

# 21. Gipsita

Carlos Adolpho Magalhães Baltar<sup>1</sup>

Flavia de Freitas Bastos<sup>2</sup>

Adão Benvindo da Luz<sup>3</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

O mineral gipsita é um sulfato de cálcio di-hidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), que ocorre em diversas regiões do mundo e que apresenta um amplo e diversificado campo de utilizações. O grande interesse pela gipsita é atribuído a uma característica peculiar que consiste na facilidade de desidratação e rehidratação. A gipsita perde 3/4 da água de cristalização durante o processo de calcinação, convertendo-se a um sulfato hemidratado de cálcio ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ) que, quando misturado com água, pode ser moldado e trabalhado antes de endurecer e adquirir a consistência mecânica da forma estável reidratada.

A gipsita pode ser utilizada na forma natural ou calcinada. A forma natural é bastante usada na agricultura e na indústria de cimento. Enquanto a forma calcinada, conhecida como gesso, encontra várias utilizações na construção civil, como material ortopédico ou dental etc.

O gesso, inicialmente usado em obras de arte e decoração, é um dos mais antigos materiais utilizados pelo homem, conforme atestam algumas importantes descobertas arqueológicas (Peres *et al.*, 2001; Domínguez e Santos, 2001). O gesso foi encontrado em ruínas do IX milênio a.C. na Turquia; em ruínas do VI milênio a.C. em Jericó e na pirâmide de Keops (2.800 anos a.C.), entre outras descobertas. O alabastro (gipsita com hábito fibroso) foi utilizado pelas civilizações antigas para confecção de esculturas e outras obras de artes. A existência de jazimentos de gipsita no Chipre, Fenícia e Síria foi apontada pelo filósofo Teofratos, discípulo de Platão e Aristóteles, em seu “Tratado sobre a Pedra”, escrito entre os Séculos III e IV a.C. Na Europa, o uso do gesso na construção civil popularizou-se a partir do século XVIII, quando também passou a ser utilizado como corretivo de solos. O

---

<sup>1</sup> Eng. de Minas/UFPE, D.Sc. Engenharia Metalúrgica/COPPE-UFRJ, Professor do Depto de Engenharia de Minas/UFPE

<sup>2</sup> Eng. de Minas/UFPE, Indústria do Gesso-PE

<sup>3</sup> Eng. de Minas/UFPE, Dr. Engenharia Mineral/USP, Pesquisador Titular do CETEM

primeiro estudo científico dos fenômenos relacionados à preparação do gesso foi publicado por Lavoisier em 1768. A partir de 1885, o emprego do gesso na construção civil foi estimulado pela descoberta de processo para retardar o tempo de pega.

Atualmente, os maiores produtores mundiais de gipsita são: Estados Unidos da América (17%), Irã (10%), Canadá (8%), México (7%) e a Espanha (6,8%). O Brasil possui a maior reserva mundial, mas só representa 1,4% da produção mundial (Lyra Sobrinho et al, 2004).

O Estado de Pernambuco, que possui reservas abundantes de gipsita na região do Sertão do Araripe, envolvendo os Municípios de Araripina, Bodocó, Ipubi, Ouricuri e Trindade, é responsável por 95% da produção brasileira. As jazidas do Araripe são consideradas as de minério de melhor qualidade no mundo e apresentam excelentes condições de mineração (relação estéril/minério e geomorfologia da jazida).

De acordo com informações do Sindusgesso (Sindicato das Indústrias de Extração e Beneficiamento de Gipsita, Calcários, Derivados de Gesso e de Minerais Não-Metálicos do Estado de Pernambuco), o Pólo Gesseiro de Pernambuco é formado por 18 minas em atividade, 69 unidades industriais de calcinação e 250 indústrias de pré-moldado, proporcionando cerca de 12 mil empregos diretos e cerca de 60 mil indiretos (Luz *et al.*, 2001). A produção do Pólo Gesseiro, em 2001, foi de 1,8 milhões de t/a, sendo que cerca de 1,3 milhões para a fabricação de gesso e cerca de 500 mil toneladas usadas na fabricação de cimento (Luz *et al.*, 2001).

Apesar de ter crescido nos últimos anos, o consumo *per capita* de gesso no Brasil é bastante baixo se comparado com o que ocorre em outros países da América do Sul (Tabela 1), sendo esse um indicador importante do potencial de crescimento de consumo no país, nos próximos anos.

**Tabela 1: Consumo per capita de gesso em alguns países da América do Sul.**

País	Consumo anual (kg/hab)
Chile	41
Argentina	21
Brasil	9,3

Fonte: Sindusgesso (2001).

