

TEMA 1: CONCEITO DE GEOLOGIA (sua relação com outras Ciências)

1. INTRODUÇÃO

O nosso conhecimento sobre a Terra (Fig. 1.1) baseia-se em séculos de observações, movidas pela curiosidade nata do Homem em saber sempre mais e de ir mais além. Esta curiosidade e ânsia de saber, levaram o Homem a enfrentar mares desconhecidos séculos e milénios atrás, levaram ainda, mais recentemente, a aventurar-se pelo espaço cósmico. A atracção pelo desconhecido é a característica da espécie humana, que a distingue de todas as outras espécies animais. E é esta característica que tem levado ao avanço das ciências e da tecnologia, que nos últimos anos tem dado passos gigantescos. A Geologia, como ciência, tem obviamente beneficiado destes avanços.



Fig. 1.1. A Terra vista do Espaço

A Geologia é um tipo especial de ciência, já que o seu laboratório é o Mundo em que vivemos. Por vezes, é possível tirar conclusões de carácter geológico através de ensaios laboratoriais controlados, mas a maioria das vezes isso não é possível, pois as dimensões de escala e de tempo que envolvem os fenómenos geológicos são demasiado grandes para lidarmos laboratorialmente com elas. Temos por isso de fazer observações sistemáticas e cuidadosas da Terra, e depois tirar as nossas conclusões acerca dos fenómenos a partir do conjunto destas observações.



Fig. 1.2. Vulcão Kilauea, Hawaii

Como se sabe, o Homem só tem acesso a uma ínfima parte do planeta, que é a superfície terrestre. Tudo o resto está fora do alcance da vista directa. Só se pode estudar por via indirecta, por meio de vários métodos de análise e observação: as lavas (Fig. 1.2) que vêm à superfície, as ondas sísmicas que se comportam de modo diferente consoante as rochas que atravessam, etc. Assim, a Geologia é uma ciência com uma dose bastante grande de especulação, mas é uma especulação lógica e sã, baseada em princípios e conceitos científicos. E como em todas as outras ciências, as teorias evoluem, são comprovadas ou negadas, e aparecem outras teorias.

Em que medida o ser humano altera incessantemente a face da Terra? Se bem que as nossas contribuições individuais sejam pequenas, o somatório dos milhões de seres humanos que somos é enorme.

Influenciamos a atmosfera, os rios, os lagos e os oceanos; afectamos as taxas de erosão dos solos e o modo como os desertos se expandem ou reduzem; cobrimos a superfície da Terra com estradas e cidades; redistribuímos os materiais terrestres cavando-os e transportando-os para onde os queremos usar; criamos lagos artificiais com a construção de diques e barragens; em suma, estamos constantemente a alterar as

condições ambientais. Nós, Humanos, tornámo-nos uma força vital na modelação do nosso ambiente.

Há muitas questões que se podem levantar sobre as interacções humanas com o ambiente, para as quais ainda não há respostas definitivas. Por exemplo:

- ainda não há certeza até que grau a contínua queima de combustíveis fósseis (carvão, gás, petróleo) e a respectiva emissão de CO₂ afecta o clima global hoje e afectará amanhã;
- Como é que a mudança climática pode influenciar a produtividade agrícola do mundo, a distribuição dos gelos polares, ou a posição do nível do mar.

Nos últimos 50 anos ocorreram avanços revolucionários no conhecimento que temos da nossa Terra. Nunca na história humana ocorreram avanços tão grandes e dramáticos em tão curto espaço de tempo. A Geologia é um campo em ebulição, cheio de desafios, com novas descobertas e novas teorias a aparecer todos os dias.

Há alguns anos atrás, a ideia de que a camada superficial da Terra se movia a uma velocidade anual de 10 cm/ano, defendida pela teoria da tectónica de placas, não era senão uma teoria. Hoje essa teoria já não pertence ao campo da especulação; é uma realidade, comprovada por evidências das rochas dos fundos marinhos.

Em 1986, medições feitas através de satélites e de *lasers*, demonstraram que de facto os continentes se estão a mover.

Podemos agrupar os avanços nas ciências geológicas em 3 grupos:

- O primeiro refere-se à nossa compreensão sobre o modo como a Terra funciona; a tectónica de placas é um produto dessa compreensão. Os avanços aconteceram com o contributo de outros estudos (aparentemente não inter-relacionados), como a exploração dos fundos oceânicos, os estudos sísmicos do núcleo da Terra, e medições a longo prazo da intensidade do campo magnético terrestre.

De facto, estes estudos estão todos correlacionados entre si. Assim, o campo magnético terrestre surge do núcleo, e as rochas dos fundos oceânicos são influenciadas pelo campo magnético de formas diversas.

A constatação do facto de que todos os processos terrestres, grandes ou pequenos, interagem das formas mais diversas, forçou os geólogos a reexaminar todas as evidências e a repensar as suas conclusões.

- O segundo avanço vem da exploração espacial, em particular das pesquisas sistemáticas da Lua, Marte, Mercúrio, Vénus e dos satélites rochosos dos planetas gigantes (Júpiter e Saturno). Todos os planetas, luas, asteróides e cometas do Sistema Solar têm uma origem comum, e se bem que cada um destes corpos celestes tenha evoluído à sua maneira, eles têm aspectos comuns ao longo das suas histórias.

O estudo destes aspectos comuns levou à criação duma nova disciplina – a *Planetologia Comparativa* – a qual ajuda a encontrar respostas a várias questões: porque é que a Terra existe? Porque é que ela é como é? Porque é que os outros corpos do Sistema Solar não são adequados à vida humana? Haverá corpos no Universo que sejam adequados a esta vida? Etc., etc., etc.

- O terceiro avanço consiste no crescer da consciência do efeito da actividade humana no meio ambiente à superfície terrestre.

Essa consciência mostrou que a análise desses efeitos se torna complexa porque os múltiplos processos naturais actantes à superfície da Terra interagem de maneira muito complexa e variada.

Chegámos finalmente à conclusão de que as pessoas não são só uma das forças menores da natureza, antes porém uma força maior. O que a Terra vai ser no futuro depende muito de como agirmos hoje.

