radiação de pequeno comprimento de onda, os raios gama, os raios X e ultravioleta, sequer penetram na atmosfera terrestre em grande quantidade.

O mesmo ocorre com comprimentos de onda maiores do que o óptico, no infra-vermelho e micro-ondas.

Imagem em ultra-violeta da galáxia espiral M101 obtida com o telescópio Espacial GALEX.

Situada a 27 milhões de anos luz de distância, M101 é uma galáxia semelhante à nossa Via-Láctea, apesar de maior.

A luz UV revela as regiões de formação estelar ao longo dos braços em espiral, onde a radiação de estrelas jovens e quentes aquece o gás à sua volta.

A radiação UV é bloqueada pela atmosfera terrestre, em especial pela camada de ozônio.

Fonte: http://www.galex.caltech.edu/media/glx2008-01f_img02.htmlhp



Foto do telescópio espacial Hubble (HST), em órbita em torno da Terra, tirada por astronautas. O HST capta a radiação UV, óptica e infra-vermelha das fontes celestes, sem que as imagens destes objetos sofram as deformações causadas pela turbulenta atmosfera terrestre.

Fonte: http://hubble.nasa.gov/Ver_também: <http://hubble.nasa.gov/multimedia/hubble.php>

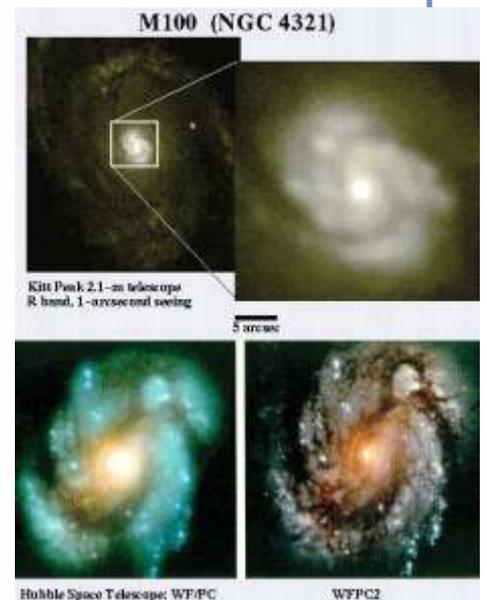


Efeitos atmosféricos

A atmosfera absorve praticamente toda a radiação, tanto de baixo quanto de alto comprimento de onda. Mesmo a luz no domínio óptico do espectro é em parte absorvida ou espalhada pela atmosfera. Além disso, a luz chega ao solo distorcida pela turbulência do ar atmosférico. O Telescópio Espacial Hubble é essencialmente um telescópio óptico, apesar de ter detectores sensíveis ao UV e ao infra-vermelho. Por evitar a turbulência atmosférica, suas imagens são muito mais bem definidas que aquelas comumente obtidas em solo.

O efeito da turbulência atmosférica sobre as imagens astronômicas. A parte superior da imagem mostra a galáxia espiral M100 quando observada do Observatório de Kitt Peak, no Arizona, EUA. A parte inferior mostra a região central da mesma galáxia imageada com o telescópio espacial Hubble. A perda de nitidez das imagens obtidas em solo é causada pela turbulência da atmosfera, que espalha a luz no seu caminho até chegar ao telescópio.

Fonte: http://messier.obspm.fr/more/m100_comp.html

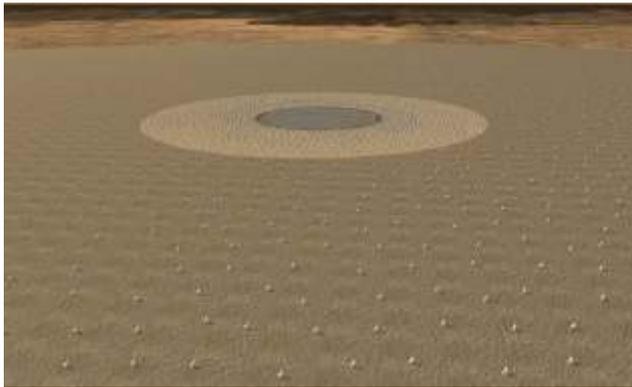




Feixe de laser sendo emitido a partir do telescópio Keck II. A emissão de feixes de laser cria uma estrela artificial brilhante no céu, o que ajuda a corrigir as distorções nas imagens astronômicas causadas pela atmosfera. Esta moderna técnica corretiva se chama Óptica Adaptativa.

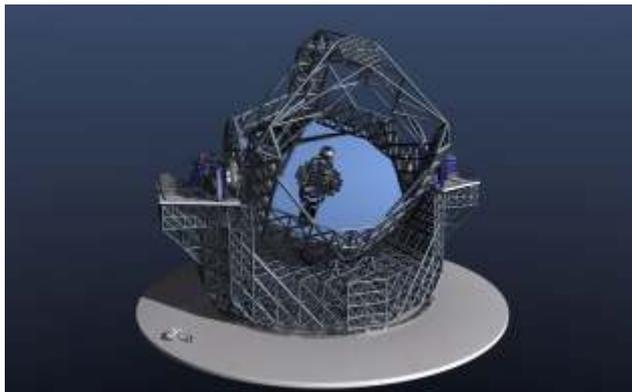
Fonte: <http://keckobservatory.org/gallery>

Telescópios no futuro



Concepção artística do que será a rede de antenas SKA, com milhares de antenas distribuídas numa região de centenas de quilômetros quadrados de extensão e cuja área total de coleta será da ordem de 1 km quadrado.

Fonte: http://www.jb.man.ac.uk/public/im/SKA_1.jpg



Uma maquete virtual do que será o super-telescópio Europeu (E-ELT).

Note o gigantismo do espelho primário, de 42m, e da cúpula, comparando-os com os automóveis estacionados do lado de fora.

Fonte: http://archive.eso.org/friowl45/images/EELT_normalresolution.jpg

Nos próximos 15 anos novos grandes telescópios entrarão em operação. No óptico, será a vez da geração dos chamados telescópios extremamente grandes (ELTs). Em comprimentos de onda maiores, estão sendo planejadas ou construídas redes de antenas como no caso da grande rede para ondas milimétricas e submilimétricas do Atacama (ALMA, no Chile) e da rede de quilômetro quadrado (o SKA).



Sítio no deserto de Atacama, Chile, a 5000m de altitude, onde está sendo construída a rede de antenas para observação de ondas milimétricas e submilimétricas ALMA. Serão, ao todo, 64 antenas distribuídas numa superfície de até 18 km de extensão. Elas operarão em conjunto, observando um mesmo objeto.

Os sinais captados pelas antenas individualmente serão combinados para formar uma imagem de alta resolução, usando a técnica de interferometria.

Fonte: <http://www.alma.nrao.edu/info/>

Distâncias Astronômicas

A evolução do telescópio permitiu a ampliação dos horizontes astronômicos. As distâncias em Astronomia são tão grandes que se faz necessário usar unidades próprias para evitar números excessivamente grandes. A distância média da Terra ao Sol, por exemplo, é de 150 milhões de quilômetros. A ela chamamos de Unidade Astronômica (UA). Em notação científica, $1 \text{ UA} = 1.5 \times 10^8 \text{ km}$.

Mas no contexto da nossa Galáxia, por exemplo, mesmo a UA é uma unidade muito pequena. A estrela mais próxima do Sistema Solar, por exemplo, é α Centauri. Sua distância é de 270.000 UA. Já em anos-luz, a mesma distância é um número mais razoável: 4,3 anos-luz. O ano-luz é a distância percorrida pela luz em 1 ano e equivale a quase 10 trilhões de quilômetros.

Outra unidade muito usada pelos astrônomos profissionais é o parsec (pc). Trata-se da distância que o sistema Terra-Sol tem que estar de forma que sua separação angular no céu seja de 1 segundo de arco = $1/3600$ do grau. $1 \text{ pc} = 3,26 \text{ anos-luz}$.



A distância média entre a Terra e o Sol é a Unidade Astronômica. Para o Sistema Solar, a UA é muito conveniente. Júpiter está a 5,2 UA de distância ao Sol. O planeta anão Plutão está a 40 UA. A UA é também usada para medir distâncias dentro de sistemas planetários extra-solares.

Fonte: http://wallpapers.free-eview.net/wallpapers/12/Sun_Earth.jpg



A Galáxia, esquematizada nesta figura, tem um diâmetro aproximado de $100.000 \text{ pc} = 100 \text{ kilo-parsecs} = 100 \text{ Kpc}$. As distâncias extragaláticas são geralmente expressas em mega-parsecs, Mpc. Fonte: http://z.hubpages.com/u/79327_f520.jpg

Astronomia e Tecnologia

Nos anos 80 e 90, a interação de astrônomos com a indústria de ponta levou ao desenvolvimento das atuais câmeras fotográficas digitais com alta resolução e eficiência. Nos anos 90, os detectores infra-vermelhos ganharam área e sensibilidade com as especificações arquitetadas por astrônomos junto à indústria. Esses detectores têm aplicações atuais em vigilância e monitoramento. O manuseio de imagens digitais de fontes astrofísicas requereu a construção de softwares para calibração e realçamento de estruturas.

Muitas outras áreas da ciência, como medicina e engenharias, utilizam tais softwares, ou versões baseadas nos mesmos princípios, para obtenção de diagnósticos. Os gigantescos telescópios a partir dos anos 90, pesando inúmeras toneladas, podem ser movidos com um toque de mão. Os instrumentos de ponta para o estudo de fontes celestes têm sido carros-chefes no progresso das ciências espaciais, incluindo a robótica. ▀





A Luz – Precioso bem para os astrônomos

A Astronomia vive quase que exclusivamente da luz captada dos objetos celestes. É através da luz por eles emitida, refletida ou absorvida que tiramos informações sobre os astros. Estrelas, como o Sol, emitem luz, enquanto que os planetas do Sistema Solar e seus satélites refletem a luz solar.

Assim como os planetas, a Lua, nosso satélite natural, também reflete a luz do Sol, sendo que sua aparência no céu, expressa pelas fases da Lua, depende da posição da Lua relativa ao Sol no espaço.



Imagem da galáxia NGC 4414, situada a uns 67 milhões de anos-luz de distância. Sua imagem é formada pelo fato de que o material em seu interior, estrelas e gás principalmente, emite luz em todas as direções no espaço. A luz viajou 67 milhões de anos até chegar a nossos telescópios e detectores. As regiões escuras ao longo dos braços em espiral são causadas pela absorção da luz pela poeira no interior de NGC 4414.

Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c3/NGC_4414_%28NASA-med%29.jpg



A Lua em fase de quarto crescente. Apenas metade do hemisfério da Lua voltado em direção à Terra está iluminado pelo Sol. A superfície iluminada da Lua reflete a luz solar em todas as direções, inclusive para a Terra. A isso chamamos de espalhamento da luz. A Lua nesta fase está a 90° do Sol e é vista no início da noite.

Fonte: <http://www.pa.msu.edu/people/frenchj/moon/moon-7day-1838.jpg> ou http://ccarboni.home.att.net/Moon_High_Res_Half.jpg



Eclipse total do Sol de 29/03/2006. Foto tirada por Greg Morgan. Num eclipse como este, a Lua obstrui quase que totalmente a luz do Sol fazendo com que o dia vire noite durante alguns minutos.

Fonte: http://www.oldstarlight.com/images/Total%20Solar%20Eclipse%2003-29-06/Total_Solar_Eclipse_03-29-06_Greg_Morgan.jpg

A Lua também bloqueia a luz do Sol durante um eclipse solar. Analogamente, detectamos a presença de poeira no espaço entre as estrelas através da sua capacidade de absorver a luz destas últimas.

Ondas eletromagnéticas

Tendo em mente a íntima relação entre a Astronomia e a luz, é indispensável entendermos melhor o que é a luz, como forma de estudar Astronomia. A luz se propaga na forma de ondas. Toda onda tem máximos e mínimos. Chamamos de frequência (f) da onda o número de máximos que passam por um ponto num dado intervalo de tempo.

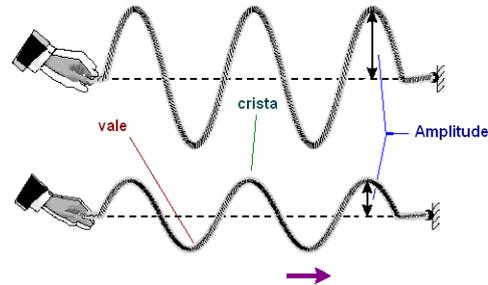
A luz, com certeza, é uma forma de energia; a luz solar esquenta o ar e a superfície da Terra, como todos sabemos. Sabemos, também, que a luz solar pode ser decomposta em diferentes cores, como no arco-íris. Sabemos, ainda, que o Sol é branco-amarelado quando está alto no céu, mas alaranjado no nascente e no poente. Estes exemplos cotidianos nos mostram que a luz é uma forma de energia em propagação pelo espaço e capaz de interagir com a matéria em seu caminho, seja o ar, gotas de chuva ou a superfície da Terra.

Note que o comprimento de onda multiplicado pela frequência nos dá a velocidade de propagação desta onda. Matematicamente, $c = \lambda f$, onde $c = 3 \times 10^8$ m/s é a velocidade da luz no vácuo. Como a velocidade da luz é fixa em um dado meio, a fórmula acima significa que quanto menor o comprimento de onda, maior a frequência da onda e vice-versa.



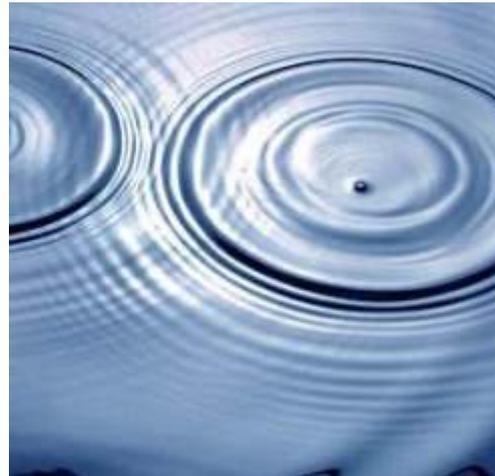
O pôr do Sol por entre nuvens é um claro exemplo de como a luz interage com a matéria, no caso o ar da nossa atmosfera. As ondas de luz solar de menor comprimento (luz violeta, azul e verde) são totalmente absorvidas ou espalhadas pelas nuvens no longo percurso horizontal através da atmosfera. Isso faz com que apenas os componentes de maior comprimento de onda da radiação solar, a luz amarela, laranja e vermelha, cheguem até o observador.

Fonte: <http://sweetnostalgia.files.wordpress.com/2008/03/first-montana-sunset.jpg>



Esquema representativo de uma onda, com seus máximos (crista) e mínimos (vale). A distância entre dois máximos (ou dois mínimos) consecutivos é o que chamamos de comprimento da onda (representado pela letra grega λ). A luz é também formada por ondas com diferentes comprimentos e frequências.

Fonte: <http://www.materiaprima.pro.br/ondas1/introdu1.htm>



Ondas mecânicas na superfície de uma bacia ou lago tranquilo provocadas quando jogamos um objeto (como uma pedra).

Fonte: http://www.physics.rutgers.edu/%7Ecoleman/227/home_files/splashsmall

Uma pergunta importante, que ainda não respondemos é: que forma de energia as ondas de luz carregam de um ponto a outro? Sabemos que as ondas na superfície da água levam energia mecânica. É o caso das ondas que se formam ao jogarmos uma pedra em um lago tranquilo; ou, ainda, o caso das ondas do mar que aumentam de tamanho quando um navio passa perto da praia.

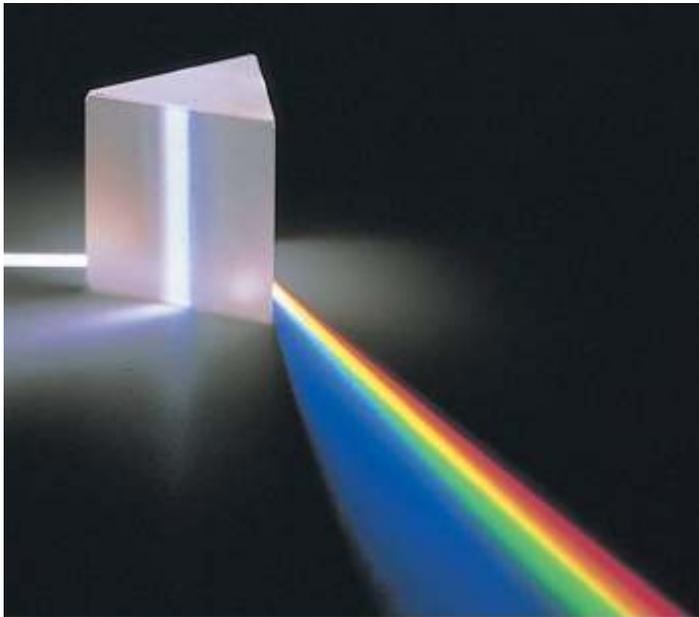
No caso da luz, a energia transportada pela onda não é mecânica, mas, sim, eletromagnética. Ou seja, são perturbações nas propriedades eletromagnéticas, mais especificamente nos vetores campo elétrico e campo magnético, que se propagam pelo espaço através da luz. Por isso, um sinônimo para a luz pode ser "ondas eletromagnéticas" ou "radiação eletromagnética".

O espectro eletromagnético

A frequência e o comprimento das ondas eletromagnéticas variam enormemente. A luz visível, a qual nossos olhos são sensíveis, tem comprimentos de onda no domínio $400 < \lambda < 700$ nanômetros, ou nm. $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$. Ou seja, 1 nm corresponde a um bilionésimo do metro. As ondas de luz visível são, portanto, extremamente pequenas, tendo comprimentos da ordem do milionésimo do metro. Nossos olhos distinguem ondas de luz visível de diferentes frequências como cores diferentes. A luz violeta tem $\lambda = 400 \text{ nm}$, enquanto que a luz vermelha, no outro extremo do arco-íris, tem $\lambda = 700 \text{ nm}$.

Note que há luz com comprimentos de onda tanto maiores quanto menores que os limites da luz visível. A famosa radiação ultra-violeta, da qual a camada de ozônio nos protege, tem comprimentos de onda menores que 400 nm, em torno de $\lambda = 300 \text{ nm}$. Nossos olhos não captam esta radiação, mas nossa pele, com certeza, sofre com ela! Em comprimentos de onda ainda menores, chegamos aos raios-X e depois aos raios gama. Para além da luz vermelha, temos ondas infra-vermelhas, microondas e ondas de rádio. Todas fazem parte do mesmo fenômeno: a radiação eletromagnética.

A figura ao lado resume os diferentes domínios das ondas eletromagnéticas, mostrando o que chamamos de espectro eletromagnético.



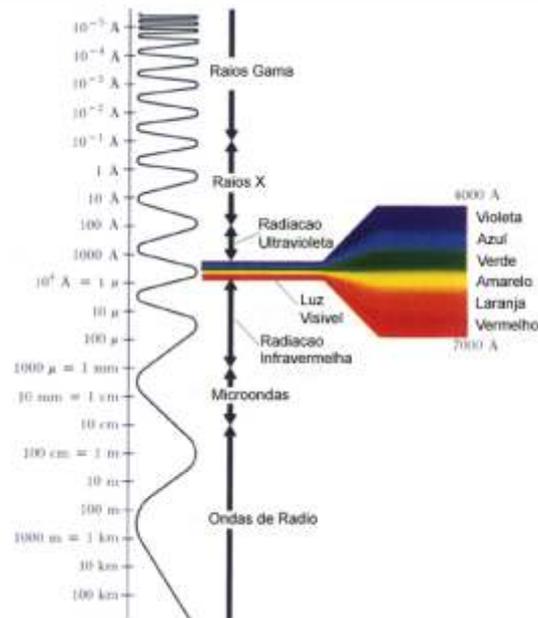
© 2007 Thomson Higher Education

Foto de um prisma. A luz branca incide na sua face esquerda. Ao entrar no prisma, ondas de luz de diferentes comprimentos de onda (cores) são desviadas por diferentes ângulos. Ou seja, o prisma dispersa a luz, formando um espectro de luz visível.

Fonte: http://scienceblogs.com/startswithabang/2009/04/pining_for_the_sun.php

Objetos astronômicos formam categorias bem distintas quando consideramos a radiação eletromagnética por eles emitida. Estrelas, por exemplo, emitem a maior parte da sua luz na região do visível ou do infravermelho.

As estrelas mais quentes também emitem muita luz no domínio do ultravioleta. Considerando-se agora não apenas a luz visível, mas os demais domínios espectrais, deixa de ser verdade que planetas e satélites como a Lua não emitem luz. Estes objetos emitem radiação no infravermelho distante, já perto do domínio de micro-ondas. Há alguns tipos de objetos, como determinados núcleos de galáxias, que emitem muita radiação tanto de alta energia (raios X) quanto em rádio. Rádio-galáxias, por seu turno, emitem predominantemente no domínio rádio. Há também galáxias luminosas em outros domínios, como no infravermelho. Estas, em geral, são ricas em poeira aquecida por estrelas quentes e jovens, pois a poeira absorve a luz dessas estrelas e reemite no infravermelho. Há, de fato, uma grande diversidade de fontes astronômicas, com emissão de luz caracterizada por espectros das mais variadas formas.



O espectro eletromagnético da luz. Na parte central da figura são dados os domínios espectrais, em ordem decrescente de comprimento de onda de baixo para cima: rádio, micro-ondas, infra-vermelho, óptico (ou visível), ultra-violeta, raios X e raios gama. Os valores de comprimento de onda, em metros, também são dados ao longo do eixo vertical. A barra mais à direita amplia o domínio visível, com as cores típicas do arco-íris.

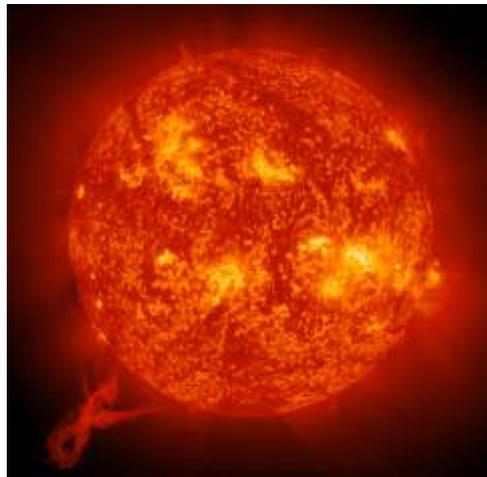
Fonte: http://www.pion.sbfisica.org.br/pdc/var/eznewsletter_site/storage/images/multimedia/imagens/eletromagnetismo/espectro_eletromagnetico/24488-1-por-BR/espectro_eletromagnetico ▀

Estrelas

O Sol

O Sol, nossa fonte de luz e de vida, é a estrela mais próxima de nós e a que melhor conhecemos. O Sol é uma estrela comum. Basicamente, é uma enorme esfera de gás incandescente, em cuja região central acontece a geração de energia através de reações termo-nucleares. A energia gerada no centro do Sol escapa dele na forma de luz emitida pelas suas camadas mais externas, que chamamos de atmosfera solar.

Imagem do Sol obtida com o satélite Soho. Vemos uma enorme proeminência solar em forma de S. Proeminências são erupções de material que se estendem até as regiões periféricas da atmosfera do Sol, a cromosfera e a coroa. Por vezes o material, basicamente prótons e elétrons de alta energia, é ejetado com velocidade suficiente para escapar da gravidade solar, compondo, então, o vento solar.
Fonte: <http://sohowww.nascom.nasa.gov/gallery/images/hires/eit001.tif>



As camadas externas do Sol ejetam constantemente o chamado vento solar, partículas eletricamente carregadas que chegam à Terra, interagem com o campo magnético terrestre e caem principalmente nos pólos, causando as auroras. O vento solar resulta da interação do gás quente da atmosfera do Sol com o seu campo magnético. Tempestades solares, que intensificam o campo, podem causar estragos nas grandes linhas de transmissão de energia, nos gasodutos e oleodutos, nos satélites artificiais e até nas pessoas.

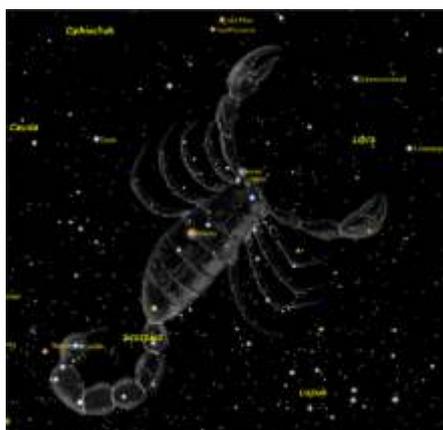


Aurora boreal fotografada por Dave Ewoldt, de Oklahoma, EUA. A luz da aurora é resultado da interação das partículas do vento solar com o campo magnético e com a atmosfera da Terra.
Fonte: http://apod.nasa.gov/apod/image/0311/auroraOK_ewoldt_f1.jpg

Propriedades das estrelas

Olhando uma foto da constelação do Escorpião, por exemplo, vemos que existem estrelas de diferentes cores, algumas vermelhas, outras azuis. Há também estrelas mais brilhantes, outras mais tênues. Em parte, as diferenças de brilho são causadas pelas distâncias diferentes.

A constelação de Escorpião, visível no céu no início da noite durante os meses de inverno. Sua estrela mais brilhante, Antares, é uma supergigante vermelha. Na cauda do Escorpião, vemos várias estrelas azuis, como Shaula.
Fonte: <http://www.barransclass.com/ast1070/const/Yoneguchi/Scorpius.jpg>



A cor de uma estrela está relacionada com sua temperatura externa. Quanto mais azul a estrela, mais quente ela é. Antares é vermelha, sendo, portanto, uma estrela fria, com temperatura de aproximadamente 3.600K. Já Shaula tem uma temperatura bem maior, em torno de 25.000K.

As estrelas também variam muito em termos de luminosidade e tamanho. Há estrelas centenas de milhares de vezes mais luminosas que o Sol, como Hadar, na constelação do Centauro. Outras, têm a ordem de um milésimo da luminosidade solar, como as estrelas de baixa massa e baixa temperatura, chamadas de anãs vermelhas. Se conhecermos a distância à estrela, podemos determinar sua luminosidade a partir da medida de seu brilho no céu. Para isso usamos uma técnica chamada de fotometria.

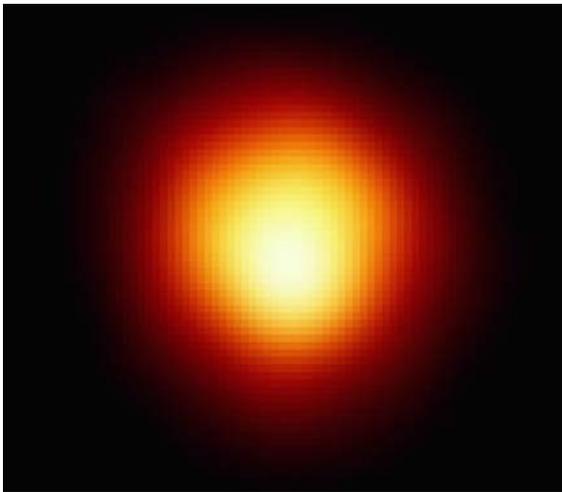
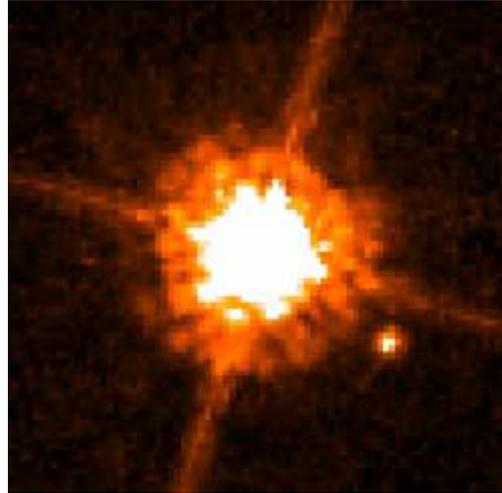


Imagem da supergigante vermelha Betelgeuse, obtida com o HST. Trata-se de uma estrela fria, mas muito grande. Sua luminosidade é também muito maior que a do Sol, pois a luminosidade depende da área da estrela (raio ao quadrado) e da temperatura (elevada à quarta potência).

Fonte: http://spiff.rit.edu/classes/phys440/lectures/limb/betelgeuse_resolved.gif



A anã vermelha CHXR 73 imageada pelo telescópio espacial Hubble (HST). As estrelas são fontes pontuais de luz, mesmo quando vistas com os melhores telescópios. Não temos como medir seu tamanho ou analisar sua estrutura apenas com sua imagem. A cruz na imagem do HST, por exemplo, é causada por um efeito óptico sobre a luz da estrela ao passar pela abertura do telescópio, chamado de difração.

Fonte: <http://imgsrc.hubblesite.org/hu/db/images/hs-2006-31-a-print.jpg>

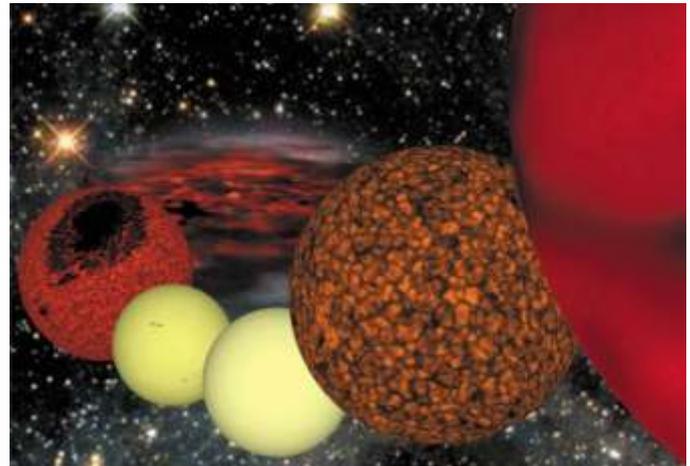
A estrela Betelgeuse, na constelação do Orion, o caçador, é uma estrela vermelha como CHXR 73. As temperaturas de ambas são comparáveis, portanto. Mas Betelgeuse é muito mais luminosa que o Sol (135.000 vezes), tem cerca de 950 vezes seu raio e 20 vezes sua massa. Por isso é chamada de uma supergigante vermelha. Há, ainda, estrelas muito menores que o Sol, como as anãs brancas, que têm a massa de uma estrela, mas o tamanho da Terra.

Evolução Estelar

O Sol se formou no interior de uma nuvem de gás do meio interestelar, numa região de formação estelar. A parte da nuvem que formou o Sol contraiu-se e se aqueceu até iniciarem-se as reações de fusão de núcleos de hidrogênio em núcleo de hélio. É nesta fase que as estrelas passam a

maior parte de sua vida. No futuro, esgotado o hidrogênio no centro, o Sol se expandirá numa gigante vermelha e, após, se contrairá para virar uma anã branca. Nesta última, a densidade é tão alta que um centímetro cúbico tem a massa de uma tonelada.

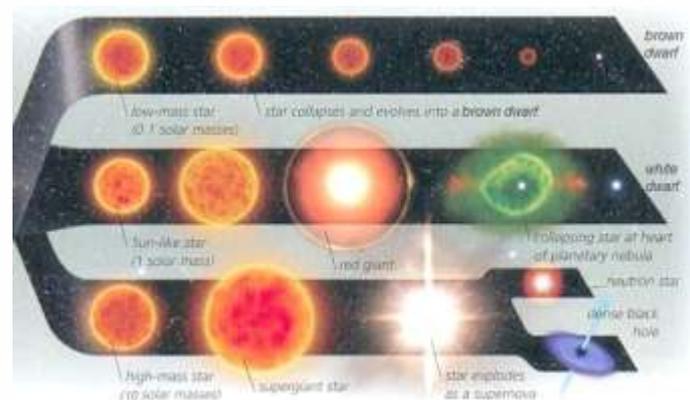
A massa de uma estrela determina sua evolução. Estrelas de massa bem maior que o Sol nascem de forma igual às demais e também passam a maior parte do tempo fundindo hidrogênio em hélio no seu interior. Mas terminam sua existência de forma diferente. Após esgotarem seu combustível nuclear, elas passam por uma explosão, chamada de supernova. As supernovas figuram entre os eventos mais energéticos do universo e brilham tanto quanto toda uma galáxia.



Fases da evolução do Sol, desde quando se contraiu a partir do gás difuso de uma região de formação estelar até a fase de gigante vermelha, que ocorrerá quando o hidrogênio no centro do Sol tiver todo sido convertido em hélio. Atualmente o Sol é uma estrela amarela, com temperatura superficial próxima de 6000K. Assim esteve nos últimos 4.5 bilhões de anos e assim será por período semelhante no futuro.



O resultado de uma explosão de supernova ocorrida na nossa Galáxia há quase 1.000 anos atrás. Os chineses a registraram no ano de 1054 e indicaram sua posição no céu, na direção da constelação do Caranguejo. Os telescópios da atualidade, ópticos e de raios-X, revelam essa nuvem de gás remanescente da explosão. No centro da nebulosa do caranguejo há um objeto muito compacto que sobrou da explosão da estrela progenitora massiva. É uma estrela de nêutrons. Sua densidade é semelhante à de um núcleo atômico (da ordem de um bilhão de toneladas por cm^3). Outro estágio final possível para estrelas de massa muito maior do que o Sol é um buraco negro.



Evolução de estrelas de diferentes massas. A linha superior mostra a evolução de anãs vermelhas, de muito menor massa que o Sol. Elas lentamente consomem seu combustível nuclear e se contraem.

Estrelas de massa muito maior que o Sol se transformam em supergigantes, explodem como supernovas e terminam como estrelas de nêutrons ou buracos negros (linha inferior). Uma estrela como o Sol, linha do meio, passa pelos estágios de gigante vermelha e nebulosa planetária, terminando como anã branca.

Créditos: guia ilustrado Zahar de Astronomia, Ian Ridpath. ▀

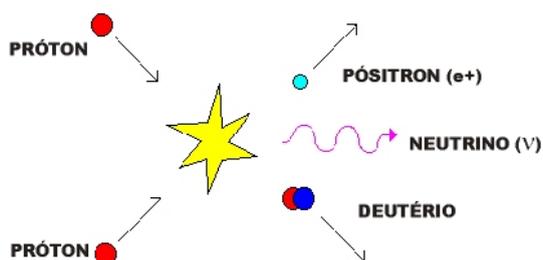
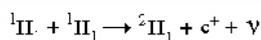
A Formação dos elementos químicos

De onde vêm os átomos? O cálcio que temos nos ossos do corpo, o alumínio da latinha de refri, o sal que tempera nossa comida e a areia das praias? Uma resposta seria: das minas debaixo do solo e dos oceanos do planeta. Mas eles se formaram nestes lugares e ali permaneceram desde então?

