

ESTUDO DE MATERIAIS PARA USO EM CAMADA DE RECHEIO EM REPOSITÓRIOS

André F. Amaral¹, Clédola C. O. de Tello²

¹Escola de Engenharia
Universidade Federal de Minas Gerais
Rua Espírito Santo 35
31160-030 Belo Horizonte, MG
marau666@hotmail.com

²Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear
Serviço de Gerência de Rejeitos
Rua Prof. Mário Werneck, s/n. - Campus UFMG
31270-010 Belo Horizonte, MG
telloc@cdtn.br

Resumo

Deposição é a colocação de rejeito radioativo, sem a intenção de removê-lo, em local selecionado e construído para este fim, o repositório. Na construção de repositórios para rejeitos radioativos adota-se o conceito de múltiplas barreiras, utilizadas para isolar o rejeito e prevenir a entrada de água e, conseqüentemente, a migração dos radionuclídeos para o meio ambiente. A camada de recheio age como uma barreira impermeável e sorvedora de radionuclídeos. As argilas são utilizadas nesta camada, devido a sua capacidade de sorção de radionuclídeos e baixa condutividade hidráulica. Esta pesquisa tem como objetivo caracterizar argilas nacionais e implantar um banco de dados com as informações obtidas nos testes e de seus fornecedores. Tais informações possibilitarão comparar e selecionar entre estes materiais o melhor para sua utilização na camada de recheio. Contataram-se fornecedores nacionais para a obtenção de informações e amostras, sendo realizados testes com diversas argilas, entre eles: identificação dos constituintes minerais, determinação da curva compactação em função da umidade, condutividade hidráulica, teor de umidade, teor de matéria orgânica, capacidade de troca catiônica, superfície específica, etc.

1. INTRODUÇÃO

Argilas são materiais de grande importância em diversos campos do desenvolvimento humano. Estão ligados à vida do homem desde tempos remotos, pois são componentes comuns dos sedimentos flúvio-lacustres, onde se estabeleceram as primeiras comunidades.

Apesar desse conhecimento o estudo técnico-científico das argilas foi iniciado no século XX, tendo a difração de raios X papel preponderante.

Existem numa variedade muito grande, pois são constituídas por argilominerais, que compreendem vários grupos, que por sua vez são formados por diversas espécies mineralógicas ligadas de modo distinto, formando, de acordo com a ligação, argilas diferentes.

Possuem baixa granulometria, com partículas cuja relação diâmetro-espessura (ou diâmetro-comprimento) varia numa ampla faixa de valores. São também naturalmente subdivididas, com área específica externa muito grande.

Esses minerais aparecem em depósitos grandes e muito homogêneos (cujos materiais possuem propriedades muito constantes) e suas impurezas são facilmente separáveis [1].

2. ARGILAS

Argila é um nome genérico que, dependendo da área de estudo, tem um significado restrito.

Argila será definida para este estudo como uma rocha finamente dividida, constituída, em essência, por argilominerais geralmente cristalinos. Podem conter também minerais não considerados argilominerais, matéria orgânica e outras impurezas.

Possui um grande número de partículas com diâmetros abaixo de 2 μm . Torna-se plástica na pulverização e umedecimento. Após secagem torna-se dura e rígida e após queima em temperatura elevada adquire a dureza do aço. Possui capacidade de troca catiônica que varia de acordo com o tamanho das partículas, a perfeição do cristal, com a natureza do íon adsorvido e, em alguns casos, com o pH.

Argilominerais são silicatos de alumínio hidratados, possuindo, em certos tipos de argilas, outros elementos, como Mg, Fe, Ca, K, Na, Li e outros. Organizam-se em estruturas lamelares ou fibrosas.

Em resumo, as argilas são rochas que, na natureza, aparecem finamente divididas, contendo um grau elevado de partículas cristalinas de argilominerais. Apresentam-se em forma lamelar ou fibrosa, em consequência da estrutura de seus constituintes [1].

