

9. Atapulgita e Sepiolita

Adão Benvindo da Luz¹
Salvador Luiz M. de Almeida²

1. INTRODUÇÃO

Atapulgita é um silicato complexo de magnésio constituído por cristais alongados. Lapparent atribuiu esse nome a uma terra *fuller* descoberta em 1935 em Attapulgis, Geórgia (EUA) e em Mormoiron, França. Esse pesquisador achava que esse mineral era diferente da paligorsquita, descoberta em 1861 nos Montes Urais, União Soviética. No entanto foi provado depois, usando técnicas mais adequadas (difração de raios-X, microsonda eletrônica e análise termodiferencial), que estes minerais dizem respeito a uma mesma espécie (Heivilin e Murray, 1994; Luz *et al.*, 1988).

A atapulgita, quando comparada com outras argilas industriais (bentonita, caulinita etc.), apresenta propriedades físico-químicas que lhe conferem propriedades adequadas a vários usos industriais, tais como fluido de perfuração, decoloramento de óleos vegetais, minerais e animais, absorventes de óleos e graxas, absorvente de dejetos de animais domésticos (*pet litter*), purificação de águas domésticas etc. (Almeida e Chaves, 1995).

Segundo Haden e Schwint (1967), citado por Harben (1997), a atapulgita, como fluido de perfuração, apresenta um desempenho similar à bentonita, no entanto é considerada inferior, em muitos aspectos. Entretanto, como a atapulgita não é virtualmente afetada por eletrólitos, é particularmente efetiva em ambientes saturados com sal, no qual a bentonita, hectorita e outras montmorilonitas falham para manter as suas propriedades tixotrópicas.

Os EUA são um grande produtor de atapulgita, com destaque para os estados da Flórida e Geórgia. Em 2002, os EUA produziram 253 mil t de atapulgita, com uma queda de 15% em relação ao ano de 2001. (Convém alertar que as estatísticas americanas de produção de atapulgita são geralmente incluídas na produção total das argilas classificadas como terra *fuller*, que alcança cerca de

¹ Eng. de Minas/UFPE, Dr. Engenharia Mineral/USP, Pesquisador Titular do CETEM/MCT

² Eng. Metalurgista/UFRJ, Dr. Engenharia Mineral/USP, Pesquisador Titular do CETEM/MCT

2,7 milhões t por ano.) Em ordem decrescente de tonelagem, os principais usos da atapulgita nos EUA são: carreador de fertilizante, absorvente de óleos e graxas, carreador de pesticida, produtos de gesso, lama de perfuração, tinta, alimentação animal, aplicações têxteis, clarificação e descoramento de óleos e graxas, revestimento de piso cerâmico etc. (Virta, 2003).

A sepiolita é um mineral com propriedades físico-químicas muito próximas da atapulgita e ambas pertencem ao grupo das hormitas. A Espanha é maior produtor mundial de sepiolita. Em 2001 produziu cerca 1 milhão t de sepiolita e 114 mil t de atapulgita (Estatística Minera de Espanha, 2001). A maioria desses destinam-se ao mercado europeu como absorvente de dejetos de animais domésticos (*pet litter*), como carreador na agricultura e como lama de perfuração.

Os principais depósitos de atapulgita, no Brasil, estão situados no município de Guadalupe-PI, distribuídos por uma área de cerca de 700 km². Já foram realizados vários trabalhos de pesquisa visando o desenvolvimento de processos que permitam o aproveitamento dessa atapulgita, para diferentes usos industriais, tais como perfuração de poços, descoramento de óleos vegetais, minerais e animais e indústria farmacêutica (Almeida e Chaves, 1995; Luz, Almeida e Luciano, 1988; Pereira Neto *et al.*, 1993; Almeida, 1994). Os resultados obtidos são promissores. No entanto, até julho de 2004, a produção comercial de atapulgita, no Piauí, é considerada muita pequena. Segundo informações do 21^o Distrito do DNPM (2004), apenas uma empresa está em atividade, testando o mercado da atapulgita para clarificação de ceras, óleos vegetais e minerais e sebo bovino.

