

ANÁLISES DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DA PASTA E DO PÓ DE GESSO RECICLADO POR DESIDRATAÇÃO EM MICRO-ONDAS

Gabriel Ballaré Lima ¹; Heloísa Cristina Fernandes Cordon ²

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

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

Resumo. *O uso de gesso na construção civil vem crescendo continuamente e com maior intensidade desde meados dos anos 1990, quando o sistema de placas de gesso acartonado passou a ser utilizado nas vedações internas (paredes, forros e revestimentos). A essa utilização nova somam-se os usos tradicionais do gesso como material de revestimento, aplicado diretamente em paredes e forros, e como material de fundição, em placas de forro, molduras e outras peças de acabamento ou decoração. Embora tão útil, o gesso é um material que exige cuidados em seu descarte, porém essa preocupação não existe de fato durante as construções. O que realmente ocorre é a eliminação de todos os materiais misturados de forma inadequada ou irregular, o que causa inúmeros problemas ambientais. Com o intuito de diminuir os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado do gesso, surge o interesse pelo estudo da reciclagem desse material, visto que são poucos os estudos que concluíram métodos evidentemente eficazes para essa reciclagem. O objetivo deste trabalho é analisar as propriedades físicas e mecânicas do material antes e após o processo de reciclagem.*

Introdução

O processo de produção do gesso consiste basicamente em três etapas: a primeira delas é a extração da matéria-prima, o mineral gipso, comercialmente conhecido como “gesso natural” ou simplesmente gipsita. É constituído principalmente do mineral gipsita e que pode conter anidrita (CaSO_4) e minerais acessórios como calcita, dolomita e cloreto de sódio. No Brasil, as principais jazidas se encontram no Pólo do Araripe, que se localiza no Estado de Pernambuco, no nordeste do país. O mineral gipsita é um sulfato de cálcio di-hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), e tem a composição estequiométrica média de 32,5% de óxido de cálcio (CaO), 46,6% de trióxido de enxofre (SO_3) e 20,9% de água (H_2O).

A gipsita passa pelo processo de moagem, ou britagem, onde são utilizados britadores de mandíbula e moinhos de martelo. Em alguns casos também é feito um segundo estágio, em circuito fechado com peneiras vibratórias a seco. Quando calcinada a temperatura da ordem de 150 a 350°C, a gipsita se desidrata parcialmente, originando um sulfato de cálcio hemi-hidratado, conhecido comercialmente como gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$), muito utilizado na construção civil.

A construção civil tem uma participação importante na economia nacional e, com o anúncio do PAC (Programa de Aceleração do Crescimento) em 2007, esse setor, bem como a área de pavimentação, terá cada vez mais importância nas atividades de infraestrutura do país. O resultado do crescimento deste setor é uma maior utilização de insumos e matérias-primas. Um grave problema ambiental é o descarte incorreto do gesso residual. Apesar da facilidade em obtê-lo, o gesso apresenta um alto potencial poluente quando descartado inadequadamente no ambiente.

Quando entra em contato com a umidade, o gesso pode vir a produzir o gás sulfídrico (H_2S), extremamente tóxico e inflamável. Além disso, o gás sulfídrico pode paralisar o sistema nervoso central, responsável pelo controle da respiração, o que pode provocar asfixia. O gás sulfídrico também é inflamável, e em concentrações acima de 8ppm (parte por milhão) pode provocar intensa irritação nos olhos e tornar-se potencialmente letal em concentrações de 500ppm. De maneira geral, os efeitos da intoxicação pelo gás sulfídrico são muito graves e, como efeito de comparação, similares aos efeitos da intoxicação por monóxido de carbono (FRAGMAQ, 2013).

Uma vez que os resíduos compostos por gesso são facilmente reciclados, bastando calciná-los com baixo consumo energético e reidratá-los para obtenção de novos produtos de gesso, o

segmento gessoire apresenta grande potencial de contribuição para a sustentabilidade da indústria da construção (JOHN; CINCOTTO, 2003, 2007; PINHEIRO, 2011).

