

JORGE BONITO

# **ROTEIRO DE LABORATÓRIO I**

IMPACTOS METEORÍTICOS



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

2022

## ÍNDICE

1 - INTRODUÇÃO.....	3
2 - METEORITOS .....	4
3 - ACIDENTES TERRESTRES DEVIDOS A IMPACTOS DE CORPOS EXTERIORES .....	13
4 - ATIVIDADES PRÁTICAS .....	20

# 1 – INTRODUÇÃO

*La Geología es ciencia que se desarrolla fundamentalmente en el campo, en plena Naturaleza, es ocupación sana y llena de interés. Por ello son muchos los geólogos que han alcanzado larga vida.*

Francisco Hernández Pacheco<sup>1</sup>

Estender o uso da palavra Geologia<sup>2</sup> ao estudo da Lua, planetas e outros objetos do sistema solar, poderá parecer, *a priori* e no mínimo, um abuso ou imprecisão de linguagem. Passar-se-á o mesmo com o vocábulo Geociências<sup>3</sup>? Os Serviços Geológicos dos Estados Unidos da América estabeleceram um novo termo designativo da aplicação de princípios e métodos geológicos a toda essa condensação de matéria e gases do sistema solar que existe exteriormente à Terra: Astrogeologia.

Algumas características comuns tornam frutíferas as investigações geológicas sobre a Lua e Mercúrio e, até certo ponto, também Marte. Estes planetas não têm rios com água corrente, oceanos de água livre nem praticamente atmosfera. No planeta Terra, os processos de meteorização das rochas, erosão produzida pelos rios, ondas e vento, e sedimentação rapidamente sonegam acidentes produzidos pelo vulcanismo, pela atividade tectónica e pelo impacto de grandes massas procedentes do espaço exterior.

Todos estes processos não atuam, ou atuam muitíssimo lentamente, num planeta que apresenta uma atmosfera ou hidrosfera muito ténues, ou simplesmente, não as têm. É por isso, que na Lua, Marte e Mercúrio, as formas produzidas pela atividade vulcânica e/ou tectónica e pelo impacto dos corpos vindos do espaço se mantêm quase inalteráveis por largos Éons<sup>4</sup> de tempo geológico.

Será, pois, provável que o estudo científico destes acidentes planetários possa conduzir a um melhor conhecimento sobre a história primitiva do nosso próprio planeta, e descortinar por comparação, e em alguns casos, eventuais vias de evolução que o nosso planeta sofrerá. Para tal empreendimento, isto é, para compreendermos a Lua, os planetas

---

<sup>1</sup> Meléndez, B., & Fuster, J. M. (1991). *Geología* (5.ª ed.). Editorial Paraninfo, p. 6.

<sup>2</sup> Etimologicamente, por aglutinação a partir do grego γεω e λογία.

<sup>3</sup> Etimologicamente, resulta da aglutinação do vocábulo grego γεω e da palavra latina *scientia* (em grego, επιστημη)

<sup>4</sup> Usa-se, geralmente, os termos “Éon” ou “Aeon”, do grego Αιων, que significa “longevidade” e “medieval”, para indicar um lapso de tempo de mil milhões de anos (proposta de 1957); mas atualmente é entendida como uma unidade de tempo arbitrariamente grande. Corresponde à maior divisão de tempo na escala de tempo geológico. Existem quadro Éons: Fanerozoico, Proterozoico, Arcaico, Hádico. Somente é menor que um Superéon (o único que existe é o Pré-Câmbrico).

internos, os asteroides e os meteoritos, é necessário aplicar os princípios geológicos por nós conhecidos.

## 2 – METEORITOS

Chama-se *meteoróide* a um fragmento de matéria sólida do espaço exterior que entra na atmosfera da Terra. A maioria destes fragmentos, dada a sua reduzida dimensão, vaporizam quando entram na atmosfera, deixando um ligeiro e instantâneo rasto de luz, chamando-se então *meteoro*<sup>5</sup>. Quando os meteoróides são de dimensões excessivamente grandes, apesar da sua vaporização parcial, conseguem alcançar a superfície da Terra. Neste caso, os objetos exóticos apelidam-se de *meteoritos* (**Figura 1**).

**Figura 1.**

*Esta velha gravura representa a queda de um meteorito há cinco séculos*



Nota. Fonte: Silva et al., *idem*<sup>6</sup>

A queda de um meteorito é acompanhada de um clarão luminoso intenso denominado *bólide*, associado geralmente a um ruído estrepitoso. O atrito que a atmosfera provoca, aquece intensivamente a superfície externa do corpo, não sendo, contudo, suficiente para

---

<sup>5</sup> A sabedoria popular costuma apelar os meteoros de “estrelas cadentes”, constituindo este fenómeno uma presságio.

<sup>6</sup> Silva, A. D., Gramaxo, F., Mesquita, J., & Santos, M. E. (1996). *Terra, Universo de vida. Ciências da Terra e da Vida. 10.º ano*. Porto Editora, p. 30.

umentar a sua temperatura interna, pelo que manter-se-á a composição e estruturas originais do meteorito. Amiúde, a massa inteira pode explodir antes do impacto com a superfície terrestre, fragmentando-se em numerosos pedaços sobre uma extensa área. Recordemos o cataclismo de Tungusca, em 30 de junho de 1908, na Sibéria Central. A explosão provável de um meteoro a 8 km de altitude destruiu grande parte de uma floresta (Figura 2)<sup>7</sup>.

**Figura 2.**

A – Fotografia tirada após a expedição científica organizada em 1927. B – Aspeto da floresta siberiana no início da década de 1990, onde ocorreu o cataclismo provocado pela explosão de um meteorito



A

B

Nota. Fonte: Silva et al., *idem*<sup>8</sup>

Os meteoritos dividem-se em três classes:

---

<sup>7</sup> Não esqueçamos que a revista *Science*, em junho de 1980, publica um artigo intitulado *Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary Extinction* da autoria de Luis W. Alvarez, Walter Alvarez, Frank Asaro e Helen V. Michel (todos da Universidade da Califórnia, em Berkeley) (Cfr. URL: [https://websites.pmc.ucsc.edu/~pkoch/EART\\_206/09-0305/Alvarez%20et%20et%2080%20Science%20208-1095.pdf](https://websites.pmc.ucsc.edu/~pkoch/EART_206/09-0305/Alvarez%20et%20et%2080%20Science%20208-1095.pdf)). Aí se faz o primeiro anúncio público da hipótese do impacto extraterrestre como causa da extinção dos dinossáurios, baseado na descoberta de concentrações anormalmente altas do elemento irídio na fronteira geológica entre os períodos Cretácico e Terciário (a designada fronteira K-T). Em outubro do ano seguinte, realiza-se em Snowbird (estância de esqui no Utah) uma conferência intitulada *Geological Implications of Impacts of Large Asteroids and Comets on the Earth* (Cfr. URL: <https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/books/book/350/Geological-Implications-of-Impacts-of-Large>). Leia-se a este propósito, ainda, *The Nemesis Affair: A Story of the Death of Dinosaurs and the Ways of Science*, publicado em 1986 (em Portugal, sob o título *O caso de Némesis*, publicado em 1989 pelas Publicações Europa-América). Alvarez e colegas, partindo da causa das extinções (queda de um meteorito) adiantaram as suas prováveis características (partindo da resposta): 10 a 15 km de diâmetro, 1 milhão de t à velocidade de 40 km/s. Contudo, em 1980, Alvarez et al. não sabiam dar resposta à localização da cratera resultado deste imenso impacto. Em 1991, num artigo da *Science & Vie*, Alexandre Dorozynski revela que os cientistas haviam encontrado a provável localização da cratera: tratava-se de Yucatan, perto do Golfo do México (cfr. A. Dorozynski (1991). On a retrouvé la météorite tueuse de dinosaures. *Science & Vie*, 886, 26-32, URL: <http://193.231.13.17/vufind/Record/BCU01000055106>). Mais recentemente, pode ver-se Michele Z. Donahue (2021, 20 jul). L'astéroïde ayant causé l'extinction des dinosaures s'est écrasé au "pire endroit possible". *National Geographic* (URL: <https://www.nationalgeographic.fr/espace/2021/07/lasteroïde-ayant-cause-extinction-des-dinosaures-sest-ecrase-au-pire-endroit-possible>), ao criticar o local escolhido por Alvarez et al., considerando-o "le plus mal choisi", de acordo com um novo estudo da colisão. Segundo Paul Chobas, diretor do Centro de Estudos de Objetos Próximos à Terra do Laboratório de Propulsão a Jato da NASA, apesar do tamanho imponente do meteorito, a probabilidade de extinção em massa é muito baixa.

