

ANÁLISE DA MICROESTRUTURA DO GESSO RECICLADO

Mariana Silva Ferreira ¹; Heloísa Cristina Fernandes Cordon ²

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

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

Resumo. *O gesso é gerado pela calcinação e hidratação da gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Esse material, comumente utilizado na construção civil, possui um rápido tempo de pega (tempo para que a mistura se solidifique) que, juntamente com a utilização de mão de obra pouco qualificada, gera uma grande quantidade de material não aproveitado que é impedido de ser descartado diretamente no aterro sanitário devido a sua solubilidade em água, por esse motivo sua reciclagem é incentivada. Entretanto, após a reciclagem, o tempo de pega diminui ainda mais, gerando maiores desperdícios. Nesse trabalho a microestrutura do gesso reciclado foi analisada, buscando sua caracterização e comparação com o material não reciclado pelas seguintes técnicas: Difração de Raios X, Termogravimetria, Microscopia Eletrônica de Varredura, Calorimetria Exploratória Diferencial e valores de massa específica e unitária. O material utilizado é o gesso de construção moído e passado por uma peneira de 10 μm , nas seguintes condições: comercial sem alteração, hidratado com relações água/gesso iguais a 0,4; 0,5 e 0,6 e desidratado. Ao final das análises concluiu-se que o peneiramento da amostra trouxe prejuízos ao trabalho, que a relação água/gesso 0,4 não é recomendada e que a reciclagem do gesso não traz prejuízos a material microestruturalmente.*

Introdução

O gesso na forma de hemidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) é um dos produtos da calcinação da gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) que, quando hidratada, sofre uma reação exotérmica retornando a sua fórmula química natural ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), que é denominado de diidrato, formando uma pasta de gesso usada comumente na construção civil (KARNI; KARNI, 1995). Essa pasta permanece em estado pastoso por um período de tempo denominado tempo de pega, após esse período ela atinge o estado sólido impossibilitando o seu modelamento.

Esse material é muito utilizado devido aos seus benefícios como, por exemplo, seu baixo custo, fácil manipulação, além de possuir uma finalização estética de boa qualidade e elevada capacidade de aderência (PIMENTEL; SÁ, 2009).

Entretanto, concomitante ao crescimento da utilização do gesso cresce também o desperdício desse material devido ao seu baixo tempo de pega e a mão de obra pouco qualificada utilizada em seu manuseio. Segundo dados do SINDUSGESSO e ABRAGESSO (2006) *apud* Munhoz; Renofio (2007) são gerados, somente na Grande São Paulo, 12.000 ton/ano de resíduos de gesso. Além disso, existe ainda o agravante de que esse gesso não pode ser simplesmente descartado em aterros sanitários devido a sua solubilidade em água que pode causar a lixiviação do solo, e ainda, em contato com a umidade, bactérias redutoras de sulfato agem sobre o gesso provocando a liberação de gás sulfídrico (H_2S) (PIMENTEL; SÁ, 2009).

Na Resolução Nº 431/2011 o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2011) alterou a Resolução Nº 307/2002 atribuindo o gesso, que anteriormente pertencia à Classe C (resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação), à Classe B (resíduos recicláveis para outras destinações). Essa alteração permitiu maior investimento na reciclagem do gesso que já vinha sendo estudada anteriormente (TEIXEIRA, 2012).

A reciclagem desse material é muito simples, sendo necessária apenas uma nova calcinação da pasta hidratada de gesso para a formação novamente do gesso hemidrato que poderá ser reidratado e utilizado normalmente (Figura 1). No entanto, ao passar pela nova

calcinação existe uma tendência de que o tempo de pega do material seja diminuído, provavelmente por uma mudança na sua microestrutura, gerando ainda mais desperdício.

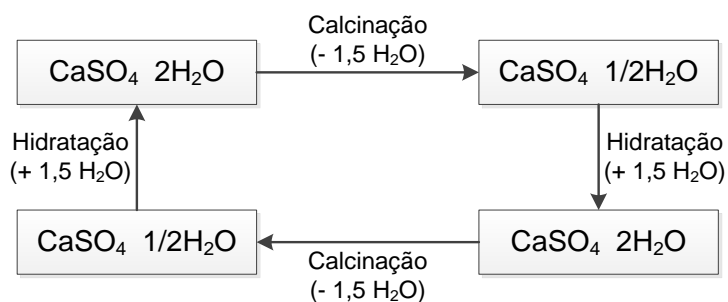


Figura 1 – Fluxograma básico referente ao ciclo da reciclagem do gesso.