2. MINERALOGIA E GEOLOGIA

2.1. Mineralogia

A atapulgita e a sepiolita são dois argilominerais similares, pertencentes ao grupo das hormitas. Esses minerais são silicatos complexos de magnésio, com uma estrutura em canal aberto, formando cristais alongados (Foto 1). Podem apresentar substituições isomórficas parciais do magnésio pelo alumínio e/ou ferro, caracterizando-se como uma estrutura cristalina ripiforme, semelhante aos anfibólios. Essas substituições do magnésio, nas camadas octaédricas dos minerais de argila, resultam num excesso de cargas negativas. Estas, associadas a altas superfícies específicas, tornam a atapulgita e sepiolita um sorvente para algumas moléculas polares ou íons positivos (Heivilin e Murray, 1994). A capacidade de

troca catiônica da atapulgita e sepiolita varia entre 20 e 50 miliequivalente por 100 g, o que não pode ser comparada com a esmectita; no entanto é maior do que a da caulinita.

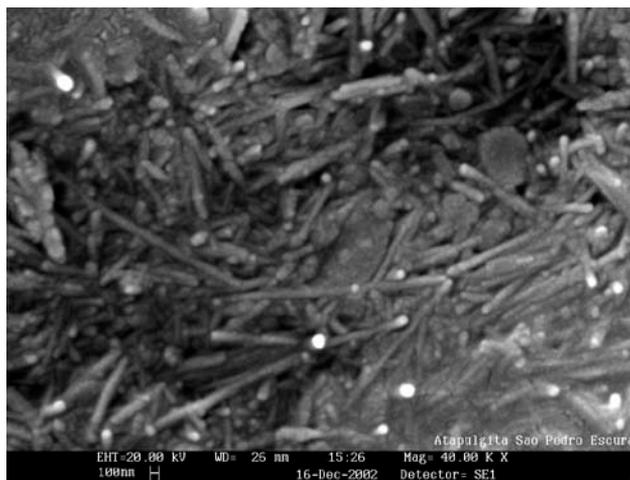


Foto 1: Imagem de amostra de atapulgita de Guadalupe-PI (S. Pedro Escura), por microscópio eletrônico de varredura (Baltar et al, 2003).

Esses dois minerais e a bentonita normalmente ocorrem associados. Apresentam várias propriedades comuns tais como área superficial de média a alta (125 a 210 m²/g), considerável capacidade de sorção e descoramento, ligante e capacidade de espessamento (Sousa Santos e Sousa Santos, 1984; Harben, 1997; Baltar *et al.*, 2003). Segundo estes primeiros autores, a fórmula ideal da atapulgita/paligorsquita seria: R₅Si₈O₂₀(OH)₂(OH₂)₄.4H₂O. Nesta, o R é o cátion Mg²⁺, que pode ser substituído pelo Al³⁺, Fe³⁺, Fe²⁺, na folha octaédrica da camada 2:1.

Segundo Cavalcanti e Bezerra (1992), em todas as ocorrências de atapulgita estudadas no município de Guadalupe-PI, os minerais de argila presentes são atapulgita, caulinita, esmectita, ilita e clorita, com predomínio de atapulgita seguido de caulinita. Embora a atapulgita e sepiolita ocorram normalmente associadas, por serem dois minerais similares, os estudos geológicos, até então desenvolvidos em Guadalupe, não registraram a presença da sepiolita. No entanto, a flutuação no teor de Mg revela um zoneamento químico e apesar de ainda não ter sido encontrada, a presença de sepiolita não pode ser descartada (Resende, 1997).

Baltar *et al.*(2003) estudaram as atapulgitas de Guadalupe-PI e compararam com atapulgitas de outras origens (Tabelas 1 e 2). Observaram que a atapulgita Boa Vista apresenta teor de Fe_2O_3 mais elevado e que as atapulgitas brasileiras têm teor de CaO mais baixo e de K_2O mais alto. Essas diferenças podem ser atribuídas ao teor e natureza das atapulgitas de Guadalupe e/ou aos tipos e teor de contaminantes.

