



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUO DE GESSO

Nascimento, Felipe José de Farias (1); Pimentel, Lia Lorena (2)

(1) Graduando, Faculdade de Engenharia Ambiental – PUC-Campinas, Brasil – e-mail: felipe_nascimento@puc-campinas.edu.br

(2) Profa. Dra., Faculdade de Engenharia Civil – PUC-Campinas, Brasil – e-mail: lialp@puc-campinas.edu.br

RESUMO

Os resíduos gerados pela construção e demolição representam uma grande parcela dos resíduos sólidos urbanos, o que pode ser atribuído à alta intensidade de novas construções e pouca atividade de demolição, bem como às elevadas taxas de desperdício de matérias nos canteiros de obras. Estima-se que 4% de entulhos na construção civil são de produtos de gesso. O gesso é obtido pelo aquecimento da matéria prima, a gipsita, a cerca de 160°C, seguido de moagem. A hidratação do gesso se dá no momento de sua utilização na presença de água, reconstituindo rapidamente o sulfato bi-hidratado original. A rapidez com que a reação ocorre proporciona um grande desperdício de material, nas aplicações dele como revestimento. A geração de resíduo de gesso de construção representa um problema econômico com graves consequências e impacto ecológico, pois esse resíduo é um material tóxico que libera íons Ca²⁺ e SO₄²⁻ alterando a alcalinidade do solo e contaminando os lençóis freáticos. A decomposição do resíduo de gesso em aterros leva a geração de gás sulfídrico, devido às reações do sulfato com a matéria orgânica. A resolução CONAMA 307 classifica o resíduo de gesso como classe C, sem tecnologia de reciclagem economicamente viável. O gesso hidratado foi moído e queimado a temperaturas de 160, 180 e 200°C em um período de 6 horas, e o gesso reciclado obtido foi submetido a ensaios de caracterização física e mecânica conforme NBR 12127, NBR 12128 e NBR 12129. O objetivo dos ensaios foi determinar as condições de queima para obtenção de gesso reciclado utilizando temperaturas entre 160°C e 200°C e tempo de queima de 6 horas. Os resultados obtidos foram analisados conforme atendimento às especificações da NBR 13207 e observou-se que às propriedades mecânicas apresentadas na realização do experimento com gesso calcinado apresentaram características próximas às do gesso utilizado como referência. Levando em consideração as características físicas e mecânicas, somente sob estes parâmetros, a reciclagem do gesso pode se considerada viável, sendo necessária a realização de experimentos mais abrangentes para chegar a ponto de atendimento das demais especificações que viabilizem sua utilização para fins de revestimento e fundição.

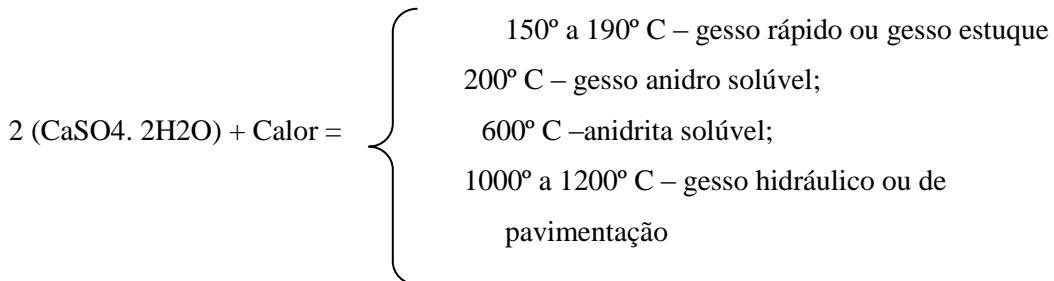
Palavras-chave: gesso, reaproveitamento, materiais de construção civil, reciclagem.

1. INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, a economia sustentável em âmbito mundial tem progredido de forma significativa a ponto de a qualidade e bem estar da população esteja diretamente vinculada com o uso de produtos que sejam considerados ecologicamente corretos reduzindo os impactos no meio ambiente decorrente dos resíduos gerados pela construção civil e demais áreas.

Segundo BAUER (2000), gesso é o termo genérico de uma família de aglomerantes simples constituídos basicamente de sulfatos mais ou menos hidratados e anidros de cálcio, são obtidos pela calcinação (decomposição à quente) da gipsita natural à cerca de 160° C constituída de sulfato bi hidratado de cálcio geralmente acompanhado de uma certa proporção de impurezas, como sílica, alumina, óxido de ferro, carbonatos de cálcio e magnésio. O Total das impurezas varia desde uma porção muito pequena até um máximo de cerca de 6%.

