

# REAPROVEITAMENTO DO REJEITO DE GESSO GERADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: PRODUÇÃO DE ANIDRITA E ARGAMASSA TERMO-ACÚSTICA UTILIZANDO GESSO E VERMICULITA EXPANDIDA<sup>1</sup>

*Belarmino Barbosa Lira<sup>2</sup>  
José Diego Formiga Dantas<sup>3</sup>  
Lennon Araújo Diniz<sup>3</sup>  
Robson Arruda<sup>3</sup>*

## Resumo

Este trabalho faz parte de uma pesquisa, em andamento, na Universidade Federal da Paraíba/UFPB. O foco principal do projeto é o reaproveitamento dos resíduos gerados pela construção civil, mineração e indústrias cerâmicas local. Visando minimizar os impactos ambientais, estamos desenvolvendo uma argamassa que apresente propriedades térmica e acústica, sendo esta adequada para construção civil. Foi usado na argamassa vermiculita, rejeito de gesso e resíduos da mineração do caulim e pó cerâmico. Da literatura analisada, procuramos o que se conhece sobre os processos de reaproveitamento dos materiais na construção civil, com o fim de desenvolver novas aplicações desses materiais, rejeitos das indústrias, diminuindo os impactos que esses podem causar ao meio ambiente. Os ensaios e testes, foram realizados no Laboratório de Ensaio de Materiais e Estruturas/LABEME-UFPB. O projeto foi dividido em etapas, dentre estas temos o desenvolvimento, ajuste e instalação de um forno de chama indireta em escala laboratorial para produção de vermiculita expandida e a anidrita a partir do rejeito de gesso gerado pela construção civil, e por fim a confecção da argamassa termo-acústica. Das etapas acima citadas, foi concluído com êxito o desenvolvimento de um forno de chama indireta, a produção da anidrita e a expansão da vermiculita utilizando o forno em referência.

**Palavras-chave:** Reaproveitamento; Rejeitos; Argamassa termo-acústica; Vermiculita.

## REUTILIZATION OF GYPSUM RESIDUES GENERATED IN CIVIL CONSTRUCTION : PRODUCTION OF ANHYDRITE AND TERM-ACOUSTIC MORTAR USING GYPSUM AND EXPANDED VERMICULITE

### Abstract

This work takes part of the research in progress at the University Federal of Paraíba - UFPB. The aim of present study is recycling of residues generated by civil construction, mining and ceramics industries. In order to minimize environmental impacts we are developing mortar using gypsum rejects and residues of kaolin mine, ceramics and vermiculite powder, to obtain mortar with thermal and acoustics properties, adequate for civil construction. On the base of bibliographic research we found out the present state of knowledge on the reutilization processes of materials that are used in civil construction in order to develop new application of these materials and industry residues to be less harmful for the environment. The analysis and tests were done at the Laboratory of Testing of Materials & Structures LABEME -UFPB. The project was divided in stages such as development, adjustment and installation of furnace of flame indirect in laboratory scale for the production of expanded vermiculite and anhydrite from residues gypsum of civil construction, and finely development of term-acoustic mortar. The production of anhydrite and expansion of vermiculite was done using the indirect flame furnace.

**Key words:** Reutilization; Tailings; Term-acoustic mortar; Vermiculite.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 64º Congresso Anual da ABM, 13 a 17 de julho de 2009, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

<sup>2</sup> *PhD em Processamento mineral e metalurgia pela Universidade de Tohoku/Japão. Professor do Departamento de Engenharia civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba/UFPB.*

<sup>3</sup> *Bacharelado em Engenharia civil pela UFPB. PIBIC/CNPq.*

# 1 INTRODUÇÃO

A construção civil está entre os principais complexos produtivos que mais consomem Minerais Industriais.<sup>(1)</sup> Segundo Mariano,<sup>(2)</sup> esta também é líder em geração de resíduos, e isto pode ser observado desde a produção de insumos, que caracteriza a geração anterior a própria etapa construtiva.

Tomando como referência a tecnologia empregada pela construção civil no Brasil, esta, aplicada normalmente, acaba favorecendo o desperdício na execução das suas obras. Fazendo uma comparação entre a quantidade de resíduos proveniente de novas edificações, em países desenvolvidos e no Brasil, temos que o Brasil gera em torno do triplo do montante de resíduos gerados nos países desenvolvidos, 300 kg/m<sup>2</sup> edificado.<sup>(3)</sup>

Pesquisas estimam que o lixo resultante da construção, manutenção e demolição de casas e edifícios, representam cerca de 40% a 60% do resíduo sólido urbano das grandes cidades,<sup>(4)</sup> dentre estes resíduos sólidos podemos destacar o gesso, que ocupa um grande volume. Seguindo a relação direta entre a quantidade de rejeito e o impacto ambiental por ele causado, temos aí um agrave à natureza.

A resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente/Conama,<sup>(5)</sup> de 5 de Julho de 2002, estabelece a obrigatoriedade da execução de um projeto que gerencie os resíduos sólidos provenientes de todos os projetos de obras submetidos à aprovação nos dos órgãos competentes por parte do seu responsável, esta resolução entrou em vigor em 2 de janeiro de 2003, como está estabelecido no seu Art. 14. A mesma faz algumas classificações acerca dos resíduos oriundos da construção civil, sendo o gesso classificado na Classe C, que segundo a resolução:

*São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso e a indústria cerâmica.*

Em decorrência da grande demanda de reciclagem e recuperação dos resíduos, salientando o gesso gerado pela construção civil, resíduos cerâmicos a exemplo do porcelanato e o caulim na indústria de mineração. Para minimizar o impacto ambiental destes resíduos estão surgindo estudos para usá-los nas mais diferentes aplicações, como na própria construção civil, utilizando-o em argamassas, e em outras aplicações, como a indústria farmacêutica e cosmética, trazendo-os de volta ao processo produtivo.

Este trabalho apresenta algumas alternativas para a utilização dos resíduos sólidos de gesso, gerados pela construção civil, dos rejeitos da mineração de caulim e do pó cerâmico da indústria de porcelanatos. O principal objetivo deste estudo é a redução dos impactos ambientais provocados por esses resíduos, atentando para a sustentabilidade e manejo correto dos bens naturais.

Este projeto se reveste de uma importância, pois acreditamos que a reutilização de materiais dispensados por seus produtores podem trazer melhorias tanto na esfera ambiental, impedindo-os que sejam remanejados para aterros sanitários, de modo que venham a poluir áreas, gerando impactos ambientais, como no âmbito energético e financeiro, ao utilizarmos para a produção de uma argamassa termo-acústica com um menor valor econômico em relação as produzida com materiais convencionais.

Discorreremos ainda da produção de anidrita a partir do gesso, utilizando um forno de chama indireta em escala laboratorial, sendo este também usado para viabilizar a obtenção da vermiculita expandida, um dos materiais presentes na

argamassa com propriedade térmica e acústica, objeto principal da pesquisa. Trataremos também dos outros materiais utilizados para confecção da argamassa, e os procedimentos usados para obtenção da mesma.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa em apreço tem como meta a produção de uma argamassa com propriedades térmica e acústica, para tal, usamos como matéria-prima rejeitos das indústrias de mineração, construção civil e de porcelanatos, juntamente com a vermiculita expandida. A argamassa contém em seu traço gesso, caulim, pó cerâmico, vermiculita expandida, areia, cimento e água.

O pó cerâmico utilizado neste trabalho é oriundo de uma indústria local de porcelanato e os testes iniciais da consistência da massa com este pó cerâmico limitaram a sua máxima proporção na mesma. A Figura 1 indica os valores dos abatimentos, consistência, indicados pelo tronco de cone, das quatro misturas preparadas sem o pó cerâmico e nas proporções de 7%, 10% e 15%. Verificamos um decréscimo da consistência quando temos na massa uma proporção superior a 10% em peso. Desta forma limitamos a máxima quantidade de pó-cerâmico na massa termo-acústica em desenvolvimento no patamar máximo de 10%.

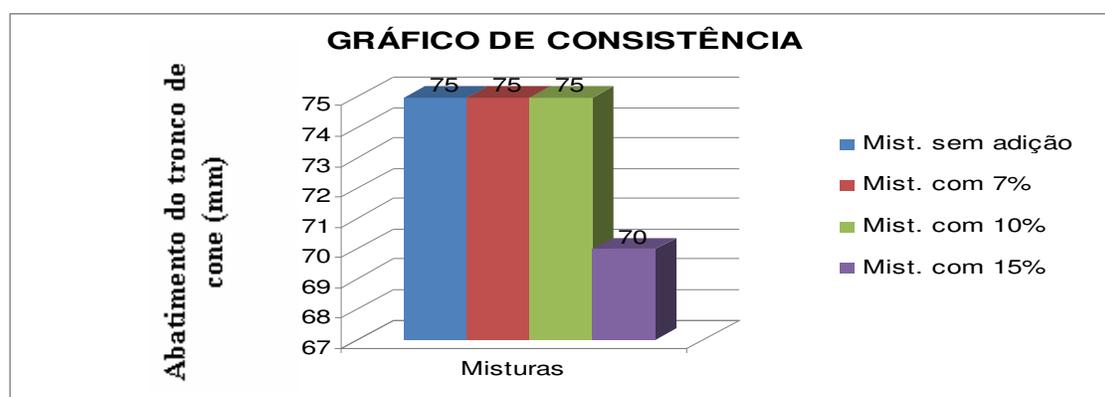


Figura 1. Consistências das quatro misturas preparadas.

