

ESTUDO DO PROCESSO DE CALCINAÇÃO COMO ALTERNATIVA PARA A RECICLAGEM DE GESSO PROVENIENTE DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Felipe Carvalho Cagnoni ¹; Heloísa Cristina Fernandes Cordon ²

¹ Aluno de Iniciação Científica da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT);

² Professora da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT).

Resumo. Atualmente a reciclagem dos resíduos gerados em todos os setores da sociedade se tornou algo imprescindível para a boa manutenção do meio ambiente. No caso da construção civil, o gesso é um material que gera grande quantidade de resíduos. Por apresentar características químicas que lhe conferem um rápido tempo de pega, ele deve ser utilizado rapidamente ou, caso contrário, não terá mais utilidade na obra. Desse modo, a sua reciclagem é vista com bons olhos no meio da construção civil. Esse projeto visa a obtenção de dados que tornem possível a utilização do gesso após seu descarte por meio da reciclagem através do processo de calcinação. Resíduos de gesso coletados em obras foram reciclados em laboratório e as propriedades físicas e mecânicas do pó, da pasta e do material endurecido foram avaliadas para o resíduo reciclado (100%) e para a mistura do resíduo com um gesso comercial (50% de cada) com relação ao gesso comercial. A massa específica e a massa unitária diminuíram com o aumento do teor de gesso reciclado na mistura, enquanto o tempo de pega, o teor de água para consistência normal e a resistência à compressão aumentaram. Sendo assim, o gesso reciclado utilizado mostrou-se satisfatório para utilização na construção civil sem a necessidade de mistura com gesso comercial.

Introdução

Atualmente o gesso é um dos materiais mais usados na construção civil brasileira e mundial. Esse derivado do mineral gipsita possui diversas características que tornam seu uso uma alternativa econômica para quem busca uma boa opção para revestimentos internos, porém, devido ao aumento na sua utilização também surge uma grande fonte de geração de resíduos desse material por apresentar características físicas que lhe garantem um pequeno tempo para ser trabalhado e aplicado (rápido tempo de pega).

Paralelamente a esse crescimento no consumo, cresce também a necessidade de readequação da indústria da construção a um modelo baseado na sustentabilidade em todos os seus setores, como por exemplo, a indústria cimenteira, indústria gesseira, entre outros.

O desenvolvimento sustentável foi definido pela primeira vez na Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente, criada pela ONU em 1983, como sendo o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das gerações futuras. Desse modo, os principais elementos a serem controlados em uma cadeia produtiva são: (i) a redução do uso de recursos naturais; (ii) a redução de consumo energético; (iii) a geração de resíduos; (iv) a reutilização e reciclagem (CIB, 1999; DEGANI, 2003; JOHN, et.al., 2000).

No caso da construção civil, a reciclagem dos resíduos gerados em qualquer de suas etapas construtivas é essencial para se viabilizar um desenvolvimento sustentável no setor. Isso se deve ao fato dela consumir até 75% dos recursos naturais do planeta, o que a torna a maior geradora de resíduos finais entre os macro setores da economia (JOHN, 2000; LEVY, 1997; PINTO, 1999).

O segmento gesseiro, em especial, possui uma cadeia produtiva própria composta pelas seguintes etapas: (i) extração e preparação da matéria prima; (ii) calcinação; (iii) pulverização; (iv) armazenamento e acondicionamento (PINHEIRO, 2011). Assim, ele oferece uma grande viabilidade para se começar a trabalhar sobre os moldes da sustentabilidade devido ao baixo

consumo energético para sua fabricação. Além disso, a reciclagem pode contribuir para uma diminuição do uso dos recursos naturais.

De acordo com informações do Sindugesso e Abragesso apud Agopyan et.al. (2005), as principais fontes de resíduos de gesso na construção civil são as atividades de revestimento, com uma parcela de 88%, as chapas de gesso acartonado (8%) e os componentes pré-moldados (4%), estimando-se um desperdício de 120 mil toneladas por ano na Grande São Paulo.

Outro ponto importante relacionado ao desperdício de gesso é a sua disposição final. As características físico-químicas do resíduo conferem a ele certo potencial tóxico capaz de liberar gases inflamáveis e contaminar solos e lençóis freáticos. Sendo assim, ele deve ser depositado em aterros sanitários que possuam as características necessárias para um despejo correto e sustentável.