De acordo com a NBR 15112 (ABNT, 2004), resíduos sólidos são definidos como resíduos nos estados sólidos e semissólidos, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e varrição, e ainda lodos provenientes de sistemas de tratamento de águas, bem como líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgoto.

Até meados de 2011, os resíduos de gesso provenientes de construção e demolição eram definidos como não recicláveis, pois se enquadravam na classe “C” de acordo com a Resolução 307/2000 do CONAMA (BRASIL, 2002), por se considerar não haver tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitissem sua reciclagem ou recuperação. Com a publicação da Resolução 431/2011 do CONAMA (BRASIL, 2011), o resíduo de gesso tornou-se reciclável, uma vez que sua classificação foi alterada para a categoria “B”.

Entretanto, Pinheiro (2011) salienta que, apesar de ser considerado um resíduo reciclável, são quase inexistentes as usinas de reciclagem de gesso e sua destinação continua sendo um problema, tendo em vista o fato de não ser aceito nos aterros sanitários, pelos motivos expostos anteriormente, e serem raras as áreas de transbordo e triagem apropriadas para sua disposição final.

Com o intuito de avaliar o potencial de reciclagem do gesso, o estudo em questão visa avaliar as propriedades mecânicas quando sólido, e quando em forma de pasta e pó dos gessos antes e após a reciclagem.

Material e Métodos

Foram utilizados dois tipos de gesso neste trabalho: um gesso de construção (denominado GC, formado por hemidrato- β) e um gesso odontológico (denominado GO, formado por hemidrato- α), para efeito de comparação. Ambos materiais são produtos disponíveis ao público e foram adquiridos de um mesmo lote para cada situação. Os dois gessos aqui estudados foram obtidos na forma de hemidratos e então hidratados para a geração de um material que posteriormente seria desidratado.

A hidratação dos gessos foi realizada da seguinte forma: três amostras de gesso foram hidratadas a três relações água/gesso diferentes; 0,4; 0,5 e 0,6. Cada amostra então, foi desidratada em estufa a 160°C por uma hora, e reidratada com sua respectiva relação água/gesso.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), as propriedades físicas da pasta de gesso a serem analisadas devem ser:

1. Tempo de início de pega: tempo decorrido a partir do momento em que o gesso tomou contato com a água, até o instante em que a agulha do aparelho de Vicat não penetrar mais no fundo da pasta, isso é, aproximadamente 1mm da base.
2. Tempo de fim de pega: tempo decorrido a partir do momento em que o gesso entrou em contato com a água, até o instante em que a agulha do aparelho de Vicat não mais deixar impressão na superfície da pasta.

A pega das pastas de gesso pode ser definida como o tempo que o material leva para se solidificar após entrar em contato com a água. O início de pega corresponde ao momento em que são formados os primeiros cristais na hidratação e depende dos componentes com maior reatividade (hemidratos). O fim de pega consiste no momento em que a hidratação dos compostos gera a temperatura máxima das reações de hidratação. O endurecimento da pasta de gesso depende dos constituintes com menor reatividade, como as anidritas II, cuja hidratação preenche os vazios entre os cristais já formados (JOHN; CINCOTTO, 2007).

O tempo de pega é determinado com a pasta produzida por gesso e água. Neste ensaio, preconizado pela NBR 12128 (ABNT, 1991b), utiliza-se o aparelho de Vicat provido com uma agulha de diâmetro igual a $1,13 \pm 0,02$ mm. Define-se o início de pega como o instante em que a agulha estaciona a 1 mm da base e o fim de pega quando a agulha deixa apenas uma impressão na superfície, não penetrando mais na pasta.

