

Marcos Tibério Aderaldo Menezes
Eliude Maia Xavier

ASTRONOMIA, MOVIMENTO E SONDAS ESPACIAIS



Marcos Tibério Aderaldo Menezes

Eliude Maia Xavier

ASTRONOMIA, MOVIMENTO E SONDAS ESPACIAIS



Fortaleza-CE

2022

FICHA TÉCNICA:

Editor-chefe: Vanques de Melo
Diagramação: Vanques Emanuel
Capa: Vanderson Xavier
Produção Editorial: Editora DINCE
Revisão: Autores

CONSELHO EDITORIAL:

Dr. Felipe Lima Gomes (Mestre e doutor pela UFC)
Prof. e Ma. Karine Moreira Gomes Sales (Mestra pela UECE)
Francisco Odécio Sales (Mestre pela UECE)
Ma. Roberta Araújo Formighieri
Dr. Francisco Dirceu Barro
Prof. Raimundo Carneiro Leite
Eduardo Porto Soares
Alice Maria Pinto Soares
Prof. Valdeci Cunha

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

MAIA, Camila Santos da Silva
ASTRONOMIA, MOVIMENTO E SONDAS ESPACIAIS
Fortaleza – Ceará. Editoras DINCE, 2022 – 72p. Impresso

ISBN: 978-85-7872-575-4

DOI: 10.56089/978-85-7872-575-4

1. Astronomia 2. Movimentos 3. Sondas

NOTA DA EDITORA

As informações e opiniões apresentadas nesta obra são de inteira responsabilidade do(s) autor (es).

A DIN.CE se responsabiliza apenas pelos vícios do produto no que se refere à sua edição, considerando a impressão e apresentação. Vícios de atualização, opiniões, revisão, citações, referências ou textos compilados são de responsabilidade de seu(s) idealizador (es).

Impresso no Brasil

Impressão gráfica: DIN.CE

CENTRAL DE ATENDIMENTO:

Tel.: (85) 3231.6298 / 9.8632.4802 (WhatsApp)
Av. 2, 644, Itaperi / Parque Dois Irmãos – Fortaleza/CE

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: CONHECENDO O SISTEMA SOLAR COM AS VOYAGER5	
I. INTRODUÇÃO.....	5
II. SISTEMA SOLAR.....	7
CAPÍTULO 2: VIA LÁCTEA.....	25
I. INTRODUÇÃO.....	25
II. UNIVERSO.....	26
OBSERVAÇÃO DO CÉU A OLHO NU.....	33
CAPÍTULO 3: O MOVIMENTO DOS ASTROS.....	34
I. INTRODUÇÃO.....	34
II. GEOCENTRISMO versus HELIOCENTRISMO.....	37
Você, astrônomo!.....	44
LEITURA COMPLEMENTAR.....	47
CAPÍTULO 4: ACELERANDO UMA NAVE ESPACIAL.....	51
I. INTRODUÇÃO.....	51
II. UMA NOVA TERRA.....	52
Você, astrônomo!.....	57

CAPÍTULO 5: MISSÕES ESPACIAIS	59
I. INTRODUÇÃO.....	59
II. ALGUNS FATORES QUE CONTRIBUÍRAM PARA O AVANÇO NA EXPLORAÇÃO ESPACIAL	60
Você, astrônomo! Sol – Movimento aparente.....	68

CAPÍTULO 1:

CONHECENDO O SISTEMA SOLAR

COM AS VOYAGER

I. INTRODUÇÃO

Não é difícil encontrar alguém que tenha sonhado com uma viagem espacial, em sair do planeta Terra, atravessar o sistema solar conhecendo seus planetas e seguir universo afora rumo ao desconhecido. Pois é, esta aventura sonhada por muitos está acontecendo, já desde 1977, com as sondas gêmeas *Voyager 1* e *2*. Esse projeto foi encabeçado pelo famoso Físico estadunidense **Carl Sagan** (1934-1996) da Universidade de Cornell, mas não seria um exagero dizer que toda a humanidade está fazendo parte dessa aventura pois ela é fruto da curiosidade, coragem e engenhosidade humanas. Vamos, a partir de agora, conhecer em detalhes esta e outras aventuras protagonizadas pelas sondas espaciais, as nossas desbravadoras do Universo. Nossa aventura começou no dia 20 de agosto de 1977 com o lançamento da *Voyager 2* e logo depois, em 05 de setembro de 1977, com o lançamento da *Voyager 1*. As sondas tinham como objetivo estudar os primeiros planetas gasosos a partir do Sol, Júpiter e Saturno, que até então só tinham sido visitados pelas sondas *Pioneer 10* e *11*, respectivamente em 1973 e 1974.

Já poucos dias após seu lançamento enquanto seguia rumo à Júpiter, a *Voyager 1* deu uma demonstração das maravilhas que viriam desta aventura ao enviar a primeira foto da Terra e da Lua em quadro único. A *Voyager 1* chegou em Júpiter em março de 1979 e a *Voyager 2* em julho de 1979. Em Júpiter, as sondas iniciaram uma grande sequência de descobertas e sucessos, mostraram pela primeira vez a superfície dos satélites galileanos Io (com seus vulcões

ativos), Ganimedes, Calixto e Europa com sua superfície lisa; descobriram os anéis de Júpiter e três novos satélites - Métis, Adrastea e Tebe.

Em Saturno, a Voyager 1 seguindo uma trajetória próxima aos anéis e do satélite Titã e a Voyager 2 numa trajetória que a colocaria a caminho de Urano, realizaram grandes descobertas: quatro novos satélites observados (Prometeu, Pandora, Atlas e Pan), dezenas de novos anéis estreitos, a grande cratera (Herschel) na superfície de Mimas e a variação de brilho entre os hemisférios de Iapetus. Após Saturno, a Voyager 1 iniciou sua viagem para fora do sistema solar enquanto sua gêmea seguiu para Urano.

A *Voyager 2* chegou em Urano e Netuno, respectivamente em 1986 e 1989, e não frustrou as boas expectativas realizando novas descobertas. Em Urano, encontrou dez novos satélites, confirmou seu sistema de anéis e enviou imagens detalhadas da superfície dos satélites Ariel, Titânia e Miranda e em Netuno também confirmou sistemas de anéis, descobriu seis novos satélites e detectou uma rarefeita atmosfera e alguns gêiseres em Tritão. Nesse período a sonda também observou a supernova 1987A – a mais brilhante supernova observada desde de 1604.

Em 1990, com treze anos de missão, as sondas gêmeas já tinham visitado os planetas Júpiter, Saturno, Urano (apenas a *Voyager 2*) e Netuno (apenas a *Voyager 2*); descoberto satélites e anéis em volta destes planetas, enviado detalhes das superfícies de vários outros satélites e observado uma espetacular supernova; colecionando descobertas e sucessos cumprindo com louvor tudo que se esperava delas. Mas se iniciava então, uma nova missão rumo ao desconhecido, a missão interestelar com o intuito de estudar a região limítrofe do sistema solar e chegar ao espaço interestelar.

SUPERNOVAS SÃO
CORPOS CELESTES DE
EXTREMA
LUMINOSIDADE
SURGIDOS DA
EXPLOÇÃO DE ESTRELAS
COM
GRANDE MASSA. O
BRILHO DE UMA
SUPERNOVA PODE
OFUSCAR O BRILHO DE
TODA A GALÁXIA DA
QUAL FAZ PARTE.

Ao completar a sua missão inicial, a *Voyager 1* em fevereiro de 1990, virou para a Terra e a fotografou, fornecendo para a humanidade uma prova do quão pequenos somos todos nós, quando comparados ao Universo, foto esta, “batizada” por Carl Sagan como “Pálido Ponto Azul”. Oito anos depois a *Voyager 1* ultrapassou a sonda Pioneer e tornou-se o dispositivo humano enviado mais longe no espaço. Em 2004 e 2007, respectivamente, as *Voyager 1* e 2 cruzaram a terminação de *shock* e, em 2012, a *Voyager 1* entrou no espaço interestelar.

Que aventura! Digam se não deu vontade de estar com uma destas sondas, de ver o que viram e o que ainda irão ver. Estes objetos estão fazendo hoje o que as caravelas fizeram nas grandes navegações a 500 anos atrás, e, por falar nisso, onde estarão daqui a 500 anos? E a humanidade, já terá mandado astronautas para fora do sistema solar, descoberto novos mundos habitáveis e iniciado suas colonizações? É empolgante quando pensamos nessas possibilidades em futuros distantes, porém mais empolgante ainda é saber que hoje outras aventuras estão acontecendo e que podemos fazer parte delas acompanhando-as, compartilhando suas descobertas e, quem sabe, até mesmo elaborando ou participando das próximas.

II. SISTEMA SOLAR

Acabamos de ver as façanhas realizadas pelas sondas gêmeas *Voyager* ao percorrer o sistema solar, deixá-lo para trás e seguir espaço afora. Mas o que é o nosso sistema solar, como e quando surgiu? Quais são os planetas e outros entes que o formam? A partir de agora, começaremos a responder estas perguntas, muitas das quais só puderam ser respondidas ou confirmadas através do trabalho das sondas espaciais.

Formação do Sistema Solar

Por volta de 4,6 bilhões de anos atrás, num certo ponto do Universo, havia somente uma névoa de poeira e gás como tantas outras que hoje os astrônomos encontram universo afora. No entanto, nessa névoa e em todas as outras no universo, a gravidade (uma das quatro forças fundamentais) estava atuando, unindo grão a grão, partícula a partícula, e, ao longo de dezenas de milhões de anos, concentrou a maior parte de sua massa no centro. Com o acréscimo de mais e mais massa no centro, a turbulência era crescente fazendo o núcleo girar cada vez mais rápido levando o restante da nuvem a adquirir a forma de disco.

Quanto mais massa esse núcleo recebia, mais rápido girava e mais compacto ficava e, em consequência dessa compactação, aumentava de temperatura; esse processo prosseguiu até que a temperatura e pressões foram tais que o nosso Sol “acendeu”.

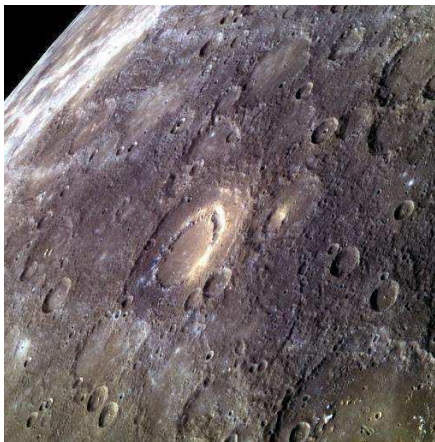
Nesse momento, as partes mais distantes do disco esfriavam a ponto de ocorrer solidificação da matéria e pequenos grãos de poeira surgiram, aglomeraram-se e colidiram uns com os outros formando corpos maiores, e maiores, e maiores... Surgiram, então, os planetas telúricos (Mercúrio, Vênus, Terra e Marte) formados a partir de compostos com ponto de fusão mais alto (metais e minerais), os planetas Jovianos ou gigantes gasosos (Júpiter, Saturno, Urano e Netuno) formados numa região onde os abundantes compostos voláteis de gelo encontravam-se sólidos, o cinturão de Kuiper, o cinturão de asteroides (entre Marte e Júpiter), os cometas e os planetas anões. E todos juntos, sob a influência gravitacional do Sol, formaram o **Sistema Solar**.

OUTRAS TEORIAS PARA FORMAÇÃO DO SISTEMA SOLAR.

- BUFFON (1749):
ORIGEM A PARTIR DO
CHOQUE DE UM
COMETA COM O SOL.
DA CATÁSTROFE, UM
FILAMENTO DE
MATÉRIA EJETADO
DO SOL TERIA
ORIGINADO OS
PLANETAS.
- CHAMBERLAIN E
MOULTON (1900):
ORIGEM A PARTIR DA
APROXIMAÇÃO DE

Esta teoria para a formação do sistema solar é conhecida como hipótese nebular e foi proposta por Kant em 1755 e depois, em 1796, pelo francês Pierre Simon de Laplace, desde então, vem sendo aperfeiçoada. Deste aperfeiçoamento deu-se a teoria nebular reformulada a mais aceita atualmente.

Planetas, cometas e mais...



Superfície de Mercúrio
(Nasa. www.nasa.gov/)

Mercúrio: É o primeiro planeta a partir do Sol, por ser o mais rápido de todos a completar uma volta em torno do Sol (88 dias) recebeu o nome do mensageiro dos deuses. Por não apresentar atmosfera tem suas temperaturas variando de 430, quando é dia, a – 170 noite. Seu dia tem uma duração, à de aproximadamente 59 dias terrestres, uma rotação muito lenta, a explicação está no fato de Mercúrio ter colidido há bilhões de anos com um grande corpo celeste o que freou sua rotação, outra consequência

desse choque foi a perda de crosta e manto deixando-o com seu tamanho atual (mais ou menos o tamanho de nossa Lua). A semelhança com a nossa Lua não está apenas no tamanho, mas também na temperatura e na superfície repleta de crateras, de montanhas e vales.

Vênus: Segundo planeta do sistema solar, talvez por ser o mais brilhante dos planetas tenha recebido o nome da deusa romana do amor e da beleza, Vênus, sendo o único planeta a receber um nome feminino. A atmosfera de Vênus é extremamente densa o que oculta sua superfície, composta em pelo menos 95% de gás carbônico, com uma pressão mais de 90 vezes superior à da terra e nuvens de ácido sulfúrico (cheiram a ovo podre) um composto extremamente corrosivo. Essa atmosfera espessa não permite que calor escape provocando um extremo efeito estufa que o torna o planeta mais quente do sistema solar (temperaturas superiores a 464). Em Vênus, o ano tem duração de 225 dias e seu movimento de rotação é retrógrado e extremamente lento, tendo período de 243 dias terrestres. Uma supercolisão com um asteroide ou outro objeto grande no passado é a hipótese mais aceita para seu padrão rotacional.

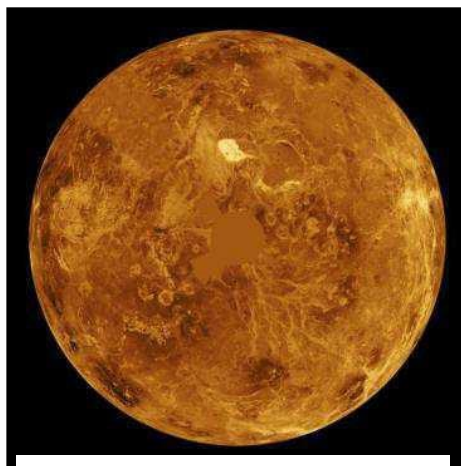


Imagem de radar de Vênus
(Nasa. www.nasa.gov/)

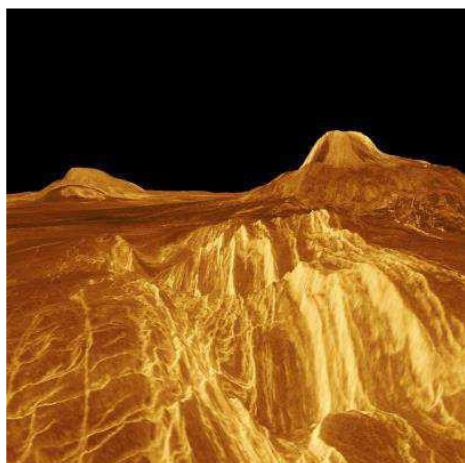


Imagem 3D dos vulcões Sif Mons e em Vênus

Um fato curioso devido ao padrão rotacional de Vênus é o de que, em Vênus, veríamos o Sol nascer no oeste e se pôr no leste; também devido à rotação retrógrada o intervalo de tempo entre o nascer e o pôr do Sol é de 117 dias. E ainda, a lentidão na rotação impossibilita que o núcleo metálico de Vênus gere um campo magnético.

ESPECULA-SE QUE VÊNUS
JÁ TENHA SIDO PARECIDO
COM A TERRA, PORÉM SEUS
OCEANOS SECARAM E A
TEMPERATURA AUMENTOU
MAIS E MAIS. A GRANDE
QUANTIDADE DE CO₂
NA ATMOSFERA INICIOU UM
CICLO DE AQUECIMENTO
TORNANDO-O CADA VEZ
MAIS
QUENTE ATÉ SE
TRANSFORMAR

A superfície de Vênus, completamente mapeada pela sonda Magalhães em 1993, não apresenta água na forma líquida, é, em sua grande maioria formada por planícies, tem mais de 1600 vulcões os quais provocaram a formação de longos canais com os rios de lava advindos desses vulcões e seis regiões montanhosas que cobrem quase um terço do planeta. Na superfície venusiana também são encontradas fraturas, com formas só vistas lá, com quilômetros de extensão

– as coroneae, novae e aracnoides.