As amostras de rejeito de caulim foram da mineradora Caulisa S.A localizada na província pegmatítica da Borborema, situada na cidade de Junco do Seridó do Estado da Paraíba e as amostras de resíduos de gesso são oriundos de obras da construção civil e indústrias de placas de gesso locais. A vermiculita utilizada é da Região de Santa Luzia/PB.

O agregado miúdo utilizado foi uma areia natural oriunda da Região do Caxitu. Desenvolvemos o ensaio granulométrico a fim de caracterizar o agregado, tendo este ficado dentro dos padrões estabelecidos. Foi utilizado na preparação da argamassa cimento portland CP IV – 32 (pozolânico) da marca ITA.

De cada traço definido abaixo moldamos três corpos de prova, a fim de determinar a resistência à tração na flexão e à compressão de acordo com a ABNT NBR 13279.<sup>(6)</sup>

**Quadro 1.** Composição dos traços para argamassa.

TRAÇOS	COMPONENTES ( % EM MASSA)					
	CIMENTO	GESSO	CAULIM	PÓ CERÂMICO	VERMICULITA	AREIA
T <sub>1</sub>	13,37	3,34	3,34	3,34	23,07	53,51
T <sub>2</sub>	12,53	9,4	3,13	3,13	21,63	50,15
T <sub>3</sub>	12,53	3,13	9,4	3,13	21,63	50,15
T <sub>4</sub>	12,53	3,13	3,13	9,4	21,63	50,15

Cada traço demandou uma medida específica de água, já que estes possuem diferentes quantidades de constituintes. Isto ocorre porque a argamassa procurada deve seguir padrões de consistência pré-estabelecidos pela ABNT e a variação da quantidade dos materiais implica na mudança deste parâmetro, correspondendo respectivamente aos traços 1,2,3 e 4, as seguintes quantidades de água: 0,95 L, 1,04 L, 0,91 L, 0,95 L.

Para os diferentes traços sugeridos realizamos o teste de consistência que ocorre na mesa de consistência.<sup>(7)</sup> Com o satisfatório resultado obtido moldamos os corpos de prova em formas prismáticas metálicas de 4 cm x 4 cm x 16 cm, para ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão. Após sete dias, realizamos os referidos ensaios mediante o uso de uma prensa hidráulica manual com capacidade de 20 T. Para obter o valor da resistência à compressão, segue-se a equação (1):<sup>(6)</sup>

$$(1) R = \frac{F}{1600},$$

Onde:

$R$  é a resistência à compressão, em megapascals;  $F$  é a carga máxima aplicada, em Newtons, valor fornecido pela prensa; 1600 é área da seção quadrada do dispositivo de carga, em milímetros quadrados;

## 2.1 Produção de Anidrita

Foram amostrados resíduos oriundos de obras da construção civil e indústrias de placas de gesso locais. O gesso obtido foi cominuído a uma granulometria inferior de 28 mesh, uma vez que, esta granulometria é adequada para confecção de placas de gesso. A pulverização do gesso foi realizada num moinho de bolas da marca Marconi MA-500 com uma carga de 1,9 kg de bolas de sílex para evitar a contaminação do material.

A amostra pulverizada foi submetida a ensaios de sinterização a temperaturas de 300°C, 400°C, 500°C e 600°C, sempre usando como padrão uma quantidade de 10g do gesso aquecidas durante um intervalo de tempo de 1 hora. Durante tal processo, observamos em escala laboratorial que a perda ao fogo de material orgânico foi de 18.9%, 19.25%, 19.85% e 20.03% respectivamente para as diferentes temperaturas. Foi utilizada uma mufla da marca Quilmis, seguindo-se a análise Termo Modulada (TMDSC) das amostras sintetizadas.

O difratograma de uma amostra de gesso utilizado na construção civil pode ser visto na Figura 2. Pode-se observar que sua mineralogia consiste predominantemente de sulfato de cálcio hemi-hidratados, dominado pela bassanita. Nota-se também a ausência do di-hidratado gipsita, o que demonstra que a temperatura de calcinação da amostra foi suficiente para a desidratação deste mineral. A presença de traços de anidrita pode ser um indicativo de que a

temperatura de queima possa ser ligeiramente superior àquela onde a bassanita é estável.

