

Influência de aditivo retardador de pega na reciclagem da pasta de gesso utilizada como revestimento interno de parede

Menezes, R. B.

Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
rbm2202@hotmail.com

Póvoas, Y. V.

Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
yeda.povoas@gmail.com

Resumo *O objetivo desta pesquisa foi investigar a influência de um aditivo retardador de pega nas propriedades da argamassa de gesso produzidas com seu próprio resíduo. Diferente de outros tipos de resíduo de construção, o gesso ainda não possui tecnologia economicamente viável para sua reciclagem. A reutilização do resíduo na argamassa diminui o tempo útil, inviabilizando sua aplicação em revestimentos. Por isso, foi analisada a influência de um aditivo retardador de pega. Ensaios de tempo de pega e calor de hidratação auxiliaram nas conclusões. Percebe-se que a cristalização e nucleação do gesso ocorrem mais rapidamente que o processo retardador do aditivo quando em presença de resíduos.*

Abstract *The aim of this work was to investigate the influence of retarding substances in the properties of plaster of Paris produced with its own waste. The plaster is not yet economically viable for recycling. Its residue accelerate the hydration heat. Therefore, the retarding effect on hydration was observed through the use of calorimetry and setting time. It is observed that the nucleation and crystallization of gypsum occur more quickly than the retardant process of additive in the presence of residues.*

1 Introdução

O gesso era usado como material de construção desde os tempos egípcios, em ornamentação nas paredes interiores de pirâmides, assim como na elaboração de afrescos em igrejas e capelas no período românico [1].

No Brasil, atualmente, a maior parte do gesso ainda é empregada na construção civil, seja para fundição – na fabricação de pré-moldados, placas, blocos e chapas de gesso – ou para revestimento – em paredes e tetos.

1.1 Justificativa

Na indústria de construção civil a utilização do gesso só tende a aumentar, pois se observa uma grande produtividade e apesar de todo o desperdício, ainda é um revestimento de baixo custo. O custo poderia se reduzir ainda mais caso não houvesse a geração de tanto resíduo como é apresentado no cenário atual. Por isso a motivação de várias pesquisas nos últimos anos.

As pesquisas mostraram basicamente dois objetivos: evitar o desperdício, aumentando o tempo de utilização do gesso; e reutilizar o resíduo, por calcinação ou adição do mesmo na pasta.

No Brasil não foi encontrada uma pesquisa que tivesse como objetivo unir a reutilização de resíduo e adição de aditivo retardador de pega à pasta.

1.2 Objetivos

Esta pesquisa tem como objetivo estudar a influência de retardador de pega em pastas de gesso com adição de seu resíduo para utilização em revestimento interno de parede.

2 Revisão Bibliográfica

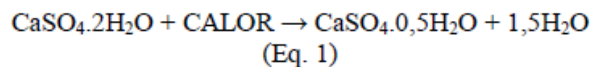
A procura pela utilização de gesso esta aumentando rapidamente, pois a sua aplicação é mais rápida e de baixo custo [2]. Como principal vantagem, destaca-se os ganhos de produtividade quando comparado aos revestimentos de argamassa. Esses revestimentos, emboço e reboco, necessitam de pelo menos 30 dias de espera entre sua aplicação e a aplicação do produto final. Mais de quatro vezes o tempo que é necessário no revestimento de gesso [3, 4].

Atualmente não se pode dizer que seu uso tenha tradição no Brasil, embora a produção nacional de gipsita tenha alcançado 1,92 milhões de toneladas em 2007. O pólo gesseiro do Araripe surgiu apenas na década de 60 e

60% da produção de gipsita, ou seja, menos de 1 milhão de toneladas, é voltada à indústria de construção, contra 25 milhões de toneladas de cimento e 2 milhões de toneladas de cal, outros dois aglomerantes inorgânicos existentes [5, 6, 7].

A maior utilização da gipsita (sulfato de cálcio dihidratado, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) encontra-se na agricultura e na indústria cimenteira. Todavia, quando passa pelo processo de desidratação, conhecido como calcinação, é transformada em gesso e utilizada em grande parte, na indústria de construção civil como gesso para fundição ou para revestimento [8].