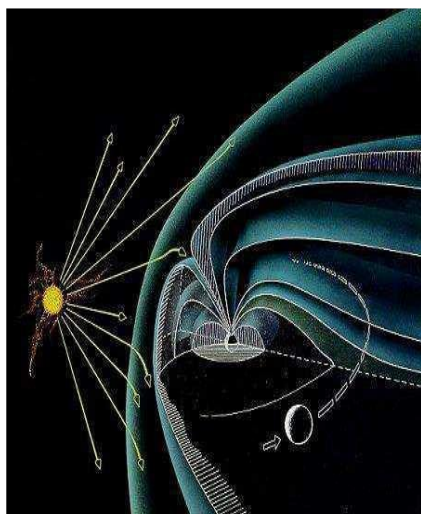
Terra: Terceiro planeta do sistema solar, e, pelos conhecimentos atuais, o único a hospedar vida – o nosso lar. Sua atmosfera é composta principalmente por nitrogênio, N₂, e oxigênio, O₂, correspondendo a 78 % e 21 %, respectivamente, de seu volume. No 1 % restante encontramos o gás nobre argônio, vapor d'água, H₂O, ozônio, O₃, dióxido de carbono (gás carbônico), CO₂, e metano, CH₄. Estes últimos (CO₂ e CH₄), são os principais causadores do efeito estufa e o aumento em suas emissões contribui para o aquecimento global, "lembrem-se de Vênus".



Foto da Terra e Lua, num mesmo quadro, tirada pela Voyager1(Nasa.www.nasa.gov/)

A Terra é o primeiro planeta a partir do Sol com satélite natural – nossa bela Lua. A importância da Lua não se resume a sua beleza, sua interação gravitacional com a Terra é a responsável pela diminuição da velocidade de rotação terrestre que hoje é de 23 horas e 56 minutos, mas que já foi de cerca de 5 horas nos primórdios da Terra. No entanto, o efeito mais importante promovido pela Lua na evolução terrestre foi a estabilização da inclinação do eixo de rotação terrestre imprescindível para a permanência de um clima moderado e

adequado à vida. Outras consequências da interação Terra-Lua são a reflexão da luz solar e o efeito de maré nos oceanos (o Sol também participa da formação das marés) ambos, mais interessantes, que relevantes.



Representação da magnetosfera terrestre
(<http://history.nasa.gov/>)

Águas distintas da que temos em nossos oceanos; a mais recente destas medições, realizada pela sonda Rosetta na água do cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko, também encontrou uma água distinta da que temos aqui em nosso planeta. Sobrou, então, para os asteroides, a responsabilidade pelo fornecimento da nossa água.



Curiosity, veículo destinado a explorar a superfície de Marte

Dois terços da superfície do planeta Terra é coberta por água componente fundamental para o surgimento da vida, porém não se tem certeza de onde veio toda essa água já que a água possivelmente presente no período de formação do planeta teria evaporado devido às altas temperaturas da época. Como não existe explicação para a formação de água em nosso planeta, os cientistas sustentam a hipótese de que a água que forma nossos oceanos foi trazida depois que a Terra esfriou, acreditava-se que os cometas tinham sido os responsáveis por tal feito. No entanto, medições feitas em cometas indicam

Águas distintas da que temos em nossos oceanos; a mais recente destas medições, realizada pela sonda Rosetta na água do cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko, também encontrou uma água distinta da que temos aqui em nosso planeta. Sobrou, então, para os asteroides, a responsabilidade pelo fornecimento da nossa água.

Nosso lar é realmente especial, não estamos nem muito longe nem muito perto do Sol, temos uma atmosfera com CO₂ e CH₄ em quantidades ideais para segurar o calor necessário à vida (pelo menos por enquanto), inclinação do eixo de rotação adequado e água abundante. Mas essas condições de nada adiantariam se não

tivéssemos nosso campo magnético protegendo-nos do vento solar. O campo magnético é produzido no núcleo exterior da Terra (transformando-a num grande ímã) formando a magnetosfera, uma

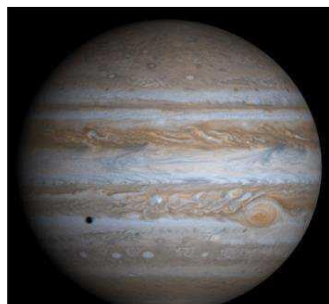
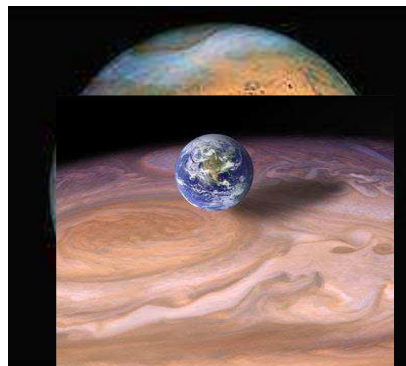


Imagem capturada pelo telescópio espacial Hubble do planeta Júpiter (Nasa).

região que funciona como escudo para as partículas carregadas que vêm do Sol.

Marte:

Quarto planeta a partir do Sol.
Com



M Comparação entre a grande te mancha vermelha e a Terra (Créditos: Michael)

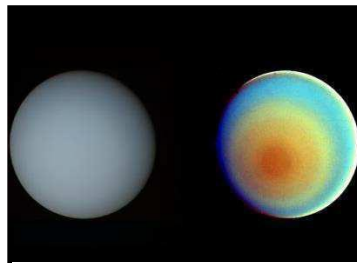
aproximadamente metade do diâmetro da Terra, o planeta vermelho é o único do sistema solar com características semelhantes às da Terra: uma atmosfera rarefeita, apresentando nitrogênio, N₂, argônio, oxigênio, O₂, e gás carbônico, CO₂, um solo de composição parecida com o solo terrestre, tem água em seu subsolo, o dia durando pouco mais de 24 horas e seu período de translação é de 687 dias; devido à sua cor vermelha (abundância de óxido de ferro em sua superfície) recebeu o nome do deus romano da guerra e possui duas luas pequenas, Deimos (“terror”, em grego) e Fobos (“medo”, em grego), sua distância à Terra varia de cerca de duas vezes a distância da Terra ao Sol (300 000 000 km) a um terço dessa distância (56 000 000 km). Em Marte, o campo magnético não existe há bilhões de anos.

A superfície de Marte apresenta inúmeras crateras, campos de neve carbônica, vales e dunas de areia. Em Marte está localizado o maior vulcão do sistema solar, o Monte Olimpo, com uma altura equivalente a mais de três Montes Everest empilhados (cerca de 25 km) – o Monte Olimpo está inativo.

Por ser o planeta mais propício a vida, depois da Terra, é claro, Marte foi e continua sendo alvo de inúmeras missões espaciais (em 2015, completamos 50 anos de missões à Marte) nos levando a uma compreensão cada vez maior do nosso vizinho no sistema solar.

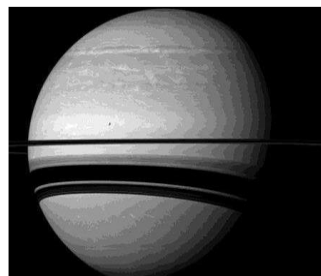
Júpiter: Maior planeta do sistema solar, quinto a partir do Sol e o primeiro dos planetas gasosos – jovianos. Não foi por acaso que recebeu

o nome da maior divindade romana (o correspondente para os gregos, seria Zeus), pois tudo é grandioso quando se fala de Júpiter: possui cerca de 2,5 vezes a massa de todos os outros planetas juntos, ao sul de seu equador está a grande mancha vermelha uma tempestade com tamanho superior a duas vezes o tamanho da Terra que já dura, pelo menos 400 anos, seu campo magnético é imenso estendendo-se até próximo da órbita de Saturno, possui um tênue anel e 67 luas, destacando-se as luas galileanas: Europa com um oceano sob sua superfície congelada (considerado o local de maior probabilidade de conter vida no sistema solar), Io, Calixto e Ganimedes, a maior lua do sistema solar (em Ganimedes temos 70 vezes mais água que em todos os oceanos da Terra).



Urano em cor verdadeira e falsa, foto da Voyager 2 em janeiro de 1986 (Nasa).

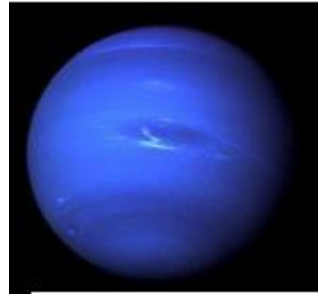
Saturno: Segundo maior planeta do sistema solar, sexto a partir do Sol e o segundo dos planetas gasosos. Recebeu o nome do pai de Júpiter, talvez por estar mais longe da Terra que Júpiter. Muito do que se sabe a respeito de Saturno deve-se a sonda Voyager 1, sua característica principal, que o distingue dos demais planetas é seu vasto sistema de anéis de fácil visualização (Júpiter, Urano e Netuno também possuem anéis) que por apresentarem uma grande quantidade de água no estado sólido (indo desde pequenos cristais de gelo até blocos de alguns metros de diâmetro) refletem a luz do Sol. Até onde se sabe, Saturno possui 56 luas.



Saturno e Tétis, uma de suas luas, em imagem da sonda Cassini (Nasa).

Urano: Sétimo planeta a partir do Sol e primeiro descoberto pela astronomia moderna (descoberto em 1781 pelo astrônomo inglês William Herschel), seu nome é uma homenagem ao deus grego do céu. Possui 27 luas e anéis que lembram os de Saturno, porém muito tênues. Sua atmosfera composta primordialmente de hidrogênio e hélio é a mais fria de todos os planetas do sistema solar podendo chegar a 49 K, cerca de -224 Só para comparar, a menor temperatura já registrada na superfície da Terra foi de cerca de no ano de 1983 na estação russa de Vostok na Antártida, uma das regiões mais inóspitas de nosso planeta.

Netuno: Oitavo planeta a partir do Sol, segundo descoberto pela astronomia moderna e o primeiro descoberto a partir de cálculos, antes mesmo de ser visualizado. Recebeu o nome do deus romano dos mares devido à sua cor azul, possui 13 luas conhecidas sendo a maior Tritão, sua atmosfera é composta de hidrogênio, hélio, metano e amoníaco; apresenta características marcantes como a Grande Mancha Escura, a Pequena Mancha Escura e a Patineta.



Netuno, em imagem da Voyager 2. (Nasa. www.nasa.gov/)



Plutão, imagem da sonda New Horizons (Nasa. www.nasa.gov/)

Planeta anão

Plutão: Em 24

de agosto de 2006, a União Astronômica Internacional (IAU, sigla em inglês) aprovou resolução alterando a definição de planeta, segundo a nova definição um planeta é um corpo celeste que:

- a) está em órbita ao redor do Sol;
- b) tem massa suficiente para apresentar forma arredondada, devido ao equilíbrio

hidrostático;

c) está sozinho na região de sua órbita. Desta forma, por não apresentar órbita livre de outros corpos (cláusula “c”), Plutão não satisfaz todas as exigências para ser o nono planeta do sistema solar, sendo reclassificado como “**planeta anão**”. Uma das causas de ter sido revista a definição de planeta, foi a descoberta de vários corpos de tamanho aproximadamente igual ou maiores que Plutão, no sistema solar. Em 14 de julho de 2015, a sonda New Horizons sobrevoou a superfície de Plutão, com o objetivo de caracterizar a geologia e a morfologia de Plutão e suas luas. Dentre outras descobertas a sonda constatou que Plutão é um pouco maior do que se pensava, apresenta cadeias montanhosas e vastas planícies geladas, vapores na atmosfera e sinais de movimento de nitrogênio e metano congelados em sua superfície. Com as recentes descobertas, é possível sugerir que Plutão

PLANETAS ANÕES DO SISTEMA SOLAR: PLUTÃO (ATÉ 2006, AINDA ERA CONSIDERADO PLANETA QUANDO FOI “REBAIXADO”

tenha um núcleo mais denso envolto por uma espessa camada de gelo aumentando a possibilidade da existência de um oceano líquido sob o gelo.

Cinturão de asteroides ou cintura de asteroides ou cintura interna de asteroides: Região do sistema solar localizada entre as órbitas de Marte e Júpiter com inúmeros corpos rochosos e metálicos de formas irregulares – os **asteroides**. Pertencem ao cinturão de asteroides, o planeta anão Ceres, o maior objeto do cinturão, Pallas, Vesta e Hígia.

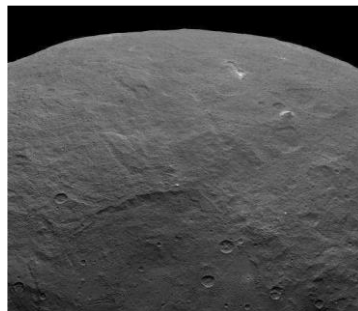


Imagem capturada pela nave Dawn, onde se vê uma montanha no canto superior direito do planeta anão Ceres, Junho de 2015. (Nasa).

Cinturão ou cintura de Kuiper e disco disperso: Situados em uma região entre 30 UA e 50 UA de distância do Sol com muitos objetos celestes, a saber: planetas anões, asteroides e cometas.

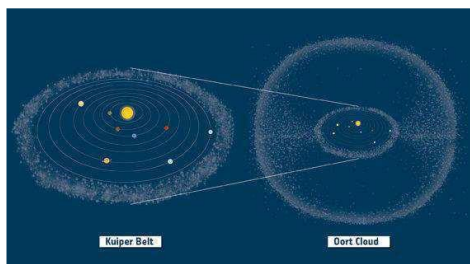


Ilustração contendo cinturão de Kuiper e nuvem de Oort (ESA. www.esa.int/ESA)

habitantes de nosso planeta. O mais famoso dos cometas, o cometa Halley, sempre desencadeou mortes ao longo da História “levando a culpa” por tudo de ruim que estivesse acontecendo quando de sua passagem – a peste bubônica e o incêndio de Londres são alguns exemplos.

Com relação aos seus períodos, os cometas foram divididos em três categorias: os de curto período, que completam uma volta em torno do Sol em até 20 anos; os de médio período

Cometas: Pequenos corpos de gelo e rocha que orbitam o Sol em longas e excêntricas trajetórias. À medida que se aproximam do Sol, seu gelo começa a sublimar (passar de sólido para gás) formando a coma e sua cauda, tornando-o bem visível para quem está na Terra. Os espetáculos proporcionados por sua passagem, no passado, traziam terror e preocupação para os



Módulo pousador Philae. (ESA. www.esa.int/ESA)

que gastam de 20 anos a 200 anos e vindos, em geral, do cinturão de Kuiper, e os de longo período que necessitam de mais de 200 anos para completar uma volta em torno do Sol e vindos, em geral, da nuvem de Oort (região 100 mil vezes mais afastada do Sol que a Terra).

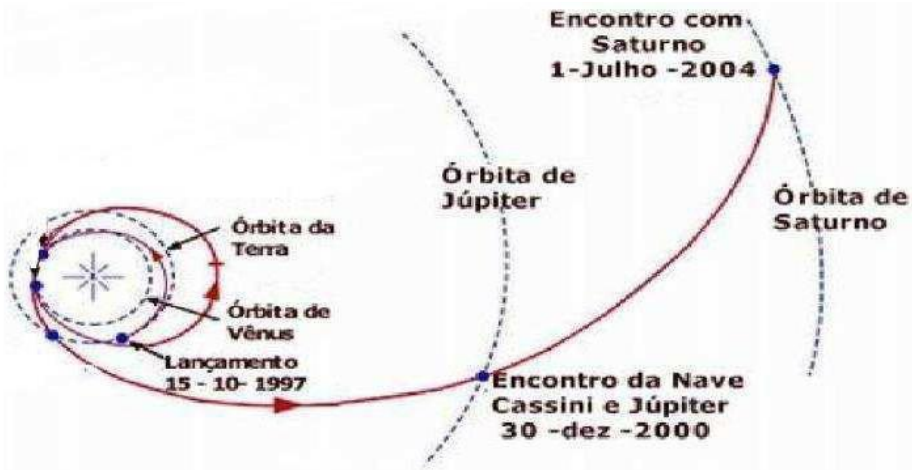
Mais recentemente, o cometa que vem atraindo a atenção dos cientistas é o 67P/Churyumov-Gerasimenko, alvo da sonda Rosetta que tinha como missão orbitar e pousar no cometa. A missão da sonda Rosetta foi cumprida com êxito em 12 de novembro de 2014, quando seu módulo pousador Philae separou-se da nave e pousou no cometa.