<sup>8</sup> Silva, A. D., Gramaxo, F., Mesquita, J., & Santos, M. E. (1993). *Terra, Universo de vida. Ciências da Terra e da Vida*. 10.º ano. Porto Editora, p. 30.

a) *Meteoritos férreos* ou *sideritos* (**Figura 3A**), compostos essencialmente por uma liga de Ferro e Níquel<sup>9</sup> ( $\pm 90\%$ ), Troilite (FeS)<sup>10</sup> ( $\pm 8\%$ ) e Cobalto ( $\pm 0,5\%$ );

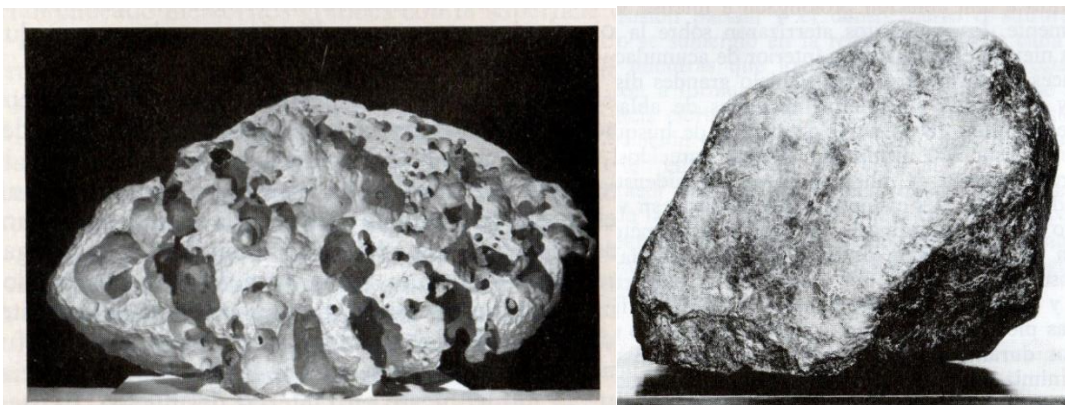
b) *Meteoritos pétreos* ou *aerólitos*, constituídos na maior parte, por minerais silicatados, principalmente olivina e piroxena com cerca de 20% de ligas de Ferro e Níquel. Este grupo pode subdividir-se em dois grupos:

b<sub>1</sub>) *Condritos*<sup>11</sup>: 40% de Olivina, 30% de Piroxenas, 10%-20% de ligas de Fe-Ni, 10% de Plagióclases e 6% de Troilite;

b<sub>2</sub>) *Acondritos*: com composição análoga à dos condritos, embora apresentando uma textura mais grosseira (**Figura 3B**).

**Figura 3.**

A – Meteorito férreo, encontrado em Willamette (EUA), com 14 t e >3 m de comprimento. B – Meteorito pétreo com 338 kg e cerca de 60 cm de altura, encontrado em Paragould, no Arkansas (EUA), em 17 fev. 1930



**A**

**B**

*Nota.* A – As grandes cavidades deste meteorito produziram-se por fusão rápida de inclusões de FeS durante a queda através da atmosfera. Encontra-se no *American Museum of Natural History do Hayden Planetarium* (EUA) (Cfr. URL: <https://www.amnh.org/research/hayden-planetarium>). B – A entrada deste meteorito na atmosfera formou um globo de fogo imenso, visível a milhares de km<sup>2</sup>. Encontra-se no *Yerkes Observatory* (EUA)<sup>12</sup> (URL: <https://www.yerkesobservatory.org/>).

c) *Meteoritos petroférreos* ou *siderólitos*, onde os minerais silicatados e o Níquel-Ferro podem formar um meio contínuo que engloba corpos esféricos de minerais silicatados ( $\pm 50\%$  de ligas de Fe-Ni,  $\pm 50\%$  de silicatos<sup>13</sup> e piroxenas<sup>14</sup>).

<sup>9</sup> Com uma percentagem de Níquel oscilando entre os 4% e os 20%.

<sup>10</sup> A Troilite é o sulfureto de ferro estequiométrico da Pirrotite. Encontra-se, geralmente, em meteoritos, mas já foram referidas pirrotites terrestres com a composição estequiométrica, embora elas sejam raras.

<sup>11</sup> Têm cóndrulos, *i.e.*, pequenos glóbulos com 1 mm de diâmetro de olivina e de outros minerais.

<sup>12</sup> Cfr. Strahler, A. N. (1992). *Geologia física*. Ediciones Omega, p. 537.

<sup>13</sup> Essencialmente, plagióclases (feldspatos).

<sup>14</sup> Minerais ferromagnesianos.

Em Portugal existem alguns registos de quedas de meteoritos, conforme se observa no

## Quadro 1.

### Quadro 1.

*Resumo dos meteoritos encontrados em Portugal*

LOCAL E DATA DA QUEDA	COMPOSIÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Tasquinha (Evoramonte) <sup>15</sup> 19 de fevereiro de 1796	Faltam referências exatas	Pesava 4,8 kg
Picote (Miranda) Setembro de 1843	Partículas de ferro metálico e pirrotite	Dois fragmentos pesavam, respetivamente, 1,125 kg e 440 g, com densidades 3,45 e 3,61. Textura "granosa", com cor cinzenta-escura.
São Julião de Moreira (Ponte de Lima) <sup>16</sup> 1877	Fe – 89,39%, Ni, Co – 8,27% P – 0,26%, Cu – Vestígios, schreibersite, rabdite, rara plessite, camacite, taenite e ferrite	Textura grosseira, fortemente magnéticos. Densidade 7,1765, dureza 6,5, 162 kg. Forma ± cônica, com o perímetro maior de 1,07 m e o menor de 0,91 m. Com figuras Widmanstätten extremamente grosseiras.
Palência de baixo (Margem Sul do Tejo) 31 de julho de 1894	Faltam referências exatas	Faltam referências exatas
Olivença <sup>17</sup> 1924	Olivina, hiperstena e feldspato ácido. Pobre em elementos ferro-niquélicos. Merrillite e cromite.	Côndrulos de olivina
Vilarelho da Raia (Chaves) <sup>18</sup> 1925	Piroxenas (hiperstena, pigeonite), plagioclases, cromite, quartzo, tridimite. Alguma magnetite, troilite e grãos de ferro e níquel.	Textura brechiforme. Densidade 3,331. Pesa 2,670 kg.

<sup>15</sup> Paradeiro desconhecido.