Sabe-se que a microestrutura da pasta de gesso endurecida não é considerada um sólido compacto sendo definida por Ridge (1960) *apud* Lewry e Williamson (1994) como um material altamente poroso com superfície interna relativamente grande, consistindo de cristais entrelaçados em forma de placas e agulhas. O processo de cristalização depende de vários fatores como, por exemplo, saturação/supersaturação da solução, impurezas, tipo de hemidrato e sua área superficial, temperatura, relação água/gesso, entre outros (MIDDENDORF; SINGH, 2007). Outro fator que altera fortemente o processo é o número de núcleos de cristalização, que são responsáveis pelo crescimento dos cristais, tal fato foi estudado por Murat *et al.* (1979) *apud* Antunes (1999) chegando à conclusão de que quanto maior a quantidade de núcleos, mais rápida é a reação, gerando uma grande quantidade de cristais pequenos por unidade de volume da solução. Assim, quanto menos núcleos, mais lento é o crescimento e maior o tamanho dos cristais que geram massas mais porosas, sendo menos resistentes que aquelas formadas por cristais pequenos que possuem menor porosidade, ou seja, espaços vazios entre seus cristais.

Objetivo

Este trabalho tem como objetivo analisar a microestrutura do gesso reciclado, por meio da comparação dos resultados obtidos com o gesso de construção industrial conforme recebido, após hidratado e depois de desidratado, a fim de observar as alterações na microestrutura que ocorrem a esse material após sua reciclagem.

Materiais e Métodos

Foi utilizado gesso de construção industrial comercial (GC) moído e passado por uma peneira de 10 μm , para uniformização da granulometria, nas seguintes condições: GC comercial conforme recebido; GC Hidratado com relações água/gesso iguais a 0,4, 0,5 e 0,6, GC Desidratado a temperatura de 160°C durante 2 horas e meia. Neste trabalho será utilizada a nomenclatura de GC0 para os gessos não reciclados, sendo eles o comercial e os hidratados, e GC1 para os gessos reciclados, sendo eles os desidratados.

A análise da microestrutura do material foi realizada por meio das seguintes técnicas de caracterização: Difração de Raios X (DRX); Termogravimetria (TG/DTG); Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC). Além de informações sobre a massa específica e massa unitária de cada amostra obtida pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR NM 23:2000 (ABNT, 2001) e MB-3468/NBR 12127 (ABNT, 1991), respectivamente, sendo que para a massa específica foi utilizado 50g de gesso e o líquido não reagente foi o querosene.

Todas as desidratações foram realizadas em uma estufa de esterilização e secagem da marca *MEDICATE ESTUFAS*, modelo MD. A temperatura média foi mantida constante em

160°C, as amostras permaneceram na prateleira inferior da estufa dentro de recipientes abertos de cerâmica durante 2 horas e 30 minutos.

Para os ensaios de difração de raios X, DRX, foi utilizado o equipamento da marca *STOE*, modelo *STADI-P*. As condições para ensaio foram radiação *Cu-K α 1* operando a 40 kV e 40 mA, na geometria de transmissão, com as amostras acondicionadas em um porta-amostra contendo duas folhas de acetato-celulose, mantido em rotação durante a aquisição de dados e faixa de 2 θ variando de 10° a 110°. As informações foram refinadas pelo método de Rietveld no software *Topas Academic*.

Para os ensaios de termogravimetria e termogravimetria diferencial, TG/DTG, foi utilizado o equipamento da marca *NETZSCH*, modelo *STA 409 PC/PG*. As condições para ensaio seguiram uma faixa de temperatura de 27°C a 1.000°C com uma taxa de aquecimento igual a 5°C.min⁻¹ com a amostra em um cadinho de alumina aberto.

Para os ensaios de calorimetria exploratória diferencial, DSC, foi utilizado o equipamento da marca *TA Instruments Thermal Analysis*, modelo *DSC Q200*. A faixa de temperatura estudada foi de 25°C a 300°C com uma taxa de aquecimento igual a 5°C.min⁻¹.

Os ensaios de microscopia eletrônica de varredura, MEV, foram realizados em um equipamento da marca *Mineral Liberation Analyses*, modelo *Quanta 600 FEG*. As condições foram de alto vácuo, 10.000 kV, as amostras foram dispersas sobre fita de carbono e recobertas com platina em exposição de 170 segundos.

Resultados e Discussão

Condições de desidratação

Para a reciclagem do gesso o GC0 hidratado foi desidratado nas condições já citadas e os resultados de perda de massa durante essa desidratação são encontrados abaixo (Figura 2).

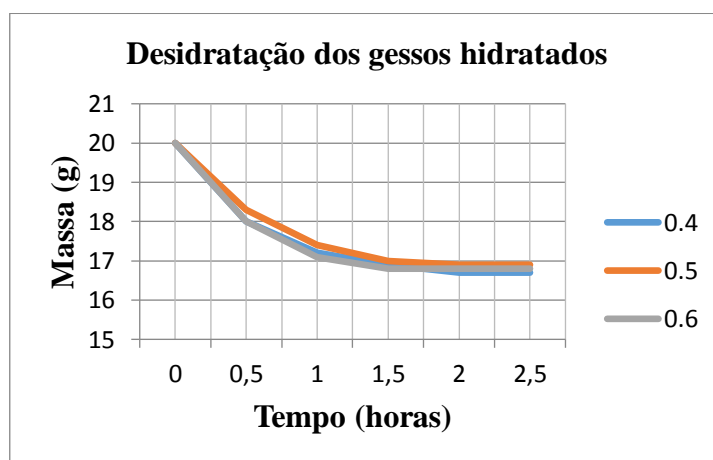


Figura 2 – Condições de desidratação das amostras de gesso a temperatura média de 160°C.