3. Calor de hidratação: variação da temperatura da pasta do gesso, conforme sua reação até seu endurecimento.

Como maneira alternativa para determinação do tempo de pega, utiliza-se o método do *Calor de Hidratação*. A calorimetria permite obter curvas de calor de hidratação em função do tempo. Pode ser feita de dois modos: *adiabático*, que fornece como resultado a curva do incremento da temperatura no tempo; e *isotérmico*, que fornece como resultado o fluxo de calor liberado no tempo, de uma amostra mantida em temperatura constante.

Através da calorimetria é possível medir os tempos de início e de fim de pega. O tempo de início de pega é o instante em que a taxa de elevação de temperatura ultrapassar 0,1°C/min (RIDGE, 1959) e o de fim de pega é o instante em que a temperatura máxima é atingida (THOLE, 1994).

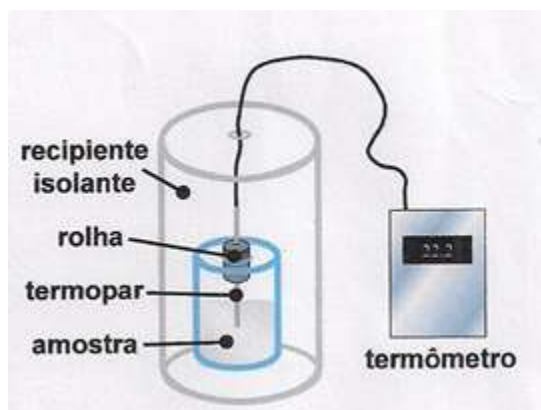


Figura 1 – Esquema de calorímetro pseudo-adiabático.
Fonte: ANTUNES (1999)

Também segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, os ensaios das propriedades mecânicas do gesso devem ser:

4. Resistência à compressão: calculada em função da carga de ruptura em corpos-de-prova.

Para todos os ensaios, a ABNT define as seguintes condições gerais: a temperatura da sala de ensaios, equipamentos e materiais deve ser de (24±4) °C; a umidade relativa do ar deve ser de (65±5) %; e a amostra deve ser mantida em recipiente hermeticamente fechado.

A resistência à compressão do gesso endurecido é determinada de acordo com a norma NBR 12129 (ABNT, 1991c). Corpos-de-prova cúbicos, com 50,0 mm de aresta são submetidos à compressão até sua ruptura e a resistência (R , em MPa) é calculada pela relação entre a carga de ruptura (P , em N) e a área de aplicação do esforço (S , em mm²), como mostra a Equação 2.

$$R = \frac{P}{S}$$

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos para o ensaio de tempo e fim de pega foram:

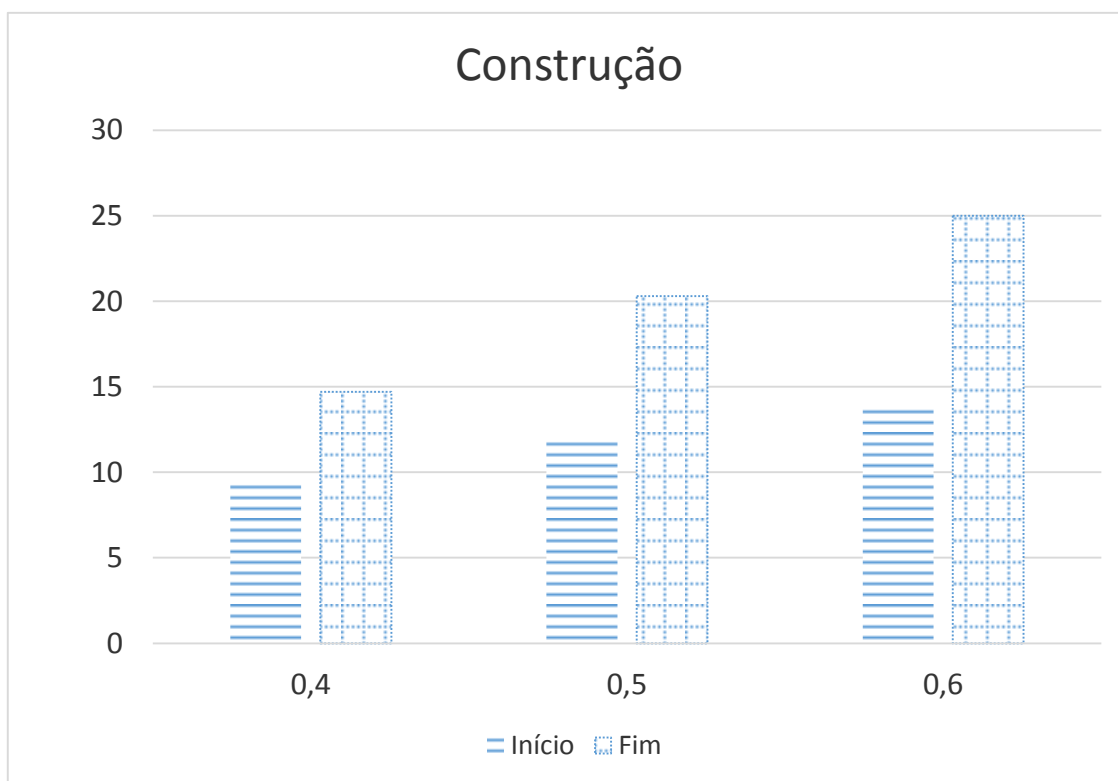


Figura 1 – Tempos de início e fim de pega do gesso de construção.