Como é observado por ALVES (2000), há várias fases de obtenção dos vários tipos de gesso:



De acordo com ROQUE et al. (2005), a gipsita é o sulfato de cálcio, hidratado com duas moléculas de água ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Das duas moléculas de água, uma e meia está fracamente combinada e a outra meia molécula fortemente combinada. Isto explica o porquê da ocorrência de pelo menos duas fases distintas na fabricação de gesso. Na primeira fase se desprende a água fracamente combinada, é quando se obtém o hemidratado, e a segunda fase quando se desprende a água fortemente combinada, obtendo-se o sulfato anidro solúvel.

Segundo a Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para Drywall (2009), o uso de gesso na construção civil brasileira vem crescendo gradativamente ao longo dos últimos anos. Ganhou impulso a partir de 1990, com a introdução de tecnologia drywall nas vedações internas de todos os tipos de edificações no país. A isso se acrescenta ao uso tradicional do gesso como material de revestimento, aplicado diretamente em paredes e tetos, e como material de fundição, utilizado na produção de placas de forro, sancas, molduras e outras peças de acabamento.

A utilização do gesso como revestimento teve uma rápida expansão por apresentar acabamento fino em uma única camada, boa aderência aos vários tipos de substrato, não apresentar retração hidráulica, diferente dos revestimentos a base de cimento, seguido do baixo custo e eficácia do processo. (DE MILITO, 2007).

A região de Metropolitana de São Paulo concentra o maior consumo de chapas de gesso acartonado do país. O consumo corresponde a 38 a 40% de todo mercado brasileiro (Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para Drywall, 2009).

Estima-se que a produção anual de gesso seja de 595.196 toneladas, sendo o pólo gesseiro do Araípe – PE, responsável por 84% da produção nacional (DNPM, 2002).

Como é observado por BARDELLA e CAMARINI (2006), a reciclagem se insere em uma atitude necessária, pois além da conscientização dos aspectos relativos à questão ambiental, os geradores de resíduos estão sujeitos a penalizações no caso de descumprimento da lei.

Pelo estudo de LEITE (2003), recentemente tem se notado o surgimento de uma nova cultura, que pode ser representada pelo ciclo “reduzir-reusar-reciclar”, denominada cultura ambientalista, que visa incorporar os princípios da sustentabilidade e suas práticas.

Através do projeto FINEP HABITARE, foram feitas medições das perdas típicas de matérias na construção civil, estima-se que o desperdício de gesso na indústria da construção civil é de 45%, enquanto os fabricantes do gesso em pó estimam perdas em torno de 30% da massa de gesso. (JOHN E CINCOTTO, 2003).

Estes resíduos sólidos que acabam em aterros sanitários ou são depositados de forma irregular em terrenos baldios contaminam o meio ambiente, pois o gesso é um material tóxico que libera íons Ca^{2+} e SO_4^{2-} que alteram a alcalinidade do solo e contaminam lençóis freáticos.

Segundo SOUZA (2006), nos últimos anos, as pesquisas realizadas com enfoque em redução de perdas de materiais nos canteiros apresentaram um grande salto qualitativo. Recentemente um projeto foi realizado em parceria pela Escola Politécnica da USP e SINDUSCON – SP (Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo) reunindo algumas empresas, que realizaram em seus canteiros estudos sobre os materiais que apresentavam perdas mais significativas físicas ou financeiramente.

Na empresa Lúcio Engenharia, foi estudada a execução de gesso acartonado e verificou-se que as principais perdas de gesso estavam relacionadas com o projeto executivo das paredes de gesso acartonado. Os engenheiros perceberam também erros de especificações: as placas fornecidas em tamanho padrão eram menores do que o pé-direito onde seriam instaladas. Isso gerava desperdício de material durante a execução das emendas. Visando reduzir as perdas, ações corretivas foram tomadas. Foi solicitado aos fornecedores que as placas de gesso acartonado e os perfis metálicos fossem produzidos sob medida, para que não houvesse a execução de emendas horizontais nas paredes. A construtora elaborou um projeto executivo de drywall e um minucioso estudo de reutilização das sobras. Foi feita uma classificação das peças que sobraram e posteriormente utilização no travamento de paredes duplas, além de um trabalho de conscientização dos funcionários com relação ao manuseio e armazenamento do material. Os resultados foram que, as perdas que antes representavam 9%, após medidas corretivas, passaram a 1%; representando uma redução de 89% (SOUZA, 2006).