## 2. MINERALOGIA E GEOLOGIA

### 2.1. Mineralogia

Os minerais de sulfato de cálcio podem ocorrer na natureza nas formas di-hidratada (gipsita:  $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ), desidratada (anidrita:  $\text{CaSO}_4$ ) e, raramente, semi-hidratada (bassanita:  $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ ). Esta é de difícil identificação e representa apenas cerca de 1% dos depósitos minerais de sulfato de cálcio (Jorgensen, 1994). A gipsita cristaliza no sistema monoclinico e pode se apresentar sob formas variadas:

- Espato Acetinado: variedade com aspecto fibroso e brilho sedoso;
- Alabastro: variedade maciça, microgranular e transparente, usada em esculturas;
- Selenita: cristais com clivagens largas, incolores e transparentes.

A composição química teórica da gipsita é apresentada na Tabela 2. A Tabela 3 mostra as principais características físicas do mineral.

**Tabela 2: Composição química teórica do mineral gipsita.**

Composto	Composição (%)
CaO	32,5
SO <sub>3</sub>	46,6
H <sub>2</sub> O	20,9

**Tabela 3: Propriedades físicas do mineral gipsita (Dana, 1976).**

Propriedade física	Característica
Cor	Variável, podendo ser incolor, branca, cinza e outras (dependendo das impurezas)
Brilho	Vítreo, nacarado ou sedoso
Dureza (Escala de Mohs)	2
Densidade	2,3
Hábito	Prismático
Clivagem	Em quatro direções
Morfologia e tamanho dos cristais	Varia de acordo com as condições e ambientes de formação

Nas jazidas do Araripe, em Pernambuco, ocorrem cinco variedades mineralógicas de gipsita, conhecidas na região com os nomes de: cocadinha (Figura 1), rapadura, Johnson, estrelinha, alabastro e selenita, além da anidrita. A utilização de cada uma dessas variedades depende do produto que se deseja obter (Baltar *et al.*, 2004b).



**Figura 1: Variedade de gipsita, utilizada para a produção de gesso  $\beta$ , conhecida no Araripe como cocadinha.**

## 2.2. Geologia

Os minerais gipsita e anidrita ocorrem em várias regiões do mundo, sendo encontrados em depósitos de origem evaporítica, cuja formação resulta da precipitação de sulfato de cálcio a partir de soluções aquosas concentradas e condições físicas favoráveis. A evaporação e, conseqüente, concentração do sal é favorecida em ambiente quente e seco (Velho, *et al.* 1998). Os depósitos de gipsita costumam apresentar, além da anidrita, contaminantes como: argilas, quartzo, carbonatos de cálcio e magnésio, cloretos e outros sulfatos (Jorgensen, 1994). Em geral, a produção é obtida a partir de minério com 80 a 95% de pureza.

As jazidas costumam apresentar camadas intercaladas de argilas, carbonatos, sílex e minerais evaporíticos tais como, halita e anidrita (Calvo, 2002). Em Pernambuco, as jazidas estão inseridas em domínios da Formação Santana, do Cretáceo Inferior, formada por siltitos, margas, calcários, folhelhos e intercalações de gipsita (Luz *et al.*, 2001). Devido à instabilidade da gipsita e da anidrita, as

espécies inicialmente formadas podem sofrer transformações em sua composição e textura quando submetidas a diferentes condições de pressão e temperatura. A gipsita acumulada na superfície terrestre pode desidratar a determinada profundidade e transformar-se em anidrita. Por sua vez, a ocorrência de fenômenos geológicos, como movimento tectônico ou erosão, pode levar o depósito de anidrita a situar-se mais próximo à superfície, onde pode experimentar uma re-hidratação em contato com águas meteóricas e voltar à forma de gipsita, denominada secundária, com formas cristalinas distintas da anidrita e da gipsita original (Calvo, 2002).

A gipsita também pode ser encontrada em regiões vulcânicas, especialmente, onde o calcário sofreu ação dos vapores de enxofre. Nesse tipo de ocorrência, a gipsita aparece como mineral de ganga, nos veios metálicos, podendo estar associado a diversos minerais, sendo os mais comuns a halita, anidrita, dolomita, calcita, enxofre, pirita e o quartzo.

### 3. LAVRA E PROCESSAMENTO

#### 3.1. Lavra

A gipsita é obtida a partir de lavra subterrânea ou a céu aberto, utilizando métodos e equipamentos convencionais. Um detalhe importante que deve ser considerado é que a gipsita absorve parte da força do explosivo dificultando o desmonte. Devido a isso, na perfuração, os furos costumam ser programados com diâmetros entre 50 -100 mm e com pequeno espaçamento a fim de possibilitar uma distribuição mais densa dos explosivos. É comum o uso de explosivos à base de nitrato de amônia e óleo combustível na proporção de 1 kg/t de material desmontado (Jorgensen, 1994).