Tabela 1: Análise química de atapulgitas de Guadalupe-PI.

Teor (%)	São Pedro Clara	São Pedro Escura	Boa Vista (PB)
SiO_2	68,5	66,7	57,9
Al_2O_3	10,3	9,1	12,1
Fe_2O_3	4,0	3,7	7,2
MgO	5,6	7,4	4,9
CaO	0,17	0,17	0,10
K_2O	1,2	0,83	2,2
Na_2O	0,10	0,11	0,14
MnO	0,12	1,1	0,50
P_2O_5	0,028	0,026	0,047
TiO_2	0,70	0,60	0,61
P.F.	9,50	11,06	13,37

Fonte: Baltar *et al.* (2003)

Tabela 2: Composição química de atapulgitas de diferentes origens.

Teor (%)	Nizhnii-Novgorod Rússia	Taodeni Saara Argélia	Nerchinsk Sibéria Rússia	Attapulgius Geórgia EUA	Attapulgius Geórgia EUA	Padrão CMS Flórida	Padrão OECD Flórida
SiO ₂	51,17	54,71	46,67	55,03	57,85	60,9	75,2
Al ₂ O ₃	13,73	13,48	9,84	10,24	7,89	10,4	9,7
Fe ₂ O ₃	1,55	2,10	0,93	3,53	2,82	3,4	3,1
FeO	0,31		1,22				
MgO	6,40	5,44	8,94	0,49	13,44	10,2	8,35
CaO	2,89	2,79	8,36		0,30	1,98	2,03
K ₂ O				0,47	0,08	0,80	0,74
Na ₂ O					0,53	0,06	0,14
H ₂ O	10,29	8,65	8,29	9,73	16,95		
P.F.	13,24	12,63	15,84	10,13		10,31	

Fonte: compilado por Baltar *et al.* (2003)

2.2. Geologia

Segundo Sousa Santos e Sousa Santos (1984), os sedimentos onde ocorrem a atapulgita e sepiolita podem ser lacustres, marinhos ou salinos. Esses depósitos podem ocorrer associados à montmorilonita. Segundo ainda esses mesmos autores, até o ano de 1964, todas as ocorrências conhecidas eram de origem lacustre. Isto é atribuído ao fato de não se ter percebido que esses argilominerais apresentavam características de sedimentação química alcalina, em ambiente lacustre.

Os depósitos de atapulgita da Flórida e Geórgia têm a sua origem atribuída à alteração de detritos vulcânicos, resultantes da alteração diagenética da montmorilonita proveniente de rochas cristalinas no continente, conforme citado por Heivilin e Murray (1994). Segundo ainda esses mesmos autores, a deposição de materiais ricos em paligorsquita ocorreu em águas rasas, caracterizadas pela flutuação de salinidade e que, em alguma época, as lagoas estiveram fechadas à circulação, de forma que a presença do Mg foi suficiente para formar a paligorsquita. O conteúdo mineralógico desses depósitos varia de paligorsquita (atapulgita), em Quincy-Flórida e Atapulgius-Geórgia, a uma mistura de paligorsquita e smectita, na região norte do distrito, nas proximidades de Ochlocknee e Meigs, Geórgia.