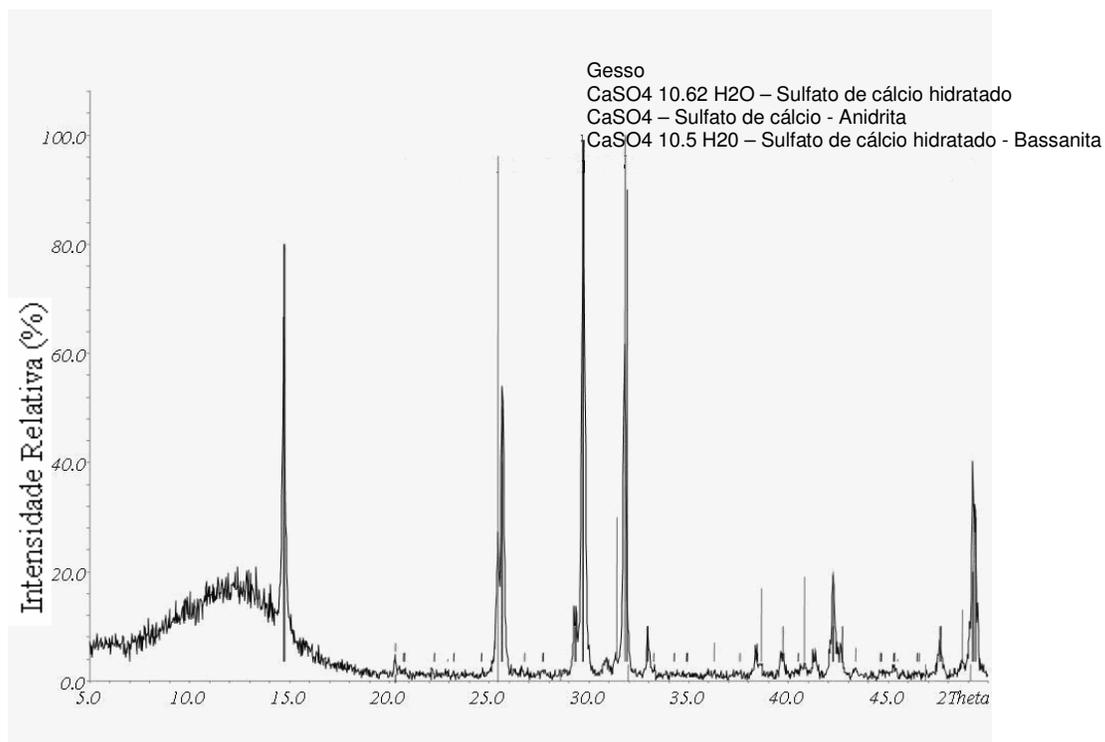


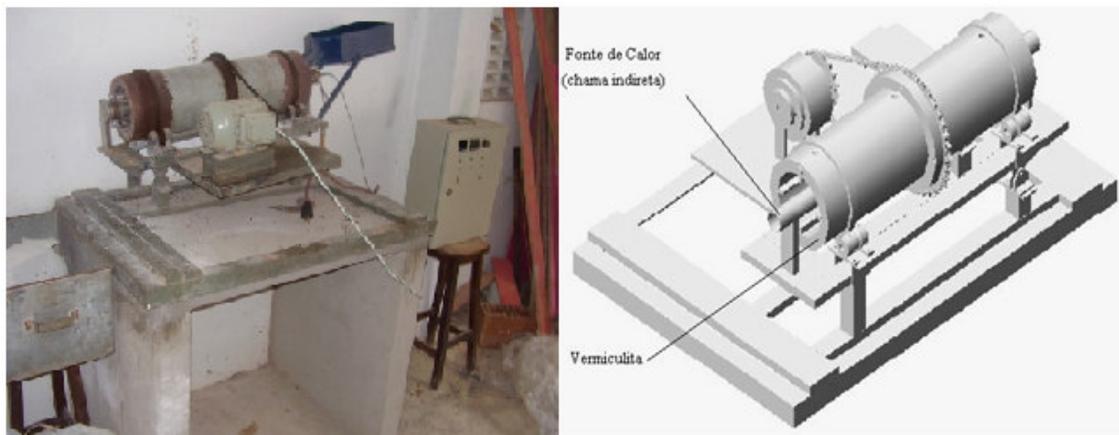
Figura 2. Difratograma de uma amostra de gesso.<sup>(8)</sup>

## 2.2 Expansão da Vermiculita através de um Forno de Chama Indireta

Diante das dificuldades técnicas de redução dos custos e da capacidade de produção em escala industrial, para produção de vermiculita expandida com fornos de chama direta, passou-se a trabalhar em um forno de chama indireta, temperatura controlável e que possibilite a utilização do gás e/ou energia alternativa como fonte energética. Estes fornos podem ser utilizados para outras finalidades, além da expansão da vermiculita, como: secagem de caulim, produção de anidrita e produção de meta caulim entre outras aplicações, devido ao controle da temperatura.