No caso das empresas que utilizam a lavra subterrânea, o método empregado é o de câmaras e pilares. Este método é empregado em diversos países, sendo freqüente nos EUA, onde 20% das reservas de gipsita são lavradas por este método.

No Brasil, o método de lavra empregado é a céu aberto, através de bancadas simples (Figura 2). Esse tipo de extração é recomendado para minerar corpos com dimensões horizontais que permitam altas taxas de produção e baixos custos unitários de produção. O acesso à cava geralmente é feito através de uma rampa única. Na lavra da gipsita são empregados equipamentos como: rompedores hidráulicos, martelotes hidráulicos, *vagon drill*, tratores de esteira e pás mecânicas (Peres *et al.*, 2001).



**Figura 2: Frente de lavra de gipsita da Mineração Campo Belo em Araripina-PE.**

Na Mineradora São Jorge, em Ouricuri-PE, as bancadas são desenvolvidas com cerca de 20 m de altura e talude de inclinação de 15°. O trabalho é mecanizado e a recuperação na lavra é de 90%. A relação estéril/minério é de 1:2. A espessura média do capeamento é de 13 m (Luz *et al.*, 2001). O desmonte é feito por explosivo. O carregamento de explosivos segue um “plano de fogo” que determina um afastamento de 2,2 m e um espaçamento de 5 m. As cargas de coluna e de fundo, por furo, são de 78 kg e de 5 kg, respectivamente.

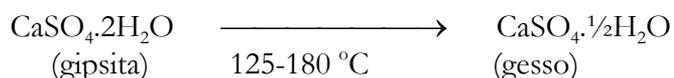
### **3.2. Processamento**

O beneficiamento da gipsita, em geral, resume-se a uma seleção manual, seguida de britagem, moagem e peneiramento. É comum o uso de britadores de mandíbula e moinhos de martelo. Em alguns casos, a britagem é realizada em dois estágios, em circuito fechado com peneiras vibratórias a seco. O produto resultante das operações de cominuição deve apresentar uma distribuição granulométrica uniforme, a fim de evitar uma desidratação desigual para as partículas de gipsita.

A gipsita moída pode passar por uma secagem em secadores rotatórios, a uma temperatura de, no máximo 49 °C, com o objetivo de remover o excesso de umidade e facilitar o manuseio da gipsita (Velho *et al.*, 1998).

Para produção de gesso, quando há necessidade de um produto final de melhor qualidade, é possível remover minerais de ganga, descartando-se a fração granulométrica com maior concentração de contaminantes, em geral, as argilas ou areia. Em alguns casos, usa-se uma operação de lavagem. A separação em meio denso é utilizada, para purificar a gipsita, em instalações de beneficiamento existentes no Canadá e Estados Unidos (Kebel, 1994). O emprego de processos com custos elevados como flotação, por exemplo, torna-se inviável devido à concorrência de jazidas com elevado grau de pureza.

A gipsita tem a propriedade de perder e recuperar a água de cristalização. No processo de calcinação, a uma temperatura entre 125 °C e 180 °C, a gipsita perde parte da água de cristalização e assume a forma de hemidrato (gesso).



A desidratação total da gipsita ocorre em temperaturas acima de 180 °C e resulta nas diferentes formas de anidrita ( $\text{CaSO}_4$ ) (Calvo, 2003):

- Entre 180 e 250 °C forma-se a anidrita III, também conhecida como anidrita ativa, um produto solúvel, instável e ávido por água, que pode absorver umidade atmosférica e passar à forma de hemidrato. Essa propriedade torna a anidrita III um produto com características apropriadas para uso como acelerador de tempo de presa (tempo de pega);
- Na faixa de temperatura entre 300 e 700 °C obtém-se a anidrita II, um produto totalmente desidratado, insolúvel, com natureza mineralógica semelhante à anidrita natural;
- Entre as temperaturas de 700 e 900 °C forma-se um produto inerte, sem aplicação industrial;
- A partir dos 900 °C ocorre a dissociação do sulfato de cálcio com formação do CaO livre.

O processo de calcinação pode ser realizado em diferentes tipos de fornos, os quais devem assegurar uma distribuição e desidratação regular do material. A calcinação pode ser obtida por via seca ou por via úmida. O processo pode ser direto (quando os gases de combustão entram em contato com a gipsita) ou indireto (em fornos tubulares dotados de cilindros concêntricos, onde os gases quentes circulam no cilindro interno e o minério no cilindro externo). O funcionamento pode ser intermitente (batelada) ou contínuo.