2.1. Estrutura das Argilas

Os argilominerais conhecidos têm suas estruturas cristalinas formadas basicamente por grupos de oxigênio e hidroxila cercando pequenos cátions.

Os grupos tetraédricos e octaédricos de átomos ou íons de oxigênio e de íons hidroxila cercam diversos cátions. Os cátions principais para grupos tetraédricos são Si^{4+} e Al^{3+} , e ocasionalmente Fe^{2+} e Fe^{3+} . Nos grupos octaédricos os cátions principais são Al^{3+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} e Ti^{4+} e os ocasionais Cr^{3+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} e Li^{+} .

Folhas contínuas são formadas pela ligação hexagonal dos grupos tetraédricos e octaédricos, sendo então chamadas, respectivamente, folha tetraédrica e octaédrica. Camada é o empilhamento de uma folha tetraédrica e uma octaédrica.

As folhas tetraédricas e octaédricas apresentam-se em dimensões que lhes é permitido um reajuste e encaixe de várias formas diferentes, gerando camadas de uma variedade de maneiras que, por sua vez, vão dar as estruturas das argilas conhecidas.

As ligações entre os íons das folhas são fortes, tendo caráter parcialmente iônico e covalente, mas as folhas entre si estão unidas por ligações fracas. Desse fato surge a facilidade que se tem em separar essas folhas (clivagem perfeita paralela ao plano basal).

A maneira com que as folhas estão empilhadas é diferente para os diversos tipos de argilominerais e assim podem surgir variados tipos de seqüências regulares e irregulares [1].

2.2. Grupos

Os materiais neste trabalho são filossilicatos (silicatos em folhas) pertencentes ao grupo dos caulins-serpetinas (caulinita), das micas (moscovita, biotita e ilita), das vermiculitas, das esmectitas (montmorillonita e saponita) e ao grupo dos argilominerais interestratificados (hidrobiotita) [2].

É importante ressaltar que alguns autores inserem as vermiculitas como integrantes dos grupos das micas e/ou colocam a ilita em um grupo separado.

2.3. Importância

Devido às suas capacidades de trocas catiônicas, tais materiais podem ser utilizados na adsorção de elementos radiativos. As lamas geradas pelo tratamento do rejeito com estes materiais são solidificadas e podem ser estocadas com menor risco para o homem e o meio ambiente. Também possuem utilização na camada de recheio. Os isótopos de césio e estrôncio, particularmente importantes devido a sua recorrente abundância em rejeitos radiativos, interagem seletivamente em alto grau nos mecanismos de adsorção destes materiais [1].

2.4. Propriedades Físicas e Químicas

2.4.1. Interações argila/água

Materiais argilosos contêm água em diversas formas. Ela pode estar armazenada em poros, adsorvida na superfície do mineral. Em esmectitas e vermiculitas, entre outras, essa água adsorvida pode estar em posições interplanares (entre as camadas do material). Finalmente, as estruturas dos argilominerais contêm hidroxilas que são perdidas na forma de água em temperaturas elevadas.

Água pode ser removida por meio de aquecimento com aumento de temperatura da argila ou à temperatura ambiente, em um sistema aberto. A remoção de água estrutural (hidroxilas) altera profundamente a estrutura das argilas.

A capacidade de retenção de água de argilominerais é geralmente proporcional a sua superfície específica. A medida que a porcentagem de água aumenta, as argilas tornam-se plásticas e posteriormente mudam para um estado de 'quase-líquido'. As quantidades de água requerida para os dois estados são definidas pelos limites plástico e líquido (mostrados na Tabela 1), que variam com os tipos de cátions intercambiáveis e a concentração salina na água adsorvida.

O índice de plasticidade, a diferença entre os dois limites, fornece uma medida para as propriedades reológicas das argilas. Tais propriedades são importantes em fundações de edifícios, construção de rodovias, no ramo da engenharia química, em estrutura de solos e em práticas agrícolas [2].

