

ATAPULGITE EM ALGUNS DEPÓSITOS SEDIMENTARES PORTUGUESES

CONSIDERAÇÕES ESTRATIGRÁFICAS E MORFOCLIMÁTICAS

A atapulgite que, com a sepiolite, constitui o grupo das chamadas argilas fibrosas é, como se sabe, um silicato essencialmente alumino-magnésiano. O seu nome deriva de *Atapulugus*, localidade da Geórgia, nos Estados Unidos da América do Norte.

São conhecidas, desde longa data, variedades deste mineral no chamado «cartão da montanha». Sob este tipo de ocorrência a atapulgite é conhecida, de há muito, em Portugal (*palygorskite*), com o típico aspecto cartonáceo, flexível, preenchendo fendas nos basaltos de Lisboa. Não é este cartão da montanha, nem a sua origem o objecto das nossas preocupações de momento. O presente estudo visa exclusivamente a atapulgite sedimentar e os múltiplos problemas que a sua presença suscita.

Encontram-se, em Portugal, extensas formações sedimentares caracterizadas pela presença de atapulgite, argila até há pouco desconhecida em depósitos portugueses ⁽¹⁾.

Este tipo de sedimentos pareceu-nos merecer estudo especial, não só pelas características particulares que apresenta como também pelos elementos paleoclimáticos e paleogeográficos que nos fornece.

⁽¹⁾ A primeira referência a atapulgite sedimentar em Portugal é feita pelo autor em *Etude géologique et sédimentologique de la région de Ponte de Sor (bordure Est du bassin tertiaire du bas-Tage)*. Thèse de doctorat de 3.º cycle. Paris, 1964, p. 29.

Identificação do material argiloso — A fracção argilosa, previamente separada dos sedimentos e tratada pelas técnicas usuais, foi estudada por difractometria de Raios X, em agregados orientados sobre lâmina de vidro (fig. 1, 2 e 3). Utilizámos o difractómetro «Philips» do Centro de Estudos de Pedologia Tropical, da Junta de Investigações do Ultramar, equipado com contador Geiger-Müller e registador automático.

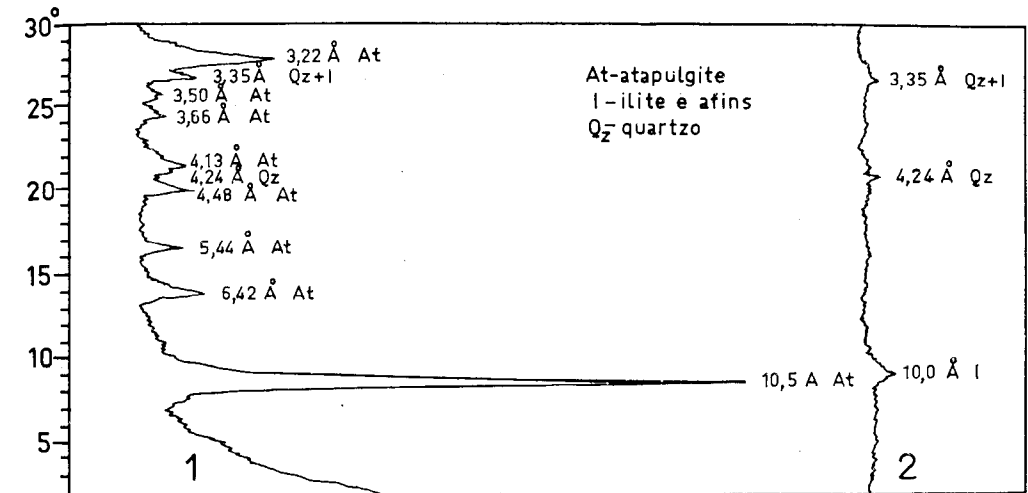


Fig. 1 — Atapulгите de Canoas (Paiã, Benfica). Difractograma da fracção argilosa do arenito grosseiro conglomerático.

1 — após tratamento com glicerol; 2 — a mesma amostra após aquecimento na mufla a 530° C.

Usámos a radiação $K\alpha$ do cobre, gerada a 20 mA e 40 kV. Agradecemos ao Prof. Ário Lobo de Azevedo as facilidades concedidas durante o nosso trabalho e ao colega A. F. Sanches Furtado as frutuosas trocas de impressões havidas no decurso do mesmo.

Este método analítico resolveu a maioria dos problemas de identificação dos componentes argilosos. Decidimos, todavia, confirmar parte das nossas determinações com o estudo radiográfico de pormenor, pelo método Debye-Scherrer. Assim, entregámos a Maria da Graça Pinheiro Salvado, bolsreira da Comissão de Estudos de Energia Nuclear do I. A. C., algumas das argilas em causa, tendo esta colega acedido a executar

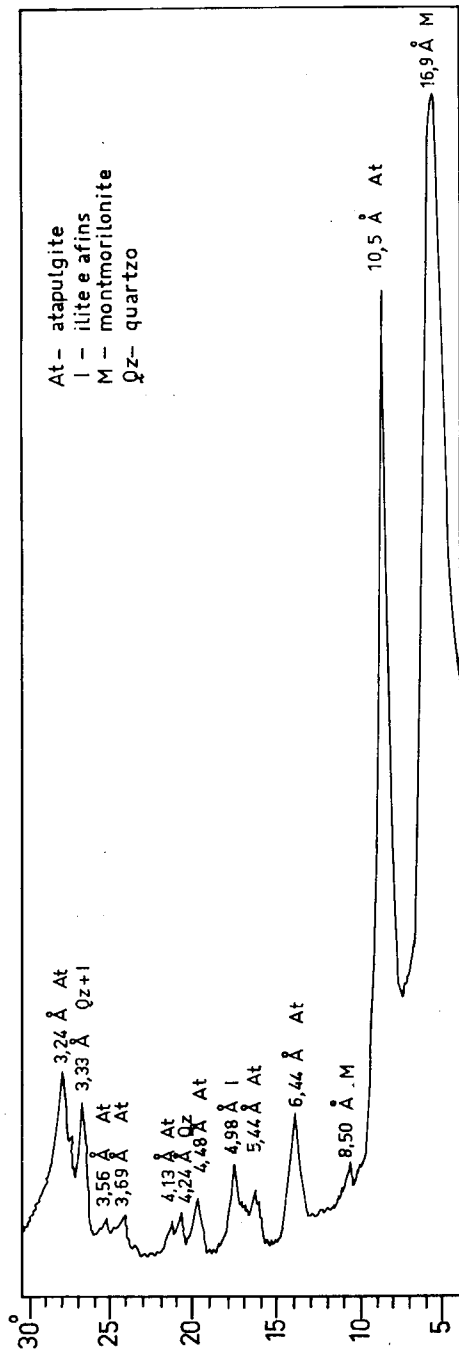


Fig. 2 — Difractograma da fracção argilosa do arenito argiloso consolidado de Cabos (Rio Maior), após tratamento com glicerol.

uma série de radiogramas de pó (est. I), que leu e interpretou, pelo que lhe deixamos aqui expresso o nosso reconhecimento.

O estudo radiográfico de duas amostras mais típicas é apresentado no Quadro I, conjuntamente com alguns padrões internacionais para comparação.

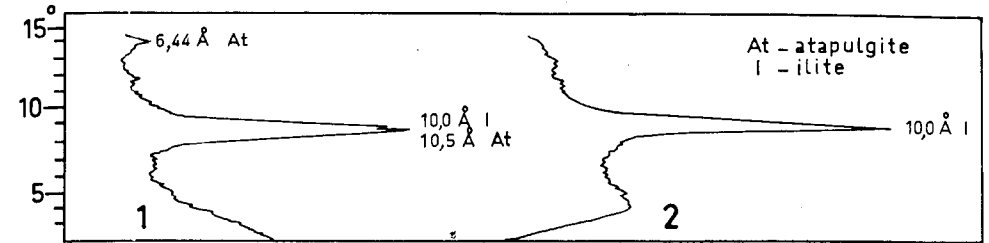


Fig. 3 — Atapulgite com ilite do calcário da ribeira do Alvorão, a 750 m a NE de Torres Novas.