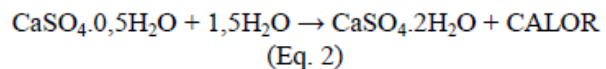
O processo de calcinação da gipsita consiste em sua exposição ao calor (equação 1), que pode ser realizado em pressão atmosférica, obtendo-se o gesso beta que é utilizado em construções. Ou em pressões maiores que a atmosférica, gerando o gesso alfa, utilizado em odontologia ou ortopedia. Este tipo de gesso possui maior dureza, maior resistência e melhor cristalização. Apesar da alta qualidade, este não é utilizado na indústria civil por ser de alto custo [9].



Após este processo, para ser considerado gesso de construção ele deve atender as normas da NBR 13207 [10]. As características mais importantes dessa norma são a quantidade de óxido de cálcio e de anidrido sulfúrico que não devem ser inferiores a 38% e 53%, respectivamente. Estes valores são determinados com ensaios em laboratório como recomendado pela norma MB 3471 [11].

O hemidrato possui algumas características intrínsecas que faz com que ele se torne mais atrativo, exemplos a capacidade de combater a propagação de calor, ter baixo coeficiente de condutividade térmica, expansão e secagem rápida.

O gesso em contato com a água forma uma pasta consistente e trabalhável (equação 2). Em pouco tempo, a pasta endurece ganhando resistência e o hemidrato volta à forma dihidratada.



A hidratação do gesso pode ser explicada pela teoria da cristalização como mostram os trabalhos de LAVOISIER (1798) e Le CHATELIER (1887).

Na hidratação, os cristais do hemidrato se dissolvem saturando a solução com íons Ca^{2+} e SO_4^{2-} , quando então

eles precipitam em forma de agulhas aumentando a concentração de cristais e endurecendo a pasta. Os dois fatores que mais influenciam esta reação são a relação água/gesso e a quantidade de impurezas e gipsitas presentes no pó. A cinética da reação será menor, quanto maior for a relação água/gesso, pois o aumento na quantidade de água interfere no tempo necessário para a saturação da pasta [12]. Em relação às impurezas, elas podem funcionar como núcleos de cristalização, acelerando a pega, ou podem atuar como aditivos retardadores [13].

Após a utilização do gesso o dihidrato formado tem a mesma fórmula química original da gipsita. Contudo há diferenças entre a matéria-prima e o produto da hidratação:

- dihidrato possui estrutura porosa, causada pelo excesso de água na preparação da pasta [3];
- A rápida nucleação no processo de hidratação provoca uma orientação cristalográfica aleatória [3];
- A gipsita possui densidade aparente de 2,3 t/m³; e o dihidrato tem uma grande quantidade de poros e densidade aparente de 0,5 a 1,5 t/m³ [3].

O rápido endurecimento do gesso aliada com a mão-de-obra pouco qualificada encontrada no setor de construção civil faz com que o gesso gere mais resíduos do que o normalmente gerado pelo cimento ou cal [14].

De acordo com o projeto FINEP HABITARE, 45% é o desperdício de gesso de revestimento na construção civil [7].

Por motivos deste e de outros desperdícios encontrados, surgiu o CONAMA que tem por objetivo reduzir o impacto ambiental. De acordo com a Resolução nº 307 de 05 de julho de 2002, o resíduo de gesso esta classificado como classe C, que corresponde aos materiais que ainda não foram desenvolvidos tecnologias ou aplicações viáveis que permitam a reutilização. A geração de resíduos não infringe as normas, porém a empresa geradora deve ter como objetivo reduzir, reciclar ou reutilizá-los. Também não se pode destinar o gesso em aterros sanitários pois nas condições de umidade e devido ao baixo pH, ação de bactérias redutoras de sulfato podem formar ácidos tóxicos e inflamáveis contaminando o solo e lençol freático [15, 16, 17].

A maior parte do desperdício de gesso se encontra na utilização para revestimento. Porém com as diversas pesquisas já realizadas no Brasil e em outros países, pode-se perceber que a reciclagem é possível [18].

A Lafarge, por exemplo, é uma empresa líder mundial em matérias de construção e foi a primeira na reciclagem deste resíduo utilizando-o na fabricação do cimento [19].