Tabela 1. Limites plástico e líquido de argilominerais em função da quantidade de água (% da massa do mineral) [2]

Argilomineral	Caulinita		Ilita		Montmorillonita	
	Na	Ca	Na	Ca	Na	Ca
Limite plástico	26	36	34	40	97	63
Limite líquido	52	73	61	90	700	177

2.4.2. Troca iônica

Dependendo da deficiência no balanço (local ou total) das cargas das estruturas minerais, os argilominerais são capazes de adsorver certos cátions e ânions e retê-los em um estado intercambiável, geralmente sem afetar a estrutura básica de silicato. Esses íons adsorvidos são facilmente trocados por outros íons. A reação de troca difere da sorção simples, pois há uma relação quantitativa entre os íons reagentes. O alcance das capacidades de troca catiônica de alguns argilominerais é dado na Tabela 2.

Tabela 2. Capacidade de troca catiônica (CTC) em pH 7 e superfície específica (SE) para algumas argilas [2]

Argilomineral	CTC (meq/100 g)	SE (m ² /g)
Caulinitas	3–15	5–40
Ilitas	10–40	10–100
Vermiculitas	100–150	760*
Esmectitas	80–120	40–800

*. Limite superior de valores estimados.

Dependendo das condições operacionais, os vários cátions não são igualmente substituíveis e não possuem o mesmo poder de substituição. As propriedades de troca iônica dos argilominerais são extremamente importantes, pois elas determinam as características físicas e o nicho econômico dos minerais [2].

2.4.3. Propriedades físicas

As partículas dos argilominerais são normalmente muito pequenas para se medir propriedades óticas com precisão. Os índices de refração relatados geralmente ficam em um pequeno intervalo, de 1,47 a 1,68. Em geral, espécies ricas em ferro possuem altos índices, enquanto espécies porosas, ricas em água, possuem os mais baixos. A densidade relativa da maioria destes materiais localiza-se entre 2,0 e 3,3, e sua dureza geralmente está abaixo de 2,5, exceto para a antigorita, cuja dureza relatada está entre 2,5 e 3,5 [2].

2.4.4. Tamanho e forma

Essas duas propriedades em argilominerais são determinadas por micrografias eletrônicas. Caulinita bem cristalizada ocorre como flocos de seis lados bem formados, freqüentemente com uma alongação proeminente em uma direção.

Micrografias eletrônicas de esmectitas geralmente mostram vastas folhas que ondulam em mosaico. Em alguns casos as unidades em formato de flocos são discerníveis, mas freqüentemente elas são muito pequenas ou finas para serem vistas individualmente sem uma atenção especial.

A illita ocorre em flocos mal definidos geralmente agrupados juntos em agregados irregulares. Apesar de seus tamanhos variarem em faixas mais largas, as vermiculitas, a clorita, a pirofilita, o talco, e as serpentinas (exceto pela crisotila) são similares em caráter às illitas [2].

2.4.5. Reações em altas temperaturas

Quando aquecida à temperaturas após a desidroxilação, a estrutura do argilomineral pode ser destruída ou simplesmente modificada, dependendo da composição e estrutura da substância. Na presença de fundentes, como o ferro ou potássio, a fusão pode rapidamente seguir a desidroxilação. Na ausência de tais componentes, particularmente nos minerais dioctaédricos que contêm alumínio, uma sucessão de novas fases pode ocorrer à medida que a temperatura aumenta, até antes da fusão ocorrer. Informações relacionadas às reações em altas temperaturas são importantes para ciência e indústria dos cerâmicos [2].

3. PROCEDÊNCIA/DEPÓSITOS/PRODUÇÃO

3.1. Caulins (Caulinitas)

3.1.1. Oferta mundial

As reservas de caulim são abundantes, com destaque para o tamanho e qualidade do caulim secundário encontradas nos Estados Unidos e Brasil e de caulim primário do Reino Unido, localizadas no sudoeste da Inglaterra.