1 — Difractograma entre 2 e 15 graus da fracção argilosa, sem qualquer tratamento; 2 — idem, após aquecimento a 530° C.

Além dos métodos roentgenométricos citados, submetemos parte do material a análise térmica diferencial (fig. 4), no Laboratório de Sedimentologia instalado pela Fundação Calouste Gulbenkian no Centro de Estudos Geográficos da Faculdade de Letras de Lisboa.

Finalmente apresenta-se uma análise química (Quadro II) da atapulgite de Canoas (Paiã, Lisboa), com o intuito de completar o melhor possível a caracterização daquele mineral argiloso.

Localização e descrição do material — Seguidamente, fornece-se a localização de parte da amostragem colhida e estudada, bem como breve descrição da natureza petrográfica. Para cada amostra indica-se a composição mineralógica da fracção argilosa, carácter principal do estudo que abordamos.

1 — Pombal, 900 m a SW do vértice geodésico de Governos.

Arenito argiloso, bem consolidado, esbranquiçado, com impregnações de calcedonite (?) *atapulgite*

(?) Agradecemos ao Doutor Carlos Romariz o auxílio prestado no estudo petrográfico de algumas rochas.

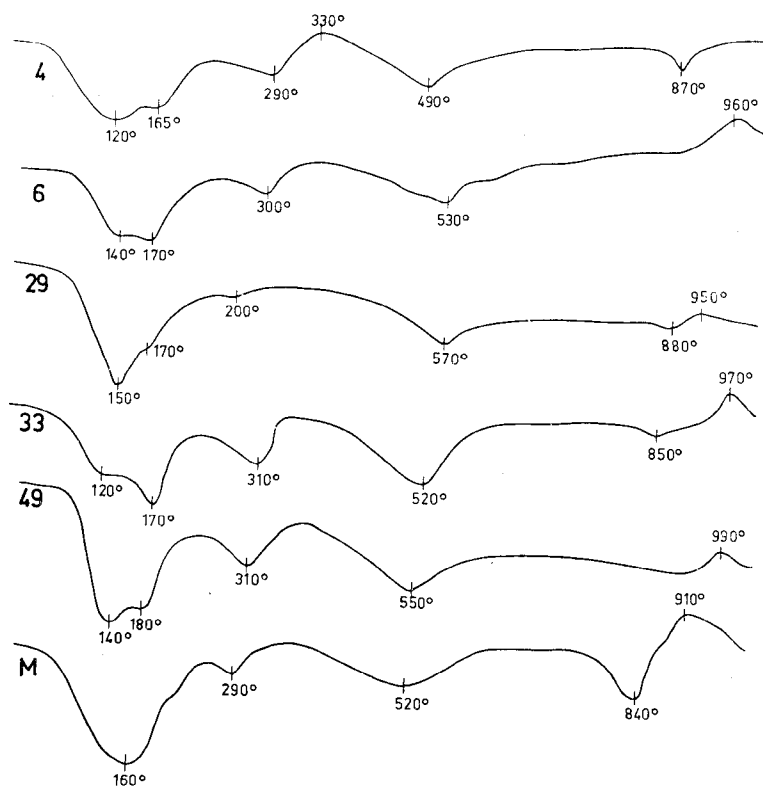
2 — Pombal, *idem*.Arenito fino, bem consolidado, amarelado *atapulгите*3 — Pombal, *idem*.Arenito médio a grosseiro, consolidado, amarelado
. *atapulгите + montmorilonite*

Fig. 4 — Curvas de análise térmica diferencial

- 4 — Chão da Vã — *atapulгите + montmorilonite*
 6 — Monte dos Cancelos — *atapulгите + montmorilonite*
 29 — Aviz — *atapulгите + montmorilonite*
 33 — Canoas — *atapulгите*
 49 — Marmelar — *atapulгите + montmorilonite*
 M — Mormoiron (França) — *atapulгите + montmorilonite*.

4 — Chão da Vã (Sarzedas, Castelo Branco).

Arenito arcóscico grosseiro, bem consolidado, levemente calcário,
de tonalidade esverdeada *atapulгите + montmorilonite*

QUADRO I

*Estudo radiográfico das argilas de Vale de Paio (Ponte de Sor)
e Canoas (Paia, Lisboa). Comparação com os padrões
da atapulгите e do quartzo.*

Atapulгите + Quartzo Vale de Paio (Ponte de Sor)		Atapulгите + Quartzo Canoas (Paia, Lisboa) (complexo de Benfica)		Atapulгите A. S. T. M. - S - 0099 (³)		Quartzo n.º 93 (⁴)	
d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I
10,52	10	10,4	10	10,50	10		
6,47	4	6,42	4	6,44	6		
5,44	4	5,44	4	5,42	4		
5,07	1						
4,53	6	4,48	6	4,49	8		
4,29	8	4,29	4			4,24	4
4,13	2	4,13	4	4,18	2		
3,93	1	3,98	1				
3,69	2	3,66	4	3,69	4		
3,51	1	3,50	1	3,50	2		
3,38	10	3,35	8			3,35	5
3,23	4	3,22	6	3,23	10		
3,11	2	3,10	4				
3,01	1	3,00	2	3,03	1		
		2,839	1				
2,698	1	2,690	2				
2,607	3	2,615	3	2,61	8		
2,550	4	2,536	5	2,55	2		
2,475	4					2,45	3
				2,38	2		
2,298	4					2,285	3
2,248	2	2,222	1			2,236	2
2,137	5	2,171	1	2,15	4		
		2,11	5			2,129	3
1,989	3	2,006	1			1,981	3
		1,874	1				
1,831	7	1,817	3	1,82	1	1,811	4
1,722	1	1,722	1				
		1,716	1				

(³) A. S. T. M. — Index to the powder diffraction. 1965.(⁴) C. T. ASSUNÇÃO et J. GARRIDO — «Tables pour la détermination des minéraux au moyen des rayons X», *Bul. Mus. e Lab. Min. e Geol. da Fac. Ciências de Lisboa*, n.ºs 20 e 21. 1952-1953.

QUADRO I

(continuação)

Atapulгите + Quartzo Vale de Paio (Ponte de Sor)		Atapulгите + Quartzo Canoas (Paiã, Lisboa) (complexo de Benfica)		Atapulгите A. S. T. M. - S - 0099		Quartzo n.º 93	
d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I
1,681	5	1,675	3			1,667	3
1,624	1	1,650	1	1,62	1		
		1,605	1				
1,576	1	1,566	1	1,56	2		
1,547	6	1,538	1			1,539	4
1,513	3	1,509	2	1,50	4		
1,416	2	1,493	1			1,447	2
1,406	1	1,429	1			1,412	1
1,379	7	1,379	2			1,376	4
1,344	1	1,335	1				
1,309	1	1,307	2				
1,293	2	1,277	1			1,284	2
1,259	3	1,255	2			1,253	3
1,235	1	1,232	1			1,225	1
1,203	2					1,196	3
1,184	3					1,188	3
1,169	1						
1,156	1					1,150	2
1,083	3					1,078	3
1,066	1						
1,051	1						
1,037	1					1,044	2
1,018	1					1,011	1
0,990	1						
0,978	1						
0,962	1						
0,938	1						
0,916	2					0,916	2
0,899	1					0,892	1
0,830	1						
0,812	1						
0,815	1						
0,798	1						
0,792	1						
0,786	1						

QUADRO II

Análise química da argila de Canoas (Paiã, Lisboa) e comparação com outras atapulgites.

	Canoas (Paiã, Lisboa) (⁵)	Attapulgitus USA (⁶)	Pernsk URSS (⁷)	Taodeni ARGELIA (⁸)
SiO ₂	54,10	55,03	52,18	54,71
Al ₂ O ₃	10,69	10,24	18,32	13,48
Fe ₂ O ₃	4,29	3,53	—	2,10
FeO	0,40	—	—	—
MgO	8,10	10,49	8,19	5,44
CaO	1,09	—	0,59	2,79
K ₂ O	0,55	—	—	—
Na ₂ O	1,25	—	—	—
TiO ₂	0,81	—	—	—
P ₂ O ₅	0,07	—	—	—
MnO	0,03	—	—	—
H ₂ O ⁻	7,04	9,73	12,04	8,65
H ₂ O ⁺	11,96	10,13	8,46	12,63
TOTAL	100,38	99,62	99,78	99,80

5 — Sarzedas, 200 m a E de Cabeço do Infante.