Na verdade, os átomos dos elementos químicos mais leves, principalmente hidrogênio (H) e hélio (He), foram formados quando o Universo era jovem, denso e quente. Essa é a chamada Nucleossíntese Primordial. Os demais elementos têm sua origem no interior das estrelas e foram sintetizados por reações nucleares de fusão, em que núcleos mais leves resultam em núcleos mais pesados. Essa é a Nucleossíntese Estelar.

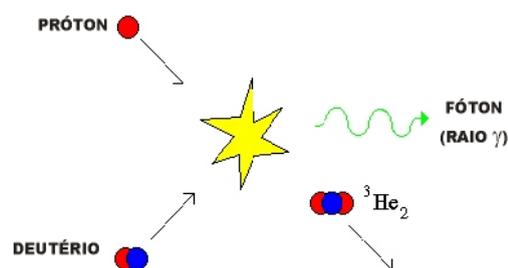
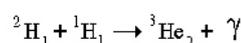
No interior do Sol, por exemplo, reações de fusão convertem 4 núcleos de H em um núcleo de He. Essa reação libera energia na forma de luz e o calor que caracterizam as estrelas. Outras reações nucleares também ocorrem nos interiores estelares, como a que funde 3 núcleos de He para formar um núcleo de Carbono (C), ou a que funde um núcleo de C com um de He para formar um núcleo de Oxigênio (O). E assim por diante.

REAÇÕES PRÓTON-PRÓTON: ESTÁGIO 1



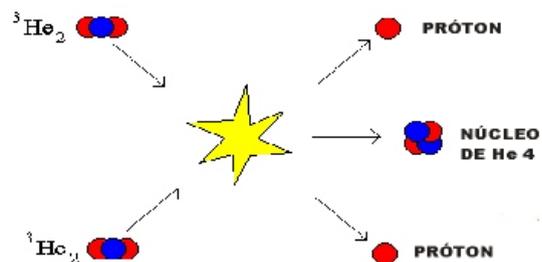
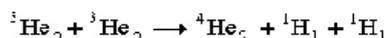
Dois núcleos de hidrogênio (prótons) colidem, formando um núcleo de hidrogênio pesado (deutério), um pósitron (elétron de anti-matéria) e um neutrino.

REAÇÕES PRÓTON-PRÓTON: ESTÁGIO 2



Nesta segunda fase um núcleo de deutério reage com um próton, gerando um núcleo de hélio leve (com apenas um neutron no núcleo ao invés de dois) e mais radiação de alta energia.

REAÇÕES PRÓTON-PRÓTON: ESTÁGIO 3



Neste último estágio do ciclo de reações próton-próton, dois núcleos de hélio 3 interagem, formando um núcleo de hélio 4, que é o isótopo mais estável deste elemento, além de dois prótons. Estes últimos estarão livres para iniciar o ciclo novamente. Se subtrairmos de tudo que participou dos 4 estágios do ciclo próton-próton (lado esquerdo das reações), aquilo que foi gerado (lado direito), veremos que, o resultado líquido do ciclo foi o de converter 4 prótons em um núcleo de hélio 4 e energia, esta última na forma de fótons de alta energia e neutrinos.

As principais reações nucleares que sintetizam núcleos de hélio a partir de núcleos de hidrogênio e liberam energia dentro do Sol.

Fonte: www.if.ufrgs.br/oei

Mesmo decorridos 14 bilhões de anos desde a Nucleossíntese Primordial, o H e o He ainda são de longe os elementos mais abundantes. Esses dois elementos perfazem 98% da matéria bariônica, formada por prótons, nêutrons e elétrons, a matéria que conhecemos. Os 2% restantes são o carbono, oxigênio, cálcio, ferro, potássio, etc... dos quais somos feitos.

A tabela periódica dos elementos químicos. Todos são formados por átomos, que contêm prótons e nêutrons no núcleo denso e elétrons à sua volta. É a chamada matéria bariônica. ▽

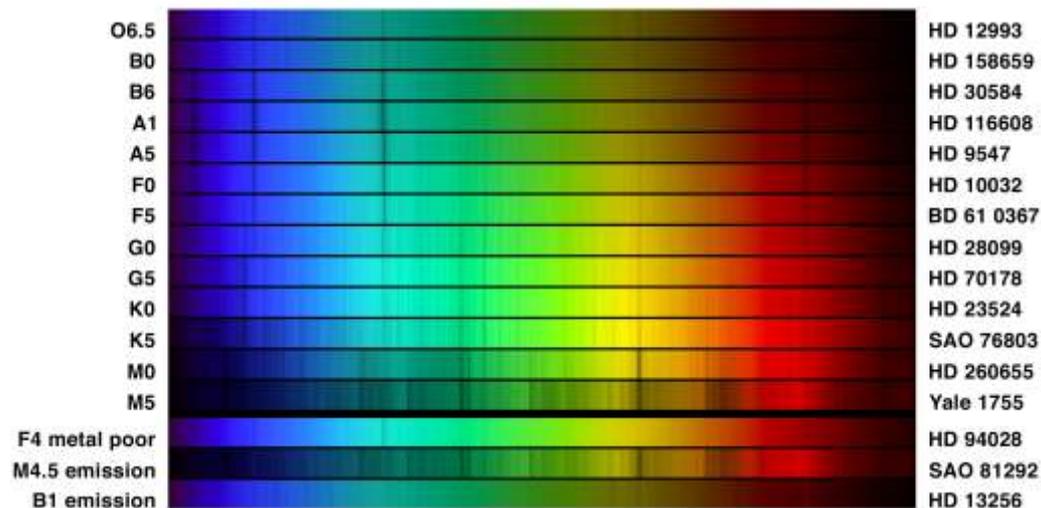
Espectroscopia, a alma da Astronomia

Imagens astronômicas são em geral muito belas e nos cativam. Mas a maior parte da informação que temos das estrelas e galáxias distantes vem dos seus espectros. O espectro é a luz de uma fonte decomposta em comprimentos de onda.

O espectro de uma lâmpada fluorescente, por exemplo, é formado por linhas discretas. Ou seja, a lâmpada emite somente em alguns comprimentos de onda, característicos

dos elementos químicos presentes no seu interior.

Na figura abaixo, vemos exemplos de espectros estelares. As estrelas, contrariamente às lâmpadas fluorescentes, emitem luz em todos os comprimentos de onda. Os elementos químicos na atmosfera das estrelas absorvem (ao invés de emitir) luz em comprimentos discretos. Estrelas podem ser classificadas pelo tipo de espectro de absorção que produzem.



Exemplos de espectros estelares de diferentes tipos. A classificação espectral é dada à esquerda e representa uma sequência em temperatura, sendo as estrelas de tipo O as mais quentes e as M as mais frias. Note como mudam as linhas de absorção, inclusive o número delas. À direita, o número da estrela que gerou o espectro, de acordo com o catálogo Henry Draper (HD).

Fonte: http://www.noao.edu/image_gallery/images/d2/starsl.jpg ▽

A Via-Láctea, nossa Galáxia



A Via-Láctea é uma faixa de luz tênue e esbranquiçada que percorre todo o céu, formando um anel à nossa volta. É conhecida desde a antiguidade. Somente com o uso do telescópio ficou claro que essa luz é formada por milhões de estrelas muito tênues que não distinguimos com nossos olhos. Hoje, sabemos que este imenso sistema estelar é a manifestação mais visível de nossa Galáxia, a qual, então, foi batizada de Via-Láctea. O Sol e seu sistema de planetas e corpos menores está mergulhado neste sistema muito maior.

Foto da Via-Láctea semelhante (exceto pelas cores vivas) ao que vemos no céu numa noite sem nuvens e sem poluição luminosa. A luz difusa de milhões de estrelas se mistura a regiões escuras, onde a poeira do meio interestelar no disco da Galáxia bloqueia a luz visível.

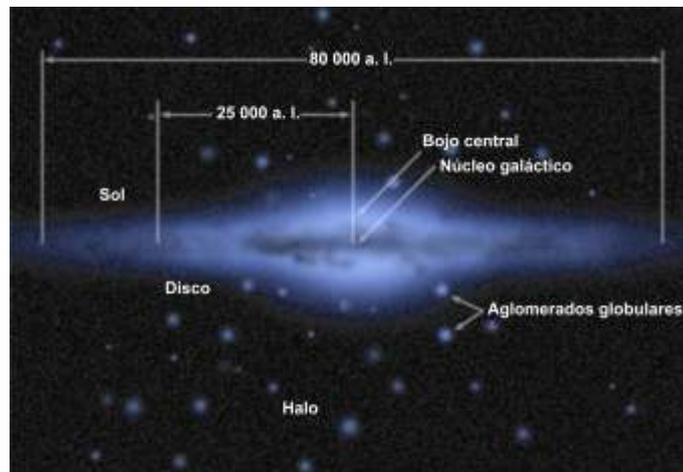
Fonte: <http://www.zodiactalight.com/images/M7MilkyWay50mm18x4Minsf1-8atf63ISO800AveragedDarksFlat06Aug07try4FullField1280.jpg>

Estrutura da Galáxia

Nossa Galáxia tem em torno de 200 bilhões de estrelas, a maioria de menor massa que o Sol. A maior parte das estrelas da Galáxia está distribuída em um plano, que chamamos de disco. É justamente a projeção deste plano no céu que resulta no anel da Via-Láctea em torno de nós. O fato de o anel estar aparentemente centrado à nossa volta fez com que as primeiras descrições da nossa Galáxia colocassem o Sol no centro. Contudo, hoje sabemos que apenas uma pequena fração das estrelas do disco da Galáxia efetivamente contribui com a faixa de luz que vemos no céu noturno. Vem daí a impressão de que estamos no centro. Se considerarmos as bilhões de estrelas que hoje sabemos existir na Galáxia, a maioria no disco, veremos que nossa posição não é central.

A situação é análoga a um sujeito que está próximo à beirada de uma mata bem densa, de forma que ele só consegue ver as árvores mais próximas, não conseguindo sequer vislumbrar a borda mais próxima da mata. Dessa forma, como ele vê árvores a toda sua volta, ele pode ser levado a crer que está no centro da mata ao invés de na sua periferia.

Nossa Galáxia, a Via-Láctea, não contém apenas o componente planar, o disco. Há, ainda, um componente de forma esferoidal, cujas partes centrais chamamos de bojo e as mais externas de halo. Esses três são os principais componentes estelares da Via-Láctea.



Esquema representativo de nossa Galáxia, se vista de longe e com o disco em perfil. O Sistema Solar (Sol) se situa no plano do disco, a 25.000 anos luz (a.l.) do centro. O disco todo tem 80.000 anos-luz de extensão. A forma arredondada no centro é causada pelo bojo central. As regiões escuras no disco indicam a presença da poeira do meio-interestelar.

O halo é um componente extenso, muito rarefeito (baixa densidade de estrelas e aproximadamente esférico)..

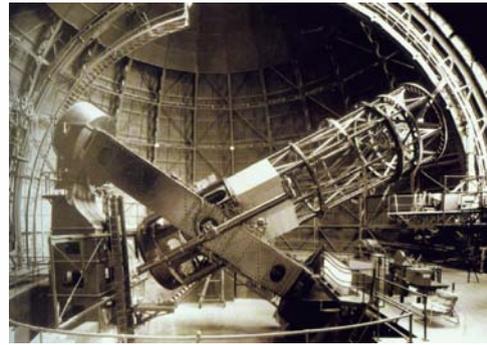
Nele se situa a maioria dos aglomerados globulares.
http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/the_universe/Milkyway.html

A nossa Galáxia em contexto

Até o início do século XX, não se tinha certeza quanto a extensão do nosso sistema estelar. Na verdade, alguns acreditavam que o nosso sistema estelar se estendia indefinidamente pelo espaço. Outros reconheciam a existência de universos-ilha espalhados pelo espaço, as galáxias, cada uma sendo um sistema estelar finito e semelhante à Via-Láctea. De fato, desde o século XVIII, inúmeros objetos de aparência difusa já haviam sido catalogados, tendo recebido o nome de nebulae (nuvem, em latim). Somente no século XX, com a construção de telescópios grandes, como o de Monte Wilson na Califórnia, ficou claro que muitas dessas nebulae eram de fato formadas por estrelas, sendo, portanto, galáxias. O universo em grande escala passou a ser visto como o espaço ocupado pelas galáxias e, não, por estrelas.

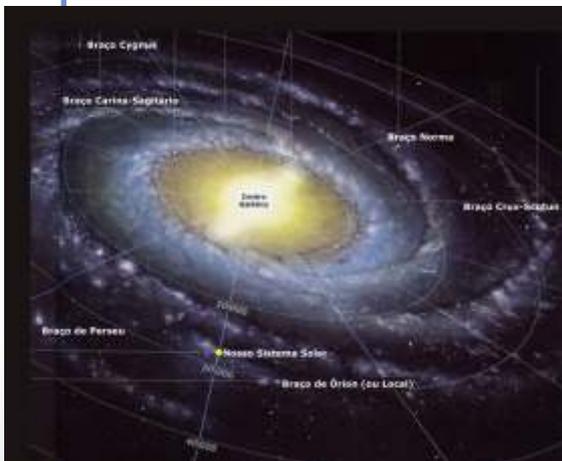
Nossa Galáxia é comum, do tipo disco. Geralmente, imagens de galáxias dominadas por um disco possuem braços em espiral, recebendo também a denominação de espirais.

Galáxias com pouco ou nenhum componente planar têm forma esferoidal ou irregular.



Telescópio de 2.5m de Mt Wilson na Califórnia. Foi através deste instrumento que Edwin Hubble determinou que muitos objetos difusos, anteriormente chamados de nebulae, eram na verdade imensos sistemas estelares isolados uns dos outros, as galáxias.

Fonte: http://sckim.kasi.re.kr/Images/hooker2_5m.gif



Esquema representativo de nossa Galáxia, se vista de fora e com o disco visto de frente. Os principais braços espirais são indicados. O Sol ocupa uma posição próxima ao braço de Órion. O bojo central é amarelado, enquanto que no disco predomina a luz azulada de estrelas quentes e jovens.

Fonte: http://www.apolo11.com/display.php?imagem=imagens/etc/via_lactea_bracos_big.jpg



Imagem da galáxia espiral M83 (nebulae de número 83 do catálogo Messier, a qual posteriormente se revelou como uma galáxia, já no século XX). A nossa linha de visada a esta galáxia é frontal, de forma que vemos muito claramente os braços em espiral. Ao longo destes, podemos ver a presença da poeira do meio interestelar. As regiões brilhantes ao longo dos braços são regiões de formação estelar, onde predomina o brilho de estrelas jovens e quentes. O bojo central também é visto com tonalidade amarelada. Imagem obtida no Observatório Anglo-Australiano. Fonte:

http://www.ccvalg.pt/astronomia/galaxias/galaxias_espiral_barradas/m83.jpg

O meio interestelar

Nem só de estrelas é formada nossa Galáxia. O disco contém grande quantidade de gás e poeira, o chamado meio interestelar. É desse material que se formam novas estrelas, no interior de grandes nuvens de gás frio, composto principalmente por moléculas de hidrogênio e átomos de hélio. Essas nuvens moleculares gigantes possuem regiões

mais densas, onde o material entra em colapso gravitacional, formando novas estrelas. A nova geração de estrelas aquece o gás a sua volta, fazendo que ele emita ou reflita a luz. Muitas das nebulae descobertas nos últimos séculos são, portanto e de fato, nuvens de gás aquecido por estrelas recém formadas.



A nebulosa M16 (número 16 do catálogo Messier do século XVII). No canto superior direito vemos um aglomerado de estrelas jovens cuja radiação luminosa aquece o gás à sua volta. Este gás irradiado, formado predominantemente por átomos de hidrogênio, emite a tênue luz avermelhada que permeia toda a imagem. As regiões mais escuras são regiões onde o meio interestelar é mais denso e tem grande quantidade de poeira, a qual bloqueia a luz das estrelas e impede que o gás seja aquecido. Nota-se a borda brilhante ao longo das nuvens de poeira, sempre apontando para o aglomerado, de onde vem a forte radiação luminosa.

Fonte: http://www.phys.ncku.edu.tw/%7Eastrolab/mirrors/apod_e/image/0201/m16w1_eso_big.jpg



A nebulosa de Órion, uma das nebulas mais bem estudadas. Essa imagem no infra-vermelho, obtida com o telescópio do Reino Unido, situado no Havaí, revela filamentos e paredes de gás aquecido pelas estrelas jovens e de alta massa, recém formadas.

Fonte: <http://www.fromearthtotheuniverse.org/>
Créditos: Chris J. Davis, Joint Astronomy Centre



Imagem da galáxia espiral NGC 891, situada a 30 milhões de anos-luz, e que é vista de perfil. Trata-se de uma galáxia semelhante à Via-Láctea, dominada por um disco estelar. A faixa de absorção no plano do disco é causada pela poeira do meio interestelar. O pequeno bojo arredondado de NGC 891 também é visto na região central.

Fonte: <http://www.bu.edu/prism/images/NGC891.jpg>

Cinemática

O material do disco da Galáxia, tanto estrelas quanto gás e poeira, está em rotação em torno do centro. O Sistema Solar está a 25.000 anos-luz de distância do centro do disco. Como viaja a uma velocidade de cerca de 220 km/s, ele descreve uma órbita completa em torno do centro com um período de aproximadamente 200 milhões de anos.

Na verdade, esse movimento das estrelas no disco da nossa Galáxia proporciona uma das evidências em favor da existência de mais matéria em seu interior do que aquela que conseguimos detectar. Essa é a chamada matéria escura.

A explicação é simples: se usarmos a gravidade das próprias estrelas e do meio interestelar para tentar explicar esse movimento de rotação do disco da Galáxia, seremos levados a concluir que as velocidades deveriam ser muito menores que as observadas. Para que possamos explicar as altas velocidades, de centenas de km/s, especialmente do material nas áreas mais externas do disco, faz-se necessário colocar mais matéria, a qual não vemos nem sabemos o que é, no interior da Galáxia. ▀

Aglomerados estelares

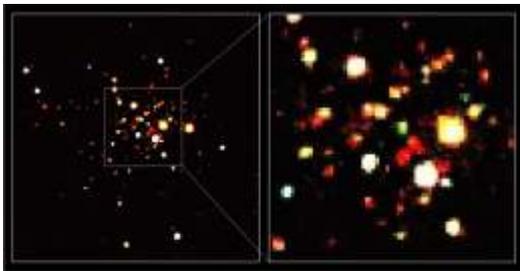
Chamamos de aglomerado estelar um sistema contendo centenas, milhares ou mesmo centenas de milhares de estrelas unidas por um campo gravitacional comum. Na nossa Galáxia, a Via-Láctea, há milhares de aglomerados.



Imagem do aglomerado aberto Plêiades, obtida no Observatório Anglo-Australiano na Austrália. As Plêiades são visíveis até mesmo a olho nu, na direção da constelação de Touro. Notem a presença não apenas de estrelas muito brilhantes e azuis, mas, também, de gás residual do processo de formação estelar neste jovem sistema.

Fonte: <http://www.aao.gov.au/images/captions/>

No interior dos aglomerados, as estrelas interagem gravitacionalmente, constantemente perturbando a órbita umas das outras. No centro de alguns globulares, a densidade estelar é tão alta que algumas estrelas chegam a colidir ou mesmo a se fundir, formando estrelas maiores.



Imagens em raio-X da região central do aglomerado 47 Tuc, obtida com o telescópio espacial Chandra. A da direita mostra uma ampliação da parte mais densa da imagem à esquerda. Apenas estrelas em forte interação com outras emitem raios-X.

Fonte: <http://chandra.harvard.edu/photo/2001/0004/> Créditos: NASA/CfA/J. Grindlay et al.

Existem dois tipos básicos de aglomerados estelares na nossa Galáxia: os abertos e os globulares.

Os aglomerados abertos têm algumas centenas de estrelas no máximo, têm forma irregular, situam-se próximos ao plano da Via-Láctea e são, em geral, relativamente jovens, com idades menores que 500 milhões de anos. Aglomerados globulares têm dezenas ou centenas de milhares de estrelas, forma esférica, idades da ordem de 10 bilhões de anos e ocupam o halo estelar da Galáxia.



O aglomerado globular NGC 6752 é visível no hemisfério sul celeste e situado a uma distância de 20.000 anos-luz.

São centenas de milhares de estrelas unidas por um campo gravitacional comum. Elas nasceram ao mesmo tempo e de uma mesma nuvem de gás do meio interestelar.

Fonte: <http://www.spiegelteam.de/CCD-Aufnahmen/ngc6752.jpg>



O aglomerado globular 47 Tuc é um dos mais próximos de nós. Vê-se claramente a forma esférica, que se deve à classificação e à alta densidade de estrelas, especialmente na região central.

Por ser um sistema velho, com mais de 10 bilhões de anos, as estrelas de alta massa que se formaram em 47 Tuc já evoluíram há muito tempo. Portanto, predominam nele atualmente estrelas de massa comparável ao Sol ou menor.

Fonte: http://www.science.psu.edu/alert/Images/SALT_PR47tuc.jpg

Aglomerados Extragalácticos

Aglomerados de estrelas também existem em outras galáxias. Com o avanço da tecnologia de telescópios e detectores, atualmente eles podem ser estudados em detalhe nas galáxias vizinhas à Via-Láctea.

Em galáxias mais distantes, vemos os aglomerados apenas como pontos de luz, sendo, então, impossível estudá-los em detalhe individualmente. Neste caso, é possível estudar o sistema de aglomerados como um todo.



A galáxia elíptica gigante M87 abriga um sistema de mais de 15.000 aglomerados globulares. Nesta imagem, eles são vistos como pequenos pontos de coloração azulada distribuídos em torno da galáxia. Os objetos maiores são galáxias vizinhas.
Fonte: <http://www.astro.princeton.edu/~rhl/PrettyPictures/M87.png>



Imagem do aglomerado estelar NGC 290 obtida com o telescópio espacial Hubble. NGC 290 pertence à Pequena Nuvem de Magalhães, uma galáxia satélite da nossa, que é visível a olho nu do Brasil na primavera.

Fonte: http://www.siforg.com/spaceneWS/images/imsn041806_01_08.jpg

Formação de aglomerados

Os aglomerados de estrelas nascem nas galáxias, em regiões densas em gás e poeira, no interior das nuvens moleculares do meio interestelar.

É desse gás e poeira que se formam suas estrelas.

O material da região se fragmenta e cada fragmento colapsa gravitacionalmente.

A forte radiação proveniente das estrelas recém formadas aquece o material da nuvem à sua volta, o que gera uma nebulosa. Após alguns milhões de anos, o material interestelar é removido pelas estrelas criando uma cavidade no interior da nuvem. O jovem aglomerado, então, se torna mais facilmente visível, pois a luz de suas estrelas, em especial a luz óptica, não é mais fortemente absorvida pelo meio interestelar em seu entorno.



O aglomerado NGC 2264 cuja idade é de apenas uns 100 mil anos. Essas estrelas, extremamente jovens, ainda estão incrustadas na nuvem que as originou. Como as nuvens absorvem a luz visível, as estrelas só podem ser vistas numa imagem infra-vermelha como essa obtida com o telescópio espacial Spitzer.

Fonte: <http://www.spitzer.caltech.edu/Media/mediainages/sig/sig05028.shtml>

Créditos: NASA/JPL-Caltech/P.S. Teixeira (Center for Astrophysics)



Imagem obtida no infra-vermelho do aglomerado Westerlund 1. Westerlund 1 é muito jovem e extremamente massivo. É um dos aglomerados cuja luz está mais fortemente absorvida pelo meio interestelar. Apenas uma parte em 100 mil da luz visível emitida por ele chega até nós. O resto é absorvido no caminho.

Fonte: <http://www.ipac.caltech.edu/2mass/gallery/westerlund1atlas.jpg> Créditos: IPAC-Caltech/S. Van Dyk



O rico e jovem aglomerado NGC3603, contendo estrelas muito quentes cuja radiação aquece e evacua o gás à sua volta, formando uma nebulosa. Por já ter removido a maior parte do meio interestelar, esse aglomerado é visível no óptico. Está situado a uns 20000 anos-luz na direção da constelação de Carena.

Créditos: NASA/ESA

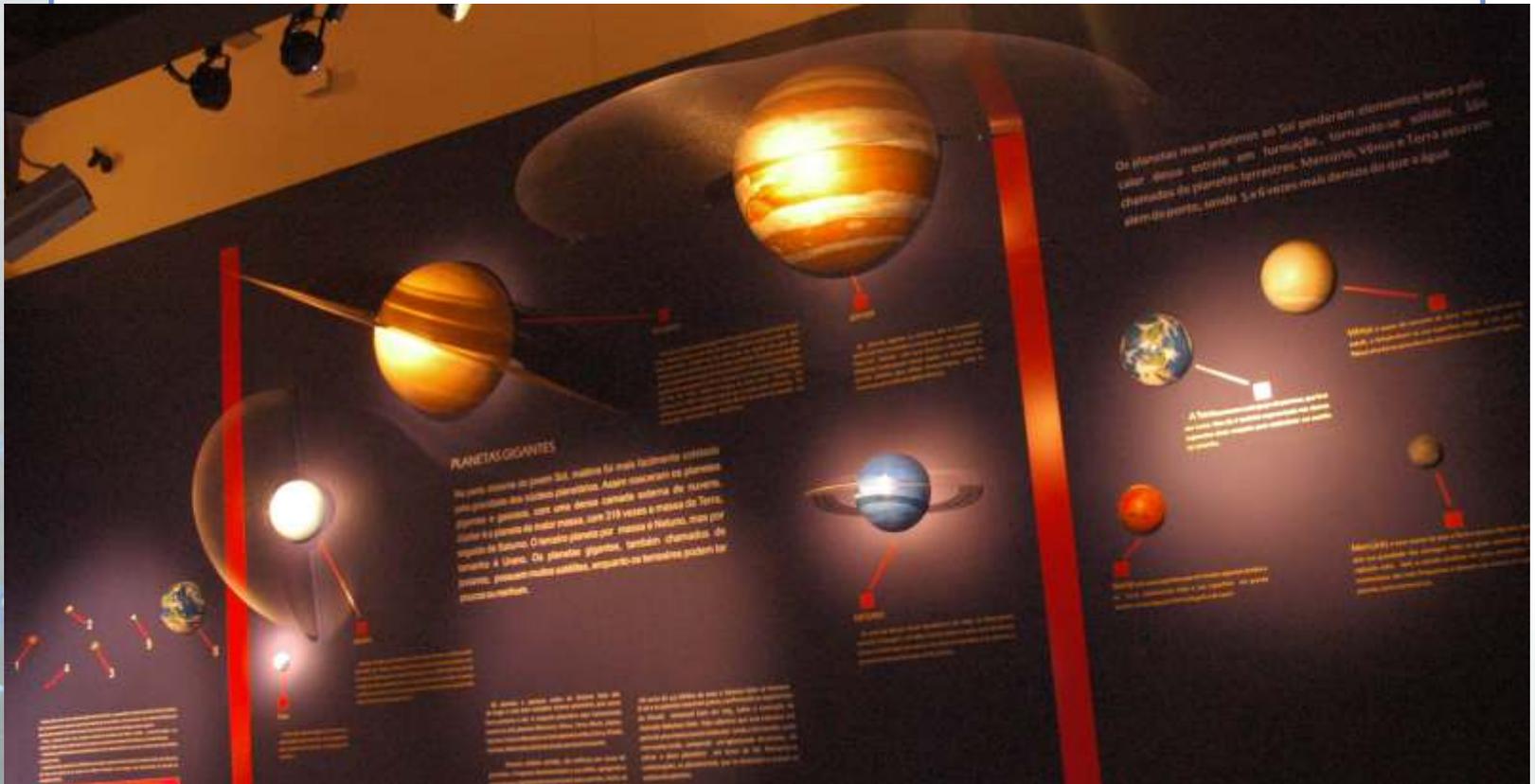
Fonte: <http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap071005.html> ▀

Os Planetas do Sistema Solar

Planetas orbitam estrelas, são esféricos por causa da gravidade, e limpam dinamicamente a sua órbita, agregando o material que originalmente encontraram pelo caminho. Assim, ao longo da órbita de um planeta não se encontram outros corpos de massa comparável.

Há cerca de 4,5 bilhões de anos o Sistema Solar se formava. O Sol e os planetas nasceram juntos, confirmando

os argumentos do filósofo Immanuel Kant em 1755 sobre a contração da chamada nebulosa solar. Hoje sabemos que esta nebulosa era parte de uma imensa nuvem molecular, tendo o Sol nascido junto com muitas irmãs, compondo um aglomerado de estrelas. Ao esfriar o disco planetário em torno do Sol, formaram-se condensações, os planetesimais, que se chocavam e criavam os núcleos dos planetas.



Os planetas e planetas anões do Sistema Solar formam de longe o mais bem estudado sistema planetário, pois nossa Terra pertence a ele. A maquete planetária aqui representada mostra os 8 planetas. Mercúrio, Vênus, Terra e Marte são mostrados na direita. Júpiter, Saturno, Urano e Netuno ocupam o centro. Os planetas anões são comparados à Terra na esquerda.

Planetas Terrestres

Os planetas mais próximos ao Sol perderam elementos leves pelo calor dessa estrela em formação, tornando-se sólidos. São chamados de planetas terrestres. Mercúrio, Vênus e Terra assaram além do ponto, sendo 5 a 6 vezes mais densos que a água.

Mercúrio é bem menor que a Terra e quase não tem atmosfera, pois sua gravidade não consegue reter os gases aquecidos pela forte radiação solar. Sem o escudo protetor de uma atmosfera, impactos meteoríticos são mais frequentes e deixam sua marca na superfície do planeta, assim como na Lua. Créditos:

Messenger/NASA.

Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/Commons/3/30/Mercury_in_color_-_Prockter07_centered.jpg



Vênus e sua atmosfera vistos em luz ultravioleta. Vênus é quase do tamanho da Terra. Por um brutal efeito estufa, a temperatura na sua superfície chega a uns 500 °C. Possui uma densa atmosfera de dióxido de carbono e nitrogênio.

Créditos: Orbitador Pioneer Venus-1/NASA.

Fonte: <http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Venuspioneeruv.jpg>



Cratera com gelo de água em Marte. Marte tem uma superfície que, em muitos aspectos, lembra a da Terra. Possui água em forma de gelo e de vapor. Conhecemos toda a sua superfície em grande detalhe. Créditos Mars Express/ESA.

Fonte: <http://antwarp.gsfc.nasa.gov/apod/ap050720.html>



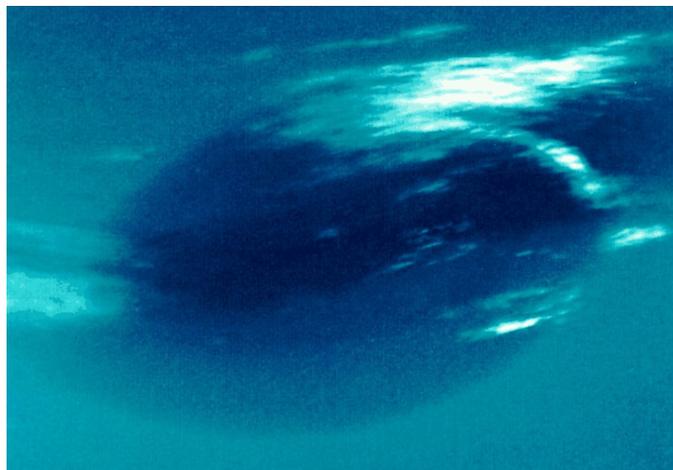
Planetas Gigantes

Na parte distante do jovem Sol, a matéria foi mais facilmente coletada pela gravidade dos núcleos planetários. Assim nasceram os planetas gigantes e gasosos com uma densa camada externa de nuvens. Júpiter é o planeta de maior massa, com 318 vezes a massa da Terra, seguido de Saturno. O terceiro planeta por massa é Netuno, mas por tamanho é Urano. Os planetas gigantes, também chamados de jovianos, possuem muitos satélites, enquanto os terrestres podem ter poucos ou nenhum.



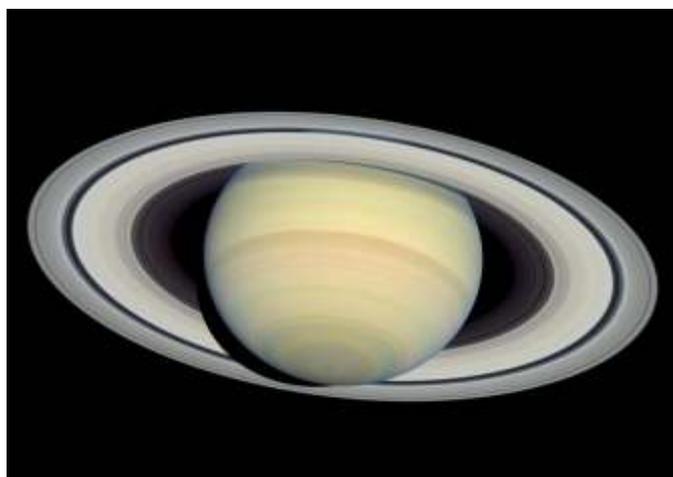
Nuvens amarelas de Júpiter e o furacão da grande mancha vermelha. Os planetas gigantes têm a composição química do Sol na atmosfera, mas possuem cores variadas e faixas em latitudes com cores distintas. Isto se deve a diferentes temperaturas nestas regiões. A atmosfera dos grandes planetas gera efeitos meteorológicos, como os monstruosos furacões de Júpiter e Netuno.

Créditos: Voyager 1/NASA. Fonte: http://z.about.com/d/space/1/0/_/9/1/GPN-2003-000003.jpg



Azul profundo das nuvens de Netuno e de seu grande furacão. Créditos: Voyager 2/NASA.