<sup>16</sup> Este meteorito foi descoberto em 1877, ocasionalmente por um lavrador, enterrado a 120 cm de profundidade, em solo granítico, aquando dos trabalhos de preparação para o plantio de vinha. Após a sua descoberta, o proprietário do terreno reduziu o meteorito a 142 kg, destruindo a camada de alteração e vendeu-o a A. Brezina de Viena. Foram feitos numerosos fragmentos do meteorito e, curiosamente, é em Portugal, no Instituto Superior Técnico, que se encontra a porção mais pequena (cerca de 0,5 kg), estando em Viena (4,5 kg), Nova Iorque (1,7 kg), Chicago (1,7 kg), Yale (1,8 kg), Budapeste (1,4 kg), entre outros locais (Cfr. URL: <https://110.tecnico.ulisboa.pt/arquivos/episodio-16-o-meteorito-de-sao-juliao-de-moreira/>).

<sup>17</sup> A maior parte deste meteorito encontra-se no Museu de História Natural de Madrid. Em 1980, existiam alguns fragmentos guardados nos museus de Coimbra, Elvas e Porto.

<sup>18</sup> Foram recolhidos vários fragmentos deste meteorito após a explosão, estando depositados alguns fragmentos no Museu do Instituto Superior de Engenharia do Porto e um pequeno fragmento (61 g) no Museu de História Natural de Paris.

**Quadro 1** (continuação). *Resumo dos meteoritos encontrados em Portugal*

LOCAL E DATA DA QUEDA	COMPOSIÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Monte das Fadas (Santiago do Cacém) <sup>19</sup> 1950	Olivina, piroxenas, plagioclases (felsdspatos). Alguma troilite e ferro-níquel	Côndrulos de olivina. Densidade 3,451. Elementos recolhidos com 4,885 kg.
Juromenha (Alandroal) 14 de novembro 1968	Fe – 89,8%; Co – 0,425%, Ni – 9,63%, P – 1,0%. Camacite, schreibersite, magnetite e maghemite.	Forma elipsoidal. 30 cm de comprimento. Fortemente magnético. Densidade 7,82. 25,250 kg de peso.

Nota. Fonte: Teixeira e Gonçalves, *idem*<sup>20</sup>.

A imprensa escrita (nacional e regional) deu algum destaque à queda de um meteorito no conselho do Alandroal em 14 de novembro de 1968 (Quinta-feira). Embora alguns periódicos não façam qualquer menção a este acontecimento (*v.g.*, *Jornal O Século*), estando mais preocupados, no âmbito nacional, com a visita do Presidente da República à casa da Condessa de Cadaval, e no âmbito internacional, com a corrida competitiva entre americanos e russos para chegar à Lua, outros, porém, destacam o facto.

Assim, o jornal *Diário de Notícias*<sup>21</sup>, no dia 16 de novembro de 1968, apresenta em primeira página, duas fotografias de destaque. A primeira revelando o encontro entre o enviado do periódico em Elvas junto de Joaquim Filipe Gomes, que estava a cerca de 30 m do local onde caiu o meteorito. Este último indica o buraco no solo que ficou depois do meteorito ter sido extraído dele. A segunda fotografia mostra uma vista do meteorito, com cerca de 25,250 kg. No interior deste jornal (p. 5) podemos ver que a queda do meteorito foi “assunto de todas as conversas no Alandroal” (**Figura 4**).

<sup>19</sup> A queda foi acompanhada de forte explosão seguida de outras menores. Os fragmentos do meteorito dispersaram-se entre Alvalade e Ferreira do Alentejo. Vários destes fragmentos foram recolhidos na área entre Aldeia dos Ruins, monte das Fortes, Boizão-Velho e Boizão-Novo, dos quais cinco se encontram conservados no Museu dos Serviços Geológicos de Portugal.

<sup>20</sup> Adaptado de Teixeira, C., e Gonçalves, F. (1980). Introdução à Geologia de Portugal. Instituto Nacional de Investigação Científica. Algumas obras merecem especial referência: a) Alfredo Bensaúde (1888). Note sur une météorite ferrique trouvée à S. Julião de Moreira, près de Ponte de Lima (Portugal). *Com. Trab. Geol. Port.*, Lisboa, T. 2, 14-26; b) Rui Serpa Pinto (1932). Resenha dos meteoritos caídos em Portugal. *A Terra Rev. Sism. Geof.*, Coimbra, 3, 45-49; c) Elisabeth Jérémie (1954). Description de la chondrite de Monte das Fortes (Portugal) et quelques remarques sur les meteorites portugaises en général. *Com. Serv. Geol. Port.*, Lisboa, T. 35, 5-26; d) Elisabeth Jérémie (1954). Eucrite de Chaves (Portugal). *Bol. Soc. Geol. Port.*, Porto, V. 11, fasc. 2-3, 127-138; e) G. T. Prior e M. H. Hey (1953). *Catalogue of meteorites with special reference to those represented in the collection of the British Museum (Natural History)*. British Museum (Natural History), London; f) J. A. Wood (1968). *Meteorites and the Origin of Planets*. New York: McGraw-Hill.

<sup>21</sup> N.º 36.890 (ano 104.º). Na data, este jornal custava 0,5 cêntimo de euro.



Figura 4.

Notícia do Diário de Notícias sobre a queda do meteorito no Alandroal



“Tive tanto medo daquilo que fui de gatas para casa.” É o homem, hortelão da herdade das Tenazes, vendo a nossa cara de dúvida, acentuou: “Sim, senhor, é verdade”.

“Aquilo” a que se referia era o estranho objeto que ao começo da noite de quinta-feira, envolto num feixe de luz e fazendo um ruído que se ouviu em locais muito distantes, se despenhou no solo da herdade, onde abriu uma cratera com cerca de 1.50 m de diâmetro e outro tanto de profundidade.

“Não faz ideia do susto que apanhei” - diz-nos o hortelão, joaquim Filipe Gomes, que com o guarda e os familiares eram as únicas pessoas à quella hora na herdade das Tenazes, situada a 3 quilómetros de Juromenha, no concelho de Alandroal.

Estávamos com ele á beira do buraco aberto na terra empapada e assinalado e vedado por uma sebe de canas. O objeto caído do espaço fora já retirado por praças da G.N.R. de Alandroal:

“Eu estava ali, na cabana, a tratar do macho, quando de repente, ouvi aquele enorme ruído, que parecia deitar tudo abaixo e vi um clarão que era como se fosse dia. Nunca vi uma coisa assim.

Depois a luz que saia do buraco foi morrendo, mas ficaram duas luzes.

“Lá de cima, do monte, o guarda começou a chamar por mim e eu lá ganhei coragem para me pôr a caminho do Alandroal e participar à guarda o que tinha acontecido. Entretanto, o estrondo começou a atrair pessoal, o senhor não queira saber o que foi isto aqui”.

A herdade das Tenazes é agora o motivo de todas as conversas e o pólo de atração das gentes do sítio e das redondezas. Daquelas gentes que falam do “meteorito que veio do céu”.

O que é um meteorito? Dizem as enciclopédias: corpos sólidos que, vindos de outros universos estranhos à terra, entram na atmosfera do nosso planeta com uma velocidade de 50 quilómetros por segundo e que se apresentam, por fusão ou evaporação, debaixo da forma de uma nuvem constituída por poeira cósmica, ou atingem o solo em fragmentos mais ou menos volumosos, constituídos por elementos que se encontram na Terra.

Os fenómenos que os acompanham na queda são provocados pela incandescência de gases atmosféricos que são comprimidos pelo deslocamento destas massas, produzindo calor.

Deixando no “monte” o hortelão da herdade das Tenazes deslocamo-nos a Alandroal para ver o objeto, o tal meteorito. É um pedaço de metal em bruto, aparentemente puro, não maior do que uma boia de futebol e que pesa 25,250 kg.

Sem dúvida que de trata de um corpo sólido. Sem dúvida pelo testemunho do hortelão, que caiu envolto em luz, tão intensa que a noite pareceu dia. Sem dúvida, também, a avaliar pela cratera que abriu e pelo estrondo que fez, que vinha animado de enorme velocidade, tudo indica, pois, ser um meteorito.