A calcinação da gipsita pode ocorrer em fornos sob pressão atmosférica ou em autoclaves, obtendo-se os tipos conhecidos como gesso  $\beta$  e gesso  $\alpha$ , respectivamente, ambos com uma ampla variedade de aplicações industriais. O preço de hemidrato  $\alpha$  é cerca de 6 vezes maior do que o do hemidrato beta (Regueiro e Lombardero, 1997).

O processo para produção de gesso  $\beta$  consiste, essencialmente, nas etapas de catação manual, britagem, moagem e calcinação em fornos sob pressão atmosférica. Esses fornos operam a uma temperatura entre 125 e 160 °C. Nessas condições, a água de cristalização é liberada, rapidamente, formando cristais mal formados e porosos, resultando em um produto que se caracteriza pela forma irregular e natureza esponjosa dos seus cristais. Dentre os tipos de gesso  $\beta$ , destacam-se os de fundição (tipo A) e os de revestimento manual (tipo B), sendo ambos produzidos no Brasil sem a adição de aditivos químicos (Baltar *et al.* 2004a). Os produtos dos tipos A e B são diferenciados pelo tempo de pega, definido como o tempo necessário para que o gesso (ao ser misturado com a água) complete seu ciclo de endurecimento. O tempo de pega que se deseja para o produto é controlado através do processo de calcinação.

No pólo gesseiro de Pernambuco são encontrados cerca de 400 fornos em atividades, com predominância de fornos dos tipos panela, marmitta vertical, marmitta horizontal e o rotativo de queima indireta (Figura 3). Em geral, os fornos são fabricados na própria região (Bastos e Baltar, 2003).



**Figura 3: Forno do tipo rotativo horizontal de queima indireta utilizado no pólo gesseiro do Araripe.**

Na empresa INGESEL, o minério passa, ainda na mina, por um processo de catação manual onde a espécie conhecida como “boro” (gipsita misturada com argila) é separada das espécies conhecidas como cocadinha, rapadura e estrelinha (denominadas em conjunto como minério A). O “boro” é britado, e rebritado, antes de ser utilizado como “gesso” agrícola. O minério tipo A passa por um britador de mandíbula, por um moinho de martelos e, em seguida, é calcinado em forno rotativo, de queima indireta, para produção de gesso  $\beta$ .

Por sua vez, o gesso  $\alpha$  é obtido quando a calcinação é realizada em equipamentos fechados a uma pressão maior que a atmosférica (autoclave). Nessas condições, a modificação da estrutura cristalina do gesso resulta em um produto mais homogêneo e menos poroso (Phillips, 1986). Como consequência, após a mistura com água, obtém-se um produto mais duro, com maior resistência mecânica e menor consistência. A menor consistência possibilita a trabalhabilidade da mistura com uma menor relação água/gesso. O gesso  $\alpha$  é caracterizado por apresentar cristais compactos, regulares e resistentes. O hemidrato  $\alpha$ , sendo um produto de melhor qualidade, tem maior valor comercial e é utilizado em aplicações mais nobres do que o hemidrato  $\beta$ . O processo de calcinação em autoclave pode ser a seco (Mineradora São Jorge) ou a úmido (Supergesso).

Na Mineradora São Jorge, o minério é colocado em um pátio (Figura 4) onde passa por um processo de catação manual, com base no número de faces contaminadas. O material com mais de uma face contaminada (cerca de 1/3 da massa do minério) é utilizado na fabricação de cimento. Enquanto o material selecionado, com maior grau de pureza, é reduzido manualmente com o auxílio de marreta, a uma granulometria entre 7,5 e 20 cm. Depois passa por uma lavagem e segue para a etapa de calcinação a seco, em autoclave com 11 m<sup>3</sup> e capacidade para 5 toneladas de minério (Luz *et al.*, 2001). Após a calcinação, o minério é moído e ativado pela adição de produtos químicos em misturador.



**Figura 4: Pátio de catação manual da gipsita da Mineradora São Jorge em Ouriciri-PE.**

Por sua vez, na Supergesso adota-se o processo de calcinação a úmido. A gipsita é britada e moída antes da calcinação. Uma polpa com 45% de gipsita e 55% de água é formada e aquecida em tanque de preparação a 75 °C, por um sistema de serpentinas de óleo. Em seguida, a polpa aquecida alimenta a autoclave, com temperatura que varia de 108 a 120 °C, onde é feita a adição de produtos químicos.

Nos processos a seco, em ambos os casos (produção de gesso  $\alpha$  ou gesso  $\beta$ ), depois da calcinação, o gesso é transferido para um silo de repouso, onde ocorre o resfriamento. A seguir, se houver necessidade, o produto é moído e misturado a aditivos, antes do ensacamento.