Fonte: http://zuserver2.star.ucl.ac.uk/~idh/apod/image/nepspot_voyager2_big.gif



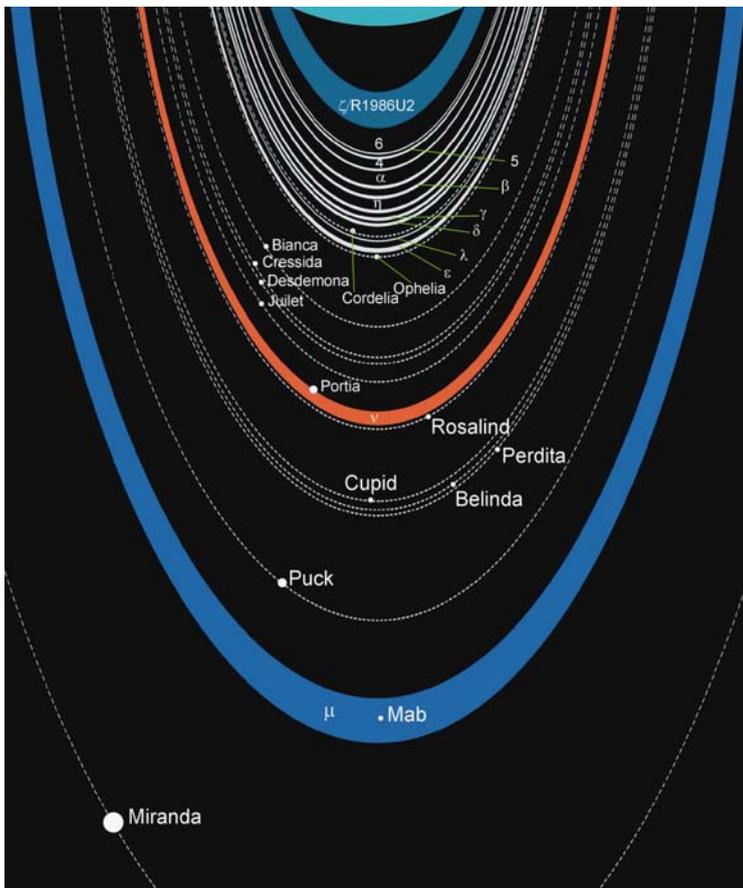
Todos os 4 planetas gigantes têm anéis, sendo os de Saturno os mais espetaculares, pois são de gelo e refletem muita luz solar. Um anel planetário constitui-se de partículas de poeira e/ou gelo que orbitam um planeta formando um disco achatado. Os anéis de planetas são os objetos astronômicos mais achatados. Os anéis de Saturno têm espessuras de apenas 5 a 35 m, enquanto o principal de Júpiter chega a 300 km. Em 1610, Galileu enxergou os anéis como "orelhas" em Saturno. Em 1655, Huygens descreveu os anéis mais brilhantes. Os anéis principais se estendem a 140.180 km do centro do planeta e o tênue anel externo alcança 483.000 km. Créditos: Telescópio Espacial Hubble.

Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0e/Saturn_HST_2004-03-22.jpg

Anéis

Anéis planetários formam-se por 5 processos: (I) material que não se condensa em luas por efeitos de maré do planeta. (II) uma lua se aproxima e por forças de maré é desmanchada. (III) colisões de asteroídes e cometas, e bombardeios de meteoritos pulverizam partes de luas. (IV) colisões entre

luas. (V) vulcões e geisers gerados por força de maré em satélites ejetam material. Além das partículas, os anéis possuem corpos um pouco maiores, inclusive mini-luas com 40 a 500 m de diâmetro.



Esquema dos anéis de Urano e luas relacionadas: um sistema mais rico que os de Netuno. Em 1789, William Herschell provavelmente descobriu os anéis de Urano, e, em 1977, o sistema foi (re)descoberto com o Observatório aéreo Kuiper. A Voyager 2 mostrou os anéis em detalhe em 1986. Em 2003, o Telescópio Hubble mostrou 2 outros anéis externos, estendendo-se a 103.000 km. Os anéis de Urano têm pouca poeira e são formados por partículas grandes, de 20 cm a 20m. Muito escuros, parecem ser de gelos e compostos orgânicos. Os anéis parecem jovens, com menos de 600 milhões de anos, e foram gerados por colisões de luas. Créditos: Ruslik0/Wikipedia.

Fonte: www.upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e1/Uranian_rings_scheme.png



Violentos choques entre planetas em formação ocorriam no Sistema Solar primordial. Um choque sofrido por Urano quando jovem inclinou o seu eixo de rotação, posicionando-o no mesmo plano que sua órbita. O mesmo aconteceu com Vênus. A Terra, logo ao se formar, também sofreu choques, tendo sido um deles a provável origem da Lua. Urano, em geral, é uma esfera verde-azulada uniforme, pois o eixo de rotação deitado uniformiza suas temperaturas. A Terra é mostrada em escala na figura.

Créditos: Voyager 2/NASA.

Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2a/Uranus%2C_Earth_size_comparison.jpg

Os anéis de Netuno: tênues e escuros. Foram descobertos em 1984 no Observatório aéreo U2. A Voyager 2, em 1989, mostrou todos os anéis, que são tênues, escuros e dominados por poeira. Os anéis se estendem a 63.000 km e parecem ter sido gerados por colisões de luas. Créditos: sonda Voyager 2/NASA. Fonte: <http://mm04.nasaimages.org/MediaManager/>

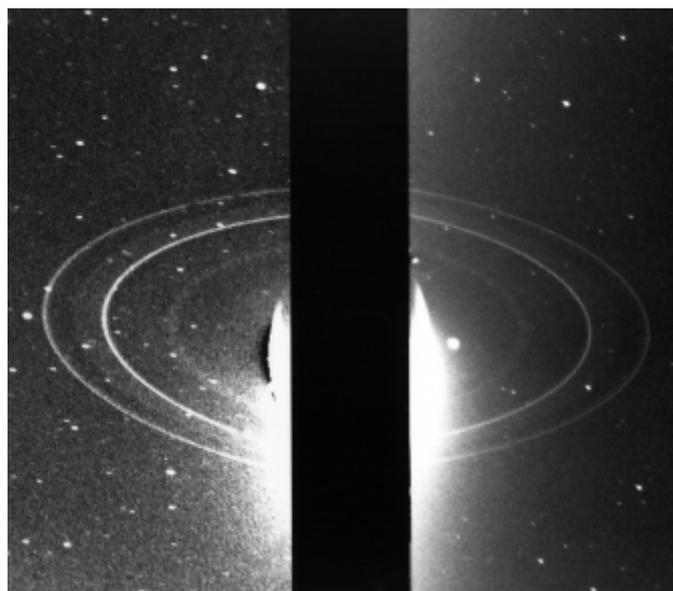


TABELA 1: parâmetros orbitais dos planetas.

	Período Rotação	Inclinação do eixo	distância média ao Sol (UA)	Período Orbital (anos)	Excentri- cidade
MERCÚRIO	58,65d	0°0´	0,39	0,24	0,206
VENUS	243,01d	117°18´	0,72	0,62	0,007
TERRA	23h56m	23°27´	1,0	1,00	0,017
MARTE	24h37m	25°12´	1,52	1,88	0,094
JÚPITER	9h51m	3°07´	5,20	11,9	0,048
SATURNO	10h14m	26°44´	9,52	29,5	0,054
URANO	17h14m	97°52´	19,20	84,0	0,048
NETUNO	16h03m	29°34´	30,07	165,0	0,007

TABELA 2: características físicas dos planetas.

	Inclinação da órbita (graus)	Diâmetro (Km)	Temp.* (°C)	Massa (Terra=1)	Densid. (Kg/m3)
MERCÚRIO	7,0	4849	-173/427	0,06	5430
VENUS	3,4	12122	427	0,82	5240
TERRA	0,0	12760	-23/27	1,00	5520
MARTE	1,9	6763	-63/27	0,11	3940
JÚPITER	1,3	142784	-163/-123	318,0	1330
SATURNO	2,5	120582	-178	95,0	690
URANO	0,8	51168	-115	14,6	1270
NETUNO	1,8	50529	-217	17,2	1640

*Temperaturas mínima e máxima da superfície externa.

Planetas Anões

Planetas anões, assim como os planetas, giram em torno do Sol e sua gravidade é suficiente para lhes dar forma esférica. Mas, contrariamente aos planetas, cuja massa é dominante na sua órbita, a soma das massas dos vizinhos de órbita de um planeta anão é comparável à massa do mesmo. Essa é a diferença essencial que distingue as duas categorias.

Há, hoje, 5 planetas anões. Ceres é o único deles situado no cinturão de asteróides entre Marte e Júpiter, o cinturão Principal. Os outros quatro, Plutão, Haumea, Makemake e Eris estão todos situados no cinturão de asteróides além de

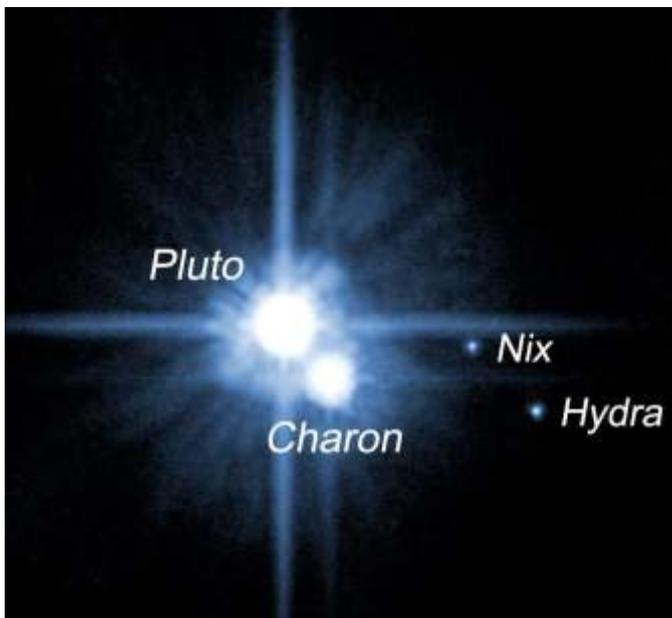
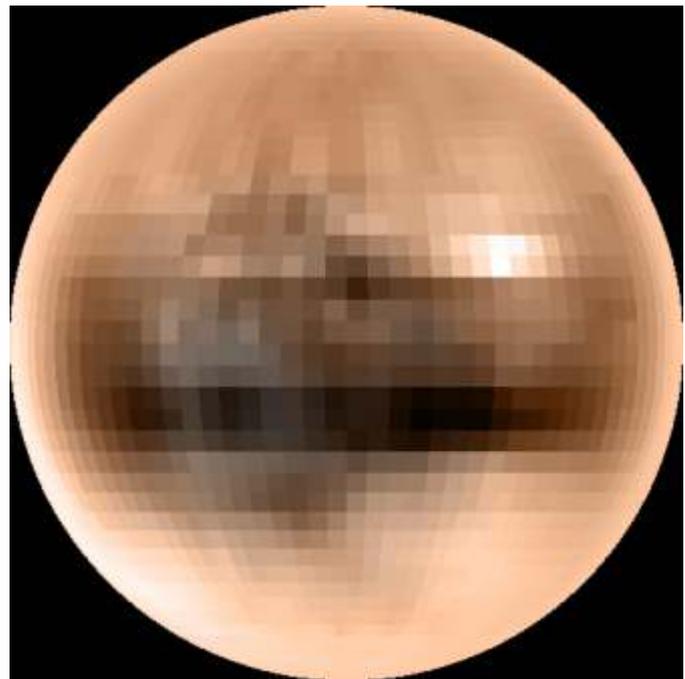
Netuno, o cinturão de Kuiper.

A Missão Dawn da NASA explorará o asteróide Vesta em 2012 e o planeta anão Ceres em 2015. A New Horizons visitará Plutão e suas luas em 2015.

Dos planetas anões, apenas Ceres e Plutão têm uma imagem razoavelmente bem definida. Os demais estão muito distantes e são vistos como pontos de luz, mesmo nos melhores telescópios. Suas imagens aqui representadas são baseadas em concepções artísticas.

Imagem de Plutão de melhor resolução disponível. Plutão é um nome romano do deus do submundo, devido as distantes e frias regiões em que ele vaga. Plutão foi o primeiro planeta anão descoberto dentre os plutóides. Os plutóides têm a composição usual dos objetos do Cinturão de Kuiper: gelo, poeira e rochas.

*Créditos: Telescópio Espacial Hubble/NASA.
Fonte: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Pluto.jpg>*



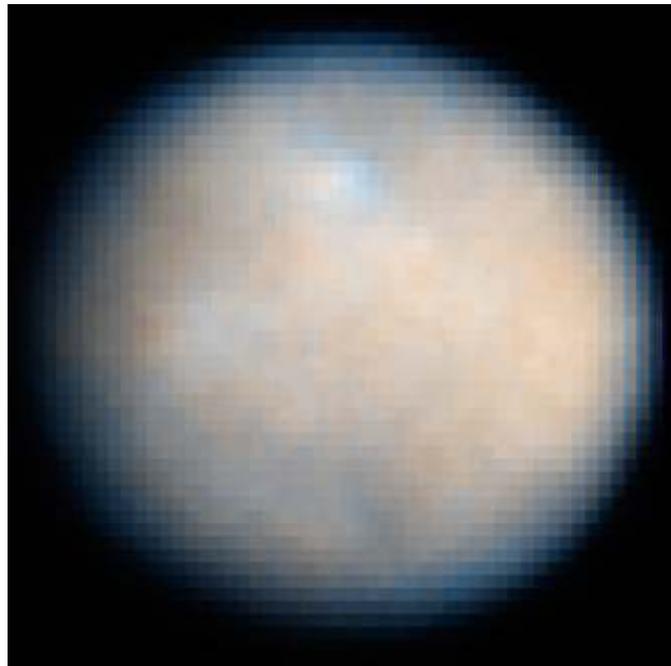
Plutão e seus satélites Caronte, Hydra e Nix, os dois últimos descobertos em 2005 pelo Telescópio Hubble. As cruces nas imagens de Plutão e Caronte são causadas pela óptica do telescópio. Créditos: HST/NASA.

Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/Commons/a/ae/Pluto_system_2006.jpg

Ceres na melhor resolução disponível. Ceres é o planeta anão mais próximo da Terra. É composto principalmente por rochas, tendo uma superfície com poeira e um manto de gelo e água. Ceres tem aproximadamente metade do tamanho dos plutóides, mas tem massa comparável a eles. Objetos rochosos como Ceres atingem a esfericidade com 500 km de diâmetro aproximadamente, enquanto que nos objetos do cinturão de Kuiper (que também contêm muito gelo e poeira), isto ocorre em torno de 840 km. Ceres é deusa romana, filha de Saturno.

Créditos: Telescópio Espacial Hubble/NASA.

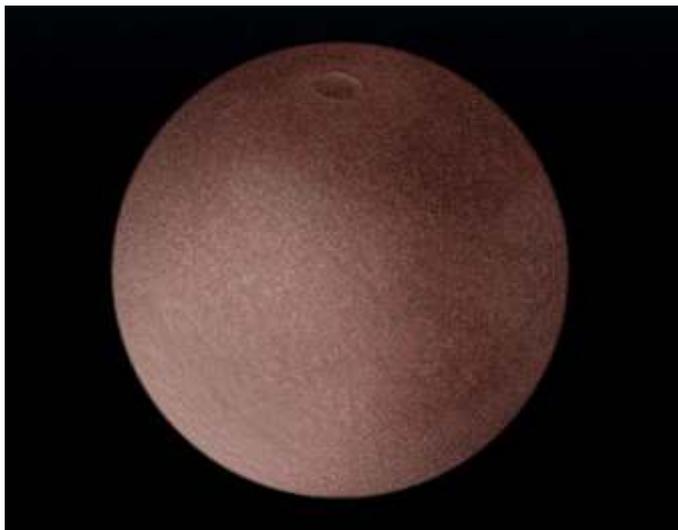
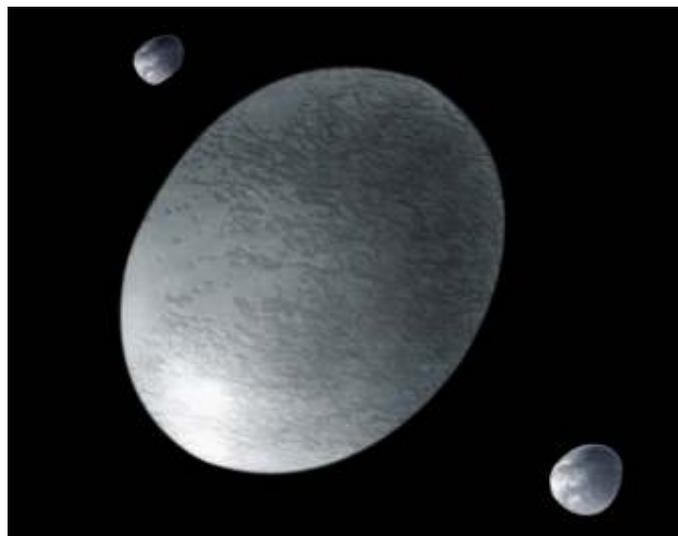
Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fc/Ceres_optimized.jpg



Desenho artístico de Haumea e suas 2 luas. Haumea não é esférico e é considerado planeta anão por causa da sua massa e tamanho. É provavelmente resultado de um grande choque, que teria gerado também seus 2 satélites (Hi'ia e Namaka, deusas havaianas irmãs de Haumea). Possui uma superfície de gelo, como os demais planetas anões situados além de Netuno. Por sua forma gerada por choque e efeitos geológicos, Haumea leva o nome de uma instável deusa da terra dos vulcões.

Créditos: hubblesite.org/copyright/.

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:2003EL61art.jpg>



Desenho artístico de Makemake. Possui uma superfície de gelo, como a do satélite Tritão de Netuno. Makemake foi descoberto na Páscoa de 2005 e seu nome é de uma divindade da Ilha da Páscoa (Rapa Nui).

Créditos: Ann Feild (Space Telescope Science Institute).
Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:2005FY9art.jpg>

Imagem de Eris e seu satélite Dysnomia à direita. Novamente, a cruz na imagem de Eris é resultado da difração na abertura do telescópio. Eris é o maior planeta anão. Leva o nome da deusa da discórdia, que veio destronar o planeta Plutão, e causou a revolução dos planetas anões.

Créditos: Telescópio Espacial Hubble/NASA.

Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5b/Eris_and_dysnomia2.jpg

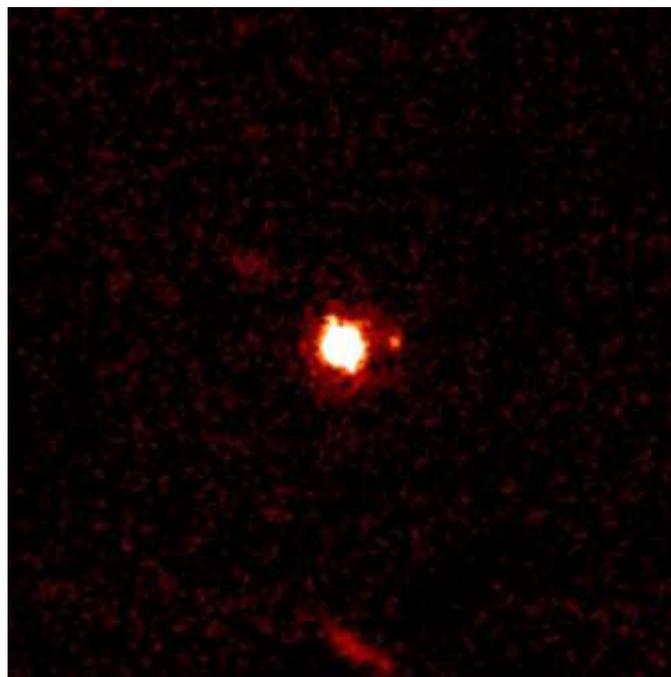


TABELA 1: parâmetros orbitais dos planetas anões

	Período Rotação	Inclinação do eixo	Distância média ao Sol (UA)	Período Orbital (anos)	Excentricidade
CERES	9h05m	3°	2,77	4,6	0,08
PLUTÃO	6,39d	120°	39,7	248,0	0,253
HAUMEA	0,163d		43,1	283,0	0,19
MAKEMAKE			45,8	310,0	0,159
ERIS	0,3d		67,7	557,0	0,44

TABELA 2: característica físicas dos planetas anões

	Inclinação da órbita (graus)	Diâmetro (Km)	Temp. (°C)	Massa (Terra=1)	Densid. (Kg/m³)
CERES	10,6	942	-106	0,0002	2080
PLUTÃO	17,2	2306	-233	0,0022	2100
HAUMEA	28,2	1500	-223	0,0007	2950
MAKEMAKE	29,0	1600	-241	0,0007	2000
ERIS	44,2	2600	-231	0,0028	2420

Satélites

Uma lua ou satélite natural orbita um planeta ou um corpo menor. O Sistema Solar possui satélites com uma diversidade de origens e propriedades. Há 170 satélites orbitando os 8 planetas. Em torno de planetas anões há 6 satélites muito próximos a eles, sugerindo origem por impactos.

As luas Ganimedes de Júpiter e Titan de Saturno são maiores que o planeta Mercúrio. Várias luas são maiores que os planetas anões, sendo esféricas como eles. Parte das luas

orbita no sentido da rotação do planeta, o que indica que se formaram junto com o planeta. Por outro lado, uma fração grande das luas tem órbita retrógrada e foi capturada pelo planeta ou é produto de colisões. São retrógradas 50 das 63 luas de Júpiter, 29 das 61 luas de Saturno, 8 das 27 de Urano e 4 das 13 de Netuno. Os satélites retrógrados de Júpiter e Saturno não se distribuem num plano, mas formam um halo em torno desses planetas.



A Lua, único satélite da Terra, é o maior dos satélites em proporção ao tamanho do seu planeta.

É um dos 176 satélites a orbitar em torno dos planetas e planetas anões do Sistema Solar.

Fonte: http://sos.noaa.gov/images/Solar_System/moon.jpg



Imagem de Ganimedes obtida com a sonda Galileo. A superfície sugere atividade geológica no passado com zonas planas, resultado de derrames de lava. Por outro lado, assim como na Lua, crateras por impacto de asteróides ou cometas são bastante comuns em Ganimedes. Isso mostra que sua superfície é formada por terreno antigo, que não foi renovado por novos derrames de lava e nem erodido. Créditos:sonda Galileo/NASA.

Fonte: <http://platea.pntic.mec.es/~rmartini/Gani0001.jpg>

Os satélites Galileanos

Apontando seu primeiro telescópio a Júpiter, Galileu descobriu os satélites Io, Europa, Calisto e Ganimedes. Io e Europa são comparáveis à Lua em tamanho, cobertos por gelos de compostos de enxofre e água, respectivamente, refletindo muita luz solar. Ganimedes e Calisto são maiores e mais escuros. Consequentemente os 4 satélites Galileanos têm brilho semelhante ao telescópio.

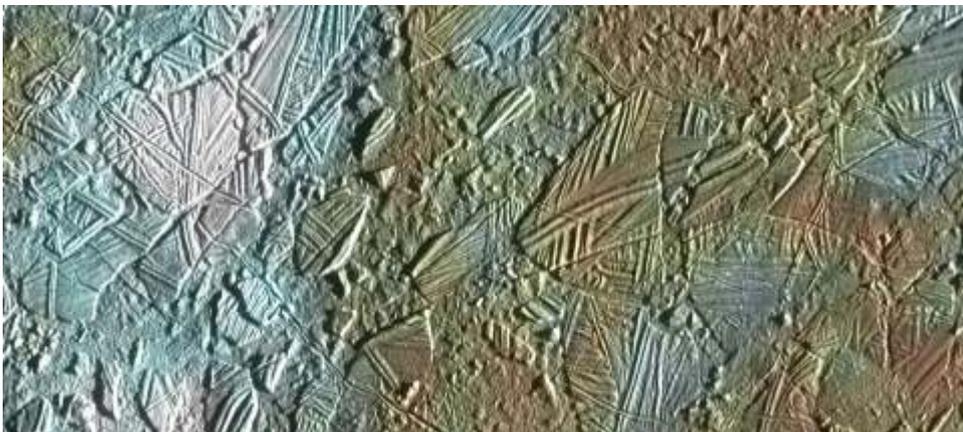
Io é constantemente deformado pelas forças de maré de Júpiter e o atrito interno produz a maior atividade vulcânica no Sistema Solar.



Imagem de Io, obtida pela sonda Galileo. A superfície é moldada por derrames vulcânicos. O vulcão Pillan Patera é visto em plena atividade na parte esquerda da imagem.

Créditos: sonda Galileo/NASA.

Europa é coberto por uma crosta de gelo de água. Embaixo dela há, provavelmente, um oceano onde, junto a fendas vulcânicas, formas de vida chamadas extremófilos podem ter se desenvolvido como no fundo do oceano Atlântico.



Água congelada na superfície de Europa. As rachaduras são provavelmente causadas pela agitação do oceano que deve existir por baixo.

Créditos: sonda Galileo/NASA.

Fonte:

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/78/Europa_Chaos.jpg

Calisto possui a gigantesca cratera de impacto, chamada Valhalla, com 1800 Km de diâmetro. O impacto foi tão forte que fraturou a crosta, uma mistura de gelo e rochas, em anéis concêntricos. A superfície é a mais escura entre os satélites Galileanos.



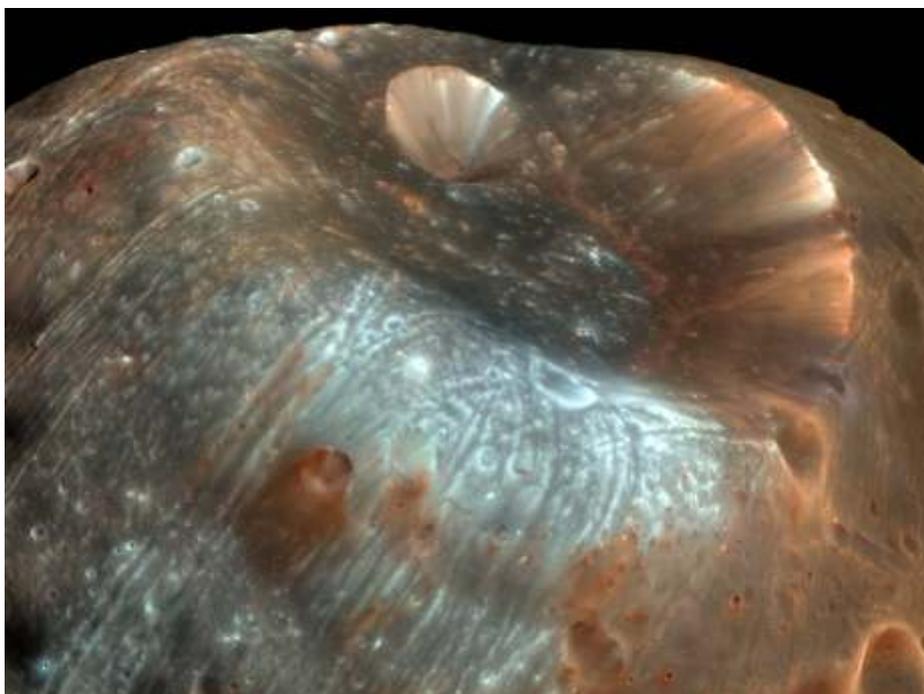
*Forte impacto de asteróide ou cometa que fraturou em anéis concêntricos a crosta de Calisto. Crédito: NASA/JPL-Caltech.
Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d6/Valhalla_crater_on_Callisto.jpg*

Outros satélites

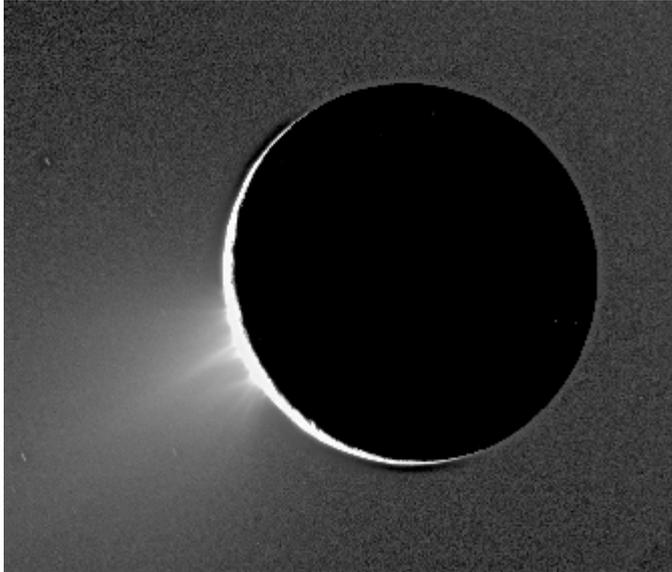
Os satélites foram inicialmente batizados segundo a mitologia greco-romana, tendo mais recentemente sido adotadas as mitologias Viking, Esquimó, Gaulesa, Celta, Irlandesa e Havaiana. A exceção é Urano, onde tanto as grandes luas, descobertas há séculos, como as menores, descobertas mais recentemente por sondas, foram batizadas com personagens de William Shakespeare e do poeta inglês

Alexander Pope.

Phobos, o Medo, é uma pequena lua de Marte, um asteróide capturado. Sofreu um grande impacto, causando-lhe uma enorme cratera. Phobos orbita muito próximo a Marte e seu mais provável destino será desmanchar-se pelas forças de maré do planeta criando um anel de poeira em torno do mesmo.



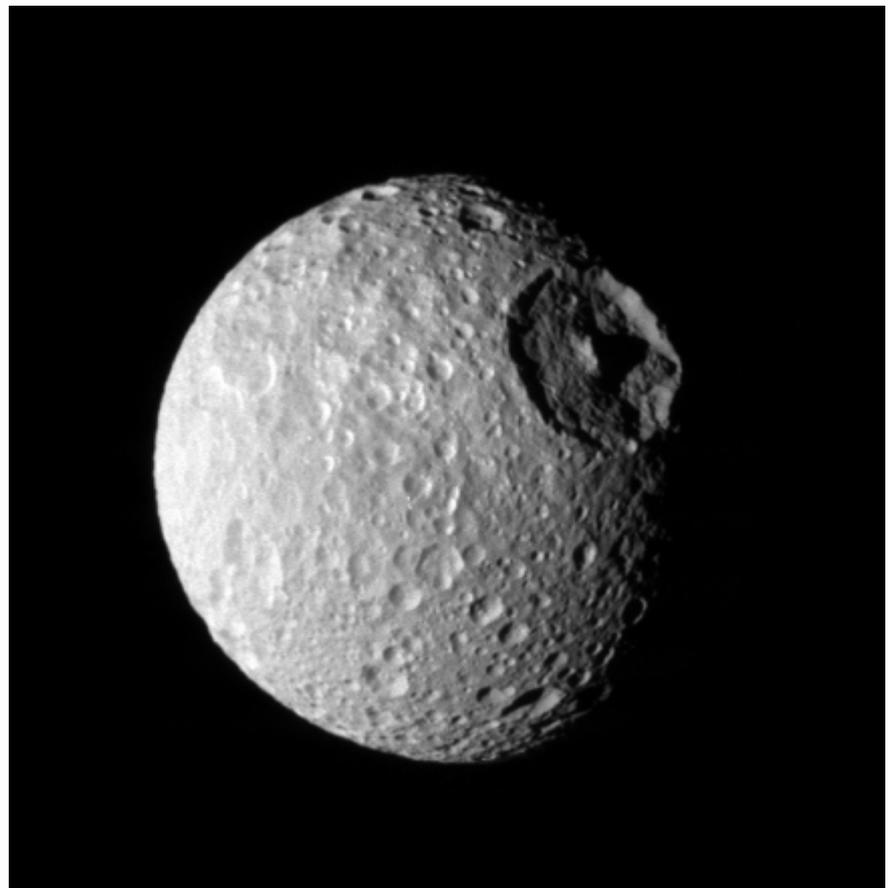
*A cratera Stickney em Phobos. Créditos: Orbitador de Reconhecimento de Marte da NASA.
Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/5/59/Stickney_mro.jpg*



Semelhantemente a Io em Júpiter, Enceladus, lua de Saturno, sofre fortes efeitos de maré e o calor interno gera geisers de água. Eles alimentam o anel E de Saturno com água que se cristaliza em gelo.

*Geisers de água em Enceladus. Créditos: sonda Cassini/NASA.
Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a6/Fountains_of_enceladus_PIA07758.jpg*

Mimas, um satélite de porte médio de Saturno, possui uma imensa cratera chamada Herschell. Tal impacto em uma lua menor a pulverizaria em um anel de poeira.



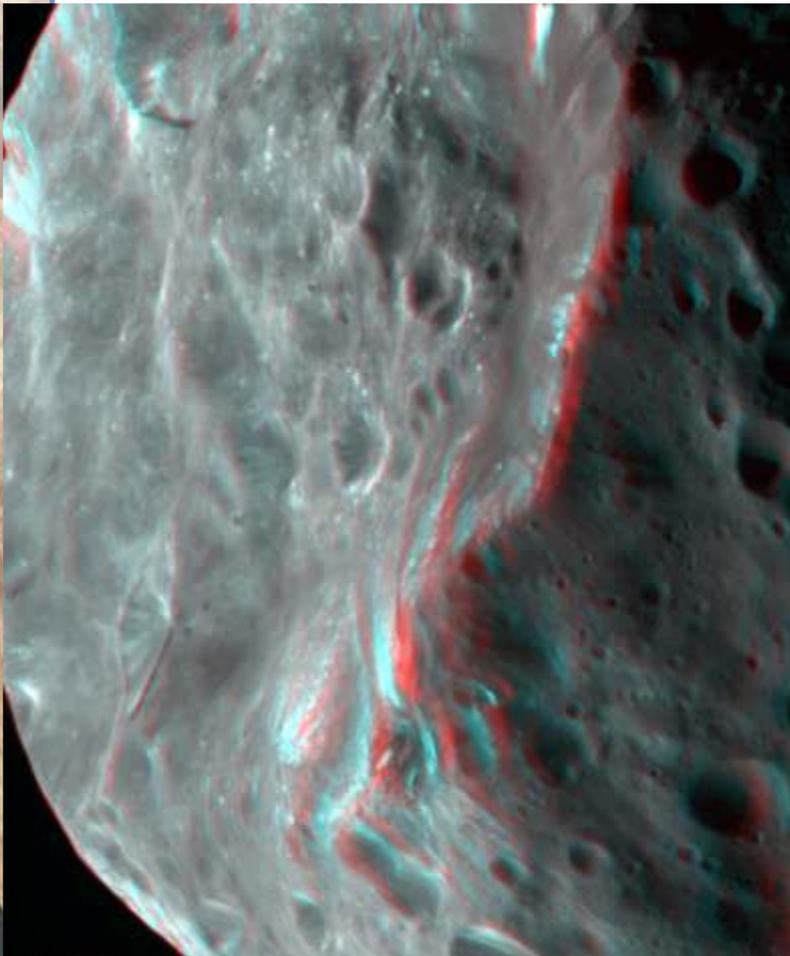
*A lua Mimas de Saturno e a cratera Herschell de 130 km de diâmetro.
Crédito: sonda Cassini/NASA.
Fonte: <http://www.smivsonline.co.uk/images/space/mimas.jpg>*

Titan, de Saturno, segundo maior satélite do Sistema Solar, possui uma atmosfera densa dominada por nitrogênio como a Terra e uma “hidrosfera” de etano e metano com nuvens, neblina e lagos. A superfície sólida é dominada por pedras de gelo de água. Titan compara-se a estágios iniciais da evolução da Terra e carrega moléculas associadas à vida. É um candidato a ter vida, assim como Europa em Júpiter.