Tabela 1: Algumas características dos planetas do sistema solar.

	Mercúrio	Vênus	Terra	Marte	Júpiter	Saturno	Uranus	Netuno
Diâmetro equatorial (km)	4878	12100	12756	6786	142984	120536	51108	49538
Massa (M_{Terra})	0,055	0,815	1	0,107	317,9	95,2	14,6	17,2
Distância média Ao Sol (10^6 km)	57,9	108,2	149,6	227,9	778,4	1423,6	2867	4488
Excentricidade Da órbita	0,206	0,0068	0,0167	0,093	0,048	0,056	0,046	0,010
Translação	87,9 d	224,7 d	365,25 d	686,98 d	11,86 a	29,46 a	84,04 a	164,8 a
Rotação	58,6 d	243 d*	23h56min	24h37min	9h48min	10h12min	17h54min*	19h6min
Massa (kg)	$3,30 \times 10^{23}$	$4,87 \times 10^{24}$	$5,97 \times 10^{24}$	$6,42 \times 10^{23}$	$1,90 \times 10^{27}$	$5,69 \times 10^{26}$	$8,70 \times 10^{25}$	$1,03 \times 10^{26}$
Densidade (g/cm^3)	5,4	5,2	5,5	3,9	1,3	0,7	1,3	1,6
Aceleração da Gravidade (g_{Terra})	0,37	0,88	1	0,38	2,64	1,15	1,17	1,18
Satélites naturais	0	0	1	2	67	56	27	14

*= Rotação retrógrada, d = dias e a = anos.

Unidades de medida de comprimento usadas na astronomia



Quando estamos interessados nas distâncias entre os planetas do sistema solar e o Sol, das dimensões do sistema solar e de nossa galáxia, da distância entre estrelas, e da distância entre galáxias, torna-se inviável o uso da unidade de comprimento quilômetro (km), tão familiar para nós no cotidiano. Para termos uma noção de como é inadequada esta unidade, imagine só se tivéssemos que informar as dimensões de um terreno na cidade em milímetros, a distância entre cidades e países em centímetros e a circunferência de nosso planeta em metros. Imaginou? “Problemão”, não? Seria o mesmo, se utilizássemos o quilômetro para as distâncias envolvidas na astronomia. Como solução para este problema, outras unidades de comprimento mais adequadas às grandes distâncias encontradas no universo, foram definidas para uso na astronomia.

Unidade Astronômica (UA):

Tem como padrão a distância média da Terra ao Sol, aproximadamente 150 000 000 km.

$$1 \text{ UA} = 149\,597\,870\,700 \text{ m}$$



$$1 \text{ UA} = 149\,597\,870\,700 \text{ m}$$

Tamanhos e distâncias fora de escala.

Tabela 2: Distância, em unidades astronômicas, dos planetas ao Sol.

Planeta	Distância ao Sol (UA)
Mercúrio	0,4
Vênus	0,7
Terra	1,0
Marte	1,5
Júpiter	5,2
Saturno	9,5
Urano	19
Netuno	30

Ano-luz (al): Corresponde à **distância** percorrida pela luz, no vácuo, em um ano. O cálculo do valor correspondente a um ano-luz é simples, como a velocidade da luz (**c**), no vácuo, é igual a aproximadamente 300 000 km/s multiplica-se este valor pela quantidade de segundos em um ano, **faça você mesmo!**

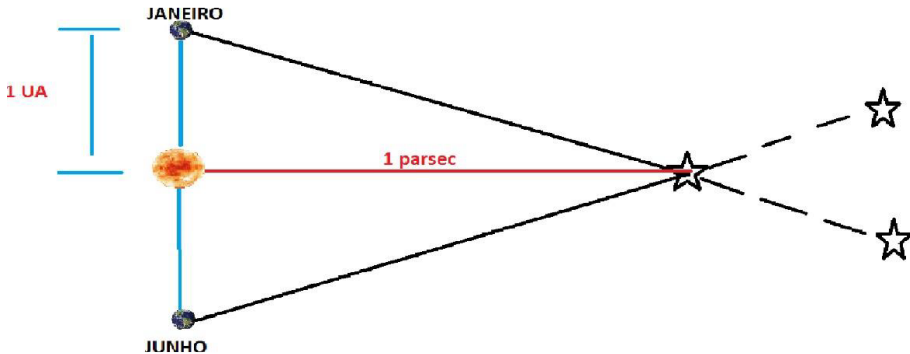
$$1 \text{ ano-luz} = 9,4605284 \times 10^{15} \text{ m}$$

Parsec (pc): Antes de definirmos Parsec precisamos definir paralaxe, ou seja, a mudança aparente da posição de um objeto devido ao movimento do observador. Vamos usar uma analogia para entender melhor. Escolha um ponto fixo, um armador de redes na parede, por exemplo; cubra seu olho esquerdo e estenda seu braço com o dedo indicador levantando-o de maneira a cobrir o armador, em seguida, descubra o olho esquerdo e cubra o direito.

Você terá a impressão de que o armador mudou de lugar, a isso damos o nome de paralaxe.

Voltemos ao parsec. Um Parsec corresponde à distância cuja paralaxe anual média vale um segundo de arco (1").

1 Parsec = 3,08567758 x 10¹⁶ m



Tamanhos e distâncias fora de escala.

Você, astrônomo!

Planetas observáveis a olho nu, como vê-los?

Mercúrio: Apesar de sua proximidade da Terra, sua observação não é tão fácil pois também está bem próximo do Sol.

Onde procurar?

Você deve olhar para próximo do horizonte um pouco antes do nascer do Sol ou um pouco depois do pôr do Sol (**nunca olhe para o Sol**).

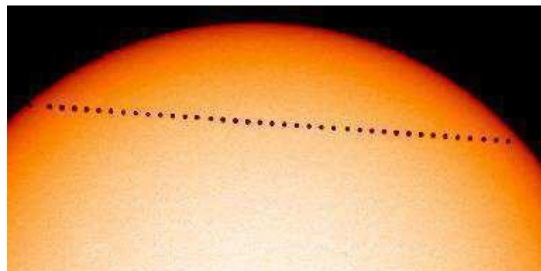


Foto montagem de trânsito de Mercúrio
(sohowww.nascom.nasa.gov)

Qual a melhor época e/ou horário?

Quando Mercúrio atinge sua máxima elongação (quando parece estar visualmente mais afastado do Sol); caso tenha sucesso, Mercúrio aparentará ser uma estrela cintilante de brilho considerável.

Com o uso de telescópio é possível ver parte do globo iluminado, já que estando localizado entre a Terra e o Sol, Mercúrio apresenta fases (assim como a Lua); quando passa em frente do disco solar temos um trânsito de Mercúrio – um pequeno eclipse, por assim dizer.



Foto: Reprodução/Física na veia

Vênus: É o objeto mais brilhante no céu, depois do Sol e da Lua, assim como Mercúrio, também se apresenta em fases (por estar entre a Terra e o Sol) e não é possível vê-lo cheio.

Onde procurar? Junto ao horizonte.

Qual a melhor época e/ou horário?

O melhor momento para sua observação acontece ao anoitecer ou ao amanhecer e com o auxílio de binóculos ou telescópios pode-se identificar sua fase.

Marte: Aparenta ser uma estrela avermelhada.

Onde procurar?

Na eclíptica, caminho seguido pelo Sol ao longo do ano.

Qual a melhor época e/ou horário?

Quando estiver próximo de uma conjunção com o Sol.

Júpiter: Dos planetas observáveis a olho nu, é o que mais aparenta ser mesmo um planeta por apresentar a forma de um disco.

Onde procurar?

Posiciona-se numa diferente constelação do zodíaco a cada ano (consulte um mapa estelar) e, com um pequeno telescópio, ainda é possível observar suas maiores luas: Io, Ganimedes, Calisto e Europa.

Qual a melhor época e/ou horário?

É visível por quase todo o ano à noite e, às vezes, no amanhecer e anoitecer.

Saturno: Apresenta-se como uma estrela de brilho durável e constante, e sua observação só é possível em certo período de cada ano, quando a Terra passa entre ele e o Sol.

Onde procurar?

Não basta olhar para o céu, descubra seu percurso (consulte um mapa estelar) para saber quando passará perto de alguma constelação conhecida.

Qual a melhor época e/ou horário?

A melhor época ocorre quando Saturno está em oposição ao Sol (mais perto da Terra).



Foto: Reprodução/Física na veia

Urano: Muitos pensam que somente os planetas Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno, são visíveis a olho nu, mas em condições excepcionais também é possível a visualização de Urano.

Onde procurar?

Descubra seu trajeto através de um mapa estelar.

Qual a melhor época e/ou horário?

Quando está em seu perigeu (menor distância ao Sol) e em oposição ao Sol, é visível a noite toda.

CAPÍTULO 2:

VIA LÁCTEA

I. INTRODUÇÃO

Vimos no capítulo anterior o início de uma das maiores aventuras da humanidade – a viagem das sondas gêmeas *Voyager* – que, em 1977, partiram da Terra e nos anos seguintes visitaram e coletaram dados dos planetas Júpiter, Saturno, Urano, Netuno e também de vários de seus satélites. No entanto, sua missão não se encerrou com a visita aos planetas mais distantes do Sol, as sondas seguiram adiante até os limites do sistema solar e, em 2012, a *Voyager 1* tornou-se o primeiro dispositivo humano a deixar o sistema solar.

E agora, o que as espera? O que vem depois da nossa estrela, O Sol? Ora, bilhões e bilhões de outras estrelas que juntas formam uma galáxia, da qual nosso Sol faz parte - a **Via Láctea**. E depois, o que vem? Ora, bilhões e bilhões de outras galáxias, cada uma com bilhões e bilhões de estrelas.

Então, neste exato momento, as sondas estão a caminho de outros sistemas solares; o nosso sistema solar ficou para trás. Mas não nos iludamos pois logo as sondas deixarão de mandar notícias e, seja lá o que encontrarem pelo caminho, não ficaremos sabendo. Não podemos esquecer também que o universo é gigantesco e o mais provável é que decorram milhares, ou melhor, centenas de milhares de anos até que uma delas visite um planeta de um outro sistema solar.

Nossas pioneiras estão a “deriva” num oceano infinitamente maior que qualquer um de nossos oceanos, como garrafas soltas no mar com um pequeno bilhete dentro delas. Na verdade, é isso mesmo, os cientistas esperançosos de que alguém (espécie alienígena, humanos do futuro, humanos de outras regiões do universo...) “esbarre” com as sondas em seu caminho rumo ao infinito, colocaram em cada sonda, um

disco fonográfico de cobre banhado a ouro. Nestes discos encontram-se amostras da diversidade de vida e cultura da Terra - sons de animais, músicas folclóricas, músicas clássicas e fotos de temas diversos.

Será que as sondas chegarão em um outro planeta? Será que, antes disto, esbarrarão com alguém? E, este alguém, com as pistas fornecidas nos discos de ouro, terá como nos encontrar? Ficamos mais uma vez com a nossa imaginação.

II. UNIVERSO

A Terra é o nosso lar, se imaginarmos a Terra como nossa casa ou apartamento, o sistema solar será nosso prédio e a Via Láctea nosso condomínio, e que condomínio! Com duzentos bilhões de prédios, ou seja, 200 bilhões de estrelas. Mas nosso mundo acaba quando acaba nosso condomínio? É claro que não. Do mesmo jeito é o universo, ele não acaba em nossa galáxia, estima-se que existam centenas de bilhões de galáxias no universo observável.

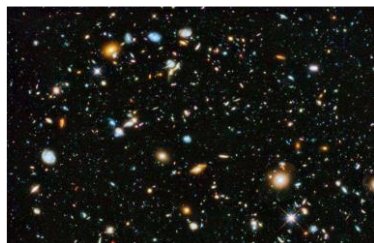


Imagem do HUDF, Dez mil galáxias num pedacinho de céu (Nasa.www.nasa.gov/).

Só para você ter uma ideia de quão grande é o universo, entre os anos de 2003 e 2004 os cientistas apontaram o telescópio espacial Hubble para uma pequena mancha (pequena mesmo, cerca de 1 mm²) na constelação de Fornax e, imaginem só, cerca de 10 mil galáxias foram reveladas neste pedacinho do céu.

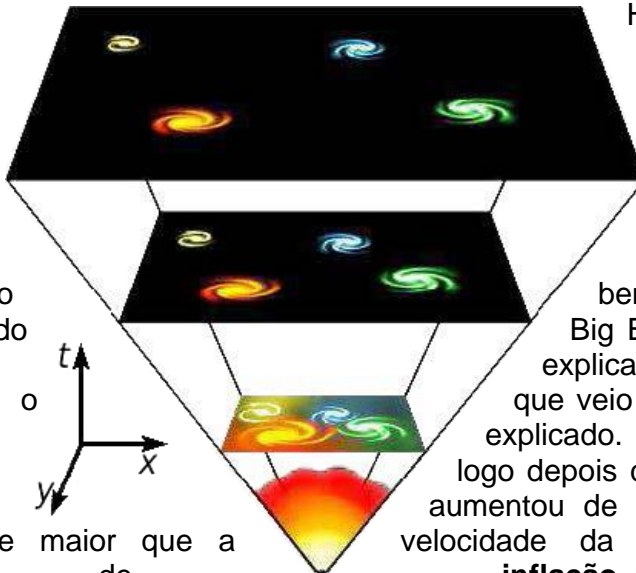
BIG BANG

Que o Universo é imenso já sabemos. Ele teve um início? Ou sempre existiu e continuará a existir eternamente? A humanidade vem tentando responder essa questão desde sempre. A primeira pista para desvendar esse mistério foi dada, em 1929, pelo astrônomo americano

Edwin Hubble (1889-1953) quando através de suas observações constatou que as galáxias estavam se afastando uma das outras, ou seja, o Universo estava em expansão. Portanto, se as galáxias estão se afastando, no passado estavam mais próximas e, no início dos tempos, tudo (matéria e energia) estava muito compactado. Nesse momento (a cerca de 13,8 bilhões de anos), com tudo condensado numa minúscula região, ocorreu uma grande explosão, o “**Big Bang**”, dando início ao Universo.

Na verdade, a teoria do Big Bang não explica o que aconteceu no exato momento da “explosão” só o que aconteceu logo depois - o início continua sem explicação. Para chegarmos a uma explicação sobre o que aconteceu no momento do Big Bang é necessária uma conciliação entre a **relatividade** e a **teoria quântica** – a “**teoria de tudo**”.

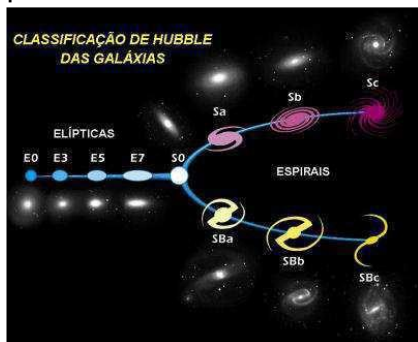
Stephen
Hawking (1942-)
ao explicar a
emissão de
radiação por
buracos
negros com a
combinação
das duas
teorias.