Os aditivos utilizados são perlita, vermiculita, areia ou calcário e/ou produtos químicos, que são usados em pequenas proporções para modificar propriedades específicas do produto. Os aditivos podem ter diferentes funções (Domínguez e Santos, 2001; Peres *et al.*, 2001):

- 1) modificador de tempo de pega (acelerador ou retardador): usados para adequar o tempo de pega (também conhecido como tempo de presa). Esses aditivos também costumam ter influência sobre outras propriedades do gesso, como a expansão de presa, ou seja, a expansão da massa durante a hidratação do hemidrato (Phillips, 1986). Como exemplos de aditivos comumente usados com essa finalidade, podem ser citados o sulfato de potássio (acelerador) e o bórax (retardador);
- 2) espessantes: usados para aumentar a consistência da pasta de gesso. O amido pode ser utilizado com essa finalidade;
- 3) retentores de água: usados com o objetivo de garantir uma recristalização homogênea e eficiente da pasta de gesso. Reagentes derivados de ésteres de celulose costumam ser utilizados com essa finalidade;
- 4) fluidificantes: usados para possibilitar a redução da quantidade de água durante o empastamento. A redução da relação água/gesso contribui para o aumento da resistência mecânica da peça obtida após o endurecimento da pasta. O carbonato de cálcio, adicionado em pequena quantidade, pode exercer essa função;
- 5) impermeabilizantes: são produtos que provocam a obstrução dos poros da massa de gesso proporcionando um certo grau de impermeabilidade à água;
- 6) umectantes: usados para evitar o surgimento de grumos indesejáveis, durante a preparação da pasta de gesso;
- 7) aerantes: usados em situações onde se deseja incorporar ar nas pastas de gesso;

- 8) reforçadores de aderência: aditivos à base de polímeros sintéticos solúveis em água são usados quando há necessidade de aumentar a aderência das pastas de gesso.

#### 4. USOS E FUNÇÕES

Devido às suas características peculiares, a gipsita, nas formas natural e calcinada, encontra aplicação em uma série de atividades industriais.

A forma natural da gipsita é amplamente utilizada na fabricação de cimento *portland* e na agricultura. Na indústria cimenteira, a gipsita é adicionada ao *clínquer* durante a moagem, na proporção de 2 a 5%, para retardar o tempo de pega do cimento. Na agricultura, a gipsita pode atuar como: (i) agente corretivo de solos ácidos, como fonte de cálcio; (ii) como fertilizante em culturas específicas como amendoim, batatas, legumes e algodão e (iii) como condicionador de solos, aumentando a permeabilidade, a aeração, a drenagem, a penetração e retenção da água (Velho *et al.*, 1998).

O campo de utilização do hemidrato (gesso) pode ser dividido em dois grandes grupos: o gesso para construção civil e o gesso industrial.

O gesso empregado na construção civil é obtido a partir de um minério com grau de pureza superior a 75% (Dominguez e Santos, 2001). A calcinação produz um hemidrato  $\beta$  que, dependendo do processo, pode ser do tipo A (gesso de fundição) ou do tipo B (gesso de revestimento). A partir desses tipos de gesso são obtidos diferentes produtos:

- (1) gesso de fundição utilizado para a confecção de pré-moldados (fabricados simplesmente com gesso ou como placas de gesso acartonado);
- (2) placas para rebaixamento de tetos, com produção artesanal (Figura 5) ou em plantas modernas com máquinas automáticas com sistemas de alimentação de pasta;
- (3) blocos para paredes divisórias;
- (4) gesso para isolamento térmico e acústico (produto misturado com vermiculita ou perlita);
- (5) gesso para portas corta fogo;

- (6) gesso de revestimento de aplicação manual, utilizado para paredes e tetos, geralmente em substituição de rebocos e/ou massas para acabamento;
- (7) gesso de projeção, para aplicação mecanizada de revestimento de parede;
- (8) gesso com pega retardada, para aplicação de revestimento manual;
- (9) gesso cola, para rejunte de pré-moldados em gesso;



**Figura 5: Fábrica de placas com produção artesanal no pólo gesso de Araripe.**

O gesso industrial é um produto de maior pureza e valor agregado, podendo ser obtido a partir dos hemidratos  $\alpha$  ou  $\beta$ , dependendo da aplicação (Regueiro e Lombardero, 1997):

- (1) Cerâmica: A pasta obtida a partir da rehidratação do hemidrato  $\alpha$  (ou mistura de hemidratos  $\alpha$  e  $\beta$ ) tem importante uso na produção de moldes e matrizes para enchimento com barbotinas na produção de porcelana, cerâmica sanitária, grés etc. Na preparação dos moldes costuma-se formar uma mistura com 78 a 90 partes de água para 100 partes de gesso;
- (2) Indústria do Vidro: O gesso é utilizado como fonte de cálcio e de enxofre em substituição ao sulfato de sódio;