O forno de chama indireta consiste em um cilindro externo giratório que contém duas camadas e um cilindro interno fixo, onde se localiza a resistência elétrica, e entre as duas camadas temos vermiculita expandida, fazendo com que não haja troca de calor com o ambiente externo.

O processo de expansão consiste no aquecimento do concentrado de vermiculita por meio de resistências alimentadas por energia elétrica ou vapor de gás, a uma temperatura na faixa de 500 °C a 800 °C. O objetivo do processo consiste em remover a água estrutural associada ao mineral, em um intervalo de tempo menor possível, com o melhor rendimento do processo. O aquecimento converte, bruscamente, a água inter lamelar em vapor, expandindo a vermiculita natural.



**Figura 3.** Forno de chama indireta, usado para expansão da vermiculita e produção de anidrita.

### 2.3 Descrição dos Materiais Utilizados na Argamassa em Estudo

Discorremos a seguir dos materiais que foram utilizados na confecção da argamassa com propriedades térmica e acústica, caulim, vermiculita, gesso e pó cerâmico:

#### 2.3.1 Caulim

O caulim é um silicato hidratado de alumínio, possui coloração branca e funde a  $1.800^{\circ}\text{C}$ . Seu principal constituinte é a caulinita ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), um filossilicato que pertence ao subgrupo dos argilo-minerais. Alumínio, silício, hidrogênio e oxigênio são elementos geralmente presentes. A composição química do caulim é usualmente expressa em termos de óxidos dos vários elementos. Ocorre sob a forma de alteração de feldspatos, feldspatóides e outros silicatos, durante o intemperismo químico e também hidrotermal em rochas cristalinas (caulim primário). Pode formar-se também por processos diagenéticos em bacias sedimentares. Portanto pode ser formado a expensas de muitos minerais e rochas e em quantidades consideráveis - caulim secundário.<sup>(8)</sup>

A aplicabilidade industrial do caulim é muito vasta e Murray<sup>(10)</sup> diz que essa vasta aplicação deve-se às suas características tecnológicas do material, como: ser quimicamente inerte, branco ou quase branco, tem capacidade de cobertura quando usado como pigmento e reforçador para aplicações como carga, possui baixa condutividade térmica e elétrica, é macio e pouco abrasivo e competitivo com os materiais alternativos.

Segundo o Instituto Brasileiro de Mineração/IBRAM,<sup>(11)</sup> em suas estatísticas da produção mineral brasileira em 2008, o Brasil ocupa o sexto lugar entre os maiores produtores de Caulim, com aproximadamente 2,8 milhões de toneladas, correspondendo a 6% da produção mundial, que encontra-se em 44,7 milhões de ton, aproximadamente. O primeiro lugar na produção de caulim pertence aos Estados Unidos.

Tratando da extração do mineral na Paraíba, o estado lava e beneficia principalmente na região do Seridó. Pela tecnologia empregada, em materiais e mão-de-obra, nas unidades de beneficiamento de caulim na Paraíba, a porcentagem de perda é significativamente grande, em certos casos atingindo 40%. Resultado que nos dar a justificativa para seu reaproveitamento.

### 2.3.2 Vermiculita

A vermiculita,  $(\text{Mg}, \text{Fe})_3 [(\text{Si}, \text{Al})_4 \text{O}_{10}] [\text{OH}]_2 4\text{H}_2\text{O}$ , é um silicato hidratado de magnésio, alumínio e ferro com uma estrutura micáceo-lamelar e clivagem basal. O termo vermiculita é utilizado também para designar comercialmente um grupo de minerais micáceos constituído por cerca de dezenove variedades de silicatos hidratados de magnésio e alumínio, com ferro e outros elementos. O nome vermiculita é derivado do latim *vermiculus* que significa pequeno verme e se deve ao fato de que esse material se expande sob aquecimento, durante o qual suas partículas movimentam-se de forma semelhante à dos vermes.<sup>(12)</sup>

Suas propriedades de superfície, somadas aos elevados valores de área superficial específica, porosidade e carga superficial (negativa) fazem da vermiculita um material adequado para o uso como adsorvente ou como carreador. Sua baixa elasticidade, baixa densidade e elevadas capacidades de adsorção e absorção permitem que a vermiculita seja também usada na composição de materiais para embalagens de uma variedade de produtos industrializados.<sup>(12)</sup>

A Vermiculita é utilizada após sua expansão térmica, que em certos casos é realizada utilizando-se fornos de chama direta, normalmente com um maçarico de alta potência como fonte de calor. Entretanto neste trabalho utilizamos a vermiculita expandida em um forno de chama indireta desenvolvido por Lira e Schwartz que apresenta uma maior eficiência térmica no processo de expansão da vermiculita

### 2.3.3 Gesso

O gesso é um aglomerante aéreo obtido pela calcinação da gipsita natural. A forma natural da gipsita é amplamente utilizada na fabricação de cimento portland e na agricultura, já a forma calcinada, o hemihidrato  $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$  (gesso), é amplamente utilizado na indústria cerâmica, vidreira, automotiva, refratária, cimenteira e na construção civil.

