

Reciclagem de escória cristalizada para a produção de argamassa

¹Ribeiro, V. A. S., ¹da Silva, A. L., ¹da Silva, M. R., ²Dias, J. C.

¹Instituto de Ciências Exatas- ICE- UNIFEI

Av. BPS 1303 - Bairro Pinheirinho, Itajubá, MG, CEP: 37500-903.

e-mail: vanderalkmin@bol.com.br, alexleoastrofisica@yahoo.com.br, mrsilva@unifei.edu.br

²Instituto de Engenharia Mecânica- IEM- UNIFEI

Av. BPS 1303 - Bairro Pinheirinho, Itajubá, MG, CEP: 37500-903.

e-mail: jcelio@unifei.edu.br

RESUMO

Todos os resíduos descartados das indústrias siderúrgicas e dos cortes de pedras ornamentais passaram a ser problemas sérios, uma vez que ocupam grandes áreas tornando-as ociosas. Normalmente, as soluções encontradas pelas empresas quanto ao descarte de tais resíduos são os aterros e lixões; porém, na estrutura das grandes cidades, não há espaços para essas obras devido à aglomeração de pessoas nos centros urbanos e a alta valorização dos terrenos em algumas áreas. Estes resíduos são encontrados em abundância na região centro-oeste de Minas Gerais e não encontram uma destinação final adequada. A questão do desperdício também é relevante, pois, à medida que se descarta um resíduo industrial, acaba se perdendo um material que poderia ser reciclado e, desta forma, gerar outros bens de produção. Neste contexto, o presente trabalho, visa contribuir para o reaproveitamento dos resíduos gerados nesta região no preparo da argamassa na construção civil. A investigação do comportamento térmico do compósito escória-granito e escória-ardósia foi realizada com o objetivo de encontrar alguma aplicação desses materiais no ramo da engenharia civil. Com os resultados do comportamento térmico avaliado, foi investigada a viabilidade da substituição da cal hidratada pelo compósito escória-granito, através dos ensaios de retenção de água no estado fresco e da resistência à compressão axial no estado endurecido com o objetivo de contribuir para uma nova utilização do resíduo.

Palavras chaves: Escória, granito, argamassa e resistência mecânica.

Recycling of crystallized slag to mortar production

ABSTRACT

All discarded residues of the steelmaking industries and the cut of ornamental stone constitute a serious problem, once they occupy large ground areas that in turn become economically inactive. Usually, the solutions found out by the companies to discard such residues are the sanitary landfill and municipal solid wastes; however, in the structure of great cities, there are no spaces for this kind of disposal due to agglomeration of peoples in the urban centers and the high valuation of ground lots in some areas. These residues are found in great volume in the center-western region of Minas Gerais state and they don't find adequate final destination. The waste question is also relevant, once the discarding of industrial residues results in loss of goods that could be otherwise recycled and, by this way, generate other production goods. In this context, the present work aims at to contribute for the recycling of the residues generated in the referred region in order to prepare mortar for civil construction. The thermal behavior of the slag/granite and slag/slate composites was experimentally analyzed with the objective to find some application of these materials in the ground of civil engineering. With these thermal behavior results, an investigation was carried out of the viability of substituting the slag/granite composites for the hydrated lime, through the assays of water retention in the cool state and of the axial and of axial compressive strength in the hardened state with the objective to contribute for a new use of the new use of the residue.

Keywords: Slag, granite, mortar and mechanical strength.

1 INTRODUÇÃO

A história da argamassa começa com a invenção do cimento por John Aspdin, em 1824 na Inglaterra. O método de fabricação consiste em cozinhar a argila e o calcário em forno giratório a aproximadamente 1450 °C; para a formação de silicatos de cálcio anidros [1]. O produto deve ser então moído, junto com um terceiro componente, a gipsita, que tem a função principal de impedir que o cimento endureça instantaneamente com a água [2].

O resultado da mistura de cimento, areia e água é a argamassa e os concretos (quando à argamassa é incorporada pedra britada) passaram por uma revolução com a descoberta dos aditivos plastificantes e superplastificantes. A produção dessas argamassas e concretos compactos se deu a partir das décadas de 70 e 80.

Esses aditivos atuam de modo a diminuir ou aumentar a quantidade de água utilizada em sua composição global, pois se tratam de substâncias químicas que fluidificam a argamassa. Com isso, a quantidade de água pode ser variada resultando em produtos finais que apresentam porosidades e propriedades mecânicas diversificadas.