De acordo com Resende (1997), as primeiras referências sobre as ocorrências de atapulgita de Guadalupe, estado do Piauí, datam de 1982. Estas estão distribuídas por uma área aproximada de 70 km², em corpos que alcançam mais de 500 m de comprimento e espessuras de até 17 m. A seqüência argilosa é constituída por camadas atapulgíticas e caulíníticas. Na camada atapulgítica são definidas três fácies distintas: São Pedro, Terra Branca e Cemitério. Na fácies S. Pedro, a atapulgita ocorre nas localidades de S. Pedro, Canabrava e Grotão do Angico. Nessa fácies, a atapulgita se encontra pura ou associada aos minerais de caulinita, esmectita, ilita e clorita. A fácies Terra Branca ocorre no local denominado Terra Branca e o minério de atapulgita caracteriza-se pela predominância de calcita (60%) e pela presença de fósseis. A fácies Cemitério apresenta uma densidade muito baixa e ocorre na região de Boa Vista. Possui mineralogia semelhante às demais fácies e é constituída por atapulgita, caulinita, esmectita, ilita e clorita (Cavalcante e Bezerra, 1992). Segundo ainda esses mesmos autores, a associação com nódulos de manganês, carbonatos, sílex e gastrópodos, sugere que a atapulgita de Guadalupe-PI foi neoformada em ambiente marinho, em condições possivelmente similares às ocorridas nas bacias de Togo, Dahoney, Senegal e Sudão Ocidental.

Na Região de Sento Sé, norte do Estado da Bahia, foram coletadas amostras de solos e, a seguir, submetidas a análises mineralógicas por difração de raios-X e microscopia eletrônica de varredura. Nos resultados obtidos identificaram a presença de atapulgita (Ribeiro, 1996). Trata-se de uma simples ocorrência, sem nenhum valor comercial.

3. LAVRA E PROCESSAMENTO

3.1. Lavra

A atapulgita, ou a paligorsquita, é extraída mundialmente por lavra a céu aberto, usando o método de tiras. Neste são usados motor-escreipers, dragas, tratores etc. A argila lavrada é transportada, por caminhões fora de estrada, para a unidade de processamento. O processamento da atapulgita/paligorsquita é simples e normalmente envolve britagem, secagem, classificação e moagem. No caso de usos específicos, é feita extrusão da argila para separar partículas alongadas do grupo das hormitas, adicionando-se, durante o processo de extrusão, 1 a 2% de MgO, para melhorar as propriedades reológicas do produto, visando o uso como fluido de perfuração (Heivelin e Murray, 1994).

As principais minas de sepiolita da Espanha encontram-se nas províncias de Madrid e Toledo. Os depósitos de Valecas-Vicalvaro cobrem uma área de 6,6 km² ao nordeste de Madrid e são considerados os maiores depósitos de sepiolita do mundo. A sepiolita é explotada em duas camadas, cujo conteúdo em sepiolita varia de 65 a 95%. As principais impurezas no minério de sepiolita são: quartzo, ilita, feldspato e carbonatos (Harben, 1997).

Segundo ainda esse mesmo autor, a empresa Tolsa SA é a maior produtora mundial de sepiolita, com uma lavra a céu aberto na região de Vicalvaro-Yunclillos, província de Madrid, Espanha. A camada mineralizada em sepiolita encontra-se a cerca de 40 m de profundidade. A cobertura de estéril da mina é usada como enchimento da cava, permitindo assim uma futura reabilitação da área minerada. O desmonte da rocha e o carregamento em caminhões fora de estrada são feitos com o auxílio de retro-escavadeira (Foto 2).

A sepiolita tem uma capacidade elevada de absorção e, por isto, na província de Madrid, a sua lavra é feita de preferência no período mais seco do ano, de maio a outubro. O clima seco favorece a secagem natural ao ar livre, durante a qual a sepiolita é colocada em pátio e revolvida, periodicamente, com o auxílio de trator, para baixar a umidade. Em seguida, essa é transportada para a unidade industrial, onde se completa a secagem em secador rotativo, até atingir uma umidade de 10%, adequada à moagem.



Foto 2: Frente de lavra da mina de sepiolita da Tolsa SA, na região de Vicalvaro-Yunclillos, Província de Madrid, Espanha (Luz e Baltar, 2002).

3.2. Processamento

O minério proveniente do pátio de secagem é submetido a uma britagem primária, secundária e terciária, sofrendo uma redução de 200 para 4 mm. O produto da britagem vai para um secador rotativo onde a umidade é reduzida de 40 para 10% e a seguir vai para a moagem, obtendo-se um produto grosso e um produto fino.