Que metal o compõe?

Os especialistas na matéria não-de esclarecer o caso.

Nove dias após a queda do meteorito, um jornal de inspiração católica – *A Defesa* (**Figura 5**) – coloca também em destaque esse fenómeno, embora já com alguma informação adicional e mais fundamentado do que fez o *Diário de Notícias*.

**Figura 5.**

*Notícia do jornal A Defesa*<sup>22</sup>, em 23 de novembro de 1968

**Fortemente magnética a massa metálica do meteorólito que caiu na Juromenha**

Deslocaram-se a Évora os srs. prof. dr. Carlos Teixeira, drs. António Serralheiro e Rodrigo Botto, geólogos da Faculdade de Ciências de Lisboa, dr., Mendes Vítor, geofísico do Serviço Meteorológico Nacional, dr. Pedro Fernandes, perito em radioatividade da Junta de Energia Nuclear, os quais analisaram ali a massa metálica do meteorólito caído há dias no Monte das Tenazes, freguesia de Juromenha, concelho de Alandroal, e que pesa mais de 25 kgs. (sic).

Verificou-se que não é radiativa, mas sim fortemente magnética. Segundo o prof. Carlos Teixeira, a composição do metal é ferro-niquélica. No interior branco – do tipo aço inoxidável – embora, como é óbvio, apresente uma capa escura (verdosa) devido ao atrito que a tornou incandescente, em contacto com a atmosfera.

O corpo meteorólito é de densidade entre 7 e 8, por isso, é tão pesado, embora tão pequeno – tamanho de uma bola de futebol achatada nos polos.

É curioso notar que este meteorólito do Alandroal tem composição em tudo semelhante ao da Fonte do Líbano e àquele outro que, em 1919, caiu em Angola, na zona de Otjinjai.

Dada esta circunstância é que se torna possível vir a ser feito, no Laboratório da Junta de Investigações do Ultramar, o estudo do meteorólito do Monte das Tenazes. É, pelo menos, isso que as entidades procuraram realizar, estando já pedida autorização ao presidente da Junta Distrital de Évora para ceder, em regime de estudo, o meteorólito que aquela cidade reivindica para o seu museu.

Neste momento, no entanto, para organizar o “processo-meteorólito”, a Faculdade de Ciências aguarda a voluntária comunicação das testemunhas oculares sobre o trajeto e itinerário do corpo metálico caído no Alandroal. Sabe-se que seguiu na direção Oeste-Leste, infletindo em semicírculos para Sudoeste. Todavia, só com a colaboração de quem lhe pôde seguir o rasto no céu se fixará o seu “caminho” exato. Quem o viu deverá comunicá-lo à Faculdade de Ciências de Lisboa, para o sr. prof. Dr. Carlos Teixeira. Colaborando, assim, na definição e caracterização de um fenómeno que os cientistas procuram estudar cuidadosamente. (pp. 1.4)

Sabemos que esta notícia ainda correu os jornais, pelo menos, mais alguns dias. A *Defesa*, no número seguinte, volta a escrever sobre o meteorito do Alandroal (**Figura 6**):

<sup>22</sup> 23 de novembro de 1968, n.º 2368 (ano XLVI).

**Figura 6.**

Notícia do jornal *A Defesa*<sup>23</sup>, em 30 de novembro de 1968

### **O Meteorito do Alandroal**

A propósito do meteorito do Alandroal escreveu, no *Diário Popular*, o Professor Carlos Teixeira:

“No Monte das Tenazes, perto do Alandroal, caiu, há dias, ao luscofusco, com grande estrondo acompanhado por enorme clarão, um objeto estranho, identificado posteriormente, como um meteorito.

Tratava-se, efetivamente, de meteorito metálico do tipo dos meteoritos ferroniquélicos, de forma achatada, com pouco mais de 30 cm de comprimento e 25 kg de peso.

A superfície tem o aspeto característico desses corpos. Basta raspar a crosta que em parte a cobre para aparecer o aspeto metálico, brilhante, como o do aço.

Segundo informações colhidas no lugar, a trajetória do meteorito faz-se de Oeste para Leste, tendo o fenómeno luminoso que o acompanhou durado apenas alguns segundos. Não se notou fumo.

Ao cair o meteorito abriu pequena cova, tendo-se enterrado cerca de 0,80 metros. Ficou incandescente, durante algum tempo arrefecendo lentamente, em contacto com a terra húmida.

Infelizmente as autoridades, que tão depressa acorreram para protegerem o estranho objeto, permitiram que fosse retirado da cova sem a presença de pessoa conhecedora do assunto.

Desconhecem-se, assim, as condições exatas da jazida, não foram recolhidas amostras das terras que o envolviam, etc.

O hortelão Joaquim Gomes, a quem o meteorito provocou grande susto, pois estará a 30 metros do local da queda do mesmo, declara que esta foi acompanhada como que por uma chuva de areia, que caiu sobre ele e as árvores próximas.

O meteorito do Alandroal é o terceiro deste tipo conhecido em Portugal; o primeiro é o octaedrito de Moreira de Lima (Ponte de Lima), encontrado em 1877, com o peso de cerca de 160 quilos, estudado por A. Bensaúde e vendido, pouco depois, para Viena de Áustria; está representado em numerosos museus do Mundo; o segundo, também do grupo dos octaedritos, é o Ochinjau [*sic*], no Sul de Angola, encontrado em 1919 e existente hoje no Museu da Repartição de Geologia e Minas, em Luanda; foi estudado há poucos anos, em Lisboa. Pesava 29,6 quilos.

Não é o meteorito da herdade das Tenazes o único tombado nesta região alentejana, pois muita gente se lembra, ainda, do meteorito caído em Olivença e Castelo de Vide, em 19 de junho de 1924. Era, porém, de tipo diferente. Foi classificado no grupo dos condritos olivino-hipersténicos. Além dos fragmentos existentes no Museu de Madrid, encontra-se representado no Museu de Mineralogia da Faculdade de Ciências de Lisboa. Há fragmentos nos Museus de Elvas, Coimbra e Porto. Calcula-se que tivesse 150 quilos, mas partiu-se no espaço após grande explosão. A trajetória foi diferente (NNE-SSW).

Só depois de conveniente, estudado sob o aspeto da composição química e mineralógica e da estrutura, poderá classificar-se o meteorito agora caído. Espera-se, por isso, que as autoridades que o têm em poder delas o entreguem, em breve, para esse fim. Deve depois ficar depositado em museu idóneo.

A composição média dos meteoritos deste tipo andam à volta de 90,78 por cento de ferro, 8,59 por cento de níquel, 0,63 por cento de carbono e pequenas quantidades de fósforo, enxofre, crómio, etc. Os minerais presentes são, em geral, schreibersite, troilite, daubreelite, cohenite, enstatite, etc., sem falar na camacite e na taenite, formadas por níquel e ferro. A densidade varia, em geral, entre 7 e 8.

Segundo lista recente (1966) publicada pelo Museu Britânico, conhecem-se 661 meteoritos metálicos (dos quais apenas foi observada a queda de 43), 42 pertencentes a ataxitos ricos de níquel e 466 a octaedritos (muito finos, finos, médios, grosseiros e muito grosseiros). Dos líticos estavam catalogados em 1966, 1199.

Em Portugal conhecem-se outros meteoritos, como o acondrito piroxeno-plagioclásico (hovardito) de Chaves, caído em 3 de maio de 1926 (guardado no Instituto Industrial do Porto) e o condrito olivino-hipersténico do Monte dos Fortes (Alentejo), guardado nos Serviços Geológicos de Portugal, caído a 23 de agosto de 1950. Cita-se ainda o meteorito lítico de Picote, caído em setembro de 1843.