Para encontrar novos materiais alternativos, principalmente aplicados na construção civil, universidades, empresas do setor privado e associações têm trabalhado de forma insistente e laboriosa, por meio de muitas pesquisas. Características como resistência mecânica, durabilidade, trabalhabilidade e absorção de água são condições essenciais para aceitação de novos produtos na indústria da construção civil [3]. Além desses fatores, para que o novo material possa ser utilizado, o custo final deve ser competitivo com o custo de materiais usuais. Esses são alguns dos desafios encontrados no caminho de quem investe em pesquisas para se reciclar algum material. Um fator de grande destaque no ramo da engenharia civil é o desperdício de material. Normalmente, as soluções encontradas pelas empresas quanto ao descarte de tais resíduos, como os rejeitos de produtos químicos, resíduos sólidos da indústria siderúrgica, resíduo do corte de pedras ornamentais, resíduos de demolições, entre outros, se enquadram nesta situação, são os aterros e lixões; porém, na estrutura das grandes cidades, não há espaços para essas disposições por causa da aglomeração de pessoas nos centros urbanos e a alta valorização dos terrenos em algumas áreas.

Outros fatores importantes são a contaminação e degradação do meio ambiente em função da natureza dos resíduos, em especial os resíduos sólidos. Estes podem gerar impactos: à atmosfera, aos solos, aos lençóis freáticos e às nascentes de rios, durante todo o seu ciclo de vida, seja nas dependências da empresa, seja na etapa de destinação final, principalmente, que normalmente é externa à empresa. Neste contexto, o presente trabalho visa contribuir para o reaproveitamento dos resíduos gerados na região do centro-oeste mineiro. Porém, para viabilizar as utilizações de um resíduo, principalmente na construção civil, é necessário superar alguns desafios, já que este setor, que absorve tantos materiais, também exige qualidade. O objetivo do trabalho é investigar as propriedades da argamassa aditivada com os considerados compósitos, no estado fresco e no estado endurecido, visando sua utilização no assentamento de tijolos e blocos e revestimentos de paredes e tetos, através dos principais métodos de ensaio e avaliação da permeabilidade da argamassa produzida em diferentes idades e através do ensaio mecânico para obter o valor da resistência à compressão da argamassa produzida.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foi feita a análise termogravimétrica (TGA) das seguintes matérias primas, em pó: escória, granito e ardósia. Primeiramente, a escória bruta foi triturada em moinho de bolas MA- 7/12, apresentado na Figura 1, durante 4 horas.



Figura 1: Moinho de bolas MA- 7/12

Após a trituração, cada pó individual (de escória, de granito e de ardósia) foi peneirado até se obter uma granulometria abaixo de 0,2mm. Após o peneiramento dos pós, as amostras foram misturadas e homogeneizadas em cinco composições diferentes. As composições das cinco amostras são apresentadas na Tabela 1

Tabela 1: Composições das amostras obtidas para análise termogravimétrica (TGA).

AMOSTRA	% ESCÓRIA (% EM MASSA)	% ARDÓSIA (% EM MASSA)	% GRANITO (% EM MASSA)
1	50	0	50
2	50	50	0
3	10	90	0
4	20	80	0
5	30	70	0

As amostras foram submetidas à análise termogravimétrica (TGA), usando um aparelho METTLER modelo TG 50. Utilizou-se uma taxa de aquecimento de 20 °C/min no intervalo de 25 °C a 800 °C em atmosfera oxidante.

Para os ensaios da absorção de água por capilaridade e resistência à compressão axial foram preparadas duas argamassas: uma argamassa convencional e a argamassa de estudo, sendo que a última continha o compósito escória/granito.

A argamassa convencional foi preparada fazendo a mistura em massa de cimento Portland comum CPII-32, cal hidratada e areia em betoneira de eixo inclinado com capacidade de 120 litros, utilizando a seguinte seqüência: areia, em seguida cimento e depois a pasta de cal. Foi adicionada água na mistura para se obter uma consistência ideal para aplicação, como requer a construção civil [4].

A argamassa de estudo foi preparada analogamente à argamassa convencional. Porém, a cal hidratada foi substituída pelo compósito escória/granito a fim de alcançar o objetivo do estudo. A Tabela 2 mostra os percentuais dos materiais usados na preparação das argamassas.

Tabela 2: Composições das argamassas.

Argamassa	Cimento (% em volume)	Cal (% em volume)	Areia (% em volume)	Compósito (% em volume)
Convencional	10	20	80	-
Em estudo	10	-	80	20

Foram moldados 20 corpos de prova de 50mm de diâmetro por 100mm de altura, de uma porção de cada argamassa, conforme procedimentos da norma NBR 7215 (ABNT, 1996) [5, 6], para ensaios de resistência à compressão e absorção de água por capilaridade. Os corpos de prova foram desmoldados após 24 horas e mantidos no ambiente de laboratório até as idades de ensaio, 28, 60 e 90 dias.

A resistência à compressão foi determinada nas idades de 28, 60 e 98 dias, conforme procedimento da norma NBR 5739 (ABNT, 1994), utilizando uma máquina universal de ensaios mecânicos informatizada (EMIC DL10000), sendo a velocidade de ensaio de 1 mm/min, apresentada na Figura 2 [6].