Tabela 1 – Perda de massa das amostras desidratadas após 2h30 de calcinação em estufa.

Teor água/gesso	0.4	0.5	0.6
Massa Inicial	20	20	20
Massa Final	16,7	16,9	16,8
Perda de massa (%)	17	16	16

O tempo de 2 horas e 30 minutos foi o escolhido para o fim da desidratação visto que, após esse período, não houve mais variação de massa nas amostras, o gráfico começa a ficar constante. Todas as variações do GC0 hidratado apresentaram valores semelhantes de perda de massa, não tendo variação significativa entre as diferentes proporções de hidratação.

Massa unitária

O ensaio de massa unitária foi realizado apenas para o GC0 devido à grande quantidade de material necessário para o experimento (aproximadamente 1 kg) que tornou inviável tal ensaio para as variações de gesso hidratado e desidratado. A massa unitária determinada pela média de dois experimentos foi igual a 719,97 kg.m⁻³, com erro de 2,07%.

Segundo a norma da ABNT NBR 13207 (1994) a massa unitária do gesso para construção civil tem seu valor mínimo de 700 kg.m⁻³. Dessa forma, o gesso utilizado neste trabalho está de acordo com a norma.

Massa específica

Os ensaios de massa específica foram realizados para todas as variações do gesso, de acordo com a norma já citada.

Tabela 2 – Massa específica obtida pela norma NBR NM 23:2000 (ABNT, 2001).

Massa Específica (kg.m ⁻³)	
GC0 comercial	2656
GC1 0.4	2618
GC1 0.5	2569
GC1 0.6	2582
GC0 0.4	2241
GC0 0.5	2363
GC0 0.6	2313

Analisando os valores de massa específica percebe-se que os resultados para o GC0 comercial e para os GC1 0.4, 0.5 e 0.6 foram próximos, tendo um pequeno decaimento nas amostras desidratadas. Os valores para o GC0 0.4, 0.5 e 0.6 também não possuem grandes diferenças. Logo, não existiu nenhuma alteração significativa desta propriedade após a reciclagem.

Difração de raios X

Os ensaios de DRX foram feitos para todas as variações do gesso e nos gráficos obtidos observam-se as porcentagens de Gypsum (diidrato), Bassanite (hemidrato), Dolomite (dolomita), Anhydrite (anidrita), Quartz low (quartzo alpha), sendo a dolomita e o quartzo impurezas encontradas na amostra e a dolomita, o quartzo e a anidrita os produtos considerados como inertes. As concentrações de cada fase foram determinadas pela aplicação do método de Rietveld de refinamento de estruturas cristalinas. Para melhor compreensão do leitor apenas três gráficos foram anexados neste trabalho (Figura 3) devido a similaridade entre esses. As porcentagens obtidas em todos os ensaios se encontram na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados de difração de raios X (DRX) para todas as variações de GC.

Porcentagens dos teores de cada composto dos gessos pelo refinamento dos dados de DRX					
	Diidrato (%)	Hemidrato (%)	Anidrita (%)	Dolomita (%)	Quartzo (%)
GC0 comercial	-	63,59	4,87	30,81	0,73
GC1 0.4	0,86	76,41	3,59	18,88	0,26
GC1 0.5	0,90	76,44	2,27	19,91	0,48
GC1 0.6	0,61	76,76	2,08	20,14	0,42
GC0 0.4	72,63	5,09	2,22	19,86	0,20
GC0 0.5	81,89	-	2,28	15,69	0,14
GC0 0.6	77,09	-	2,75	19,95	0,21