- (3) Carga Mineral: O gesso tem sido utilizado como carga de alta qualidade ou diluente na fabricação de papel, plásticos, adesivos, tintas, madeira, têxteis e alimentos entre outros materiais. Algumas das características do gesso são importantes para esse uso como: inércia química; pouca abrasividade; baixo preço; baixo peso específico; alto índice de refração; absorção de óleo adequada; elevado grau de brancura; poder opacificante; baixa demanda de ligantes e compatibilidade com pigmentos e outras cargas minerais (Rivero, 1997). Em geral, o gesso carga é produzido a partir do hemidrato do tipo  $\beta$ . No caso do uso na indústria do papel, o gesso confere ao papel uma estrutura aberta e porosa, o que resulta em elevada absorção de tinta e rápida secagem. O uso da gipsita como carga mineral, em outros países, representa um importante mercado consumidor para o produto beneficiado (Jorgensen, 1994; Keibel, 1994);
- (4) Indústria Farmacêutica: O gesso possui características favoráveis ao uso farmacêutico, como facilidade de compressão e desagregação. Por isso, é utilizado como diluente em pastilhas prensadas e cápsulas ou na preparação de moldes (Velho *et al.*, 1998). O gesso para uso farmacêutico tem elevado valor comercial, devendo atender às normas e especificações exigidas para produtos de alimentação e remédios (Fernández, 1997);
- (5) Decoração: Utilizado para confecção de elementos decorativos como estatuetas e imagens, sendo obtido a partir do gesso beta de fundição;
- (6) Escolar (giz): Utilizado em salas de aula e produzido a partir do gesso  $\beta$  de fundição, com o uso de aditivos;
- (7) Ortopédico: Obtido a partir do gesso  $\alpha$ , após a adição de produtos químicos;
- (8) Dental: Usados para confecção de moldes e modelos. Pode ser dos tipos III e IV. Ambos obtidos a partir do gesso  $\alpha$ , após a adição de produtos químicos. O gesso dental do tipo IV constitui-se no produto mais nobre do gesso, apresentando elevada resistência mecânica, excelente trabalhabilidade, baixa consistência e menor expansão;
- (9) Bandagens de alta resistência: Produto obtido a partir do gesso alfa;
- (10) Outros Usos: Indústria automobilística, fabricação de fósforos, fabricação de cerveja, indústria eletrônica etc.

A obtenção de cada uma dessas variedades de produto requer condições específicas com relação ao tipo de gipsita, tipo de forno, condições de calcinação e tratamento posterior.

No pólo gesseiro da região do Araripe, o gesso de fundição (tipo A) e de revestimento (tipo B) são produzidos sem a adição de produtos químicos. A partir do gesso  $\beta$  dos tipos A e B, considerados gessos básicos, são produzidos outros tipos de gessos para aplicações específicas: gesso cola; gesso projetado; gesso com pega retardada; gesso cerâmico; argamassa auto nivelante; giz. Além dos gessos cerâmico, ortopédico e dental, obtidos a partir do gesso  $\alpha$  (Baltar *et al.*, 2004a). Em cada caso, o processo envolve o uso de aditivos (agregados, produtos químicos, corantes etc.).

No Brasil, 34% da gipsita produzida, em 2003 (Lyra Sobrinho *et al.*, 2004), foram consumidas *in natura* pela indústria cimenteira, enquanto 61% foram utilizadas nas calcinadoras para a produção de gesso e 5% para gesso agrícola. A Tabela 4 mostra as aplicações do total do gesso produzido em 2001 (Luz *et al.*, 2001).

**Tabela 4: Principais usos comerciais do gesso no Brasil.**

Usos	Consumo (%)
Pré-moldado	61
Revestimento	35
Moldes cerâmicos	3
Outros usos	1

Fonte: Sindusgesso (2001)

## 5. ESPECIFICAÇÕES

### 5.1. Gesso para construção civil

A utilização do gesso na construção civil é regulada pela norma NBR – 13207: Gesso para Construção Civil, de outubro de 2004. Para a aplicação dessa norma é necessário consultar:

- NBR 12127 – Gesso para construção – Determinação das propriedades físicas do pó – Método de ensaio.

- NBR 12128 – Gesso para construção - Determinação das propriedades físicas da pasta – Método de Ensaio.
- NBR 12129 – Gesso para construção - Determinação das propriedades físicas da pasta – Método de Ensaio.
- NBR 12130 – Gesso para construção - Determinação de água livre e de cristalização e teores de óxido de cálcio e anidrido sulfúrico – Método de ensaio.

