

AValiação DO IMPACTO DA RECICLAGEM SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DO GESSO

Raphael Barretto Morgado¹; Heloísa Cristina Fernandes Cordon²

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

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

Resumo. *A reciclagem dos resíduos gerados pela sociedade é tema de diversos estudos, uma vez que é conhecida sua importância para a manutenção da sustentabilidade do meio ambiente. A construção civil, em particular, é um setor responsável pela geração de uma grande quantidade de resíduos que, sendo o gesso de construção, em especial, um dos materiais utilizados neste setor que mais gera resíduos. Seu rápido tempo de pega, que é o tempo útil para utilizá-lo antes do seu endurecimento, aliado a fatores como a baixa qualificação da mão de obra, levam à geração de uma grande quantidade de material endurecido antes da aplicação que se torna inútil, transformando-se em resíduo. Sendo assim, torna-se atrativa a sua reciclagem para o setor da construção civil. Esse projeto tem como objetivo avaliar as alterações no tempo de pega e na resistência à compressão de um gesso de construção hidratado com diferentes teores de água e reciclado em laboratório. Os resultados mostram que o gesso reciclado perdeu resistência à compressão e apresentou menor tempo de pega que o material comercial, além de redução da massa unitária, o que pode também ser explicado pela obtenção de um material mais grosso durante a reciclagem.*

Introdução

O uso de gesso na construção não é recente. Há cerca de 5000 anos foi usado na pirâmide de Quéops no preparo das superfícies internas, que foram então pintadas. Algumas delas permanecem até os dias atuais (KARNI, 1995), comprovando a qualidade desse material que ainda vem demonstrando ser de fundamental importância e dificilmente será substituído.

O gesso de construção se destaca pelas suas seguintes características: baixo custo de produção, facilidade de moldagem, boa aparência, boas propriedades térmicas e acústicas, boa aderência à alvenaria e ao concreto. Seu rápido tempo de secagem também é um fator importante, pois possibilita a pintura pouco tempo após sua aplicação. Entretanto, essa característica, associada à mão-de-obra mal qualificada, gera elevada quantidade de material desperdiçado, sendo este avaliado em 45% no setor da construção civil (NASCIMENTO, 2010). Parte das perdas permanecem nas paredes como excesso de espessura, enquanto outra parte se torna resíduo de construção.

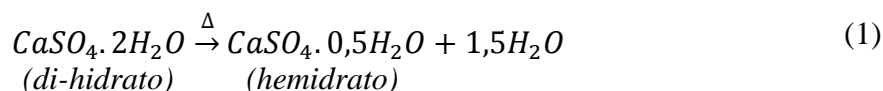
O custo do transporte entre os centros produtores e o mercado consumidor chega a dobrar o preço final do produto, devido às enormes distâncias a serem vencidas (ANTUNES, 1999 apud BARDELLA; SANTOS; CAMARINI, 2004), sem mencionar a alta geração de gases que contribuem com o efeito estufa. Esse fator, associado à geração excessiva de resíduos sólidos, é alvo de recentes ações em favor da reciclagem do gesso de construção.

Décadas atrás, percebeu-se que o desenvolvimento promovido desde a 1ª Revolução Industrial, que possibilitou um salto em qualidade e expectativa de vida para as pessoas está sendo responsável por alterações das condições ambientais, que, por sua vez, ameaçam a própria sobrevivência do homem (AGOPYAN, 2011). Essa preocupação fez surgir um debate sobre quais atitudes devem ser tomadas para possibilitar às gerações futuras boas condições de vida. Nesse contexto, o papel da construção civil é de enorme importância, uma vez que é responsável por 75% dos recursos naturais consumidos no planeta (ÂNGULO; ZORDAN; JOHN, 2001).