Tubo
exato do
entanto, o
bem
a teoria,
Universo
velocidade maior que a
chamado de
inflação, nesse momento
bem, o momento
Big Bang ainda não
explicação! No
que veio depois é muito
explicado. De acordo com
logo depois do Bing Bang o
aumentou de tamanho numa
velocidade da luz, processo
inflação, nesse momento
(componentes dos
nêutrons), os elétrons e
fótons. Devido à altíssima
temperatura essas partículas
não se combinavam; o que
ocorria era produção de
fótons a partir da
aniquilação de matéria – do
choque de quarks com
antiquarks ou do choque de
elétrons com antielétrons só
sobravam fótons. A inflação
e a aniquilação ocorreram
antes do fim do primeiro
segundo de vida do Universo.
Depois do primeiro segundo,
a expansão continuou e o
Universo esfriou até que, a
mais ou menos 10 bilhões de
graus Celsius, os quarks
puderam se combinar em
prótons e nêutrons. Depois,
esses

wikipedia.org/wiki/Big_Bang

prótons e nêutrons combinaram-se dando origem aos primeiros núcleos

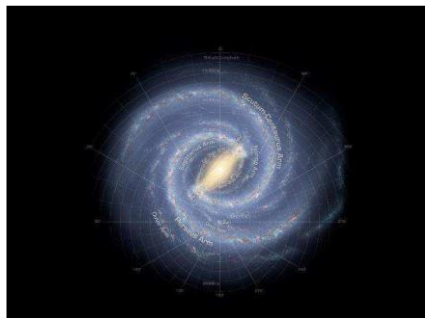


Fonte: <http://www.ccvalg.pt/astronomia/galaxias/>

atômicos: núcleos de hidrogênio (o mais simples), cerca de 75% do total, núcleos de hélio, 25%, e resíduos de lítio. Quando o Universo já tinha uns 300 mil anos de idade, a temperatura havia baixado até cerca de 3 000 graus Celsius possibilitando a formação dos primeiros átomos estáveis (matéria prima para as primeiras estrelas e galáxias). Nesse momento, os fótons passaram a circular pelo cosmos na forma de micro-ondas – **radiação cósmica de fundo**. E o fato dessa radiação vir de toda parte mostra

que o Big Bang aconteceu em todo lugar, ou seja, com o Big Bang o Universo inflou, ao contrário do que se propaga erradamente, de que o Universo começou e se espalhou por um espaço vazio.

GALÁXIAS E ESTRELAS



Nossa localização na Via Láctea (Nasa. www.nasa.gov/)

Do Big Bang surgiram os primeiros átomos estáveis (hidrogênio, hélio e lítio), através gravidade que da formaram nuvens gasosas que deram origem às primeiras estrelas e galáxias.

A galáxia da qual nosso Sol faz parte é a Via Láctea, tem a forma de um disco (**galáxia espiral**) com cerca de 100 mil anos-luz de diâmetro e 3 mil anos-luz de espessura. O Sol está a aproximadamente 30 mil anos-luz do centro da Via Láctea. A Via Láctea

pertence a um grupo de galáxias chamado de grupo local que, por sua vez pertence a um grupo de grupos de galáxias, chamado de aglomerado de Virgem, o qual ainda pertence ao superaglomerado de Virgem.

A Via Láctea tem cerca de treze bilhões de anos, em locais adequados pode ser vista facilmente tendo a aparência de uma faixa de

poeira e luz cortando o céu; é formada por cerca de 200 bilhões de estrelas. Também a olho nu, podemos ver as galáxias: nebulosa de Andrômeda - galáxia espiral mais próxima da Via Láctea e com o dobro de estrelas -, a Pequena nuvem de Magalhães e a Grande Nuvem de Magalhães.

As galáxias são compostas basicamente de estrelas, poeira, gás e **matéria escura**; de acordo com sua forma, são classificadas em três tipos básicos: elípticas, espirais e irregulares.

Estamos acostumados a ouvir que estrelas são astros que emitem luz própria mas esta afirmação não está completa, na verdade um objeto só será chamado de estrela quando for capaz de realizar **fusão nuclear**. Vimos que o Sol surgiu no núcleo da nuvem de poeira e gás que deu origem ao sistema solar, e que após este núcleo receber mais e mais massa girou e contraiu-se cada vez mais produzindo temperatura e pressão tais que ocorreu fusão de hidrogênio em hélio – fusão nuclear – nesse momento a energia liberada pela fusão equilibrou a força gravitacional que comprimia o núcleo estabilizando seu tamanho. Para todas as estrelas é mais ou menos desse jeito, acendem quando iniciam a fusão nuclear. Aquelas estrelas que não conseguiram iniciar a fusão recebem o nome de “**estrelas abortadas**” também conhecidas como “**anãs marrons**”, embora sejam avermelhadas e de um brilho fraco.

O tipo de estrela depende da nuvem de poeira e gás que a originou. Pouca matéria disponível, estrela de pouca massa e “fria” (temperatura até 3 000 K), mais matéria, estrela maior e mais quente, mais matéria ainda, estrela maior ainda e mais quente ainda. Deu para entender? Quanto maior mais quente.

A cor de uma estrela nos indica sua temperatura, as menos massivas, ou seja, as mais frias são vermelhas, as de maior massa, portanto mais quentes, são azuis e, as intermediárias, como o nosso Sol, amarelas. Os astrônomos classificaram as estrelas de acordo com a temperatura de sua superfície (classificação espectral) em sete grupos principais:

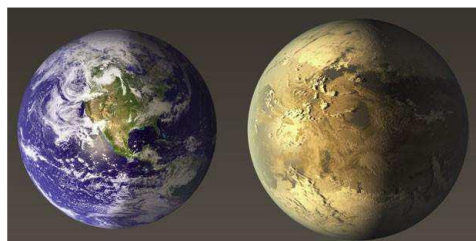
Tabela 1: Classificação espectral das estrelas.

Classe	Cor da estrela	Temperatura superficial (K)
O	Azul	30 000
B	branco-azulado	20 000
A	Branco	10 000
F	branco-amarelado	7 000
G*	Amarelo	6 000
K	Alaranjado	4 000
M	Vermelho	3 000

* = Categoria do nosso Sol.

Dentro de cada classe ainda temos dez subgrupos numerados de **0** a **9**, nosso Sol pertence a classe **G2**. E aquelas estrelas com características excepcionais são designadas pela letra **p** e, ainda, as anãs pela letra **d**, as gigantes e supergigantes pelas letras **g** e **s**, respectivamente.

Podemos ter planetas orbitando qualquer tipo de estrela (exceto, talvez, as estrelas formadas no início do Universo) e todos, em geral, girando no mesmo plano e no mesmo sentido por terem sido formados do mesmo disco de poeira e gás. Já foram descobertos planetas orbitando anãs brancas, anãs vermelhas e estrelas como o Sol. Os planetas que orbitam outras estrelas são chamados de **exoplanetas**; nas últimas décadas inúmeros exoplanetas foram descobertos alguns bem parecidos com a Terra.



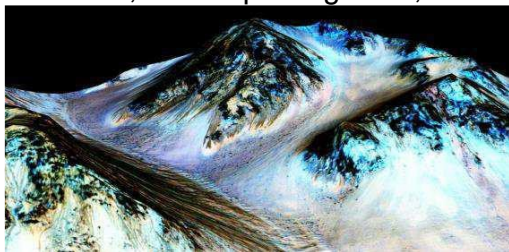
Comparação entre a Terra e o exoplaneta Kepler-186f, que está na zona habitável de sua estrela (Nasa).

Quando falamos de planetas orbitando estrelas, de imediato, vem a pergunta “Pode existir vida lá?” Bem, não basta estar orbitando uma estrela, vários fatores devem ser considerados. O tipo de estrela é o primeiro fator, gigantes azuis consomem seu combustível em poucos milhões de anos não dando tempo para o surgimento de vida em algum planeta que a orbite, já estrelas intermediárias como o nosso Sol, que podem durar até 12 bilhões de anos, fornecem tempo suficiente para o surgimento e desenvolvimento da vida. Porém, quando se fala de tempo,

as anãs vermelhas que levam trilhões de anos para consumir seu combustível são as mais propícias para que apareça vida em um de seus planetas. Outro fator importantíssimo, é a distância do planeta a sua estrela, o planeta deve estar na chamada **zona habitável**; pois de nada adianta orbitar uma estrela como o Sol, se estiver perto de mais (muito quente para surgir vida) ou longe demais (muito frio para surgir vida). O muito perto, significa que as temperaturas no planeta não permitem a ocorrência de água no estado líquido pois esta evaporaria e, o muito longe, o mesmo (falta de água no estado líquido), só que agora, a água estaria congelada. Tem mais, a órbita do planeta não pode ser muito elíptica nesse caso o planeta estaria muito próximo e muito longe de sua estrela alternadamente, ao longo do ano.

Vejam como somos privilegiados, nosso Sol é o de tipo adequado, não estamos nem muito perto nem muito longe dele e nossa órbita é quase circular; sem falar da abundância de água, de nossa atmosfera, da inclinação de nosso eixo de rotação e de nosso campo magnético.

Bem, somos privilegiados, mas não para sempre. Com o passar do



Cratera Hale. As manchas escuras são um indício de fluxo de água líquida (Nasa. www.nasa.gov/)

tempo o Sol aquecerá, mais e mais; o aumento da radiação solar provocará um grande efeito estufa que aquecerá o planeta e, com a evaporação dos oceanos, esse efeito estufa se reforçará cada vez mais tornando a Terra completamente inabitável. Isto ocorrerá daqui a mais ou menos 1 bilhão de anos, **se**

ainda estivermos aqui, provavelmente teremos tecnologia para nos mudarmos para um lugar melhor e o principal candidato é Marte que aquecerá voltando a ter água no estado líquido e atmosfera mais densa. Na verdade, já em 2015, o rover Curiosity encontrou evidências de água no estado líquido próximo à superfície de Marte apesar das baixíssimas temperaturas.

CONSTELAÇÕES

Quando olhamos para o céu a olho nu, à noite, temos a oportunidade de observar cerca de 2 mil estrelas acima do horizonte,



Constelação do Cruzeiro do Sul (<http://www.beststylepics.net/photo/o/o-cruzeiro-do-sul/12>)

algo que já vem sendo feito há milhares de anos. Os povos da antiguidade começaram a identificar em alguns grupos de estrelas semelhanças com personagens de sua mitologia e cultura, não só os

gregos, mas os mesopotâmios, egípcios, chineses e, também, os índios brasileiros associavam formas de objetos e nomes de deuses aos agrupamentos de estrelas – as **constelações**. Na verdade, os nomes dados às constelações em geral não correspondem ao que enxergamos no céu com poucas exceções, o **Cruzeiro do Sul** é uma dessas exceções. Outra constelação bem conhecida no Brasil é a **Constelação de Órion**, na verdade sua parte central (as **Três Marias**). A partir das Três Marias fica bem fácil visualizar o restante da constelação de Órion.

Para a astronomia moderna, uma constelação corresponde a uma determinada área da esfera celeste, “pedaço do céu”. Como dissemos, cada povo deu nomes seus às constelações e, procurando uma uniformização, a União Astronômica Internacional (UAI) dividiu a esfera celeste, o céu, em 88 constelações.



Figura 1 Constelação de Órion (http://www.espiritualismo.info/mitologia_gr ec o_romana)

OBSERVAÇÃO DO CÉU A OLHO NU.

Com a tecnologia de que dispomos hoje, não faltam opções para nosso entretenimento: TV, “navegação” na internet, cinema, jogos eletrônicos, museus etc. Porém uma atividade tão antiga quanto o homem – **a observação do céu** – pode propiciar momentos prazerosos de contemplação e, acreditem, sem a necessidade obrigatória do uso de tecnologia.

É no céu que acontecem os fenômenos astronômicos. Mas não basta olhar para cima, devemos procurar lugares adequados longe da luminosidade das cidades, ou seja, lugares escuros. No escuro com a pupila dilatada estamos aptos a observar até aquelas estrelas menos “brilhantes”.

Nesse momento, convém distinguir brilho ou magnitude de luminosidade. Quando falamos de brilho estamos nos referindo à sensação luminosa que recebemos do astro (estrela ou plan’eta) que estamos observando; o brilho depende da distância do observador ao astro sendo quantificado, tradicionalmente, tanto menor quanto maior for o brilho – uma estrela de magnitude 1 brilha mais que uma estrela de magnitude 2. No entanto, na luminosidade o importante é o astro, a luminosidade é uma característica própria do astro. Há estrelas muito luminosas mas que, daqui da Terra, não brilham tanto quanto outras menos luminosas. A explicação está no fato de as menos luminosas estarem mais próximas da Terra provocando uma maior sensação luminosa.



Grande Nuvem de Magalhães
(pt.wikipedia.org)

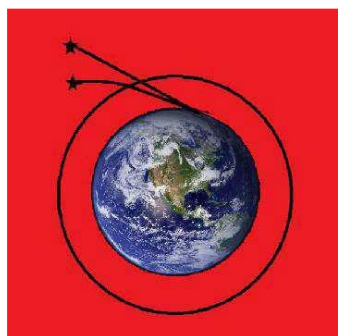
O olho humano pode enxergar estrelas de até magnitude 6 (lembrese: magnitude maior é igual a brilho menor) e só pode discriminar imagens que subtendem a um ângulo de cerca de 0,5’.

Como dissemos, é no céu que acontecem os fenômenos astronômicos, mas nem tudo que se observa no céu é fenômeno

astronômico. Entre a Terra e o espaço temos a atmosfera; àqueles fenômenos que acontecem na atmosfera damos o nome de meteorológicos e aqueles que acontecem no espaço são os astronômicos. Devemos ter cuidado com algumas exceções, um **meteoro**, “estrela cadente”, acontece na atmosfera, mas tem origem cósmica e um satélite artificial está no espaço, mas não é fenômeno astronômico.

O que podemos enxergar a olho nu, num ambiente adequado, são: o Sol, a Lua, Mercúrio, Vênus, Marte, Saturno, Urano (em condições bem favoráveis), cerca de seis mil estrelas em toda a esfera celeste, a Via Láctea, Andrômeda, a Luz Zodiacal, a Pequena Nuvem de Magalhães, a Grande Nuvem de Magalhães e a Nebulosa de Órion.

A luz proveniente do espaço ao atravessar a atmosfera sofre sua influência; o céu diurno é um exemplo dessa influência. A luz solar é difundida pelos gases e poeiras da atmosfera deixando o céu diurno claro, se não tivéssemos atmosfera o céu diurno seria escuro como o céu noturno e a única diferença entre um e outro seria o Sol. Já imaginaram? De dia, teríamos o céu negro repleto de estrelas e com o Sol.



Devido à refração temos a impressão que a estrela está mais alta no horizonte.

A atmosfera também interfere na radiação emitida pelos astros, ou seja, a luz que sai de um astro e viaja pelo espaço não é a mesma que chega na superfície da Terra. Isso acontece devido às janelas espectrais da atmosfera que permitem a passagem da radiação eletromagnética na faixa da luz visível e nas faixas das ondas de rádio. É também devido à atmosfera que as estrelas parecem mudar de lugar e de brilho no céu – **cintilação** – causada pela turbulência atmosférica.

Na atmosfera também acontece o fenômeno da refração, desvio de um raio luminoso ao entrar em regiões com índices de refração diferentes, à medida que o raio penetra na atmosfera esta vai mudando de densidade e conseqüentemente de índice de refração provocando o encurvamento do raio.

CAPÍTULO 3:

O MOVIMENTO DOS ASTROS

I. INTRODUÇÃO

A aventura das sondas gêmeas *Voyager* é apenas um exemplo da vontade que o ser humano tem de conhecer e entender o planeta em que vive, os astros que observa no firmamento e o Universo como um todo. Desde a antiguidade os mistérios do Universo vêm sendo investigados pelo homem e nosso lar no Universo, o planeta Terra, obviamente, foi um dos primeiros alvos destas investigações. Várias questões foram levantadas. Qual sua forma? Está ou não no centro do Universo? Obedece às mesmas leis que os outros astros? Neste capítulo teremos uma breve visão de como as ideias sobre o planeta Terra evoluíram ao longo do tempo.

Porém nosso planeta não foi dono de todas as atenções, aqueles “astros errantes” (planetas) que mudavam de posição em relação às estrelas fixas também se faziam notar e, por muito tempo, seus movimentos no céu permaneceram sem explicação satisfatória. Segredos que só começaram a ser desvendados no séc. XVII pelo matemático e astrônomo alemão **Johannes Kepler** (1571-1630). Kepler, a partir dos dados do famoso astrônomo de sua época, **Tycho Brahe** (1546-1601), foi o primeiro a mostrar, através de suas três leis do movimento planetário, como era o real movimento dos planetas em torno do Sol.

No entanto Kepler só deu o ponta pé inicial, as outras peças do quebra cabeça foram colocadas pelos grandes nomes que se seguiram a Kepler: **Galileu Galilei** (1564-1642), **Isaac Newton** (1642-1627) e **Albert Einstein** (1879-1955).