Muitas pesquisas já foram feitas para dar mais confiança as tecnologias de reaproveitamento do gesso. Harada [20] e Fiano [21], por exemplo, coletaram resíduos e recalcinaram, percebendo que o mesmo podia ser utilizado como gesso de fundição. Nita et al [22] fizeram uma pesquisa semelhante. Apresentaram como solução reutilizar o gesso sem calcinação e com calcinação a 140 °C. Tiveram bons resultados mecânicos apesar da aceleração do tempo de pega.

Uma forma de reutilizar o resíduo é adicioná-lo na pasta de gesso. Schmitz e Póvoas [2] adicionaram teores de 0%, 5% e 10% e verificaram resultados satisfatórios. Entretanto, as curvas de calor de hidratação mostraram que a hidratação da pasta foi acelerada, diminuindo assim o tempo de pega, e conseqüentemente o tempo útil.

A proposta de Antunes e John [4] é a alteração da formulação utilizando a cal hidratada na pasta de gesso visando ampliar o tempo útil.

Outras sugestões para prolongar o tempo útil é utilizar aditivos retardadores, objeto de estudo de HINCAPIÉ [23]. Aditivos são substâncias utilizadas para melhorar o rendimento de uma propriedade, baseando-se nos estudos de reações químicas entre o aditivo e a substância que se deseja alterar. Nesta pesquisa percebeu-se que todas as substâncias retardadoras estudadas afetam negativamente as propriedades mecânicas. Porém algumas ainda apresentam desempenho satisfatório, como por exemplo, citratos, bórax, fosfato e peptona.

Alguns aditivos desempenham uma função importante nos processos de nucleação e crescimento dos cristais. Na transformação do hemidrato para o dihidrato, por exemplo, são frequentemente utilizados e estudados para alterar o tempo de pega da pasta [24].

De acordo com pesquisas anteriores se observou que ácidos orgânicos fracos e seus sais com bases fortes atuam como retardadores de pega [25, 26].

Na pesquisa realizada por Badens, Veesler e Boistelle [27] foi constatado que o efeito retardador é diretamente proporcional a concentração de aditivo, no caso deste ser um inibidor que diminua ou interrompa a reação química. Também foi apresentada uma relação entre a taxa de efeito retardador do aditivo e o arranjo molecular do mesmo.

Também é possível perceber, de acordo com as pesquisas de Hincapié [3] e Singh et al [25], que os aditivos alteram o crescimento e a morfologia do cristal. Estas mudanças são de acordo com a configuração molecular e concentração da substância. O processo de nucleação e crescimento do cristal pode ser alterado por

diferentes tipos de retardadores e formar variadas micro-estruturas.

Em geral, no gesso endurecido, os cristais aparecem em forma de agulha sem orientação definida (Figura 1). Com a adição de retardadores os cristais se apresentam como pacotes de agulhas ou com formatos mais hexagonais e arredondados, mais grossos que o normal, sem apresentar entrelaçamento entre eles (Figura 2).

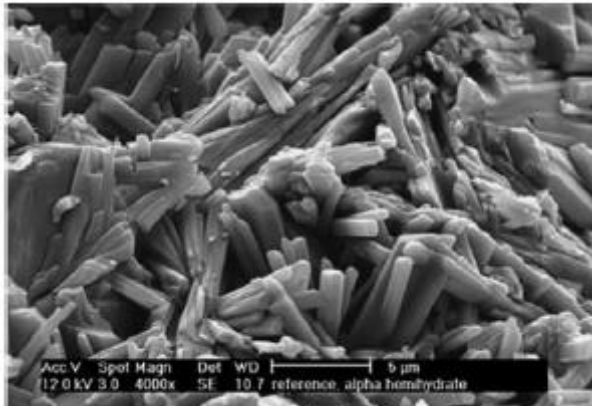


Fig 1. Gesso (referência)

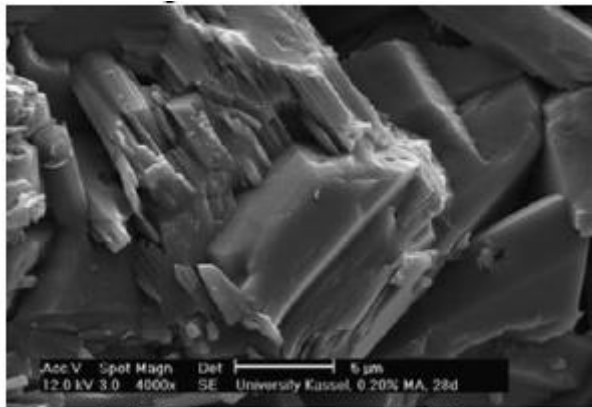


Fig 2. Gesso com retardador

3 Metodologia

Para toda a pesquisa foram utilizados gesso de construção para revestimento, resíduo e aditivo retardador de pega.