Existem diversas formas de aproveitamento dos resíduos de gesso, algumas na própria área da construção civil como fabricação de pré-moldados de gesso, na agricultura como a correção de cálcio ou da acidez do solo, aditivo para compostagem (MARVIM, 2000); forração de animais (Marvim, 2000); absorvente de óleo (Marvim, 2000); controle de odores em estábulos (CIWMB, 2003); secagem de lodo de esgoto (CWMB, 2003) e também na indústria de produção de gesso, reprocessando os resíduos dos produtos pré-moldados. (PIRES, 2009).

Em Vancouver, Canadá, a New West Company Recycling Inc. (NWGR) tem desenvolvido um processo de reciclagem de placas de gesso e combinando cerca de 25% desse material com gesso virgem no processo de feitura de novas placas sem perca de qualidade do produto final.

Desde o final da década de 1990, vêm sendo pesquisados métodos de reciclagem do gesso e já se avançou de forma significativa em pelo menos em três frentes de reaproveitamento desse material: indústria cimenteira, setor agrícola e indústria de transformação de gesso (Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para Drywall, 2009).

Estudos apontam que a viabilidade da reciclagem do gesso está vinculada à estrutura logística que não se detém apenas a um setor industrial. Se os resíduos de gesso atendessem a alta demanda requerida pela indústria de produção de cimento, a mesma poderia apresentar mudanças no sistema operacional favorecendo o processo de reciclagem.

A resolução CONAMA nº. 307 de 2002 atribui responsabilidades aos geradores, um plano de gestão para cada empreendimento; transportadores e gestores públicos uma política municipal, com relação ao resíduo de construção e demolição.

Todos os resíduos de gesso devem ser coletados e armazenados em um local nos canteiros, separados de outros materiais como madeira, metais, papéis, plásticos, restos de alvenaria (tijolos, blocos, argamassa) e lixo orgânico (Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para Drywall, 2009).

A coleta seletiva ou diferenciação melhora a qualidade do resíduo a ser enviado para reciclagem, tornando-a mais fácil. Nesse sentido, o treinamento da mão-de-obra envolvida nas operações com gesso – incluindo os prestadores de serviços terceirizados – é fundamental para obtenção de melhores resultados (Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para Drywall, 2009).

O local de armazenamento dos resíduos de gesso na obra deve ser seco e pode ser feita em baia com piso concretado ou em caçamba. Já estão em operação em vários municípios brasileiros ATTS (Áreas de Transbordo e Triagem) licenciadas pelas respectivas prefeituras para receber resíduos de gesso, entre outros.

Segundo a Resolução nº 307 do CONAMA (2002), os Resíduos de Construção e Demolição são classificados em:

Tabela 1: Classificação dos Resíduos de Construção e Demolição

Classe	Definição	Exemplos
A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados.	Componentes cerâmicos, argamassa, concretos, solos etc.
B	Resíduos recicláveis para outras destinações.	Plástico papel e papelão, metais, vidros, madeiras e outros.
C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/ recuperação.	Gesso, lixas e mantas asfálticas.
D	Resíduos perigosos ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.	Tintas, solventes, óleos e outros resíduos contaminantes.

O Sistema de gestão de resíduos compõe-se das atividades de caracterização, transporte, triagem ou segregação, reuso, reciclagem e deposição em aterro (MARCONDES, 2007).

A Resolução nº 307 (CONAMA, 2002) estabelece o destino para cada classe de resíduos que ela classifica da seguinte forma:

Tabela 2: Destino para cada classe de resíduos

Classe	Destinação
A	Reutilizar ou reciclar como agregados ou encaminhar a Aterros de Resíduos de Construção, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
B	Reutilizar, reciclar ou encaminhar a área de armazenamento temporário, sendo disposto de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
C	Armazenar transportar, reutilizar e destinar conforme normas técnicas.
D	Armazenar transportar, reutilizar e destinar conforme normas técnicas.

É necessário ser viabilizado o processo de reciclagem do gesso, uma vez que o custo para deposição dos resíduos é elevado. Atualmente, estima-se que são gastos cerca de R\$ 3 milhões mensalmente para recolher, transportar, transbordar e destinar os resíduos inertes (PMSP, 2002).

2. METODOLOGIA

Os materiais empregados para realização do trabalho experimental foi o gesso comercial, este foi hidratado em laboratório (relação água/gesso de 0,8) para posterior geração do gesso reciclado.