2. O QUE É GEOLOGIA?

O termo **Geologia** deriva da junção das palavras gregas - γεο (geo - Terra) e λογος (lógos - Ciência) - e significa literalmente Ciência da Terra.

Segundo Lapidus (1987), **Geologia** é o estudo da Terra em termos do seu desenvolvimento como planeta desde a sua origem. Isto inclui a história das formas de vida, os materiais de que é feita, os processos que afectam estes materiais e os produtos que deles resultam.

Em várias obras se podem encontrar várias definições de Geologia mas, basicamente, a definição anterior congrega todos os conceitos que devem constar da definição deste termo.

A palavra Geologia foi utilizada pela primeira vez por Jean André de Luc, cientista de origem suíça e conselheiro da Rainha Carlota de Inglaterra, e pelo químico suíço S.B. de Saussure em 1778 (Whitten & Brooks, 1972).

3. PORQUÊ ESTUDAR GEOLOGIA?

O facto de vivermos na Terra já é razão mais do que suficiente para a estudar. Quanto mais soubermos acerca do nosso planeta, especialmente do seu ambiente e recursos, melhor poderemos compreendê-la, usá-la e apreciá-la. Para o Homem, a Terra é o corpo mais importante do Universo.

Num senso lato, a importância da Terra como corpo celeste não é assim tão grande, já que ela é um planeta de tamanho médio, orbitando à volta duma estrela de tamanho médio também.

Contudo, e pelo menos no Sistema Solar, a Terra é o único planeta com água abundante e uma atmosfera onde pode crescer a vida. A temperatura da superfície da Terra é controlada pela sua distância ao Sol, tornando possível a atmosfera e os oceanos que, por seu lado, tornaram possível o aparecimento da Vida.

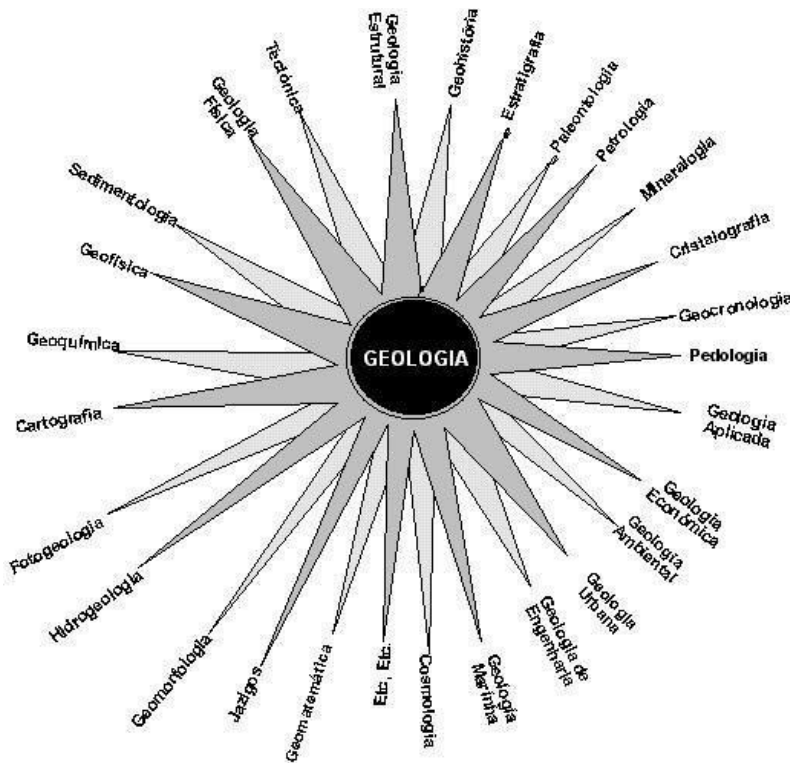
Os programas espaciais também revelaram que a Terra é única entre os planetas estudados até agora pelo facto de ter um campo magnético, que é provocado pelo seu núcleo de ferro líquido e que pode acumular energia, dando origem à formação de aspectos como cadeias de montanhas.

O princípio fundamental que sustenta toda a Geologia é que "*os processos geológicos actuais ocorreram ao longo do tempo geológico*". É o chamado **Princípio das Causas Actuais**. Quer isto dizer que as rochas antigas podem ser interpretadas com base nos processos que ocorrem actualmente.

4. A ABRANGÊNCIA DA GEOLOGIA E CIÊNCIAS AFINS

A Geologia moderna tem como objectivo decifrar toda a evolução terrestre e dos seus habitantes, desde o momento dos primeiros registos que se encontram nas rochas mais antigas até aos nossos dias.

Dada a enorme abrangência e ambição deste objectivo, exige-se muito esforço e, na prática, é conveniente subdividir em vários campos, como se mostra na Fig. 1.3. Assim, a Geologia está subdividida numa série de ciências – **as Ciências Geológicas** - cada uma das quais trata de aspectos específicos, com interligações entre elas, apesar de tudo. É de referir que todas estas ciências têm, por seu lado, várias subdivisões, que aqui não se indicam, mas que resultam do rapidíssimo avanço científico e tecnológico dos nossos dias, que obriga a uma especialização cada vez maior e, consequentemente, ao aparecimento de novas áreas. A Fig. 1.3 não refere todas elas, por impraticabilidade gráfica, mas referimos, por exemplo, a **Geomatemática**, **Geostatística** e **Geologia Mineira**, entre outras.