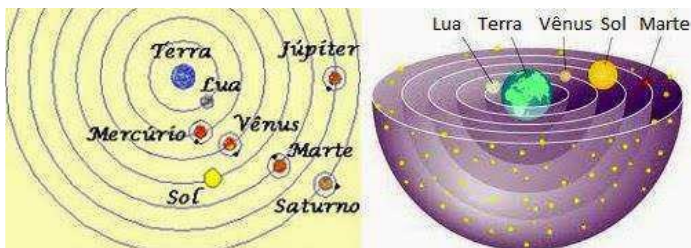
Vamos lá então, vislumbrar a jornada seguida pela humanidade na busca de um entendimento das características da Terra como planeta, de seu lugar no cosmos e, também, de como a Terra e os outros astros se movem em torno do Sol. Apertem os cintos!

II. GEOCENTRISMO *versus* HELIOCENTRISMO

Desde a antiguidade que a Terra é investigada, sendo que uma das primeiras perguntas a se fazer sobre nosso lar no Universo tratava sobre sua forma. O fato de um navio, seguindo mar adentro, ir desaparecendo aos poucos e, por fim, seu mastro dava uma pista de que a Terra tinha uma curvatura. E, devido ao valor dado à matemática pelos gregos, passou-se a considerar a Terra esférica – a forma geométrica mais perfeita.

Bem, se a Terra é esférica qual seu raio? Essa foi a pergunta que se seguiu. E o sábio grego **Eratóstenes** (276 a.C.-194 a.C.) com base em observações e usando a geometria,

dominada pelos gregos, respondeu com incrível precisão. Eratóstenes encontrou (note que ele viveu entre os séculos II e III antes de Cristo) para o raio da Terra o valor de 6 548 km. O valor hoje aceito é de 6 378 km.



Modelo das esferas de Eudóxo. (Fonte: astronomiapravoce.blogspot.com.br/)

Porém, um dos mais intrigantes mistérios envolvendo a Terra e que necessitou de séculos para ser desvendado foi o de nosso planeta estar ou não no centro do Universo. A partir da crença na perfeição esférica e da percepção de um movimento circular das estrelas fixas e dos planetas, muitos aceitavam como melhor explicação para o que viam, que a Terra estava no centro do Universo e **Eudóxo de Cnido** (408 a.C.-355 a.C) chegou a elaborar um modelo de esferas concêntricas para

representar o Universo **geocêntrico** (Terra no centro do Universo), porém seu modelo não explicava tudo que se observava.

Mas nem todos foram levados a aceitar o geocentrismo e, já na Grécia antiga, **Aristarco de Samos** (310 a.C.-230 a.C.) propôs que o Sol ocupava o centro do Universo e que a Terra tinha movimento de rotação, ideias que não foram bem aceitas.

Foi com **Aristóteles** (384 a.C.-322 a.C.) que o geocentrismo se estabeleceu. Aristóteles aperfeiçoou o modelo de Eudoxo acrescentando novas esferas e foi mais longe ao apresentar explicações sobre como “funcionava” o cosmos. Para Aristóteles, na Terra (esfera sublunar) as leis seguidas pela natureza diferiam daquelas seguidas pelos outros astros (esfera supralunar). Na Terra, imperfeição, e no mundo celeste perfeição.



Cláudio Ptolomeu (Fonte: constelar.com.br)

O modelo aristotélico era aperfeiçoado em relação ao de Eudoxo mas ainda não explicava tudo que se observava sendo corrigido ao longo do tempo; a melhor correção ocorreu com a obra de **Cláudio Ptolomeu**

(90-168) que explicava quase tudo que se podia explicar deixando a Terra fixa. No sistema ptolomaico os planetas giravam em círculos (epiciclos) cujos centros giravam, também em círculos (deferentes), em torno da Terra ou de um ponto muito próximo à Terra.

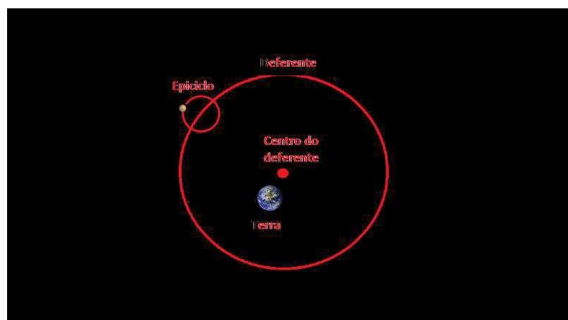
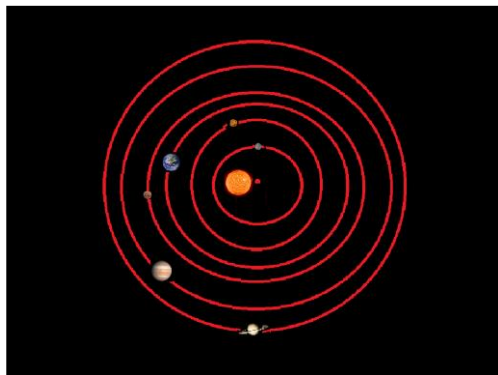


Ilustração do sistema ptolomaico.

Apesar de complicado, o sistema ptolomaico descrito em sua obra **Almagesto** fazia previsões corretas de eclipses solares, lunares e explicava satisfatoriamente os movimentos celestes; tornando-se referência para astrônomos por vários séculos (até o início do séc. XVII).

Outro fator que contribuiu para a longa vigência do sistema ptolomaico foi a aceitação por parte da igreja desse modelo que concordava com a suposição aristotélica de que a Terra era fixa com os

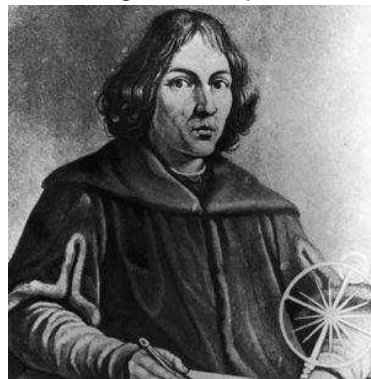


Sistema heliocêntrico de Copérnico (Sol, planetas e distâncias fora de escala).

outros astros descrevendo círculos ao seu redor. Para a igreja, a Terra criada por Deus para abrigar o homem feito a sua imagem e semelhança não poderia estar em outro lugar que não no centro de toda a criação. Como aqueles que ousassem afirmar o contrário estariam cometendo uma heresia podendo, até, ser condenados a morte na fogueira (mesmo membros do clero), poucos tiveram a coragem de questionar tal

ideia.

Um dos poucos a questionar o sistema ptolomaico foi o padre, matemático e astrônomo polonês **Nicolau Copérnico** (1473-1543). Para Copérnico o sistema que melhor explica as observações é aquele em que o Sol está fixo – **sistema heliocêntrico** - com os outros astros, inclusive a Terra, descrevendo círculos com velocidades angulares constantes, de maneira que, quanto mais distante o planeta está do Sol menor é a sua velocidade de translação. É importante ressaltar que, no sistema de Copérnico, os planetas têm órbitas excêntricas, ou seja, o Sol não está no centro dos círculos descritos pelos planetas e, sim, bem próximo.



Nicolau Copérnico
(Fonte: [biography.com/people/nicolaus-copernicus](https://www.biography.com/people/nicolaus-copernicus))

Mas dissemos anteriormente que contrariar a igreja era passível de punição com a morte e, o padre Copérnico conhecia esse risco melhor que ninguém, portanto Copérnico foi bem cauteloso na divulgação de seu trabalho; só compartilhava suas ideias com amigos e pessoas de confiança e adiou ao máximo a publicação de seu tratado.

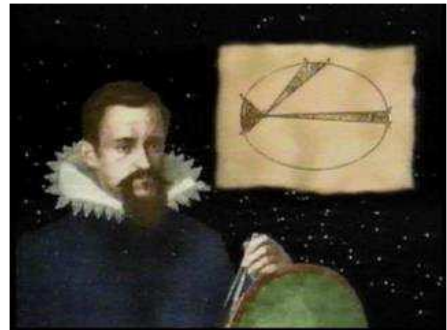
Sobre as Revoluções das Esferas Celestes de maneira que recebeu o primeiro exemplar em seu leito de morte. Isso é que é ser cauteloso, não é?

O sistema de Copérnico não foi prontamente aceito pela comunidade de estudiosos na época, pois colocar O Sol fixo e a Terra girando pressupõe que esta também descreve um movimento de rotação nos dando, então, a impressão de que os outros astros é que giram em torno da Terra. Aqueles contrários ao movimento de rotação argumentavam que se a Terra girasse, quando uma pedra fosse arremessada verticalmente para cima esta não voltaria ao mesmo lugar. **O problema que não se conhecia o princípio da inércia.**

Um dos que não se convenceram do modelo de Copérnico foi Tycho Brahe, o astrônomo a realizar as observações mais precisas antes da invenção do telescópio. De posse de suas anotações precisas, em décadas de observações, Tycho criou um modelo onde todos os planetas giravam em torno de Sol que, por sua vez e junto com a Lua, girava em torno da Terra.

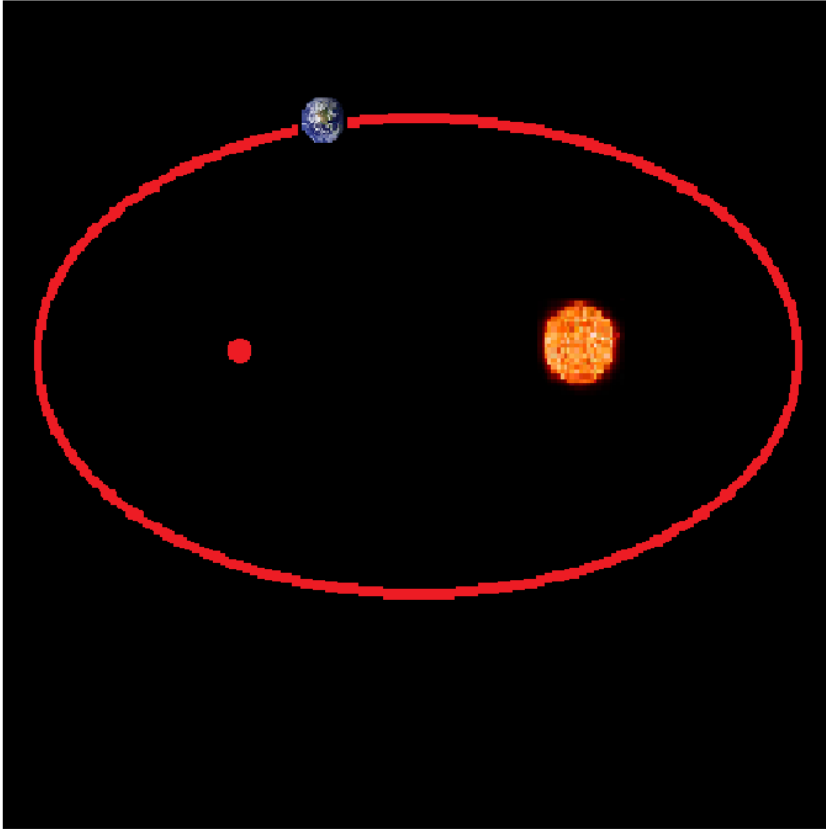
Mas quem estava certo? Terra fixa no centro ou Sol fixo no centro? Em todos os modelos, as explicações não concordavam totalmente com as observações. Porém, em um ponto todos concordavam. As órbitas dos astros eram circulares. Pois é, justamente no consenso “morava” o erro.

Quem desvendou o mistério foi um jovem matemático e astrônomo alemão, Johannes Kepler, contratado por Tycho. Kepler recebeu de Tycho, em 1601, a tarefa de determinar a órbita de Marte que não era explicada por nenhum dos modelos. Apesar da grande quantidade de dados herdados de Tycho, a tarefa não era simples e exigiu quase uma década para ser cumprida. Mas foi!



Johannes Kepler (Fonte: astro.if.ufrgs.br)

A explicação para Marte não concordar com nenhum dos modelos estava no fato de sua órbita ser elíptica e não circular. E, então, Kepler formulou sua primeira lei do movimento planetário:

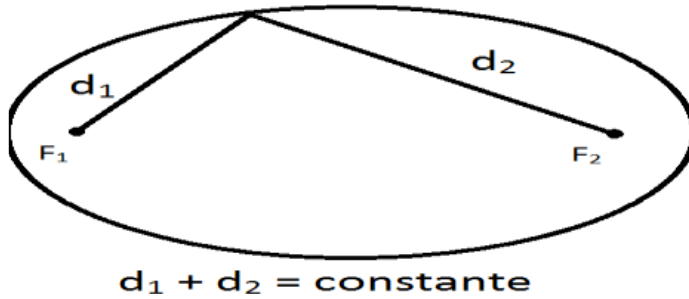


Nesta ilustração a órbita elíptica da Terra tem excentricidade exagerada por motivos didáticos. As distâncias e tamanhos dos astros não estão em escala.

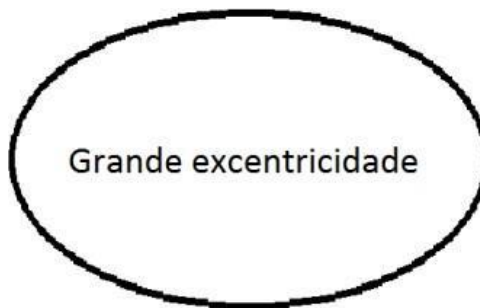
1ª Lei de Kepler (Lei das Órbitas): Os planetas descrevem órbitas elípticas em torno do Sol, localizado em um dos focos da elipse

Note que:

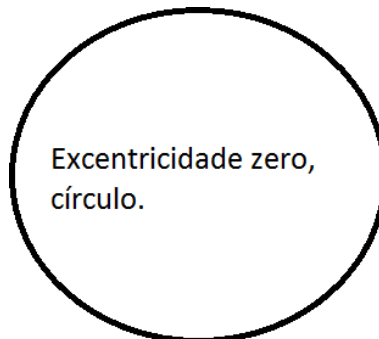
- Em uma elipse a soma das distâncias de seus pontos a dois pontos fixos, os focos, é constante.



- Quanto mais próximos os focos estão, um do outro, menor é a excentricidade da elipse.



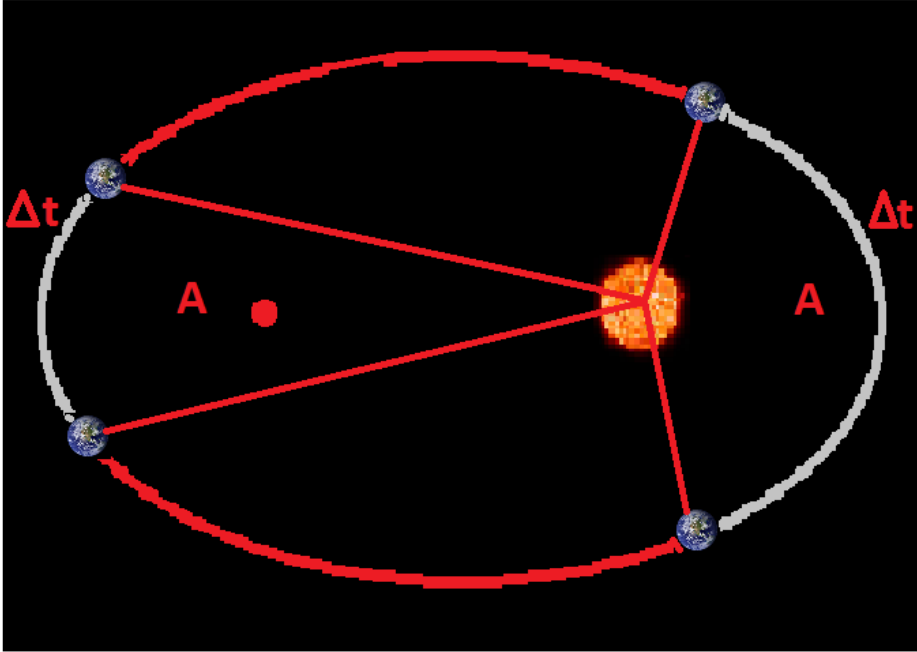
- Num círculo temos uma elipse de excentricidade zero.



- As órbitas dos oito planetas do sistema têm excentricidade muito pequena, quase círculos.

A partir dos dados que tinha em mãos, Kepler também descobriu que Marte aumentava sua velocidade quando aproximava-se do Sol e diminuía quando afastava-se, e concluiu:

2ª Lei de Kepler (Lei das Áreas): A linha que vai do planeta ao Sol varre áreas iguais em intervalos de tempo iguais.