Por fim, ao redor de toda a discussão sobre geração de resíduos e sustentabilidade, o CONAMA, por meio da resolução 431/2011, alterou a classe dos resíduos provenientes do gesso da classe C para a classe B. Com isso, esse material passou a ser considerado reciclável para outras destinações, o que possibilitou maiores investimentos e pesquisas acerca desse tema.

Desse modo, por todos os fatores apresentados, pesquisas relacionadas à reciclagem e ao reaproveitamento dos resíduos proveniente do gesso na construção civil se tornaram de grande importância para um crescimento sólido e, ao mesmo tempo, sustentável do setor. Assim, a pesquisa aqui apresentada vem com o objetivo de contribuir para a seleção de alternativas para a reciclagem desse material.

Revisão Bibliográfica

A Matéria-Prima: Gipsita

A gipsita é o mineral básico utilizado para a obtenção do gesso. Essa rocha sedimentar é constituída basicamente de sulfato de cálcio di-hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). O Brasil detém reservas significativas de gipsitas localizadas todas na região Norte, Nordeste ou Centro-Oeste, fato que o posiciona como o 11º produtor mundial e torna possível suprir todo o consumo interno. As jazidas que apresentam melhores condições de aproveitamento econômico (relação estéril/minério e infraestrutura) e considerada como maior depósito lavrável estão contidas na Bacia Sedimentar do Araripe, na divisa dos estados de Pernambuco, Ceará e Piauí (SINDUSGESSO, 2016).

Segundo Angeleri, et al. (1982), pode-se encontrar esse minério em diferentes apresentações de cores e texturas influenciadas pelas características do local da jazida em questão. Ainda, deve ser considerada a presença de impurezas no mineral. Dependendo de seus teores, pode afetar algumas propriedades do material final, tal como a resistência mecânica, a consistência e o tempo de pega (JOHN; CINCOTTO, 2007). Sendo assim, recomenda-se um teor máximo de 15% de impurezas para evitar possíveis irregularidades no gesso que será comercializado.

Gesso para construção

O gesso para construção é determinado pela ABNT (1994), por meio da NBR 13207, como um material moído derivado da mineral gipsita e composto basicamente por sulfato de cálcio di-hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), podendo conter aditivos controladores do tempo de pega.

Atualmente, os gessos no mercado brasileiro são classificados em três categorias: gesso para revestimento, gesso para fundição e gessos especiais. O primeiro é utilizado na produção de revestimentos de paredes, tetos e lajes de ambientes internos. O segundo tem sua utilização presente na fabricação de elementos e componentes para a construção civil, como blocos, placas, divisórias e elementos decorativos. Por fim, os gessos especiais são produzidos a partir de gessos básicos, por meio da adição de materiais auxiliares, que conferem ao gesso produzido

as propriedades necessárias a uma aplicação específica. No Brasil, esses tipos de gessos ainda não foram normatizados (PERES; BENACHOUR; SANTOS, 2001).

Ainda de acordo com a mesma norma, NBR13207, ficam padronizadas as seguintes características químicas, físicas e mecânicas do gesso para construção civil (Tabela 1 a Tabela 3):

Tabela 1 – Exigências químicas para o gesso de construção civil.

Determinações químicas	Limites (%)
Água livre	máx. 1,3
Água de cristalização	4,2 a 6,2
Óxido de cálcio (CaO)	mín. 38,0
Anidrido sulfúrico (SO ₃)	mín. 53,0

Tabela 2 – Exigências físicas e mecânicas para o gesso de construção civil.

Determinações físicas e mecânicas	Unidades	Limites
Resistência a compressão (NBR12129)	MPa	> 8,40
Dureza (NBR12129)	N.mm ⁻²	> 30,00
Massa Unitária (NBR12127)	kg.m ⁻³	> 700,00

Tabela 3 – Exigências físicas do gesso para construção civil.