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, o gesso, que quando misturado com água, pode ser moldado e trabalhado antes de endurecer e adquirir a consistência mecânica da forma estável rehidratada.

Os Estados Unidos da América são os maiores produtores e consumidores mundiais de gipsita; enquanto a sua produção, em 2001, foi da ordem de 19 milhões de toneladas, a de outros países grandes produtores foi a metade, ou um terço. Em termos mundial, a indústria cimenteira é a maior consumidora, enquanto nos países desenvolvidos a indústria de gesso e seus derivados absorvem a maior parte da gipsita produzida (DNPM-PE).<sup>(13)</sup>

### 2.3.4 Pó cerâmico

O porcelanato tem espessura média de 8 mm, o que o torna mais leve e fácil de trabalhar do que pedras naturais, e com comprovada superioridade técnica, possui corpo uniforme, não apresenta as falhas próprias das rochas que resultam em desgaste precoce. Na escala Mohs o porcelanato tem dureza 9, o granito 6 e o Mármore 5.

O processo de polimento dos porcelanatos consiste em um equipamento dotado de várias cabeças polidoras compostas de materiais abrasivos, que em

contato com as peças em alta rotação e velocidade controlada, executa o polimento na medida em que a peça passa pela lamina, os abrasivos usados apresentam gradativamente uma granulometria mais fina, até conseguir-se o resultado desejado, o brilho. A primeira parte da polidora é responsável pelo desgaste acentuado da peça, ou seja, onde se dá o nivelamento da superfície da peça com abrasivos diamantados e magnesianos de granas grossas (100 mesh a 200 mesh). A segunda etapa é responsável pela preparação para o polimento. Cada cabeça tem a finalidade de apagar os riscos (ranhuras) deixados pelas cabeças anteriores e deixa a peça totalmente uniforme (lisa). As granas utilizadas são de 240 mesh a 700 mesh. A terceira etapa é polimento propriamente dito. Utiliza-se normalmente granas de 800 mesh a 3000 mesh nessa etapa final de polimento.

O pó cerâmico utilizado neste trabalho foi amostrado em uma indústria local de porcelanato. A produção de porcelanato gera grandes quantidades de pó cerâmico no processo de polimento mecânico. Aproximadamente 20% da espessura da placa cerâmica é reduzida neste processo de polimento. Desta forma o volume de pó-cerâmico nas indústrias de porcelanato é significativo.

### 3 RESULTADOS

Com o uso do forno de chama indireta realizamos a queima do gesso e obtivemos como produto a anidrita hemi-hidratada, depois de calcinada a 400°C, sendo que este forno atinge temperaturas superiores a 700°C. Com este resultado mostramos a viabilidade da queima do rejeito de gesso gerado pela construção civil para obtenção da anidrita, pois foram empregadas tecnologias de baixo custo.

Na Figura 4 são mostradas as faixas granulométricas (linhas azuis) indicativas de agregados miúdos de boa qualidade para utilização em argamassa e concreto de cimento portland e a curva granulométrica (linha vermelha) da areia utilizada, obtida de acordo com a NBR NM 248. Percebe-se que grande parte dessa curva fica situada nas faixas.