Arenito arcósico grosseiro, consolidado, esverdeado
 atapulgite + montmorilonite

6 — Monte dos Cancelos (Malpica, Castelo Branco).

Calcário dolomítico gresoso, compacto, esbranquiçado
 atapulgite + montmorilonite

7 — *Idem.*

Arenito arcósico, grosseiro, levemente calcário, esverdeado
 atapulgite + montmorilonite

8 — Casais de Igreja, 250 m a NNW de Charruada.

Arenito médio a grosseiro, argilo-margoso, rosado atapulgite

9 — Casais de Igreja, 200 m a N de Charruada.

Arenito médio a grosseiro, argiloso, consolidado branco
 atapulgite

(⁵) Análise da Dr.^a Leontina Guimarães (Mus. e Lab. Min. e Geol. da Fac. Ciências de Lisboa).

(⁶) W. F. BRADLEY — *Am. Mineral.*, 25, p. 405, 1940.

(⁷) A. FERSMAN — *Mem. Acad. Sci.* 8.^a série, 32, p. 223, 1913.

(⁸) W. F. FOSHAG — *Proc. U. S. Nat. Museum*, 74, p. 136, 1928.

- 10 — Tomar, 100 m a S de Serra de Baixo.
Calcário margoso, esbranquiçado com dendrites negras de óxidos de manganês *atapulgite*
- 11 — Tomar, 600 m a ESE de Serra de Baixo.
Calcário compacto com núcleos de silicificação *atapulgite*
- 12 — Tomar, 1 500 m a N de Fungalvaz.
Arenito grosseiro conglomerático, argiloso, avermelhado
. *atapulgite*
- 13 — Moitas de Cima (Minde).
Conglomerado com elementos rolados de calcário e sub-rolados de quartzo e quartzito, com cimento margoso, esbranquiçado
. *atapulgite + montmorilonite + vestígios de caulinite* (°)
- 14 — Tomar, 500 m a N do vértice geodésico de Bemposta.
Calcário margoso esbranquiçado *atapulgite*
- 15 — Ao km 397,8 da estrada de Abrantes a Sardoal.
Calcário margoso branco *montmorilonite + atapulgite*
- 16 — Ao km 16,5 da estrada de Mouriscas a Penhascoso (Mação).
Arenito grosseiro, conglomerático com elementos siliciosos e de cimento argiloso esbranquiçado *atapulgite + montmorilonite*
- 17 — 1 000 m a W de Mosanto (Alcanena).
Arenito fino, consolidado com concreções calcárias, acinzentado claro *atapulgite*
- 18 — Alcanede, 250 m NW do Castelo.
Calcário compacto, esbranquiçado *atapulgite*
- 19 — *Idem.*
Arenito fino argiloso, consolidado, castanho-claro *atapulgite*
- 20 — 750 m a NE de Torres Novas, no leito da ribeira do Alvorão.
Calcário dolomítico compacto branco *ilite + atapulgite*
- 21 — Cabos (Rio Maior).
Argillito vermelho *atapulgite + montmorilonite*
- 22 — *Idem.*
Arenito médio a grosseiro, argiloso, mais ou menos silicificado, consolidado, esbranquiçado *atapulgite + montmorilonite*

(°) A caulinite presente é o resíduo da dissolução dos calhaus de calcário jurássico contidos no conglomerado.

- 23 — Pontinha (Ponte de Sor).
Calcário gresoso compacto, branco *atapulgite + montmorilonite*
- 24 — Ponte de Sor, 400 m a W de Vale de Paio.
Calcário arenítico, fino, consolidado, avermelhado *atapulgite*
- 25 — Chança, 1 000 m a E 10° N da Igreja.
Arenito médio argiloso, compacto com dendrites (manganês)
. *montmorilonite + ilite + atapulgite*
- 26 — Chança, 750 m a WNW de Monte dos Campos.
Calcário dolomítico compacto rosado com dendrites (manganês) e núcleos de silicificação *atapulgite + montmorilonite*
- 27 — Chança, 1 750 m a S de Monte Moreno.
Calcário dolomítico arenítico consolidado *atapulgite + ilite*
- 28 — Alenquer.
Calcário compacto branco *atapulgite*
- 29 — 3,5 km a NW de Aviz.
Calcário dolomítico compacto branco
. *atapulgite + montmorilonite*
- 30 — Ouguela (Campo Maior).
Calcário levemente detritico amarelado
. *atapulgite + montmorilonite*
- 31 — Abegoaria (Campo Maior).
Calcário dolomítico compacto branco *atapulgite*
- 32 — Almargem do Bispo (Sabugo).
Calcário compacto acastanhado *atapulgite*
- 33 — Quinta da Marquesa (Carregado).
Calcário compacto branco *ilite + atapulgite*
- 34 — Canoas (Paiã, Lisboa).
Arenito grosseiro, conglomerático, argilo-margoso lilás
. *atapulgite*
- 35 — Paiã (Lisboa).
Arenito fino, consolidado, avermelhado
. *atapulgite + montmorilonite*
- 36 — Casal de S. José (Paiã, Lisboa).
Calcário arenítico compacto avermelhado *atapulgite*
- 37 — Escola de Regentes Agrícolas da Paiã.
Arenito margoso avermelhado *atapulgite + montmorilonite*
- 38 — *Idem.*
Argillito vermelho *atapulgite + montmorilonite*

- 39 — Estação do caminho de ferro de Benfica (Lisboa).
 Calcário margoso, detritico avermelhado
 *atapulgite + montmorilonite*
- 40 — Juromenha.
 Arenito fino com cimento margoso
 *atapulgite + illite + montmorilonite + vestígios de caulinite*
- 41 — Estrada de Montemor a Vendas Novas, junto ao monumento a Duarte Pacheco.
 Calcário dolomítico compacto branco com dendrites (manganês)
 *atapulgite + illite + montmorilonite + vestígios de caulinite*
- 42 — 1 000 m a E de Aldeia de S. Pedro (Vila Nogueira de Azeitão).
 Arenito grosseiro conglomerático, margoso, rosado *atapulgite*
- 43 — Capela da Senhora das Necessidades (Vila Fresca de Azeitão).
 Calcário margoso levemente esverdeado *atapulgite*
- 44 — *Idem.*
 Calcário margoso branco *atapulgite*
- 45 — 500 m a S da capela da Senhora das Necessidades.
 Arenito fino, margoso avermelhado
 *atapulgite + illite + vestígios de caulinite*
- 46 — 600 m a S da capela da Senhora de Necessidades.
 Arenito grosseiro conglomerático margoso avermelhado
 *atapulgite*
- 47 — 1 000 m a S da capela da Senhora das Necessidades.
 Arenito médio a fino, margoso, avermelhado *atapulgite*
- 48 — Viana do Alentejo, 1 km a NE de Oriola.
 Arenito grosseiro argiloso bem consolidado, branco
 *atapulgite + montmorilonite*
- 49 — Monte do Trigo, 250 m a NE do Monte dos Perdigueiros.
 Calcário dolomítico compacto branco
 *atapulgite + montmorilonite*
- 50 — 3 km a W de Marmelar (Vidigueira).
 Calcário dolomítico compacto rosado com dendrites (manganês)
 *atapulgite + montmorilonite*
- 51 — Ao km 93,3 da estrada de Póvoa a Moura.
 Calcário compacto esbranquiçado com dendrites (manganês)
 *atapulgite*

- 52 — Ao km 55,2 da estrada de Amareleja a Póvoa.
 Arenito fino margoso consolidado, acastanhado com dendrites (manganês) *atapulgite*
- 53 — Barragem do rio Roxo (Ferreira do Alentejo).
 Calcário margoso, pulverulento, esbranquiçado
 *atapulgite + montmorilonite*
- 54 — Colina de Vale Álvaro (Bragança).
 Marga consolidada lilás *atapulgite*
- 55 — Apeadeiro de Salselas (Macedo de Cavaleiros).
 Brecha de cimento calcário com elementos de xisto
 *atapulgite + montmorilonite*

São, pois, vários os sedimentos que contêm esta argila alumino-magnésiana; podemos agrupá-los nos seguintes tipos:

— conglomerados vários de matriz arenítica e de cimento calcário, margoso, ou simplesmente argiloso, mais ou menos coerentes;

— arenitos grosseiros, médios e finos, arcósicos ou não, de cimento calcário, margoso, ou apenas argiloso, mais ou menos consolidados;

— argilitos mais ou menos friáveis;

— margas e calcários margosos mais ou menos areníticos, com ou sem impregnações dendríticas negras (manganês);

— calcários compactos, mais ou menos dolomíticos, areníticos ou não, geralmente com dendrites manganésíferas e, por vezes, com núcleos de silicificação.