Classificação do gesso	Tempo de pega (min)		Módulo de Finura (NBR12127)
	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

Produção do gesso

O gesso de construção é um aglomerante aéreo (baixa resistência quando exposto a ação prolongada da água após endurecido) produzido a partir da calcinação da mineral gipsita em fornos industriais, sob pressão atmosférica, em temperaturas entre 150 °C e 200 °C. A constituição do produto final é basicamente sulfato de cálcio hemi-hidratado (CaSO₄.0,5H₂O), anidritas solúveis e insolúveis (CaSO₄) e sulfato de cálcio di-hidratado (CaSO₄.2H₂O).

O segmento gesseiro possui uma cadeia produtiva própria e pode ser considerada como as seguintes etapas: (i) extração e preparação da matéria prima; (ii) calcinação; (iii) pulverização; (iv) armazenamento e acondicionamento (PINHEIRO, 2011).



Figura 1 – Fluxograma do processo de fabricação do gesso

A extração e preparação da matéria prima para calcinação envolvem atividades executadas em minas ou usinas de calcinação. Esse processo inclui a utilização de equipamentos convencionais de mineração como perfuratrizes, tratores, entre outros. O desmantelamento de material é realizado por meio de explosivos convencionais.

Após a extração, os blocos são transportados até o setor de britagem com o objetivo de diminuir seu diâmetro em dimensões inferiores a 100 mm, para que, em seguida, seja realizada a moagem desse material. Nessa etapa, o minério é reduzido a dimensões inferiores que 25 mm, granulometria necessária para o processamento nos fornos de calcinação. É também realizado o peneiramento do material para um melhor controle do produto final.

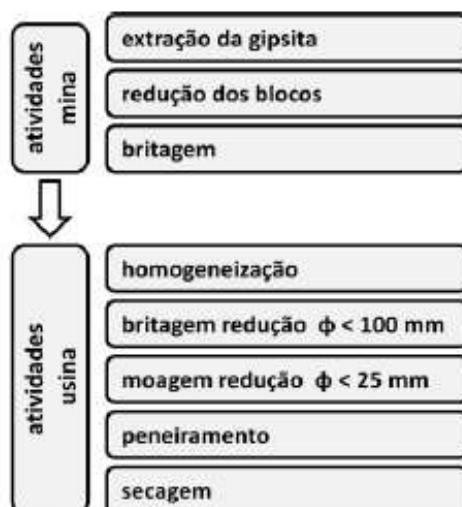


Figura 2 – Atividades de preparação da matéria prima

Em seguida ocorre a etapa de calcinação de todo o material moído, desidratação da gipsita, por meio de fornos, cujos processos dependem das características do gesso a ser produzido.

Todo o gesso calcinado passa por uma moagem fina, para que ele adquira a granulometria adequada à sua utilização. Tal granulometria é especificada por norma. Depois disso, o material é armazenado em silos com a finalidade de proporcionar uma estabilização de seus componentes, o que proporciona uma melhor qualidade do gesso produzido.

Por fim, para o acondicionamento do produto final, são utilizados sacos de papel multifoliados de acordo com a NBR 13207(ABNT, 1994). As embalagens têm como principal propósito proteger o material da umidade ambiente.

Por se tratar da etapa mais importante, a calcinação merece uma atenção especial. É nessa fase do processo que o material sofre as reações de transformação da mineral gipsita em gesso, tais reações consistem na perda total ou parcial da água de cristalização do sulfato de cálcio di-hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Dependendo da temperatura a que o material é exposto pode ocorrer perda de 1,5 a 2 moléculas de água, resultando em espécies químicas distintas de sulfatos de cálcio (CINCOTTO; AGOPIAN; FLORINDO, 1988). Essas espécies são diferenciadasumas das outras por meio de suas fases cristalinas, sendo as mais comuns os hemi-hidratos α e β . Dessas fases cristalinas o tipo α é utilizado no ramo da odontologia e o tipo β utilizado na construção civil. Os demais perfis são a anidrita do tipo III solúvel, a anidrita do tipo II insolúvel e a anidrita do tipo I, também chamado de anidrita- α (ANGELEIRO; CARDOSO; SANTOS, 1983).

Geração de resíduos

Como dito anteriormente, de acordo com informações do Sindugesso e Abragesso apud Agopyan et.al. (2005), as principais fontes de resíduos de gesso na construção civil são as atividades de revestimento, com uma parcela de 88%, as chapas de gesso acartonado (8%) e os componentes pré-moldados (4%), estimando-se um desperdício de 120 mil toneladas por ano somente na Grande São Paulo.