• A **Geologia Estrutural** e a

Tectónica estudam as estruturas que ocorrem na crosta - *dobras, falhas, etc* - respectivamente numa escala mesoscópica e

Fig. 1.3. A Geologia e suas ciências afins

megascópica;

- A **Geologia Física** estuda os processos e as forças associadas com a evolução e a morfologia da Terra;
- A **Sedimentologia** estuda as rochas sedimentares e os processos responsáveis pela sua origem e pelos movimentos de sedimentos;
- A **Geofísica** aplica os métodos físicos ao estudo da estrutura e composição da Terra;
- A **Geoquímica** refere-se ao estudo das quantidades, distribuição e circulação de elementos químicos no solo, água e atmosfera terrestre;
- A **Cartografia** dedica-se aos métodos de campo e de laboratório que levam à produção de mapas de vários tipos;
- A **Fotogeologia** utiliza fotografias aéreas para a interpretação da geologia duma região na programação de trabalhos de campo;
- A **Hidrogeologia** dedica-se ao estudo das águas subterrâneas;
- A **Geomorfologia** dedica-se às características superficiais da Terra, incluindo formas de relevo terrestre e oceânico e factores químicos, físicos e biológicos que agem sobre elas;
- Nos **Jazigos Minerais** estuda-se a forma como os recursos minerais ocorrem na crosta, sua concentração e distribuição;
- A **Geocronologia** mede os intervalos de tempo do passado geológico, as idades dos acontecimentos geológicos;
- A **Pedologia** estuda a formação dos solos, sua morfologia, origem e classificação;
- A **Geologia Aplicada** utiliza os métodos e a pesquisa geológica à solução de problemas da sociedade;
- A **Geologia de Engenharia** é um aspecto particular da Geologia Aplicada, e relaciona-se com a aplicação da Geologia à construção de obras de engenharia;

• A **Cristalografia** trata do estudo dos cristais;

• A **Mineralogia** trata do estudo dos minerais, sua génese e ocorrência;

• A **Petrologia** estuda as rochas, os seus minerais constituintes, a sua génese e o seu modo de ocorrência;

• A **Paleontologia** estuda a evolução das formas de vida através dos fósseis ou vestígios da sua existência;

• A **Estratigrafia** estuda as rochas em camadas (estratos), em especial a sua sequência no tempo e a correlação de camadas de

locais diferentes;

• A **Geohistória** debruça-se sobre a história da evolução do planeta;

- A **Geologia Económica**, muito ligada aos Jazigos Minerais, estuda as implicações económicas da exploração dos jazigos e as suas reservas;
- A **Geologia Urbana e Ambiental** têm a ver com a aplicação dos conceitos geológicos aos problemas criados pela actividade humana, e seus efeitos no ambiente, quer a nível geral, quer urbano;
- A **Geologia Marinha** (e costeira) estuda os fundos oceânicos, sua topografia, petrologia, geoquímica e o efeito das ondas e da água do mar;
- A **Cosmologia** estuda a posição da Terra no Sistema Solar e no Universo.

Como se pode ver da listagem anterior, as ciências geológicas estão intimamente ligadas a várias outras ciências: Química, Física, Matemática, Biologia, Astronomia, Economia e Engenharia. Mas as ligações não param por aqui. Por exemplo, as ligações com a **Agronomia** são evidentes, através da Pedologia. A **Geografia** é, muitas vezes considerada uma ramo da Geologia, havendo muitas universidades no mundo em que estes dois cursos estão sob a alçada dum departamento (ou faculdade) de ciências da Terra. A **Metalurgia** utiliza os conhecimentos da cristalografia e os métodos de estudo dos minerais. A Medicina criou um novo campo – a **Geomedicina** – que se dedica ao estudo das doenças humanas provocadas pela actividade geológica e mineira. Este tipo de actividades também afecta a vida animal que vive por perto e, assim, a ligação com a **Veterinária** também é evidente. A **Engenharia de Minas** utiliza os conhecimentos geológicos e de engenharia para a abertura de minas para exploração de recursos minerais. Muitos outros exemplos se poderiam dar para ilustrar a ligação da Geologia com outras ciências não geológicas.

5. UM POUCO SOBRE A HISTÓRIA DA GEOLOGIA

Nos primórdios da Humanidade, o Homem interessava-se somente pelas "pedras" que lhe fossem úteis. Utilizava-as para fazer os seus instrumentos de caça e ferramentas de trabalho, conhecidas da Idade da Pedra (Fig. 1.4). Ainda na Idade da Pedra, o Homem começou a utilizar rochas e minerais para fazer objectos ornamentais. Desta época, conhecem-se hoje minas de sílex.

Mais tarde, com o início da Idade do Bronze, o Homem começou a utilizar os metais, tanto para armas como para objectos ornamentais. **Fig. 1.4. Exemplar dum instrumento pré-**



histórico de Massingir

Os antigos Egípcios (1.500 AC) já conheciam os efeitos medicinais de alguns minerais, como a antimoniite (Sb_2S_3), o enxofre (S), a hematite (Fe_2O_3), a halite (sal), a soda (NaNO_3), o petróleo bruto, etc.

Os primeiros registos geológicos de que há memória vêm do tempo dos Gregos antigos. Cite-se por exemplo Heródoto (484-425 AC) que escreveu que "...o mar apagou-se onde hoje a terra se solidifica...", após observar fósseis de conchas marinhas em terra firme. Nessa altura, a idade da Terra foi calculada em 399.000 anos!!! Também Heródoto reparou que o Rio Nilo depositava sedimentos durante as cheias, tendo reconhecido o processo lento mas contínuo que modifica a superfície da Terra.

Teofrastus (374-287 AC), escreveu o primeiro tratado de Mineralogia - *A Respeito das Pedras* - que foi a base da maioria dos mineralogistas da Idade Média.

Com a queda de Roma em 500 DC pouco ou nada se ouve na Europa acerca de ciência até à Renascença (séc. XV-XVI). Contudo, nas países árabes, Ibn Sida (980-1037) escreve uma sistemática dos minerais e reconhece que as montanhas se formam por acção de forças internas e que a água tem um papel importante na erosão e na formação de sedimentos.

A Idade Média (séc. XI-XIV) foi assim um período de estagnação de conhecimentos, de crenças em poderes sobrenaturais e em superstições. Nessa época, o primeiro livro do Antigo Testamento - *Génesis* - sobre a origem do mundo e da vida, era aceite como verdade acabada, não contestável, pois se o fosse seria considerado sacrilégio. Assim, no geral, os Homens não procuravam mais esclarecimentos sobre os fenómenos naturais.