Imagem da superfície de Titan obtida pela sonda Huygens, que pousou no satélite. Em Titan, as pedras são de gelo de água e os lagos e rios são de etano, metano e nitrogênio. Notem a atmosfera densa dominada por nitrogênio.

Créditos: missão Cassini-Huygens da ESA/NASA.

Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a8/From_ESA%27s_Huygens_probe_on_Titan.png



Phoebe é uma lua retrógrada capturada por Saturno, com origem no cinturão de Kuiper, situado além de Netuno. Tem uma das melhores fotos de uma “bola de neve suja”, tendo uma composição de gelo, poeira e rochas, como cometas.

A acidentada superfície de Phoebe, mostrando a baixa resistência a impactos. Futuramente, Phoebe poderá se esfacelar pelos impactos de asteróides e cometas. Outra lua de Saturno, Hyperion, está em estágio mais avançado de esfacelamento.

Créditos: sonda Cassini/NASA.

Fonte: http://www.dlr.de/saturn/en/portaldata/1/resources/Portal_news/newsarchiv2005/phoebe4.jpg

Tritão, satélite de Netuno, é o maior satélite retrógrado e foi capturado entre os maiores objetos do cinturão de Kuiper, hoje chamados de planetas anões. Tritão é maior que Plutão e é comparável a Eris. Todos esses objetos têm a superfície dominada por gelos e refletem muita luz solar. A tão baixas temperaturas e proximidade com Netuno, Tritão produz geisers de nitrogênio por forças de marés do planeta. Além de Titan, com atmosfera densa, tanto Tritão como Enceladus possuem traços de atmosferas produzidas por seus geisers.



A superfície de gelo de Tritão. Apresenta geisers de nitrogênio, semelhantes aos geisers de água de Enceladus, satélite de Saturno.

Esses vapores acumulam tênues atmosferas em torno desses satélites. Titan, lua de Saturno, é o único satélite a possuir atmosfera densa.

Créditos: sonda Voyager 2/NASA.

Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/91/Triton_%28moon%29.jpg ▼

Asteróides

Há 4.5 bilhões de anos, a formação do Sistema Solar levou ao surgimento do Sol, dos planetas, planetas anões e de 2 cinturões de asteróides. O cinturão principal situa-se entre Marte e Júpiter e tem em torno de 1/20 da massa da Lua. A gravidade de Júpiter inibiu a formação de um planeta nesta região. Os asteróides ali formados são misturas variadas de rochas e metais. O cinturão principal tem em torno de 200.000 asteróides catalogados. O maior asteróide no cinturão é Pallas com 500 km de diâmetro. Ele poderá ser reclassificado como planeta anão.

No cinturão além de Netuno, a matéria congelou-se com poeira e rochas, formando os asteróides de Kuiper. Há pouco mais de uma década, estes asteróides vêm sendo descobertos, havendo, agora, uns 1.200 conhecidos. O maior asteróide do cinturão de Kuiper é Sedna, com 1800 km de diâmetro, que também poderá virar planeta anão. Há 100 asteróides de Kuiper maiores que 300 km. Estima-se que 90% dos asteróides trans-netunianos são desconhecidos. A massa total do cinturão ainda é mal determinada, podendo ser de 1/10 a 10 massas terrestres.

Largest known trans-Neptunian objects (TNOs)



Comparação entre a Terra (abaixo) e vários objetos trans-netunianos. Os planetas anões estão na fileira superior, enquanto Sedna e outros grandes asteróides de Kuiper na fileira inferior. Crédito: Lexicon/Wikipedia
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/91/EightTNOs.png>

Um décimo dos asteróides está fora dos cinturões. Eles foram espalhados ao longo do tempo por Marte e Netuno, que situam-se nos bordos internos de cada cinturão. No cinturão principal, Marte espalhou asteróides do grupo Hilda para fora, mas, também, espalhou asteróides para dentro, em geral em órbitas alongadas. Estes últimos são monitorados da Terra, pois aqueles maiores que 1 km podem causar

catástrofes na Terra se com ela colidirem. Phobos e Deimos, satélites de Marte, são deste último grupo, capturados pelo planeta.

Hoje, conhecemos 170 asteróides binários e alguns triplos. Hermes, nosso vizinho, é binário com 2 partes do tamanho do Morro da Polícia separadas por 1 km.

O asteróide Ida, um típico asteróide rochoso do cinturão principal, visto com seu pequeno satélite Dactyl.
<http://crab0.astr.nthu.edu.tw/~hchang/sky/ch06/f06-02-05-IdaDactyl.jpg>
Créditos: sonda Galilei/NASA.

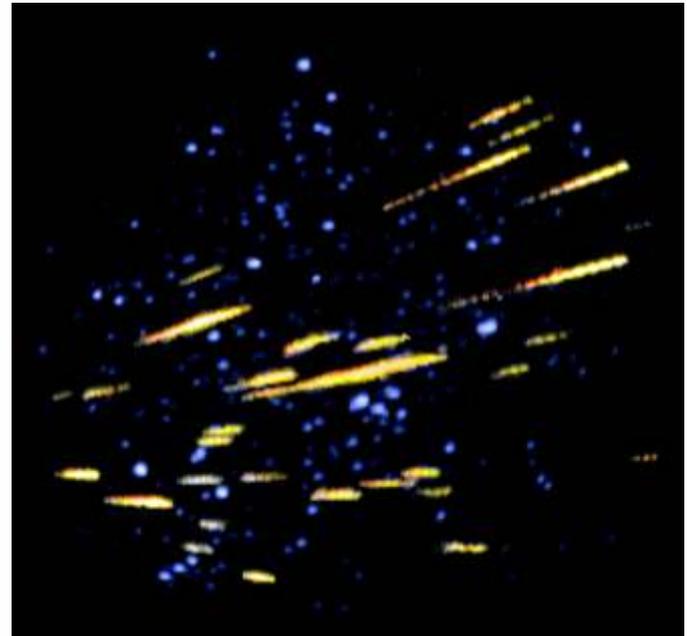


Meteoros e afins

No plano das órbitas planetárias, há bilhões de corpos com dimensões que variam desde metros (os meteoróides) até grãos de poeira microscópicos.

Os meteoróides, ao penetrar a atmosfera terrestre, esquentam pelo atrito com o ar e tornam-se brilhantes (meteoros ou estrelas cadentes). Em geral, são inteiramente vaporizados pelo atrito com a atmosfera. Se suficientemente grandes, resíduos sólidos podem chegar ao solo, o que chamamos de meteoritos. Assim como os asteróides, os meteoritos podem ser rochosos e/ou metálicos.

Quando a órbita da Terra cruza a órbita de um cometa, o número de meteoros que impactam a atmosfera é maior, formando as chuvas de meteoros. Bólidos são meteoros mais brilhantes, podendo ser visíveis na luz do dia.



Uma chuva de meteoros na direção da constelação de Monoceros. Esses surtos de meteoros ocorrem quando a Terra, em sua órbita ao redor do Sol, cruza com a órbita de um cometa.

Os meteoros parecem vir de um ponto do céu, que indica a direção da órbita do cometa. Neste caso, esse ponto está na direção da constelação de Monoceros, daí o nome da chuva.

Fonte: http://solarsystem.nasa.gov/multimedia/gallery/Meteor_burst.jpg ▽

Cometas

Cometas são compostos por rochas envoltas em gelo e se formaram junto com os demais corpos do Sistema Solar. Podem ter dezenas de km de diâmetro. Quando estão próximos ao Sol, o aquecimento pela radiação solar causa a sublimação do gelo. O vapor de gelo é empurrado para longe do Sol, formando a cauda do cometa. Na verdade, um cometa pode ter mais de uma cauda, feitas de gás e partículas de poeira desprendidas do núcleo do cometa.

As caudas de poeira e gás dos cometas podem ser maiores que a distância da Terra ao Sol. A coma (cabeleira), que fica em torno do núcleo rochoso, é brilhante e difusa. A sonda Giotto da ESA mostrou o núcleo do Cometa de Halley em

1986 medindo 15x7 Km.

Em janeiro de 2007, o cometa McNaught foi visível de dia, sendo o segundo mais brilhante e espetacular em 100 anos. Foi visível a olho nu em Porto Alegre ao entardecer com a coma no horizonte e a cauda curva próxima às nossas cabeças.

Várias sondas já fotografaram cometas de perto. Em 2004, a sonda Stardust da NASA trouxe poeira da cauda do cometa Wild 2 para a Terra. A Deep Impact da NASA largou uma pequena sonda que colidiu com o cometa Tempel 1 em 2005. O material levantado foi estudado por detectores na sonda mãe e por telescópios na Terra.



Imagem do cometa McNaught. Créditos: FIR0002 (Austrália).



O impacto de uma pequena sonda sobre o cometa Tempel 1.

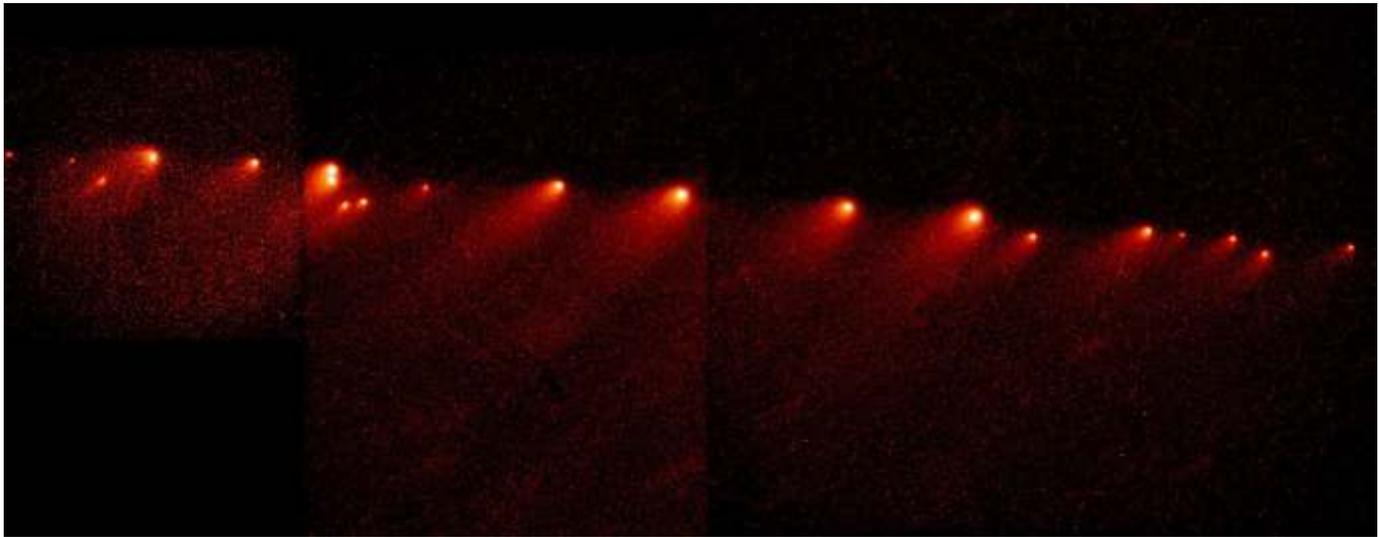
Créditos: sonda Deep Impact/NASA.

Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/91/Deep_impact_HRI.jpg



O cometa Hale-Bopp, visível a olho nu em 1997. A cauda branca é feita de poeira descolada do núcleo do cometa, enquanto que a cauda azul é formada por gás aquecido. A próxima passagem deste cometa perto do Sol não ocorrerá antes do ano 4000!

Créditos: Imagem óptica feita por Dan Schechter.



O cometa Shoemaker-Levy destróado pelas forças de maré de Júpiter.

Créditos: H. Weaver (JHU), T. Smith (STScI), NASA.
Fonte: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/71/shoemaker-levy-tidal-forces.jpg>

Os núcleos dos cometas originam-se na gelada e distante nuvem de Oort e podem ficar presos no Sistema Solar interno por interações com os grandes planetas, tornando-se periódicos.

Cometas e asteróides de 1 a 20 km de diâmetro têm caído na Terra, causando, muitas vezes, extinção em massa de espécies e mudanças geológicas.

Em 1994, o cometa Shoemaker-Levy foi atraído pela gravidade de Júpiter e destróado em mais de 20 pedaços de 1 km pelas forças de maré daquele planeta.

Por vários dias, os pedaços colidiram com a atmosfera de Júpiter, causando choques que deixaram marcas maiores que a Terra. Como testemunhamos tal evento em nosso período da vida humana, é possível que ele seja frequente, sendo Júpiter, portanto, um escudo protetor da vida na Terra, controlando o número de cometas vagueando no Sistema Solar interno.

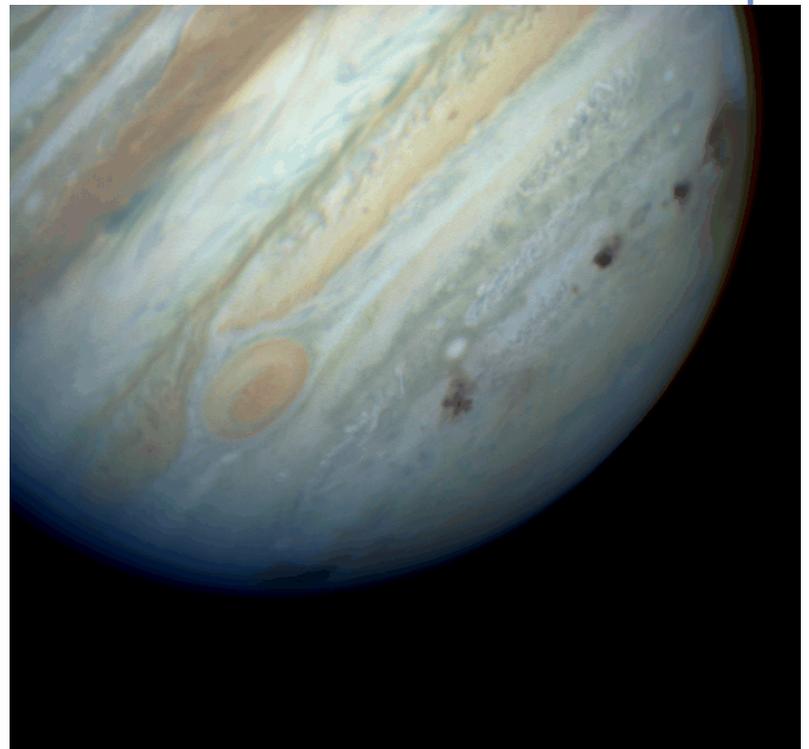


Imagem obtida com o telescópio espacial Hubble, mostrando uma sequência de impactos dos fragmentos do Cometa Shoemaker-Levy contra o planeta Júpiter. Crédito: NASA/STScI/HST. ▀

Exoplanetas

Sabemos que o Sistema Solar tem uma única estrela, o Sol, em torno da qual orbitam 8 planetas (Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno), 5 planetas anões (como Plutão), além de milhões de corpos ainda menores, como asteróides e cometas. Os planetas do Sistema Solar figuram entre os objetos mais brilhantes do céu, especialmente Vênus, Marte e Júpiter. Isso em função de uma combinação entre seus tamanhos, distâncias ao Sol e distâncias à Terra. Quanto mais próximos de nós e quanto maiores forem, mais luz solar por eles refletida chega até a Terra.

Mas o Sol é uma estrela ordinária em nossa Galáxia, a Via-Láctea. Assim, é natural que há séculos tenhamos nos perguntado sobre a existência de planetas orbitando em torno de outras estrelas.

Antes mesmo de eles serem detectados, poucos astrônomos duvidavam da existência de outros sistemas planetários além do Solar. Mas como detectar planetas fora do Sistema Solar? A grandes distâncias, é impossível, com a tecnologia atual, detectar a luz da estrela por eles refletida assim como fazemos com os planetas do Sistema Solar.

Imageamento direto de planetas extrassolares

Em alguns casos, é possível captar a tênue radiação infravermelha emitida por planetas muito massivos, em especial, quando muito jovens. Nesse caso, separando-os

bem da luz proveniente da estrela, que é muito mais brilhante, é possível captá-los diretamente.

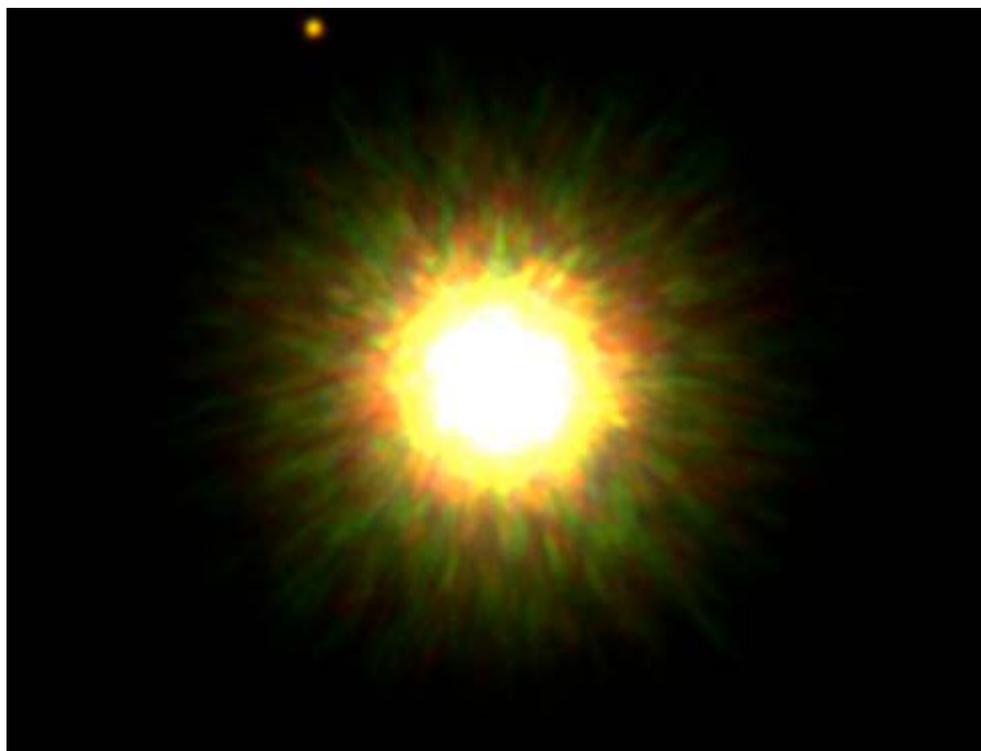


Imagem obtida de um exoplaneta. O objeto brilhante é a estrela IRSXJ160929.1-210524 do catálogo de fontes do satélite de raios-X ROSAT. Os números do nome se referem às coordenadas da estrela no céu. Essa imagem, obtida no infra-vermelho com o telescópio Gemini Norte, situado no Havaí, mostra um planeta acima e a esquerda da estrela (destacado com um círculo). A massa estimada do planeta é de 8 vezes a massa de Júpiter. Planetas massivos, especialmente jovens, emitem uma grande quantidade de luz no infra-vermelho, sendo, por vezes, possível detectá-los diretamente.

Fonte: <http://www.gemini.edu/node/11126> Imagem

Trânsitos planetários

Uma maneira de se detectar um exoplaneta é medindo uma redução no fluxo (brilho) da estrela, pelo trânsito de um planeta à sua frente. Como planetas são pequenos comparados às suas estrelas, eles não as eclipsam totalmente quando ambos são vistos a anos-luz de distância. Apenas uma pequena fração do disco da estrela no céu é coberto, levando a perdas menores do que 1% no brilho. Apenas planetas cujas órbitas contêm a linha de visada à estrela transitam na frente delas. A necessidade de uma coincidência geométrica entre a linha de visada e a órbita limita muito a aplicação desta técnica.

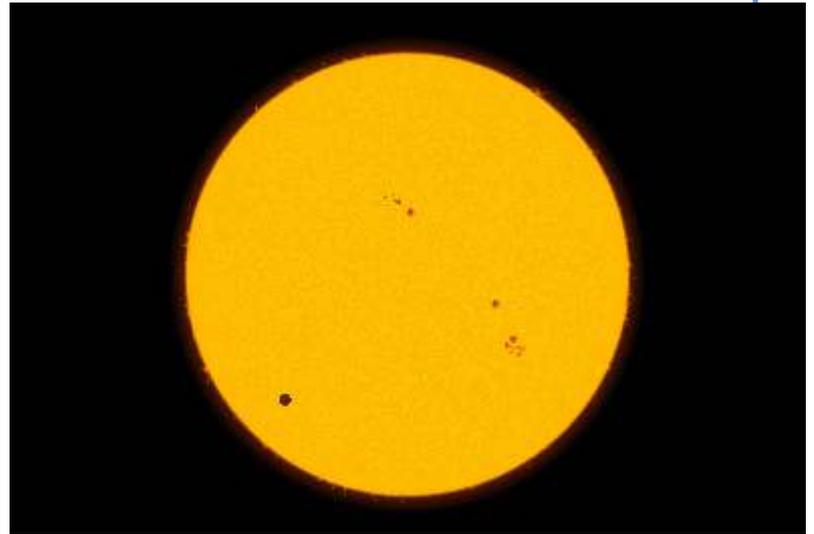
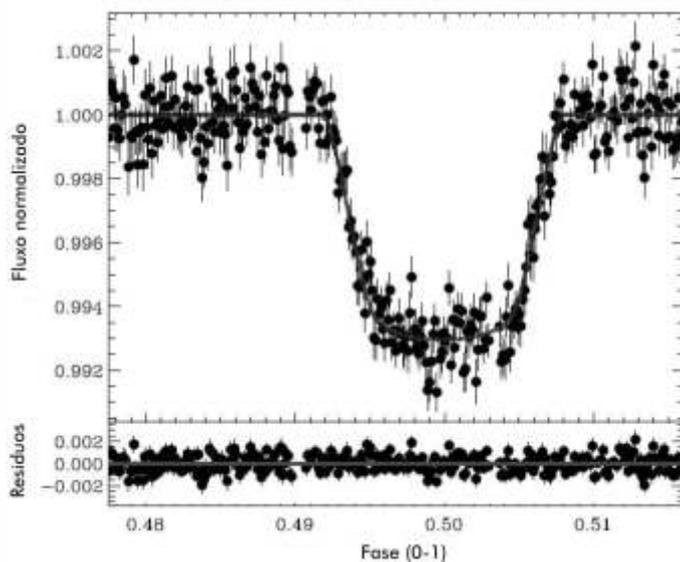


Imagem do trânsito de Vênus na frente do Sol ocorrido em 2004. Ao passar na frente do Sol, o planeta obstrui uma pequena fração da luz solar, causando uma diminuição correspondente em seu brilho quando visto da Terra ou de outros pontos no espaço em que o trânsito seja observado. Além de Vênus, visto na parte inferior esquerda, a imagem mostra também várias manchas solares. Fonte: <http://www.phys.au.dk/~elmiens/>



Varição no brilho (ou fluxo) de uma estrela em função do tempo. Neste caso, o planeta é detectado pelo fato de passar na frente da estrela durante sua órbita, o que chamamos de trânsito. Durante o trânsito, o planeta bloqueia uma fração da ordem de 5 milésimos da luz da estrela, o que causa a diminuição temporária do seu brilho, como visto na figura.

Fonte: http://www.iac.es/telescopes/cain/GJ436_2.jpg

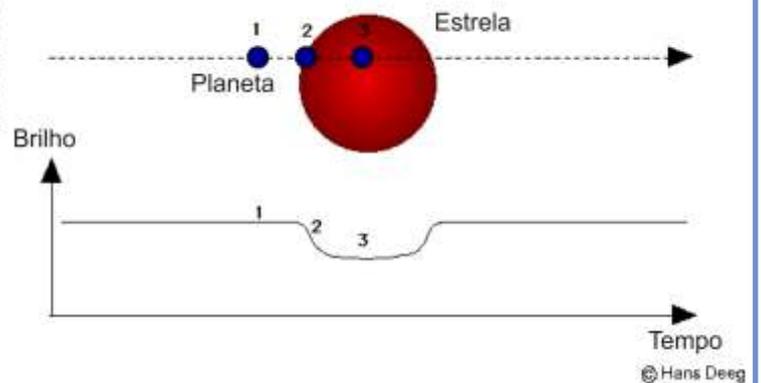


Diagrama mostrando o que acontece com a curva de luz (brilho em função do tempo) quando um planeta (mostrado em azul) transita em frente à sua estrela (bola vermelha). A diminuição do brilho ocorre assim que o trânsito se inicia, durando o tempo necessário para o planeta cruzar toda a imagem da estrela. Esse tempo vai depender da velocidade com que o planeta orbita, do tamanho da estrela e também do tamanho do planeta.

Fonte: http://www.lesia.obspm.fr/perso/claude-catala/plato_web_files/transits.html



Lançamento do satélite COROT, uma colaboração de vários países, incluindo o Brasil, que tem como um de seus objetivos o de detectar exoplanetas por trânsito em frente às suas estrelas.

Fonte: <http://smc.cnes.fr/COROT/>

Em 27/12/2006 foi lançado o satélite COROT (CONvecção, ROtação e Trânsitos planetários), uma colaboração França-Áustria-Alemanha-Espanha-Brasil. Os seus objetivos são o de detectar exoplanetas por trânsitos e estudar variações no brilho das estrelas causadas por pulsações (sismologia estelar). O COROT já detectou trânsitos em mais de 25 estrelas, mas só cinco planetas foram confirmados até agora.

No primeiro semestre de 2009 foi lançado o satélite Kepler. Ele gravará dados de centenas de milhares de estrelas. Ele poderá detectar um trânsito de um planeta como a Terra, que causa uma variação de brilho de menos que 0.01%, para as estrelas mais brilhantes do campo.

Perturbação gravitacional

Outra forma de detectar um exoplaneta é registrando a perturbação gravitacional que ele causa na sua estrela, essa, sim, bem visível com nossos telescópios e detectores. Mas esta perturbação é muito pequena. Júpiter, por exemplo, que é o maior planeta do Sistema Solar, induz uma velocidade de apenas 11 m/s (em torno de 40 km/h) do Sol em torno do centro de massa comum a ambos. Essa pode ser

uma velocidade fácil de se medir nos padrões cotidianos. Mas medir esse movimento numa estrela que está a centenas de trilhões de km de distância é muito mais difícil.

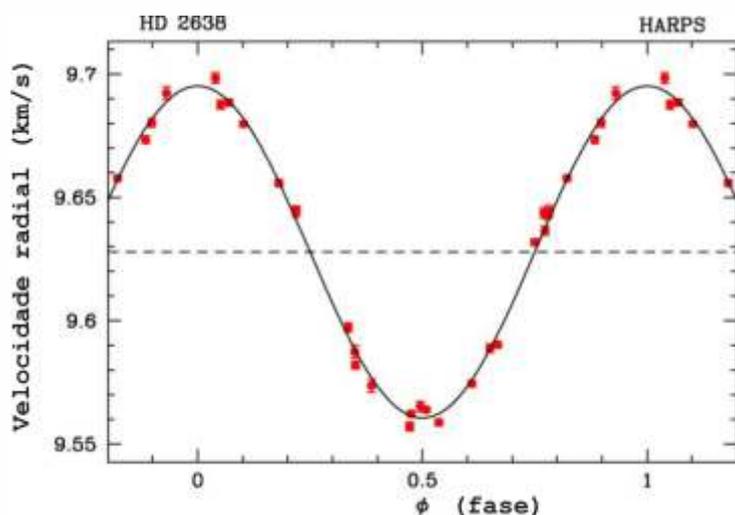
Não é por nada que os primeiros planetas extra-solares detectados são mais massivos que Júpiter e se situavam mais próximos de sua estrela, de forma a induzir uma perturbação gravitacional maior do que a mencionada.

Com o avanço tecnológico, hoje é possível detectar variações da ordem de 1m/s na velocidade de uma estrela no espaço, o que significa que planetas com massas algumas vezes maiores que a Terra (bem menores que Júpiter, portanto) estão começando a ser detectados.

O sistema planetário extra-solar mais interessante encontrado até o momento é o da estrela anã vermelha Gliese 581, situada a 20 anos-luz do Sistema Solar. A estrela tem a metade da temperatura do Sol, um terço da massa deste e uma luminosidade que é apenas 2% da solar. São 4 planetas conhecidos em seu torno, sendo que Gliese 581c tem cerca de 5 massas terrestres e um raio de 1,5 em relação ao raio

terrestre. Gliese 581c está situado a uma distância que é 1/13 da distância Terra-Sol, a chamada unidade astronômica. Como a estrela é muito menos luminosa que o Sol, a temperatura esperada para a superfície do planeta está entre 0 e 40 graus, em condições, portanto, de conter água no estado líquido. Isso define a chamada zona de habitabilidade da estrela. Recentemente, foi descoberto Gliese 581, com menos de duas massas terrestres.

Há, atualmente, mais de 400 planetas extra-solares conhecidos. Essa amostra já nos permite tirar algumas conclusões sobre o quão comuns eles são e em torno de que tipo de estrelas eles existem em maior número.



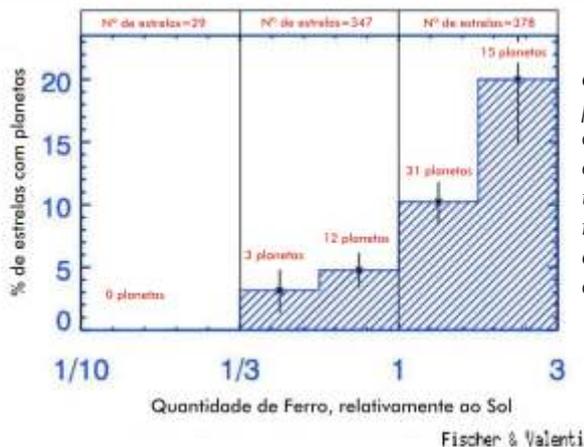
O painel de cima mostra a variação, ao longo do tempo, da velocidade observada da estrela HD2638 por causa da perturbação gravitacional de um único planeta, massivo e orbitando próximo a ela. O ajuste a essa curva de velocidade leva à estimativa de que esse planeta tem metade da massa de Júpiter, mas orbita a uma distância à estrela que é 1/25 da distância Terra-Sol.

Fonte: <http://exoplanets.org/science.html>



Concepção artística do sistema planetário em torno de Gliese 581, uma anã vermelha muito menor que o Sol. Esse sistema tem os melhores candidatos a planetas semelhantes à Terra encontrados até o presente.

Fonte: <http://images.google.com.br/imgres?imgurl=http://Upload.Wikimedia.org/wikipedia/commons/9/93/>



Distribuição dos exoplanetas em função da composição química da estrela. O eixo vertical mostra a porcentagem de estrelas com planetas à sua volta e o eixo horizontal quantifica a abundância do elemento ferro da estrela, relativamente ao Sol. Entre 10% e 20% das estrelas mais ricas em metais que o Sol, no extremo direito do gráfico, têm planetas orbitando em seu torno, enquanto que nenhum planeta foi detectado em torno de estrelas com menos de 1/3 da abundância de ferro do Sol. Planetas, portanto, parecem se formar em torno de estrelas ricas em elementos químicos mais pesados.

Fonte: <http://exoplanets.org/science.html>



Vocação Astronômica Única entre as Bandeiras dos Países

Figuras planetárias como Aquário, Peixes, Sagitário e Touro aparecem na bandeira do estado de Minas Gerais, e Escorpião de Sagittarius em Goiás, Argentina, Itália e Chile, representando a Sagittarius predominantemente italiana, como Turquia e México apresentam com o escorpião. O país que não tem uma profusão de estrelas e constelações na bandeira é o Brasil!

É interessante notar também que o momento da Proclamação da República do Brasil foi de 15 de Novembro de 1889, um ano inteiro depois da Revolução de 18 de Novembro. O Brasil foi abençoado pelo pontilhado Sagittarius também, assim como México também e o professor de astronomia Manoel Pereira dos Santos Polidoro. O decreto da criação foi assinado por Rui Barbosa.

As bandeiras brasileiras, como outras antes, também exibem duas constelações: 1) Capricórnio, 2) Corvo, 3) Pégaso, 4) Fênix, 5) Escorpião, 6) Triângulo Austral, 7) Touro, 8) Sagittarius, 9) Escorpião. É curioso notar também que o Brasil não tem o escorpião na bandeira, mas o Brasil não tem o escorpião na bandeira.

A bandeira nacional não é tão rica quanto as bandeiras de outros países e constelações, uma constelação e uma única estrela de ordem inferior, embora apresentem um grande número de 27 estrelas na bandeira dos países fronteiriços e outras estrelas nas bandeiras vizinhas, porém com o Brasil apresentando uma representação na bandeira.



MATERIA E ENERGIA ESCURAS





Textual information panel on the left wall, partially obscured by a display case.



Textual information panel on the upper left wall, describing the formation of galaxies.



A concentração de matéria, água e energia, em aglomerados de galáxias e estrelas não se dá pelo gás quente emitido de suas estrelas, mas também pelo efeito de fortes gravitações. Pela teoria da instabilidade gravitacional, uma grande concentração de matéria distorce a geometria do espaço, fazendo com que a luz não viaje em linha reta.



Galáxias

Definição de galáxia



As galáxias são gigantes sistemas formados por bilhões de estrelas. Algumas contêm grande quantidade de gás e poeira, onde novas estrelas são formadas. O diâmetro típico das galáxias, como a nossa Via-Láctea, é de 100.000 anos-luz.

A galáxia espiral NGC 1365. As faixas escuras ao longo dos braços em espiral são causadas pela poeira do meio interestelar. Os braços também contêm grande quantidade de gás que é transformado em estrelas nas regiões de formação estelar, vistas em tom róseo.

Fonte: http://www.noao.edu/image_gallery/html/im1034.html
Créditos: SSRO/PROMPT e NOAO/AURA/NSF

Descoberta das galáxias

A descoberta das galáxias como sistemas exteriores à Via Láctea aconteceu em 1923, como consequência das pesquisas realizadas por Edwin Hubble com a galáxia de Andrômeda, utilizando o telescópio de 2.5 metros de Mount Wilson, Califórnia, Estados Unidos. Anteriormente, todos os objetos extensos como galáxias, aglomerados estelares e nebulosas eram classificadas como nebulosas (nebulae).

A galáxia de Andrômeda, uma espiral semelhante à Via-Láctea e nossa vizinha no Grupo Local de galáxias. Além dos braços espirais, vemos, também, o bojo central, dominado por estrelas mais velhas, de cor amarelada como o Sol.

Fonte: <http://apod.nasa.gov/apod/archivepix.html>



Morfologia de galáxias

Hubble classificou as galáxias de acordo com a sua forma em três tipos básicos: espirais, elípticas e irregulares.