Segundo JOHN e CINCOTTO (2003), a quantidade de resíduo gerado na construção civil deve-se principalmente ao fato do rápido endurecimento da pasta de gesso juntamente com uma mão de obra pouco qualificada. A confluência desses dois fatores faz com que o desperdício de material, segundo os autores, alcance o percentual de 30% da massa de gesso.

Porém, a geração de resíduos de gesso não se limita apenas às suas fases de aplicação na construção civil. Deve-se atentar também ao fato da ocorrência de geração de resíduos ao longo do processo de fabricação desse produto, desde a extração da gipsita em jazidas até o acondicionamento do produto final.

Tal geração de resíduos mostra-se ainda mais crítica quando comparada com resíduos decorrentes de construções por estes serem depositados, muitas vezes, diretamente em contato com o meio ambiente ao seu redor. Assim, são afetados lençóis freáticos, solos e até mesmo a atmosfera. Fato que torna a necessidade de reciclagem ainda mais indispensável.

Reciclagem dos resíduos de gesso

A revisão bibliográfica mostra que recentemente diversos estudos conseguem comprovar uma possível utilização de resíduos reciclados como material alternativo na produção de cimento Portland; na produção de placas de gesso acartonado e como adição em pastas de gesso (CAMPBELL, 2003; CHANDARA, et al., 2009; KOJIMA; YASUE, 2006; KONCZAK, 2002).

Através de novas etapas de moagem e calcinação do resíduo coletado é possível transformá-lo em material aglomerante, proporcionando a redução do uso da gipsita.

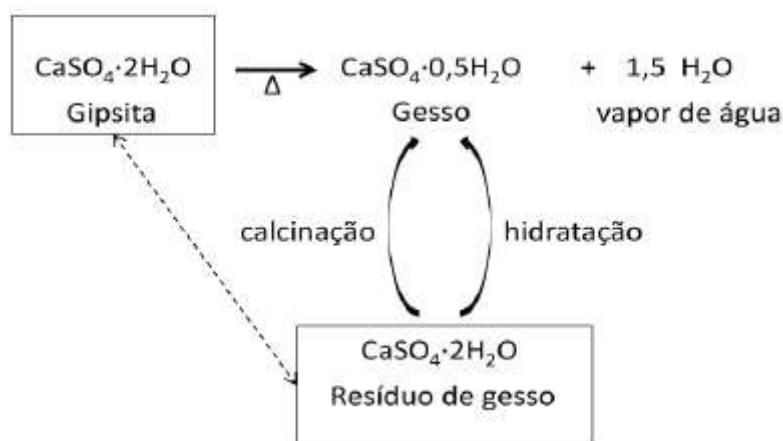


Figura 3 – Reversibilidade da reação de transformação de gesso em gipsita. Adaptado: Pinheiro, 2011.

Porém, um ponto que dificulta esse processo é a existência de impurezas nos resíduos coletados, fato que pode vir a causar perdas consideráveis nas características físicas, químicas e mecânicas do produto reciclado. Nos processos de reciclagem utilizados na indústria de chapas de gesso acartonado, o limite aceitável é de 3% (CAMPBELL, 2003; GYPSUM RECYCLING INTERNATIONAL, 2009; MARVIN, 2000).

Além disso, a presença de hemi-hidratos e anidritas, que alteram a composição química em relação a gipsita natural, tornam necessário tratamentos especiais, como a reidratação e tratamentos químicos, para a reciclagem do resíduo (KOJIMA; YASUE, 2006; KONCZAK, 2002).

Diversos estudos já foram realizados ao redor desse tema. Ribeiro (2006) estudou as propriedades dos resíduos de gesso por meio de um processo semelhante ao aqui apresentado. Os resíduos de construção, como forro e gesso para revestimento, passaram pela etapa de moagem e calcinação a 140 °C. Em seguida, o material foi submetido aos testes laboratoriais que comprovaram uma redução nos tempos de pega inicial e final, além de uma menor resistência à compressão e menos dureza quando comparado com o material em seu estado não hidratado.