Com o aparecimento da Renascença, a situação no que toca ao avanço das ciências muda de figura. O Génesis começa a ser contestado, surgindo várias pessoas decididas a mudar o estado das coisas. Leonardo da Vinci (1452-1519) foi um deles.

Ao descobrir conchas numa zona montanhosa de Itália, da Vinci concluiu que aqueles animais só podiam ter vivido ali quando aquelas terras estavam cobertas de água. Foi um escândalo na época, mas como ele era reconhecido por todos como artista, escultor, arquitecto, engenheiro e inventor, então ele teria alguma razão para afrontar as Sagradas Escrituras. Mas os defensores destas encontraram uma resposta para o aparecimento de conchas nas montanhas: Deus tinha-as posto lá para pôr à prova a fé do Homem.

Apesar dos seus trabalhos, da Vinci não trouxe nada de novo em termos de conhecimentos geológicos. Ele mais não fez do que reafirmar o que Gregos e Árabes já tinham afirmado.

O grande avanço das ciências geológicas ocorre cerca de 150 anos mais tarde, com o dinamarquês Nicolaus Steno (Séc. XVII) que é conhecido como o pioneiro da Geologia. Como outros cientistas, ele observou conchas nas montanhas da Itália e concluiu que o mar tinha coberto aquela região. Mas ele foi mais longe, pois observou que as conchas estavam encravadas em vários tipos de rochas, de camadas ou estratos. Verificou que algumas camadas eram espessas, outras delgadas; umas eram uniformes, outras irregulares; umas continham conchas de animais marinhos, outras de animais de água doce. Concluiu que as rochas que continham essas conchas só podiam ter sido depositadas como sedimento em zonas cobertas por água salgada ou doce. Com o recuo das águas, os sedimentos transformaram-se em rochas sólidas. Por isso, concluiu ele ainda, as camadas do fundo deviam ser mais antigas do que as que estavam mais acima. Nasceu assim o **princípio da sobreposição**, base da Geocronologia actual.

Abraham Werner (1749-1817), de nacionalidade alemã, aos 25 anos, publica um livro sobre as características externas dos minerais, pondo fim a uma época de observações caóticas e disparatadas. Ele é considerado o pai da Geologia e da Mineralogia alemãs. Werner também é considerado o pai da Geologia de Campo, por ter sido o primeiro a levar os seus alunos ao terreno para terem o quadro geral do que ensinava nas aulas. A **Teoria Neptunista** é da sua autoria, em que considerava a Terra constituída por águas muito profundas a partir das quais se formava a crosta.

O seu discípulo Leopold von Buch (1774-1853), depois de observar alguns vulcões europeus, coisa que Werner nunca tinha feito, contrariou essa teoria, criando a **Teoria Vulcanista**, em que no interior da Terra existia um imenso calor que fundia as rochas.

William Smith (1769-1839) foi o pai da Paleontologia e, de certo modo, da Estratigrafia. Ele notou que certos fósseis só ocorriam em determinadas camadas e que estas podiam ser correlacionadas, mesmo que distantes entre si. O esquema da Fig. 1.5 mostra como ele fez essa correlação, considerando as sequências de camadas e respectivos fósseis em 3 lugares distintos (esquemas A a C) e construindo uma coluna estratigráfica completa (D) da região.

Outros paleontólogos de renome do tempo de W. Smith foram Georges Cuvier (1769-1832), Ernst von Schlotheim (1765-1832).

No séc. XIX, o inglês Charles Darwin (1809-1882), observando os vários fósseis e as diferentes formas de vida que encontrou pelo mundo fora durante as suas viagens, formulou a teoria da evolução da vida, expressa no seu livro (1859) *A Origem das Espécies pela Selecção Natural, ou A Preservação das Raças Favorecidas na Luta pela Vida*. Ainda nesse tempo esse livro foi considerado uma afronta aos ensinamentos bíblicos sobre a criação. Mais tarde (1871), com o seu livro *A Origem do Homem*, essa polémica renasceu.

Os séculos XVIII e XIX caracterizaram-se por grandes avanços e actividades nas ciências geológicas e

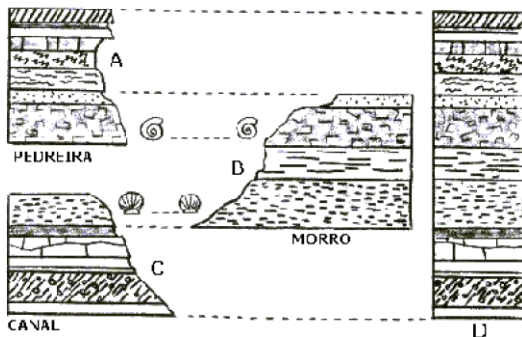


Fig. 1.5. Correlações estabelecidas por W.Smith

Também se caracterizou pelo aparecimento de várias associações de geólogos, como o Geological

Survey of England (1835), Association Géologique Française (1855) e a Preußische Geologische Landesamtstalt (1873), entre outras. No início do Séc XX (1915), o alemão Alfred Wegener (1880-1930) escreveu o livro *A Origem dos Continentes* em que formula a Teoria da Deriva dos Continentes, precursora da actualíssima **Teoria da Tectónica de Placas** (já referida anteriormente).

No que toca ao nosso continente, Alex du Toit é considerado o pai da Geologia Africana.

6. A TERRA NO ESPAÇO

O estudo da Terra deveria começar talvez com um exame das suas relações com o resto do Universo. Estamos habituados a pensar que Terra é o centro do universo, o que não é de todo verdade. A Terra é um pequeno planeta que gira à volta duma estrela - o Sol. O Sol e os seus planetas são uma ínfima parte da galáxia Via Láctea, que, por seu lado, é uma dos milhares de galáxias do nosso universo. Muitos dos fenómenos físicos que ocorrem na Terra são afectados pela interacção do Sol, Lua e Terra.