No que se refere ao componente argiloso estes sedimentos são, essencialmente, *atapulgíticos*, mas evidencia-se que o não são exclusivamente. Outros tipos de minerais argilosos podem estar representados, tendo a associação com a *montmorilonite* papel especial; muito menos frequentes são as argilas de tipo geral das micas (*illites*, *sericites* ou mesmo *moscovites*). A *caulinite* é rara e, quando existe associada às demais, tem apenas carácter vestigial.

A *atapulgite* é argila exclusivamente de neoformação, isto é, originada em condições de meio particulares e bem determinadas no decurso da sedimentação, por síntese química, a partir de componentes, na forma iónica, trazidos em solução nas águas. As *montmorilonites* já não são exclusivamente argilas de neoformação, pois que, a par deste tipo de gênese

nos sedimentos, elas são aí, também, bastante frequentes por acarreo detrítico, a partir de outras formações que as contenham, como por exemplo rochas cristalinas alteradas, solos ou outros sedimentos.

Dada a frequência da associação de atapulgite e montmorilonite, é muito provável que, no caso presente, grande parte desta argila seja também de neoformação no sedimento, hipótese reforçada pela semelhança de exigências ambientais, requeridas por estes dois minerais. Os minerais micáceos que agrupamos sob a designação geral de illite, bem como a caulinite, têm carácter esporádico, e a sua presença nestes sedimentos deve ser de origem detrítica.

Outra característica destes sedimentos é a presença mais ou menos frequente de concentrações dendríticas mangnesíferas, negras; estas aparecem mais insistentemente nos sedimentos calcários. Menos frequentes do que as impregnações mangnesíferas são os fenómenos de silicificação, particularmente visíveis nos calcários compactos. Microscopicamente, apresentam-se como núcleos chérticos disseminados na massa dos calcários.

Quando atacados pelo ácido clorídrico diluído e a frio, os calcários compactos produzem fraca efervescência. Este facto sugeriu a presença de certa quantidade de dolomite na fracção carbonatada, pelo que se procedeu a uma série de ensaios de dolomimetria, pelo método electroquímico utilizado pela École Nationale Supérieure du Pétrole et des Moteurs, do Institut Français du Pétrole ⁽¹⁰⁾. Da manipulação destes ensaios ocupou-se a estagiária do Centro de Estudos de Geologia da Faculdade de Ciências de Lisboa, Maria Luísa Ornelas Mendes, a quem agradecemos a lista de valores que passamos a transcrever (Quadro III).

Do quadro apresentado podemos afirmar que o carácter dolomítico é mais uma das características daqueles sedimentos. Nota-se, ainda, que os menores valores da percentagem CO₃Mg correspondem aos calcários do complexo sedimentar atapulgítico que marginam os relevos mesozóicos da orla ocidental,

⁽¹⁰⁾ A. VATAN — *Travaux pratiques de pétrographie sédimentaire*. Institut Français du Pétrole.

QUADRO III

Percentagens de carbonato de magnésio nos calcários do complexo sedimentar atapulgítico.

N.º da amostra	Descrição e localização (vide pág. 177 e seguintes)	% de CO ₃ Mg
6	Calcário de Monte dos Cancelos (Malpica, Castelo Branco)	16
10a	Calcário de Serra de Baixo (Tomar)	2
12a	Calcário de Fungalvaz (Tomar)	2,5
14	Calcário margoso de Bemposta (Tomar)	28,5
18	Calcário de Alcanede	2,5
20	Calcário de Torres Novas (no fundo da ribeira do Alvorão)	42,5
24	Calcário gresoso de Vale de Paio (Ponte de Sor)	13
26	Calcário de Monte dos Campos (Chança) . .	37
27	Calcário de Monte Moreno (Chança)	45
28	Calcário de Alenquer	2
29	Calcário de Aviz	12,5
31	Calcário de Campo Maior	28
36	Calcário de Paiã (Lisboa)	2
41	Calcário de Vendas Novas	24
43	Calcário margoso de Vila Fresca de Azeitão	20
49	Calcário de Monte do Trigo (Portel)	44,5
50	Calcário de Marmelar (Vidigueira)	45

constituída, sem dúvida, por materiais mais pobres de sílica alumina e magnésia do que as rochas do soco antigo.

Ensaio granulométrico da fracção arenosa de alguns destes sedimentos, expressos apenas pelas respectivas curvas acumulativas (fig. 5), mostram bem quão diferentes entre si podem ser as condições hidrodinâmicas de transporte e sedimentação destas formações e, conseqüentemente, a enorme variabilidade de ambientes susceptíveis de consentir a formação da atapulgite.

Na figura 6 assinalam-se as localizações, não das amostras, uma por uma, mas sim das zonas onde se encontram os tipos de sedimentos com atapulgite a que se refere o presente trabalho. Se compararmos esta figura com o mapa geológico, verificamos o seguinte: as formações geológicas donde provêm os materiais estudados correspondem, em grande parte, ao que tem sido convencional chamar Oligocénico e, por vezes, mais cautelosamente, Paleogénico.

Se analisarmos a bordadura ocidental da bacia terciária do Tejo, para o que podemos utilizar, em parte, os mapas geológicos na escala de 1/50 000, e se tivermos presente a localização da amostragem estudada, verificamos estar na presença de sedimentos atribuídos ao Paleogénico. De facto,

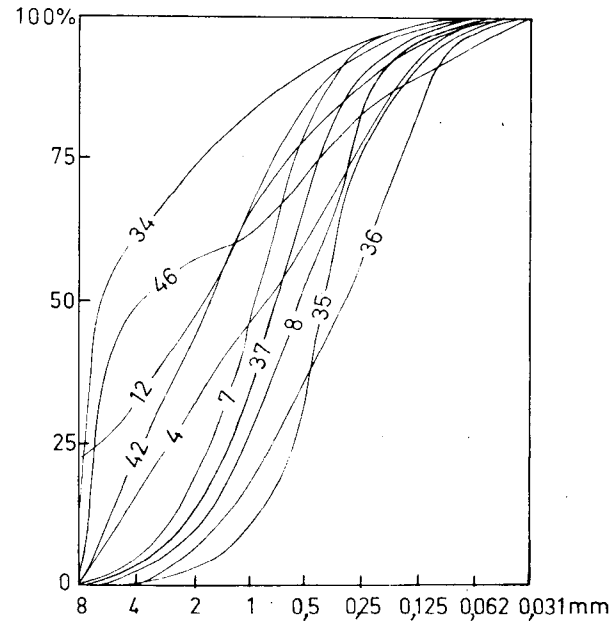


Fig. 5 — Distribuição granulométrica, expressa por curvas cumulativas das fracções arenosas de alguns dos sedimentos atapulgíticos estudados. Notar a grande diversidade de dispersões, a que correspondem índices de calibragem muito diferentes.

apenas para referir alguns exemplos, podem citar-se as formações de:

a) Paiã (Complexo de Benfica), Oligocénico, segundo P. CHOFFAT ⁽¹¹⁾;

b) Carregado (Quinta da Marquesa) (com *Limnaea pachygaster* THOMAE) e Alenquer — pertencentes ao Complexo

⁽¹¹⁾ P. CHOFFAT — «Géologie du Cénozoïque du Portugal». Com. Serv. Geol. Portugal, XXX, 1950 (œuvre posthume).