Além disso, Kojima e Yasue (2006) constataram que a cada ciclo de desidratação do resíduo calcinado as partículas se tornavam cada vez menores, o que acaba por afetar as características do material no momento em que isso influencia em uma redução no seu tempo de pega. Por meio desse trabalho, os dois autores puderam concluir que para grandes quantidades de gesso a melhor alternativa para reciclagem seria por meio de um processo de recalcinação por via úmida.

Algumas pesquisas também propuseram a recalcinação do resíduo em diferentes pressões. É o caso de Cavalcanti (2006), Melo (2008) e Monção Junior (2008). Os autores desenvolveram um processo no qual o gesso era recalcinado a 170 °C e sob uma pressão de 0,65 atm. Tal processo gerou um gesso que quando reciclado apresentou melhores propriedades físicas e mecânicas quando comparado com o material de origem.

Materiais e Métodos

O trabalho aqui apresentado foi fundamentado na coleta de resíduos de gesso em obras na cidade de São Caetano do Sul. Todo o material coletado foi levado posteriormente ao laboratório de Materiais de Construção Civil do Instituto Mauá de Tecnologia onde foram realizados todos os ensaios e testes seguindo as normas da ABNT. Os ensaios foram realizados em duas frentes. Na primeira foram realizados somente com gesso 100% reciclado (Gesso 100%), já na segunda, foi utilizado gesso comum em conjunto com os resíduos coletados na parcela de 50% cada um (Gesso 50%). Além disso, para se obter um grupo de controle e melhores comparações os ensaios foram realizados também com o gesso comercial comum.

1. Materiais

Os materiais utilizados nesse experimento foram o resíduo do gesso comercial para revestimentos, gesso comercial para revestimentos, água e aditivos.

1.1. Resíduo do Gesso Comercial para Revestimentos

Os resíduos de gesso foram coletados em obras imobiliárias na cidade de São Caetano do Sul. Nos empreendimentos o material era usado como revestimento de concreto e blocos cerâmicos. O material descartado era estocado ao ar livre, sujeito, assim, às intempéries climáticas do local.

1.2. Gesso Comercial

O gesso comercial usado nos ensaios para se obter um grupo de controle e utilizar nos ensaios em conjunto com o gesso reciclado também é o ideal para ser utilizado como revestimento de concreto e blocos cerâmicos.

1.3. Água

A água empregada para a produção das pastas de gesso usadas nos ensaios foi fornecida pelo abastecimento público de São Caetano do Sul- SP, e é considerada própria para consumo na construção civil.

1.4. Aditivos

No ensaio de consistência de pasta foi utilizado o aditivo citrato de sódio como controlador do tempo de pega.

2. Métodos

A primeira etapa realizada foi a moagem do material coletado por meio de um moinho de martelos elétrico. Em seguida, cada 50 gramas do gesso moído foram calcinados em diferentes períodos de tempo (30, 60, 90, 120 e 150 minutos) e em diferentes temperaturas (140, 150 e 170 °C) a fim de se obter dados sobre o comportamento do material nas diferentes situações impostas. Para realização do processo de calcinação foi utilizado uma estufa de esterilização e secagem Medicate MD 1.5 (200 W). Por meio dessa etapa foi possível concluir que a perda de água no resíduo de gesso começava a mostrar certa constância ao atingir a parcela de 20% do seu peso inicial. Sendo assim, a partir dessa informação, o restante do material foi calcinado a 170 °C até se atingir uma perda de água de 20%.

Com isso, as propriedades físicas do gesso foram observadas através de testes laboratoriais em sua forma pulverulenta, em seu estado fresco e endurecido.

Resultados e Discussões

1. Características físicas do pó

A Tabela 4 apresentada abaixo expõe os resultados de Módulo de Finura, Massa Específica e Massa Unitária dos três tipos de gessos estudados. A partir dos módulos de finura apresentados pode-se perceber que todos se encaixam como gesso fino de acordo com a NBR 12127 (<1,10). Porém, eles não atendem a exigência da mesma norma quando se trata de massa unitária (> 700,00 kg.m⁻³).

Tabela 4 – Propriedades físicas do pó

	Módulo de Finura	Massa Específica (g.cm ⁻³)	Massa Unitária (kg.m ⁻³)
Gesso Comercial	0,89	2,68	684,41
Gesso 50%	0,87	2,53	574,56
Gesso 100%	0,98	2,44	486,88

2. Características físicas da pasta

A Tabela 5 mostra a relação água/gesso obtida no teste de consistência de pasta normal. Essa relação foi utilizada para se obter os tempos de pega de cada um deles. Todos os gessos foram então classificados de acordo com a NBR 12128.