Os resíduos sólidos gerados por esse setor da economia têm um potencial de reciclagem considerável. Segundo a resolução nº 401/2011 do CONAMA (BRASIL, 2011), o

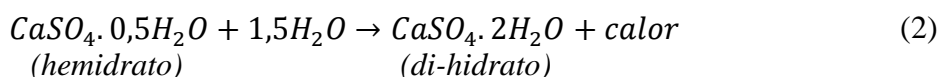
gesso, alvo de estudo do presente trabalho, é classificado como resíduo de classe B, o que significa que ele é reciclável para fins que não sejam como uso de agregado. Neste trabalho serão estudados o tempo de pega e a resistência à compressão do material reciclado, verificando se há mudanças consideráveis dessas características, além das características do pó, em respeito às normas atuais.

O gesso de construção é um aglomerante aéreo obtido da rocha gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), a qual é calcinada (decomposta por elevação da temperatura), tornando-se hemidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$), segundo a equação 1.



A perda de 1,5 mol de H_2O está associada à evaporação da água de cristalização presente na gipsita – são as moléculas desse composto mais fracamente ligadas. No processo de calcinação, pode ser originado como produto anidrita III ($\text{CaSO}_4 \cdot \varepsilon\text{H}_2\text{O}$, com ε variando entre 0,06 e 0,11). O gesso de construção apresenta tanto hemidrato quanto anidrita III (DE MILITO, 2001 apud. BARDELLA; SANTOS; CAMARINI, 2004).

Pelas equações (1) e (2) apresentadas, percebe-se a possibilidade de reciclagem do material, pois a calcinação (equação 1) retira parte da água presente na gipsita, que é recuperada na hidratação do gesso em pó (equação 2).



As impurezas encontradas no gesso de construção podem afetar suas características quando realizada a reciclagem. John e Cincotto (2007) apud Pinheiro (2011) resumem as possíveis influências que certos minerais têm sobre características e propriedades do gesso reciclado.

Tabela 1 – Influência das impurezas presentes no minério gipsita nas propriedades do gesso

Mineral	Espécies	Propriedades
Insolúveis em água	Silicosos, calcário, dolomito, anidrita, argilo-minerais	Redução da resistência mecânica do material hidratado
Solúveis em água	Halita (NaCl), Silvita (KCl)	Alteram a temperatura de calcinação e a consistência e o tempo de pega das pastas no estado fresco
Hidratados	Sais de sulfato e montmorilonita	Proporcionam instabilidade do produto final, por poderem absorver água após o endurecimento

Um grande problema associado ao descarte de gesso desperdiçado são seus malefícios quando exposto ao meio ambiente. Segundo Pinheiro (2011), a deposição incorreta desse material pode contaminar solo e lençol freático, devido a sua facilidade de solubilização. Aterros sanitários também não são recomendados, pois na presença de umidade, bactérias redutoras de sulfato e condições aeróbicas, os resíduos do gesso são transformados em gás carbônico (CO_2), água (H_2O) e ácido sulfídrico (H_2S), sendo este último um gás inflamável e tóxico. A incineração do gesso também pode originar o dióxido de enxofre (SO_2), altamente tóxico. Nos EUA e Canadá, foi banida a deposição desse material em aterros. A Comunidade Europeia exige que a deposição desse material não contaminado seja realizada em células isoladas de qualquer material biodegradável (item 2.2.1, European Community, 2003 apud. JOHN; CINCOTTO, 2003).

A norma NBR 13207 classifica os gessos de construção em: gesso fino para revestimento, gesso grosso para revestimento, gesso fino para fundição e gesso grosso para fundição. O gesso para fundição é aquele utilizado para fabricação de elementos e/ou componentes para a construção civil. Ainda segundo essa norma, as características necessárias ao gesso e que serão avaliadas nesta pesquisa estão resumidas nas tabelas a seguir.

Tabela 2 – Exigências físicas e mecânicas do gesso para construção civil

Determinações Físicas e Mecânicas	Unidade	Limites
Resistência à compressão (NBR 12129)	MPa	> 8,40
Massa unitária (NBR 12127)	kg.m ⁻³	> 700,00

Tabela 3 – Exigências físicas do gesso para construção civil

Classificação do Gesso	Tempo de Pega (min) (NBR 12128)	
	Início	Fim
Gesso para revestimento	> 10	> 45
Gesso para fundição	4 – 10	20 – 45

Materiais e Métodos

Neste trabalho, foram utilizados o gesso comercial – designado com GC0 – e o gesso comercial reciclado em laboratório – GC1. Para simplificação, o número (0,4; 0,5; ou 0,6) seguido dessa abreviação indica a relação água/gesso utilizada na produção da pasta de gesso que deu origem a cada amostra.