Nesta ilustração a Terra percorre áreas iguais em tempos iguais. As distâncias e tamanhos dos astros não estão em

Note que:

- Para percorrer áreas iguais em tempos iguais o planeta Terra aumenta a velocidade orbital mais próximo do Sol, já que a distância a ser percorrida aumenta, e diminui a velocidade orbital quando está mais afastado do Sol pois nesse caso a distância a ser percorrida é menor.
- No caso particular de uma órbita circular o planeta tem velocidade orbital constante.

Em 1619, dez anos após a publicação das duas primeiras leis, a terceira lei foi lançada por Kepler.

3ª Lei de Kepler (Lei dos Períodos): A razão entre o quadrado dos períodos e o cubo da distância média dos planetas ao Sol é constante.

$$\frac{T^2}{D^3} = k$$

Onde:

T = Período de translação do corpo (tempo para dar uma volta em torno do Sol).

D = A distância média do planeta ao Sol.

k = Constante cujo valor depende das unidades de T e D

Você, astrônomo!

Terra!

Como vimos na seção “Você, astrônomo” do capítulo anterior, é no céu que acontecem os fenômenos astronômicos, e vimos também que nosso planeta apresenta movimento de rotação; esse movimento de rotação exerce influência nas observações astronômicas.



Pêndulo de Foucault no
Panteon de Paris
(Fonte: turismodeparis.com/pan)

Ao nos dedicarmos à observação noturna por um longo período de tempo percebemos um movimento das estrelas pelo firmamento e, durante o dia não é diferente, o Sol aparece na região leste e segue uma travessia até se pôr na região oeste. Na verdade, esse movimento dos astros que observamos é apenas o reflexo de nosso próprio movimento de rotação sendo designado pelos astrônomos de movimento aparente os astros.

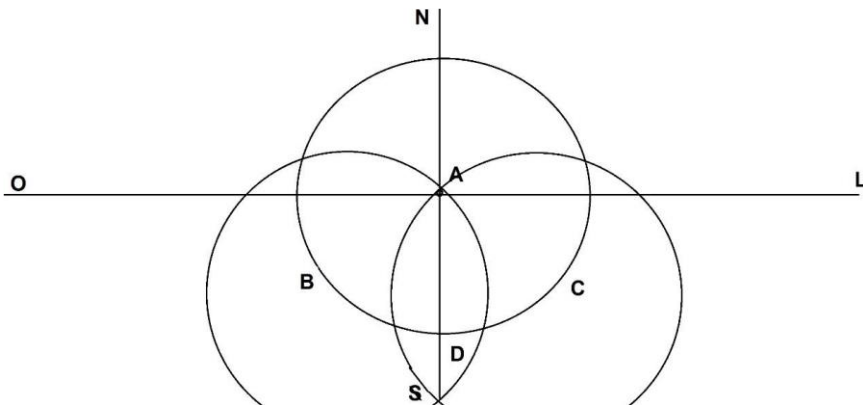
Da simples observação do movimento dos astros não dá para atestar se a Terra está girando de oeste para leste, ou se os astros estão girando de leste para oeste. Um experimento clássico conhecido como pêndulo de Foucault mostra que a Terra é que está girando de oeste para leste.

Em 1851, o astrônomo francês **Jean Bernard Leon Foucault** (1819-1868) pôs uma esfera de ferro de 28 kg a oscilar em movimento pendular fixa no teto do Panteon de Paris; no experimento o plano do pêndulo apresentou uma pequena rotação no sentido horário facilmente explicada se supormos que a Terra gira em torno de seu eixo. O experimento está baseado na invariância do plano de oscilação do pêndulo, ou seja, o pêndulo sempre oscila no mesmo plano; como a Terra gira, o plano de oscilação mudará sua orientação em relação ao solo.

O período de rotação da Terra não é exatamente 24 horas mas 23 horas, 56 minutos e 4 segundos. O período de 24 horas corresponde ao **dia solar médio**, muito mais prático já que os dias solares verdadeiros são desiguais. Afinal, não dá para ficar acelerando ou retardando nossos relógios de acordo com o dia solar mais curto ou mais longo. Para medirmos o verdadeiro período de rotação da Terra devemos medir o tempo necessário para que uma estrela distante cruze duas vezes sucessivas o meridiano do observador – **dia sideral**. Bem, a Terra gira de oeste para leste. Mas onde fica o leste, o oeste, o norte e o sul? Como determinamos os pontos cardeais? Cabe aqui uma ressalva, o termo **pontos** não é adequado pois tratamos de direções. Um método simples e diurno para a determinação dos pontos cardeais exige apenas o uso de uma haste vertical com cerca de 1 m, o **gnômon**.

Procedimento de determinação dos pontos cardeais com o uso de um gnômon:

- 1- Finque o gnômon, no chão horizontal, em A.
- 2- Antes do meio-dia, marque no chão a extremidade da sombra projetada pelo gnômon, ponto B.
- 3- Trace um círculo centrado em A com raio AB.
- 4- Espere até que a sombra do gnômon, após o meio-dia, toque o círculo traçado, no ponto C.
- 5- Agora desenhe dois círculos centrados em B e C, que irão se interceptar em A e em D.
- 6- Pronto! A direção do segmento AD é a direção norte-sul e a direção perpendicular a AD é a direção leste-oeste.

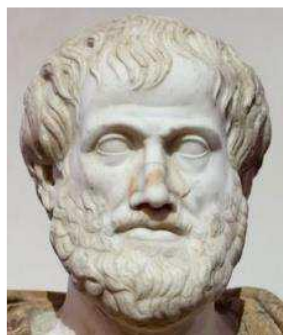


O Sol e a maioria dos planetas do sistema solar também apresentam movimento de rotação de oeste para leste - rotação direta. As exceções são os planetas Vênus e Urano que apresentam rotação retrógrada.

LEITURA COMPLEMENTAR

Aristóteles, Galileu Galilei e o movimento...

O movimento é alvo de estudo desde a antiguidade tendo como expoente Aristóteles (384-322 a.C.) cujas ideias foram aceitas quase sem contestação até o séc. XVII, quando o físico, matemático, astrônomo e filósofo Galileu Galilei (1564-1642) “ousou” contestá-las.

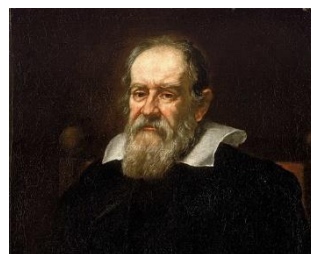


Busto de Aristóteles
(<https://pt.wikipedia.org/>)

Para Aristóteles, o movimento poderia acontecer de forma forçada, **movimento violento**, quando o corpo é retirado de seu estado natural (uma pedra é erguida), ou poderia acontecer de forma **natural**, quando o corpo procura seu lugar no mundo (a pedra solta procura o chão), assim, quanto mais pesada era a pedra, mais rapidamente esta procuraria o chão. Ainda segundo Aristóteles, a Terra era fixa caso contrário quando saltássemos verticalmente não cairíamos no mesmo lugar; logo os astros giravam

em torno da Terra sendo esta o centro do Universo (modelo geocêntrico), ideia que concordava e reforçava as doutrinas da Igreja Católica durante a Idade Média.

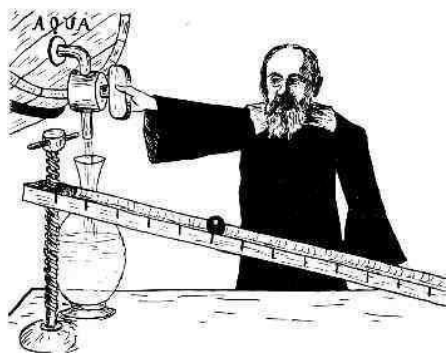
Dissemos anteriormente que Galileu ousou, ousou porque ir contra o pensamento aristotélico se caracterizava em uma afronta à Igreja Católica e afrontar a igreja, na Idade Média, não era muito aconselhável, na verdade era quase suicídio. Por esta razão Nicolau Copérnico (1473-1543), um dos grandes influenciadores de Galileu, adiou o quanto pôde a publicação de sua obra *Sobre as Revoluções das Esferas Celestes* (recebeu o primeiro exemplar em seu leito de



Galileu Galilei, por
Justus Sustermans
1636. (<https://pt.wikipedia.org/>)

morte), na qual sustentava que a melhor explicação para o movimento dos astros era aquela em que todos, inclusive a Terra, orbitavam o Sol.

Em suas investigações, Galileu buscava a confirmação ou não das hipóteses teóricas através da realização de experimentos controlados e cálculos pois acreditava que a “linguagem do mundo natural estava escrita em caracteres matemáticos”. A esta maneira de proceder adotada por Galileu deu-se o nome de **método científico**.



Um desenho de George Gamow (1902-1968) que representa Galileu experimentando sobre o plano inclinado. (<http://www.mundofisico.joinville.udesc.br/>)

inclinação dos planos (pequena inclinação) a análise das posições ocupadas pelas esferas era facilitada bem como a medição do tempo, vencidas estas barreiras a análise matemática levou a conclusão de que corpos com massas diferentes (ao desprezarmos a resistência do ar) caem com a mesma aceleração (derrubando a conclusão de Aristóteles).

A luneta também foi outra grande inovação de Galileu, não por tê-la inventado (na verdade, não inventou), mas por usá-la para olhar o céu. Ao fazê-lo pôde ver as crateras da Lua, as fases de Vênus, os anéis de Saturno, as manchas solares e quatro das luas de Júpiter (fato que mostrou que outro astro tinha luas, não só a Terra), informações que contribuíram para o fortalecimento do heliocentrismo

Galileu se valeu de sua engenhosidade e habilidade para escolher os experimentos adequados vencendo as barreiras que, a pouca ou nenhuma, tecnologia da época lhe infringia. No estudo da queda dos corpos Galileu se utilizou de planos inclinados (estudar a queda livre de um corpo, mesmo nos dias de hoje, não é tão simples pois soltando um corpo de certa altura este rapidamente chegará ao chão tornando a análise de seu movimento extremamente complicada e, no fim do séc. XVI, impossível). Com a escolha da



6. Luneta astronômica de Galileu. Com esta luneta (o primeiro telescópio), Galileu observou a superfície rugosa da Lua e descobriu quatro satélites de Júpiter.

(<http://www.museutec.org.br>)

(Sol como centro do sistema solar), mais uma vez derrubando conclusões aristotélicas.

Um fato interessante é que o mais famoso de seus experimentos, no qual Galileu teria abandonado uma esfera de chumbo e outra de madeira do alto da torre de Pisa para provar que chegariam juntas ao chão (a mais pesada junto com a mais leve), nunca aconteceu. Esquecendo o folclore, o fato é, que com seu **método científico**, Galileu refutou as ideias aristotélicas da queda dos corpos e também o modelo geocêntrico.

- OBA – <http://www.oba.org.br/>
- Biblioteca Virtual de Astronomia –
- <http://www.prossiga.br/astronomia/>
- **Filmes**
- 2001: Uma Odisséia no Espaço
- O Céu de Outubro
- Impacto Profundo
- Da Terra à Lua
- Cosmos (Carl Sagan)
- Cosmos (Neil deGrasse Tyson)
- Os Eleitos
- 1492 – A Conquista do Paraíso
- A volta ao Mundo em 80 Dias
- A Máquina do Tempo
- APOLLO 13
- O Planeta Vermelho
- O Núcleo – Missão ao Centro da Terra (2003)
- Guerra dos Mundos (1952)
- Guerra dos Mundos (2005)
- Prometheus
- Interestelar
- Perdido em

CAPÍTULO 4:

ACELERANDO UMA NAVE ESPACIAL

I. INTRODUÇÃO

Já conhecemos a jornada vivida pelas sondas *Voyager* pelo sistema solar e para além, mas não tem ninguém com elas nessa aventura. Quando a espécie humana terá representantes em aventuras como esta, espaço afora? As sondas viajam a velocidades da ordem de quilômetros por segundo e, mesmo assim, terão que esperar milhares de anos para chegar às estrelas mais próximas do Sol. Como então superar esse problema? Fácil! Vamos acelerar as sondas. Porém acelerar exige combustível e acelerar por muito tempo, muito combustível. Como então resolver o problema do combustível?

No séc. XVI Johannes Kepler propôs usar a energia solar para impulsionar objetos pelo espaço, ideia adotada por Carl Sagan através do uso de velas solares que usam como propulsão a pressão de radiação do Sol. Com a propulsão gerada as futuras naves espaciais, quem sabe tripuladas, não precisariam de qualquer tipo de combustível podendo ser aceleradas por longos períodos de tempo gerando velocidades bem maiores que aquelas das sondas e muito antes de sair do sistema solar. As acelerações seriam muito pequenas o que é bom, quando pensamos no conforto dos exploradores espaciais, pois grandes acelerações não são muito agradáveis lembrem- se das montanhas russas!

Nos dias atuais a Sociedade Planetária, uma ONG fundada em 1980 por Carl Sagan, **Bruce C. Murray** (1931-2013) e **Louis Friedman** (1941-), está desenvolvendo o projeto da *LightSail* que foi lançada com sucesso no dia 20 de maio de 2015 e, segundo Bill Nye executivo-chefe da Sociedade Planetária, esta

VENTO SOLAR É O
NOME DADO
AO FLUXO DE MATÉRIA
(PRÓTONS E ELÉTRONS
LIVRES) E ENERGIA
VINDAS DO SOL.

missão está servindo como teste para um lançamento bem mais ambicioso em 2016.

Mencionei anteriormente que estes objetos (as sondas) estão fazendo hoje o que as caravelas fizeram nas grandes navegações a 500 anos atrás, mas quando pensamos em velas solares parece que as verdadeiras “caravelas espaciais” estão sendo desenvolvidas agora.

Emocionante, hein? Será que chegaremos a presenciar a construção de uma dessas “caravelas espaciais” num futuro não tão distante?

II. UMA NOVA TERRA

A viagem das sondas *Voyager* teve início em 1977, porém “nossa” chegada ao espaço se deu bem antes, em 4 de outubro de 1957, quando o Sputnik (uma esfera de meio metro de diâmetro), primeiro satélite artificial a ser lançado



Nascer da Terra no horizonte da Lua. Crédito:

A viagem das sondas *Voyager* teve início em 1977, porém “nossa” chegada ao espaço se deu bem antes, em 4 de outubro de 1957, quando o Sputnik (uma esfera de meio metro de diâmetro), primeiro satélite artificial a ser lançado pela humanidade, entrou em órbita e assim permaneceu por três meses. Daqui da Terra, ao longo de sua história, a humanidade desvendou a forma da Terra, sua posição no sistema solar, as leis obedecidas pelos planetas e satélites naturais em suas órbitas bem como a forma dessas órbitas, descobriu satélites naturais em outros planetas, inúmeras galáxias e que estas estavam se afastando umas das outras (fato que levou à teoria do Big Bang) e muito mais. Imaginem só, a partir desse momento histórico em que o homem conseguiu sair de nosso planeta e depois poder observar de maneira privilegiada (olhando

“de fora”) para ele, as inúmeras possibilidades de descobertas acerca de nosso lar no sistema solar e também de outros planetas. Pois é, a partir do momento que nos lançamos ao espaço, conhecemos um “novo planeta” a Terra vista de fora.



Aurora boreal. Crédito: dailymail.co.uk/

CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE

O comportamento da Terra como um grande ímã é conhecido, pela humanidade, desde a antiguidade, tanto que, a cerca de 3 000 anos atrás os chineses já se utilizavam de bússolas para orientação em suas jornadas. No entanto, a interação entre o campo magnético terrestre e o vento solar era quase desconhecida. Só depois que “saímos” da Terra que podemos começar a desvendar esse mistério. Na verdade, o campo magnético terrestre atua como uma proteção contra o vento solar, sem essa proteção o vento solar impossibilitaria a vida na Terra.

A explicação mais aceita para a origem do campo magnético terrestre é a de que um campo magnético fraco presente em todo o sistema solar produz, por indução, correntes elétricas no fluido metálico que compõe o núcleo externo da Terra; devido ao movimento de rotação da Terra e de convecção do fluido essas correntes elétricas espiralam gerando, então, o campo magnético da Terra.