A figura ilustra a seqüência de classificação morfológica de Hubble. No canto esquerdo estão galáxias elípticas, começando pelas mais arredondadas até as mais alongadas. Seguem-se as galáxias lenticulares, que já têm tanto um componente esferoidal quanto um disco bem visíveis. Após as lenticulares, do centro para a direita, estão as espirais, formando duas seqüências paralelas: espirais com e sem uma barra.

Fonte: http://www.star.le.ac.uk/edu/Root_folder/tunfork.jpg



Galáxia espiral: M51 e sua pequena companheira, NGC5195 . A coloração dos braços em espiral é dada pelas estrelas quentes e muito massivas, recentemente formadas em seus braços espirais. Esta galáxia dista 31 milhões de anos luz da Via-Láctea e seu diâmetro é de 65.000 Anos Luz.

Fonte: http://www.exploratorium.edu/hubble/live/images/m51_20x16.jpg



As galáxias elípticas contêm, basicamente, estrelas velhas numa distribuição esferoidal. Tendem a ser mais comuns em aglomerados e grupos de galáxias, raramente sendo encontradas isoladas. O tipo mais comum de galáxia no Universo é o de anãs elípticas. Há mais de uma dezena de anãs elípticas satélites da Via-Láctea. Galáxias elípticas também podem ser gigantes. As maiores galáxias conhecidas são elípticas, situadas nas regiões centrais dos aglomerados de galáxias.

NGC 1132 é uma galáxia elíptica gigante situada na direção da constelação do Erídano. A imagem, obtida com o telescópio espacial Hubble, mostra a suave queda da distribuição de luz, típica das galáxias elípticas grandes. NGC 1132 dista uns 300 milhões de anos-luz de nós.

Fonte: <http://www.spacetelescope.org/goodies/calendar/large/0912.jpg>

Duas das três galáxias que podem ser observadas sem ajuda do telescópio são irregulares: a Grande e a Pequena Nuvem de Magalhães, cujas distâncias são, respectivamente, de 160.000 e 200.000 anos-luz. Ambas são visíveis do Hemisfério Sul. A terceira galáxia é a espiral de Andrômeda.



A Grande Nuvem de Magalhães é uma galáxia irregular com cerca de um décimo da massa da Via-Láctea. É uma galáxia rica em gás e que tem grande atividade de formação estelar.

Fonte: <http://www.spacetelescope.org/images/large/heic0411d.jpg>

A Pequena Nuvem de Magalhães é outra satélite da Via-Láctea e está em interação gravitacional com a Grande Nuvem.

É, também, uma galáxia rica em gás e estrelas jovens.

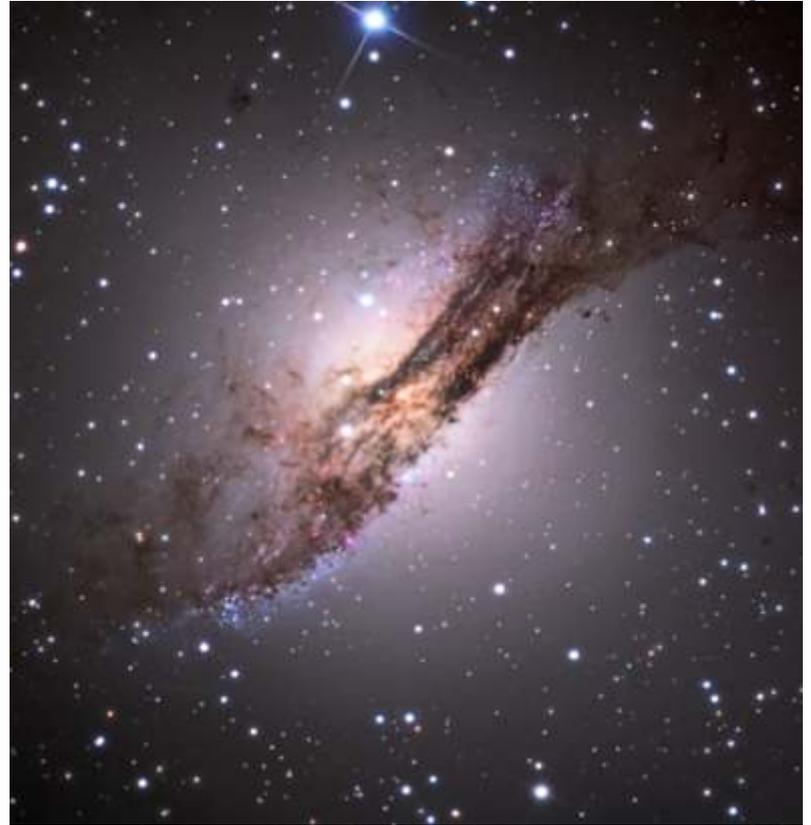
Fonte: <http://www.capella-observatory.com/images/Galaxies/SMCA600mm.jpg>

Interações entre galáxias

Galáxias podem interagir e mesmo colidir no espaço. Há vários exemplos de galáxias em colisão ou forte interação.

A galáxia NGC5128 é de morfologia elíptica, mas peculiar na direção da constelação de Centauro. Ela é uma das mais luminosas e massivas conhecidas, sendo, também, uma forte emissora de raios-X e ondas de rádio. A faixa de poeira pode ser material que sobrou de uma galáxia menor e rica em poeira que foi engolida por NGC 5128. Imagem do Observatório Inter-Americano de Cerro Tololo, telescópio de 4 metros.

Fonte: http://www.starshadows.com/_img/image/gallery/2/NGC5128_Master.jpg



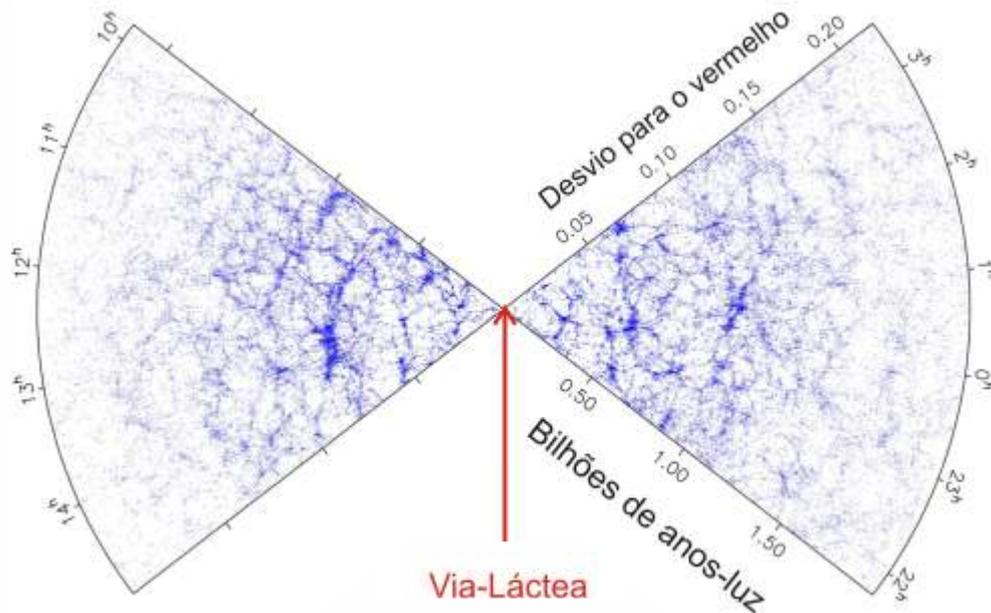
A galáxia de Antena, na verdade, duas galáxias espirais em processo de colisão e provável fusão. O efeito gravitacional de uma galáxia sobre a outra distorce totalmente suas formas originais. Outro efeito importante da colisão é que ela induz a formação estelar. As manchas em tom róseo são regiões de intensa formação de estrelas a partir do gás e da poeira das galáxias. Modelos computacionais sugerem que a fusão de duas espirais gera uma galáxia elíptica.

Fonte: http://cosmic-web.co.uk/wp-content/uploads/2009/03/antennae_galaxies_xl.jpg ▀

Distribuição de galáxias

A distribuição de galáxias no espaço não é uniforme. Galáxias delineam estruturas que contêm desde uns poucos membros, os grupos de galáxias, até os chamados superaglomerados de galáxias, contendo milhares de membros. Nossa Galáxia pertence a um grupo com umas 50

galáxias, o Grupo Local. Com uns 5 milhões de anos-luz de diâmetro, o Grupo Local é dominado pela nossa Galáxia e pela galáxia de Andrômeda. Em torno de ambas, orbitam várias galáxias satélites, a maioria anãs elípticas.



Distribuição de Galáxias no Universo, a partir da Via-Láctea

Um mapa da distribuição de galáxias obtido com o levantamento 2dF feito na Austrália. Cada ponto mostrado é uma galáxia. Nossa posição corresponde ao vértice em comum às duas fatias opostas no céu cobertas pelo levantamento. Quanto mais distante do vértice, maior a distância de cada galáxia a nós. Note a distribuição não uniforme, dominada por grandes estruturas, os superaglomerados de galáxias, intercalados por grandes vazios.

Fonte: http://magnum.anu.edu.au/%7ETDFgg/Public/Pics/2dFzcone_big.jpg



A galáxia anã elíptica de Fornax, satélite da Via-Láctea. É uma galáxia de bem baixa massa, da ordem de um milésimo da massa da nossa Galáxia. Anãs elípticas são as galáxias mais comuns que existem, em especial em aglomerados e grupos. Note-se a baixa densidade de estrelas deste tipo de objeto.

Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/0/08/Fornax_Dwarf.jpg

Há vários grupos de galáxias vizinhos ao nosso. A uns 55 milhões de anos luz de distância, situa-se o aglomerado de galáxias mais próximo, na direção da constelação da Virgem. Há aglomerados bem mais ricos que o da Virgem, como o aglomerado de Coma, na direção da constelação Cabelreira de Berenice. Mas Coma situa-se a uma distância seis vezes maior que Virgo.



O aglomerado de galáxias Virgo recebe este nome porque está na direção da constelação da Virgem. As estrelas da nossa Galáxia, que estão na frente do aglomerado, se caracterizam pelas cruzes de difração que exibem por culpa da óptica do telescópio. As galáxias, por serem objetos extensos, não exibem este efeito. A principal galáxia do aglomerado é uma elíptica gigante, M86, vista no centro da imagem. Ela é o resultado da fusão de várias galáxias menores. Centenas de outras galáxias são vistas na imagem.

Fonte: <http://zuserver2.star.ucl.ac.uk/>

Imagem em raios-X do aglomerado de galáxias de Coma, obtido com o satélite Chandra. Apenas as galáxias elípticas gigantes emitem muito nesta faixa do espectro. O resto da emissão em raios-X do aglomerado é difusa, devido a um halo de átomos de hidrogênio e hélio a altas temperaturas. Se não fosse pela matéria escura do aglomerado, esse gás quente já teria escapado da sua gravidade.

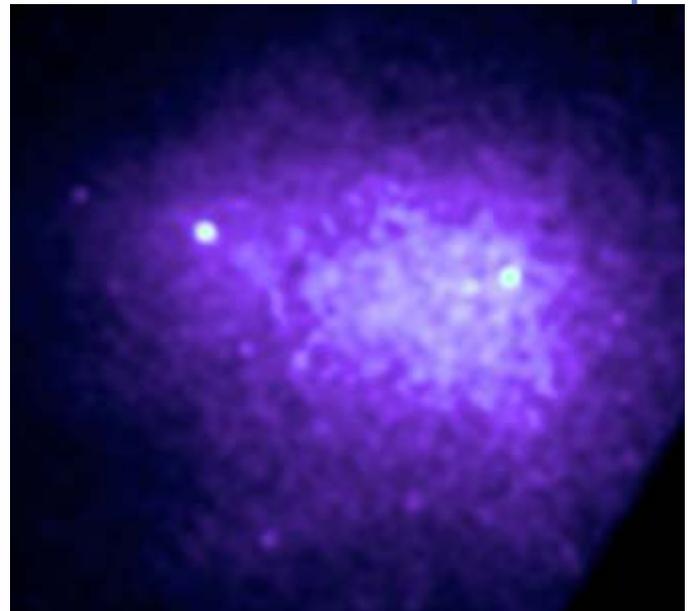
Fonte: <http://www.astro.sunysb.edu/fwalter/TALKS/Xray/CHANDRA/coma.jpg>

Aglomerados ricos como Coma, além de galáxias, possuem um halo de gás quente que emite em raios-X. Na verdade, a maior parte da matéria visível do aglomerado está na forma desse gás. E, além das galáxias e do gás, os aglomerados sabidamente têm uma grande quantidade de matéria escura.



O aglomerado de galáxias de Coma é bem mais rico que o de Virgo. Ele possui duas galáxias elípticas gigantes e mais de mil outras galáxias.

Fonte: http://www.noao.edu/image_gallery/images/d2/02345.jpg





A grande concentração de galáxias em grupos e aglomerados também leva a interações e fusões entre galáxias. Em especial, em grupos muito densos, chamados de grupos compactos, as galáxias estão em forte interação, que pode induzir a formação estelar no interior dos seus membros.

Imagem do Quinteto de Stephan, um grupo compacto de galáxias espirais, em forte interação mútua.

A imagem foi obtida por Robert Allevi.

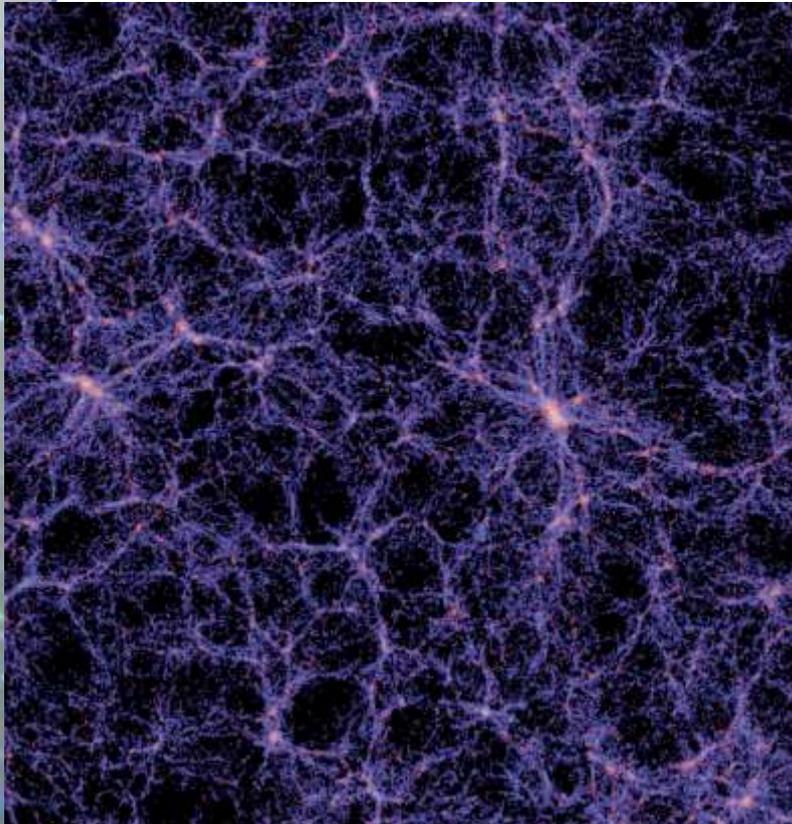
Fonte: <http://www.skyfoto.com/StephansQuintet.htm>

Formação de estruturas em grande escala

Enquanto os aglomerados possuem centenas de galáxias em um diâmetro de uns 15 milhões de anos luz, os superaglomerados possuem milhares de galáxias em centenas de milhões de anos-luz de diâmetro.

Esta hierarquia de estruturas, desde os grupos até os superaglomerados de galáxias, se desenvolveu pela ação da gravidade. Isso também é verdade em escalas menores, dentro de uma galáxia. A gravidade se encarrega de fazer com que uma nuvem de gás se contraia e se fragmente, formando as estruturas menores. Mas o tempo necessário para a contração aumenta quanto maior a estrutura. No caso dos superaglomerados, a escala de tempo para o sistema se contrair e entrar em equilíbrio é maior que a idade do Universo.

O processo de formação de estruturas em grande escala do Universo devido à gravidade pode ser simulado em computador. Essas simulações, quando comparadas à distribuição verdadeira de galáxias, revelam muito sobre as condições iniciais do Universo.



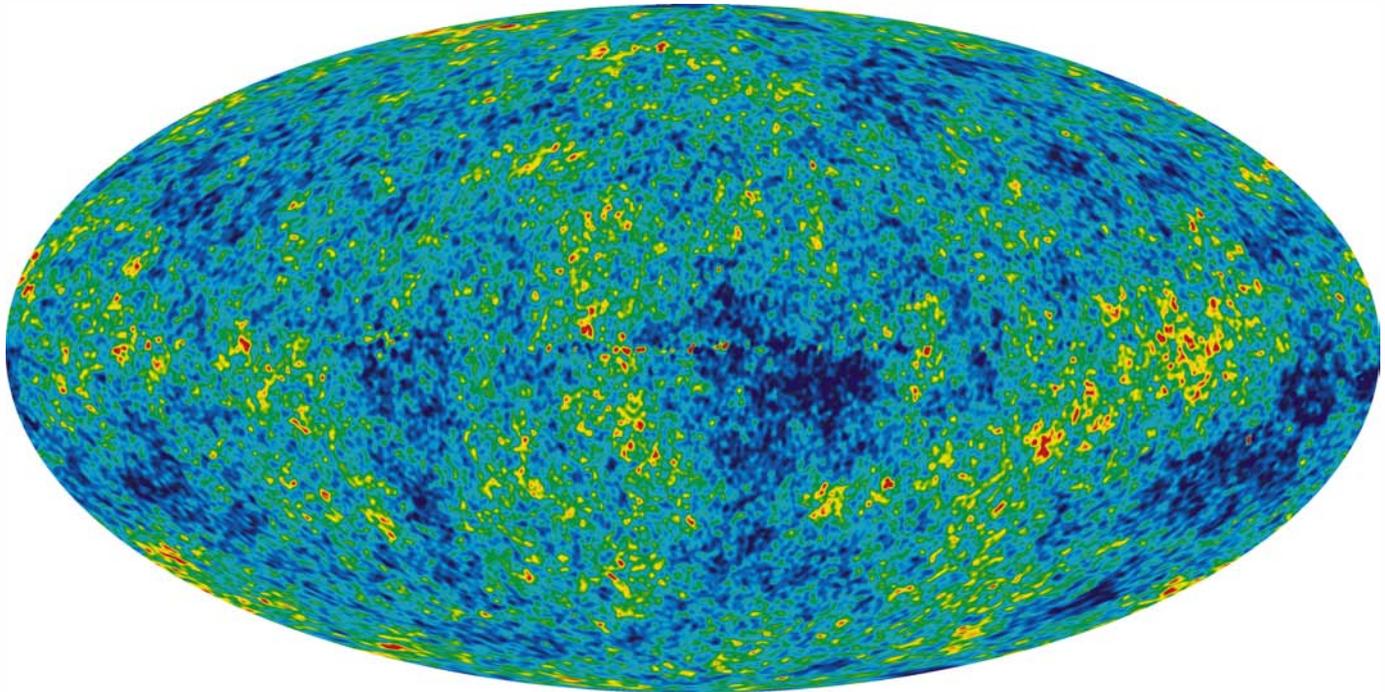
Resultado de uma simulação de computador que procurou reproduzir o processo de formação de aglomerados e superaglomerados de galáxias ao longo da história do Universo pela ação da gravidade. Grandes estruturas interconectadas e, por vezes, entremeadas por grandes vazios podem ser vistas.

Nos modelos que melhor descrevem a distribuição observada de galáxias, as estruturas menores se formam primeiro e depois se aglutinam para formar as maiores.

Fonte: http://www.oriel.ox.ac.uk/images/Image/Pics/Physics/oriel_webpages_physics_VirgoSlice.jpg

A distribuição de matéria em grande escala no Universo também pode ser estudada pela análise da radiação emitida pelo Universo quando muito jovem. Atualmente, essa

radiação cósmica de fundo aparece em todas as direções do céu no domínio micro-ondas do espectro. É chamada de radiação de fundo de micro-ondas.



Mapa do céu mostrando as flutuações na radiação cósmica de micro-ondas, que é a luz emitida pelo Universo quando muito jovem. O fundo de micro-ondas é bastante uniforme. As direções do céu representadas em vermelho têm temperatura da radiação mais alta que as representadas em azul, mas a diferença é de uma parte em 10.000. Essas flutuações refletem a distribuição de matéria em grande escala no universo àquela época.

Fonte: satélite WMAP / NASA

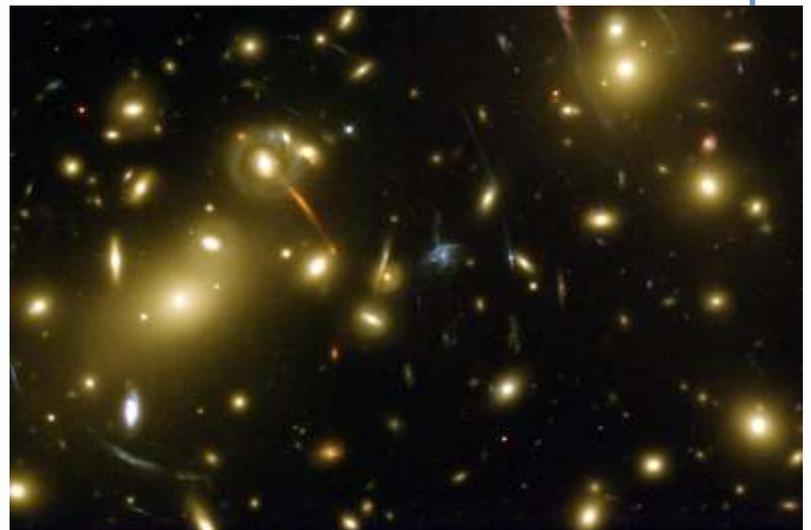
Lentes gravitacionais

A concentração de matéria, visível e escura, em aglomerados de galáxias é evidenciada não só pelo gás quente emissor de raios-X, mas, também, pelo efeito de

lentes gravitacionais. Pela teoria da relatividade geral, uma grande concentração de matéria distorce a geometria do espaço, fazendo com que a luz não mais viaje em linha reta.

O aglomerado rico de galáxias Abell 2218 imageado pelo telescópio espacial Hubble. Em torno das regiões mais densas do aglomerado, onde se situam as elípticas gigantes, vemos arcos gravitacionais. São imagens distorcidas de galáxias situadas além do aglomerado cuja luz é desviada pelo efeito de lente gravitacional causado por NGC 2218. Para explicar esses arcos é necessária mais massa que a das galáxias do aglomerado.

Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/42/Abell_NGC2218_hst_big.jpg

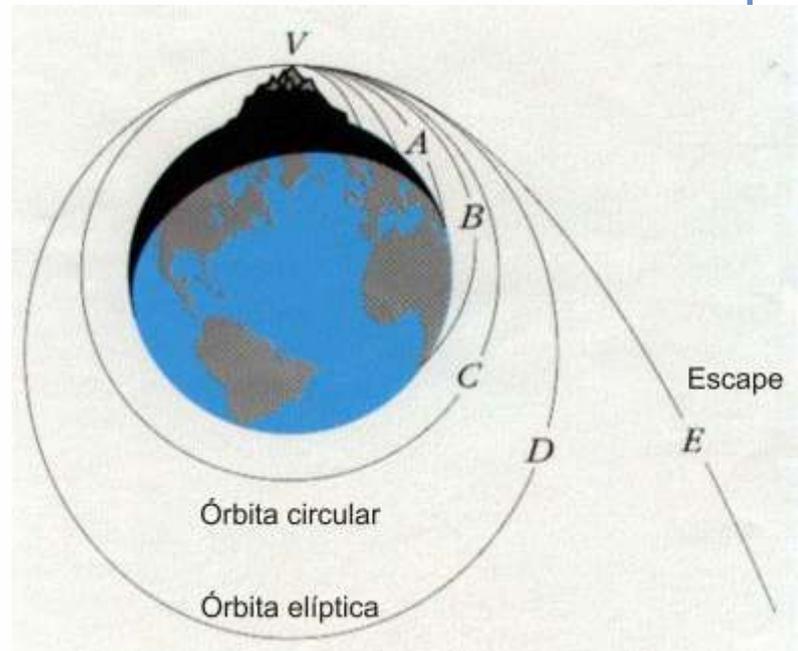


Buracos negros

Um buraco negro (BN) é um corpo denso e massivo que gera, no espaço imediatamente à sua volta, um campo gravitacional tão intenso que nada escapa à sua atração, nem mesmo a radiação eletromagnética, ou seja, a luz. Daí seu nome.

Podemos definir um BN como um corpo no qual a velocidade de escape de sua superfície é igual a da luz, $c=300\,000\text{ km/s}$.

Se uma pedra é lançada do alto de uma montanha, como na figura ao lado, ela parte de sua mão com uma certa velocidade e cai de volta à superfície por causa do campo gravitacional da Terra, que a puxa para baixo (situação A na figura). Se você jogar a pedra com maior velocidade, ela vai mais longe, mas depois retorna também à superfície (situação B). Se tivéssemos força suficiente até poderíamos colocar a pedra em órbita (situações C e D). A velocidade de escape da Terra é aquela com que você joga a pedra e ela não volta mais, escapando do campo gravitacional da Terra (situação E). Esta velocidade é cerca de 11 km/s ou 40 000 km/h.
Fonte: <http://www.fsc.ufsc.br/pesqpeduzzi/escape-velocity1.jpg>



A velocidade de escape de um corpo aumenta com sua massa e diminui com seu tamanho. Os BNs têm uma massa grande dentro de um espaço pequeno, e a sua velocidade de escape é a máxima velocidade possível, que é a velocidade da luz.

O campo gravitacional de um BN é muito intenso, de forma que precisamos da Teoria da Relatividade Geral para estudá-lo. De acordo com esta teoria, a gravidade altera a geometria do espaço ao seu redor, que fica curvo. Assim, um raio de luz que passa muito próximo a um BN segue uma trajetória curva. Um fecho de luz lançado de uma distância suficientemente pequena do BN, por exemplo, ficaria orbitando-o. Assim, se pudéssemos estar a esta distância do BN, poderíamos observar a parte de trás da nossa cabeça!

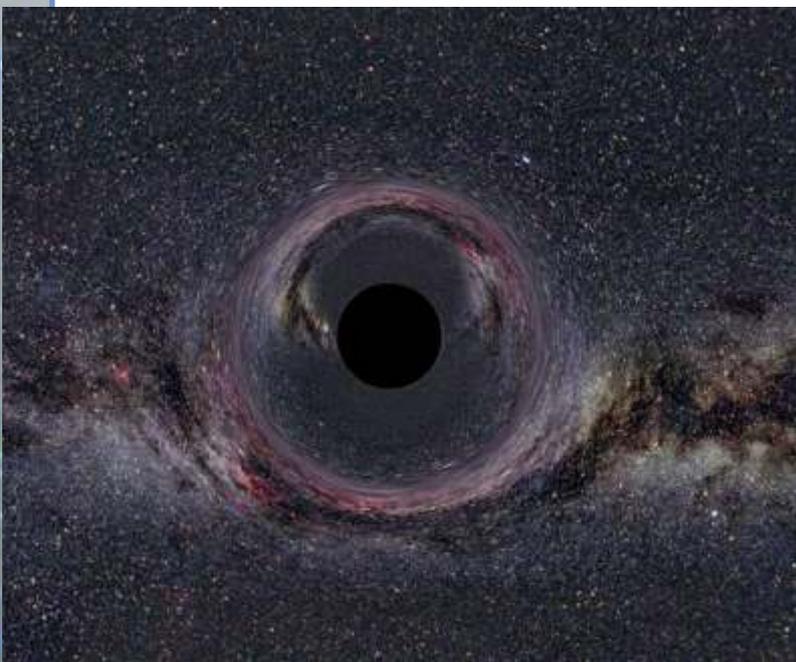


Ilustração da distorção da luz ao passar nas proximidades de um BN. Esta é uma concepção artística de um buraco negro, se estivesse muito perto de nós e na linha de visada ao centro da Via Láctea. Se isto ocorresse, veríamos a Via Láctea assim distorcida devido ao forte campo gravitacional do BN que distorce o caminho da luz ao seu redor.

Fonte: http://www.thetechherald.com/media/images/200814/750pxBlack_Hole_Milkyway_Image.jpg

Tipos de buraco negro

Como não vemos diretamente um buraco negro, só podemos detectá-lo por causa do efeito gravitacional que ele exerce sobre coisas visíveis. Embora o buraco negro seja escuro, sua atração gravitacional é a mesma que a de um objeto brilhante com a mesma massa. Assim, se há estrelas,

planetas, ou nuvens de gás orbitando um BN, podemos observar o movimento destes corpos e obter a massa do BN.

Existem dois tipos principais de BNs: os estelares e os supermassivos.

Buracos Negros estelares

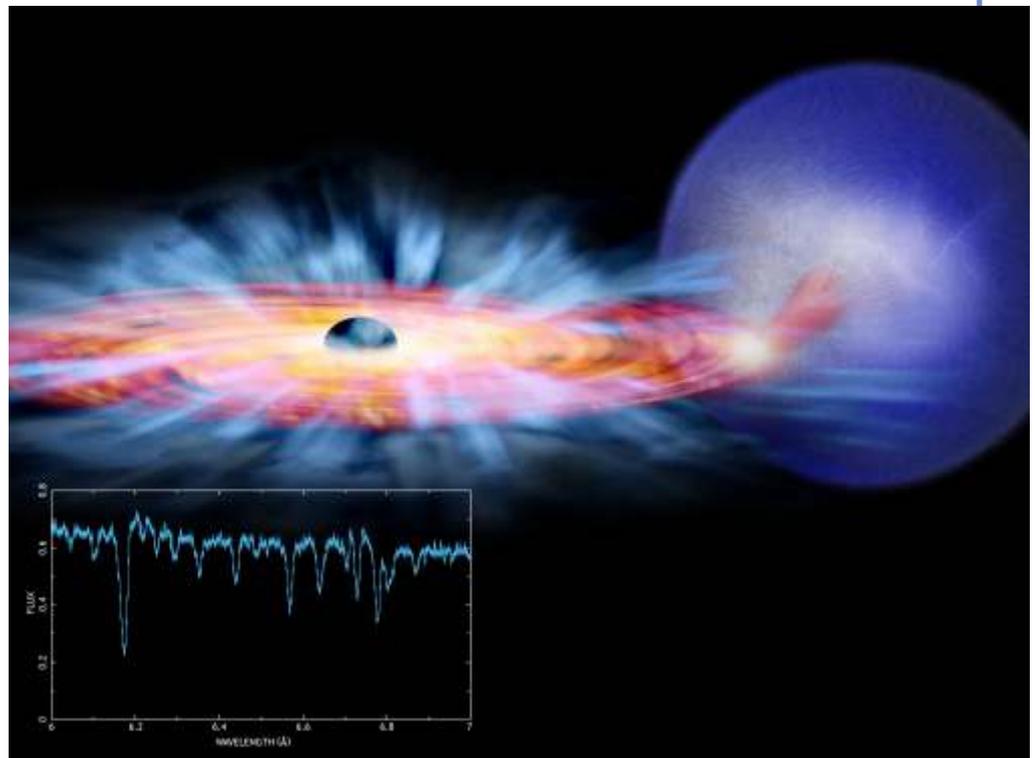
Os BNs estelares são o fim da evolução de uma estrela muito massiva, com massa da ordem de 10 vezes ou mais do que a massa do Sol. Uma estrela assim massiva, ao evoluir, vai fundindo no seu interior núcleos atômicos cada vez mais pesados. Este processo, que se inicia com a fusão de hidrogênio em hélio, libera a energia necessária para evitar que a estrela colapse devido à sua própria gravidade. Porém, a partir do elemento ferro, as reações de fusão não mais liberam energia, de forma que elas não mais mantêm o

equilíbrio no interior da estrela. Ela, então, sofre uma implosão, sendo que a parte interna vira um BN. As camadas externas caem sobre o núcleo e ricocheteiam, sendo, então, expelidas com violência, dando origem à explosão de uma supernova.

Por vezes, BNs estelares fazem parte de sistemas duplos, tendo uma estrela companheira. Em alguns destes sistemas, as estrelas estão tão próximas que a companheira acaba perdendo suas camadas externas para o BN.

Concepção artística de um buraco negro num sistema estelar duplo onde um dos componentes é uma estrela normal (esfera azul na figura) e o outro é um buraco negro, circundado por um disco de acreção.

Fonte: <http://chandra.harvard.edu/photo/2006/j1655/j1655.tif>



Discos de acreção

Discos de acreção são frequentemente encontrados em torno de objetos compactos, inclusive BNs. São discos de gás contendo a matéria que foi capturada pelo objeto. A rotação do gás faz com que ele espirale em um disco antes de ser engolido pelo BN. Estes discos são, em geral, muito quentes e

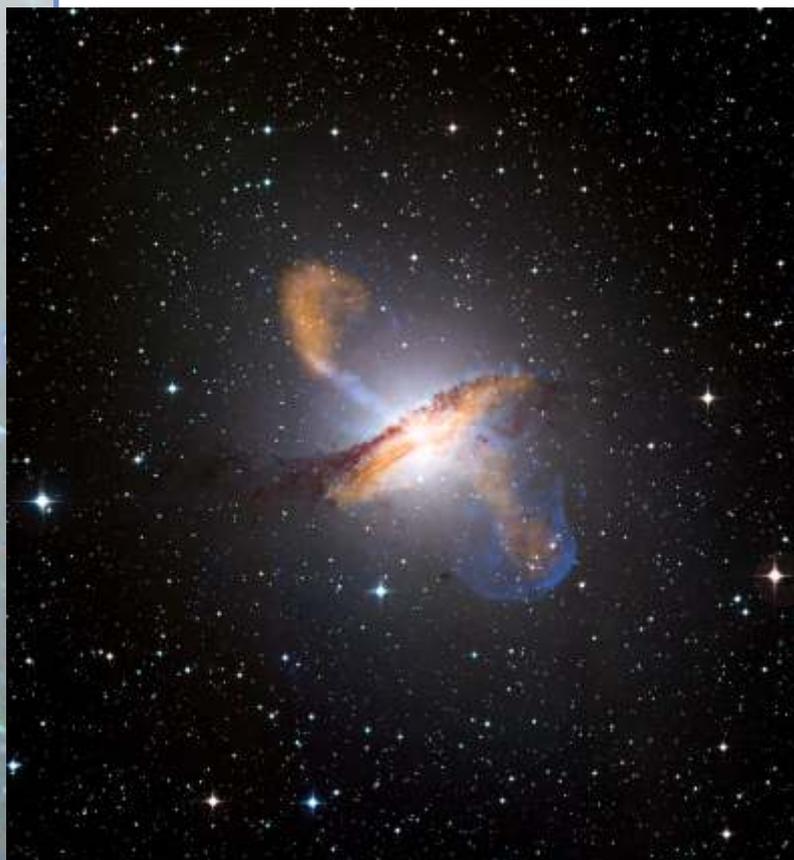
emitem radiação que pode ser observada. O disco está presente somente quando o BN está engolindo matéria. Se não há matéria próxima a ser engolida, o BN se manifesta somente através de seu campo gravitacional.