O gesso comercial usado é indicado para revestimentos internos, pequenos reparos, assentamento de molduras de gesso e produção de peças artesanais.

O gesso reciclado utilizado teve a mesma porcentagem de água adicionada que o gesso do qual teve origem. O gesso comercial foi hidratado e após sua secagem em condições ambientes por cerca de três dias, foi moído em moinho de martelos elétrico e calcinado em estufa até constância de massa.

A água utilizada na hidratação dos gessos foi fornecida pelo abastecimento público de São Caetano do Sul- SP e é considerada própria para consumo na construção civil.

O experimento se iniciou com a análise das características do pó do gesso comercial, como massa específica, massa unitária e módulo de finura. De acordo com a norma NBR 12127 (MB-3468/1991), o pó de gesso foi passado através de peneira de malha 2,0mm com o auxílio de um pincel a fim de se obter a massa para o cálculo da massa unitária. Conhecendo-se o volume do recipiente, calcula-se a massa unitária pela razão entre uma determinada massa de gesso em pó e o volume ocupado por este. Para a determinação da massa específica, foi consultada a norma NM 23:2000. O líquido usado no frasco de Le Chatelier foi o querosene. Com o pó, também foram obtidos os resultados do ensaio de finura. Colocou-se cerca de 100 gramas de gesso sobre as peneiras especificadas pela norma, as quais foram vibradas mecanicamente durante 15 minutos. Esse procedimento foi repetido mais uma vez para cada amostra.

Foram produzidas pastas com o gesso comercial em três diferentes proporções de água e gesso (40%, 50% e 60%), as quais tiveram seus tempos de pega e resistência à compressão avaliados. Todas as misturas foram realizadas manualmente, seguindo-se a norma NBR 12128 (MB-3469/1991). O gesso foi polvilhado sobre a água durante cerca de 1 minuto. Após 2 minutos em repouso, foi feita a mistura manual do material durante mais 1 minuto, até a formação de uma pasta uniforme.

Em seguida, iniciou-se o processo de reciclagem. O gesso comercial em pó foi hidratado. A pasta foi distribuída sobre uma superfície plana, obtendo-se uma espessura entre 0,5 cm e 1,0 cm. Após endurecer ao ar livre durante dois a três dias, foi triturada num moinho de martelos elétrico, do qual foi obtido novamente o pó. Este foi colocado em estufa de

esterilização e secagem Medicate MD 1.5 (200W) a aproximadamente 160 °C, medindo-se sua massa periodicamente até que esta se tornasse constante, como apresentado na figura 1. Após esse processo, o pó foi estocado numa bolsa plástica hermeticamente fechada.