O material obtido foi submetido a ensaios de caracterização física – módulo de finura, massa unitária e determinação de início e fim de pega; e mecânica – dureza e resistência à compressão, conforme NBR 12127, NBR 12128 e NBR 12129. Os resultados obtidos foram comparados com as características mínimas exigidas pela NBR 13207, que especifica as características dos tipos de gesso usados na construção civil.

2.1 PROCESSO DE MOAGEM

O processo de moagem do gesso hidratado foi executado em equipamento Abrasão Los Angeles como carga de 8 kg de esferas de aço, sendo a carga de gesso de 15 kg. O período de moagem foi de 5 horas e em seguida o material foi passado em pela peneira de abertura de 0,6 mm. A Figura 1 mostra o equipamento utilizado.

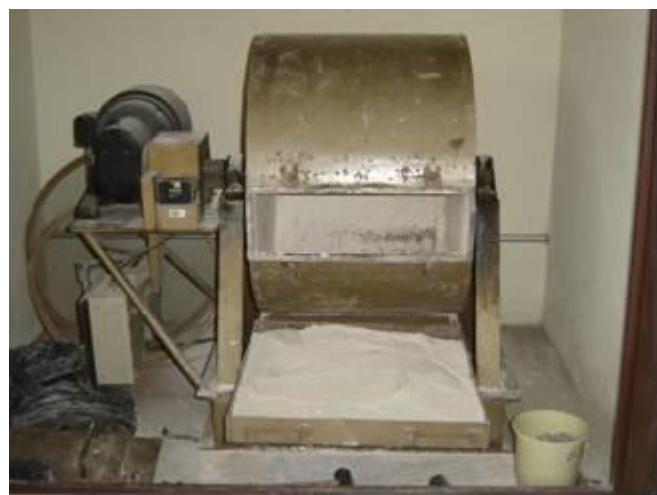


Figura 1 – Abrasão Los Angeles

2.2. PROCESSO DE QUEIMA

O processo de queima foi executado na estufa Nova ética, modelo 402/5 N em temperaturas de 160° C, 180° C e 200° C em períodos de 6 horas. Para a queima, o material foi dividido em 3 bandejas com aproximadamente 1,5 kg em cada, para garantir a queima homogênea do material em finas camadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características físicas do pó

A Tabela 3 apresenta as características do Módulo de Finura e Massa Unitária do gesso reciclado.

O gesso reciclado no qual houve o desenvolvimento do trabalho apresenta o módulo de finura inferior a 1,1, dessa maneira, pode ser caracterizado como gesso fino para revestimento. Já a Massa Unitária foi superior a 700 Kg/m³ atendendo as exigências da NBR 13 207.

Tabela 3 – Características das propriedades físicas do pó

Tipo de Gesso	Módulo de Finura	Massa Unitária (Kg/m³)
São	0,2346	1119,78
Reciclado (160 °C)	0,2378	1033,0
Reciclado (180 °C)	0,1532	1133,81
Reciclado (200 °C)	0,2664	1109,73

A Figura 2 apresenta o ensaio para determinação da massa unitária e a Figura 3 mostra o ensaio para determinação do módulo de finura.



Figura 2 - Determinação de Massa Unitária.



Figura 3 – Determinação de Módulo de Finura

3.2 Características físicas da pasta de gesso

A Tabela 4 apresenta a relação água/gesso obtida para pasta de consistência normal e tempos de início e fim de pega obtidos para gessos reciclados.

A NBR 13207 determina condições de classificação do gesso segundo a tempo de pega, dessa maneira, os gessos reciclados as temperaturas de 160, 180 e 200 °C se enquadrariam na classificação de gesso fino para revestimento e gesso grosso para revestimento.

Tabela 4 – Características das propriedades físicas da pasta de gesso

Tipo de Gesso	Início de pega (min' seg")	Fim de pega (min' seg")	Relação água /gesso
Reciclado (160 °C)	17' 25"	50' 33"	0,48
Reciclado (180 °C)	30' 28"	53' 41"	0,46
Reciclado (200 °C)	26' 13"	57' 31"	0,47

As Figuras 5 e 6 mostram os equipamentos aparelho de Vicat e Vicat Modificado usados para a determinação de início, fim de pega e relação água e gesso.



Figura 4 – Aparelho de Vicat.



Figura 5 – Aparelho de Vicat Modificado

3.3.Características Mecânicas

A Tabela 5 apresenta os resultados de Dureza e Resistência à Compressão. O ensaio de dureza é realizado a partir da aplicação de uma determinada carga em uma esfera metálica sobre uma das faces do corpo de ensaio, após o término da aplicação da força analisa-se a profundidade de impressão; já o ensaio de resistência à compressão é realizado a partir da aplicação de uma carga contínua em uma razão de 250 N/s a 750 N/s até a ruptura do corpo.