O gesso comercial não atende a nenhuma especificação por possuir baixo fim de pega. O gesso 50% também não pode ser classificado como gesso de fundição nem de revestimento, pois suas propriedades não satisfazem a norma, assim como o gesso 100%.

Tabela 5 – Propriedades físicas da pasta

	Início de pega (min'seg")	Fim de Pega (min'seg")	Relação água/gesso
Gesso Comercial	9'10"	13'15"	0,35
Gesso 50%	13'30"	19'	0,45
Gesso 100%	24'20"	31'	0,55

3. Características mecânicas

Por fim, a Tabela 6 contém os valores referentes ao teste de resistência à compressão. Observa-se que somente o gesso comercial não satisfaz a NBR 12129, que especifica uma resistência mínima de 8,40 MPa.

Tabela 6 – Propriedades mecânicas

	Resistência à Compressão (MPa)
Gesso Comercial	7,27
Gesso 50%	9,01
Gesso 100%	12,39

Conclusão

Após os testes realizados com os resíduos de gesso coletados em obras civis algumas observações apontam para uma possível reutilização na construção civil.

Nenhum dos gessos avaliados conseguiu bons resultados em todas as normas apresentadas, porém, os resultados mais surpreendentes foram do gesso comercial estudado em questão. Mesmo sendo encontrado no mercado para utilização em obras ele não atende à maioria das normas regulamentadoras.

Ao se observar os gessos reciclados pode-se perceber que um problema enfrentado ao tentar recicrá-lo é a diminuição de sua massa unitária, o que contribui para a perda de trabalhabilidade do material. Além disso, seu tempo de pega e a quantidade de água para a fabricação da pasta sofreram aumento. Contudo, ao se estudar a resistência à compressão dos diferentes tipos de gesso o experimento mostra resultados imprevistos, conforme a quantidade de gesso reciclado sofre um aumento, sua resistência também cresce.

Portanto, os resultados mostram que a reciclagem dos resíduos de gesso e sua posterior recolocação no meio da construção civil é possível através de processos de reciclagem mais elaborados e um maior número de pesquisas ao redor do tema a fim de conseguir novas e melhores alternativas para a reciclagem dos resíduos.

Referências Bibliográficas

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12127: Gesso para construção civil: determinação das propriedades físicas do pó. Rio de Janeiro, 1991.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12128: Gesso para construção civil: determinação das propriedades físicas da pasta. Rio de Janeiro, 1991a.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12129: Gesso para construção civil: determinação das propriedades mecânicas. Rio de Janeiro, 1991b.

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

ABRAGESSO. Disponível em:< <http://www.drywall.org.br/>>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2016.

AGOPYAN, V., SOUZA, U. E. L., PALIARI, J. C., ANDRADE, A. C. Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1998.

CAVALCANTI, L. B. Determinação de condições operacionais adequadas na desidratação do minério gipsita para obtenção de gesso beta reciclável. Recife, 2006.

CINCOTTO, M. A.; AGOPYAN, V.; FLORINDO, M. C. Tecnologia de edificações. (Coletânea de trabalhos da divisão de edificações do IPT). São Paulo: Pini, 1988. O gesso como material de construção: composição química. p. 53-56.

JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. Gesso de construção civil. In: ISAIA, G.C. Materiais de construção civil. São Paulo: Ibracon, 2007.

JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. Alternativas de gestão dos resíduos de gesso. São Paulo. 2003.

PINHEIRO, S. M. M. Gesso reciclado: avaliação de propriedades para uso em componentes. 2011. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas.

PINTO, T.P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. Escola Politécnica da USP, 1999.

SINDUSGESSO. Disponível em:<<http://www.sindusgesso.org.br/>>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2016.

MONÇÃO JUNIOR, A.R. Otimização das condições experimentais na desidratação da gipsita para obtenção de um gesso beta reciclável. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2008.

PERES, L; BENACHOUR, M; SANTOS, V.A. O gesso – produção e utilização na construção civil. Recife: Bagaço, 2001.