A VIA LÁCTEA

O Sol e os seus planetas, cometas, satélites e asteróides, é um dos biliões de estrelas da nossa galáxia - A Via Láctea. Este sistema de estrelas tem uma forma de lente/disco achatado, com as estrelas dispostas em braços de espiral, com um núcleo constituído por uma grande densidade de estrelas. A Via Láctea tem um diâmetro de 70.000 anos luz (cerca de 9.5×10^{12} km, ou seja, 9 biliões e meio de quilómetros). Como não é possível fotografar a Via Láctea, as únicas imagens que dispomos são as de galáxias semelhantes, como a ilustrada pela foto da Fig. 1.6, da Galáxia M100, tirada pelo telescópio Hubble.

Na Via Láctea, o Sistema Solar ocupa uma posição afastada do centro. Na Fig. 1.6 Está mostrada essa posição se a galáxia fosse a Via Láctea. **Fig. 1.6. Imagem da Galáxia M100, tirada pelo telescópio Hubble**



O SISTEMA SOLAR

O Sistema Solar (Fig. 1.7) é uma pequeníssima parte da nossa galáxia e consiste do Sol, de 9 Planetas e seus Satélites, Asteróides, Cometas e Meteoritos.

Se bem que o Sol (Fig. 1.8) seja extremamente importante para nós, ele é insignificante no meio dos biliões de estrelas da galáxia, quer em tamanho quer em brilho, apesar de ele conter 99.8% da massa de todo o Sistema Solar. A Fig. 1.8 mostra também imagens dos planetas do Sistema Solar (excepto da Terra, que pode ser vista na Fig. 1.1, bem como da Lua, de um asteróide e de um cometa). A Tabela 1.1 mostra as dimensões do Sol e dos planetas.



Fig. 1.7. O Sistema Solar e seus planetas interiores (terrestres) e exteriores

Tabela 1.1. Dimensões do Sol e dos Planetas do Sistema Solar

Sol e Planetas	Sol	Planetas Interiores				Planetas Exteriores				
		Mercúrio	Vénus	Terra	Marte	Júpiter	Saturno	Urano	Neptuno	Plutão
Distância média ao Sol (milhões de km)	-	58	108	150	228	778	1.427	2.870	4.497	5.900
Tempo que a luz do Sol leva a chegar	-	3m 13s	6m 1s	8m 19s	12m 40s	43m 14s	1h 19m 17s	2h 39m 23s	4h 9m 47s	5h 27m 40s
Revolução dias	-	88	224,7	365,26	687	4.332	10.760,6	30.685,5	23.668,8	90.474,9
anos	-	0,24	0,62	1	1,88	11,86	29,46	84,01	64,8	247,7
horas	600-696	1.416	5.832	23,93	24,6	9,8	10,2	15	22	153
Rotação dias	25-29	59	-243*	1	1,03	0,4	0,43	-0,63*	0,92	6,4
Diâmetro (km)	1.384.000	4.880	12.104	12.756	6.787	142.800	120.000	51.800	48.500	6.000?
Massa (Terra = 1)	330.000	0,06	0,81	1	0,11	317,9	95,2	14,6	17,2	0,1?
Volume (Terra = 1)		0,06	0,88	1	0,15	1.316	755	67	57	0,1?
Densidade (água = 1)	1,41	5,4	5,2	5,5	3,9	1,3	0,7	1,2	1,7	?
Número de Satélites	-	0	0	1	2	15+aneis	17+aneis	5+aneis	2	1
Atmosfera	H, He	-	CO ₂	N, O	CO ₂	He, H	H, He	H, He, CH ₄	H, He, CH ₄	?

* Vénus e Urano têm movimentos de rotação contrários ao de todos os outros planetas.

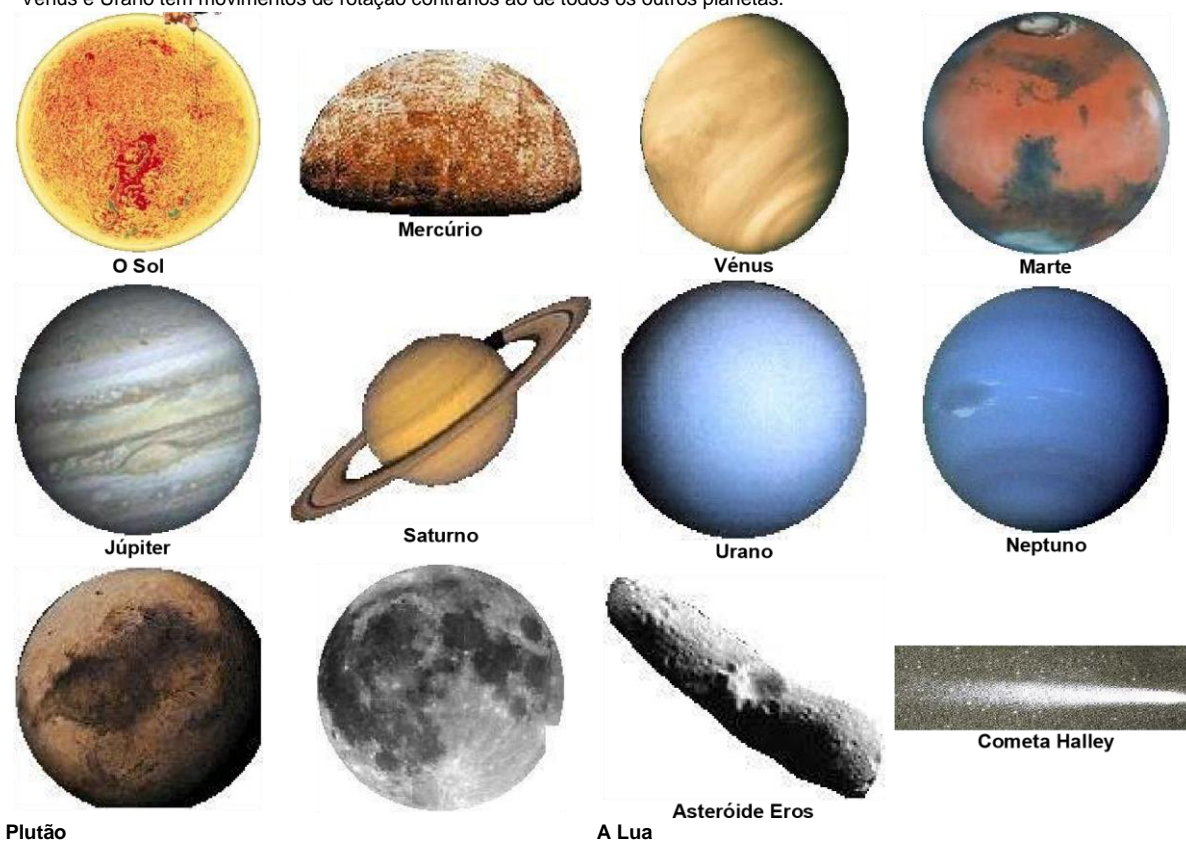


Fig. 1.8. Imagnes dos constituintes do Sistema Solar (as imagens não estão à escala)