A empresa Tolsa SA processa anualmente 600 mil t de sepiolita, colocando no mercado diferentes produtos: 65% para uso como cama de animais domésticos (*pet litter*), 25% para alimentação animal e tipos especiais derivados de sepiolitas com alto teor (95%) para usos como produtos de maior valor agregado, destinados a aplicações como suporte catalítico, elastômetro etc.

Normalmente, o beneficiamento da atapulgita e da sepiolita consiste de britagem, secagem e moagem. Eventualmente, poderão ser submetidas a algum beneficiamento visando a remoção de materiais argilosos. Para fluido de perfuração de petróleo, a atapulgita deverá atender às Normas API – American Petroleum Institute. No caso do Brasil, essas especificações já constam das normas da Petrobrás (PETROBRAS, 1984).

No caso da atapulgita não atender as especificações requeridas de viscosidade para fluido de perfuração, essa poderá ser aumentada mediante a sua ativação com MgO hidratável ou Mg(OH), em adições em torno de 1,5% (US Patent, 1965).

Almeida (1994) estudou as atapulgitas de Guadalupe - PI (São Pedro, Grotão do Angico, Boa Vista e Terra Branca) visando o seu uso como fluido de perfuração de poços de petróleo, atendo-se, particularmente, às especificações da Petrobras (N-1969). Nenhuma das quatro amostras estudadas, quando apenas moídas abaixo de 200 malhas (74 μm), atingiu o limite mínimo de viscosidade (15 cP) requerido pela norma Petrobrás. Esses resultados foram atribuídos ao alto teor de quartzo (> 20%) detectado na caracterização mineralógica de três das amostras estudadas. Para contornar esse problema, essa impureza de quartzo foi removida por separação em peneira de 200 malhas e o passante, após ativação com 1,5% MgO, aumentou a viscosidade aparente da atapulgita São Pedro de 17 para 27 cP.

Almeida (1994) estudou também, em escala de laboratório, o processamento das atapulgitas de Guadalupe-PI, visando o seu uso no descoramento de óleo mineral e vegetal. No caso do descoramento de óleo

mineral, teve-se como meta a obtenção de produtos com cor ASTM $\leq 4,5$, limite estabelecido pela Petrobrás. Para aplicação em descorante de óleos, a ativação térmica da atapulgita entre 200 e 400 °C pode resultar numa desidratação e/ou desidroxilação da atapulgita, aumentando a sua área de superfície e a capacidade de adsorção, o que contribui para melhorar o poder de descolorimento da argila (Haden e Shwint, 1967; Sousa Santos e Sousa Santos, 1984).

4. USOS E FUNÇÕES

A presença de microporos e canais na estrutura da sepiolita e da atapulgita, bem como a natureza alongada das partículas (Foto 1) e a sua granulometria fina, conferem uma alta superfície específica a essas argilas e capacidade de absorção e dessorção de diferentes tipos de materiais. A superfície específica desses minerais varia de 150 m²/g (atapulgita) a 300 m²/g (sepiolita). Esta possui uma maior seção que permite um acesso mais fácil aos canais (Santarém, 1993). Os usos decorrem dessas e outras características. A atapulgita e sepiolita apresentam de modo geral os mesmos usos, como apresentados abaixo.

Fluido de Perfuração: A atapulgita tem a função de controlar a viscosidade da suspensão água argila. Essa propriedade é atribuída à forma alongada dos minerais de atapulgita e sepiolita. É usada em fluidos de perfuração que atravessam formações contendo sais de sódio, cálcio e magnésio, em substituição à bentonita. Esta, ao saturar-se com esses sais, leva o fluido a flocular, perdendo as suas propriedades tixotrópicas (Haden Junior & Shwint, 1967; Ampian, 1979). A atapulgita poderá também ser usada na perfuração de poços de petróleo, na plataforma continental, tendo em vista ser possível utilizar a própria água do mar, na preparação do fluido de perfuração, sem que este perca as suas propriedades tixotrópicas. A explicação da resistência à floculação da atapulgita e da sepiolita, quando dispersas em água contendo sais, é atribuída à massa de partículas alongadas formando uma malha (Heivilin e Murray, 1994).