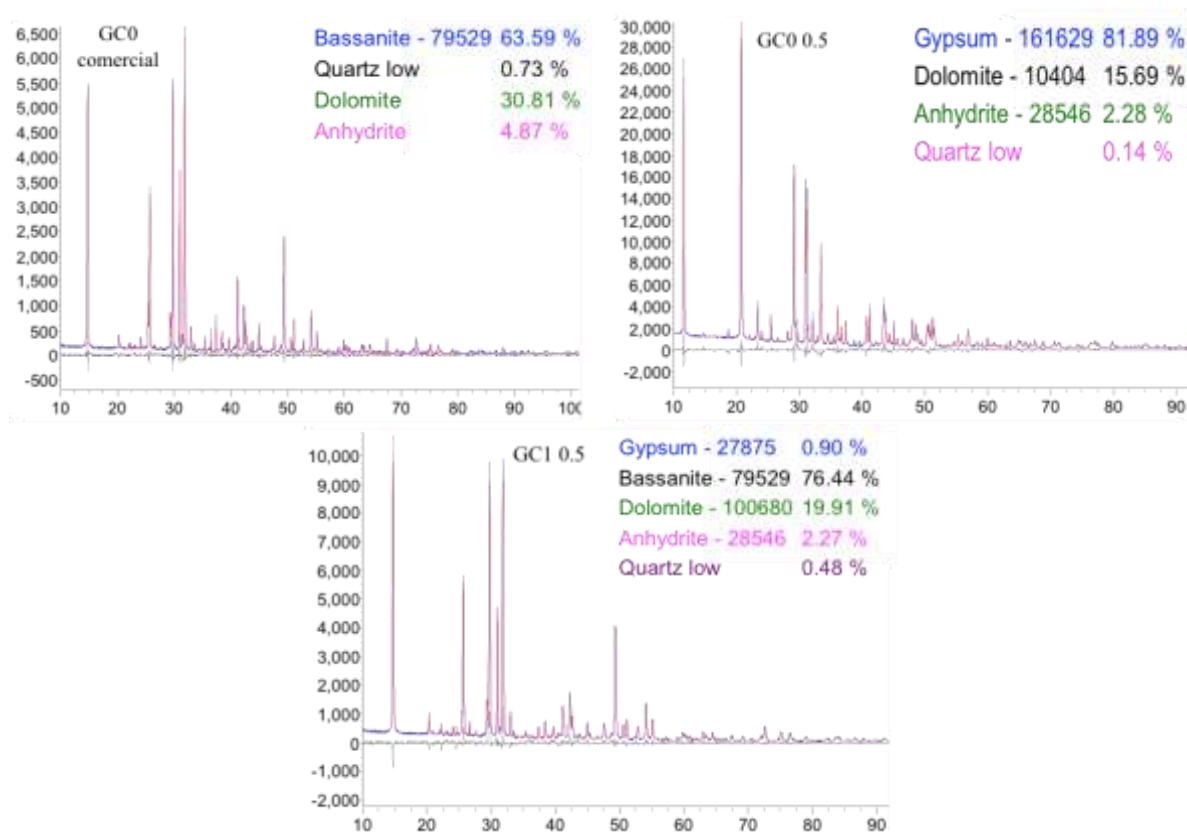


Figura 3 – Difratomogramas do GC0 comercial, GC0 0.5 e GC1 0.5.

O GC0 0.4 possui a menor quantidade de diidrato, existindo ainda uma porcentagem de hemidrato, indicando que o material não foi totalmente hidratado. Para o GC0 0.5 tem-se a maior quantidade de diidrato sem nenhuma presença de hemidrato o que confirma a total reação do material com a água. Essa confirmação também ocorre para o GC0 0.6, no entanto, o GC0 0.6 apresenta uma menor porcentagem de diidrato comparado com o GC0 0.5, diferença de aproximadamente 4,8%, tal fato pode ser explicado pela maior quantidade de dolomita presente na amostra. A variação nas porcentagens de impurezas, principalmente a dolomita, entre as amostras de GC0 0.4 e GC0 0.6 foi muito baixa, sendo desprezível, no entanto, entre os valores dessas duas variações e o valor do GC0 0.5 existe uma diferença de um pouco mais de 4% que deve ser considerada, tal fato pode ser explicado pelo processo de peneiramento das amostras, que pode ter causado segregação de fases. Para a amostra de GC0 0.5 existiu uma maior dificuldade para concluir o processo de peneiramento, o que pode ter permitido que parte dessas impurezas não tenham passado pela peneira já que essas possuem uma maior dureza do que o próprio diidrato, essa dificuldade não foi encontrada para as outras variações gerando menor possibilidade de retenção dessas impurezas.

As amostras recicladas sofreram algumas alterações ao serem comparadas ao GC0 comercial, a principal delas foi a diferença da porcentagem de material inerte. O menor valor de anidrita se deve ao processo de hidratação da amostra que transforma essa anidrita em diidrato, podendo não retornar ao formato de anidrita na desidratação. Os valores de dolomita e quartzo também diminuíram, essa variação não tem fundamentos químicos devido a temperatura relativamente baixa utilizada na desidratação, no entanto pode ser explicada pelo peneiramento da amostra que, após a reciclagem, é novamente peneirada podendo perder uma parcela desses materiais no processo. Outra modificação notada foi a desidratação parcial do material reciclado que, mesmo após 2 horas e 30 minutos na estufa, ainda possui uma porcentagem de diidrato, mas, devido aos menores valores de materiais inertes, apresentou um maior teor de hemidrato.

Com esses resultados pode-se concluir que a utilização do GC0 0.4 não deve ser priorizada já que com essa quantidade de água não foi possível completar a reação de hidratação

da amostra. Devido à variação da porcentagem de impurezas entre o GC0 0.5 e o GC0 0.6 não se pode afirmar a quantidade que é melhor hidratada, levando em consideração que a diferença das porcentagens de diidrato e de impurezas são muito próximas. Em relação às amostras desidratadas não foram observadas muitas diferenças entre elas e, comparadas ao GC0 comercial, possuem uma boa quantidade de hemidrato o que viabiliza a utilização das três variações desse material.

Termogravimetria e termogravimetria diferencial

Os ensaios de TG e DTG foram realizados para todas as amostras de GC e, para a melhor compreensão do leitor, apenas três gráficos foram anexados neste trabalho (Figura 4) devido à similaridade entre esses. Os valores obtidos nos ensaios se encontram na Tabela 4.