O Sol é uma estrela de tamanho médio, com uma temperatura de 6.000°C à superfície e de 5.000.000°C em profundidade, onde a matéria está sujeita a pressões gigantescas. Ele desloca-se a uma velocidade de 70.000 km/s em direcção à estrela Vega, situada na constelação de Lira a 27 anos-luz de distância ($10,65 \times 10^{12}$ km).

A ORIGEM DO SISTEMA SOLAR

Como se formou o Sistema Solar é uma pergunta para a qual uma resposta exacta possivelmente nunca será dada. Mas o esquema geral do processo pode ser visualizado através das evidências obtidas pelos astrónomos, dos nossos conhecimentos sobre o Sistema Solar e sobre as leis da Física e Química. Há várias teorias sobre a origem do Sistema Solar.

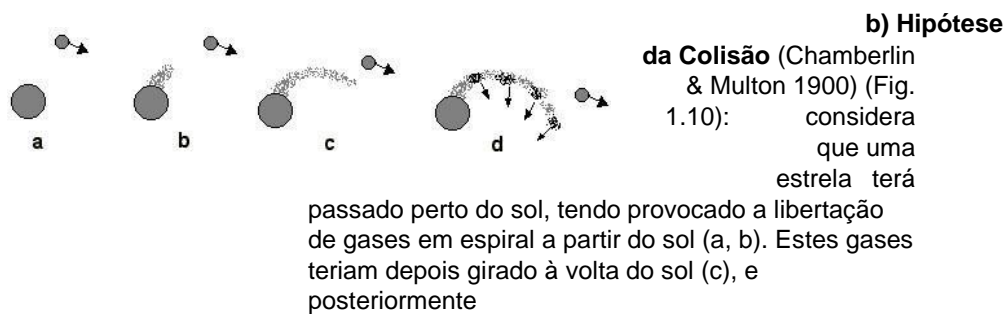
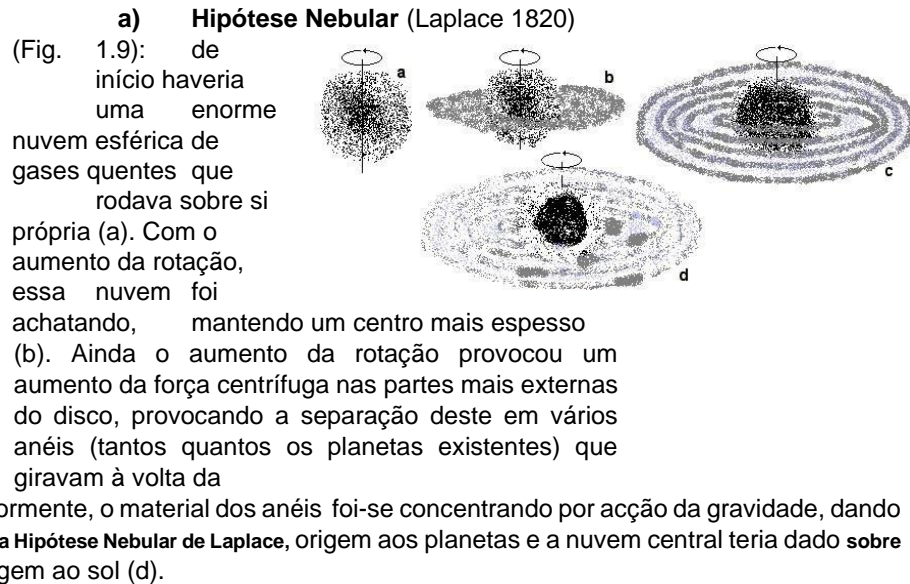


Fig. 1.10. Hipótese da Colisão sobre a origem do Sistema Solar se concentrado para originar os planetas, devido à força de atracção entre as duas estrelas (d). c) Teoria Moderna

O início do Sistema Solar deu-se numa altura em que aparentemente o espaço estava vazio. Mas só aparentemente, pois o espaço estava cheio de átomos dispersos que formavam uma nuvem tênue, turbulenta e em redemoinho. (fig. 1.11 a).

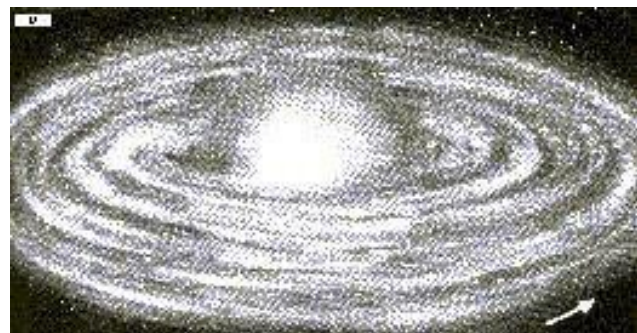
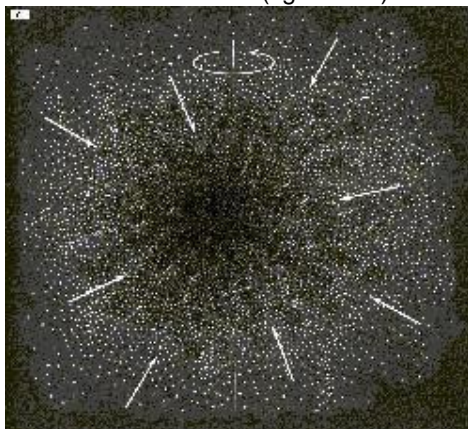


Fig. 1.11. Hipótese Moderna sobre a origem do Sistema Solar.