Absorvente (pet litter): A sepiolita ou atapulgita, quando usadas como cama de animais domésticos (*pet litter*), têm a particularidade de absorver a urina do animal, formando pequenas placas que são retiradas, periodicamente, e substituídas por um material novo. Esses minerais além de absorver os dejetos líquidos, diminuem as emissões de odores, que incomodam os próprios animais e seus proprietários.

Clarificação, Descolorimento e Filtração de Óleos: As atapulgitas americanas de Attapulgus, Geórgia e de Quincy, na Flórida, são classificadas na literatura como

terra *fuller* e usadas no descoramento de óleos vegetais, animais e minerais (Sousa Santos, 1992). Terra *fuller*, citado por Luz *et al.* (1988), é o termo empregado para denominar argilominerais que já possuem naturalmente a capacidade de descorar óleos vegetais, minerais e animais, sem nenhum tratamento térmico ou químico.

Aplicações Farmacêuticas: A atapulgita quando ativada tem uma capacidade de adsorção de 5 a 8 vezes maior para alcalóides (estricnina e quinina), bactérias e toxinas, justificando assim o seu uso na composição de produtos farmacêuticos (Neto *et al.*, 1993).

Aditivo de Alimentação Animal: A atapulgita e a sepiolita são usados como ligantes para alimentos pelotizados e carreador de suplementos (minerais, vitaminas, antibióticos).

Carreador de fertilizantes e defensivos agrícola: A atapulgita e sepiolita quando dispersas em água, formam uma rede entranhada de partículas, de forma aleatória, conferindo propriedades espessantes, suspensoras e tixotrópicas (gel) à suspensão. A viscosidade da suspensão pode ser manipulada através da concentração de sólidos, agitação e pH. Estas características, combinadas com a inércia química, permitem que os minerais do grupo das hormitas sejam usados como carreador de fertilizantes e defensivos agrícolas líquidos, bem como *agentes suspensores de tintas e adesivos*

Outras aplicações não mencionadas acima incluem:

- purificação de águas domésticas e industriais
- refino e processamento químico de derivados de petróleo
- revestimento de piso cerâmico
- indústria de cimento (pozolanas, impermeabilizantes, plastificantes)
- revestimento asfáltico

5. ESPECIFICAÇÕES

Fluido de perfuração de poços de petróleo: No Brasil, as especificações requeridas para uso de atapulgita, como fluido de perfuração de poços de petróleo, são regidas pela Norma Petrobrás N-1969. Segundo Baltar e Luz (2003), as especificações requeridas para fluido de perfuração de poços de petróleo e gás são:

- Granulometria: < 75 μm ;
- Viscosidade aparente : 15 cP (mínimo);
- Teor de quartzo: 8% (máximo);
- Resíduo em peneira com abertura de 75 μm : 8% (máximo);
- Umidade: 16% (máximo).

Sepiolita ou Atapulgita para Cama de Animal Doméstico (pet litter): Depende da absorção, densidade aparente, distribuição granulométrica, formação de pó e odor.

Especificação de atapulgita para descoramento de óleo:

-Óleo mineral: após descoramento deve apresentar cor ASTM < 4,5 e granulometria < 200 malhas.