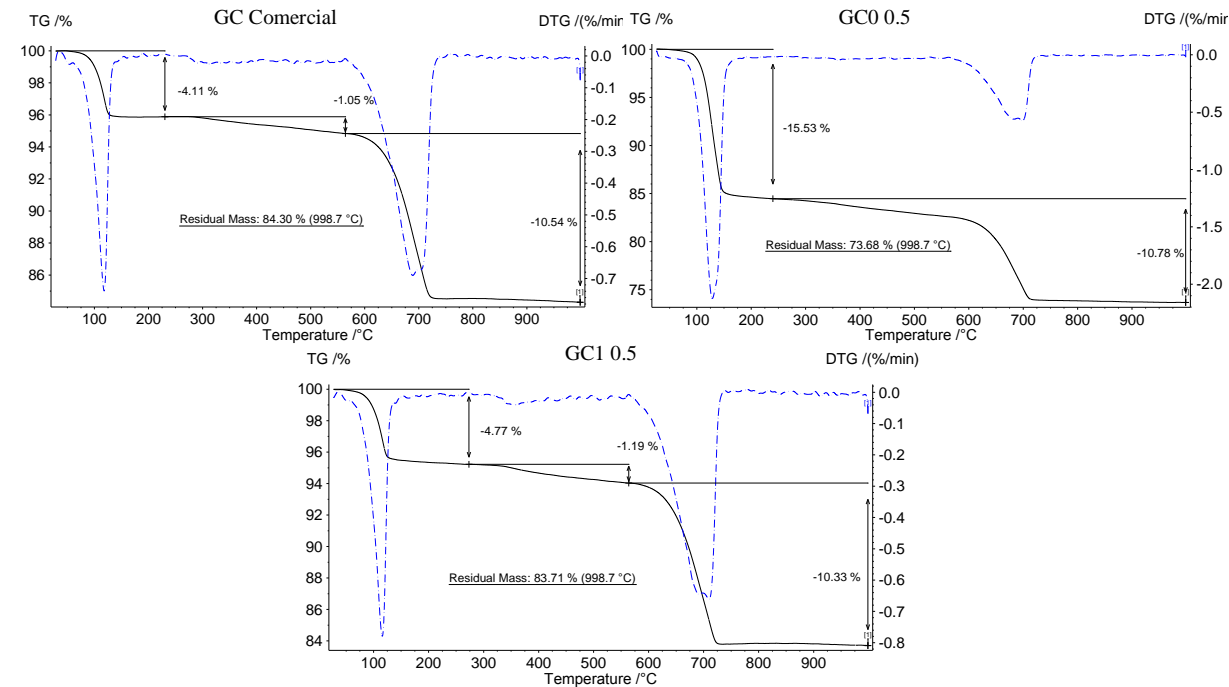


Figura 4 – Resultado de termogravimetria e termogravimetria diferencial (TG/DTG) para o GC comercial, GC0 0.5 e GC1 0.5.

Tabela 4 – Perda de massa percentual de todas as amostras de gesso no ensaio de TG.

Perda de massa percentual				
	Dii/Hemidrato (%)	Anidrita (%)	Impurezas (%)	Massa residual (%)
GC0 comercial	4,11	1,05	10,54	84,30
GC1 0.4	4,61	2,19	9,70	83,51
GC1 0.5	4,77	1,19	10,33	83,71
GC1 0.6	4,81	1,16	10,71	83,33
GC0 0.4	14,25	1,55	11,00	73,25
GC0 0.5	15,53	1,87	9,00	73,68
GC0 0.6	15,15	1,65	9,40	73,78

Na Figura 4 observa-se, para a linha cheia preta (TG) dois decaimentos intensos e um menos intenso, a primeira variação provavelmente se refere à perda de água que transforma o diidrato e o hemidrato em anidrita III (solúvel), anidrita III tem fórmula $\text{CaSO}_4 \cdot \epsilon \text{H}_2\text{O}$ onde ϵ varia de 0,11 e 0,06, essa variação é a avida por água sendo muito instável e podendo retornar à forma de hemidrato em presença de água (CIARLINI *et al.* 2005), a menos intensa está possivelmente relacionada à transformação da anidrita III em anidrita II (insolúvel), essa outra forma da anidrita não possui água (CaSO_4) é considerada como material inerte, não é capaz de

fazer pega e não retorna ao estado hidratado (CIARLINI et al. 2005), já o último decaimento refere-se à perda de CO_2 , originário da decomposição da dolomita. A porcentagem de massa residual encontrada é a massa de produtos inertes restantes após o aquecimento. Para a linha azul tracejada (DTG) temos as mesmas variações em forma de picos, no entanto o pico para a transformação da anidrita III em anidrita II é muito suave e não é pontual, logo não é possível percebê-lo com facilidade.

As temperaturas em que essas perdas ocorrem são, para o primeiro, entre 100°C e 125°C , para o segundo pico, entre 675°C e 725°C e para o decaimento menos intenso temos uma faixa de temperatura ainda maior, entre 200°C e 600°C .