Com o tempo, e devido à atracção entre os átomos, a nuvem começou a tornar-se mais espessa pela progressiva concentração dos átomos. A energia desses redemoinhos deu eventualmente origem à rotação da nuvem que originou mais tarde o sol e os planetas.

À medida que os átomos eram atraídos entre si, e se aproximavam uns dos outros, a nuvem tornou-se mais densa e mais quente. Como resultado deste processo de concentração, formou-se a Terra e os outros planetas.

Mais de 99% dos átomos do espaço são átomos de hidrogénio (H) e hélio (He), os dois átomos mais pequenos, o que pode ser visto nas atmosferas de alguns planetas maiores.

Perto do centro da concentração da nuvem de gás, os átomos ficaram tão comprimidos e tão aquecidos que os átomos de H e He começaram a fundir-se para originar elementos mais pesados. Esta fusão provocou libertação de enormes quantidades de energia térmica, o que levou a uma *combustão nuclear* dos átomos de H e He.

Quando começaram estas reacções nucleares, deu-se o nascimento do Sol, o que deve ter acontecido há 6 mil milhões de anos. Porém, os processos nucleares estavam confinados ao centro da nuvem. À sua volta rodava uma nuvem de gás menos quente e menos denso.

Como se sabe, a rotação provoca uma força centrífuga que tende a puxar os corpos para fora, ao passo que a gravidade é uma força centrípeta, que puxa os objectos uns para os outros. Como resultante destas duas forças, a nuvem de gás tornou-se gradualmente um disco rotativo achatado, girando à volta do Sol. A tal disco chama-se **nebulosa planetária** (Fig. 1.11.b).

A dado momento, as porções externas mais frias da nebulosa planetária tornaram-se suficientemente compactadas para originar matéria sólida, do mesmo modo que o gelo se condensa a partir do vapor de água para originar neve. Progressivamente, esta matéria sólida condensada transformou-se em planetas.

TEMA 2: ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO DA TERRA

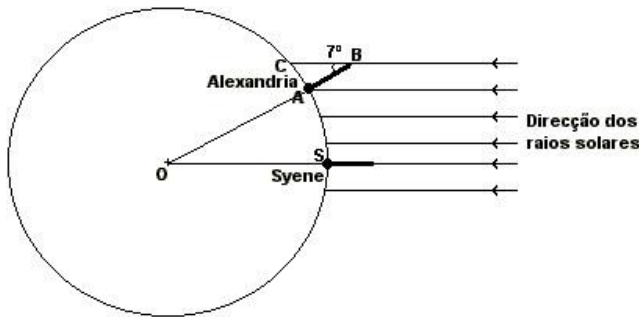
1. INTRODUÇÃO

A forma esférica da Terra foi reconhecida por Eratóstenes (230 AC) e a posição da Terra no Sistema Solar foi definida por Copérnico no séc. XVI. Mas só em tempos recentes, quando houve a possibilidade de observar a Terra a partir do espaço em imagens como a da Fig. 2.1, é que foi possível visualizar a Terra como um planeta isolado e apreciar as suas características distintas.

A primeira viagem à volta do mundo começou com Fernão de Magalhães, que partiu de Sevilha (Espanha) em 1519 e foi completada em 1522 por Sebastián del Cano, definindo sem margens de dúvidas que a Terra é um globo. Enquanto que os navegadores ao serviço dos reis de Espanha levaram 3 anos a dar a volta ao mundo, hoje é possível fazê-lo em meros 40 minutos e fotografá-lo de altitudes em que é possível ver a sua forma esférica (Fig. 2.1).

Pitágoras (530 AC) foi o primeiro a considerar a hipótese de a Terra ser redonda. Observando a aproximação de navios vindos de longe, reparou que primeiro se viam os mastros, e só depois o casco, chegando à conclusão que a superfície do mar não era plana, mas sim curva.





No tempo de Erastótenes (Bibliotecário Chefe de Alexandria, Egipto) já se sabia que a distância do Sol era tão grande que os seus raios podiam ser considerados paralelos. Assim, ele imaginou um sistema simples para estimar o tamanho da Terra. Ele tinha ouvido dizer que em Syene (hoje Aswan) no Rio Nilo, ao meio dia no Verão o sol estava tão a pique que não provocava sombra dos objectos. Observou, contudo, que em Alexandria, cerca de 800 km a norte de Syene, à mesma hora havia sombra de objectos. A Fig. 2.2. ilustra as condições

Fig. 2.2. Método usado por Erastótenes para medir a circunferência da experiência (em escala exagerada de ângulos e

da Terra

comprimentos).

Em Alexandria, uma estaca de dimensão AB provocaria uma sombra de dimensão AC. Estes dois comprimentos determinam o ângulo ABC que iguala o ângulo SOA. Erastótenes fez os cálculos e verificou que este ângulo é de um pouco mais de 7° (7° 12"), ou seja, quase exactamente 1/5 que 360°. O comprimento da circunferência terrestre seria assim 50 vezes a distância de Alexandria a Syene, ou seja:

$$50 \times 800\text{km} = 40.000 \text{ km.}$$

FORMA E DIMENSÕES DA TERRA

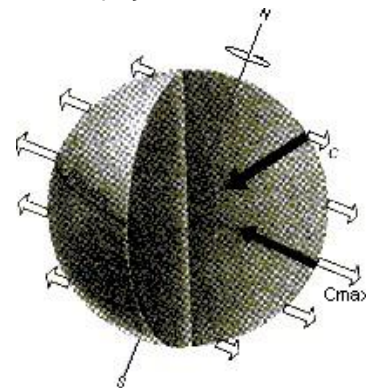
A Terra é um corpo esférico, com um diâmetro de 12.756 km, que roda à volta do seu eixo uma vez ao dia, estando o eixo inclinado de 23.5° em relação ao seu plano de órbita à volta do Sol.