O gesso foi analisado quimicamente e comparado com os valores exigidos pela norma NBR 13207 [10]. As duas amostras, G1 e G2 no Quadro 1, foram retiradas do mesmo material e comparadas.

Apesar de a água livre ter porcentagem inferior a 1,3 como indicado pela norma NBR 13207 [10], o material se mostrou em desacordo na quantidade de sulfato em SO_3 e na quantidade de Cálcio. O primeiro estava em 32,02% e

o segundo, 32,64%. Diferente dos valores mínimos exigidos de 38% e 53%, respectivamente.

O módulo de finura do gesso foi determinado como 1,00 caracterizando o material como gesso fino de acordo com a norma NBR 13207 [10] que caracteriza gesso grosso aqueles que possuem módulo de finura maior que 1,10. Nessa mesma norma, é determinado o valor mínimo da massa unitária, que não pode ser inferior a 700 kg/m^3 . O gesso estudado atingiu o valor de $708,78 \text{ kg/m}^3$, portanto, maior que o mínimo exigido. Estes ensaios foram executados de acordo com a norma brasileira MB 3468 [28].

Quadro 1. Análise química dos materiais

PARÂMETRO	Gesso Natural		Gesso Beneficiado	
	G1	G2	R1	R2
Umidade a 45 ° C	1,14%	1,12%	0,35%	0,38%
Anidrido Sulfúrico (em SO_3)	32,02%	29,60%	33,00%	31,72%
Cálcio (em Ca)	11,96%	13,60%	13,56%	13,02%
Cálcio (em CaO)	16,62%	19,04%	18,97%	18,22%
Resíduos Insolúveis SiO_2	7,50%	19,03%	23,40%	34,85%

O resíduo foi conseguido em obra na região metropolitana do Recife – PE, que foi obtido após executar revestimento interno de parede. A empresa de execução respeitava as práticas sugeridas de revestimento de gesso, como por exemplo, a utilização de lona plástica no piso para posterior recolhimento do gesso hidratado sem contato com outros resíduos da construção. Porém a empresa ainda não utilizava o resíduo na preparação da pasta. Depois de obtido, o gesso foi moído e peneirado com peneira de abertura 1,2 mm. Essa dimensão foi escolhida porque resíduos muito finos facilitam a formação de cristais diminuindo o tempo útil, e se muito grossos, dificultam a homogeneização da pasta. A análise química de duas amostras do mesmo resíduo pode ser encontrada no Quadro 1. O resíduo, em sua composição assemelha-se com o gesso natural. Sua maior diferença está na porcentagem de resíduos insolúveis encontrado.

O aditivo retardador de pega foi obtido em São Paulo – SP e indicava ser usado na relação 15 g para cada 40 kg de gesso. Embora o fabricante não tenha fornecido o princípio ativo do aditivo, foi feita a análise química do produto e seu resultado está apresentado na Tabela 1. Nota-se que as maiores porcentagens dos compostos indicados estão com o CaO e o MgO.

Tabela 1. Análise química do aditivo

Amostra	Aditivo (%)
Na ₂ O	5,78
MgO	4,91
Al ₂ O ₃	0,05
SiO ₂	0,99
P ₂ O ₅	0,03
SO ₃	0,12
Cl	1,68
K ₂ O	0,02
CaO	20,1
Cr ₂ O ₃	0,01
MnO	não detectado
Fe ₂ O ₃	0,03
NiO	< 0,01%
SrO	0,01

A perda ao fogo a 1050°C por uma hora foi de 66,2%.

Para os ensaios, a argamassa de gesso foi preparada com adição de 0, 5 e 10% de resíduo, com e sem a presença de aditivo.