Num ímã polos iguais se repelem e diferentes se atraem, logo como o polo norte magnético de uma bússola aponta para o norte geográfico é porque lá está um polo sul magnético, da mesma forma, o polo norte magnético está no sul geográfico. Na verdade, o sul magnético não está exatamente no mesmo local que o polo norte geográfico e nem o norte magnético está exatamente no mesmo local que o polo sul geográfico, o eixo que liga os polos norte e sul magnéticos está inclinado $11,5^\circ$ em relação ao eixo de rotação da Terra.

O primeiro satélite artificial, o Sputnik, não tinha equipamentos para estudar o campo magnético terrestre e seus sucessores, Sputnik 2

(1957) e Sputnik 3 (1958), que estavam equipados para tal missão, devido à defeitos no equipamento, falharam. Mas o mesmo não aconteceu com o satélite artificial americano Explorer 1 que fez as medições necessárias. De posse desses dados **James Van Allen** (1914-2006) comprovou a existência do cinturão de radiação que envolve a Terra. Diz-se “comprovou”, porque a existência desses cinturões já havia sido proposta teoricamente. Mais adiante, através de dados fornecidos por satélites mais modernos verificou-se que, na verdade, são dois cinturões.

No encontro desses cinturões com a atmosfera terrestre (próximo aos polos), partículas energéticas, predominantemente elétrons, capturadas por eles se chocam com as moléculas do ar. O oxigênio, ao ser excitado por esses elétrons, emite luz azul-esverdeada enquanto que o nitrogênio emite luz avermelhada. Em altas latitudes essas emissões dão origem a lindos espetáculos de luz, as auroras boreais (no Norte) e austrais (no Sul).

O entendimento da interação entre o campo magnético terrestre e a radiação solar, bem como, seu mapeamento, também tem aplicações para as viagens espaciais, já que a radiação solar a que um astronauta estaria submetido nesses cinturões o levaria rapidamente à morte. Até os equipamentos eletrônicos presentes em missões não tripuladas poderiam ser danificados, ou mesmo, destruídos sob ação prolongada da radiação nesses cinturões.

ATMOSFERA TERRESTRE



Yuri A. Gagarin. Crédito:
ahistoria.com

“A Terra é azul”, foi o que **Yuri Alekseievitch Gagarin** (1934-1969) disse, em 12 de abril de 1961, quando a observou do espaço. Essa linda coloração é fruto da interação da atmosfera, a camada gasosa que envolve nosso planeta, com a luz solar; a atmosfera espalha a componente azul da luz solar. Só depois que chegamos ao espaço foi que começamos a estudar nossa atmosfera por inteiro e, só então, passamos a entende-

la completamente.

Como já foi dito, a atmosfera é a camada gasosa que envolve a Terra sendo composta basicamente por nitrogênio, N_2 , e oxigênio, O_2 , correspondendo a 78 % e 21 %, respectivamente, de seu volume. No 1 % restante encontramos argônio (gás nobre), vapor d'água, H_2O , dióxido de carbono (gás carbônico), CO_2 , ozônio, O_3 , e metano, CH_4 . Estes últimos (CO_2 e CH_4), são os principais causadores do efeito estufa natural que impede a saída de energia, na forma de radiação infravermelha, aquecendo o planeta.

À medida que nos afastamos da superfície a densidade da atmosfera diminui até que chegamos ao espaço, que começa oficialmente a 100 km de altitude. No entanto, mesmo a 500 km de altitude ainda há a presença de alguns átomos de hidrogênio.

Em função da temperatura e altitude, a atmosfera está dividida em:

- **Troposfera:** Estende-se até 17 km de altitude nos trópicos e até 7 km nos polos (tendo uma espessura média de 12 km), é a camada mais quente, nela voam os aviões e acontecem a maioria dos fenômenos atmosféricos.
- **Estratosfera:** Chegando a cerca de 50 km de altitude, apresenta baixa umidade, exerce influência no tempo e clima na troposfera e nela está a camada de ozônio, O_3 , que absorve boa parte da radiação ultravioleta do Sol.
- **Mesosfera:** Estende-se até cerca de 80 km de altitude sendo uma das camadas menos compreendidas por estar alta demais para aviões e balões atmosféricos e baixa demais para os satélites (apenas foguetes suborbitais podem ser usados para estudá-la).
- **Termosfera:** Estendendo-se até quase 700 km de altitude, nela ocorrem as auroras boreal e austral, sua temperatura aumenta gradativamente com o aumento da altitude, suas moléculas apresentam alta energia cinética, porém devido ao ar rarefeito um termômetro indicaria temperaturas muito baixas.
- **Exosfera:** estende-se até o espaço exterior sendo composta principalmente de hidrogênio e hélio.

Você, astrônomo!

Estrelas fixas.

O movimento diurno pode ser entendido como uma rotação aparente de toda a esfera celeste; esse movimento não altera a posição relativa entre as estrelas da esfera celeste mantendo a forma das constelações. Essas estrelas que, por estarem muito distantes da Terra, não têm sua posição alterada com o movimento diurno são as estrelas fixas.

No entanto, Sol, Lua, planetas e cometas estão perto de nós e mostram movimento aparente em relação às estrelas fixas, ou seja, não estão fixos na esfera celeste e não prestam para a determinação do dia sideral. Esse movimento aparente pode ser devido ao próprio movimento do astro ou à paralaxe.

Os movimentos próprios de um astro podem sobre a esfera celeste, o astro desloca-se de um ponto a outro na esfera celeste (podendo ser medido por deslocamento angular) ou, se afasta, ou se aproxima da Terra (podendo ser medido através do efeito Doppler, sinais de radar ou variação no seu tamanho); nesse movimento o astro não muda de posição na esfera celeste.

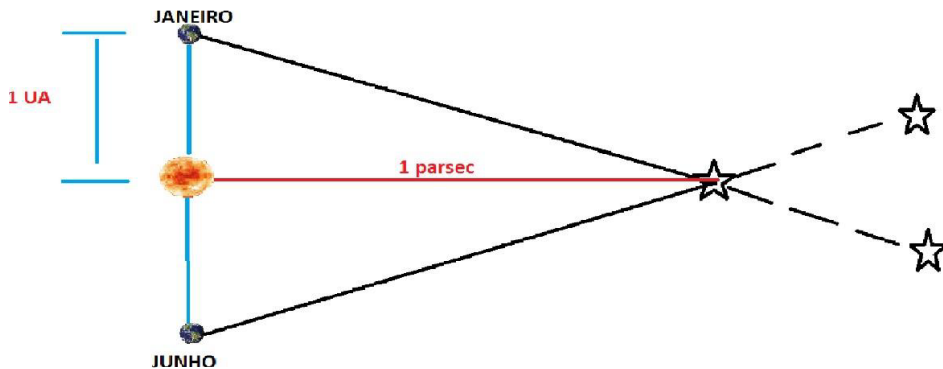


Polo sul celeste visto de San Pedro de Atacama – Chile (Fonte: jorgecarrano.blogspot.com.br/)

Percebe-se facilmente o movimento próprio dos astros do sistema solar quando os fixamos no centro das fotografias astronômicas durante longos períodos de tempo. As estrelas ao fundo aparecem como rastros luminosos.

O astro também pode apresentar um deslocamento na esfera celeste devido ao movimento do observador (da Terra), chamado de paralaxe. Para entender melhor, escolha um ponto fixo, um armador de redes na parede, por exemplo; cubra seu olho esquerdo e estenda seu braço com o dedo indicador levantando-o de maneira a cobrir o armador, em seguida, descubra o olho esquerdo e cubra o direito. Você terá a impressão de que o armador mudou de lugar, a isso damos o nome de paralaxe.

A paralaxe pode ser medida entre dois pontos separados de 2 UA (1 UA = distância média entre a Terra e o Sol, cerca de 150 milhões de km.). Com observações feitas em intervalos de seis meses.



Note que a estrela é vista em posições diferentes dependendo da posição do observador (Terra).

CAPÍTULO 5:

MISSÕES ESPACIAIS

I. INTRODUÇÃO

As sondas espaciais são as pioneiras da espécie humana na exploração do espaço, muito já falamos das *Voyager* mas estas não foram as primeiras a desbravar o sistema solar e, nem tão pouco, serão as últimas. De início, as primeiras sondas a visitar os gigantes gasosos, Júpiter e Saturno, não foram as *Voyager* e sim as sondas *Pioneer*. Enquanto as viagens tripuladas permanecerem caras e longas de mais, as sondas continuarão sendo o “carro chefe” na exploração do espaço; devido à sua importância no passado, no presente e num futuro próximo nos dedicamos agora a mostrar um breve histórico das missões espaciais com sondas.

Desde da década de 70 inúmeras missões espaciais com sondas foram lançadas estudando todos os planetas do sistema solar, seus satélites e anéis. Dentre essas missões pode-se destacar a Mars Science Laboratory (MSL) que posou em Marte em 6 de agosto de 2012, levando o rover *Curiosity*, com a finalidade de investigar sua habitabilidade planetária e coletar dados para o envio de uma futura missão tripulada a este planeta, também para Marte, enviada em agosto de 2005, a Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) a procura de locais de aterrissagem para futuras sondas espaciais, a sonda *Messenger*

que mapeou a superfície do planeta Mercúrio, a *Cassini-Huygens* enviada ao planeta Saturno e seu sistema planetário em 15 de outubro de 1997, entrando em sua órbita em 1 de julho de 2004 e que continua em operação, estudando o planeta, seus satélites naturais, a heliosfera e testando a Teoria da Relatividade, a *Venus Express* primeira missão da Agência Espacial Europeia (ESA) ao planeta Vênus com o objetivo de compreender a estrutura da atmosfera venusiana e as mudanças que a fizeram evoluir para o intenso efeito estufa da atualidade, a sonda *Juno*

lançada em 5 de agosto de 2011 rumo à Júpiter, para estudar em detalhes sua composição, campos gravitacionais e magnéticos, magnetosfera, o interior do planeta, sua formação, e ventos, a sonda Rosetta desenvolvida pela Agência Espacial Europeia (ESA) com a missão de encontrar-se no espaço e estudar o cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko, e mais recentemente, em 14 de julho de 2015, a sonda New Horizons que sobrevoou o planeta-anão Plutão depois de quase uma década de viagem interplanetária, que dentre outras



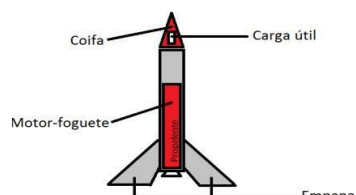
Plutão, imagem da sonda New Horizons. (Fonte: Nasa. www.nasa.gov/)

descobertas constatou que Plutão é um pouco maior do que se pensava, com cadeias montanhosas e vastas planícies geladas, vapores na atmosfera e sinais de movimento de nitrogênio e metano congelados em sua superfície. Com as recentes descobertas, é possível sugerir que Plutão tenha um núcleo mais denso envolto por uma espessa camada de gelo aumentando a possibilidade da existência de um oceano líquido sob o gelo, ou seja, “redescobrimo” Plutão.

II. ALGUNS FATORES QUE CONTRIBUÍRAM PARA O AVANÇO NA EXPLORAÇÃO ESPACIAL

FOGUETES

Para que se coloque um homem ou um satélite em órbita, ou mesmo para que uma sonda chegue ao espaço e possa iniciar sua jornada rumo ao conhecimento é necessário o uso de um foguete, logo, sem foguetes não teríamos exploração espacial.



Esquema de um foguete com seus principais componentes.

Um foguete é um veículo que se desloca expelindo gases a altas velocidades e que, por conservação do

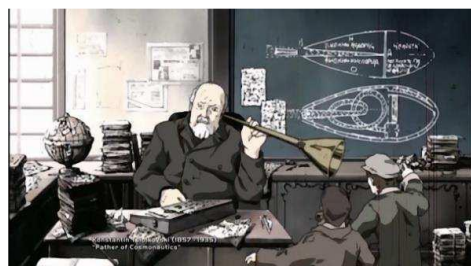
momento linear (quantidade de movimento), se desloca em sentido contrário. Quanto ao tipo, os foguetes podem ser classificados em foguetes de sondagem e veículos lançadores de satélites (VLS); quanto ao propelente, em foguetes de combustível sólido, líquido ou híbrido; quanto ao número de estágios, em mono-estágio, bi e multi-estágios e, ainda, quanto à sua aplicação em tripulados e não-tripulados.

Os foguetes de sondagem, voam até atingir o apogeu (altura máxima) momento no qual sua carga útil experimenta um ambiente de microgravidade (ausência de peso) e, em seguida, retornam à Terra. As principais etapas do voo de um foguete de sondagem são: lançamento, voo propulsado, voo não-propulsado, apogeu, voo fora da atmosfera, voo descendente e recuperação.

Nos veículos lançadores de satélites (VLS), há energia suficiente para que sua carga útil, um satélite por exemplo, atinja a velocidade de 28 000 km/h paralela à Terra e permaneça em órbita. O Brasil iniciou o desenvolvimento de seu próprio veículo lançador de satélites, o VLS 1, que teve seu primeiro voo teste em 2 de novembro de 1997, um segundo voo aconteceu em 11 de dezembro de 1999 e, tragicamente, na terceira tentativa em 2003 o acionamento prematuro de um dos motores do primeiro estágio provocou a morte de 21 técnicos do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), paralisando por muitos anos o projeto.



Plataforma de lançamento após acidente de Alcântara. (Fonte: www.wikipedia.org/)



Tsiolkovsky, que ficou praticamente surdo após uma crise de escarlatina na infância. (Fonte: www.famoushomeschoolers.net)

Pode-se dizer que o início do estudo científico dos foguetes aconteceu com o russo **Konstantin Tsiolkovsky** (1857-1935); autodidata, com facilidade para o estudo de física e química, desde cedo, dedicou-se ao estudo da aeronáutica. Tsiolkovsky estava à frente de seu tempo basta mencionar que tecnologias utilizadas nos modernos foguetes

de hoje já, no início do século passado, foram propostas por ele como o

uso de hidrogênio e oxigênio líquidos como combustíveis de foguete. Suas contribuições teóricas foram inúmeras, no entanto a tecnologia da época não permitiu suas implementações.

Foi com **Robert Hutchin Goddard** (1882-1945), que as ideias de Tsiolkovsky puderam ser comprovadas. Goddard influenciado pela literatura de ficção científica e pelas mais recentes observações de Marte da época decidiu trabalhar com foguetes. Em seu mais importante trabalho intitulado “Um método para atingir altitudes extremas”, publicado em 1919, revela suas pesquisas com combustíveis sólidos e líquidos, equações matemáticas obedecidas por foguetes em vôo e defende o uso de foguetes para viagens espaciais. Seu primeiro foguete de combustível líquido foi lançado em 16 de março de 1926, com resultados não muito animadores.

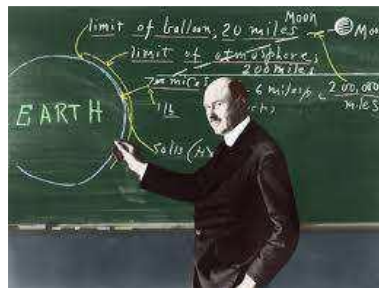


Imagem colorida de Goddard em 1924. (Fonte: Nasa. www.nasa.gov/)

Bem, Tsiolkovsky iniciou o desenvolvimento da teoria de foguetes e Goddard pois a “mão na massa”, começando os experimentos com protótipos, no entanto, foi o **alemão Wernher Magnus Maximilian von Braun** (1912- 1977) quem desenvolveu um foguete propriamente dito.

Desde de muito jovem von Braun mostrou interesse por foguetes entrando na “Sociedade para Vôo Espacial” e realizando experimentos com propulsão líquida. Com a ascensão do nazismo na Alemanha, foi obrigado a seguir a carreira militar para poder continuar seus experimentos com foguetes e, durante a 2ª Guerra Mundial



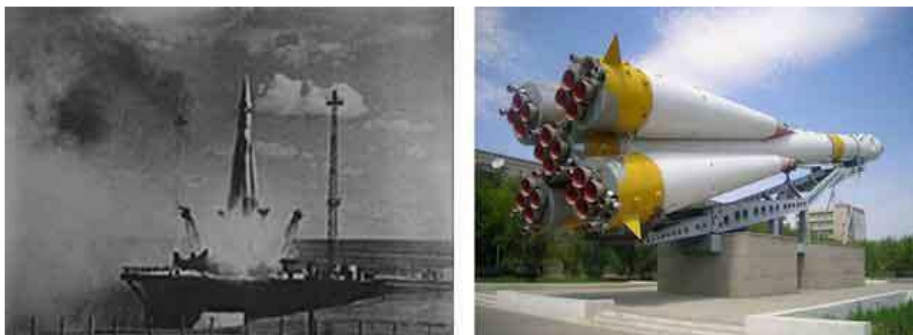
Estragos causados por um foguete V-2 na Inglaterra durante a 2ª Guerra Mundial. (Fonte: defencyclopedia.com/)

desenvolveu o V-2, arma secreta da Alemanha que acreditava-se mudaria o rumo da Guerra; o que, só não aconteceu, por ter aparecido tarde demais. É importante ressaltar que, apesar de inútil para levar à vitória da Alemanha nazista, causou inúmeras mortes.