Das reservas brasileiras (medidas e indicadas), aproximadamente 97% encontram-se na região norte do País, nos estados do Pará (Imerys S/A e PPSA), Amapá (CADAM) e Amazonas (Mineração Horboy Clays Ltda). O mercado produtor de caulim apresenta-se concentrado e competitivo [3].

3.1.2. Produção interna

Entre as principais empresas produtoras, a Imerys Rio Capim Caulim S/A – IRCC mantém a liderança da produção nacional respondendo por 40%, sendo seguida pela empresa Caulim da Amazônia S/A (CADAM) com 32%, Pará Pigmentos S/A (PPSA) com 24% e outros com 4%.

Além do Amapá e Pará, que produzem caulim para revestimento e cobertura de papel, são estados produtores São Paulo, Paraná, Bahia, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, fornecendo materiais principalmente para o setor de cerâmicas brancas (vasos em

geral, porcelanas, etc.). Embora o Estado do Amazonas detenha expressivas reservas, ainda não há empresa produzindo caulim naquele estado [3].

3.2. Bentonitas (Esmectitas)

3.2.1. Oferta mundial

Devido à abundância de reservas mundiais de bentonita, a sua estimativa não vem sendo publicada. As reservas medida e indicada oficiais brasileiras medem 41,4 (preliminar) e 27,5 (revisada) milhões de toneladas em 2007. O estado do Paraná tem a maior porção das reservas medidas (38,6%), enquanto a Paraíba tem a maior parte das indicadas (88,2%). No total (medida + indicada) as reservas paraibanas representam 55% do total e as paranaenses, 24% [3].

3.2.2. Produção interna

A produção estimada de bentonita bruta no Brasil atingiu 329.647 t (2007). A Paraíba produziu 88,5% de toda a bentonita bruta brasileira. São Paulo vem em seguida, com 7,3%, a Bahia em terceiro lugar com 3,9% e, por último, o Paraná, com apenas 0,2%. Oficialmente, quatorze empresas atuam neste segmento no país. A maior delas é a Bentonit União Nordeste. A queda na produção bruta pode estar relacionada à paralisação da lavra, por razões técnicas e econômicas, de duas empresas: União Brasileira de Mineração S/A e Süd Chemie do Brasil LTDA, ambas localizadas em Boa Vista/PB.

A distribuição geográfica da produção de bentonita moída seca ocorre da seguinte forma: São Paulo com 97,5% do total e Paraná com 2,5%. A Bentonit União Nordeste, situada em Boa Vista/PB, produz exclusivamente bentonita do tipo ativada e contribuiu com 98,7% deste produto produzido no Brasil, seguida da empresa Bentonita do Paraná Mineração Ltda., localizada em Quatro Barras/PR, com 1,3% [3].

3.3 Micas

3.3.1. Oferta mundial

No mundo os principais depósitos exploráveis de mica concentram-se nos Estados Unidos, Rússia, Finlândia, Canadá, Índia, República da Coreia e Brasil. No Brasil as reservas de minérios de mica em pegmatitos, mica xistos e granitos greizeinizados chegam a casa dos 5 milhões de toneladas, no ano base 2007, localizados nos estados da BA, CE, ES, RN, SP, SC, MG, PB e RJ.

A oferta mundial de mica em 2007, de 360 mil toneladas, foi 22% menor do que no ano anterior, principalmente pela queda de produção de 34,5% nas áreas produtivas dos estados americanos como: Alabama, Carolina do Norte e Carolina do Sul, embora tenha ocorrido aumento de oferta nos estados da Geórgia e Dakota do Sul. No exercício de 2007, os Estados Unidos, Rússia, e Finlândia foram os maiores produtores mundiais de fragmentos (pó) e flocos de mica; enquanto que, o Canadá e China foram os maiores exportadores de mica em pó, sendo ainda o Canadá o maior produtor e principal fornecedor aos Estados Unidos de mica flogopita [3].