-Óleo vegetal: a seguir, as especificações de diversas atapulgitas para descoramento de óleo vegetal:

Cor ⁽¹⁾	Guadalupe-PI ⁽²⁾	Comercial: <i>Filtrex</i>	Guadalupe-PI ⁽³⁾	Comercial: <i>Caluinox</i>
Amarela	30	30	35	35
Vermelha	7,5	9,0	6,5	8,0
Vermelha ⁽⁴⁾	7,5		10,0	

(1) Determinada em calorímetro Lovibond

(2) Ensaio industrial na empresa Siqueira Gurgel

(3) Ensaio industrial na empresa Concentral

(4) Cor máxima permitida

Produtos Farmacêuticos: Uma solução de azul de metileno, a 0,15% (p/v), quando em contato (agitação seguida de separação por centrifugação) com 2 g de argila (atapulgita), deve resultar em um sobrenadante incolor. O azul de metileno é o adsorvato de referência empregado pelas farmacopéias (Pereira Neto *et al.*, 1993).

Alimentação Animal: As especificações requeridas da sepiolita, para alimentação animal são apresentadas na Tabela 3 a seguir:

Tabela 3: Especificações de sepiolita para uso em alimentação animal.

Propriedades físicas	Ligante	Agente anti-aglomerante e carreador
Malhas (ASTM)	< 100	50 a 20
Densidade aparente (g/L)	545±40	615±30
Umidade (%)	8±2	8
Absorção de óleo tipo Westinghouse (%)	-	92±7
Absorção de óleo de linhaça (%)	93	-
Retenção de água (%)	150	147
Dureza Mohs	2,0-2,5	2,0-2,5
Capacidade de troca catiônica (meq/100g)	15	15

Fonte: Tolsa AS, Espanha; (Harben, 1995)

Especificações de uma atapulgita comercial: A Tabela 4 a seguir apresenta especificações gerais típicas de uma atapulgita comercial.

Tabela 4: Especificações de tipos de atapulgita comercial .

Mineralogia	(%)	0416G	1630G	2560G	050F	080F
Atapulgita	80-90	4,75 mm-1,18 mm	1,18 mm-0,60 mm	0,71 mm-0,25 mm	85-95%-250 µm	85-95%-160 µm
Quartzo	5-10	TMP 2,36 mm	TMP=0,85 mm	TMP=0,425 mm	TMP=160 µm	TMP=35 µm
Dolomita	0-10	+4,75 mm 3,0% máx.	+1,18 mm 3,0% máx	+0,71 mm 3,0% máx.		
Caulim	0-10	-1,18 mm 7,0% máx.	-0,60 mm 7,0% máx.	-0,25 mm 7,0% máx.		
Análise Química (%)		Propriedades Físicas				
(típica)						
SiO ₂	58,5	Cor			Branca e cinza	
Al ₂ O ₃	11,8	Umidade			3,0-8,0%(peso/peso)	
MgO	5,3	Densidade aparente			0,45-0,65g/cm ³ (450-650kg/m ³)	
Fe ₂ O ₃	4	Absorção de água			80-120% (peso/peso)	
CaO	1,6	Absorção de óleo			70-110% (peso/peso)	
K ₂ O	1,8	Área superficial (BET)			135-140 m ² /g	
Outros óxidos	1,5	Capacidade de troca catiônica			30-40 m eq./100g	
Perda ao fogo	15,5	PH (suspensão 5%)			7,5 – 9,5	

Fonte: Harben (1995)

TMP = Tamanho médio da partícula

6. MINERAIS E MATERIAIS ALTERNATIVOS

A sepiolita e atapulgita, por terem propriedades físico-químicas muito próximas, terminam por se constituírem em materiais que competem entre si, na maioria das aplicações. A sepiolita e a atapulgita têm ainda como competidores, conforme o uso:

- alimentação animal – bentonita, talco, vermiculita e zeólitas;
- *pet litter* – bentonita, diatomita, gipsita e zeólitas;
- carreadores – bentonita, diatomita, caulim, pirofilita, talco, vermiculita e zeólitas;
- agente espessante e gelificante – bentonita e polímeros.