Após a guerra, von Braun e outros cientistas da Alemanha derrotada, foram levados à América junto com seus conhecimentos sobre a tecnologia de foguetes. No entanto, não só os americanos tiveram acesso a essa tecnologia, os soviéticos também pegaram sua parcela de cientistas alemães para ajudá-los na construção de seus próprios foguetes.

Na União Soviética, aparece como responsável pelo desenvolvimento de foguetes, **Sergei Pavlovich Korolev** (1907-1966) ucraniano que inicialmente trabalhou com projetos de aviação, dedicando-se mais tarde à construção de foguetes; seu primeiro foguete foi lançado em 1933. Korolev só teve seu trabalho valorizado após a percepção, por parte das lideranças comunistas, do grande potencial bélico do uso de foguetes; neste momento foi libertado da prisão num campo de trabalhos forçados (gulag) na Sibéria. Sob a supervisão de Korolev os Soviéticos assumiram a ponta na tecnologia de foguetes.

Seu primeiro foguete após a libertação, o R-1, era tão bom quanto o V2 de von Braun mas foi com o R7 que Korolev entrou para a história da humanidade. Em 4 de outubro de 1957, um foguete idêntico ao R-7 foi utilizado para lançar o Sputnik 1 dando início a era espacial.



Lançamento de foguete R7 e sua réplica. (Fonte: <http://www.space.mict.go.th/>)

A CORRIDA ESPACIAL

Terminada a 2ª Guerra Mundial, a Europa estava arrasada e cerca de 50 milhões de pessoas haviam perdido suas vidas, no entanto havia

“vencedores” - americanos e soviéticos – e não podiam existir dois



Sputinik. Fonte: www.history.com/

vencedores mais antagonicos. Do ocidente, os americanos capitalistas e, do oriente, os soviéticos comunistas. Apesar das grandes perdas obtidas para chegar à vitória, principalmente do lado soviético (com mais de 20 milhões de mortos), os dois lados não procuram por paz e união entre as nações como forma de evitar que tal tragédia se

repetisse. Pelo contrário, dividiram o mundo ao iniciarem uma disputa sobre qual potência oferecia ao mundo melhor sistema político-econômico. Essa disputa/conflito entre as duas superpotências que emergiram da 2ª Guerra Mundial recebeu o nome de Guerra Fria.

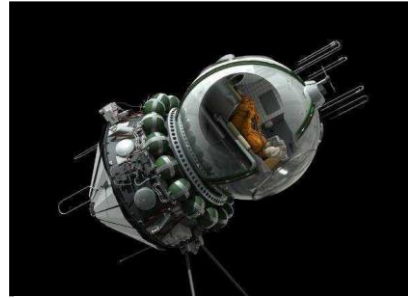
**EM 1938, KOROLEV
FOI ACUSADO DE
SABOTAGEM
ECONÔMICA PELO
REGIME STALINISTA E
LEVADO A UM
GULAG. NESTE
PERÍODO, DEVIDO
ÀS CONDIÇÕES
DESUMANAS DO
CAMPO DE TRABALHOS
FORÇADOS PERDEU
SEUS DENTES E SUA**

As disputas sobre quem era o “melhor” aconteciam em várias áreas, economia, esporte e tecnologia. O avanço tecnológico se mostrou um dos principais cenários onde se desenrolou essa disputa e dentro dele a corrida espacial, afinal, que propaganda seria melhor, para uma grande nação, que a conquista do espaço.

Pode-se dizer que a corrida espacial começou no final da década de 1950 quando Sergei Korolev, aproveitando a deixa dada pelos americanos ao anunciarem a possibilidade de lançarem um satélite artificial, resolveu utilizar seu foguete R-7, originalmente projetado como míssil balístico, para lançar um satélite artificial primeiro que os americanos. O foguete serviria perfeitamente bastando que, ao invés de carrega-lo com uma bomba e aponta-lo para os Estados Unidos da América, o carregasse com um satélite e apontasse para o espaço. E foi isso que aconteceu no dia 4 de outubro de 1957, um satélite artificial foi posto, pela primeira vez, em órbita do nosso planeta.

O satélite recebeu o nome de Sputnik 1 e consistia de uma esfera de meio metro de diâmetro, com cerca de 80 kg, com quatro antenas de rádio e que transmitia sinais na forma de bipes para a Terra.

A notícia do lançamento foi sensação nos Estados Unidos, ocupando a primeira página de importantes jornais, o que levou os soviéticos imediatamente a preparação de um novo lançamento. O Sputnik 2 foi lançado, então, menos de um mês depois e desta vez transportando a cachorrinha Laika – o primeiro animal a deixar a Terra.



Representação da Vostok1. (Fonte: www.bisbos.com/)

Os soviéticos largaram na frente na corrida espacial e os americanos, para não ficarem para trás, tinham que fazer algo rápido, e fizeram, em 6 de dezembro de 1957 lançaram um foguete que colocaria um minúsculo satélite em órbita, no entanto, o foguete explodiu logo após o lançamento.

APRESSADOS EM
ALCANÇAR MAIS UM
TRIUNFO SOBRE OS
AMERICANOS, OS
SOVIÉTICOS
LANÇARAM A
CACHORRINHA LAIKA
AO ESPAÇO SEM
DESENVOLVER UMA
FORMA DE TRAZÊ-LA
DE VOLTA. LAIKA FOI

Os americanos só obtiveram êxito em colocar um satélite em órbita em 31 de janeiro de 1958 - o satélite era o Explorer 1.

Mesmo com o sucesso do lançamento do Explorer 1 os americanos ainda estavam muito atrás na corrida espacial e os soviéticos sabendo disso queriam aumentar a dianteira e deram início a um programa tripulado. Nesse novo projeto, os soviéticos obtiveram outro grande sucesso. Em 12 de abril de 1961, Yuri Gagarin torna-se o primeiro homem a chegar ao espaço.

Gagarin ficou no espaço por quase duas horas, período em que pôde observar a beleza de nosso planeta visto de fora. Apesar de sua importância simbólica lá em cima no espaço, Gagarin desempenhou pequeno papel prático na missão, já que a Vostok 1, a nave que o levou ao espaço, era totalmente automatizada. Um pouco de emoção ficou para seu retorno, pois apesar da tecnologia necessária para uma reentrada na atmosfera já existir, em termos de aterrissagem com segurança, não era, ainda, possível o pouso seguro e Gagarin teve de ser ejetado da cápsula a poucos quilômetros do chão.

Os americanos tinham que fazer algo ou não alcançariam mais os soviéticos. Para chegar a dianteira os americanos precisavam de algo ousado e não se podia imaginar nada mais ousado que uma missão tripulada à Lua.

Deu-se, então, o início de uma nova etapa da corrida espacial – a corrida pela Lua.

O plano dos americanos para chegar à Lua consistia de, em primeiro lugar, colocar um astronauta em órbita, Programa Mercury (1961-1963), depois seguiu-se o Programa Gemini (1965-1966) onde foram realizados o primeiro acoplamento de duas espaçonaves e a primeira atividade extra veicular (EVA, sigla em inglês) de um astronauta americano, **Ed White** (1930-1967). Cabe ressaltar que a primeira “caminhada espacial” foi feita pelos russos através do cosmonauta **Alexei Leonov** (1934-).

Por fim veio o Programa Apollo (1967-1972) que, a partir dos conhecimentos e experiências acumulados com os programas anteriores, bem como, o desenvolvimento do maior e mais potente foguete já construído (Saturno V), tinha o objetivo de levar o homem à Lua.

Na missão, o foguete Saturno V colocaria na órbita terrestre três módulos: um de suporte e manobra que orbitaria a Lua e seria o responsável pelo retorno à Terra, um de habitação para os astronautas na viagem e um que serviria para o pouso na Lua. Tudo correu bem e no dia 20 de julho de 1969 a humanidade conquista a Lua por meio do astronauta **Neil Armstrong** (1930- 2012) que pisou no solo lunar e deixou para a história a frase: “Um pequeno passo para o homem, um salto gigantesco para a humanidade.”

Das 21 horas na superfície da Lua, os astronautas Neil Armstrong e **Edwin Aldrin** (1930-) permaneceram duas horas do lado de fora da nave. Os astronautas deixaram na superfície da Lua um sismógrafo, um refletor de raios laser, uma antena de comunicações, uma câmera de TV e a base do módulo lunar e trouxeram de lá rochas.

Os americanos, com o projeto Apollo, conseguiram, enfim, um triunfo retumbante sobre os soviéticos na corrida espacial, triunfo este que nunca foi batido pelos soviéticos que desde a morte de Korolev só colecionaram fracassos. Somente em setembro de 1970 os soviéticos

conseguiram lançar uma missão não tripulada à Lua para colher amostras e retornar à Terra.

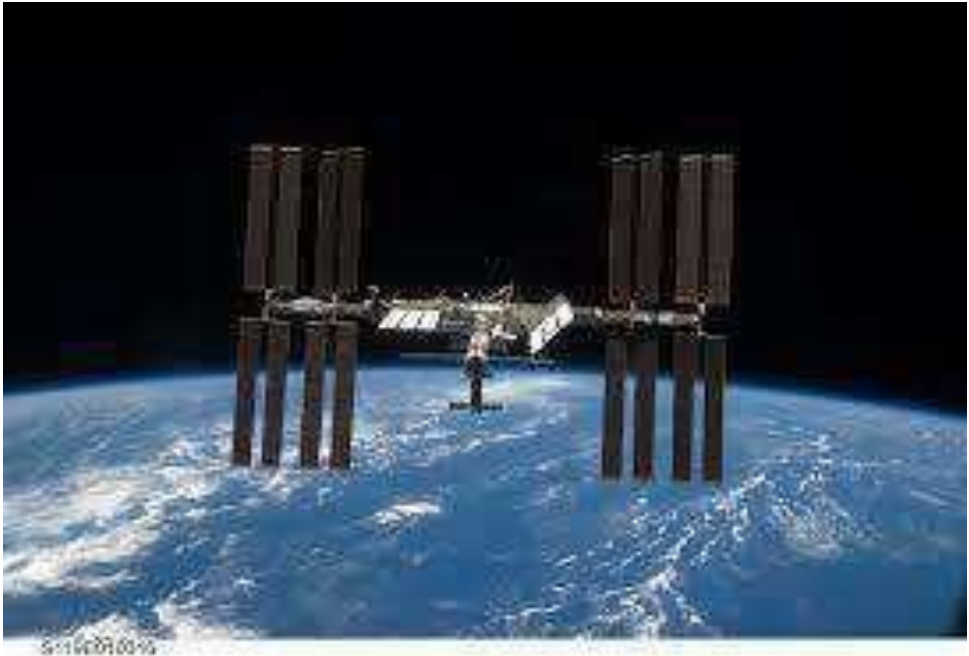
Com a vitória americana na corrida pela Lua e a morte de Korolev no lado soviético, a pressa e o esforço na corrida espacial esfriaram tanto de um lado como do outro. Os russos

dedicaram-se ao desenvolvimento de estações espaciais e construíram a Mir que permaneceu em órbita de 1986 a 2001 enquanto que os americanos passaram a construção de ônibus espaciais.

Hoje a exploração espacial não se restringe à americanos e russos. Chineses, japoneses, europeus e até a Índia têm projetos de ponta democratizando um pouco mais a exploração espacial, não temos mais ônibus espaciais e a Nasa depende de “carona” para ir ao espaço e a estação espacial que agora figura lá em cima é a Estação Espacial Internacional (ISS, sigla em inglês) desenvolvida por um consórcio de países do qual o Brasil chegou a fazer parte.



O astronauta brasileiro Marcos César Pontes na ISS. (Fonte: www.aereo.jor.br/)



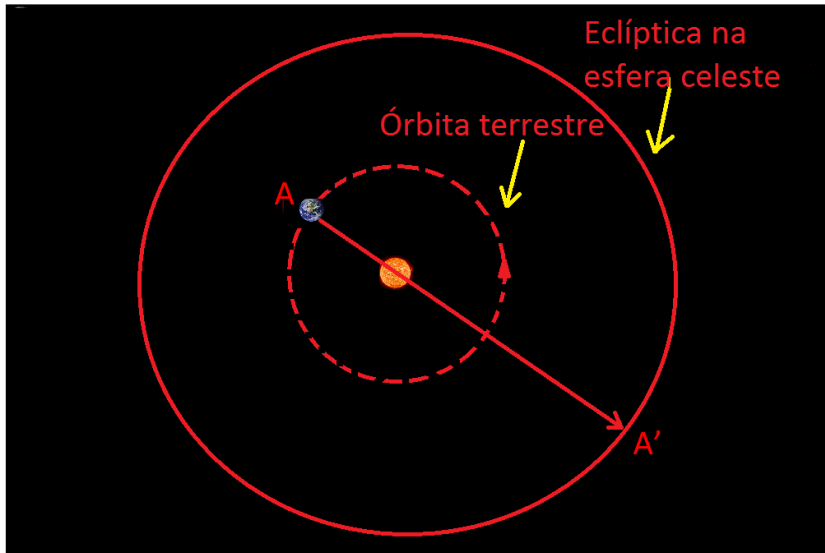
Estação Espacial Internacional, ISS Fonte:<http://apod.nasa.gov/apod/ap090406.html>

Você, astrônomo!

Sol – Movimento aparente.

A nossa estrela, o Sol, que, ao contrário das outras estrelas, só podemos ver durante o dia é o grande personagem do nosso sistema solar, não só pelo seu imenso tamanho correspondendo a quase 99,9% de toda a massa do sistema solar, mas também por nos fornece a claridade do dia, o aquecimento adequado e a vida na Terra.

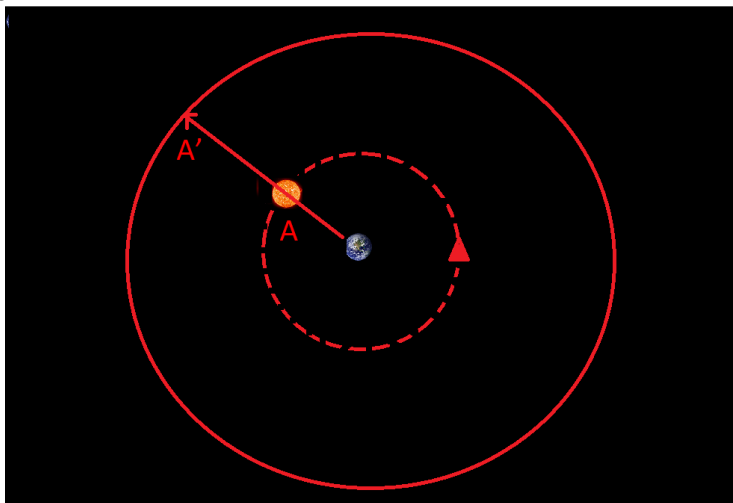
O Sol é uma estrela, mas ao contrário das outras estrelas na esfera celeste não é uma estrela fixa (por estar muito perto da Terra), ou seja, ele se move em relação às estrelas fixas. Uma forma de facilitar a compreensão desse movimento é imaginar o Sol estacionário e a Terra em órbita ao seu redor.



Tamanhos e distâncias fora de

Na figura acima a linha tracejada é a órbita da Terra ao redor do Sol e, o plano dessa órbita, o plano da eclíptica. Quando a Terra se encontra no ponto A quem está na Terra vê o Sol projetado na esfera celeste em A'. A trajetória do Sol na esfera celeste é chamada eclíptica.

Também podemos representar o movimento aparente através de uma representação onde o observador (quem está na Terra) é colocado no centro:



Tamanhos e distâncias fora de escala.



ISBN: 978-85-7872-575-4
DOI: 10.56089/978-85-7872-575-4

Editora
DIN.CE