3.3.2. Produção interna

A maior parte da produção nacional de mica tipo folha é originária de garimpos, em províncias pegmatíticas localizadas nos Estados de MG, ES, RN, PB e CE, e obtida em caráter sazonal, por fatores climáticos, tornando-se uma atividade praticamente de subsistência dos muitos sertanejos ligados à atividade garimpeira, à procura de gemas, nesses estados, onde em muitos, a produção dessa mica é considerada subproduto e até rejeito.

As principais empresas que operam com minério de mica no país são: Mineração Federal SA, Mineração Caiana Ltda. e Diaurus Mineração Indústria e Comércio Ltda. em Minas Gerais, Von Roll do Brasil Ltda. no Ceará, onde ela tem suas instalações de produção voltadas para o tratamento e beneficiamento específico de mica, responsável por mais de 75% do total nacional, com volume de mais de 3 mil toneladas ano, entre outras empresas e, também, pessoas físicas (garimpeiros e/ou micro empresa). Destaca-se ainda a empresa Violani & Cia Ltda. no Estado do Paraná que opera com a substância mica (sericita em flocos, que se constitui numa variedade de moscovita), o minério mica xisto, com produção em torno de 21.500 t ano, para aplicação em defensivos agrícolas, ração animal, fabricação de peças para freios e produtos farmacêuticos e veterinários e também para o comércio de materiais de construção [3].

3.4 Vermiculitas

Alguns autores consideram a vermiculita como integrante do grupo das micas. Neste trabalho tal argilomineral foi considerado como pertencente a seu grupo próprio e, portanto, as suas estatísticas foram segregadas das pertencentes às micas.

3.4.1. Oferta mundial

O montante das reservas mundiais permaneceu inalterado, sendo que 79,8% estão situadas na África do Sul, China e Estados Unidos. No Brasil, as reservas oficialmente aprovadas localizam-se nos Estados de Goiás, Paraíba, Bahia, Piauí e São Paulo [3].

3.4.2. Produção interna

A produção nacional em 2007 de vermiculita beneficiada não-expandida (concentrado) manteve-se estável com relação ao ano anterior. O estado de Goiás é atualmente o maior produtor de minério beneficiado com mais de 91%, seguido pelos estados de Pernambuco, Bahia e Piauí. O processo de extração é executado a céu aberto, semi ou totalmente mecanizado [3].

4. MÉTODOS

Este trabalho foi realizado em seis etapas: pesquisa de características e propriedades das argilas, busca de fornecedores nacionais de argilas, obtenção de amostras dos fornecedores, estudo de métodos de caracterização das amostras, caracterização das amostras e construção de uma tabela com os resultados obtidos.

Os métodos utilizados para a caracterização das amostras foram: inspeção visual primária, determinação granulométrica [4], difração de raios X pelo método do pó, determinação do teor de umidade [5], da umidade ótima e densidade seca aparente máxima [6], da

condutividade hidráulica [7], do teor de matéria orgânica, capacidade de troca catiônica e da superfície específica [8].

5. MATERIAIS

Argilas e outros materiais semelhantes foram obtidos de diversos fornecedores nacionais, entre produtores, centros industriais e/ou tecnológicos. Na Tabela 3 apresentam-se os nomes dos fornecedores e dos produtos, além da identificação que foi atribuída a estes. Alguns desses materiais não possuem identificação, pois tal processo só foi adotado a partir de um determinado ponto, tal que alguns dos fornecedores não mais existiam, tornando o material indisponível. Outros compostos não possuem a identificação completa, pois os registros não eram precisos.