Os ensaios no estado fresco de consistência e tempo de pega foram executados de acordo com a norma alemã DIN 1168 [29]. A consistência é a relação entre a massa de água e a de gesso. É determinada pesando 100g de água destilada e logo após determina-se a quantidade de gesso necessária para saturar estas 100g. Neste ensaio o valor da consistência foi de 0,7, deixando a pasta com uma consistência fluida. Esta consistência é facilmente encontrada em obra, o que é um ponto positivo, pois facilitou a mistura nos ensaios que necessitavam de adição de resíduo.

O ensaio de tempo de pega necessita de uma placa de vidro, uma espátula e um cronômetro. A pasta foi deramada na placa de vidro na tentativa de formar um disco de 10 cm de diâmetro por 5 mm de espessura. O início de pega foi dado no tempo em que ao fazer um corte com a espátula no disco, este não mais se fechava. O fim de pega é o tempo em que ao pressionar o dedo no disco de gesso as impressões digitais não se conservavam.

O calor de hidratação é um ensaio realizado por um calorímetro pseudo-adiabático (Figura 3) que pode fornecer um gráfico de calor em função da temperatura. Este gráfico, como demonstrado na Figura 4, possui quatro etapas e com ele é possível determinar o tempo de início e fim da pega.

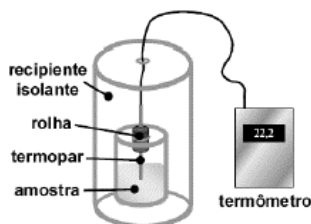


Fig 3. Esquema de um calorímetro pseudo-adiabático

Na primeira etapa encontra-se um pico, relacionado com a molhagem do pó com a água, comum a todos os aglomerantes. Na etapa dois observa-se o período de indução onde os cristais começam a se arrumar. A próxima etapa começa quando a temperatura muda mais de 1°C por minuto, caracterizando o início de pega. Por fim, depois de passar pela temperatura máxima, que é o tempo de fim de pega, a temperatura diminui, porém ainda há crescimento de alguns cristais que vão influenciar nas propriedades mecânicas do gesso.

Estas propriedades mecânicas, resistência e dureza, foram medidas de acordo com a norma brasileira MB 3470 [30].

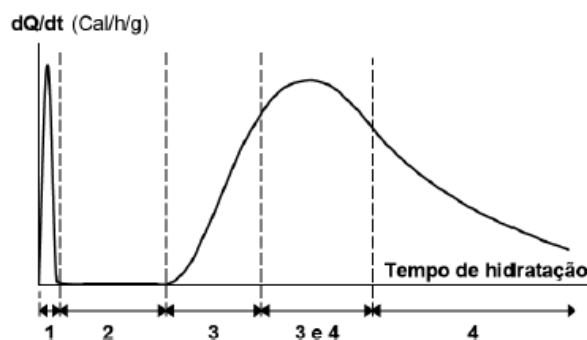


Fig 4. Curva geral do calor de hidratação

4 Resultados

Os tempos de pega podem ser comparados na Tabela 2. O início da pega do gesso se apresentou de acordo com a norma brasileira para gesso de construção (>10 min), entretanto o fim de pega aconteceu antes do indicado pela norma (>45 min) [10].

Tabela 2. Tempo de pega

Amostra	Início (min)	Fim (min)
0%	13,9	28,3
5%	6,8	12,0
10%	5,7	8,6
0% + aditivo	100,8	135,8
5% + aditivo	14,5	23,8
10% + aditivo	7,0	12,2

Ao adicionar 5 e 10% de resíduo observa-se a diminuição dos tempos do início e do fim de pega. Quanto maior a porcentagem de resíduo, menores os tempos de pega, conforme o esperado, de acordo com pesquisas anteriores.

A adição do aditivo retardador foi bastante eficiente no gesso sem resíduos, retardando por mais de uma hora o início e fim de pega, inclusive aumentando a diferença entre eles. Nas argamassas de gesso, o aditivo não se mostrou

tão eficiente. O tempo de pega nas misturas com 10% de resíduo subiu de 5,7 minutos para apenas 7 minutos. Pode-se notar a queda no seu desempenho observando a Figura 5.