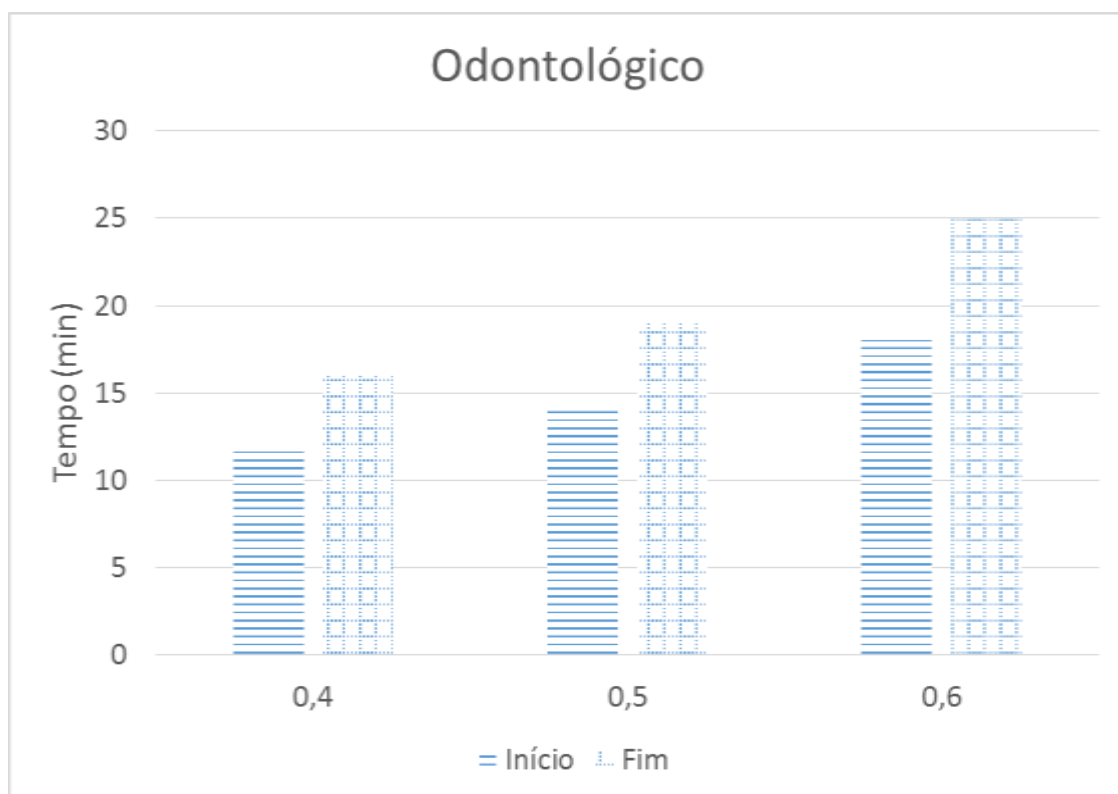


Figura 2 – Tempos de início e fim de pega do gesso odontológico.

O ensaio de Tempo de Pega é feito com o auxílio do aparelho de Vicat, verificando-se os momentos que a agulha do aparelho não mais tocar o fundo (início de pega) e não mais perfurar a superfície (fim de pega); no entanto, ao hidratar o gesso reciclado, sua pasta não é uniforme, mas empedrada, impossibilitando a penetração da agulha. Com isso, o ensaio de tempo de pega para o

gesso reciclado não pôde ser concluído.

Os resultados obtidos para o ensaio de calor de hidratação foram:

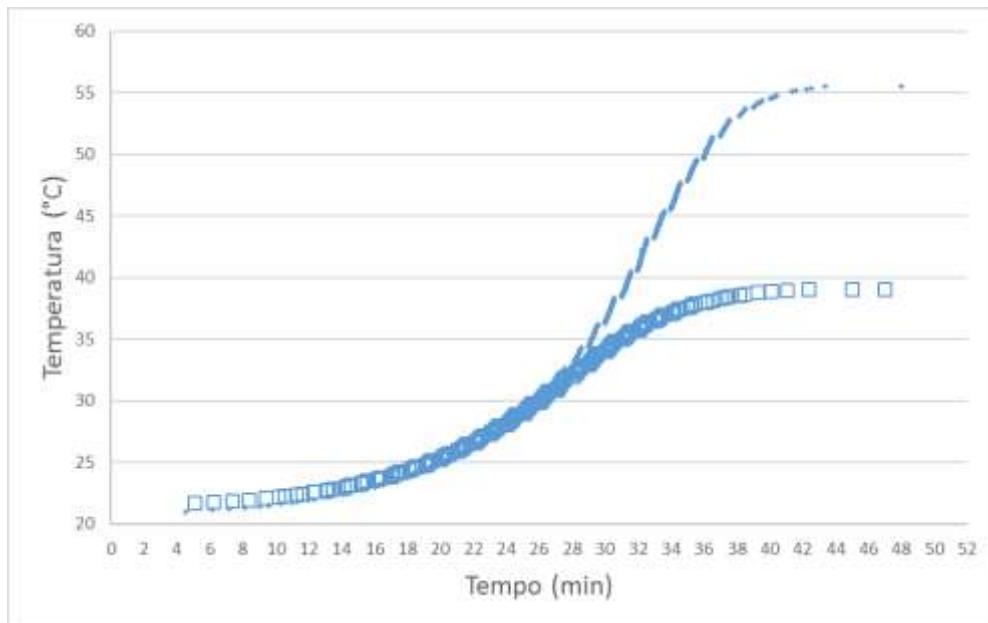


Figura 3 – Calor de hidratação dos gessos estudados.

Gesso de Construção:

Temperatura máxima: 39,1°C

Tempo decorrido: 47 minutos

Gesso Odontológico:

Temperatura Máxima: 55,5°C

Tempo Decorrido: 48 minutos

O ensaio de Calor de Hidratação para o gesso reciclado tornou-se inviável a partir do momento em que, passando-se uma hora e meia de ensaio, a pasta do gesso reciclado havia aquecido apenas 2°C, e ainda estava totalmente aquosa. Estima-se que o tempo necessário para tal ensaio seja entre seis a sete horas, tempo decorrido para se verificar um início de endurecimento da pasta.