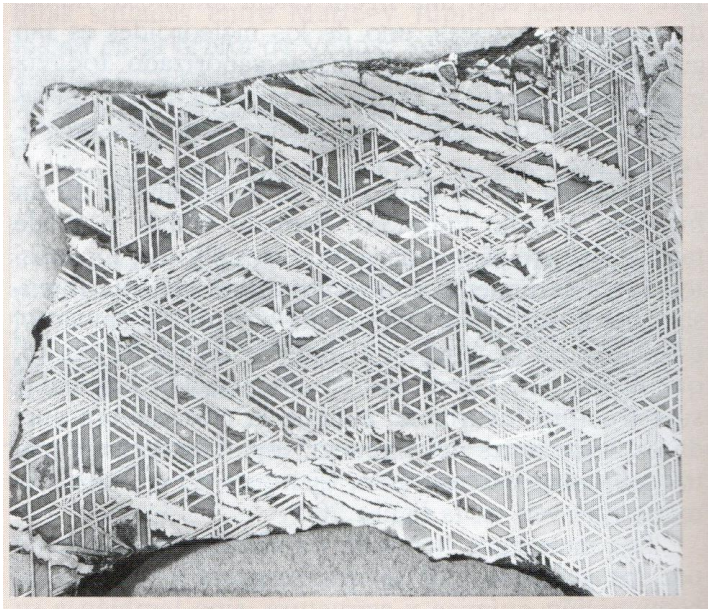
Há Organizações Internacionais, como a *Comissão dos Meteoritos*, da União Internacional das Ciências Geológicas, o *Grupo de Trabalhos sobre meteoritos*, criado pela U.N.E.S.C.O., a *Comissão dos Meteoritos*, criada pela U.N. Internacional, a *Comissão de Mineralogia Cósmica*, da Associação Mineralógica Internacional, etc., encarregadas de reunir todos os elementos referentes a estes corpos caídos na Terra, cujo interesse não é preciso acentuar, visto contribuírem para desvendar os segredos do cosmos.

<sup>23</sup> 30 de novembro de 1968, nº 2369 (ano XLVI)

As semelhanças e as diferenças existentes entre a textura dos meteoritos e as rochas da Terra começaram cedo a despertar grande interesse. A liga de Níquel-Ferro de um meteorito férreo apresenta uma textura cristalina característica. Quando se risca uma superfície polida, surgem modelos lineares característicos, conhecidos como textura *Widmanstätten* (**Figura 7**).

**Figura 7.**

*Textura Widmanstätten gravada num meteorito férreo*



*Nota.* Fonte: fotografia do *Smithsonian Astrophysical Observatory* (Strahler, *idem*, p. 538).

A textura *Widmanstätten* é praticamente desconhecida no ferro terrestre. Pensa-se que estes padrões surgem devido à liga ter arrefecido muito lentamente a partir de uma temperatura alta. Podemos inferir daqui que os meteoritos férreos são fragmentos soltos de massa originalmente maiores, como, por exemplo, aquelas que encontramos no núcleo de asteroides grandes.

Ainda relativamente ao tipo de textura, constata-se que os condritos possuem uma textura interna incomparável em rochas da Terra. Os cristais de olivina ou piroxena formam pequenas bolas- cóndrulos. Esta estrutura, apesar de constituir um dado importante no sentido da génese dos meteoritos pétreos, tem um significado que ainda não se conhece. Os acondritos, porém, possuem uma textura de grão grosso, parecida com a das rochas plutónicas da Terra.

Os meteoritos pétreos são aqueles que estão mais catalogados a nível de quedas na superfície da Terra (cerca de 94%). Seguem-se os meteoritos férreos (4,5%) e os meteoritos petroférreos (1,5%). A maior parte dos meteoritos pétreos são condritos. Haverá, pois, uma hipótese para a sua origem. Os condritos são provavelmente fragmentos dos primeiros corpos planetários que se formaram no sistema solar. Os meteoritos de níquel-ferro podem interpretar-se como núcleos desses corpos planetários nos quais teve lugar o processo de diferenciação. Os meteoritos pétreos revelam a possibilidade de ter ocorrido algum processo de fusão e recristalização desses corpos planetários originários.

Foram determinadas algumas idades dos meteoritos através dos métodos de urânio-chumbo, potássio-argônio e rubídio-estrôncio. Todos os métodos dão resultados muito comparáveis e concordantes, indicando uma idade para a formação dos meteoritos da ordem dos 4500 Ma (cerca de 700 Ma mais do que a idade da rocha mais antiga conhecida na crosta terrestre).

### **3 - ACIDENTES TERRESTRES DEVIDOS A IMPACTOS DE CORPOS EXTERIORES**

O impacto de um meteorito com a superfície terrestre provoca acidentes perfeitamente identificáveis. Até 1997, o maior meteorito isolado conhecido era o férreo Hoba, encontrado em África Sul-Occidental, pesando 60 t, com dimensões de 3 m x 3 m x 1 m. Os que se seguem na lista de tamanho pesam aproximadamente metade do meteorito de Hoba. Relativamente aos meteoritos pétreos não foram encontrados com mais de uma tonelada. O maior que se conhece, é o apresentado na Figura 3B.

Os meteoritos cujo a queda se observou raramente produziram crateras de dimensões comensuráveis. Porém, um deles foi seriamente significativo. Trata-se do meteorito de Sikhote Alin siberiano, caído em 12 de fevereiro de 1947. Muita gente presenciou esta queda. O maior fragmento de ferro encontrado pesou 1,8 t. Os fragmentos maiores de ferro produziram crateras em forma de funil com cerca de 28 m de diâmetro. Os cientistas soviéticos deduziram a trajetória observada do rasto do meteoróide que se tratava de um asteroide pequeno que se movia a uma velocidade de 40 km/s.

Nas superfícies continentais da terra encontraram-se e examinaram-se vários exemplos bons de grandes crateras quase perfeitamente circulares com bordos nitidamente

definidos. No conjunto, talvez se conheçam menos de uma dezena de crateras grandes bem delimitadas e umas 50 estruturas rochosas circulares, cujo exame revela imensas perturbações e alterações das rochas onde se encontram. A disponibilidade de fotografias aéreas combinadas com fotografia de satélite, levou à descoberta de muitas estruturas cuja origem possivelmente tenha sido o impacto de meteoritos. É evidente que são excluídas todas as crateras vulcânicas<sup>24</sup> conhecidas formadas por lava e cinzas vulcânicas, assim como as caldeiras evidentes, as grandes crateras produzidas pela demolição explosiva de um vulcão pré-existente.

A origem das estruturas circulares e a presença de determinadas crateras profundas com bordos afilados não é motivo de consenso entre os geólogos. Poderia parecer *a priori* que o impacto fosse a hipótese preferida para a consequência da queda de um meteorito. Porém, alguns geólogos têm estudado intensamente as estruturas circulares e afirmam que algumas podem ter-se formado através de processos terrestres internos. Por exemplo: (a) o levantamento, devido à pressão do magma ascendente seguido de afundimento; (b) a explosão, devida a gases vulcânicos. Estas estruturas são entendidas pelos partidários de processos terrestres internos como *estruturas criptovulcânicas*.

Aqueles cientistas que creem que as crateras são resultado de impactos meteoríticos chamam a essas mesmas formas "*Feridas de Estrela*"<sup>25</sup>. Ainda que estas Feridas no princípio tenham sido crateras com bordos afilados, atualmente representam apenas partes básicas profundamente erodidas das primitivas estruturas de impacto.

É provável que o melhor exemplo de cratera grande com bordo circular originando pelo impacto de um meteorito seja a cratera Barringer do Arizona (**Figura 8**) formada há cerca de 24.000 anos.