Ao comparar o GC comercial com os GCs desidratados percebe-se um pequeno aumento na primeira perda de massa nos GCs desidratados provavelmente relacionada à maior quantidade de hemidrato na amostra, confirmada pelo DRX, e, também, à presença de diidrato devido a parcial desidratação. Outra diferença foi a maior perda de massa relacionada à transformação da anidrita para o GC1 0,4 devido à hidratação parcial da amostra. Os resultados para os GCs hidratados trazem uma maior porcentagem de perda de massa no primeiro pico comparados com o comercial e desidratados, correspondente a maior quantidade de água na amostra.

Na comparação de todas as variações do GC tem-se uma diferença na massa residual no final do ensaio. Para o GC comercial e desidratados obtêm-se uma massa residual entre 83% e 85% e para os GCs hidratados a massa residual está em torno de 73% e 74%. Essa variação de aproximadamente 10% se deve a maior quantidade de água nas amostras hidratadas, essa água é completamente evaporada no ensaio, logo as amostras hidratadas perdem uma maior massa do que as desidratadas.

Não houve variações muito grandes entre o GC0 comercial, GC1 0.5 e GC1 0.6, não trazendo nenhuma variação negativa para a reciclagem, o GC1 0.4 não é recomendado pelo motivo já comentado da hidratação parcial do material.

Calorimetria exploratória diferencial

Os ensaios de DSC foram realizados para todas as amostras de GC e estão todos presentes na Figura 5, tendo as temperaturas referentes a cada pico e a entalpia necessária para a desidratação especificadas na Tabela 5.

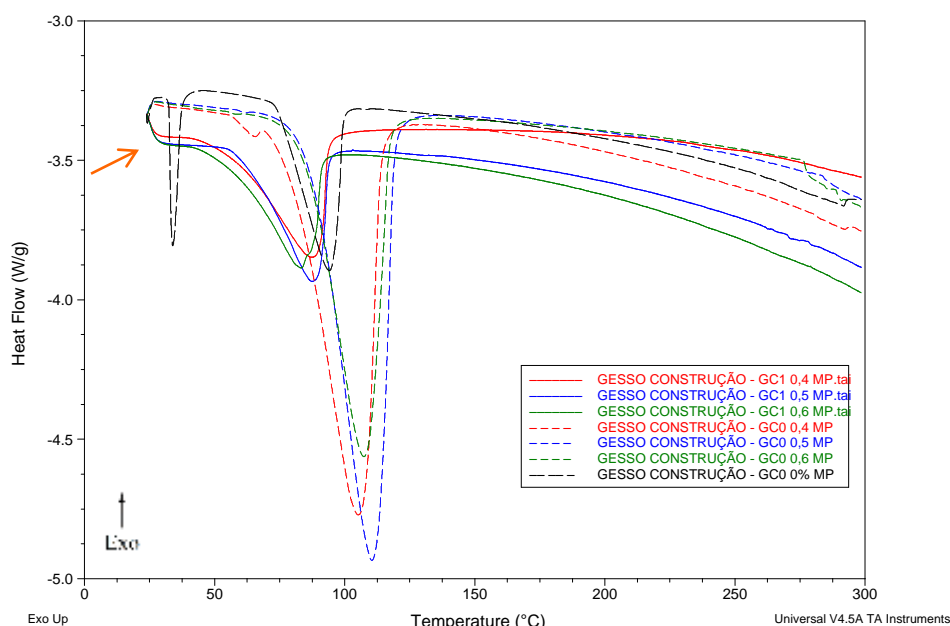


Figura 5 – Resultados de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) para todas as variações do GC.

Tabela 5 – Valores de temperatura e entalpia nos picos endotérmicos do ensaio de DSC.

	Temperatura (°C)		Entalpia (J.g ⁻¹)	
	1º Pico	2º Pico	1º Pico	2º Pico
GC0 comercial	33,94	94,1	20,630	107,0
GC1 0.4	-	87,52	-	133,3
GC1 0.5	-	87,45	-	112,1
GC1 0.6	-	83,43	-	114,6
GC0 0.4	65,08	105,26	1,1070	357,1
GC0 0.5	61,71	110,45	0,2475	381,6
GC0 0.6	58,27	107,38	0,2134	293,6

Os picos endotérmicos encontrados no ensaio de DSC são divididos em três diferentes variações da amostra. O primeiro pico demonstra a perda da água livre, parcela de água que não reagiu. O segundo pico é referente à perda água que, para os gessos hidratados corresponde à transformação do diidrato em hemidrato e, para os gessos desidratados e comercial corresponde à transformação do hemidrato em anidrita III. Esse pico ocorre em temperaturas muito próximas a 100°C que é a temperatura de vaporização da água. A variação mais suave que acontece em aproximadamente 140°C está relacionada também à perda de água da reação do hemidrato em anidrita III, nos gessos hidratados e, para o gesso desidratado e comercial, a anidrita III em anidrita II.

Nas variações de GC0 percebe-se que o primeiro pico tem uma menor intensidade, pois a maior parte da água presente reagiu deixando pouca quantidade de água livre, já o segundo pico possui uma maior intensidade e a necessidade de uma maior energia (entalpia) para que a desidratação ocorra, logo, a temperatura em que isso aconteceu foi após 100°C, essas diferenças se devem ao fato da existência de uma maior quantidade de água nas moléculas.