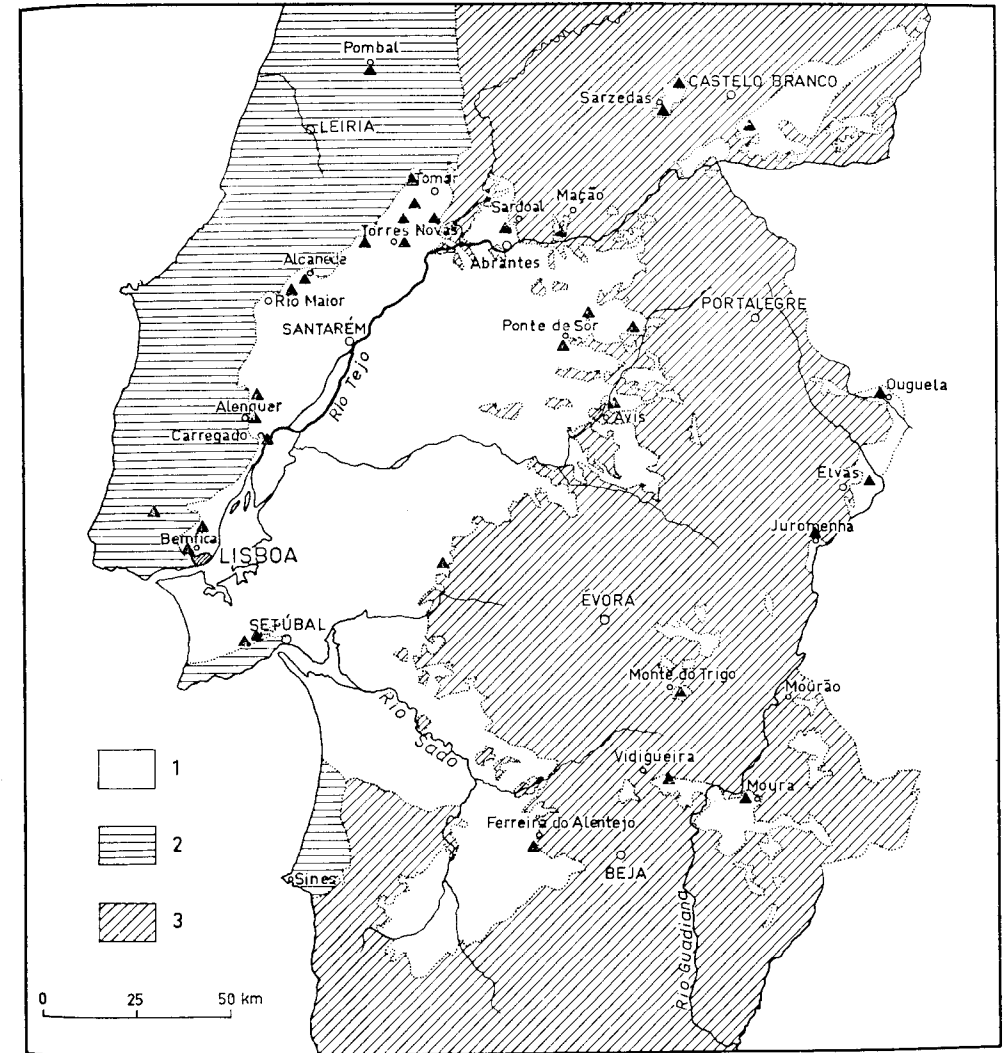


Fig. 6 — Localização das formações sedimentares atapulgíticas (▲).
1 — Depósitos de cobertura das bacias cenozoicas do Tejo, Sado e Guadiana; 2 — Orla mesozoica; 3 — Maciço antigo.

detrítico de Cheganças e Runa, com intercalações calcárias (Paleogénico) ⁽¹²⁾;

c) Cabos — complexo do mesmo nome, formado por arenitos, argilas e calcários (Paleogénico) ⁽¹³⁾;

d) Calcários de Alcanede e grés de Monsanto — atribuídos por ROMAN e TORRES ao Oligocénico ⁽¹⁴⁾.

Também os materiais provenientes da vertente setentrional da serra da Arrábida pertencem a formações atribuídas ao Paleogénico ⁽¹⁵⁾. De igual modo, G. ZBYSZEWSKI, MARIANO FEIO e MOITINHO D'ALMEIDA ⁽¹⁶⁾ consideram de idade paleogénica alguns retalhos do Alentejo, pertencentes às bacias do Sado e do Guadiana.

Levantamentos geológicos inéditos, na escala de 1/100 000, da autoria de A. TORRES, relativos à bordadura sudeste da bacia do Tejo, existentes nos arquivos dos Serviços Geológicos de Portugal, mostram que aquele autor atribuía ao Paleogénico alguns retalhos, nos quais identificámos a presença de atapulgite.

Encontrámos o mesmo tipo de argila nas séries inferiores das chamadas arcoses da Beira Baixa, o que, quanto a nós, se adapta à idade paleogénica que ORLANDO RIBEIRO sempre admitiu, em vários trabalhos que dedicou àquela região; entre os mais recentes citaremos as notícias explicativas dos mapas

⁽¹²⁾ F. ROMAN e A. TORRES — *Le Néogène continental de la basse vallée du Tage (rive droite)*. Mem. Com. Serv. Geol. Portugal. 1907. G. ZBYSZEWSKI — *Notícia explicativa da Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000, folha n.º 30-D — Alenquer*. Serviços Geológicos de Portugal, 1965.

⁽¹³⁾ G. ZBYSZEWSKI — *Notícia explicativa da Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000, folha n.º 26-D — Caldas da Rainha*. Serviços Geológicos de Portugal, 1960.

⁽¹⁴⁾ F. ROMAN e A. TORRES — *Op. cit.*

⁽¹⁵⁾ P. CHOFFAT — *Essai sur la tectonique de la Chaîne de l'Arrábida*. Mem. Serv. Geol. Portugal, 1908. G. ZBYSZEWSKI — *Notícia explicativa da Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000, folha n.º 38-B — Setúbal*. Serviços Geológicos de Portugal, 1965.

⁽¹⁶⁾ G. ZBYSZEWSKI, M. FEIO e MOITINHO D'ALMEIDA — «Contribuição para o conhecimento dos terrenos terciários do Alentejo». *XIII Congresso Luso-Espanhol para o Progresso das Ciências*. T. IV, 4.ª Secção (Ciências Naturais).

geológicos de Nisa ⁽¹⁷⁾ e de Castelo Branco ⁽¹⁸⁾, onde se encontra referida a bibliografia existente.

Nos dois mapas considerados, estes depósitos figuram sob a rubrica de Miocénico e Paleogénico indiferenciados. O estudo sedimentológico que, posteriormente, temos vindo a realizar, permite a separação nítida de uma série inferior, atapulgítica, e de outra, superior, francamente arcósica, pouco coerente, com minerais argilosos (montmorilonite, ilite, caulinite) reveladores de ambiente morfoclimático bastante diferente do que presidiu à deposição da série inferior.

Esta série superior, arcósica, paralelizamo-la com as arcoses de Coja, Arganil, Seia e Nave de Haver, a norte da cordilheira central. A série inferior correlacionamo-la com as formações de Benfica, de Monsanto, etc., em suma, com todas as caracterizadas pela presença de atapulgite.

Finalmente, identificou-se atapulgite nos arredores de Bragança, no decurso de trabalhos de campo e de laboratório que Fernando Ramalhal realizou como estagiário do Centro de Estudos de Geologia da Faculdade de Ciências de Lisboa, e cuja orientação laboratorial nos foi confiada. Trata-se de sedimentos muito semelhantes aos do centro e Sul do País, cuja caracterização pormenorizada constará de trabalho a publicar por aquele geólogo.