Tabela 3. Argilas e fornecedores nacionais

Argilas	Fornecedores
Argila EPB 1 (ALI-E0005/06)	Algra Ind. e Com. de Argila Ltda.
Argila EPB 2 (ALI-E0006/06)	
Bentonita Argel CN10 (BNT-E0010/06)	Bentonit União Nordeste Ind. e Com. Ltda.
Bentonita Argel CN40 (BNT-E0007/06)	
Bentonita Brasgel FF (BNT-E0009/06)	
Bentonita Brasgel NT25 (BNT-E0008/06)	
Vermiculita Vermifloc (VFL-E0002)	Brasil Minérios Ltda.
Vermiculita Vermifloc 4B (VFL-E0001)	
Bentonita cálcica Dolomil (DOL-E0001/06)	Dolomil Industrial Ltda.
Bentonita sódica Dolomil (DOL-E0002/06)	
Vermiculita Eucatex médio (EUC-E0001)	Eucatex Química e Mineral Ltda.
Bentonita Fundipol	Mineração Antônio Mendes
Argila cinza Inducal (IND-E0002/06)	Inducal - Indústria de Calcários Caçapava
Argila marrom Inducal (IND-E0001/06)	
Argila preta Inducal (IND-E0003/06)	
Argila Nigri malha 40 (NIG-E0001)	Joseph Nigri
Argila Nigri malha 60 (NIG-E0002)*	
Argila Paolo Comini (PAC-E0001)	Paolo Comini
Bentonita branca M.200 (RBR-E0002/98)	Refratários Brasil
Bentonita sódica M.200 (RBR-E0001/98)*	
Argila Pasek clara (nova) (PSK-E0002)*	Refratários Pasek Ltda.
Argila Pasek escura (nova) (PSK-E0001)	
Argila Pasek Argiflex 100 (antiga)	
Bentonita sódica UBM (UBM-E0001/98)	União Brasileira de Mineração (mineração Pedra Lavada)
Vermiculita crua (MPL-E0005/07)	
Vermiculita expandida (MPL-E0006/07)	
Vermiculita fina (UBM-E0003/06)	
Vermiculita superfina (UBM-E0004/06)	Vermiculita Isolantes Termo-Acústicos Ltda. (Mineração Phoenix Ltda.)
Vermiculita Izo-Flok	

*. Identificação mais provável, não pôde ser verificada através de registros.

Após a determinação da composição mineral selecionaram-se para testes somente os materiais considerados argilas, uma vez que se constatou que alguns não o eram.

6. RESULTADOS

Na Tabela 4 são apresentados os dados de algumas das argilas que foram caracterizadas. Esta tabela será completada à medida que os experimentos forem sendo realizados. No futuro ela possibilitará a escolha do melhor material para se utilizar em camadas de recheio no repositório brasileiro e, inclusive, em outras diversas aplicações.

Pode-se perceber que as bentonitas possuem superfície específica bem maior que as caulinitas. Tal fato reflete diretamente na capacidade de troca catiônica, a qual é novamente muito superior nas bentonitas que nas caulinitas. Outro resultado importante é o do pH dos materiais: por serem básicas, as bentonitas são adequadas para serem utilizadas em condições de repositório, pois restringem a solubilização dos radionuclídeos caso haja penetração de água.

Tabela 4. Resultados dos testes

Argila	Bentonita Brasgel FF	Bentonita Cálcica Dolomil	Bentonita Sódica Dolomil	Argila Cinza Inducal	Argila Marrom Inducal	Bentonita Sódica UBM
Fornecedor	Bentonit União Nordeste Ind. e Com. Ltda.	Dolomil Industrial Ltda.	Dolomil Industrial Ltda.	Inducal - Indústria de Calcários Caçapava	Inducal - Indústria de Calcários Caçapava	União Brasileira de Mineração
Código	(BNT-E0009/06)	(DOL-E0001/06)	(DOL-E0002/06)	(IND-E0002/06)	(IND-E0001/06)	(UBM-E0001/98)
Cor	Marrom-clara	Bege-clara	Cinza-escura	Cinza-escura	Marrom-clara	Bege
Granulometria (μm)	100% < 212 / 55% < 38	95% < 297 / 5% < 38	91% < 212 / 4% < 38	99% < 1680 / 23% < 38	99% < 1680 / 30% < 38	99% < 212 / 9% < 38
Mineral predominante	Bentonita (>40%)	Bentonita e Quartzo (>40%)	Bentonita e Quartzo (>40%)	Caulinita (>60%)	Caulinita (>60%)	Bentonita (>80%)
Umidade (% m/m)	12,0	11,5	14,6	2,1	11,2	*
Umidade ótima ($\pm 0,1\%$)	31,5	*	*	*	*	*
Densidade aparente seca máxima ($\pm 0,01 \text{ g/cm}^3$)	1,10	*	*	*	*	*
Teor de matéria orgânica ($\pm 0,1\%$)	2,2	*	*	*	*	*
Capacidade de troca catiônica (meq / 100 g de argila)	80	69	93	6	6	78
Superfície específica (m^2/g)	75,7	65,4	78,7	19,7	15,3	85,1
K_f (constante de Freundlich) - Cs	*	2,08E+05	9,71E+05	*	1,89E+05	*
K_f - Sr	*	2,58E+05	1,44E+06	*	6,95E+04	*
pH	10,4	8,8	10,4	5,1	5,1	10,2