As principais modificações que podem ser percebidas nos gessos reciclados (GC1) são o aparecimento de apenas um único pico, que possui as características do segundo pico (perda de água do hemidrato), em uma temperatura um pouco menor do que a do GC0 comercial e uma variação da linha de base indicada pela seta laranja na figura 5. Esse último diferencial não ocorre em trabalhos similares como o de Carvalho *et al.* (2008) e não foi possível concluir a que essa variação está relacionada, podendo ser alguma mudança na estrutura cristalina da amostra ou uma modificação que ocorreu após o peneiramento dessa. Apesar dessa diferença, o gesso reciclado segue o mesmo padrão do GC0 comercial.

Microscopia eletrônica de varredura

Os ensaios no MEV foram realizados com as especificações já comentadas, para todas as amostras de GC. Os primeiros resultados apresentados são os dos GC0 hidratados, em seguida encontram-se as imagens referentes ao GC0 comercial e aos gessos reciclados (GC1).

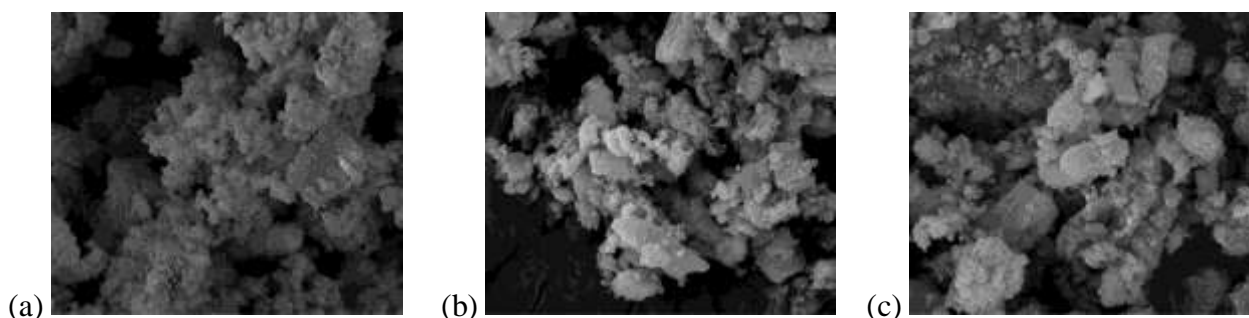


Figura 6 – Imagens microscopia eletrônica de varredura (MEV) com ampliação de 25.000 vezes (a) GC0 0.4 (b) GC0 0.5 (c) GC0 0.6.

As amostras de GC hidratados revelam uma aglomeração entre suas partículas, não apresentando grandes diferenças entre si.

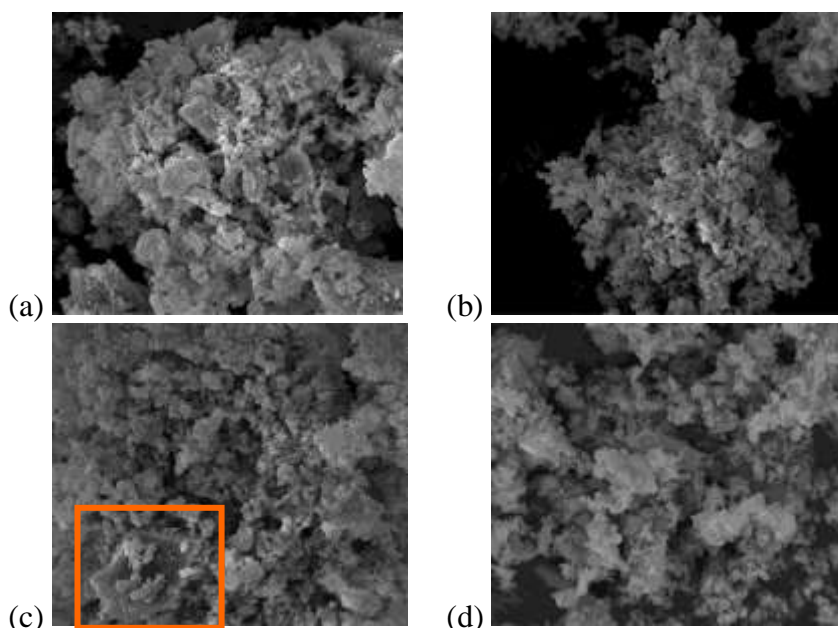


Figura 7 – Imagens microscopia eletrônica de varredura (MEV) com ampliação de 15.000 vezes (a) GC0 comercial (b) GC1 0.4 (c) GC1 0.5 (d) GC1 0.6.

Para as imagens apresentadas é possível perceber que o GC comercial possui uma maior quantidade de hemidrato, placas não regulares presentes na imagem (a), e grãos relativamente maiores do que os dos GC desidratados. Na amostra de GC1 0.5 desidratado observa-se a presença de dolomita, uma impureza do gesso de formato cúbico presente no canto inferior esquerdo identificado pelo retângulo laranja.