Resumidamente, podemos afirmar que todas as formações anteriormente atribuídas ao Paleogénico têm em comum e em exclusivo a existência de atapulgite. Dizemos em exclusivo porque das muitas centenas de análises de depósitos continentais portugueses, em particular nos de idade terciária, aquela argila nunca foi encontrada em formações consideradas mais modernas. Parece-nos, pois, lícito agregar a este Paleogénico indiferenciado todos os depósitos caracterizados pela presença de atapulgite, desde que, evidentemente, argumentos geológicos e paleontológicos o não contrariem, o que, aliás, até agora não aconteceu. Por isso, assimilamos às formações cita-

⁽¹⁷⁾ O. RIBEIRO, C. TEIXEIRA e outros — *Notícia explicativa da Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000, folha n.º 28-B — Nisa*. Serviços Geológicos de Portugal, 1965.

⁽¹⁸⁾ O. RIBEIRO, C. TEIXEIRA e outros — *Notícia explicativa da Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000, folha n.º 24-D — Castelo Branco*. Serviços Geológicos de Portugal, 1967.

das os calcários, arenitos e conglomerados de Serra de Baixo, Fungalvaz e Bemposta, na região de Tomar, os arenitos conglomeráticos de Penhascoso, os arenitos e calcários de Ponte de Sor, Chança, Monte do Trigo, Pombal, Bragança, etc.

A idade dos depósitos ditos paleogénicos assenta, como se sabe, em bases muito pouco consistentes. O chamado Complexo de Benfica apenas se sabe ser posterior aos basaltos de Lisboa (posteriores ao Turoniano) e anterior ao Aquitaniano. O desconhecimento do limite inferior e a amplitude do intervalo deixam ao Complexo de Benfica uma imprecisão estratigráfica bastante acentuada. É fácil de ligar, geologicamente, no terreno, por semelhança de *facies*, os calcários de Alfenelos, intercalados neste complexo, com os da Quinta da Marquesa, no Carregado, onde F. ROMAN estudou uma fauna extremamente pobre e mal conservada, cujo valor estratigráfico deixa muito a desejar. Aliás, este autor admite para estes calcários idade oligocénica, mas não a garante.

Correlações geológicas de terreno e semelhanças petrográficas permitem generalizar a mesma idade aos calcários de Alenquer e de Alcanede. Os grés de Monsanto são presumivelmente oligocénicos, segundo A. TORRES ou, mesmo, eocénicos, na opinião de G. ZBYSZEWSKI, M. FEIO e M. DE ALMEIDA ⁽¹⁹⁾. Na ausência de fósseis, generalizações deste teor acabaram por datar de paleogénicos os retalhos do interior do país com vagas semelhanças petrográficas com o Complexo de Benfica.

Se, em alguns casos, o nosso trabalho discorda ligeiramente de certas atribuições, a verdade é que, noutros, limita-se a concordar com os pontos de vista de geólogos experientes que se ocuparam do estudo destes terrenos. Por exemplo, no mapa geológico, na escala de 1/1 000 000, a mancha terciária da Beira Baixa deveria ter sido figurada com a mesma convenção dos outros depósitos paleogénicos, conforme o admitira ORLANDO RIBEIRO, muito antes da publicação deste. De igual modo, parte das manchas de Sardoal, Mação, de Reguengos de Monsarás e de Monte do Trigo (Portel) são, segundo o nosso ponto de vista, equiparáveis ao Paleogénico. Também a representação dos depósitos de Vidigueira-Moura deve ser

⁽¹⁹⁾ G. ZBYSZEWSKI, M. FEIO e MOITINHO D'ALMEIDA — *Op. cit.*

consideravelmente modificada. Os depósitos ditos paleogénicos são, aí, sem dúvida muito mais importantes do que o sugere o mapa.

Se é lícito a correlação estratigráfica, baseada em semelhanças observáveis directamente no terreno, com os depósitos do Complexo de Benfica (geralmente usado como termo de comparação), com mais razão serão válidas as comparações baseadas na constituição íntima, que só o pormenor do laboratório pode dar. Inversamente, só a análise sedimentológica permitiu distinguir nas arcoses da Beira Baixa duas séries distintas, que dificilmente se separam no terreno.

Resumindo, diremos que consideramos paleogénicos todos os depósitos caracterizados pela presença de atapulgite, associada ou não a montmorilonite, a fenómenos de dolomitização, de silicificação e de impregnação manganésifera.

Note-se que não excluímos a idade paleogénica em relação a outros depósitos diferentes destes, por exemplo, os do Buçaco ou os de Coja. Só a proposição afirmativa é válida, a inversa não o é.

Embora não haja ainda elementos decisivos, inclinamo-nos a atribuir ao Complexo de Benfica, e demais formações com ele correlacionadas, idade eocénica.

Corroboramos esta opinião, entre outros factores (que serão apresentados em trabalho oportuno), a impressionante frequência e intensidade dos fenómenos de sedimentação atapulgítica, durante o Eocénico.

Uma vez exposto o nosso ponto de vista quanto à situação estratigráfica dos depósitos atapulgíticos portugueses, passaremos a analisar a natureza dos terrenos mais antigos com que aquelas formações se relacionam.

Uma breve observação do mapa geológico de Portugal é suficiente para demonstrar a independência existente entre a argila destes sedimentos e a natureza geológica das rochas que para eles contribuíram. De facto, quer os calcários ou os arenitos caulíferos mesozóicos, quer os basaltos, quer, ainda, rochas do soco antigo, tão diversas como granitos, dioritos, gabros, anfíbolitos, peridotitos, xistos vários, grauvaques, quartzitos, micaxistos, gneisses, calcários, etc., foram os principais fornecedores do material (detrítico e em solução) constituinte destes sedimentos. Provam-no os testemunhos da-

quelas rochas patentes na fracção detrítica dos ditos sedimentos. Todavia, a argila originada a partir desta diversidade de materiais e nos mais diversos pontos do território é sempre a mesma.

A atapulgite de Vale Álvaro, alimentada pela alteração de rochas ultrabásicas, como as dos arredores de Bragança, é igual à dos sedimentos que contactam com o maciço calcário estremenho ou à que se originou na Beira Baixa a expensas dos granitos, xistos e grauvaques da mesma região. A mesma correlação poderá ser feita de norte a sul do país; não deixa de ser impressionante esta independência do fenómeno em relação ao material primitivo. Os resultados simplificados da análise granulométrica são suficientes para demonstrar, por outro lado, que a neoformação argilosa não é restrita a determinado ambiente hidrodinâmico.

Assim, forçoso é admitir a existência de um factor comum, suficientemente forte, responsável por tal convergência de resultados. Este factor é, sem dúvida, o morfoclimático.

Antes, porém, de abordar o problema do ambiente que presidiu à formação dos sedimentos atapulgíticos, objecto do presente estudo, permitimo-nos expor, em breves palavras, o estado actual dos conhecimentos relativos às argilas dos sedimentos lacustres e afins. Para tanto recorremos aos ensinamentos expostos admiravelmente por G. MILLOT (20).

A *facies* siderolítica corresponde a sedimentos fluvio-lacustres correlativos de climas extremamente hidrolizantes, isto é, quentes e húmidos, transportados por águas constantemente renovadas, de características ácidas e, portanto, sem condições para reter e acumular a enorme massa de materiais dissolvidos. O mineral argiloso mais representativo destes sedimentos é a caulinite.

Omitindo, para encurtar caminho, toda a série de termos intermediários, debruçemo-nos sobre o extremo oposto a esta *facies*, isto é, sobre os depósitos lacustres de reacção alcalina, ou, o que é o mesmo, sobre os sedimentos gerados em depressões endorreicas, esporádica ou permanentemente inundadas, de quaisquer dimensões (desde o pequeno *sebkha* saariano aos

grandes lagos ou mares interiores), onde se concentram constantemente os materiais iónicos trazidos em solução.

Sobre o que se passa nestes meios, diz MILLOT, resumidamente: quando um lago é apenas um alargamento temporário de um rio, as águas, ainda que calcárias, mantêm-se doces e não há razão para que as argilas aí depositadas não sejam as mesmas que existem na bacia de alimentação, isto é, argilas detríticas. Quando, porém, se trate de um lago, as soluções concentram-se por evaporação. O acarreio argiloso é, ainda, um facto mas o problema das argilas transformadas e neoformadas ganha realidade.