Todos sabemos que um objecto colocado num disco giratório é expelido, a não ser que preso ao seu lugar. A força que expelle o objecto giratório é chamada **força centrífuga**. Quanto mais rápida a velocidade de rotação e a distância ao centro de rotação, maior é esta força centrífuga. Em 1666, Isaac Newton afirmou que os objectos colocados na Terra giratória seria expelidos para o espaço, a não ser se contrariados por uma força oposta maior. Isto foi a base de partida para a formulação da *Lei da Atracção Gravitacional*, que tem a seguinte expressão:

$$F = G \times \frac{M_1 \times M_2}{d^2} \quad (1)$$

em que M_1 e M_2 são as massas de 2 objectos, d a distância entre eles e G a constante de gravitação ($=6,754 \times 10^{-8}$). Desta equação fica claro que quanto maiores os objectos e menor a distância entre eles, maior a força de atracção. Quando um corpo é muito grande, como a Terra, a atracção torna-se também muito grande. Se não fosse isso, o ar que envolve a Terra seria expelido para o espaço e não haveria vida. A gravidade da Terra é uma força que actua de fora para dentro (Fig. 2.3) e que tende a puxar os objectos para o centro do planeta. Assim, a força da gravidade é radial, quer dizer, em qualquer ponto da Terra os objectos são puxados ao longo duma linha que liga o objecto ao centro de gravidade (centro da Terra). Quando todas as partículas dum objecto deformável são puxadas de igual modo para o centro, o corpo torna-se esférico. Assim, a gravidade e o facto de a Terra ser deformável, são as razões para que ela seja redonda.

Newton também imaginou que o balanço entre a força centrífuga (resultante do movimento de rotação) e a da gravidade deformaria a forma da Terra, passando duma esfera para um elipsóide. De facto, é isso que acontece pois, enquanto que a gravidade é uma força radial, a força



centrífuga actua perpendicularmente ao eixo de rotação (Fig. 2.3). Esta força é tanto maior quanto mais afastado um objecto estiver do eixo de rotação, ou Fig. 2.3. **Força da gravidade (setas negras) e força centrífuga (setas seja, no Equador essa força é máxima (C_{max}) e quase nula nos pólos. brancas)**

A interacção destas duas forças (centrífuga e gravidade) dá origem a uma Terra ligeiramente achatada nos pólos e "inchada" no equador. Como resultado disto, o diâmetro equatorial da Terra é de 12.756 km, ao passo que o diâmetro polar é de 12.714 km, ou seja, uma diferença de 42 km, diferença tão pequena para a dimensão do globo, que se pode considerar a Terra como uma esfera perfeita. A Fig. 2.4 ilustra estas diferenças. Este afastamento da forma esférica perfeita tem como resultado que uma pessoa que pese 90 kg no equador, pesa 90.5 kg no polo. A Tabela 2.1 dá uma ideia geral das dimensões da Terra.

Tabela 2.1. Alguns factos numéricos

TERRA		OCEANOS E MARES		
Maior altitude conhecida	Metros	Maior profundidade conhecida	Metros	
Monte Everest (Nepal)	8.863	Fossa das Marianas (Filipinas)	11.035	
Altitude média	840	Profundidade média	3.808	
TAMANHO E FORMA	km	ÁREA	Milhões de km ²	
Raio equatorial (<i>a</i>)	6.378,2	Terra (29,22%)	149	
Raio polar (<i>b</i>)	6.356,8	Calotes Polares e Glaciares	15,6	
Raio médio	6.371,0	Mares e Oceanos (70,78%)	361	
Circunferência equatorial	40.076	Terra + plataforma continental	177,4	
Circunferência polar (meridiano)	40.009	Mares/Oceanos - plataforma continental	332,6	
Elipcticidade (<i>a-b</i>)/ <i>a</i>	1/298	Área total da Terra	510,0	
VOLUME, DENSIDADE, MASSA	Espessura/raio médio (km)	Volume (x 10 ⁶ km ³)	Densidade média (g/cm ³)	Massa (x 10 ²⁴ g)
Atmosfera	-	-	-	0,005
Mares e Oceanos	3,8	1.370	1,03	1,41
Calotes Polares e Glaciares	1,6	25	0,30	0,023
Crusta Continental + plataforma continental	35	6.210	2,8	17,39
Crusta Oceânica - plataforma continental	8	2.660	2,9	7,71
Manto	2.881	898.000	4,53	4.068
Núcleo	3.473	175.500	10,72	1.881
A TERRA INTEIRA	6.371	1.083.230	5,517	5.976

A lei de atracção gravitacional de Newton constitui a base para o cálculo da massa e da densidade da Terra. De acordo com essa lei, a força de atracção exercida pela Terra sobre um objecto colocado na sua superfície, pode ser calculada se soubermos a massa do objecto, a constante **G** e a distância do objecto ao centro de massa da Terra. Para um objecto à superfície, essa distância é o raio da Terra. A força de atracção gravitacional é o que chamamos **peso do objecto**. De acordo com as leis que Newton desenvolveu, este peso deverá ser igual ao produto da massa do objecto (M_1) e a aceleração da gravidade (g):

$$F = M_1 \times g \quad (2)$$

Considerando a equação (1), pode estabelecer-se a seguinte igualdade

$$F = G \times M_1 \times M_2 = M_1 \times g \times d \quad (3)$$

Como M_1 aparece nos dois termos da igualdade, simplificando, fica:

$$\frac{G \times M_2}{d} = g \quad M_2 = \frac{g \times d}{G} \quad (4)$$

Sendo:

$$d = 6.380 \text{ km} \times g =$$

$$980 \text{ cm/s}^2$$

$$G = 6,754 \times 10^{-8}, \text{ a massa da Terra } (M_2) \text{ é igual a}$$

$$5,98 \times 10^{27} \text{ gramas.}$$

O Volume da esfera $V = \frac{4}{3}\pi \times R^3$ terrestre pode agora ser calculado, sendo igual a $108,78 \times 10^{10}$

km^3 . A partir da massa e do volume, pode calcular-se a densidade (massa/volume), que é de $5,5 \text{ g/cm}^3$.