A NBR 13207 exige uma resistência mínima de 8,40 MPa para ensaio de resistência à compressão. Analisando os resultados obtidos, pode-se dizer que o gesso calcinado as respectivas temperaturas durante um tempo de 6 horas não atenderam as características da especificação.

Tabela 5 – Características Mecânicas

Tipo de Gesso	Dureza (N/mm²)	Resistência à compressão (MPa)
Sã	701,20	2,23
Reciclado (160 °C)	570,52	2,33
Reciclado (180 °C)	399,43	2,51
Reciclado (200 °C)	272,66	2,43

A Figura 6 apresenta o ensaio para determinação de dureza realizado pela máquina EMIC – MODELO ELÉTRICO, com blocos de gesso 5x5 cm.



Figura 6 – Ensaio de dureza.

4. CONCLUSÕES

Analisando os resultados obtidos, pode-se dizer que, às propriedades mecânicas apresentadas na realização do experimento com gesso calcinado nas temperaturas de 160, 180 e 200°C em um período de 6 horas apresentaram características próximas às do gesso utilizado como referência. Levando em consideração as características físicas e mecânicas, somente sob estes parâmetros o gesso reciclado pode se considerar viável, sendo necessária a realização de experimentos mais abrangentes para chegar a ponto de atendimento das demais especificações para viabilidade da utilização do gesso reciclado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES. J. D. Materiais de Construção. 2^a Edição, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 12127** – Gesso para construção – Determinação das propriedades físicas do pó. Rio de Janeiro - 1991

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 12128** – Gesso para construção
– Determinação das propriedades físicas da pasta. Rio de Janeiro - 1991

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 12129** – Gesso para construção
– Determinação das propriedades mecânicas. Rio de Janeiro – 1991

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 13207**. Gesso para construção
civil. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FABRICANTES DE CHAPAS DE DRYWALL. Resíduos de gesso
na construção civil – coleta, armazenagem e destinação para reciclagem, maio de 2009.

BARDELLA, P. CAMARINI, G. Propriedades de gesso reciclado para utilização na construção civil.
Anais do 17º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais, Foz do Iguaçu, 2006.

BAUER. L. A. F. Materiais de Construção. 5ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

CIWMB (California Integrated Waste Management Board) **Drywall Recycling**.
<http://www.ciwmb.ca.gov/ConDemo/factsheets/Drywall.htm#Economics>. Acesso em: 13/08/09

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº. 307,5 Julho de 2002. Disponível em:
<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>.
Acessado em 02/08/2009

DE MILITO – Avaliação do desempenho de Aglomerante á Base de Gesso com Cimento Portland de alto forno e sílica ativa. Tese de doutorado Faculdade Engenharia Civil – Unicamp, 2007.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral 2002. Página 80. Brasília - DF

JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. Alternativas da gestão de resíduos de gesso. Contribuição para reformulação da Resolução CONAMA 307, São Paulo, Julho 2003. 9
p.<http://www.reciclagem.pcc.usp.br/artigos1.htm>.

LEITE, P. R. Logística reversa: meio ambiente e competitividade. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

MARCONDES. F. C. S. Sistema Logístico reverso na indústria da construção civil – Estudo da cadeia produtiva de chapas de gesso acartonado. Tese de mestrado Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007.

MARVIN, Emma Gypsum Wallboard Recycling and Reuse Opportunities in the State of Vermont. Vermont Agency of Natural Resources, August 4, 2000

PIRES. S. Influência da Adição de Resíduos de Gesso nas Propriedades Mecânicas das Pastas Para Revestimento, Encontro Nacional Sobre Aproveitamento de Resíduos na Construção (ENARC 2009), Feira de Santana, Julho 2009.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. São Paulo. Apresenta informações e dados estatísticos sobre o município. Disponível em: < http://www6.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/planejamentos/sp_em_números/001/portal/secretarias/planejamento/sp_em_números/0003>. Acessado em: 19 de Dezembro de 2009.

ROQUE, J. A.; LIMA, M.M.T.M.; CAMARINI,G. Características Químicas e Propriedades Físicas e Mecânicas do gesso reciclado calcinado a 200 C. Anais do 49 Congresso Brasileiro de Cerâmica, São Pedro, 2005.

SOUZA, U. L. E. Revista Téchne - Desperdício Mínimo. Editora: PINI. Edição: 113, pág 26 a 35, 2006.