Os resultados obtidos para os ensaios de resistência à compressão são:

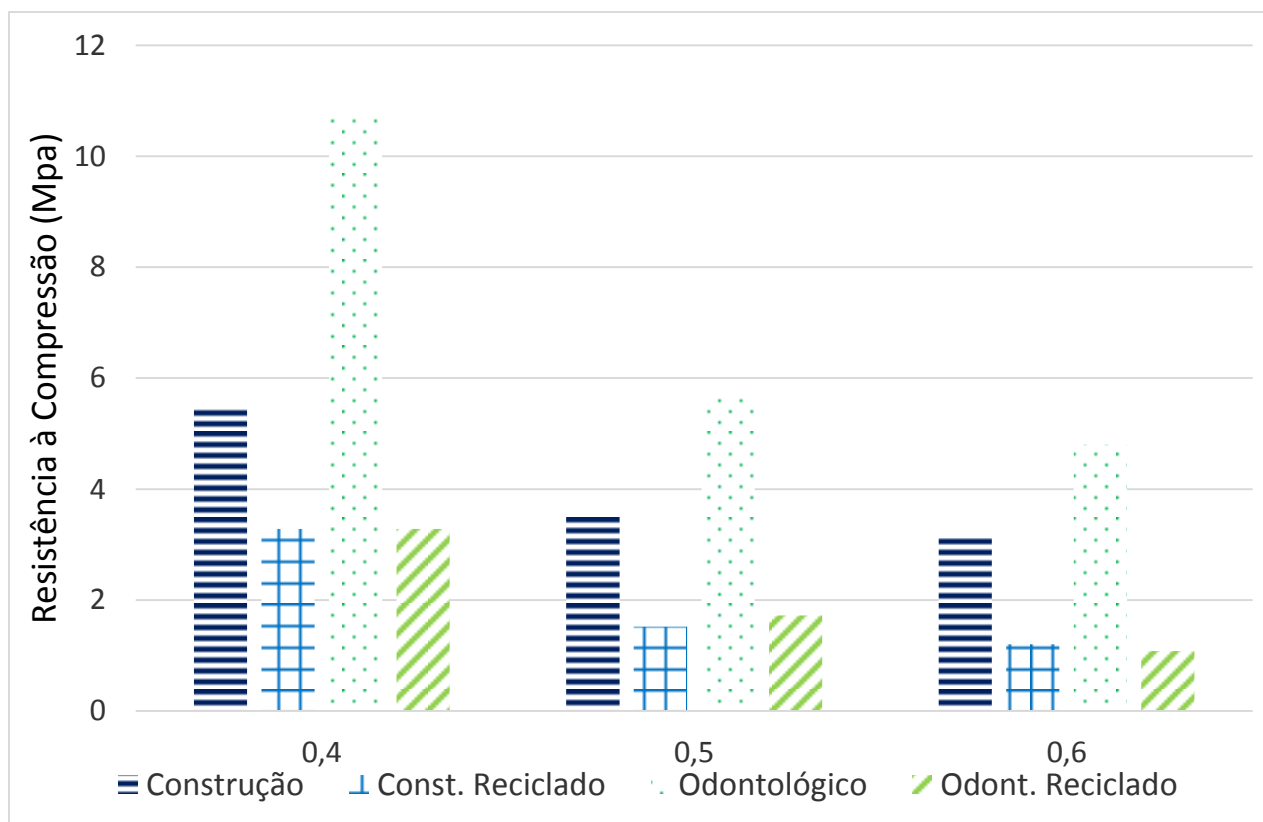


Figura 5 – Resistência à compressão dos gessos estudados.

Verifica-se que, por se tratar de um gesso tipo β , o gesso odontológico apresenta maior resistência à compressão do que o de construção; porém, após a desidratação, ambos são gesso tipo α , fazendo com que suas resistências praticamente se equivalham. A perda de resistência do gesso odontológico é de cerca de 72%; e a do gesso de construção é de cerca de 52%.