Os tempos de início e fim de pega observados na argamassa com 5% de resíduo mais aditivo (14,5 min e 23,8 min, respectivamente) foram aproximadamente os mesmos encontrados para a pasta de gesso sem resíduo e sem aditivo (13,9 min e 28,3 min, respectivamente). Com estes dados pode-se considerar que o aditivo pode auxiliar a reciclagem, ou seja, pode-se utilizar adição de 5% de resíduo obtendo-se resultados semelhantes à pasta de gesso.

Ainda para caracterização da pasta e confirmação dos resultados de tempo de pega, foram feitos os ensaios de calorimetria. É possível perceber com a Figura 6(a), que a curva é semelhante quando há a presença de resíduos na pasta, independente do uso de aditivos. A Figura 6(b) mostra que com a adição de resíduos, a curva de calor de hidratação se desloca para a esquerda. O deslocamento é maior quanto mais resíduo é adicionado.

Comparando os gráficos pode-se perceber que com a adição de aditivo, o período de indução é prolongado. A curva entre o ponto de início de pega e seu pico (fim de pega) sofre uma sutil inclinação para a direita. Esta inclinação é devido ao tempo entre o início e fim de pega que é ampliado, aumentando o tempo de utilização da pasta.

Na Figura 7 é possível comparar todas as curvas. Pode-se notar os deslocamentos das curvas fixando a curva “0% - sem aditivo” como referência. Notamos que todas as outras se deslocam para a esquerda com exceção da curva da pasta com o aditivo retardador de pega.

Os resultados dos ensaios mecânicos podem ser comparados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados dos ensaios mecânicos

Amostra	Dureza (u.s.c.)	Resistência à compressão (MPa)
0%	99,5	11,09
5%	99,4	11,34
10%	99,4	10,46
0% + aditivo	99,0	10,27
5% + aditivo	98,9	11,06
10% + aditivo	98,8	9,76

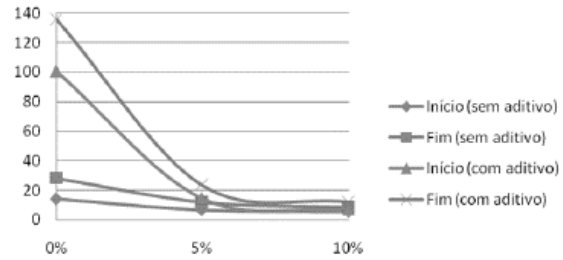
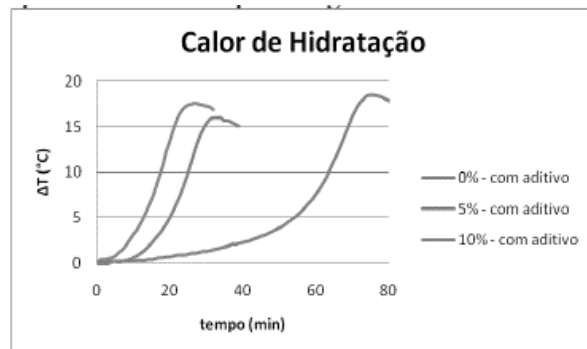


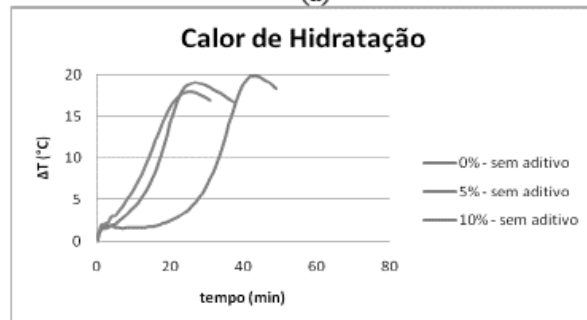
Fig 5. Tempo de início e fim de pega vs. teor de resíduo (em argamassas com e sem aditivo)

Percebe-se uma queda nos valores de dureza quando adicionado resíduo e aditivo. Porém nada muito significativo.

Com relação à resistência à compressão nota-se um pequeno acréscimo dos resultados quando adicionado 5% de resíduo, porém ao incrementar este teor a resistência apresenta uma queda. Comparando a utilização do aditivo, percebe-se que este afeta negativamente a resistência. Entretanto, uma vez que a norma brasileira [10] exige uma resistência à compressão maior que 8,4 MPa, não é necessário se preocupar com estes valores, já que todos eles se apresentaram maior que o exigido.