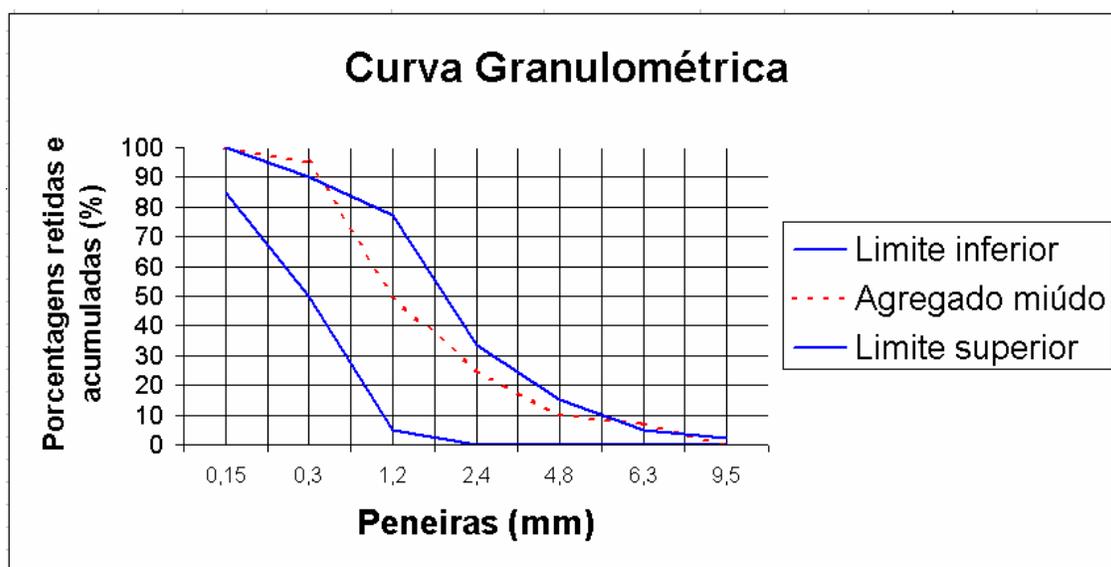


Figura 4. Curva granulométrica do agregado miúdo.

Na tabela abaixo estão descritos os resultados encontrados nos ensaios de tração na flexão e compressão axial, aos quais os quatro traços foram submetidos.

**Tabela 1.** resultados dos ensaios de tração na flexão e compressão axial.

<b>Traços</b>	<b>Compressão Axial (MPa)</b>	<b>Tração na Flexão (MPa)</b>
<b>T1</b>	0,415	0,0099
<b>T2</b>	0,515	0,0123
<b>T3</b>	0,440	0,0105
<b>T4</b>	0,619	0,0148

Fonte: resultados obtidos em ensaios no LABEME/UFPB.

## **4 DISCUSSÃO**

Ao aquecer o gesso em faixas variadas de temperaturas obtivemos a anidrita a uma temperatura de 400°C. Segundo Santana,<sup>(14)</sup> na faixa de temperatura dos 300°C a 700°C obtém-se a anidrita II, sendo assim classificado o produto final da desidratação total da gipsita por meio do forno de chama indireta usado na pesquisa. A anidrita em questão é um produto totalmente desidratado, insolúvel, com natureza mineralógica semelhante à anidrita natural.

Em relação aos resultados obtidos pelos ensaios de laboratórios na argamassa em estudo, resistência à tração na flexão e à compressão,<sup>(6)</sup> não estão nos padrões estabelecidos pelas normas, de 2 MPa para compressão e 0,2 MPa para tração, encontrando num valor que corresponde a 30,95% do mínimo para uma argamassa de revestimento, mas esses ensaios servirão de referencia para os próximos traços. Nascimento,<sup>(15)</sup> em seu trabalho sobre a confecção de uma argamassa térmica produzida com resíduos da exploração e processamento mineral do caulim e vermiculita expandida, mostra a viabilidade dos materiais e alcança excelentes resultados relacionados com as características térmicas e acústicas do produto final, a argamassa.

A argamassa descrita ao longo deste trabalho usa não somente vermiculita expandida e caulim, mas também resíduos de pó cerâmico e gesso, ou seja, aumentando o número de constituintes demandando varios ensaios para se chegar no resultado ideal e a cada resultado encontrado procura-se ver a relação de cada constituinte da argamassa a fim de utilizá-los na proporção adequada para alcançar as propriedades desejadas e atender as normas da ABNT.

## **5 CONCLUSÃO**

Através dos ensaios de laboratório concluímos que é possível reaproveitar os resíduos que são gerados pelas indústrias, em especial pela construção civil. Foi mostrado neste trabalho algumas alternativas, como a produção de anidrita a partir dos resíduos de gesso; a utilização dos resíduos de gesso e de outros materiais das indústrias de mineração e porcelanato, como o caulim e pó cerâmico, para a confecção de uma argamassa com propriedades termo- acústicas.

Tendo em vista as características da vermiculita expandida para a obtenção do isolamento térmico e acústico, a utilização da mesma é de crucial importância para um bom desempenho da argamassa em estudo. Porém, os métodos empregados atualmente tornam a expansão da vermiculita um processo caro, que não justificaria sua utilização na argamassa, pois o que o projeto procura atender é a confecção de uma argamassa com menor custo possível.

Assim, para adequar a vermiculita aos padrões da pesquisa, usou-se um forno de chama indireta desenvolvido pelo Prof. Dr. Belarmino B. Lira para expandi-

la, viabilizando sua obtenção. O forno de chama indireta pode operar com as diversas fontes alternativas de energia, diferentemente da maioria dos fornos de chama direta que utilizam lenha ou gás como fonte energética, assim torna-se mais eficiente, uma vez que, permite o controle da temperatura e apresenta um isolamento térmico entre os cilindros concêntricos. Ainda ressaltamos a versatilidade do controle das variáveis operacionais do forno utilizado.