*. Característica ainda não determinada.

7. CONCLUSÕES

Este projeto tem como objetivo elaborar um banco de dados com informações completas sobre argilas brasileiras, apresentando suas propriedades físicas e químicas, associadas a seus fornecedores. No futuro estes dados permitirão a seleção do melhor material para se utilizar em camadas de recheio no repositório brasileiro e, até mesmo, em outras diversas aplicações. Os resultados aqui apresentados são parciais, pois este projeto tem encontrado algumas dificuldades específicas, principalmente quanto aos fornecedores das argilas.

Primeiramente as informações sobre o material muitas vezes não são fornecidas e, quando isto é possível, elas são imprecisas ou mesmo incorretas. Além disto, a prática da mudança do nome comercial de um material por parte do fornecedor acrescenta um fator de insegurança, o que ocorre também quando o fornecedor atribui o nome usual a outro material, diferente do original. Fato mais grave ainda é a retirada do material do mercado. Existem fornecedores que trocam a razão social ou deixam este mercado sem nenhuma substituição, trazendo grande prejuízo para a pesquisa, pois é preciso interromper os experimentos por falta de material. Desta forma tem-se optado por trabalhar com fornecedores de grande porte, porém tem-se sempre um problema de escala na aquisição do material.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à FAPEMIG pela bolsa de estudos concedida, que possibilitou a minha manutenção no estudo e pesquisa destes materiais.

Agradeço à Carolina Braccini Freire por me conceder dados que ela tão arduamente obteve.

Agradeço à Clédola Cássia Oliveira de Tello pela grande ajuda, imensa paciência e todo o conhecimento a mim transmitido de forma tão humilde.

REFERÊNCIAS

1. C. C. O. Tello, *Uso de Materiais Naturais no Tratamento de Rejeitos*, CDTN, Belo Horizonte/Brasil (1980).
2. “Encyclopaedia Britannica: Clay mineral (rock)”, <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/120723/clay-mineral> (2009)
3. “Sumário Mineral Brasileiro 2008”, <http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=1165> (2009)
4. CDTN - *Análise granulométrica de minérios*, RT(CT5)CDTN-0338, CDTN, Belo Horizonte/Brasil (2001).
5. CDTN - *Determinação do teor de umidade em argilas*, RT(SEGRE)CDTN-0417, CDTN, Belo Horizonte/Brasil (2005).
6. ABNT - *Ensaio de compactação*, NBR 7182, ABNT, Rio de Janeiro/Brasil (1986).
7. CDTN - *Ensaio de permeabilidade em permeâmetro de carga variável*, RT(SEGRE)CDTN, CDTN, Belo Horizonte/Brasil (2007).
8. C. B. FREIRE, *Estudo de Sorção de Césio e Estrôncio em Argilas Nacionais para sua Utilização como Barreira em Repositórios de Rejeitos Radioativos*, CDTN, Belo Horizonte/Brasil (2007).