AGRADECIMENTOS

Ao estudante de engenharia da Escola de Engenharia de Minas da Universidade Politécnica de Madrid, Oscar Lopes Encinas, que estagiou no CETEM em 2004, pelos dados fornecidos sobre a mineração de sepiolita, na Espanha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, S. L. M. (1994). Usos Industriais da Atapulgita de Guadalupe PI. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 63p. , São Paulo-SP.
- ALMEIDA, S. L. M.; CHAVES, A. P. (1995). Usos Industriais da Atapulgita de Gaudalupe-PI. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP:BT/PMI/032, Departamento de Engenharia de Minas, 16 p.
- AMPIAM, S. G. (1979).Clays. Washington, D. C., United States Bureau of Mines, Jul., p.3 (Mineral Commodity Profile).
- BALTAR, C. A. M.; LUZ, A. B.; OLIVEIRA, C. H. e BALTAR, L. M. (2003). Caracterização mineralógica e tecnológica de atapulgitas de Piauí. In: Insumos minerais para a perfuração de poços de petróleo, p.85-102, Rio de Janeiro, UFPE/CETEM.

- CAVALCANTI, V. M. M.e BEZERRA, A. T. (1992). Atapulgita de Guadalupe-PI. *Revista de Geologia* 1992, Vol. 5, p.99-114.
- ESTATÍSTICA Minera de Espanha y Secciones de Minas (2001).
- HADEN JUNIOR, W. L. e SHWINT, I. A. (1967). Attapulgitite its properties and applications. *Industrial and Engineering Chemistry*, Washington, Easton, Pa, 59(9): 59-69, Sept.
- HARBEN, P. W. (1995). Atapulgitite & Sepiolite. *The Industrial Minerals Handybook*, 2nd Edition, p.9-11.
- HARBEN, P. W. (1997). Atapulgitite and Sepiolite. In: *Industrial Mineral – A Global Geology*, p.139-141, P. W. Harben & Kuzvart.
- HEIVILIN, F. G.e MURRAY, H. H. (1994). Hormites: Palygorskite (Attapulgitite) and Sepiolite. In: *Industrial Minerals and Rocks*, p.249-254, 6th Edition, Donald D. Carr, Senior Editor.
- LUZ, A. B.; ALMEIDA, S. L. M. e RAMOS, L. T. S. (1988). Estudos tecnológicos para aproveitamento da atapulgita de Guadalupe-PI, *Série Tecnologia Mineral* n^o42, CETEM, 43 p, Brasília.
- LUZ, A. B. e BALTAR, C. A. M. (2002). Visita técnica às minerações de minerais industriais da Espanha. RV – 2002-013-00-CETEM.
- PEREIRA NETO, J.; ALMEIDA, S. L. M. e CARVALHO, R. M. (1993). Atapulgita do Piauí para a Indústria Farmacêutica. *Série Tecnologia Mineral* n^o 64, CETEM/CNPq, 22p. Rio de Janeiro.
- PETROBRAS. (1984). Ensaio de atapulgita (Método). N-1967, agosto; atapulgita para fluido de perfuração (especificação), N-1969, agosto/84.
- RESENDE, N. G. A. M. (1997). Argilas nobres e zeolitas na Bacia do Parnaíba. *Relatório Final de Projeto*, Superintendência Regional de Belém, 33p.
- RIBEIRO, L. P. (1996). Atapulgita em solos da região de Sento Sé, Bahia-Brasil. *In: Geoquímica Brasileira*, *Geochim, Brasil*, 10(2): 401-415.
- SANTARÉM, J. (1993). European market developments for absorbent clays, *Industrial Minerals*, p.35-47.

SOUZA SANTOS, P e SOUZA SANTOS, H. (1984). Ocorrências brasileiras de argilas contendo argilo-minerais do grupo das hormitas (paligorsquita-atapulgita-sepiolita). *Cerâmica*, São Paulo, v.30 n.179, p.319-336, novembro.

SOUZA SANTOS, P. (1992). *Tecnologia de Argilas*. São Paulo. Edigar Blucher Ltda, v. 2, p.687-716.

UNITED STATES (1965). Patent Office n. 3220947. November.

VIRTA, R. L. (2003). *Mineral Industry Survey-Clay and Shale*.