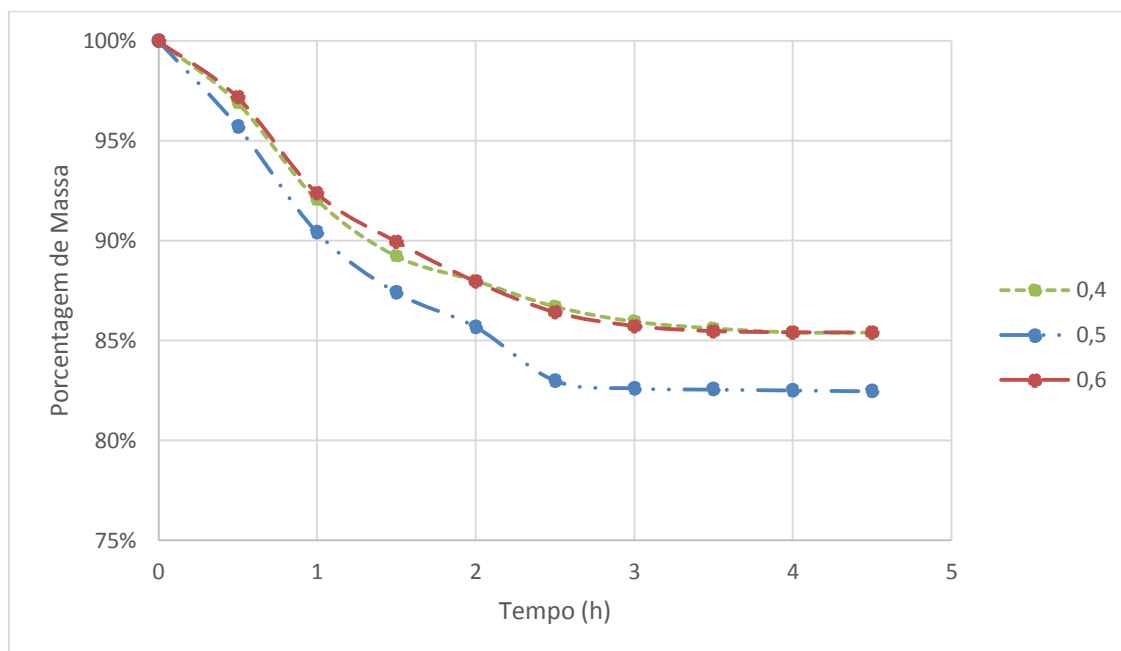


Figura 1 – Variação percentual da massa de gesso em estufa a 160 °C para diferentes relações água/gesso

Quando usado para os ensaios das pastas, o pó foi reidratado na mesma relação água/gesso do gesso endurecido a partir do qual foi reciclado. Da mesma forma que o material comercial não reciclado, as pastas para cada proporção tiveram suas propriedades avaliadas, assim como as características do material pulverulento, para comparação com os resultados do gesso comercial. Os ensaios de resistência à compressão foram realizados após 12 dias da moldagem dos corpos de prova.

Resultados e Discussões

A tabela 4 abaixo indica os resultados obtidos de massa unitária e massa específica para o gesso comercial e cada um dos gessos reciclados.

	Massa Unitária (kg.m ⁻³)	Massa Específica (g.cm ⁻³)
GC 0	898,52	2,796
GC 1 – 0,4	630,81	2,462
GC 1 – 0,5	561,24	2,514
GC 1 – 0,6	497,05	2,517

Observa-se uma perda de massa unitária conforme aumenta-se a proporção de água no gesso reciclado. Com esses resultados, somente o gesso comercial GC0 atende à exigência da norma brasileira. Quanto a análise da massa específica, notam-se menores valores em relação ao gesso comercial não reciclado, entretanto maiores à medida que se aumenta a relação água/gesso.

A seguir, na tabela 5, tem-se os tempos de pega medidos para a pasta em suas respectivas proporções água/gesso.

Tabela 5 – Propriedades Físicas da Pasta

	Tempo de Início de Pega (min's'')	Tempo de Fim de Pega (min's'')	Tempo Útil de Pega (min's'')
GC 0 – 0,4	09' 15''	17' 41''	08' 26''
GC 0 – 0,5	12' 36''	21' 59''	09' 23''
GC 0 – 0,6	17' 15''	28' 15''	11' 00''
GC 1 – 0,4	13' 03''	19' 10''	06' 07''
GC 1 – 0,5	18' 42''	28' 09''	09' 27''
GC 1 – 0,6	21' 37''	30' 15''	08' 38''

Pode-se concluir que a reciclagem e o aumento da relação água/gesso tiveram o mesmo efeito sobre o tempo de pega: ambos elevaram os tempos de início e fim de pega da pasta. Quando os gessos reciclados foram hidratados, percebeu-se uma nítida perda de trabalhabilidade da pasta. Excepcionalmente no caso do gesso GC 1, com relação água/gesso igual a 0,4, apesar dos resultados satisfatórios, é impossível considerá-lo como um material a ser usado, pois a pasta se tornou extremamente seca (figura 2). Fora isso, todos os gessos avaliados, com exceção do gesso comercial GC 0 – 0,4, atendem a norma NBR 12128, sendo classificados como gesso para revestimento.