(a)



(b)

Fig 6. Calor de hidratação das argamassas de gesso com resíduo. (a) com aditivo. (b) sem aditivo.

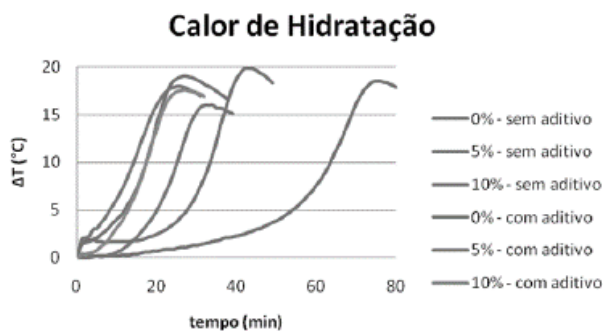


Fig 7. Calor de hidratação de todas as argamassas estudadas

5 Conclusões

A adição de retardador de pega na argamassa de gesso, formulada com 5% de resíduo, pode diminuir os custos que uma empresa aplicadora de gesso geralmente possui para transportar e armazenar o que é desperdiçado. Aumentando-se a quantidade de resíduo o tempo de pega é diminuído, assim como o tempo útil que o profissional tem para a execução do revestimento. Ao adicionar o aditivo retardador, este tempo é incrementado, porém a argamassa com 10% de resíduo ainda não se apresenta satisfatória para o uso.

Pode-se observar que a rapidez na cristalização do gesso é diretamente proporcional ao teor de resíduo adicionado. Ao inserir o retardador de pega na mistura, a rapidez na cristalização diminui. Como consequência a resistência à compressão e a dureza são afetadas negativamente.

Referências

- [1] Disponível em: <itacultural.org.br/aplicexternas/enciclopedia_ic/index.cfm?fuseaction=termos_texto&cd_verbete=54>. Acesso em: 12/ 09/ 2010.
- [2] SCHMITZ, I.B.T.A.; PÓVOAS, Y.V. Estudo do desempenho da pasta de gesso com adição de seu resíduo como revestimento interno de paredes. In: VIII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2009, Curitiba. Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2009
- [3] HINCAPIE, A.M. Influência dos aditivos retardadores de pega na hidratação do hemidrato beta natural. 1997. 0 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo.
- [4] ANTUNES, R.P.N.; JOHN, V.M. Estudo da influência da cal hidratada nas pastas de gesso endurecidas. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, VIII, 2000, Salvador/BA. Anais do VIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Salvador : ANTAC, 2000.
- [5] Disponível em : <dnpm.gov.br/assets/galeriaDocumento /SumarioMineral2008/gipsita.pdf>. Acesso em: 12/ 09/ 2010
- [6] BALTAR, C.A.M.; BASTOS, F.F.; LUZ, A.B. Diagnostico do pólo gesseiro de Pernambuco (Brasil) com ênfase na produção de gipsita para fabricação de cimento. Disponível em: <www.minas.upm.es/jornadas/IV JORNADAS/PONENCIAS%20y%20COMUNICACIONES/MAGALHAES%20Carlos_IV%20IBERMAC.pdf>
- [7] AGOPYAN, V.; SOUZA, U.E.L.; PALIARI, J.C.; ANDRADE, A.C. Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras.. In: Formoso, C. T; Ino, A. (Org.). Inovação, Gestão da Qualidade & Produtividade e Disseminação do Conhecimento Habitacional. Porto Alegre: ANTAC, 2003, v. 1, p. 224-249.
- [8] PEREZ, L.; BENACHOUR, M.; SANTOS, V.A. dos - O Gesso: Produção e Utilização na Construção Civil. Recife: Editora Bagaço, 2001, 156 p.
- [9] SOARES, J.P.; SHINOHARA, A.H.; LEITE, L.R.P; SUZUKI, C.K. Caracterização do Gesso-Alfa Produzidos por Processo Hidrotermal e Calcinação sob Pressão de Vapor de Água pela Técnica de Difração de Raios-X de Alta Resolução.. In: 49º Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2005, 2005, São Pedro - SP.. Anais do 49º Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2005. v. 1. p. 1-12.
- [10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Gesso para construção civil: especificação. -NBR 13207. Rio de Janeiro, 1994.
- [11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Gesso para construção civil: determinação da água livre e de cristalização e teores de óxido de cálcio e anidrido sulfúrico. - NBR 12130/MB 3471. Rio de Janeiro, 1991.
- [12] PÓVOAS, Y.V.; LORDSLEEM JR., A.C.; SCHMITZ, Í.B.T.A.; JOHN, V.M. Reaproveitamento do resíduo de gesso na execução de revestimento interno de vedação vertical. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 103-119, jan./mar. 2010.