Após interessante e sugestiva citação de uma série de exemplos de sedimentação atapulgítica, aquele autor conclui:

— a atapulgite lacustre forma-se em lagos, fósseis ou actuais, caracterizados por franca sedimentação química básica, testemunhada pela presença de carbonatos e frequência dos fenómenos de silicificação. Por outro lado, a génese parece ser independente da salinidade do meio;

— a presença destes silicatos não pode ser explicada por herança detrítica. Com efeito, não se conhecem nos solos, nem mesmo nos originados sobre rochas que os contenham. A atapulgite e a sepiolite degradam-se rapidamente no decurso da meteorização.

MILLOT termina dizendo: a atapulgite e a sepiolite são silicatos de neoformação sintetizados a partir dos produtos resultantes da intensa lavagem (meteorização) dos continentes sujeitos a climas fortemente hidrolizantes e de grande estabilidade, o que impede os acarreios detríticos.

* * *

Os depósitos portugueses com atapulgite apresentam características que, facilmente, os paralelizam com muitos outros citados em vários pontos do globo. De facto, o carácter básico do meio, revelado pelas mesmas associações mineralógicas, parece corresponder ao esquema actualmente admitido.

Porém, nas formações sedimentares que estudámos, além do tipo correspondente a precipitação química a partir de soluções básicas (calcários, margas e argilitos de neoformação) admitido para estas argilas alumino-magnesianas, encontramos outro ligado às séries detríticas. Com efeito, encontram-se em

(20) G. MILLOT — *Géologie des argiles*. Masson et Cie. Paris, 1964.

Portugal todos os tipos, desde os arenitos finos aos depósitos conglomeráticos e brechóides de carácter torrencial.

São numerosos os locais onde poderemos citar destes exemplos, como os clássicos «grés de Monsanto», os conglomerados de Benfica e de Pontinha (Ponte de Sor) ou os depósitos grosseiros torrenciais de Vila Fresca de Azeitão, da Beira Baixa, de Chança, Elvas, Aviz, Pavia, Vendas Novas, Vidigueira, etc., etc.

Neste ponto, os factos diferem substancialmente da condição proposta por MILLOT no que se refere à estabilidade dos continentes, impedindo os acarreios detríticos. Como explicar, então, a coexistência de argilas típicas da sedimentação química básica e de tão importantes volumes de detritos que, pelas dimensões, forma e disposição, pressupõem regimes torrenciais?

O estilo de derrames grosseiros, torrenciais, aludido, coadunar-se-ia melhor com climas de tendência árida, se não fora a presença maciça de atapulgite que pressupõe, pelo contrário, clima quente e húmido. Assim, é necessário associar a estas últimas condições climáticas a influência de evidente instabilidade tectónica. Esta instabilidade que, simultaneamente, soergueria os relevos criando e acentuando as depressões, teria como consequência a acumulação nestas, em regime endorreico, de importantes mantos de detritos e de águas ricas de materiais em solução necessários às consideráveis neoformações argilosas.

A alternância, não rítmica, de níveis detríticos finos homogéneos, com outros grosseiros, quase caóticos, sugere a citada instabilidade tectónica. A extensa e espessa bancada de calcários que, de Lisboa, se prolonga até Tomar, bem como outras, dispersas pelo centro e Sul do país, poderia corresponder a um período mais ou menos longo de acalmia geral.

Todavia, acentue-se que estes calcários, de modo geral, não correspondem perfeitamente a sedimentação exclusivamente química. De facto, eles são na maioria areníticos, e os respectivos detritos são, por vezes, grosseiros. Trata-se de calcários bastante compactos, dolomíticos, contendo dispersos grãos detríticos vários; disseminada na massa do calcário existe atapulgite, por vezes associada a montmorilonite.

A favor da hipótese de clima de tendência quente e húmida há a relativa pobreza destes sedimentos no que se refere aos

detritos de minerais mais vulneráveis à meteorização. De facto, os grãos de feldspato são, aqui, mais escassos, mais fragmentados e apresentam um grau de alteração visivelmente maior do que nos sedimentos verdadeiramente arcósicos, que, nalguns pontos, lhes sucedem. A mesma observação pode ser feita em relação a outros silicatos, em especial os ferromagnesianos.

Porém, há exemplos em que a frescura dos componentes detríticos é incontestável, como é o caso de calhaus de basalto nos conglomerados do Complexo de Benfica e grãos dos respectivos minerais ferromagnesianos na matriz. Outros exemplos flagrantes a citar são os fragmentos angulosos de anfíbolo nos depósitos de Bragança, granito e outras rochas nos da região de Elvas e Campo Manor, xistos metamórficos nos da Vidigueira, etc.

Não é difícil imaginar, mesmo em regime tropical, a existência de relevos jovens, vigorosos e activos cujos cimos, sujeitos a outro tipo de erosão, enviassem para as zonas deprimidas e inundadas, em regime espasmódico, enxurradas de material detrítico pouco ou nada alterado que aí se adicionasse ao processo calmo de sedimentação química em curso.

Quer-nos parecer que não nos afastaremos muito da realidade se admitirmos, para as regiões em causa, e de modo geral, o seguinte quadro morfoclimático: zonas maiores ou menores, deprimidas, centro de drenagem endorreica, influenciadas de perto ou de longe, por relevos vigorosos, tectonicamente instáveis, sede de grande actividade erosiva própria da sua juventude.

O clima, como nas regiões intertropicais actuais, exercendo vigorosa acção hidrolizante nas zonas baixas, foi o principal responsável pelas alterações químicas fornecedoras das soluções necessárias ao tipo de neoformação verificado, deixando-se às regiões de altitude, com o tipo climático que lhe é peculiar, o papel da desagregação mecânica em massa, fornecedora de grande parte do material detrítico.

Neste ambiente morfoclimático, da intensidade relativa dos dois tipos de sedimentação, detrítica (torrencial ou organizada) e química, resultam os múltiplos tipos de sedimentos encontrados. Se o predomínio é da contribuição detrítica, resultam os arenitos, conglomerados e brechas, atapulgíticos, pouco ou nada calcários. Se, pelo contrário, reinam as condições de

acalmia, geram-se os calcários, mais ou menos dolomíticos, margas ou apenas argilitos com aquele tipo de argila.

A. M. GALOPIM DE CARVALHO

RÉSUMÉ

Existence d'attapulгите dans certains dépôts sédimentaires portugais (considérations stratigraphiques et morphologiques). L'attapulгите a été identifiée dans de nombreux échantillons provenant des dépôts sédimentaires tertiaires du Portugal. Nous étudierons ici les problèmes stratigraphiques, paléoclimatiques et tectoniques posés par la présence de cette argile.

Plus d'une cinquantaine d'échantillons ont été analysés au point de vue sédimentologique, en particulier leurs fractions argileuses. Pour cela ont été utilisées les méthodes roentgenométriques (diffractométrie des rayons X sur agrégats orientés (fig. 1, 2 et 3) et radiogramme de poudre (fig. 4 et tableau I), et celle de l'analyse thermique différentielle (ADT) (fig. 5) et de l'analyse chimique (tableau II).

Les échantillons étudiés peuvent être classés selon les types suivants:

- Conglomérats variés à matrice sableuse et à ciment calcaire, marneux ou argileux;
- Sables grossiers à fins, arkosiques ou non, à ciment calcaire, marneux ou argileux;
- Argiles plus ou moins consolidées;
- Marnes ou calcaires marneux plus ou moins sableux;
- Calcaires compacts plus ou moins sableux.

En dépit de leur variété, tous ces types de sédiments ont un caractère commun: la présence d'attapulгите.

Des essais de dolomimétrie (méthode électrochimique de l'École Nationale Supérieure du Pétrole et des Moteurs de l'Institut Français du Pétrole) ont permis de constater la présence de CO_2Mg dans les calcaires mentionnés (tableau III). D'autre part, l'étude pétrographique montre fréquemment l'existence de phénomènes de silicification. Des dendrites manganésifères sont visibles, macroscopiquement, sur beaucoup d'échantillons.

L'analyse granulométrique (fig. 6) montre à quel point peuvent être variées les conditions hydrodynamiques de dépôt permettant la néoformation d'attapulгите.