Figura 2 – Corpo de prova do gesso GC1 0,4

O tempo útil de pega, isto é, a diferença entre os tempos final e inicial de pega, foi reduzido após a reciclagem. Essa é uma questão de grande importância, uma vez que essa característica influencia no desperdício desse material.

A tabela 6 indica os resultados médios de resistência à compressão obtida nos ensaios em laboratório.

Tabela 6 – Propriedades Mecânicas da Pasta

Resistência à Compressão (MPa)	
GC 0 – 0,4	10,04
GC 0 – 0,5	11,36
GC 0 – 0,6	9,57
GC 1 – 0,4	5,77
GC 1 – 0,5	4,73
GC 1 – 0,6	3,54

Segundo a norma NBR 12129, somente as pastas dos gessos comerciais atenderam a exigência de resistência mínima.

A resistência à compressão foi superior a 8,40 MPa, como exige a norma NBR 13207/1994, para o gesso comercial não reciclado, nas três relações água/gesso. Quando os ensaios foram repetidos, após a reciclagem, a queda da resistência foi enorme. Numa análise tátil notou-se que o GC1 era menos fino que o GC0. A fim de se buscar uma relação entre a resistência e uma propriedade do pó de gesso, foram feitos os ensaios de finura, com seus resultados indicados a seguir.

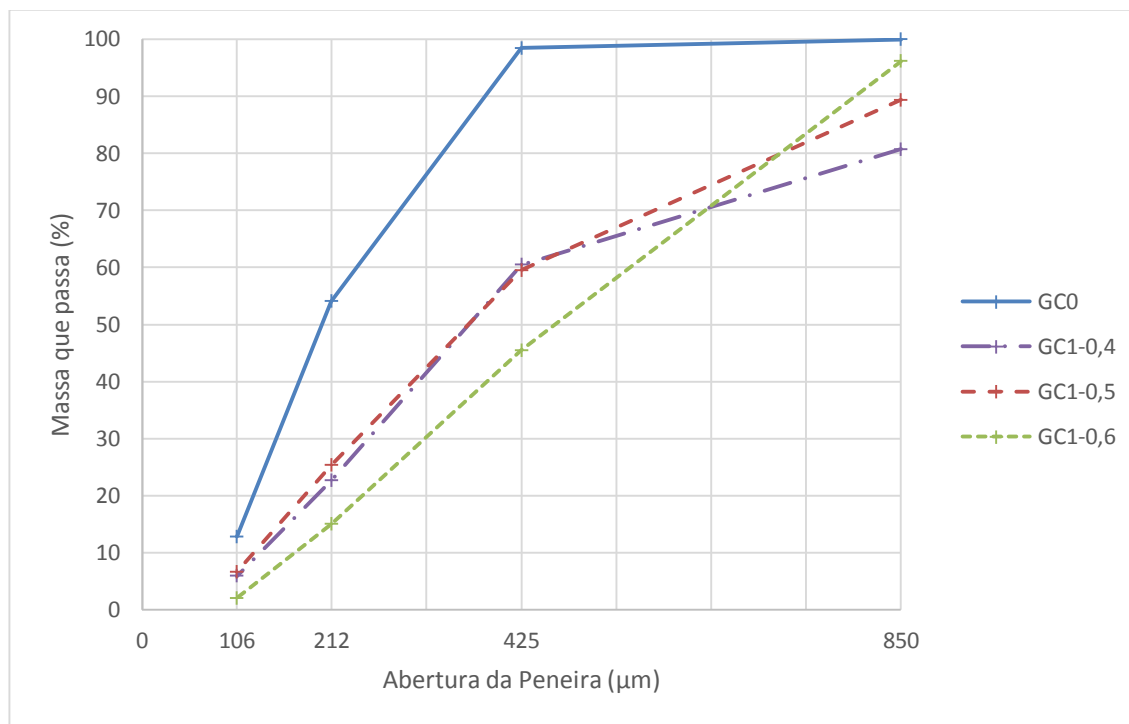


Figura 3 – Distribuição granulométrica das partículas do gesso comercial e dos gessos reciclados