Buracos negros supermassivos

Os BNs supermassivos existem no núcleo das galáxias e são detectados pela influência gravitacional que exercem sobre as estrelas e/ou nuvens de gás de sua vizinhança. Enquanto que a massa dos BNs estelares é de algumas vezes a massa do Sol (tipicamente 5 a 10 vezes), os BNs supermassivos têm massas que variam de um milhão a um bilhão de vezes a massa do Sol. A partir de observações dos núcleos de galáxias próximas, com o Telescópio Espacial Hubble, os astrônomos chegaram à conclusão de que a maioria das galáxias deve conter um buraco negro supermassivo no seu centro.

A galáxia com núcleo ativo NGC 7742. No seu centro, há um BN supermassivo engolindo matéria.

Fonte: http://apod.nasa.gov/apod/image/9810/ngc7742_hst_big.jpg



Quando o BN supermassivo se encontra ativo, forma-se um disco de acreção em torno dele. Este disco brilha intensamente e excita o gás da galáxia que está nas proximidades do núcleo. O disco pode perder matéria através de ventos, bem como através de jatos de partículas que são observados principalmente em ondas de rádio. Esta atividade produz efeitos visíveis nas galáxias hospedeiras de BN supermassivos. Estas galáxias são conhecidas como galáxias ativas, ou seja, uma galáxia que está numa fase em que o BN supermassivo central está engolindo matéria.

Imagem da galáxia ativa Centaurus A. Esta imagem mostra um BN supermassivo “em ação” no núcleo da galáxia. Esta é uma galáxia elíptica gigante que está em interação com uma galáxia espiral vista de perfil. Esta interação possivelmente ativou o BN supermassivo no centro da galáxia elíptica, dando origem aos jatos observados. A imagem é composta por observações que vão dos raios-X (como as partes em azul dos jatos que saem do núcleo) até ondas de rádio (partes em laranja na extremidade dos jatos). A galáxia elíptica aparece como uma nebulosidade difusa na forma oval e a galáxia espiral aparece como uma faixa central laranja. Fonte: <http://chandra.harvard.edu/photo/2009/cena/cena.tif> ▀

A maior e invisível parte do Universo

Após muito observar o Universo próximo e distante, os astrônomos e físicos chegaram à conclusão de que a matéria como a conhecemos, formada pelos átomos da tabela periódica, constitui somente 4% do Universo. Ou seja, não sabemos a natureza do que constitui 96% do Universo!

O que conhecemos é o que chamamos de matéria bariônica, feita de prótons e neutrons. O que não conhecemos são a matéria escura, que constitui algo como 23% do Universo, e a energia escura, que constitui uns 73%.

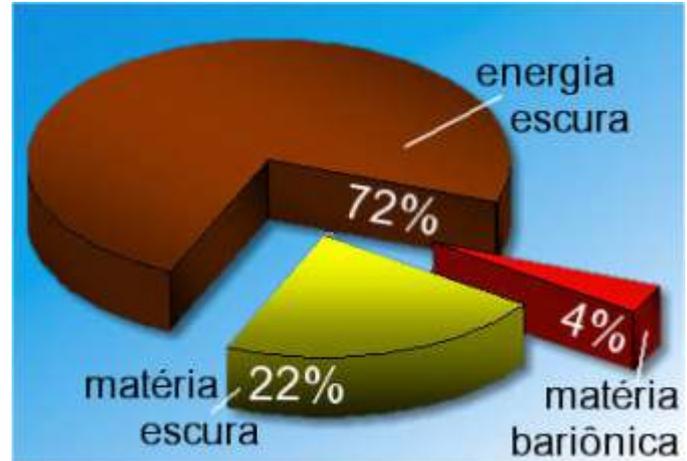


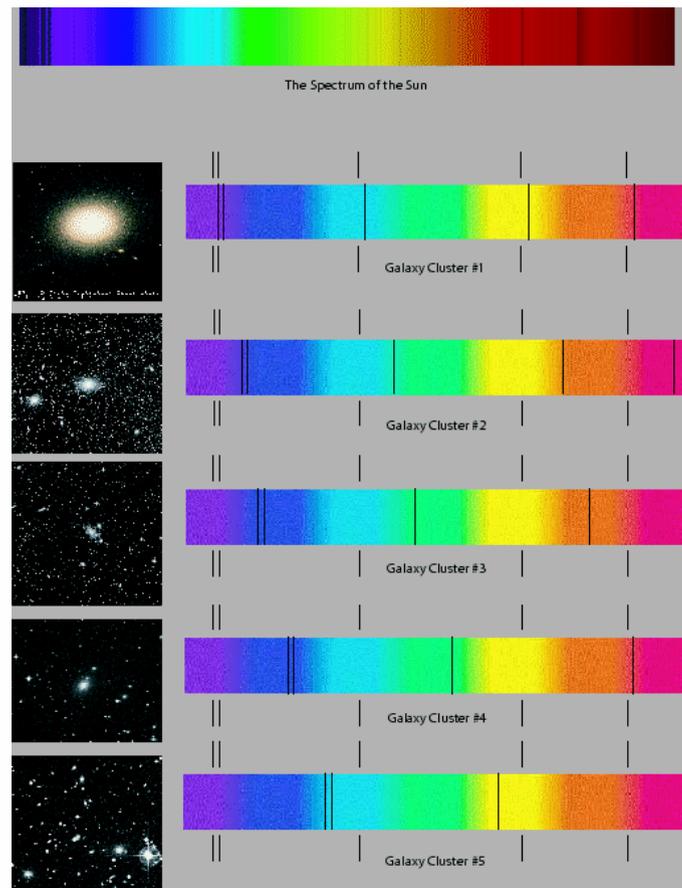
Diagrama mostrando a distribuição aproximada dos componentes do Universo.
Fonte: <http://chandra.harvard.edu/photo/2004/darkenergy/pie.tif>

Matéria Escura

Sabemos, há quase um século, que as galáxias se afastam umas das outras. Ou seja, o Universo está em expansão e a velocidade de afastamento é proporcional à sua distância. Essa é a lei de Hubble, que leva o nome do astrônomo, Edwin Hubble, que a formulou em 1929.

Quanto mais distante uma galáxia, mais deslocado para o vermelho está o seu espectro eletromagnético, o que significa que maior a velocidade de afastamento de nós. Essa é a Lei de Hubble. À esquerda da figura, de cima para baixo, imagens de galáxias cada vez mais distantes. Note como as linhas de absorção de seu espectro estão cada vez mais deslocadas para o vermelho.

Fonte: <http://astronomy.nmsu.edu/astro/a110labs/labmanual/img128.png>

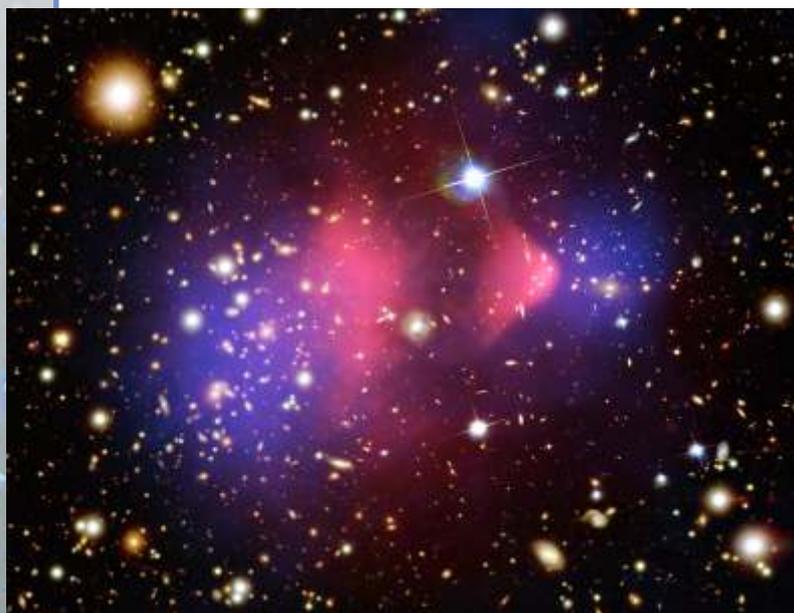
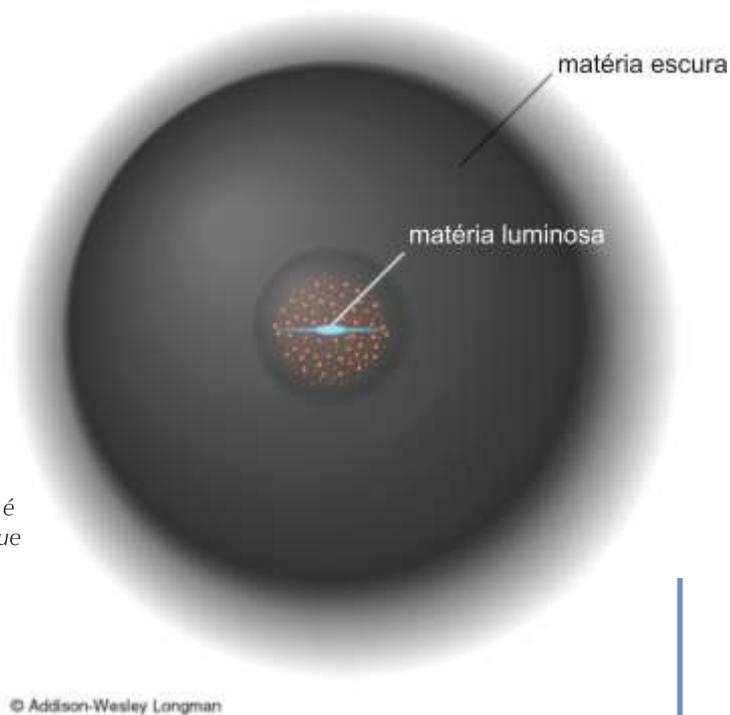


Mas como se movimenta o material dentro de uma galáxia? O que se observa é que a velocidade orbital das estrelas e do meio interestelar dentro das galáxias é muito maior que a esperada.

A interpretação física deste resultado é que há muito mais matéria no interior das galáxias, mantendo as estrelas e gás em órbita, que aquilo que podemos observar. A massa que falta é da ordem de 6 vezes a que observamos! Ou seja, precisamos de uma matéria que não enxergamos, e por isto a chamamos de matéria escura, de modo a explicar a grande velocidade interna às galáxias.

Ilustração sobre a possível distribuição de matéria escura envolvendo uma galáxia espiral como a nossa. A matéria escura é representada pelo grande halo esférico de cor escura na figura que ocupa um volume muito maior que aquele ocupado pelas estrelas do disco da galáxia (em azul) ou mesmo pelo halo estelar (cor vermelha).

Fonte: http://tycho.bgsu.edu/~laird/cp_images/21-1-DarkMatter.jpg



O aglomerado de galáxias “Bala” é, na verdade, o resultado da colisão de dois aglomerados. As galáxias aparecem sobrepostas ao gás quente (que emite raios-X), mostrado em vermelho.

A distribuição de matéria escura, em azul na figura, parece seguir a distribuição das galáxias. Note que a distribuição da matéria escura é diferente da distribuição do gás, indicando que as partículas que formam a matéria escura não são como partículas de gás, que sofrem efeitos hidrodinâmicos. Estes efeitos são responsáveis pela imagem assimétrica do gás, que “ficou para trás” em relação às galáxias e à matéria escura, à medida que os dois aglomerados passam um pelo outro.

Fonte: <http://chandra.harvard.edu/photo/2006/1e0657/1e0657.tif>

Aparentemente, a matéria escura é formada por partículas que interagem pouco com a matéria bariônica e com a luz, já que nunca foram detectadas diretamente.

Apenas constatamos sua existência pelo efeito gravitacional que esse material exerce sobre a matéria visível.

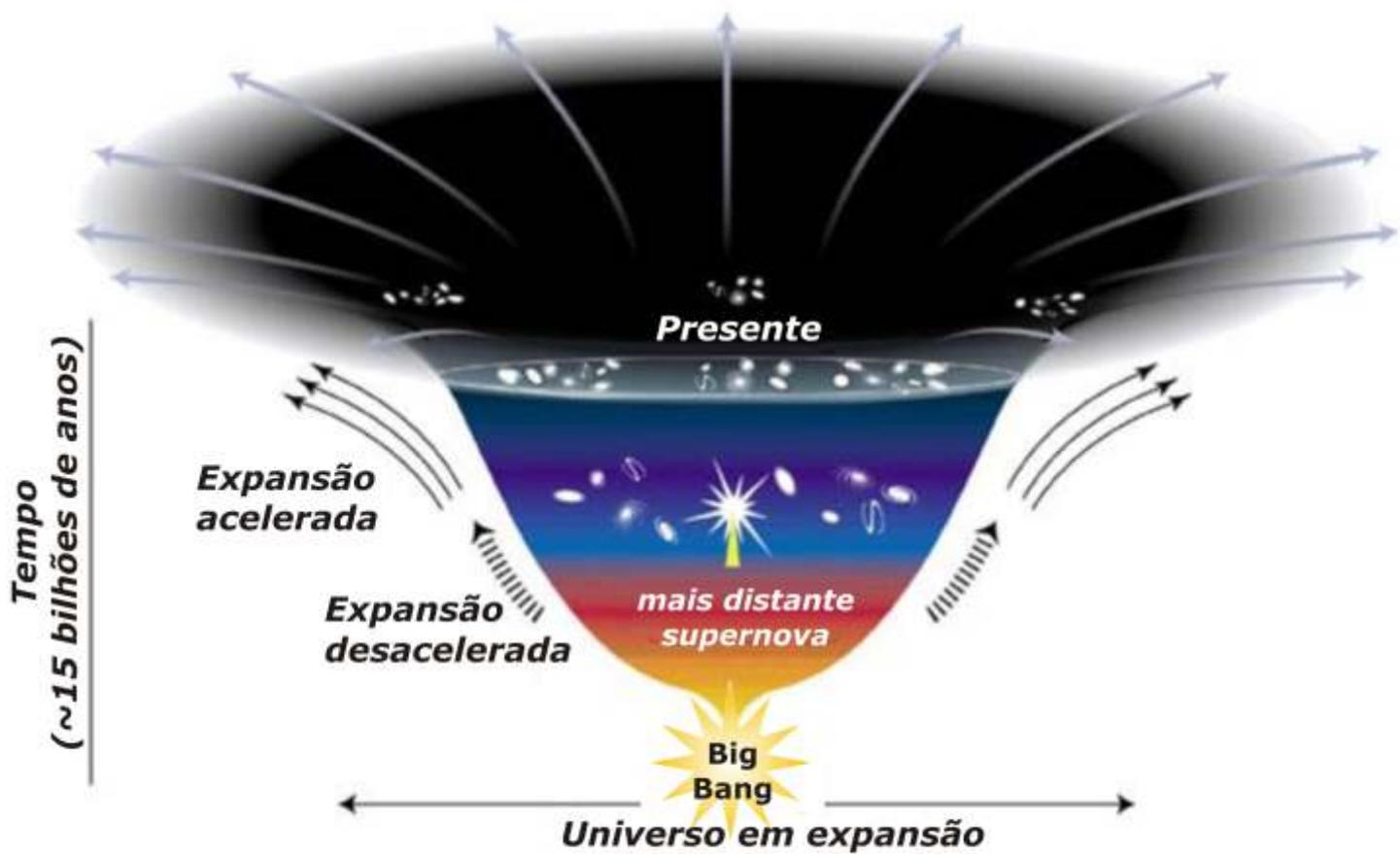
Experimentos para detectar objetos como planetas, estrelas pouco luminosas ou gás frio mostraram que a quantidade destes objetos é muito pequena para serem bons candidatos a matéria escura.

Outra evidência da existência de matéria escura, mas agora numa escala muito maior, é dada pelo movimento de galáxias dentro de um aglomerado de galáxias.

Assim como estrelas dentro de uma galáxia, as galáxias têm um movimento orbital dentro dos aglomerados. Novamente, observa-se que suas velocidades são mais altas que o esperado pela quantidade de matéria visível. Nos aglomerados, além das galáxias, há um gás rarefeito e quente, que emite em raios-X. A observação destes aglomerados mostra que a maior parte da massa visível está neste gás. Mas mesmo considerando o gás junto com as estrelas, ainda é necessária mais matéria para reproduzir o movimento das galáxias no interior desses aglomerados.

Energia escura

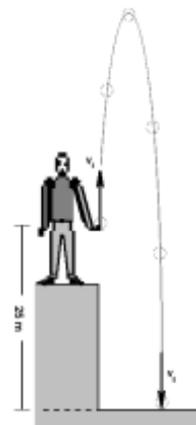
A energia escura foi descoberta somente a partir de 1998, quando medidas de distâncias de supernovas revelaram que o Universo parece estar em expansão acelerada. Sempre se pensou que a expansão do Universo, conhecida há quase um século, fosse desacelerada gravitacionalmente pela própria matéria presente no Universo.



Representação esquemática da expansão do Universo ao longo do tempo. O tempo aumenta de baixo para cima. No início, logo após o Big Bang, houve desaceleração da expansão por causa da gravidade. Mas, na época atual, há uma aceleração da expansão, devido à energia escura. A observação de supernovas a grandes e variadas distâncias com os modernos telescópios, permitiu descobrir essa mudança na expansão.

Fonte: http://www.stsci.edu/%7Einr/thisweek1/thisweek/dark_expansion-lg.jpg

Para entender como foi descoberta a energia escura, podemos fazer um paralelo com o processo de jogar uma pedra para cima. Devido à força gravitacional da Terra, a pedra sobe num movimento desacelerado, ou seja, a velocidade diminui com a altura. O que você pensaria se visse uma pedra subir e de repente a velocidade da pedra para cima começasse a aumentar? Você concluiria que tem alguma força misteriosa empurrando a pedra e poderia associá-la a um campo de energia escura. O nome, portanto, se deve à nossa ignorância sobre a natureza desta energia misteriosa.



Se jogamos um objeto para cima ele é desacelerado pela gravidade, atinge uma altura máxima e volta ao chão. O que diríamos se a velocidade do objeto aumentasse, ou seja, se ele fosse acelerado para cima?!

Fonte: <http://faculty.trinityvalleyschool.org/hoseltom/labs/z3516.bmp>

O cabo de guerra cósmico

A força que a energia escura faz vence a da matéria escura com o passar do tempo

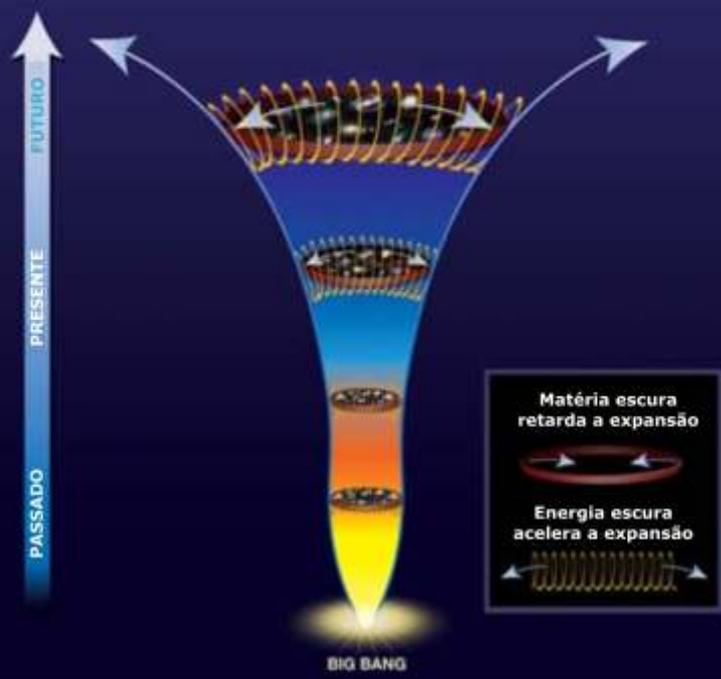


Ilustração das forças que influenciam a expansão do Universo, através de uma analogia, o "Cabo de Guerra". Enquanto a matéria escura retarda a expansão, a energia escura a acelera. No passado, ganhava a matéria escura. No presente, a energia escura está ganhando.

Fonte: http://www.centauri-dreams.org/wp-content/uploads/2006/11/dark_energy_diagram.jpg

Existem algumas hipóteses para tentar explicar a energia escura. Uma delas é que a energia necessária para acelerar o Universo vem do vácuo. De fato, experimentos de laboratório têm demonstrado que o vácuo tem mesmo energia, só que os valores obtidos não são os esperados pela teoria e, ainda, há um longo caminho a trilhar até entendermos a natureza da energia escura.

Podemos então entender a evolução do Universo como uma competição entre a matéria (dominada pela matéria escura) e a energia escura, como ilustrado na figura ao lado.

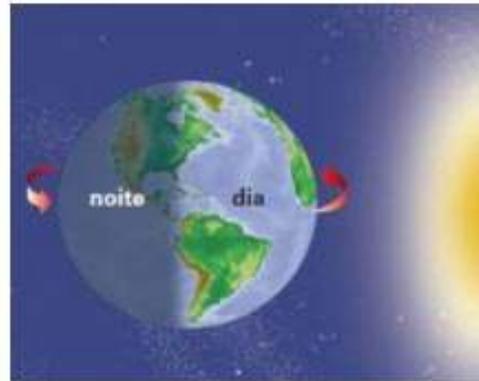
A matéria, bariônica e escura, produz uma força atrativa que desacelera a expansão do Universo, enquanto que a energia escura produz uma "força repulsiva" que acelera a expansão. Atualmente, a força repulsiva está vencendo a atrativa e, por isto, o Universo está em expansão acelerada. Se a tendência continuar, o futuro do Universo será uma expansão cada vez mais rápida, que resultará num Universo frio, escuro e onde as galáxias ficam cada vez mais distantes entre si. ▀

Ecoastronomia

Nosso planeta apresenta uma série de movimentos, os quais influem no ambiente terrestre. Nesta seção discutimos os principais efeitos ambientais de origem astronômica.

Rotação em torno de seu eixo

A Terra faz uma volta completa em torno de seu eixo em 24 horas. A esse período denominamos de dia. O movimento aparente que observamos é o constante nascer do Sol e das estrelas na direção Leste e seu ocaso (pôr) na direção Oeste.



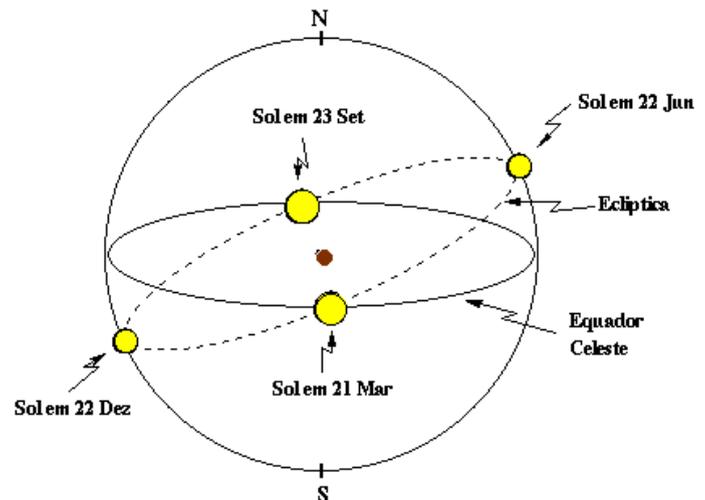
Ao girar em torno de um eixo, diferentes pontos da superfície da Terra alternam situações de dia e noite. Ou seja, o Sol nasce e se põe para um observador nestes pontos. Créditos: CDCC da USP.



Revolução em torno do Sol

A Terra orbita em torno do Sol em um período de cerca de 365 dias. Este ciclo chamamos de ano.

O movimento orbital da Terra se reflete no céu como se o Sol percorresse um círculo em torno da Terra, com período de um ano. Esse círculo é chamado de eclíptica. Créditos: Kepler de Souza Oliveira Filho e Maria de Fátima Oliveira Saraiva. Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/sol/sol.htm>

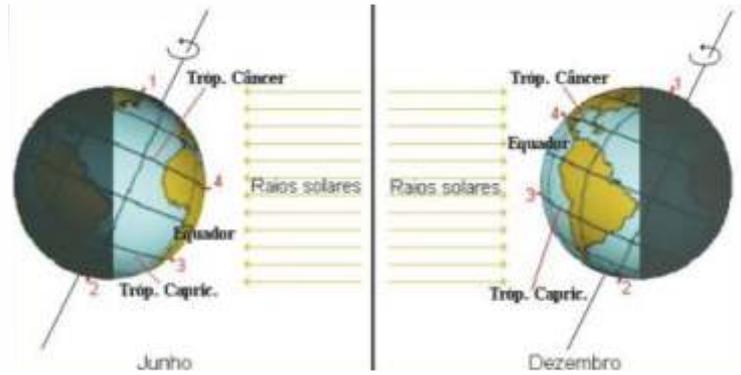


As Estações

O plano do equador terrestre, perpendicular ao eixo de rotação, está inclinado em 23,5 graus em relação ao plano orbital. Assim, metade da eclíptica fica no hemisfério norte e a outra metade no hemisfério sul equatorial. Devido a isso, temos o fenômeno das estações do ano.

Como o eixo de rotação da Terra é inclinado com relação ao plano orbital, a luz do Sol incide mais num hemisfério que no outro, alternadamente, causando as estações.

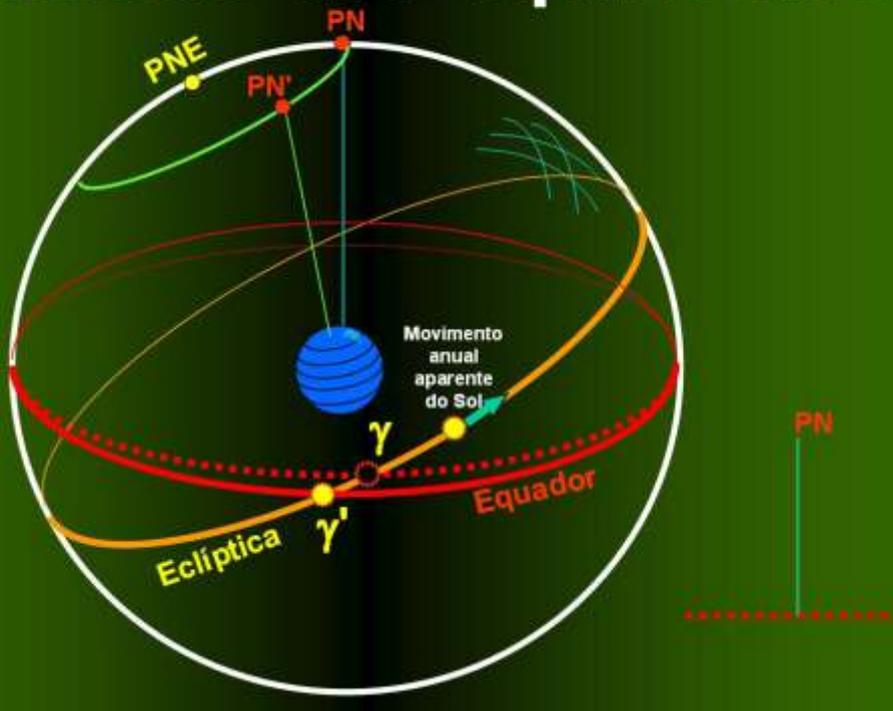
Créditos: CDCC/USP.



Precessão dos Equinócios

É o principal movimento do eixo de rotação da Terra, que se repete há aproximadamente 26 mil anos. É causado pela gravidade do Sol e da Lua, que fazem o eixo da Terra descrever um cone no espaço neste período.

Precessão dos equinócios



Como consequência da precessão, a posição dos pólos e do equador celestes vai mudando ao longo do tempo, com período de aproximadamente 26.000 anos. Créditos: IAG/USP

Glaciações

Além dos movimentos citados, temos outros dois que são imperceptíveis no dia-a-dia e que, juntamente com os primeiros, podem causar impactos sobre a vida terrestre. O primeiro é a variação da inclinação do eixo da Terra (obliquidade da eclíptica) entre 21,5 e 24,5 graus num período de 41 mil anos. O segundo é a variação da forma da órbita da Terra (variação da excentricidade) num período aproximado de 100 mil anos.

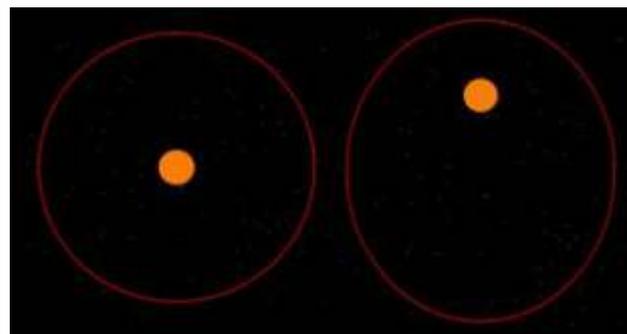
Então, todos esses efeitos combinados podem gerar os períodos de maior resfriamento da Terra, onde o avanço das camadas de gelo em direção aos trópicos provoca alterações violentas nos ciclos de vida.

Ilustração da variação da inclinação do eixo de rotação da Terra com relação ao seu plano orbital (obliquidade da eclíptica). Créditos: <http://astro.if.ufrgs.br/fordif/node8.htm>



Variação da forma da órbita da Terra. As variações do periélio (menor distância Terra-Sol) vão de 143 milhões km a 149 milhões km. As do afélio (ponto de maior distância Terra-Sol) situam-se entre 150 milhões km a 157 milhões km. Isso implica numa variação de fluxo da energia solar incidente da ordem de 10%.

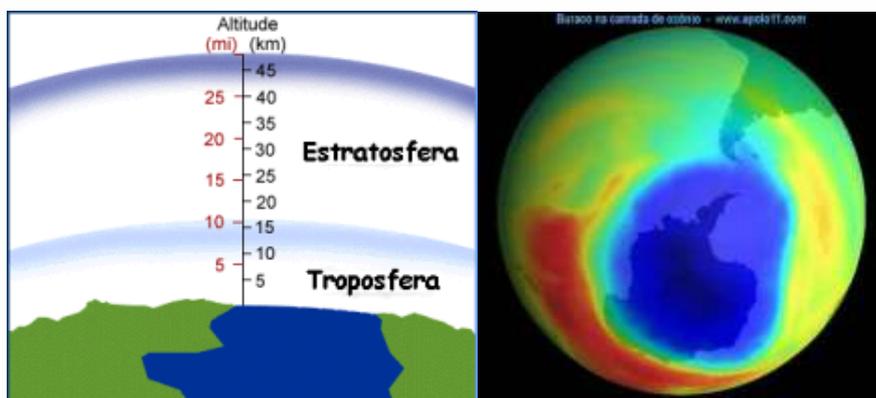
Fonte: <http://1.bp.blogspot.com/>



Radiações

O Sol emite radiação eletromagnética, desde os raios-X, passando pela luz ultravioleta, visível até a infra-vermelha, além de partículas de alta energia (vento solar). Pela sua espessura e composição, nossa atmosfera funciona como um escudo protetor à radiação que vem do espaço exterior.

A camada de ozônio (O₃), por exemplo, situada entre 16 e 40 km de altura e com espessura média de 20 km, nos protege do ultravioleta. Além disso, a atmosfera possui um campo magnético ou magnetosfera (cinturões de Van Allen) que protege do vento solar e de outras partículas de alta energia.

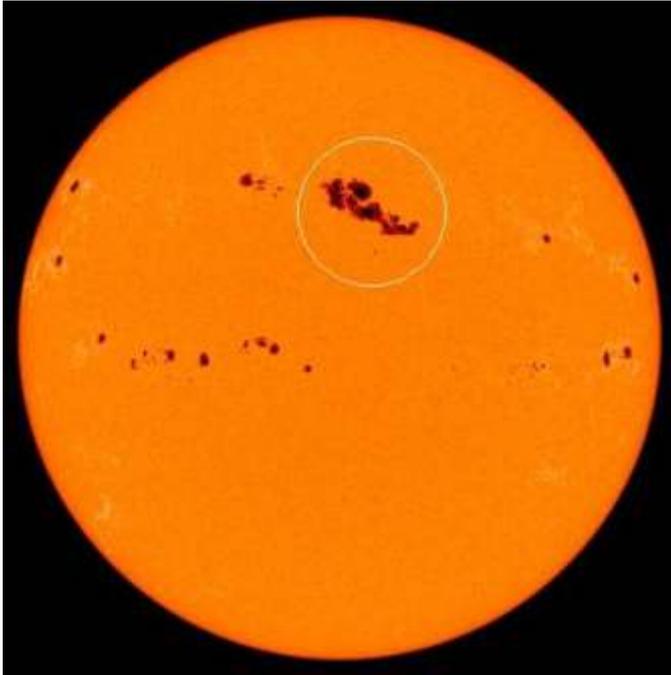


Estrutura da atmosfera terrestre e o buraco da camada de ozônio.

Para saber mais consulte <http://www.bohr.quimica.ufpr.br>.