A norma define gesso para construção como: “Material moído em forma de pó, obtido da calcinação da gipsita, constituído predominantemente de sulfato de cálcio, podendo conter aditivos controladores de tempo de pega”. A Tabela 5 apresenta as exigências da NBR – 13207, com relação às propriedades químicas do gesso para uso em construção. As Tabelas 6 e 7 apresentam as especificações relacionadas às propriedades físicas e mecânicas.

**Tabela 5: Especificações químicas para uso de gesso na construção de acordo com a NBR-13207.**

Determinações	Limites (%)
Água livre	1,3 (máx.)
Água de cristalização	4,2 – 6,2
Óxido de cálcio (CaO)	39,0 (mín)
Anidrido sulfúrico (SO <sub>3</sub> )	53,0 (mín)

**Tabela 6: Exigências com relação às propriedades físicas e mecânicas do gesso para uso em construção.**

Determinações físicas e mecânicas	Norma	Llimite
Resistência à compressão (MPa)	NBR-12129	> 8,40
Dureza (MN/m <sup>2</sup> )	NBR-12129	> 30
Massa Unitária (kg/m <sup>2</sup> )	NBR-12127	> 700

**Tabela 7: Exigências com relação às propriedades granulométricas do gesso para uso em construção.**

Classificação do gesso	Tempo de pega (min) (NBR – 12129)		Módulo de finura (NBR – 12127)
	início	fim	
Gesso fino para revestimento	> 10	> 45	< 1,10
Gesso grosso para revestimento	> 10	> 45	> 1,10
Gesso fino para fundição	4-10	20-45	< 1,10
Gesso grosso para fundição	4-10	20-45	> 1,10

O gesso cola utilizado na construção civil é definido pela ABNT como um gesso “destinado à colagem entre si de elementos pré-moldados de gesso na execução de fechamentos (paredes e tetos), construído essencialmente de gesso e pequenas quantidades de aditivos (retentores de água, reguladores de pega, agentes de consistência, entre outros), podendo conter também cargas inativas”. As Tabelas 8, 9 e 10, a seguir, apresentam as especificações para o gesso cola.

**Tabela 8: Especificações de granulometria para o gesso cola.**

Peneira ABNT (nº)	Abertura (mm)	Material passante (%)
40	0,42	100
80	0,18	> 95

**Tabela 9: Especificações químicas para uso de gesso cola na construção civil.**

Composto	Limites (%)
Anidrido Sulfúrico (em SO <sub>3</sub> )	> 50
Óxido de Cálcio (em CaO)	> 35

**Tabela 10: Especificações com relação às propriedades físicas e mecânicas da pasta do gesso cola para uso em construção civil de acordo com a NBR 12128.**

Determinações		Limites
Tempo de Pega (min)	início	> 60
	fim	> 80
Consistência (mm)	30 – 36	
Retenção de água (%)	> 90	
Resistência à tração no arrancamento (MPa)	> 0,3	

### 5.2. Gipsita para agricultura

A Tabela 11 mostra as especificações pelo Ministério da Agricultura, para uso agrícola da gipsita.

**Tabela 11: Especificações para o uso agrícola da gipsita, de acordo com o Ministério da Agricultura.**

Determinações	Limites
Passante em peneira de 10 malhas	95% (mín.)
Passante em peneira de 50 malhas	50% (mín.)
Teor de cálcio	16% (mín.)
Teor de enxofre	13% (mín.)

### 5.3. Gessos especiais

Atualmente, no Brasil, ainda não há normas oficiais para os usos especiais do gesso. As Tabelas 12 a 14 apresentam exigências internacionais para o uso de gesso dental, farmacêutico e carga mineral na fabricação de papel, plásticos, adesivos e outros.

**Tabela 12: Especificações exigidas para o gesso dental (Rivero, 1997).**

<b>Propriedade</b>	<b>Limite</b>
Pureza	100%
Expansão de presa	< 0,3%
Resistência à compressão	> 20,5 MN/m <sup>2</sup>
Tempo de pega	2 – 20 minutos (*)
Granulometria	> 600 µm, 0,25% (máx.)

(\*) depende da utilização

O gesso dental deve ainda resistir ao teste da água fervente, por 1 hora, sem deixar gretas ou fissuras e não pode causar reações tóxicas sobre os usuários.

**Tabela 13: Especificações exigidas para o gesso utilizado para fins farmacêuticos (Rivero, 1997).**

<b>Propriedade</b>	<b>Exigência</b>
Pureza	99% (mín.)
Cor (alvura ISO)	89% (mín.)
Granulometria (µm)	> 150: 2,5% (máx.) 150 a 75: 10-25% < 75: 72,5-90%
Composição química	As: < 3 ppm Se: < 30 ppm F: < 30 ppm Fe: < 100 ppm Pb: < 10 ppm metais pesados: < 10 ppm

**Tabela 14: Especificações exigidas para o gesso utilizado como carga mineral em diversas aplicações industriais (Rivero, 1997).**

Propriedade	Exigência
Pureza	98,7% (mín.)
Alvura (ISO)	> 91%
Índice de refração	1,54
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2,6
Abrasividade (mg)	10 a 14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	0,06 (máx.)
SiO <sub>2</sub> (%)	0,14 (máx.)
Granulometria (µm)	> 53 (1% max.)