Conclusões

Quanto à pasta do gesso, conclui-se uma impossibilidade da formação de uma pasta uniforme e um grande aumento no tempo necessário para a solidificação, fatos que talvez impossibilitem o uso de gesso reciclado para produção de telas e tetos, que precisam ser uniformes e terem um tempo de endurecimento rápido.

Quanto ao gesso endurecido, nota-se uma perda considerável de resistência à compressão (50% - 70%), tornando o gesso reciclado útil apenas para situações em que não seja aplicada uma grande carga sobre ele. Para os gessos iniciais, nota-se uma maior resistência à compressão para o gesso odontológico, porém, quando reciclados, ambos os gessos odontológico e de construção têm semelhante resistência, evidenciando que o gesso odontológico perde mais suas características em comparação ao de construção.

Referências Bibliográficas

ANTUNES, R. P. N. *Estudo da influência da cal hidratada nas pastas de gesso*. 1999. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Gesso para construção civil – Determinação das propriedades físicas do pó*. Rio de Janeiro: ABNT, 1991a. (NBR 12127).

_____. *Gesso para construção civil – Determinação das propriedades físicas da pasta*. Rio de Janeiro: ABNT, 1991b. (NBR 12128).

_____. *Gesso para construção civil – Determinação das propriedades mecânicas*. Rio de Janeiro: ABNT, 1991c. (NBR 12129).

_____. *Gesso para construção civil*. Rio de Janeiro: ABNT, 1994. (NBR 13207).

_____. *Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004 (NBR 15112).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, DF: **Diário Oficial da União**, 17 jul. 2002. Disponível em: (<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>). Acesso em: 16 de junho de 2014.

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. Disponível em: (<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=649>). Acesso em: 16 de junho de 2014.

CLIFTON, J. R. Some aspects of the setting and hardening of gypsum plaster. Technical Note, 755, National Bureau of Standards. 1973.

DRYWALL – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE CHAPAS PARA DRYWALL (Brasil) (Org.). ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE CHAPAS PARA DRYWALL. Disponível em: <www.drywall.org.br>, 2005. Acesso em: 20 mai. 2006.

GUSMÃO, A. D. **Manual de Gestão dos Resíduos da Construção Civil**. Camaragibe, PE: CSS, 2008.

JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. **Alternativas de gestão dos resíduos de gesso**. São Paulo. 2003. 9 p. Disponível em: (<http://www.reciclagem.pcc.usp.br>). Acesso em: 30 jun. 2008.

JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. Gesso de construção civil. In: ISAIA, G. C. **Materiais de construção civil**. São Paulo: Ibracon, 2007. p. 727-760

KARNI, J., KARNI, E. Gypsum in construction: origin and properties. **Materials and Structures**, v. 28, p. 92-100, 1995.

LEAL, BRUNO. **Contribuição ao estudo da Secagem com micro-ondas de carbonato de cálcio precipitado**, 2012. São Caetano do Sul. (<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/contribuicao-ao-estudo-da-secagem-com-micro-ondas-de-carbonato.pdf>).

LEWRY, A. J., WILLIAMSON, J. The setting of gypsum plaster - Part I: The hydration of calcium sulfate hemihydrate. **Journal of Materials Science**, v. 28, p. 5279-5284, 1994.

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.

RIDGE, J. M. **Rev. Pure Applied Chemistry**, EUA, v. 10, p.243, 1960.

TYDLITÁT, V.; MEDVED, I.; CERNÝ, R. Determination of a partial phase composition in calcined gypsum by calorimetric analysis of hydration kinetics. **J Therm Anal Calorim**, v. 109, p. 57-62, 2012.

THOLE, V. Determination of the end of hydration of gypsum plaster at room temperature using temperature-time curve. **Zement-kalk-gips**, N.2, P. 70-74, 1994.