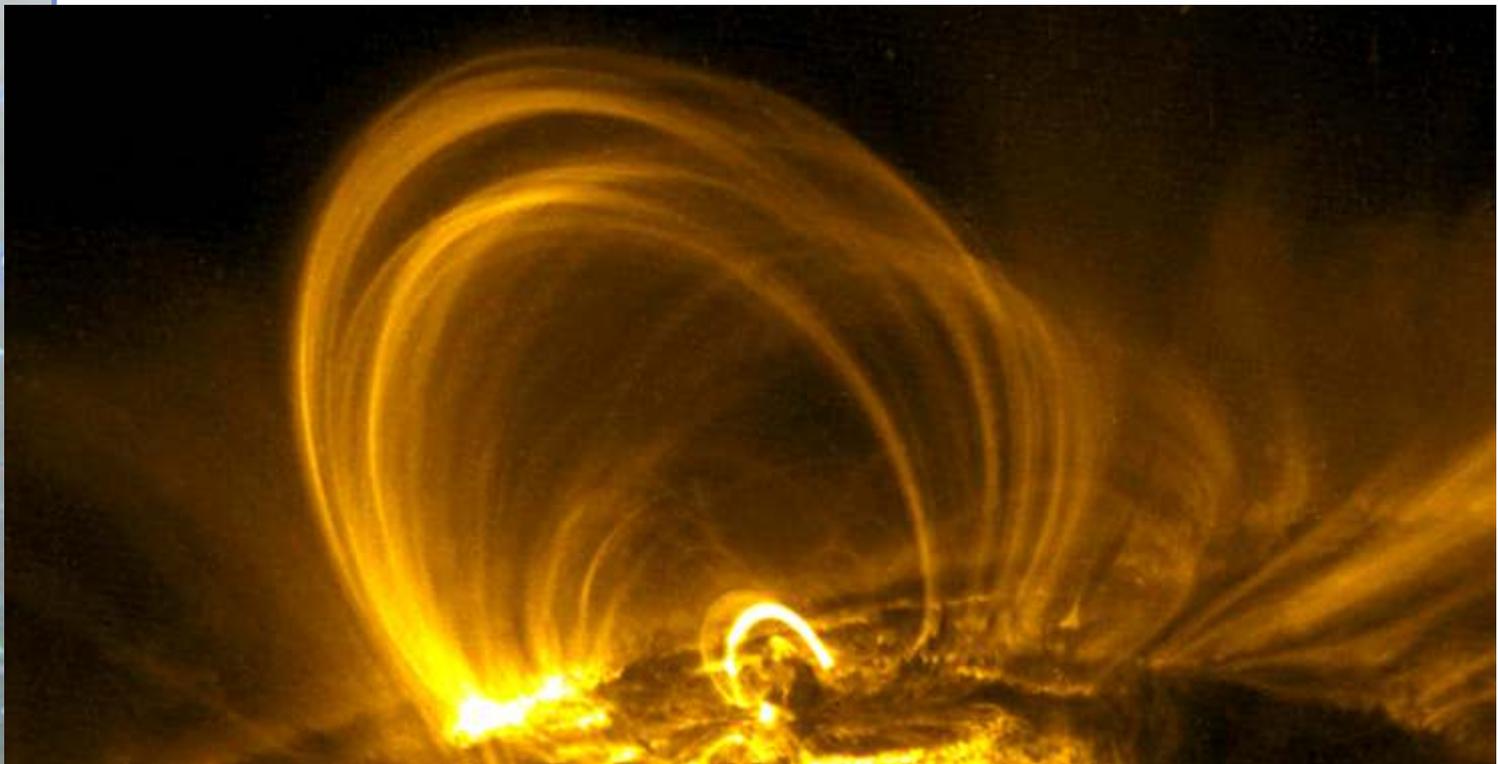
Fonte: <http://library.thinkquest.org/C0126481/Atmosphere.gif>.

Manchas solares, erupções e protuberâncias

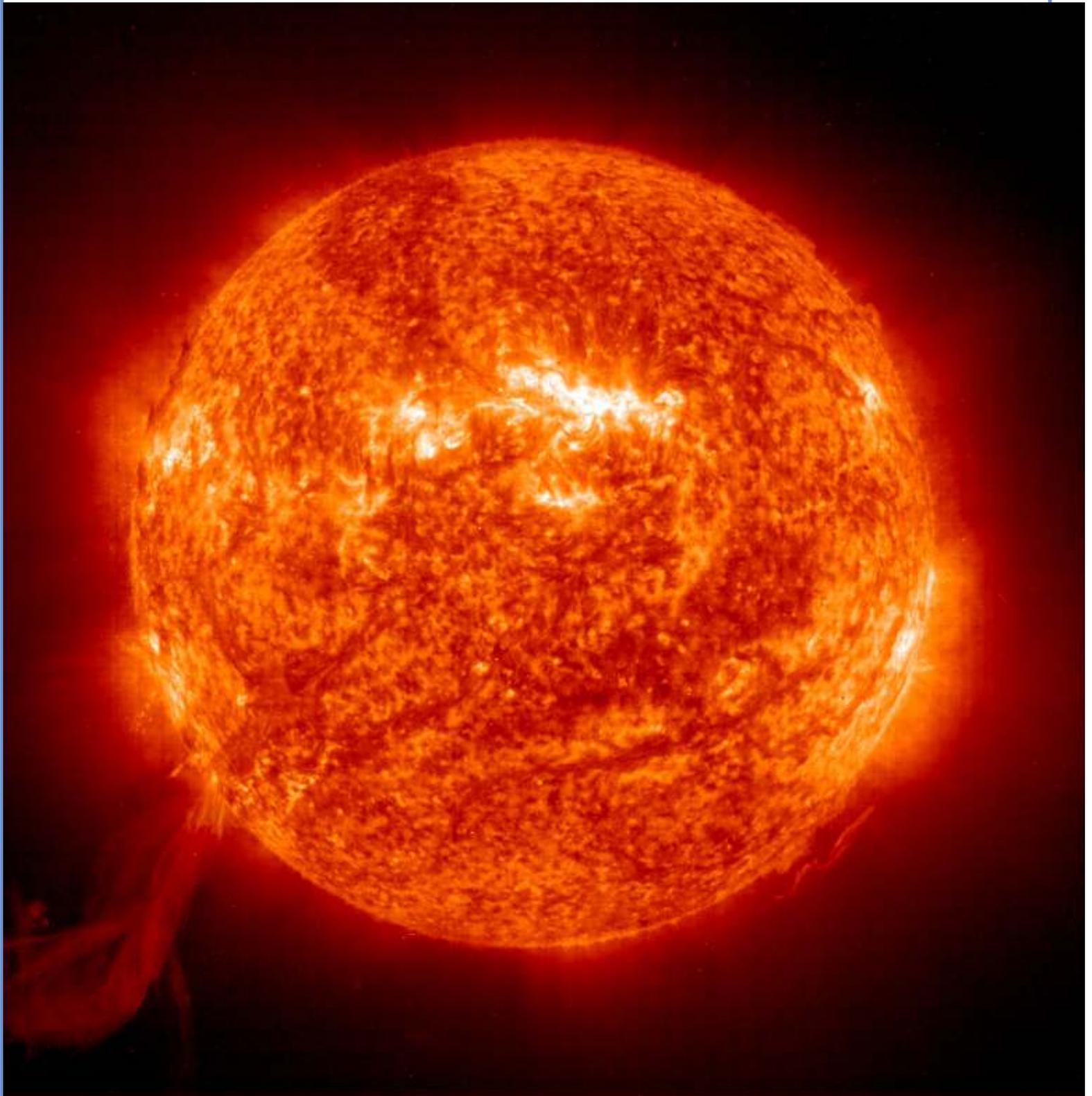


As manchas solares são formações escuras na atmosfera solar e estão associadas a um campo magnético intenso. A temperatura nas manchas é cerca de 2000 K menor que no resto da atmosfera solar. O número de manchas varia em um ciclo de onze anos aproximadamente. Quando o ciclo está num máximo, a atividade magnética do Sol é mais intensa o que leva a tempestades magnéticas que podem afetar as comunicações terrestres, os satélites e, ainda, gerar as auroras boreais e austrais.

Sequência de manchas solares numa época de alta atividade do Sol. Fonte: astropt.org/blog/2009/01/09/as-luas-de-galileu/4.bp.blogspot.com/.../s400/manchas+solares.jpg



*Fotografia em detalhe de uma protuberância solar.
Fonte: <http://library.thinkquest.org/C0126481/Atmosphere.gif>*

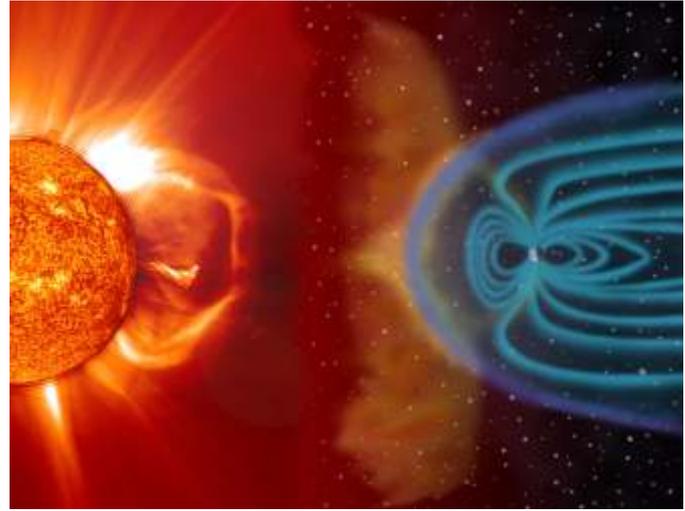


O Sol fotografado com filtros especiais por satélites que permitem observar as estruturas das manchas e das protuberâncias.
Fonte: http://theabysmal.files.wordpress.com/2008/11/sunflame_soho_big.jpg

Vento Solar

É constituído por partículas (basicamente prótons e elétrons) que são ejetadas do Sol e se espalham pelo Sistema Solar. Dependendo da atividade do Sol, o vento solar pode afetar nosso planeta, especialmente quando há inversão da polaridade do campo magnético terrestre.

*Representação de uma tempestade magnética do Sol e da magnetosfera terrestre. Créditos: NASA/Soho.
Fonte: <http://sohowww.nascom.nasa.gov/gallery/images/large/sunearth01.jpg>*



Supernovas e Radiação Gama



Na explosão de uma estrela supernova é gerada uma onda de choque, pela rápida expansão do material ejetado, e muita radiação, incluindo raios gama, de alta energia. As explosões cósmicas de raios gama são os fenômenos que emitem a maior quantidade de energia por unidade de tempo no universo. Se uma estrela supernova explodisse próxima ao Sistema Solar, os planetas seriam varridos por esta onda de choque com consequências inimagináveis. Mesmo não estando tão próxima, se o jato de radiação gama estiver voltado em direção à Terra, a vida no planeta poderia ser extinta.

Representação artística de uma explosão de uma supernova. No espaço, as explosões cósmicas de raios gama são os fenômenos que emitem a maior quantidade de energia por unidade de tempo no universo. Uma única explosão, com uma duração típica de alguns segundos, emite tanta energia em raios gama quanto o Sol vai emitir durante toda a sua vida (estimada em 10 bilhões de anos). Créditos: Sky & Telescope.

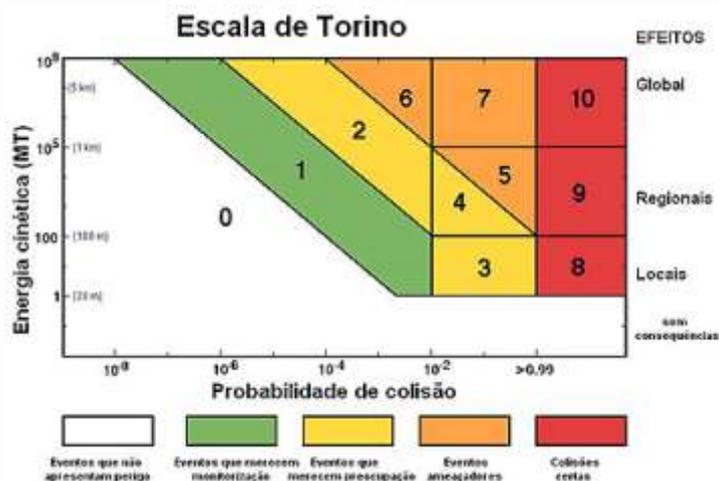
Pedras que vêm do céu

Num único dia, em torno de 40 a 100 toneladas de matéria vinda do espaço penetram na atmosfera terrestre. Esse material é composto de restos de cometas ou fragmentos de asteróides, semelhantes a uma areia fina. Quando penetram na atmosfera, devido à fricção, sua temperatura aumenta e eles transformam-se em rastros luminosos, chamados meteoros. Os fragmentos maiores podem atingir o solo e causar pequenos danos: são os meteoritos. Porém, o que pode causar problemas para a humanidade são os choques com asteróides e cometas.

A energia envolvida num choque desses pode ser insignificante para objetos de diâmetros pequenos (metros), como o asteróide 2009DD45, que passou próximo à Terra em 2 de março de 2009. Mas o choque que provocou a extinção dos dinossauros há 65 milhões de anos e que deixou sua marca no golfo do México, a cratera de Chicxulub, teve energia equivalente a milhões ou bilhões de bombas atômicas. Atualmente, estão classificados 1.050 desses objetos com chances de se chocar com a Terra.

Ainda temos o cinturão de Kuiper, além de Netuno, e a Nuvem de Oort, muito mais distante, que são fontes de asteróides ou cometas que podem ter impactos com a Terra,

mas que são muito menos perigosos que os do interior do Sistema Solar.



A figura mostra a Escala de Torino, que varia conforme os possíveis efeitos de destruição de um impacto contra a Terra. Estes são expressos em função da energia do asteróide (eixo vertical) e da sua probabilidade de colisão com a Terra (eixo horizontal).

Quanto maiores forem ambos, maior será o valor do evento na escala, que varia de 0 a 10. Créditos: science.nasa.gov adaptado por www.portaldoastronomo.org



Cinturão de Asteróides. Em escala vemos as órbitas dos planetas Terra e Marte. Vemos, também, as órbitas dos principais grupos de asteróides que ameaçam a Terra.

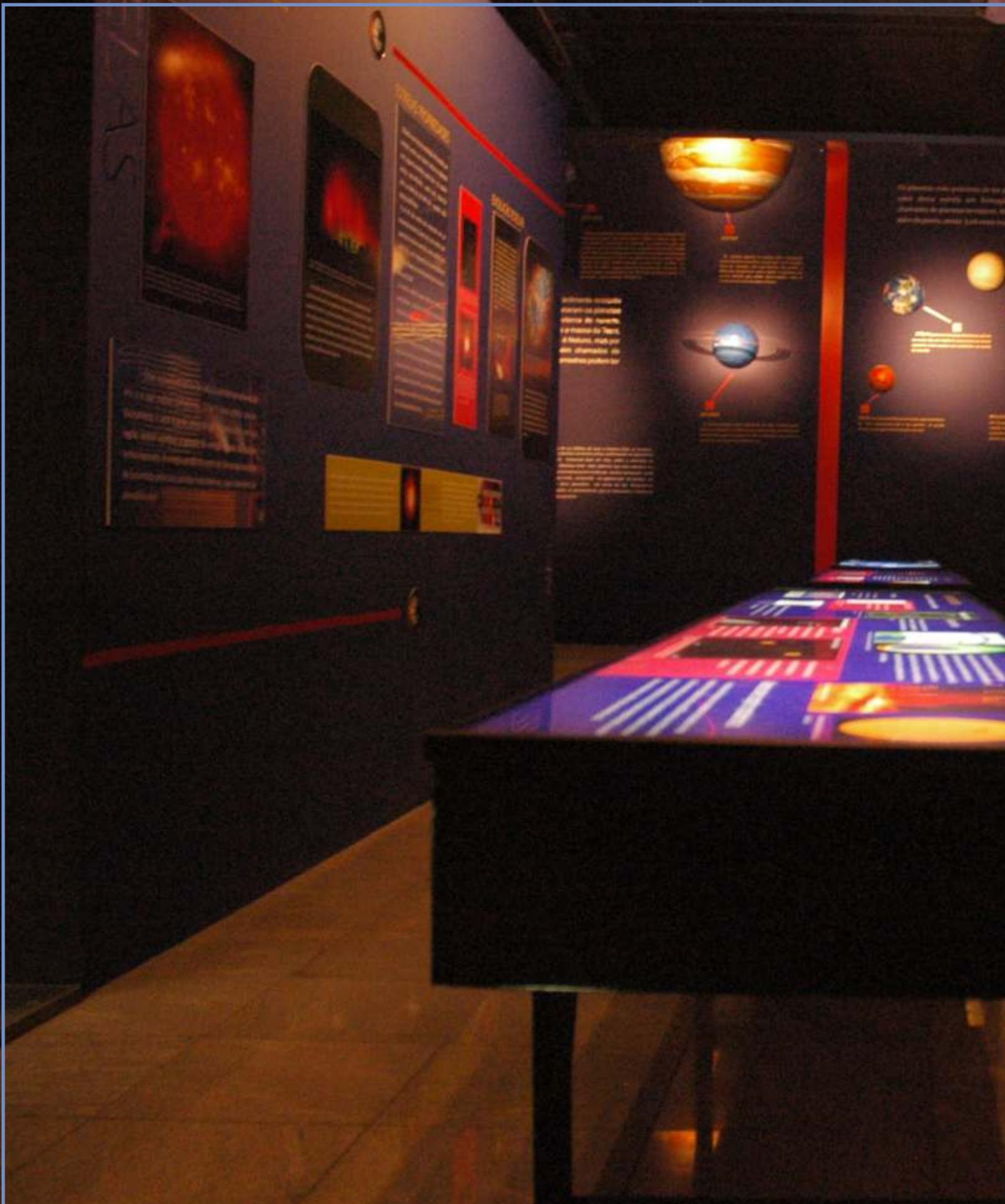
Créditos: Winsconsin-Madison Univ.

Fonte: Créditos:

www.apolo11.com/.../etc/asteroides_proximos.jpg



A conhecida cratera de Barringer no Arizona, causada por impacto de um meteorito de cerca de 50 m de diâmetro há cerca de 50 mil anos, possui 1200 m de diâmetro e 170 m de profundidade. Fonte: http://www.phys.ncku.edu.tw/~astrolab/mirrors/apod_e/image/0706/MeteorCrater3D_seip.jpg





Il nostro sistema solare, in particolare, è formato da un unico pianeta roccioso, la Terra, e da un unico pianeta gassoso, Giove. La Terra è l'unico pianeta che ha vita, e Giove è l'unico pianeta che ha un sistema di satelliti.

Il nostro sistema solare è formato da un unico pianeta roccioso, la Terra, e da un unico pianeta gassoso, Giove. La Terra è l'unico pianeta che ha vita, e Giove è l'unico pianeta che ha un sistema di satelliti.



Il nostro sistema solare è formato da un unico pianeta roccioso, la Terra, e da un unico pianeta gassoso, Giove. La Terra è l'unico pianeta che ha vita, e Giove è l'unico pianeta che ha un sistema di satelliti.

Poluição luminosa

Efeitos sobre o céu noturno

A História humana já envolveu em torno de 200 gerações. Com exceção das 5 ou 6 mais recentes, as demais viviam majoritariamente em ambientes rurais com pouca luz à sua volta. Uma consequência fundamental desse estilo de vida rural era a presença mais marcante do céu noturno no

cotidiano. Claramente, a urbanização acelerada dos últimos 100 ou 150 anos vem retirando o contato do ser humano com o céu estrelado. Uma das consequências mais evidentes deste processo é o desaparecimento da noção do que é a Via-Láctea.



Foto do céu noturno em uma montanha perto de Bursa, Turquia. A poluição luminosa causada pelas luzes da cidade está em grande parte bloqueada pela montanha. Com isso, é possível ver claramente a direção do centro da Via-Láctea com toda a sua complexa estrutura de estrelas misturadas a gás e poeira.

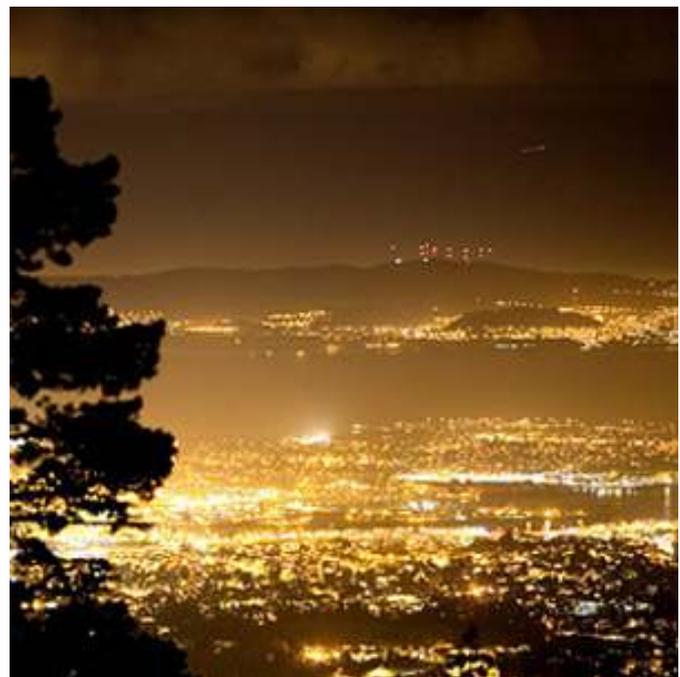
É visível, também, o planeta Júpiter como o objeto bem brilhante à esquerda da Via-Láctea.

*Créditos: Tunç Tezel (Turquia).
Fonte: http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/image/0809/uludag_tezel.jpg*

A Via-Láctea é a nossa Galáxia, um sistema de bilhões de estrelas como o Sol. No céu noturno, sem luzes e sem Lua, vemos a Via-Láctea como uma faixa de luz difusa entrecortada por regiões escuras. É irônico que o Século XX tenha, ao mesmo tempo, nos revelado o significado da Via-Láctea como um enorme sistema de estrelas, gás e poeira, e nos levado à perda de sua visão pela poluição luminosa.

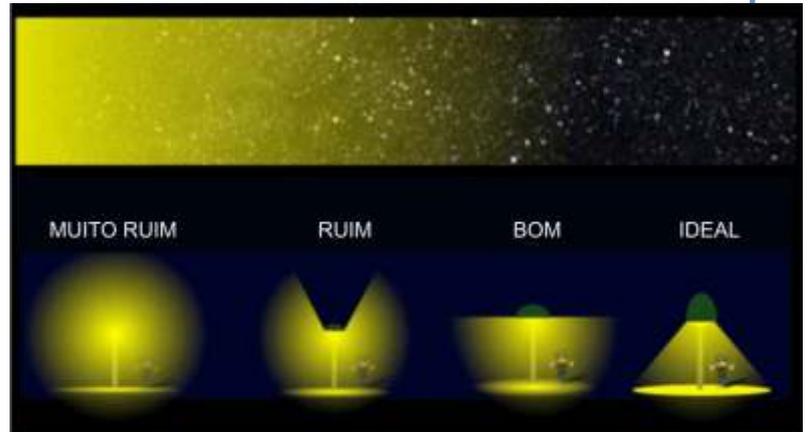
Luzes de São Francisco, EUA. Poluição luminosa cresce a uma taxa de uns 5% ao ano nos Estados Unidos. Em torno de 2/3 dos americanos nunca viram a Via-Láctea.

Fonte: http://www.cosmosmagazine.com/files/imagecache/news/files/news/20081022_light_pollution.jpg



É fundamental, e um dos objetivos deste AIA2009, resgatar a visão do céu noturno. Várias medidas podem ser levadas a cabo para esse fim, por exemplo:

- adotar lâmpadas de baixa pressão, cujos filamentos emitem luz num domínio mais restrito do espectro (são lâmpadas bem amareladas);
- evitar desperdício de iluminação em direção ao céu, usando-se espelhos refletores sobre as lâmpadas, de forma a direcionar a luz para baixo. Tal medida reduz a poluição, aproveita melhor a luz e economiza energia;
- garantir a existência de grandes parques urbanos que ofereçam segurança à população com pouca concentração de luz, onde as pessoas possam admirar o céu, seja a olho nu ou com um telescópio.



A figura mostra o impacto da adoção de diferentes tipos de iluminação pública no brilho do céu noturno. O simples ato de colocar um anteparo que impeça a propagação da luz para o alto, além de melhor utilizar a luz artificial disponível, diminui drasticamente a poluição luminosa. Fonte: <http://www.asc-csa.gc.ca/eng/educators/resources/stars/light.asp>

Ainda hoje associamos iluminação com progresso e desenvolvimento. Iluminação urbana e industrial, poços de petróleo e gás e queimadas transientes poluem o ambiente do planeta.

A preservação do céu noturno, em zonas rurais ou não, para fins educativos e contemplação, está sendo, de forma

crescente, encarada como uma necessidade, como forma de garantir o direito das pessoas de observar o céu.

A Astronomia é geminada à Ecologia, percorrendo difíceis veredas, clamando ao mundo por preservação, um desenvolvimento econômico coerente e uma demografia racionalizada.



Visão por satélite das fontes de luz artificial na Terra.

Créditos: Defense Meteorological Satellite Program.

Fonte: http://cedarlounge.files.wordpress.com/2007/12/earthlights_dmisp_big.jpg

A observação astronômica é constantemente ameaçada pela poluição luminosa.

A costa chilena se torna preocupantemente iluminada. Nos vales, urbanizações escalam as alturas rumo aos

privilegiados observatórios nos Andes. Com regras estritas de iluminação, a Ilha Grande do Havaí mantém alguns dos maiores e mais altos telescópios do mundo.



Foto do fundo do céu noturno e da cúpula do telescópio de 5m de Monte Palomar que, durante muitos anos, foi o maior do mundo. Localizado próximo a grandes cidades, inclusive San Diego, no sul da Califórnia, esse sítio astronômico é fortemente prejudicado pela poluição luminosa, como se vê pelo céu brilhante na imagem.

Fonte: <http://www.astro.caltech.edu/palomar/images/lp35.jpg>

Outros efeitos

Além dos prejuízos causados à pesquisa astronômica e à contemplação do céu noturno, a poluição luminosa traz muitos problemas à população e ao meio ambiente. Citamos os principais:

a) saúde humana: o excesso de luz provoca alterações nos ciclos circadianos (diários) das pessoas. A luz que penetra à noite nos ambientes internos da casa pode afetar o sono, causando irritação, insônia, estresse, entre outros. Mulheres que trabalham à noite em condições de alta iluminância têm maior incidência de câncer de mama.

b) segurança: o excesso de luz mal direcionada provoca

ofuscamento das pessoas que não conseguem distinguir condições de risco, como assaltos e acidentes de trânsito.

c) fauna: o excesso de luz noturna provoca desequilíbrios nos ciclos biológicos da fauna e flora. Os insetos, como os vagalumes, têm sua reprodução dificultada e as aves migratórias (muitas guiam-se pelas estrelas) têm suas rotas afetadas, causando grande mortalidade pela perda de orientação. Os mamíferos de hábitos noturnos são atropelados e seus hábitos reprodutivos e alimentares também são prejudicados.



A reprodução das tartarugas marinhas é fortemente afetada pela presença de luz noturna. As fêmeas têm dificuldades em chocar os ovos e os filhotes são confundidos ao sair para o mar e adentram em direção à terra, seguindo as fontes de luz.

Fonte: www.hedweb.com/animimag/turtles.jpg ▼

Astronomia e Sociedade

A Astronomia dá contribuições humanísticas, educacionais e tecnológicas de grande valor para a sociedade.

Aspectos educacionais:

- Na escola, é adequada para um ensino baseado em questionamentos que permitem aos professores aproveitar o interesse natural que essa ciência desperta.
- Estimula o público para a ciência, transmite conceitos

- científicos a estudantes e professores e forma cidadãos afinados com a linguagem técnico-científica.
- Fomenta a inter e a transdisciplinariedade com outras áreas do conhecimento.

Aspectos tecnológicos:

A tecnologia desenvolvida na construção de instrumentos para uso na Astronomia, de forma adjacente, contribuiu para o desenvolvimento de benefícios para a humanidade:

- estudos da Terra a partir do espaço (meteorologia, satélites de imageamento, sensoriamento remoto, gps – sistema de posicionamento global, etc.);
- telecomunicações (TV via satélite);
- modernas câmeras digitais, de uso largamente utilizado pela população;
- diagnóstico por imagens como a tomografia computadorizada, foi desenvolvida a partir do trabalho de um radioastrônomo;

- sistemas de segurança por detectores infravermelhos;
- dispositivos de armazenamento de dados (CD's, memórias magnéticas);
- técnicas de supercomputação;
- softwares computacionais como o IDL – para ilhas de edição de imagens;
- teflon e outros produtos utilizados diariamente dentro de sua casa.



Equipamento de tomografia computadorizada
Fonte: <http://www.es.gov.br/site/noticias/ahow.aspx?noticiald=99687128>



Detalhe de membro inferior humano imageado através de tomografia computadorizada.

Fonte: http://www.swe.siemens.com/portugal/web/pt/healthcare/imprensa/imagens/PublishingImages/Press_picture_300dpi_22_08_2007_1459836.jpg

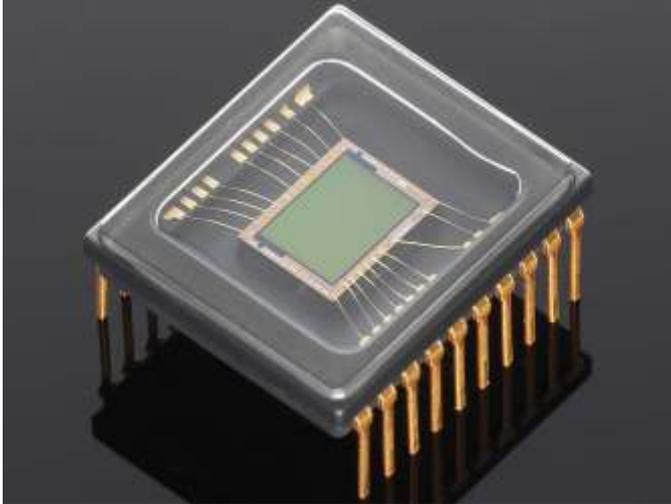


Imagem do detector de uma câmera digital (CCD) como de uso doméstico.

Fonte: <http://mauromarques.files.wordpress.com/2009/06/ccd.jpg>



Utilização de imageamento infravermelho, como foi feito recentemente nos aeroportos, para detectar prováveis portadores de doenças epidêmicas.

Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/ff2/infrared_1080967.jpg

Aspectos humanísticos:

- inspira o trabalho nas artes, na música, na poesia e nos filmes de ficção científica;
- a Astronomia tem participação destacada entre os temas de artigos de divulgação científica;

- a observação do céu noturno nos remete a momentos de questionamento e sensibilidade, proporcionando reflexões sobre a natureza do homem.



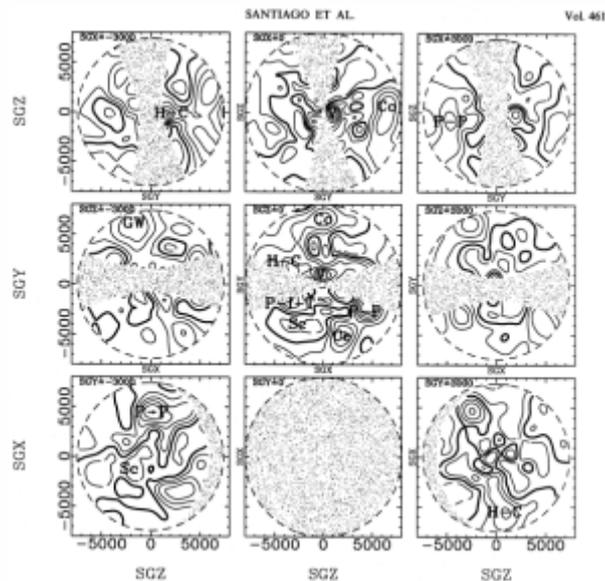
Fonte: www.iau.org

Departamento de Astronomia

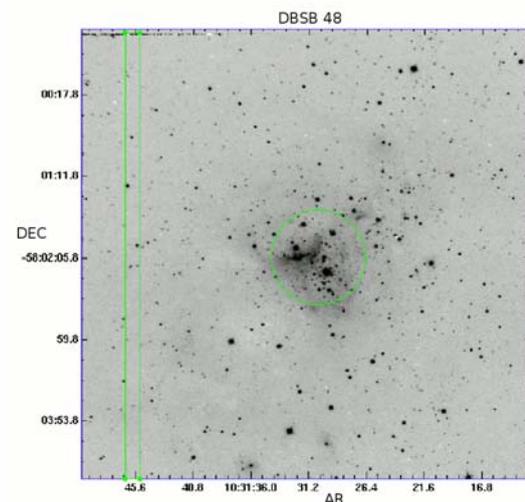
O Departamento de Astronomia da UFRGS (DepAstro, <http://www.if.ufrgs.br/ast/>) tem o grupo de pesquisadores mais produtivo na área em todo o Brasil. Sete de seus dez docentes são pesquisadores de nível I na classificação do CNPq, sendo que cinco deles são de nível Ia, o mais alto. Os docentes/pesquisadores do DepAstro já publicaram mais de 1.000 trabalhos em periódicos internacionais arbitrados e em anais de conferências, metade deles nos últimos dez anos. Essa alta produção está fortemente relacionada com a atuação de estudantes de graduação e de pós-graduação. Até o final de 2008, foram formados pelo departamento 32 doutores e 54 mestres. O DepAstro é responsável por ministrar integralmente 11 disciplinas para 4 cursos de graduação, além de uma disciplina geral aberta para toda a UFRGS (Explorando o Universo: dos quarks aos quasares) com 5 turmas. Além disso, várias disciplinas de pós-graduação são oferecidas aos alunos da área. O DepAstro também tem forte atuação na divulgação da Astronomia, através dos programas de extensão *Observatório Educativo Itinerante* (<http://www.if.ufrgs.br/oei>) e *Astronomia para a Comunidade* (<http://www.if.ufrgs.br/observatorio>), além da assessoria prestada ao Planetário da UFRGS

(<http://www.planetario.ufrgs.br/>). Cabe tradicionalmente ao DepAstro a direção do Observatório Astronômico da UFRGS (<http://www.if.ufrgs.br/observatorio/>).

A pesquisa do DepAstro é extremamente diversificada. Seus docentes e alunos utilizam os grandes telescópios disponíveis para a Astronomia internacional, incluindo os do Observatório Interamericano de Cerro Tololo (Chile), Observatório Roque de los Muchachos (Ilhas Canárias, Espanha), os grandes telescópios de Mauna Kea (Havaí, EUA), o telescópio espacial Hubble, entre outros. Participam, ainda, ativamente das atividades de planejamento, administrativas e observacionais dos dois telescópios Gemini (Chile e Havaí) e SOAR (Chile). Os temas abordados pela pesquisa do DepAstro vão desde a Astrofísica estelar e do meio interestelar até a Cosmologia. Destacam-se o estudo de estágios finais da evolução estelar como as anãs brancas, populações estelares em galáxias próximas e distantes, incluindo aglomerados estelares, estrutura e dinâmica de galáxias e de aglomerados de galáxias, atividade nuclear em galáxias, busca por planetas extra-solares e pesquisas relacionadas à matéria escura e à energia escura.



A figura mostra cortes do campo de densidade de galáxias no Universo Local em 9 planos distintos. Os painéis ao longo de cada linha mostram planos paralelos entre si e perpendiculares aos das outras linhas. Estão marcadas as posições de grandes concentrações de galáxias no Universo local, como Hydra-Centaurus (H-C) e Perseus-Pisces (P-P).
Por B. Santiago e colaboradores.