Si l'on compare la carte géologique du Portugal avec la localisation d'une partie des échantillons étudiés, on constate que les formations géologiques où ils ont été prélevés, sont attribuées au Paléogène. Il nous semble logique d'attribuer aussi un âge paléogène à d'autres dépôts, dont la position stratigraphique était douteuse ou même inconnue, quand il s'agit de sédiments tout à fait semblables, caractérisés eux aussi par l'attapulгите.

Il convient de dire que l'âge des formations dites paléogènes repose sur des bases très faibles, les quelques trouvailles paléontologiques ayant toujours été très pauvres, mal conservées et ne permettant jamais une grande précision stratigraphique. Le «Complexe de Benfica» est intercalé entre la nappe basaltique de Lisbonne (qui repose sur le Turonien et dont l'âge peut donc être Crétacé supérieur ou Éocène) et les couches marines fossilifères de l'Aquitainien. Ce Complexe, attribué par P. CHOFFAT à l'Oligocène, a servi assez souvent d'élément de comparaison stratigraphique, par ressemblance de faciès, pour dater d'autres formations qui, par suite, ont été attribuées au même système ou, plus prudemment, au Paléogène.

En nous basant sur des études sédimentologiques poursuivies depuis quelques années et qui font l'objet d'un travail plus complet à paraître prochainement, nous pensons devoir attribuer le «Complexe de Benfica» et les formations semblables ci-dessus mentionnées, à l'Éocène.

L'observation de la carte géologique montre aussi une indépendance frappante entre l'argile de ces sédiments et la nature des roches qui ont certainement contribué à leur formation. L'attapulгите de Vale Alvaro, provenant de l'altération de roches ultrabasiques des environs de Bragança, est la même que celle des sédiments en contact avec le massif calcaire d'Estremadura ou que celle qui, dans la Beira Baixa, s'est formée aux dépens de granites, schistes et grauwaques. Cette indépendance entre l'argile ou le sédiment et la roche-mère existe du nord au sud du pays et le phénomène se répète à propos des roches les plus variées.

Cette indépendance par rapport aux sources d'alimentation et, nous l'avons vu, par rapport aux conditions hydrodynamiques du dépôt, fait penser qu'un facteur commun a dû imposer une telle convergence de résultats: ce pourrait être le facteur morphoclimatique.

L'apparition massive d'attapulгите, souvent associée à la montmorillonite et à des phénomènes de dolomitisation et de silicification, semble s'accorder parfaitement aux conditions décrites par G. MILLOT comme provoquant une sédimentation chimique basique sous des climats fortement hydrolysants (chauds et humides). Par contre, le caractère détritique, souvent très grossier, des sédiments portugais à attapulгите, s'oppose aux conditions de stabilité des continents, empêchant les apports détritiques, énoncées par le même auteur.

L'aspect torrentiel des épandages de matériel grossier à ciment attapulgitique nous porte à associer, aux conditions chaudes et humides qui paraissent caractériser le climat corrélatif de leur dépôt, une assez forte instabilité tectonique qui expliquerait l'importance des apports détritiques. Cette instabilité, accentuant reliefs et dépressions, serait la cause des importants épandages grossiers accumulés dans les zones déprimées, tandis que des eaux riches en solutions basiques alimentaient les néoformations.

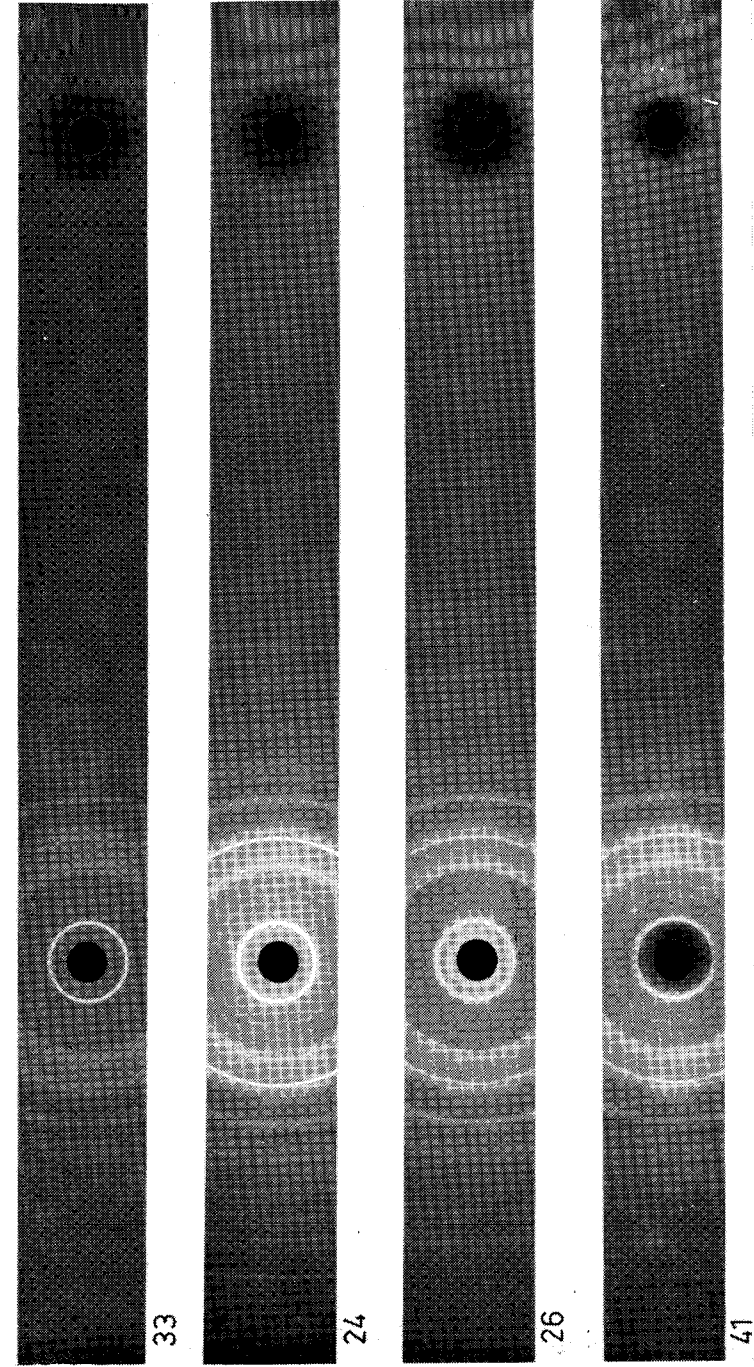
Il n'est pas difficile d'envisager, même sous climat tropical, la présence de reliefs jeunes et vigoureux dont les sommets, attaqués selon un style d'érosion tout à fait différent de celui du bas, envoyaient aux

zones déprimées d'importants épandages qui s'y mélaient aux produits résultant d'une calme sédimentation chimique.

Nous ne devons pas nous éloigner beaucoup de la réalité en admettant pour les régions étudiées le cadre morphoclimatique suivant:

— des régions déprimées, centres de drainage endoréique, influencées par des reliefs voisins, tectoniquement instables et caractérisés par une grande activité érosive résultant de leur jeunesse. Le climat chaud et humide, exerçant une forte action hydrolysante dans les zones basses, est responsable des altérations chimiques nécessaires aux néoformations constatées, tandis que les importantes masses détritiques proviennent de la désagrégation mécanique des reliefs.

Dans ce cadre morphoclimatique général, les différents types de sédiments résultent de l'intensité relative des apports détritiques ou en solution. Si la contribution détritique domine, il en résulte la formation de conglomérats, brèches, sables ou grès attapulgitiques. Si, au contraire, la stabilité règne, il n'y a que des apports en solution et la sédimentation est de type chimique (calcaires et argiles de néoformation).



Est. I — Diagramas (Cu-K α , 25 mA, 38 kV, 1 h 30 m) da fracção argilosa de:

33 — Cancoas (Paiã, Lisboa) — atapulgite e quartzo;

24 — Vale de Paio (Ponte de Sor) — atapulgite e quartzo;

26 — Monte dos Campos (Chança) — atapulgite, montmorillonite e quartzo;

41 — Aldeia de S. Pedro (V. N. de Azeitão) — atapulgite e quartzo.