Não é possível analisar mais profundamente as imagens, pois nenhuma delas apresentou a estrutura natural do material, tal estrutura já foi analisada pela literatura e tem como característica a presença de “malhas de agulhas entrelaçadas”. No presente trabalho, como as amostras foram passadas por uma peneira de 10 μm antes de todas as análises, acredita-se que sua estrutura foi danificada perdendo totalmente sua forma natural e adquirindo um formato de grãos mais circulares.

Conclusão

Para as amostras de gesso hidratadas pode-se concluir que, das três diferentes proporções de água, apenas o GC0 0.4 não é recomendado para uso, pois não foi completamente hidratado devido à pouca quantidade de água no processo de hidratação, os gessos GC0 0.5 e GC0 0.6 foram hidratados completamente.

Não foram obtidas modificações na microestrutura do gesso reciclado intensas o suficiente para impedir a utilização desse material sem restrições. Dentre todos os métodos de análise o único que apresentou uma variação significativa foi o método de calorimetria exploratória diferencial (DSC), no qual o gesso reciclado teve um comportamento diferenciado no início do aumento de temperatura, essa variação foi o rebaixamento da linha de base das amostras, neste trabalho não foi possível concluir a que se deve essa variação que não ocorre em outros experimentos encontrados na literatura. Para o GC1 0.4, GC1 0.5 e GC1 0.6 percebe-se, pelo DRX, que existe uma variação nos teores de materiais inertes após a reciclagem, no entanto a porcentagem de hemidrato é ainda maior, não descartando a possibilidade de serem utilizados para trabalhos de construção civil.

Dos métodos adotados percebe-se que peneirar o gesso antes dos experimentos não foi benéfico e impediu que algumas análises fossem possíveis, como a da análise visual da

microestrutura obtida pelo MEV, além disso, se tornou uma incógnita para alguns resultados como, por exemplo, o de DRX, no qual não é possível confirmar se a variação da quantidade de impurezas ocorreu devido ao peneiramento e o de DSC, onde observamos a única variação significativa que pode ter acontecido devido a esse processo levando em consideração que essa variação não ocorre em outros trabalhos.

Sobre a qualidade do gesso utilizado observa-se a conformidade com a norma da ABNT para sua massa unitária. No entanto a porcentagem de impurezas, principalmente dolomita, obtidas no DRX foi elevada.

Por fim conclui-se que a reciclagem do gesso de construção civil é possível e, no presente trabalho, não foram encontradas variações que inviabilizem esta prática.

Referências Bibliográficas

- ANTUNES, R. P. N. Estudo da influência da cal hidratada nas pastas de gesso. *Escola Politécnica da Universidade de São Paulo*. São Paulo, SP, Brasil, 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cimento portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. *ABNT NBR NM 23:2000*. Rio de Janeiro, Brasil, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Gesso para construção civil – Determinação das propriedades físicas do pó. *ABNT NBR 12127 (MB-3468)*. Rio de Janeiro, Brasil, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Gesso para construção civil. *ABNT NBR 13207*. Rio de Janeiro, Brasil, 1994.
- BARBOSA, A.A., FERRAZ, A.V., SANTOS, G.A. Caracterização química, mecânica e morfológica do gesso β obtido do pó do Araripe. *Cerâmica*, v. 60, p. 501-508. Bahia, Brasil, 2014.
- CARVALHO, M.T.M., LELES, M.I.G., TUBINO, R.M.C. TG and DSC studies on plaster residues as recycled material. *Journal of thermal analysis and calorimetry*, v.91, p. 621-625, 2008.
- CIARLINI, A.G.C.; DOURADO, R.P.; GURGEL, C.B.; SOARES, J.P.; SHINOHARA, A.H. Avaliação da propriedade mecânica dos pré-moldados de gesso tratados termicamente por ensaio de compressão. *49º Congresso Brasileiro de Cerâmica*. São Pedro, SP, Brasil, 2005.
- KARNI, J., KARNI, E. Gypsum in construction: origin and properties. *Materials and Structures*, v. 28, p. 92-10. Haifa, Israel, 1995.
- LEWRY, A. J., WILLIAMSON, J. The setting of gypsum plaster - Part II: The development of microstructure and strength. *Journal of Materials Science*, v. 29, p. 5524-5528, 1994b.
- MIDDENDORF, B., SINGH, N.B. Calcium sulfate hemihydrate hydration leading to gypsum crystallization. *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*, ScienceDirect, v. 53, p. 57-77. 2007.
- MUNHOZ, F.C., RENOFIO, A. Uso da gipsita na construção civil e adequação para a P+L. *XXVII encontro nacional de engenharia de produção, ENEGEP*. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2007.
- PIMENTEL, L.L., SÁ, N.H.R. Avaliação do desperdício de gesso aplicado como revestimento. *XIV Encontro de iniciação científica da PUC-Campinas*. Campinas, Brasil, 2009.
- TEIXEIRA, I. Conama 431/2011 classifica o gesso como reciclável. *Dutrafer*. São José dos Campos, SP, Brasil, 2012. Disponível em: <<http://www.dutrafer.com.br/reciclanews/legislacao/conama-4312011-classifica-o-gesso-como-reciclavel/>> acesso em: 17 dez. 2014.