## 6. MINERAIS E MATERIAIS ALTERNATIVOS

O consumo de gipsita para fabricação de cimento é restrito à região nordeste, exceto no caso da produção de cimentos especiais. Isso se deve ao elevado custo do frete motivado pela grande distância que separa o pólo gessoso do Araripe das fábricas de cimento de outras regiões do país.

Nas fábricas de cimento das regiões sul e sudeste, a gipsita natural é substituída pelo fosfogesso, um subproduto obtido nos processos de produção de ácido fosfórico, nas indústrias de fertilizantes fosfatados. Algumas empresas da região sudeste utilizam o sulfato de sódio proveniente das salmouras obtidas em salinas (Lyra Sobrinho *et al.*, 2004).

No uso agrícola, a gipsita (CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O) pode ser substituída pelo calcário (CaCO<sub>3</sub>), nas camadas superficiais (até 20 cm) do solo. Nas camadas mais profundas (20 a 40 cm) é necessário o uso da gipsita, devido à sua maior solubilidade se comparada ao calcário.

Por sua vez, o uso da gipsita/gesso como carga mineral em papel, plásticos, adesivos, tintas e outras aplicações industriais têm a concorrência do caulim e do carbonato de cálcio, entre outros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALTAR, C.A.M.; BASTOS, F. de F e LUZ, A. B.(2004). Diagnóstico do pólo gesseiro de Pernambuco (Brasil) com ênfase na produção de gipsita para fabricação de cimento. In.: IV Jornadas IBEROAMERICANAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, Anais. Tegucigalpa, Honduras.
- BALTAR, C.A.M.; BASTOS, F.F. e BORGES, L.E.P.(2004). Variedades mineralógicas e processos utilizados na produção dos diferentes tipos de gesso. In.: Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, Anais. Florianópolis.
- BASTOS, F. F. e BALTAR, C.A.M.(2003). Avaliação dos processos de calcinação para produção de gesso Beta. In XLIII Congresso Brasileiro de Química, Anais. Ouro Preto-MG, p. 329.
- CALVO, J.P.(2003). Yeso.. Curso Internacional de Técnico Especialista em Rocas y Minerales Industriales. Ilustre Colégio Oficial de Geólogos, Madrid, 16p..
- DANA – HURLBUT (1976). Manual de Mineralogia. Editora da Universidade de São Paulo.
- DOMÍNGUEZ, L.V. e SANTOS, A.G (2001). Manual del Yeso. Madrid: Asociación Técnica y Empresarial del Yeso (ATEDY), 267 p.
- FERNÁNDEZ, L.R. (1997). Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. 36, 6, p. 591-598.
- JORGENSEN, D.B. (1994). Gypsum and Anhydrite. In.: Industrial Minerals and Rocks, 6ª Edição. Carr, D.D. (Editor). Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, 571-581.
- KEBEL, H.L. (1994). Gypsum Plasters and Wallboards. In: Industrial Minerals and Rocks. 6ª Edição. Carr, D.D. (Editor). Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, 325-336.
- LIRA Sobrinho, A.C.P.; AMARAL, A.J.R. e DANTAS, J.O.C.(2004). Gipsita. Sumário Mineral DNPMP, p. 80-81.

- LUZ, A.B.; BALTAR, C.A.M.; FREITAS, E.J.G. e SILVA, A.P. (2001). Mineração São Jorge. In: Usinas de Beneficiamento de Minérios do Brasil. Sampaio, J.A.; Luz, A.B. e Lins, F.A.F. (Editores). 241-249 (2001).
- PERES, L.; BENACHOUR, M. e SANTOS, W.A. dos (2001). O Gesso: Produção e Utilização na Construção Civil. Edições Bagaço. Recife, 156p.
- PHILIPS, R.W. (1996). Materiais Dentários de Skinner. Editora Guanabara, 8ª edição. Capítulo 4. p. 45-56.
- REGUEIRO, M. y G-B e LOMBARDER, M.B (1997). Innovaciones y avances en el sector de las rocas y minerales industriales. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de Espanha, Madrid. p. 67-68.
- RIVERO, L.F.(1997). Fabricación de productos de base yeso y sus aplicaciones industriales. Boletim de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. 36 (6) 591-598.
- VELHO, J.; GOMES C. e ROMARIZ, C.(1998). Minerais Industriais. Universidade de Aveiro, 591p.