Observa-se que o gesso comercial tem um percentual bem maior de partículas menores que 425μm (98,2%) em comparação aos gessos reciclados. Também se nota que, entre os gessos reciclados, o que apresenta menor relação água-gesso é o que apresenta maior percentual de partículas mais finas. Isso pode justificar sua maior resistência à compressão em relação ao gesso reciclado com maior quantidade de água adicionada.

Conclusão

Nitidamente, há uma perda de qualidade do gesso reciclado. Além das propriedades, houve mudanças na trabalhabilidade das pastas. Entretanto, pode-se fazer um estudo sobre a mistura entre gesso comercial e reciclado na aplicação desse material em obra, a fim de se reduzir os resíduos sólidos gerados sem comprometer as propriedades do gesso necessárias em norma.

Segundo a norma NBR 13207/1994, o gesso deve ter uma massa unitária mínima igual a 700,00 kg/m³. Após a reciclagem, reduziu-se o valor dessa propriedade, de tal forma que somente o gesso comercial atendesse a norma. Por isso, se este apresentasse um valor de massa unitária mais elevado, poderia ser originado um gesso reciclado cuja massa unitária respeitasse essa exigência da norma.

O ensaio de finura mostrou que o gesso comercial apresenta uma quantidade muito maior de partículas de menores diâmetros. Isso pode explicar o melhor desempenho que ele obteve no ensaio de resistência à compressão. Essa hipótese também se mostrou válida entre os gessos reciclados testados. Portanto, é provável que um método mais eficaz de moagem resulte em resultados satisfatórios de resistência à compressão.

Referências Bibliográficas

- AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil**, volume 5. São Paulo: Blucher, 2011.
- ÂNGULO, S. C.; ZORDAN, S. E.; JOHN, V. M. **Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem de Resíduos na Construção Civil**. PCC – Departamento Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica. EPUSP. São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://www.pedrasul.com.br/artigos/sustentabilidade.pdf>>. Acessado em 21 de julho de 2016.
- ASOCIACIÓN MERCOSUR DE NORMALIZACIÓN – AMN. NM 23 – Cimento Portland e outros materiais em pó: Determinação da massa específica. 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 12127 (MB-3468) - Gesso para Construção: Determinação das Propriedades Físicas do Pó. Rio de Janeiro, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 12128 (MB-3469) - Gesso para Construção: Determinação das Propriedades Físicas da Pasta. Rio de Janeiro, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 12129 (MB-3470) - 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.
- BARDELLA, P.S.; SANTOS, F. M.; CAMARINI, G. **Reciclagem de Gesso de Construção**. 2004. Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável, Florianópolis.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 431, de 24 de maio de 2011. Altera o art. 3º da Resolução 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama, estabelecendo nova classificação para o gesso. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 25 maio 2011. <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=649>
- CONSTRUFACIL RJ. **Gesso na Construção Civil: Vantagens e Desvantagens**. Disponível em < <http://construfacilrj.com.br/gesso-na-construcao-civil/>> Acesso em 20 de julho de 2016
- JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. **Alternativas de gestão dos resíduos de gesso**. São Paulo. 2003.
- JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. **Gesso de construção civil**. In: ISAIA, G.C. Materiais de construção civil. São Paulo: Ibracon, 2007.
- KARNI, J., KARNI, E. **Gypsum in construction: origin and properties**. Materials and Structures, v. 28, p. 92-100, 1995. Technion City, Israel

NASCIMENTO, F. J. F.; PIMENTEL L. L. **Reaproveitamento de Resíduo de Gesso**. Anais do XV Encontro de Iniciação Científica da PUC-Campinas – 26 e 27 de outubro de 2010.

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. Disponível em: <<http://pct.capes.gov.br/teses/2011/33003017041P4/TES.PDF>>. Acessado em 14 de julho de 2016