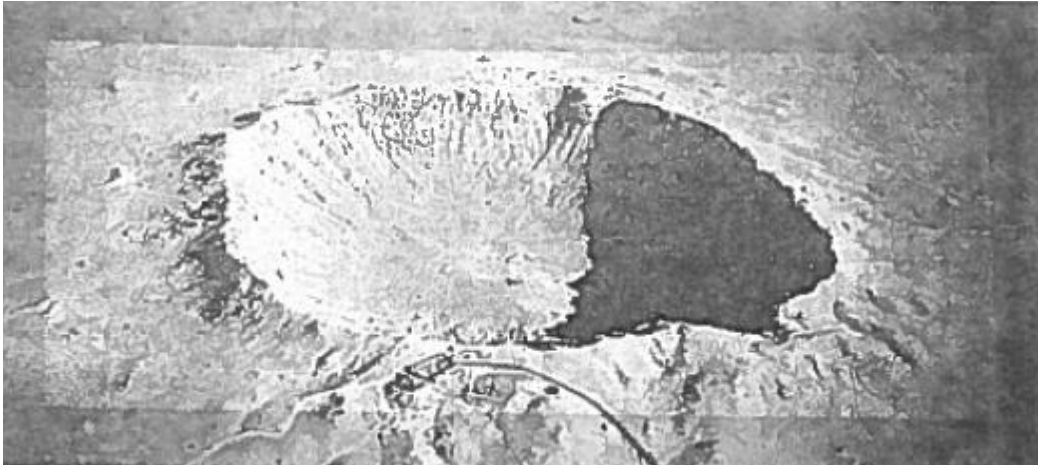
---

<sup>24</sup> A distinção, por observação, entre crateras meteoríticas e vulcânicas é objeto de uma atividade prática laboratorial autónoma, onde analisaremos imagens de planetas do sistema solar captadas por sondas espaciais.

<sup>25</sup> Os "astroblema" (Strahler, *idem*, p. 540).

**Figura 8.**

Vista aérea da cratera Barringer no Arizona setentrional



Nota. Fonte: Batista, J. P., & Alcântara, M. C. (1995). *Ciências da Terra e da Vida*. 10.º ano. Editorial O Livro, p. 27.

O diâmetro desta cratera mede 1200 m e a sua profundidade quase 180 m. O bordo eleva-se a 45 m relativamente à superfície da planície circundante, que é essencialmente formada por bancadas de calcários e arenitos quase horizontais. Encontram-se fragmentos rochosos espalhados num raio de 10 km desde o centro da cratera, enquanto os fragmentos férricos meteoríticos, na ordem dos milhares, se recolheram nas imediações.

Outra prova de grandes forças de choque e altas temperaturas procede do achado de rocha finamente fraturada, vidro de sílica (microtectites) e minerais excepcionais de sílica conhecidos como *coesite*<sup>26</sup> e *stishovite*<sup>27</sup>. Estes minerais foram produzidos por fortes pressões de choque (metamorfismo de choque) a partir de uma formação de arenito pura subjacente ao calcário da meseta. Não foi encontrada nenhuma massa de ferro, apesar das inúmeras sondagens realizadas. Calcula-se, então, que um meteorito capaz de provocar tais estruturas ter-se-ia desintegrado e em parte vaporizado durante o impacto, sem deixar restos de massa intacta. Tratar-se-ia de um meteorito férreo ou asteroide com uma massa aproximada a 56 t. Mediria 30 m de comprimento e mover-se-ia a uma velocidade da ordem dos 15 km/s.

A **Figura 9** evidencia as supostas etapas de formação de uma cratera meteorítica simples de tamanho mediano, como por exemplo, a Cratera Barringer.

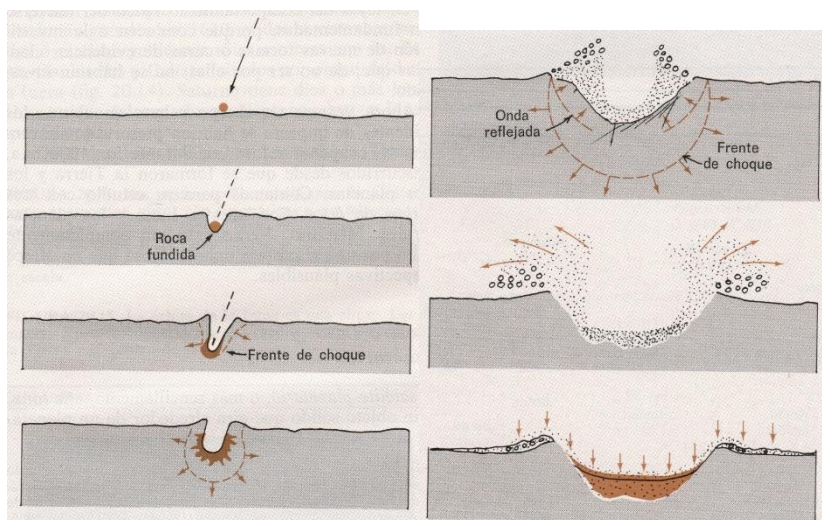
---

<sup>26</sup> Polimorfo de SiO<sub>2</sub>, produzido numa fase de elevada pressão a 450-800 °C e à pressão de 38.000 atm.

<sup>27</sup> Forma de sílica de elevada densidade (d = 4,3), sintetizada a 130.000 atm e a temperaturas superiores a 1200 °C.

**Figura 9.**

Fases hipotéticas da formação de uma cratera de impacto meteorítico



Nota. Fonte: dados de E. M. Shoemaker e do Serviço Geológicos dos EUA (Strahler, *idem*, p. 541).

A energia cinética, estimada na ordem de  $10^{21}$  a  $10^{28}$  erg<sup>28</sup>, é quase instantaneamente transferida para o solo através de uma onda de choque, fraturando intensamente e desintegrando as rochas circundantes ao ponto de impacto. O meteorito é, então, fragmentado e em parte volatilizado por uma onda de choque semelhante. Grandes quantidades de resíduos fragmentários são despedidas para o exterior, enquanto a rocha sólida encaixante abobada-se até ao cimo e para fora, formando o bordo da cratera. Grandes quantidades de materiais rochosos voltam a cair na cratera preenchendo o fundo, onde poderá permanecer enterrada a rocha fundida.

Outras crateras são aceites igualmente como tendo uma origem no impacte meteorítico. As crateras de Odessa (Texas – EUA) são relativamente pequenas (168 m) mas abundantes os fragmentos ferro-níquel, e a de Haviland, no Kansas tem somente 11 m. Um grupo de crateras menores (90 m, 6.000 anos) da Argentina – *Campo de Cielo* – está associado com fragmentos de ferro meteorítico e vidro de silício.

Na Austrália são conhecidas quatro zonas de crateras significativas: (a) a cratera *Wolf Creek*, tem uma forma surpreendentemente perfeita, com um bordo de 850 m de diâmetro (**Figura 10**); (b) a cratera de Darwin, com 700.000 anos, tem cerca de 1.000 m; (c) Veevers, apresenta 80 m; e (d) a cerca de Dalgara mede apenas 21 m.

<sup>28</sup> Unidade de trabalho ou de energia no sistema CGS. Um *erg* corresponde ao trabalho realizado por uma força de 1 *dine* quando desloca o seu ponto de aplicação 1 cm na própria direção e sentido de força. Um *dine* é a unidade absoluta de força. Corresponde à força que, atuando sobre a massa de 1 g, lhe imprime uma aceleração de 1 cm/s em cada segundo.