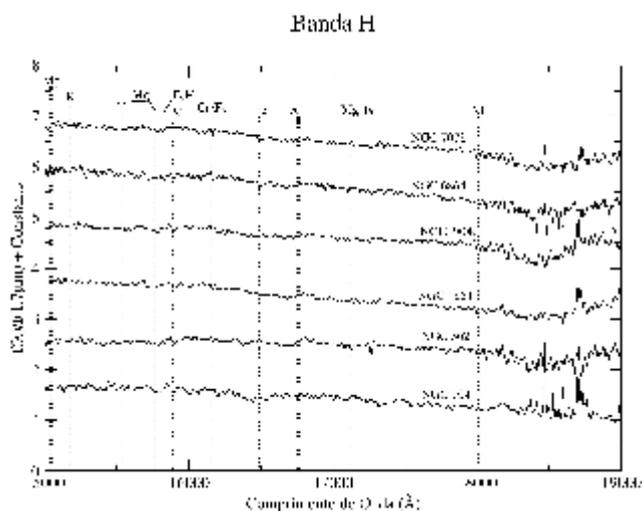
O aglomerado recém nascido DBSB 48 foi descoberto por E. Bica e sua equipe de estudantes em 2003. DBSB 48 só pode ser visto em luz infravermelha. A análise recente de Sergio Ortolani (Univ. de Padova), Charles Bonatto (UFRGS), E. Bica, Yazan Momany (ESO, Chile), e Beatriz Barbuy (USP) mostrou que o aglomerado tem apenas 1 milhão de anos. O círculo mostra a zona estudada em DBSB 48 e o retângulo a região de fundo adotada para descontaminação de estrelas do campo. Imagem do telescópio NTT de 3.55m no ESO, La Silla, Chile.



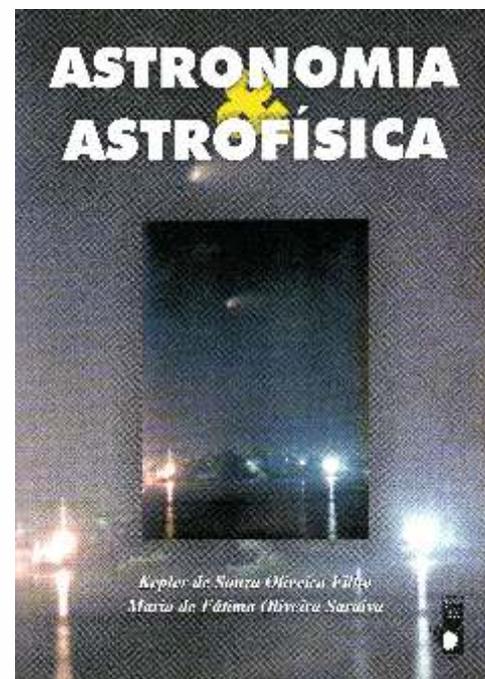
A galáxia NGC 5236, cuja imagem é vista acima, está a uma distância aproximada de 12 milhões de anos-luz de nós na constelação Hydra. A sua forma é a de uma galáxia intermediária entre espiral normal e espiral barrada. Em 1960, J. L. Sersic & M.G. Pastoriza descobriram que a região nuclear de NGC5236 e de outras dezenas de galáxias espirais com barra era formada por aglomerações estelares jovens, com alguns milhões de anos de idade e, não por estrelas velhas como se acreditava até então.



Concepção artística de um disco de acreção no núcleo da galáxia M81 (a imagem da galáxia é real). Não é possível resolver espacialmente estes discos, mas observando a radiação e jatos que emanam do mesmo, o grupo liderado por Thaisa Storchi Bergmann estuda a estrutura e processos físicos que ocorrem no disco e mede a taxa de acreção de matéria ao Buraco Negro Supermassivo. (Crédito: NASA/ Dana Berry).



Espectros de 6 aglomerados globulares na banda H do infra-vermelho próximo com comprimentos de onda (eixo horizontal) entre 15.000 e 19.000 angstroms. Os espectros foram obtidos com o telescópio SOAR. Esse aglomerados são estudados por Jorge Ducati, Rogério Riffel e colaboradores.



Capa do livro Astronomia e Astrofísica, de autoria de Kepler de Souza Oliveira Filho e Maria de Fátima Oliveira Saraiva

Observatório Educativo Itinerante

O Observatório Educativo Itinerante (OEI) é o primeiro programa de ciência móvel do Brasil, fundado pelo Prof. Horacio Dottori. Este programa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) está em pleno funcionamento desde junho de 1999. Já ministrou 48 cursos de aperfeiçoamento em Astronomia, em sua maioria para professores, com carga horária variável, entre 20 e

180 horas-aula. Mais de 1000 professores do ensino básico (fundamental e médio) participaram desses cursos. O OEI já foi bem além dos limites do Rio Grande do Sul: quatro cursos em Santa Catarina e um no Paraná, atingindo ainda as fronteiras internacionais do Brasil com a Argentina e com o Uruguai.



O carro do OEI na fronteira entre Santa Catarina e Paraná.



Aula expositiva, usando hipertexto próprio e projetor. Barracão, Paraná.



Experiência com a dispersão da luz: o espectro do Sol e de lâmpadas. Ijuí (RS)



Observação do céu: materializando o conteúdo das aulas.

COMO CONTATAR O OEI:

Telefone: 33083352, de segunda a sexta-feira (2ª a 6ª feira), das 14h às 18h - email: astro@ufrgs.br - <http://www.if.ufrgs.br/oei>

Observatório Astronômico

Atividades

EXPOSIÇÃO DOS 100 ANOS

Em 2008, o Observatório celebrou 100 anos de existência. Para comemorar o evento, foi inaugurada a exposição «Observatório da UFRGS: 100 anos» que mostra a

trajetória da instituição e que conta com instrumentos astronômicos antigos em exibição.

OBSERVAÇÃO DO CÉU

Esta é a atividade principal da instituição atualmente. Iniciada nos anos 1960, atravessou o séc. XX tendo continuidade nos dias de hoje. O visitante pode observar os planetas visíveis, a superfície lunar (com suas crateras, mares e

montanhas), estrelas duplas, aglomerados de estrelas, eventuais cometas e constelações da época. As observações são complementadas por explanações sobre os objetos observados e questionamentos do público.



HORÁRIOS

Exposição:

De segundas a sextas-feiras, das 14h às 18 h.

Observação do céu:

Segundas e quartas-feira para escolas e grupos, mediante agendamento prévio (Fone 3308 3352).

Terças e quintas-feiras para público geral. Sempre a partir das 19 h, exceto no horário de verão.

ATIVIDADES GRATUÍTAS



Observatório Astronômico da UFRGS
Av. Osvaldo Aranha, s/ nº, próximo
à Praça Argentina. Fone: 3308 3352
(para agendamento, das 14h às 18h)
www.if.ufrgs.br/observatorio



Planetário Prof. José Baptista Pereira

centro de divulgação da Astronomia e ciências afins

Uma visão geocêntrica do céu é apresentada em uma cúpula com 12,5m de diâmetro pelo projetor Zeiss - Spacemaster, que projeta imagens de até 8.900 estrelas, constelações do Zodíaco, as principais principais constelações austrais e boreais e o movimento de planetas.

Os programas apresentados na cúpula privilegiam a interdisciplinaridade, articulando o conteúdo científico com várias áreas do conhecimento e possibilitando a reflexão e a aprendizagem sobre o Universo do qual fazemos parte.

Apresentações na cúpula, de terças as sextas-feiras para a comunidade escolar mediante agendamento prévio e aos domingos para o público infantil e adulto. Observações do céu, palestras, oficinas e cursos.

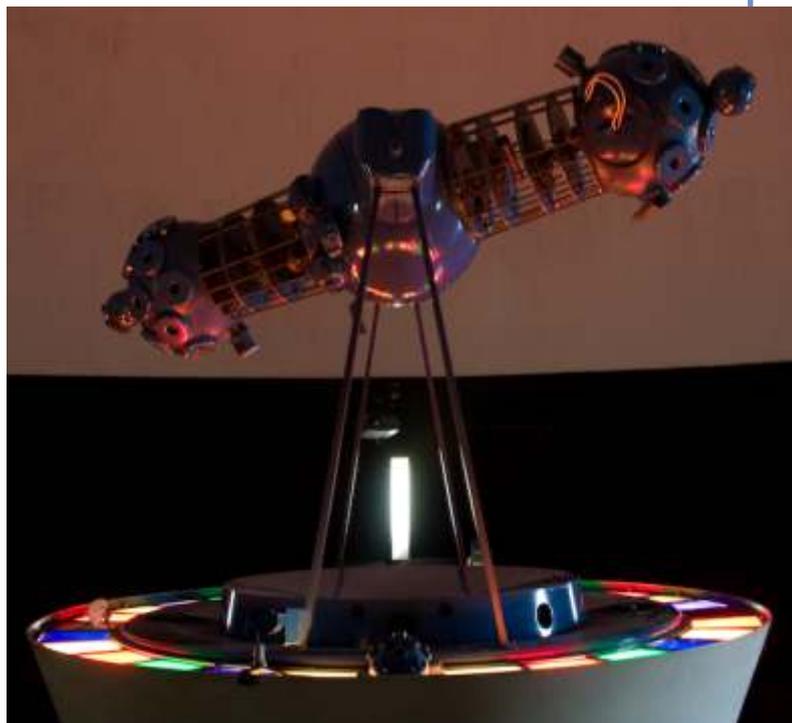
Endereço: Av. Ipiranga, 2000.

Agendamento e informações: 3308 5384

www.planetario.ufrgs.br

projetor Zeiss – Spacemaster, do Planetário da UFRGS.

Créditos: Elisabete Rocha ▀



Vocação Astronômica Única entre as Bandeiras dos Países

Alguns países como Austrália , Nova Zelândia e Samoa apresentam na bandeira no máximo uma constelação: o Cruzeiro do Sul (Crux em latim). Argentina e Japão apresentam o Sol. Países predominantemente islâmicos como Turquia e Malásia apresentam Lua e estrela. O único país com uma profusão de estrelas e constelações na bandeira é o Brasil!

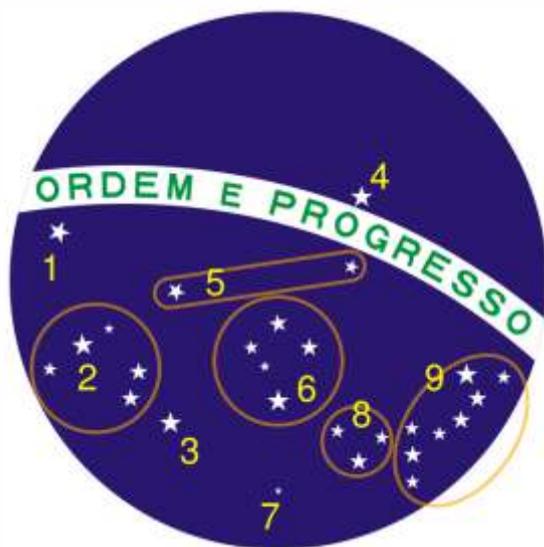
O céu estrelado na bandeira nacional corresponde ao momento da Proclamação da República, as 8h 30m do dia 15 de novembro de 1889, em um céu diurno no Rio de Janeiro. A bandeira foi idealizada pelo positivista Teixeira Mendes, junto com Miguel Lemos e o professor de astronomia Manuel Pereira Reis, da Escola Politécnica. O decreto de criação foi redigido por Rui Barbosa.

- 1. PARÁ**
Spica (α Virginis)
- 2. AMAZONAS**
Prócion (α Canis Minoris)
- 3. MATO GROSSO DO SUL**
Alphard (α Hydrae)
- 4. RONDÔNIA**
Wezen (δ Canis Majoris)
- 5. MATO GROSSO**
Sírio (α Canis Majoris)
- 6. RORAIMA**
Muliphem (γ Canis Majoris)
- 7. AMAPÁ**
Mirzam (β Canis Majoris)
- 8. TOCANTIS**
Adhara (ϵ Canis Majoris)
- 9. GOIÁS**
Canopus (α Carinae)
- 10. BAHIA**
Gacrux (γ Crucis)
- 11. MINAS GERAIS**
Pálida (δ Crucis)
- 12. ESPÍRITO SANTO**
Intrometida (ϵ Crucis)
- 13. SÃO PAULO**
Acrux (α Crucis)



- 14. ACRE**
Dhanab al Shuja (γ Hydrae)
- 15. PIAUÍ**
Antares (α Scorpii)
- 16. MARANHÃO**
Graffias (β Scorpii)
- 17. CEARÁ**
Wei (ϵ Scorpii)
- 18. RIO GRANDE DO NORTE**
Shaula (λ Scorpii)
- 19. PARAÍBA**
Girtab (κ Scorpii)
- 20. PERNAMBUCO**
Denebakrab (μ Scorpii)
- 21. ALAGOAS**
Sargas (θ Scorpii)
- 22. SERGIPE**
Apollyon (ι Scorpii)
- 23. SANTA CATARINA**
 δ Trianguli Australis
- 24. RIO GRANDE DO SUL**
Atria (α Trianguli Australis)
- 25. PARANÁ**
 γ Trianguli Australis
- 26. RIO DE JANEIRO**
Mimosa (β Crucis)
- 27. BRASÍLIA**
Polaris Australis (σ Octantis)

Estados e Distrito Federal são representados por estrelas na bandeira. O Rio Grande do Sul é a alfa do Triangulum Australe (estrela 24 no mapa), projetada próxima ao Pólo Sul celeste.



A bandeira brasileira contém estrelas das constelações:
 1) Canis Minor, 2) Canis Major, 3) Carina, 4) Virgo, 5) Hydra,
 6) Crux, 7) Octans, Triangulum Australe, 9) Scorpius.
 Sigma Octantis é estrela Polar Sul, mas é difícil observá-la a olho nu, pois é muito fraca.
 Ela representa o Distrito Federal.

A bandeira nacional não é útil para reconhecer no céu as suas estrelas e constelações: (i) ela corresponde a uma visão externa da esfera celeste, como se olhássemos um globo

terrestre. (ii) as 27 estrelas na bandeira são poucas frente a outras estrelas nas mesmas constelações, assim como as de outras constelações não representadas na bandeira.



Para fins de identificação de constelações no céu devemos inverter horizontalmente a bandeira. Como consequência, invertemos também nosso lema 'Ordem e Progresso'.

Para a identificar as constelações do céu da República, utilizaremos um mapa celeste mais completo e invertido

horizontalmente, correspondente à visão do céu desde a Terra, no centro da esfera celeste.



O céu contendo todas as constelações da bandeira brasileira junto com mais estrelas nas mesmas constelações e em constelações vizinhas. Pode-se apreciá-lo em Porto Alegre à noite, de abril a maio das 21 às 23h, ou de madrugada em fevereiro e março. São mostrados os nomes e as fronteiras das constelações e o equador celeste (linha forte). ▀

Em casa, no Universo: recursos e estratégias de ensino de Astronomia

Introdução

Nesse capítulo nos propomos a, brevemente, comentar e sugerir o uso de recursos e estratégias de ensino em sala de aula como complemento à visita da exposição *Em Casa, No Universo*. As referências aqui apresentadas são restritas (exemplificativas), pois uma ampla relação fugiria do alcance e dos objetivos do catálogo dessa exposição.

Iniciemos, então, nossa visita à exposição *Em Casa, No Universo*!

Entrando na Exposição

Ao entrar no Museu da UFRGS, o visitante se depara com um telescópio do Observatório Educativo Itinerante da UFRGS (www.if.ufrgs.br/oei/). Na parede, um painel sobre o Ano Internacional da Astronomia (AIA 2009) faz referências às ações de âmbito nacional, estadual e local (<http://www.astronomia2009.org.br>). Esse primeiro ambiente do Museu convida o visitante a conhecer a exposição *Em casa, no Universo* que, a seguir, exhibe telescópios simples, como os de Galileu Galilei e equipamentos modernos como um dispositivo de captura de imagens (CCD) que é acoplado aos telescópios modernos.

Telescópios simples como os exibidos na exposição são instrumentos óticos de fácil confecção e se constituem em ferramentas de motivação para o estudo da Óptica no Ensino Médio e também para as aulas de Ciências no Ensino

Fundamental. Para saber mais sobre telescópios consulte, por exemplo, <http://www.if.ufrgs.br/oei/santiago/fis02014>. Para construir um telescópio em modelo semelhante ao exibido na exposição e usando lentes de óculos, consulte <http://www.oba.org.br/cursos/astro/astronomia/lunetacomlente/oculos.htm>.

Se o visitante chegou até este ponto na exposição, então, dificilmente ele deixará de ser “sugado” pela beleza das imagens que compõem um túnel de acesso às informações astronômicas: Ecoastronomia, Satélites, Estrelas e Aglomerados de Estrelas, Via Láctea e Poluição Luminosa (ao lado direito) e Cosmovisões, Bandeira do Brasil, Galáxias e Aglomerados de Galáxias, Buracos Negros e Matéria e Energia Escuras (ao lado esquerdo).

Sistema Solar

Qualquer que seja o acesso inicial, o visitante encontrará, atrás do túnel, um exuberante painel sobre o Sistema Solar, com maquetes em diferentes escalas representando os planetas rochosos, os planetas gasosos e seus anéis e os planetas anões.

Cabe aqui ressaltar a importância da representação em escala do nosso Sistema Solar. Geralmente reproduzimos em sala de aula as ilustrações apresentadas nos livros didáticos dos planetas orbitando o Sol. Nestas ilustrações o Sol é comumente representado apenas um pouco maior que os planetas e ocupa um dos focos das elipses que constituem as órbitas planetárias. Há dois aspectos que precisam ser apontados cuidadosamente ao utilizar esse tipo de representação do Sistema Solar.

Primeiramente, é preciso chamar a atenção para a escala de tamanho dos astros do Sistema Solar. Sugerimos que, no caso do Ensino Fundamental, o professor de Ciências (que pode contar com a colaboração dos professores de Matemática e/ou Geografia) construa com seus alunos uma tabela com os diâmetros dos astros e, a seguir, discuta uma

escala adequada para representá-los. A exemplo da representação utilizada na exposição, pode-se fixar o tamanho da Terra e, a partir dela, representar adequadamente os outros planetas rochosos ou gasosos e os planetas anões. Os alunos podem fazer uso de massa de modelar e bolas de isopor para concretizar essa representação com a construção de uma maquete. Há muitas referências e atividades que podem ser utilizadas para esse fim. Algumas dissertações do Mestrado Profissional em Ensino de Física tem apontado o uso desse tipo de estratégia, que pode ser encontrada em <http://www.if.ufrgs.br/ppgenfis/index.php>.

No sítio <http://www.planetario.ufrgs.br>, em Sistema Solar, há informações sobre o Sol, planetas e planetas anões e tabelas com dados sobre o tamanhos dos astros e suas órbitas. Nestas tabelas, baseadas no trabalho *THE THOUSAND-YARD MODEL* ou, *The Earth as a Peppercorn*, de Guy Ottewell (<http://www.noao.edu/education/peppercorn/pemain.html>), é utilizada uma escala em que 1 mm corresponde a 6.000 Km. É uma escala particularmente

muito interessante, porque permite representar tanto o tamanho dos astros como o de suas órbitas. A simulação do Sistema Solar nesta escala é uma atividade que surpreende pessoas de todas as idades e alunos do ensino infantil ao universitário. Outra atividade de representação do Sistema Solar que pode ser realizada em ambientes amplos, como quadras esportivas ou pátios escolares, é <http://www.oba.org.br/cursos/astrologia/osistemasolarnumarepresentacao.htm>.

Junto da exposição da maquete do Sistema Solar encontra-se uma tela de vídeo que permite acesso a jogos educativos produzidos em Flash sobre o Sistema Solar. Este é um dos produtos educacionais de uma dissertação do Mestrado Profissional em Ensino de Física e está disponível em <http://www.planetario.ufrgs.br> e em jogos no sítio da exposição: <http://www.museu.ufrgs.br/emcasanouniverso/index.html>.

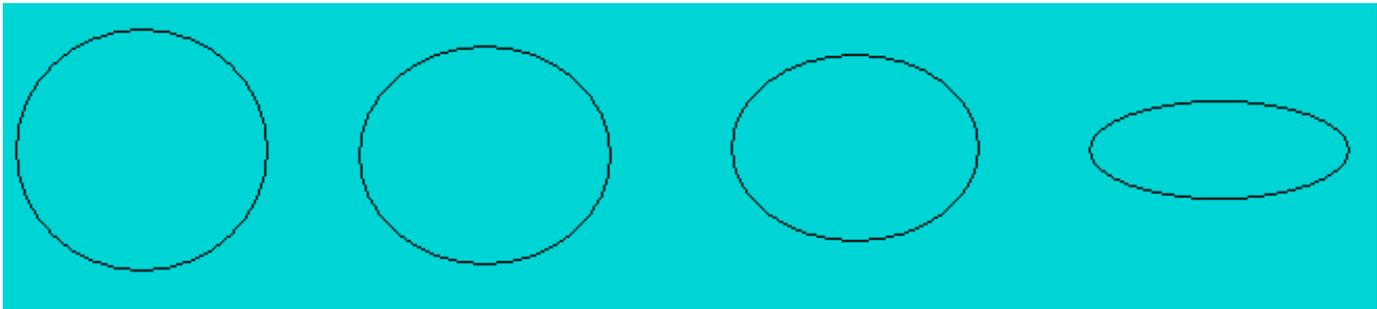
O outro aspecto extremamente importante a ser observado diz respeito à representação da forma das órbitas dos planetas em torno do Sol. Abaixo, transcrevemos uma das questões da prova da IV Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA), aplicada tanto em alunos de 5ª a 8ª séries do Ensino Fundamental quanto em alunos do Ensino Médio:

Você sabe que toda vez que faz aniversário é porque se passou mais um ano para você, certo? Isto significa que o planeta Terra deu mais uma volta ao redor do Sol desde o seu último aniversário. Muito bem, esperamos que você já tenha estudado a forma do movimento da Terra ao redor do Sol. Uma das figuras abaixo é a que melhor representa o movimento da Terra ao redor do Sol.

(a) Pinte (de qualquer cor) a figura que na sua opinião melhor representa o movimento da Terra ao redor do Sol.

(b) Na figura que você escolher no item (a) desenhe o Sol (basta fazer um ponto) no lugar que melhor representa o lugar que ele deve ocupar.

Observação: não existe nenhum efeito de perspectiva das figuras. Outra coisa: infelizmente existem muitos livros que ilustram de forma errada o movimento da Terra ao redor do Sol. Esperamos que você não tenha estudado em um livro com esse problema.



A análise das respostas dessa questão foram divulgadas no artigo intitulado *O problema da órbita da Terra* publicado na revista *Física na Escola* da Sociedade Brasileira de Física (www.sbfisica.org.br/fne/Vol4/Num2/v4n2a06.pdf). Nesta olimpíada, 46.554 alunos de todo o Brasil responderam essa questão. A comissão organizadora da OBA recebe, para amostragem, apenas as 10 melhores provas de cada nível de cada escola participante o que, ainda assim, é um número bem elevado de provas. Quase 100% dos alunos dessa amostragem concentraram suas respostas nas duas últimas elipses à direita da figura (as mais excêntricas).

Surpreendentemente, a comissão organizadora recebeu ainda um significativo número de e-mails e telefonemas por parte de professores contestando o gabarito, que indicava a primeira elipse à esquerda (a menos excêntrica) como a correta. Há, ainda, muitos outros equívocos apresentados em livros didáticos especialmente no que se refere às estações do ano (tema abordado em Ecoastronomia, à direita do túnel) ou sobre a Bandeira do Brasil (à esquerda no túnel). Vale a pena conferir esses conteúdos e discuti-los com os mediadores da exposição, caso ainda restem dúvidas.

Material online

O estudo da astronomia tem fascinado as pessoas desde os tempos mais remotos. A razão para isso se torna evidente para qualquer um que contemple o céu em uma noite limpa e escura. Depois que o Sol – nossa fonte de vida – se põe, as belezas do céu noturno surgem em todo o seu esplendor. A Lua, irmã da Terra, se torna o objeto celeste mais importante, continuamente mudando de fase. As estrelas aparecem como uma miríade de pontos brilhantes, entre as quais os planetas se destacam por seu brilho e movimento. E a curiosidade para saber o que há além do que podemos enxergar é inevitável. (KEPLER e SARAIVA, 2000)

Este é o parágrafo inicial da apresentação do livro *Astronomia e Astrofísica*, editado Ed. Universidade/UFRGS em 2000, que é atualmente uma bibliografia básica das disciplinas de Astronomia em cursos de graduação. Este texto, assim como vários outros produzidos pelos docentes do Departamento de Astronomia da UFRGS, pode ser

encontrado no sítio web do mesmo: www.if.ufrgs.br/ast/index.html.

Para alunos de Educação Infantil e séries iniciais do Ensino Fundamental há uma série de filmes (vídeos), com poucos minutos de duração, cujo título começa com “De onde vem ...” e estão disponibilizados em www.dominipublico.gov.br. Nesta série, destacamos o vídeo “De onde vem o dia e a noite?”. O sítio do Observatório Nacional (www.on.br) é uma referência importante com informações qualificadas para todos os níveis de escolaridade. Recomendamos, particularmente, o acesso à *Divulgação Científica* e, dentre as opções, indicamos a seleção de *Divisão de Atividades Educativas*, que contém *Brincando com Ciência* e *O pequeno Cientista*, com propostas de experiências, jogos, curiosidades e humor que podem ser exploradas na Educação Infantil e Fundamental.

Voltando à exposição

A luz visível é obviamente um elemento fundamental na construção do conhecimento humano. A luz emitida ou refletida pelos astros fornece informações que são analisadas pelos astrônomos e astrofísicos. Mas, neste caso, a luz não se restringe apenas à parte visível do espectro eletromagnético: entende-se por luz todo o espectro, que é composto por ondas que apresentam comprimentos de onda que variam de alguns milhares de metros, como as ondas de rádio, a milésimos de nanômetros como as da radiação gama. Não deixe de aproveitar a oportunidade nesta exposição para observar, através de um espectrógrafo, o espectro de emissão de luz de uma lâmpada de mercúrio. São linhas coloridas como essas, observadas através do espectrógrafo, que permitem identificar elementos atômicos presentes em estrelas e, a partir daí, obter informações sobre elas.

Há outros experimentos interativos na exposição como a placa fotográfica com registros de galáxias e a simulação de deformação do espaço-tempo provocada por um Buraco Negro. Busque assessoria com os mediadores, caso queira esclarecer alguma dúvida.

Conheça os exoplanetas e entenda como são

detectados... Saiba mais sobre a vida das estrelas... Passeie pelas constelações... Saia da Via Láctea e vislumbre outras galáxias... Tudo isso é, na verdade, pouco. Conhecemos apenas 4% do Universo! O resto é chamado pelos cientistas de “matéria escura” e “energia escura”. Leia sobre todos esses conteúdos na própria exposição ou consulte sítios como o do Departamento de Astronomia da UFRGS (<http://www.if.ufrgs.br/ast/index.html>), do Observatório Nacional (<http://on.br>), do Ano Internacional da Astronomia (<http://astronomia2009.org.br>) e outros.

Ainda não terminamos nossa visita... No andar superior, o visitante poderá emocionar-se ao encontrar dois livros do setor das Obras Raras da Biblioteca Central da UFRGS: *Sidereus Nuncius*, de Galileu Galilei, e *Opera Omnia* de Johannes Kepler. A Kepler prestamos também nossa homenagem especial neste ano de 2009, em que se comemora os 400 anos de sua 2ª lei.

Além de painéis com informações sobre Galileu e fotografias de seus textos, fortuitamente, o visitante poderá encontrar, no andar superior, o próprio Galileu (ator) revivendo sua época.

Astronomia na UFRGS

A Astronomia faz parte do nosso dia-a-dia na UFRGS: excelência em pesquisa realizada por astrofísicos de grande projeção nos cenários nacional e internacional que compõem o Departamento de Astronomia (<http://www.if.ufrgs.br/ast/index.html>); observações do céu noturno e preservação da nossa história no Observatório Central (<http://www.if.ufrgs.br/observatorio>); o Observatório

Educativo Itinerante (<http://www.if.ufrgs.br/oei>), primeiro programa de ciência móvel do país, que leva a Astronomia para todo nosso estado e para os outros estados da Região Sul; o Planetário Prof. José Baptista Pereira (<http://www.planetario.ufrgs.br>), em cuja cúpula o visitante pode apreciar o esplendor do céu noturno de qualquer época do ano e tendo como referência qualquer lugar

do nosso planeta.

A exposição *Em Casa, No Universo* permanece no Museu da UFRGS de 20 de julho de 2009 a 21 de maio de 2010. Para, de certa forma, transcender esse espaço físico e o período de tempo de exposição, seu conteúdo foi condensado e adaptado para compor a exposição *Em Casa, no Universo*: Exposição Itinerante, formada de 24 pôsteres. Esta exposição, mediante agendamento no Instituto de Física da UFRGS, poderá ser exibida em diferentes espaços físicos públicos e privados.

Assim como as ações do Ano Internacional da Astronomia não se extinguirão após 2009, a exposição *Em Casa, No Universo* também permanecerá na lembrança de cada visitante durante muito tempo e, quem sabe, despertará em crianças e jovens seus talentos para a Ciência.

Ao sair da exposição, em frente ao quadro de créditos da mesma, o visitante poderá, ainda, refletir sobre outra bela frase lá impressa:

A Astronomia comanda a alma a olhar para cima e nos transporta deste para outro mundo. 

Platão

Exposição **EM CASA, NO UNIVERSO**

Reitor: Carlos Alexandre Netto

Vice-reitor: Rui Vicente Oppermann

Pró-reitor de pesquisa: João Edgar Schmidt

Pró-reitora de extensão: Sandra de Deus

Pró-reitora de planejamento e administração: Maria Aparecida G. de Souza

Superintendente de infraestrutura: Alberto Tamagna

Diretora do Instituto de Física: Márcia Cristina Bernardes Barbosa

Diretora do Museu da UFRGS: Claudia Porcellis Aristimunha

Diretora do Planetário Prof. José Baptista Pereira: Maria Helena Steffani

Diretor do Observatório Astronômico: Basílio Xavier Santiago

Curadores:

Basílio Xavier Santiago (Dep. de Astronomia/Instituto de Física - IF)
Claudio Miguel Bevilacqua (Observatório Astronômico/IF)
Eduardo Luiz Damiani Bica (Dep. de Astronomia/IF)
Maria Helena Steffani (Dep. de Física/Planetário Prof. José Baptista Pereira)
Museu da UFRGS

Subcuradores:

Charles José Bonatto (Dep. de Astronomia/IF)
Horacio Alberto Dottori (Dep. de Astronomia/IF)
Jorge Ricardo Ducati (Dep. de Astronomia/IF)
Kepler de Souza Oliveira Filho (Dep. de Astronomia/IF)
Maria de Fátima Oliveira Saraiva (Dep. de Astronomia/IF)
Miriani Griselda Pastoriza (Dep. de Astronomia/IF)
Thaisa Storch Bergmann (Dep. de Astronomia/IF)
Eduardo Fontes Henriques (Universidade Federal de Pelotas)
Virgínia Mello Alves
(Universidade Federal de Pelotas)

Capa, projeto gráfico e edição do catálogo:

Paulo Baldo (PROEXT)

Produção:

Museu da UFRGS

Revisão:

Mariana Scalabrin Müller

Equipe Museu da UFRGS:

Berenice Machado Rolim
Claudia Porcellis Aristimunha
Lígia Ketzer Fagundes
Luciana Teixeira Costa
Maria Aparecida Pires Nunes
Maria Cristina Padilha Leitzke

Fotografias produzidas para a exposição e para o catálogo:

Marcelo Silveira (Planetário)
Maria de Fátima Oliveira Saraiva (Dep. de Astronomia/IF)
Rafael do Canto

Museografia da exposição:

Elcio Rossini

Iluminação da exposição:

Fernando Ochoa

Apoio institucional:

Departamento de Astronomia/Instituto de Física da UFRGS
Divisão de Difusão e Popularização da Ciência e Tecnologia/ PROPESQ
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq
UNESCO

Bolsistas Museu da UFRGS:

Andréia Wiest (Artes Visuais)
Bernard Goulart Prietto (História)
Fernanda Mayer Evangelista (Museologia)
Gabriela Correa da Silva (História)
Mariana Scalabrin Müller (Jornalismo)
Rafael do Canto (História)

Bolsistas Planetário Prof. José Baptista Pereira:

Anelise Audibert (Física)
Melissa Vanzella (Física)
Frederico Meyer Fardo (Física)
Rafaela Cavion (Física)

Bolsistas Observatório Astronômico:

Jessé Sangalli Melo (Física)
Lucas Bayer Ruggiro (Física)
Tiago Silva Bashqui (Física)

Equipe infraestrutura Museu da UFRGS:

Ana Cristina dos Santos
Romeu Polidoro Scherer
Kátia Lourenço
Naiana Ferreira Silva

Maquete do Sistema Solar:

Peter Rodrigues Ribeiro
Perly Rodrigues Ribeiro
Juarez Rodrigues Ribeiro
Jonatas Rodrigues Ribeiro
Vanderlei da Silva Marques

Performance teatral na exposição:

Orientador: Sergio Andrés Lulkin (Faculdade de Educação)
Ator: Rodrigo Fiatt (Bolsista de Iniciação Científica)
Figurino: Valéria Lima

Acervos da exposição:

Observatório Astronômico
Planetário Prof. José Baptista Pereira
Departamento de Obras Raras da Biblioteca Central da UFRGS
Departamento de Astronomia do Instituto de Física da UFRGS

Esta publicação foi concebida a partir da exposição
“Em casa, no Universo” realizada no Museu da UFRGS
no período de 20 de julho de 2009 a 21 de maio de 2010.

Os planetas mais próximos ao Sol perderam esse calor dessa estrela em formação, tornando-se chamados de planetas terrestres. Mercúrio, Vênus e a Terra, além do ponto, sendo 5 a 6 vezes mais densos do que Júpiter.

Os planetas têm a temperatura média próxima à zero absoluto e são chamados de planetas gelados. A atmosfera dos planetas gelados, com exceção de Marte, é muito tênue, com poucas moléculas de gás.



A Terra pertence a este grupo de planetas, que leva seu nome. Não é o único representante nos demais segmentos deste mapa para estabelecer um padrão de tamanho.



Vênus é quase idêntica à Terra, mas com uma atmosfera muito mais densa e quente, a temperatura média é de 460°C.



Marte tem uma superfície que em muitos aspectos lembra a da Terra. Conhecemos toda a sua superfície em grande detalhe. Possui água em forma de gelo e de vapor.

Mercúrio é bem menor do que a Terra, mas por sua gravidade não consegue reter a atmosfera. Sem a proteção da atmosfera, a radiação solar é muito intensa. A temperatura média é de -180°C.