O que se tem atestado sobre a argamassa em desenvolvimento é satisfatório, visto os resultados dos testes já feitos, de tensão a flexão e compressão, onde estes nortearão a elaboração dos próximos traços da argamassa, vendo a relação de cada material com as propriedades esperadas de uma argamassa de revestimento tendo como base a NBR 13279 de 2005, com objetivo de melhorar os resultados.

Finalmente ressaltamos a importância da reutilização dos resíduos gerados pelas indústrias no decréscimo do impacto ambiental e ainda como influência direta no aumento da vida útil dos depósitos minerais dos materiais reaproveitados.

## **Agradecimentos**

Agradecemos à equipe técnica do LABEME/UFPB, pelo apoio para realização dos ensaios de laboratório, às empresas SOLEMINAS e CAULISA pela contribuição durante o processo de amostragem dos materiais e ao CNPq pela concessão de bolsas de iniciação científica aos estudantes integrantes da pesquisa.

## **REFERÊNCIAS**

- 1 CIMINELLI, R.R. Recursos Minerais Industriais. In: Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil, Cap. IX. Brasília, 2003.
- 2 MARIANO, L.S. Gerenciamento de resíduos da construção civil com reaproveitamento estrutural: Estudo de caso de uma obra com 4000 m<sup>2</sup>. Dissertação de mestrado, UFPR. Curitiba, 2008.
- 3 MONTEIRO, J. H. P. Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.
- 4 PINTO, T. P. Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do SindusCon-SP. São Paulo, Obra Limpa: I & T: SindusCon-SP, 2005.
- 5 BRASIL. Resolução CONAMA nº. 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2002.
- 6 ABNT, NBR 13279. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.
- 7 ABNT, NBR 7215. Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1994.
- 8 DANTAS, H.F.; MENDES, R.S.; PINHO, R.D.; SOLEDADE, L.E.B.; POSKOCIMAS, C.; LIRA, B.B.; SCHWARTZ, M.O.E.; SOUZA, G.; SANTOS, M.G. Characterization of Gypsum Using TMDSC. Journal of Thermal Analysis and calorimetry. 2007, vol 87, p. 691-695.
- 9 LIRA, B.B.; SCHWARTZ, M.O.E.; Alternativas para viabilizar utilização do gás como fonte energética na sinterização da cerâmica vermelha tendo como base os resultados de balanços energéticos de duas indústrias. In: I Seminário da Rede GásEnergia. Rio de Janeiro, 2007.
- 10 MURRAY, H.H. Clays. In: Ulmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 5. ed. Weinheim: VHC, Verlagsgesellschaft, 1986, v.A7, p.109-136.
- 11 IBRAN, Instituto Brasileiro de Mineração. Disponível em <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00000035.pdf>, acessado em 05/01/2009

- 12 UGARTE, J.F.O.; SAMPAIO, J.A.; FRANÇA, S.C.A. Vermiculita. In: Rochas & Minerais Industriais: Usos e Especificações. Rio de Janeiro, CETEM/MCT, 2005, cap. 32, p. 677 a 698.
- 13 DNPM-PE, Departamento Nacional de Produção Mineral/PE. Disponível em <http://www.dnpm-pe.gov.br/Detalhes/Gipsita.htm>, acesso em 25/01/2009.
- 14 SANTANA, D.M.F. Estudo de obtenção de água do processo de desidratação da gipsita na produção de gesso. Dissertação de mestrado, UFPE, Recife, 2008.
- 15 NASCIMENTO, M.C.B. Argamassa térmica produzida com resíduos da exploração e processamento mineral de caulim e vermiculita expandida. Dissertação de mestrado, UFPE, RECIFE, 2008.
- 16 LIRA, B. B.; SHCHWARTZ, M. O. E. Fornos de chama indireta para expansão da vermiculita e produção de meta caulim. Seminário de processos para aproveitamento dos minerais de interesse econômico contidos em pegmatitos e seus rejeitos, na Província Pegmatítica Borborema-Seridó. Editora CEFET – RN, Natal/RN, 2006.
- 17 LIRA, B. B.; SCHWARTZ, M. O. E.; Técnicas alternativas para secagem, sinterização e queima dos minerais indústrias com menor impacto ambiental. In: XXII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa. Ouro Preto/MG, 2007.
- 18 LIRA, B. B.; STANLEY, I. Q. Rejeitos de Gesso da Construção Civil. In: XXII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa. Ouro Preto/MG, 2007.
- 19 ULTRACAL IND. E COM. LTDA. Disponível em [http://www.ultracal.com.br/produtos\\_texto.htm](http://www.ultracal.com.br/produtos_texto.htm), acesso em 30/01/2009.