**Figura 10.**

*Vista aérea oblíqua da cratera de Wolf Creek, na Austrália Ocidental*



*Nota.* A cratera mede cerca de 800 m de diâmetro e o bordo eleva-se cerca de 60 m sobre o fundo plano cheio de sedimentos. Fonte: Gentileza de R. M. L. Elliontt, *West Australian Petroleum Pry. Limited* (Strahler, *idem*, p.541).

Na Alemanha existe também um acidente de impacto, ocorrido há cerca de 19.000 anos, com 24 km. Na Estónia, é considerada a cratera de *Kaalijarv*, e na Mauritânia, a cratera de *Aouelloul*. Em síntese, são oito crateras ou grupos de crateras associadas a ferro meteorítico.

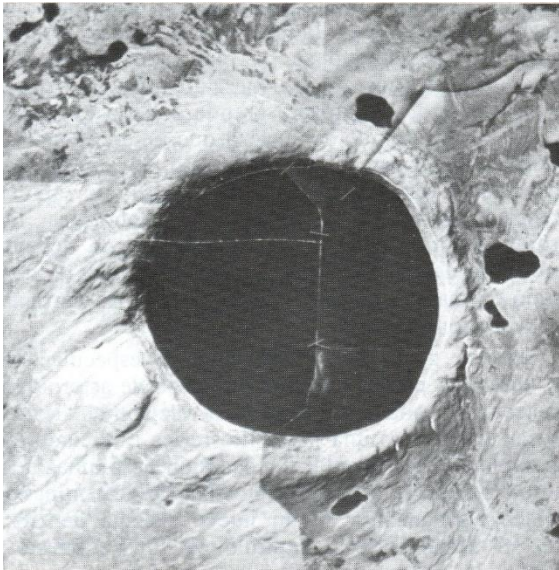
A cratera de *New Quebec* no Canadá<sup>29</sup> é uma daquelas cuja origem se discute e onde não se encontrou qualquer vestígio de ferro meteorítico (**Figura 11**). Ainda no Canadá assinala-se a Baía de Hudson, uma cratera meteorítica com cerca de 440.000 m formada há 800 Ma.

---

<sup>29</sup> Em 1972, a Terra esteve quase a ser chocada por um objeto de grandes dimensões, no estado de Montana, na fronteira dos EUA com o Canadá. Este corpo aproximou-se muito da Terra, deixou um rasto incandescente de 1500 km, fez ricochete na atmosfera e voltou para trás. A sua massa deveria ser próxima das 5.000 t.

**Figura 11.**

*Vista aérea vertical da cratera de New Quebec (cratera Chubb), situada em Quebec setentrional, cerca de 61° N de latitude e 73,5° W de longitude*



*Nota.* A depressão, de 3,2 km de comprimento e 400 m de profundidade, formou-se em gneisses e granitos de idade pré-câmbria. O bordo ascende a cerca de 100 a 150 m relativamente à superfície de terreno que a rodeia . Fonte; Conjunto de fotografias aéreas, K. L. Currie, Serviço Geológico do Canadá, Departamento de Energia, Minas e recursos (Strahler, *idem*, p.541).

A cratera de Ashanti de Ghana é idêntica em muitos aspetos e apresenta um diâmetro de 10 km de diâmetro, preenchida pelo lago Bosumtwi. Esta cratera encontra-se instalada em rochas que formam um escudo antigo, e é o mais jovem acidente conhecido devido a impacto de corpos celestes.

Finalmente assinalaremos mais quatro acidentes meteoríticos. O da Arábia Saudita – Cratera Wabar – com 97 m e cerca de 6.000 anos. Na Terra Vitória (Antártica) existe a segunda cratera mais antiga que se conhece. Tem 240.000 m e cerca de 350 Ma anos. Relativamente às crateras de Kra – Kul (Tajiquistão) e Lonar (Índia) as informações são escassas, não podendo adiantar quaisquer particularidades que as caracterizam.

Grandes estruturas circulares desprovidas de um bordo ou cratera (provavelmente eliminados pela erosão) alcançam diâmetros muito maiores que as crateras que acabamos de citar. Assim, por exemplo, detetaram-se mais de uma dezena de tais estruturas no estudo canadiano. São tipicamente representadas por estruturas depressivas circulares que alojam lagos. Considerado que estas estruturas são “Feridas de Estrela”, representarão impactos sumamente antigos, talvez com cerca de 200 a 300 Ma, quando o escudo canadiano já estava reduzido a uma plataforma de continente baixa.

De um modo geral, e analisando a frequência e estrutura das crateras e estruturas circulares no planeta Terra, poderemos afirmar que os impactos de grandes meteoritos têm sido acontecimentos raros nos tempos geológicos recentes. Adiantando um número, talvez se encontre entre 5 casos por cada Ma<sup>30</sup>. Por outro lado, os acidentes devido a prováveis impactos meteoríticos muito antigos estão muito assolados e o número de impactos parece ter sido pequeno nos últimos 500 Ma. Estas frequências são, contudo, as esperadas supondo que não se estão produzindo meteoritos no sistema solar moderno.

Nos últimos anos, os geólogos creem que os grandes impactos na Terra de objetos do tamanho dos asteroides podem ter desempenhado um papel significativo na tectónica das placas. Sugeriu-se que ao formar-se uma cratera ampla, um impacto grande deveria expulsar uma porção tão grande de crosta que desencadearia a formação de uma “flâmula” de manto. O argumento subjacente a esta conclusão é que ocorreria uma rápida ascensão isostática da litosfera para compensar a perda de massa cortical. A astenosfera também se separaria rapidamente no sentido ascensional, colocando em marcha um movimento ascensional vertical que evoluiria para pluma.

Alguns geólogos mais audazes especulam afirmando a possibilidade de um grupo de asteroides ou meteoritos grandes ter chocado com a Terra, provocam a rutura da placa litosférica e iniciado a fragmentação continental. A sucessão de plumas do manto, resultantes dos impactos, teria determinado a linha em ziguezague de um novo sistema de rifte. As supostas crateras de impacto que iniciaram a fragmentação ter-se-ão destruído por falhamento com afundimento e erosão, e soterrados sob os sedimentos do geoclinal das margens continentais que bordeavam o vale de fratura.

Parece, todavia, bastante verosímil que impactos de asteroides enormes tivessem afetado gravemente a superfície da Terra nos princípios do Pré-Câmbrico, quando os continentes se estavam a formar. As vastas crateras criadas por tais impactos poderiam desencadear grandes correntes convectivas no manto e conduzir às primeiras fases de movimentação das placas litosféricas.

Ainda que estas considerações sejam apenas especulações, elas revelam-se úteis, até em processos metacognitivos essencialmente quando se baseiam em leis do comportamento físico do universo, conduzindo a investigação a novas formas de pensar os problemas.

---

<sup>30</sup> Apesar das idades das crateras serem bastante incertas, Rampiro e Stothers descobriram uma periodicidade de 31 Ma enquanto Alvarez e Muller detetaram um período de 28 Ma (Cf. Raup, *op. cit.*).

## 4 – ATIVIDADES PRÁTICAS

1 – Argumente, favorável ou desfavoravelmente, acerca do uso dos vocábulos “Geologia” ou “Geociências” para designar também o estudo do espaço exterior à Terra.

2 – Classifique os meteoritos apresentados no Quadro 1.

3 – Caracterize os minerais encontrados nos meteoritos caídos em Portugal.

4 – A partir dos factos apresentados na secção 2, elabore uma teoria explicativa da evolução do sistema solar.

5 – Vamos agora simular a queda de um meteorito através de um modelo simples, podendo o seu estudo permitir analogias importantes para compreender as estruturas que se formam.