- [13] JOHN, V.M.; CINCOTTO, M.A. Gesso de Construção Civil. ISAIA, G.C. Ed. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais – São Paulo: IBRACON, 2007 2v.
- [14] Disponível em: <industriagesso.org.br/polo_gesso.asp>. Acesso em: 12/ 09/ 2010.
- [15] CARDOSO, F.A.; AGOPYAN, A.K.; CARBONE, C.; JOHN, V.M.; PILEGGI, R.G. Caracterização reológica de revestimentos à base de gesso por squeeze-flow. 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 15 a 19 de Novembro de 2006, Foz do Iguaçu, PR, Brasil.
- [16] CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução n. 307 de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção. Diário Oficial da República Federativa do Brasil.
- [17] GUSMÃO, A.D. Manual de Gestão de Resíduos da Construção Civil. 1. ed. Camaragibe/PE: CCS Editora e Gráfica, 2008. v. 01. 140 p.
- [18] ARAGÃO JR, J.A. Reaproveitamento dos resíduos de gesso de revestimento interno de parede utilizados na construção civil. Universidade de Pernambuco (monografia), 2009.
- [19] Disponível em: <revistafator.com.br/ver_noticia.php?not=17414>. Acesso em: 12/ 09/ 2010.
- [20] HARADA, E.; PIMENTELI, L.L. Estudo da viabilidade do reaproveitamento de gesso – Queima lenta. *Anais do XIV Encontro de Iniciação Científica da PUC-Campinas - 29 e 30 de setembro de 2009*
- [21] FIANO, M.B.S.; PIMENTEL, L.L. Estudo da viabilidade do reaproveitamento de gesso – Queima rápida. *Anais do XIV Encontro de Iniciação Científica da PUC-Campinas - 29 e 30 de setembro de 2009*
- [22] NITA, C.; PILEGGI, R.G.; CINCOTTO, M.A.; JOHN, V.M. Estudo da Reciclagem do Gesso de Construção. I Conferência Latino-americana de Construção Sustentável. X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC 04). De 18 a 21 de julho 2004, São Paulo.
- [23] HINCAPIE, A.M.; CINCOTTO, M.A.. Seleção de substâncias retardadoras do tempo de pega do gesso de construção. São paulo: escola Politécnica - USP, 1997 (Boletim Técnico).
- [24] BRANDT, F.; BOSBACH D. Bassanite (CaSO₄.0,5H₂O) dissolution and gypsum (CaSO₄.2H₂O) precipitation in the presence of cellulose ethers. *Journal of Crystal Growth* (2001). Germany
- [25] SINGH, N.B.; MIDDENDORF, B. Calcium sulphate hemihydrate hydration leading to gypsum crystallization. *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*, 2007
- [26] SONG K.M.; MITCHELL, J.; JAFFEL, H.; GLADDEN, L.F. Simultaneous monitoring of hydration kinetics, microstructural evolution, and surface interactions in hydrating gypsum plaster in the presence of additives. *J Mater Sci*, 2010. DOI 10.1007/s10853-010-4572-7
- [27] BADENS, E.; VEESLER, S.; BOISTELLE, R. Crystallization of gypsum from hemihydrate in presence of additives. *Journal of Crystal Growth*, n 198/199, p.704-709, 1999.
- [28] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Gesso para construção civil: determinação das propriedades físicas do pó. - NBR 12127/MB 3468. Rio de Janeiro, 1991.
- [29] DEUTSCHIE INSTITUT FUR NORMUNG. Building plaster: requirements, testing control. – DIN 1168: part 2, Berlim, 1975.
- [30] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Gesso para construção civil: determinação das propriedades mecânicas. - NBR 12129/MB 3470. Rio de Janeiro, 1991.