### *Materiais*

- Folhas de jornal
- 1 kg de gesso branco
- 0,5 kg de cimento
- Dois berlines de vidro (um maior que o outro)
- Uma fiska (facultativo)
- Uma colher de trolha
- Uma lupa

### *Procedimentos*

- Colocar várias folhas de jornal no chão, bem sobrepostas, com o objetivo de protegê-lo do gesso e do cimento, facilitando a sua limpeza posterior.
- Fazer uma “chã” de gesso, mais ou menos circular, aplanando-a e alisando-a uniformemente. Não compactar. Sugerem-se as seguintes dimensões: altura – cerca de 4 cm; raio – cerca de 20 cm.
- Polvilhar o gesso com cimento até cobri-lo totalmente. Não compactar.
- Com o auxílio de uma fiska, ou na sua falta com a própria mão, lançar um berlinde com intensidade na direção da “chã” de gesso.

## 6 - Tarefas

- a) Observar a cratera resultante e desenhar o que se vê<sup>31</sup>, numa perspetiva horizontal, a partir de cima. Fotografar.
- b) Comparar o tamanho do berlinde com o tamanho da cratera. Explicar essa diferença de tamanho.
- c) Referir a forma da cratera. Inferir se seria possível a cratera ter uma outra forma. Desenvolver um experimento que permita comprovar a conclusão a que chegou (deixar intacto o anterior).
- d) Observar com pormenor, os bordos das paredes da “cratera”. Desenhar e descrever o que observas.
- e) Provavelmente existem “resíduos fragmentários” espalhados pela “chã”. Identifique-os e assinale-os nos seus desenhos.
- f) Identificar possíveis fendas nas proximidades da cratera. Assinala-las no seu desenho.
- g) Fazer um corte transversal na cratera, para poder vê-la de perfil. Desenhar o que se observa.
- h) Construir uma analogia entre tudo o que observou e utilizou e a realidade.
- i) Esperar pela noite. Com o recurso ao telescópio que produziu (ou simplesmente com um binóculo), observar com atenção a Lua. Poderá ver então crateras de impacto reais. Na Lua não há vulcões<sup>32</sup> nem montanhas<sup>33</sup>.
- j) Existem abundantes crateras<sup>34</sup>, algumas bem grandes<sup>35</sup> (**Figura 12**), e as suas formas são variadas. Há, inclusive, crateras elípticas. Procure explicar este facto.

---

<sup>31</sup> É muito importante habituar-se a desenhar sempre o que se observa. Fazer um, dois ou mais desenhos a partir das várias perspetivas onde se encontra o observador. Os desenhos, além de contribuírem para desenvolver essa capacidade psicomotora importante de saber desenhar, constitui um modo de representar a realidade que se observa, ajudando a reconhecer e a identificar pormenores, jamais notados, e que servem de base de trabalho futuro quando já não se tem o objeto diante. No início terá algumas dificuldades, mas o difícil é começar. O segundo desenho já sairá melhor que o primeiro.

<sup>32</sup> Também, neste ponto, os geólogos ainda não chegaram a consenso. Basicamente existem duas hipóteses: a) hipótese vulcânica; e b) hipótese meteórica. Procure investigar mais sobre estas duas posições.

<sup>33</sup> Entenda-se, cadeias orogénicas.

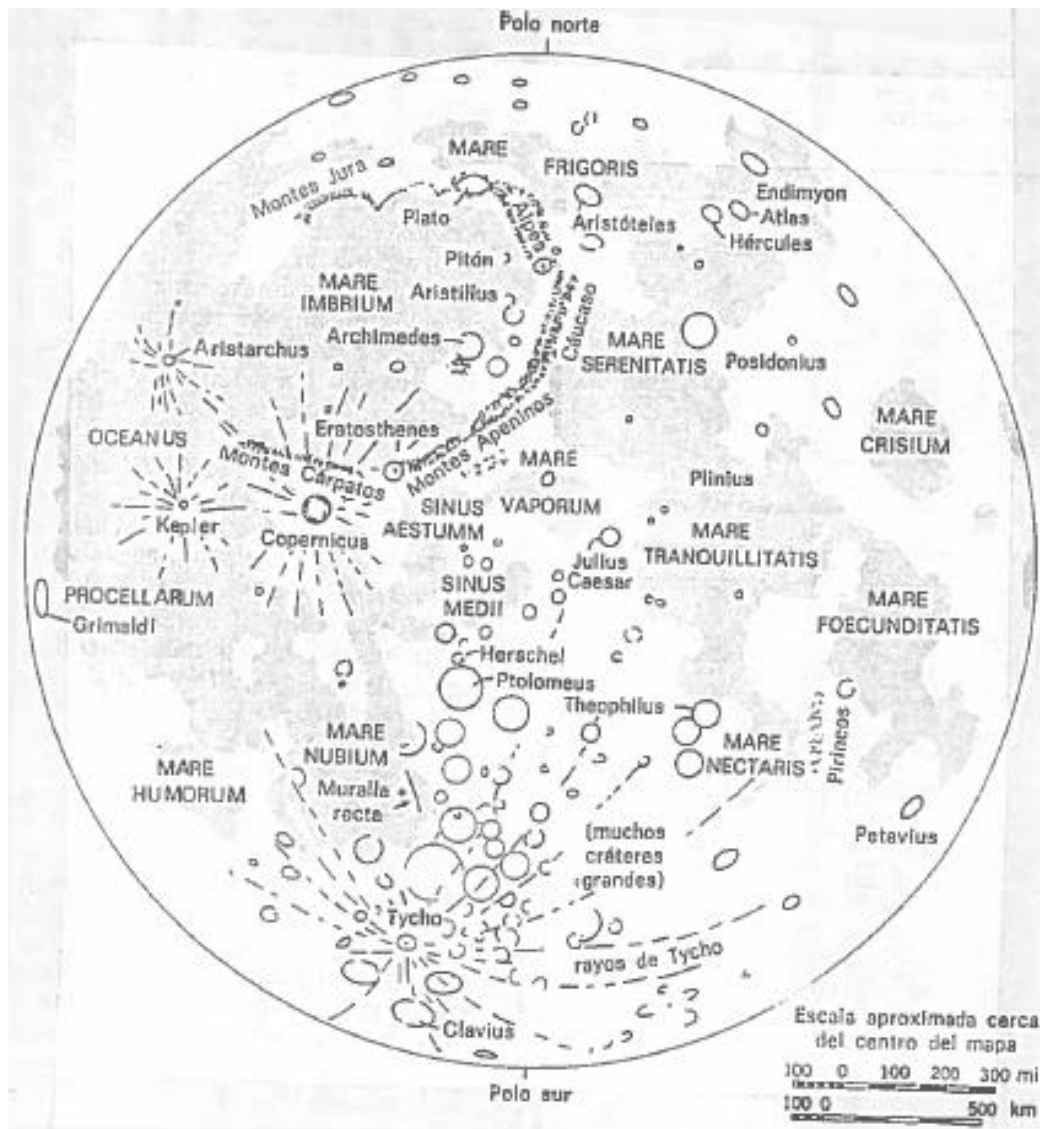
<sup>34</sup> Foi demonstrado que o número de crateras lunares por unidade de área é inversamente proporcional à raiz quadrada do diâmetro da cratera. Que quer este dado significar?

<sup>35</sup> A maior cratera denomina-se de *Clavius* e tem cerca de 236 km de diâmetro. Os seus bordos elevam-se 6 km sobre o fundo. *Tycho* e *Copernicus* são consideradas as crateras mais recentes.

Bem, mas este seria um assunto para uma outra atividade, e não queremos que fique como Galileo se sentiu em 1604, quando observava a Lua e escrevia: “Está sulcada de altíssimas montanhas e profundos vales...”.

**Figura 12.**

Mapa esquemático dos principais acidentes de relevo da Lua



Nota. Fonte: Strahler (*idem*, p. 544).