Figura 2: Máquina universal informatizada modelo EMIC DL10000 para ensaio de resistência à compressão axial no estado endurecido

O princípio da medida de retenção de água pela NBR 13277 é a quantificação da água absorvida em papel-filtro colocado sobre a argamassa fresca, sob uma dada pressão, comprimida por um peso assentado sobre o papel. Neste caso, a argamassa está confinada em um recipiente tendo como face exposta somente a superior onde a argamassa estará em contato com o papel-filtro, através do qual a água é perdida ou succionada.

O ensaio para determinar a absorção de água por capilaridade foi realizado em corpos de prova cilíndricos (50mm de diâmetro x 100mm de altura), aos 28, 60 e 90 dias de idade, utilizando a norma NBR 9779 (ABNT, 1987). Segundo a norma, a determinação do coeficiente de absorção de água por capilaridade C é calculada através da equação (1) [7]:

$$A_c = \frac{M_a - M}{S} \quad (1)$$

Sendo M_a a massa do corpo de prova após a imersão em água, M a massa do corpo de prova sem imersão em água e S a área de seção transversal do corpo de prova.

O coeficiente de capilaridade é o coeficiente angular da reta, tomando-se no eixo das abscissas a raiz quadrada dos tempos de 10 minutos e 90 minutos e no eixo das ordenadas as absorções de água (A_c) correspondentes há estes tempos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas Figuras 3 e 4 são apresentadas os termogramas (TGA) da escória bruta, ardósia e granito e dos compósitos da escória/ardósia e da escória/granito, resultante das mudanças ou transformações físicas ou químicas. Percebe-se que houve uma perda de massa com o aumento da temperatura. Devendo descartar: que a argamassa com o compósito escória/ardósia mostrou-se menos instável termicamente.

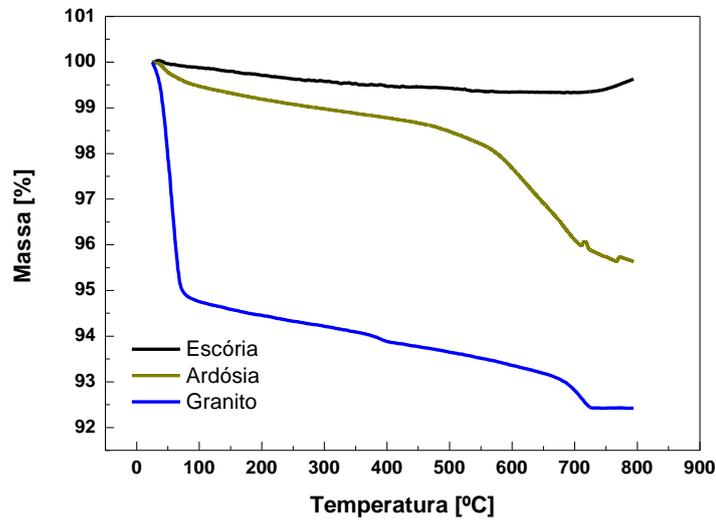


Figura 3: Termograma da escória, Ardósia e granito.

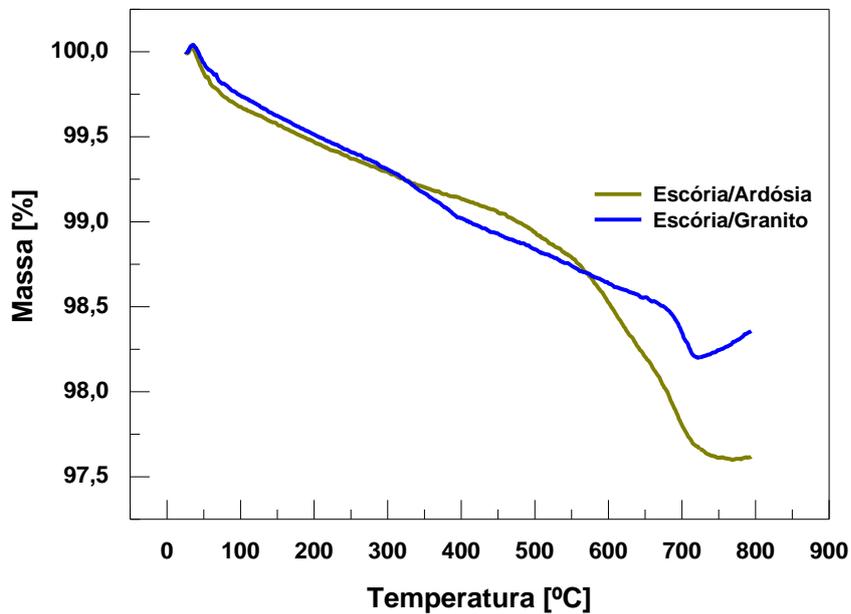


Figura 4: Termograma da argamassa com compósito escória/ardósia e escória/granito.

Na Figura 5 é apresentada a absorção de água por capilaridade dos 3 corpos de prova para cada argamassa. Percebe-se que há aumento da absorção de água com o aumento do tempo de ensaio para os 3

corpos de prova. O coeficiente de capilaridade é determinado por meio do coeficiente angular da reta dos 3 corpos de prova.

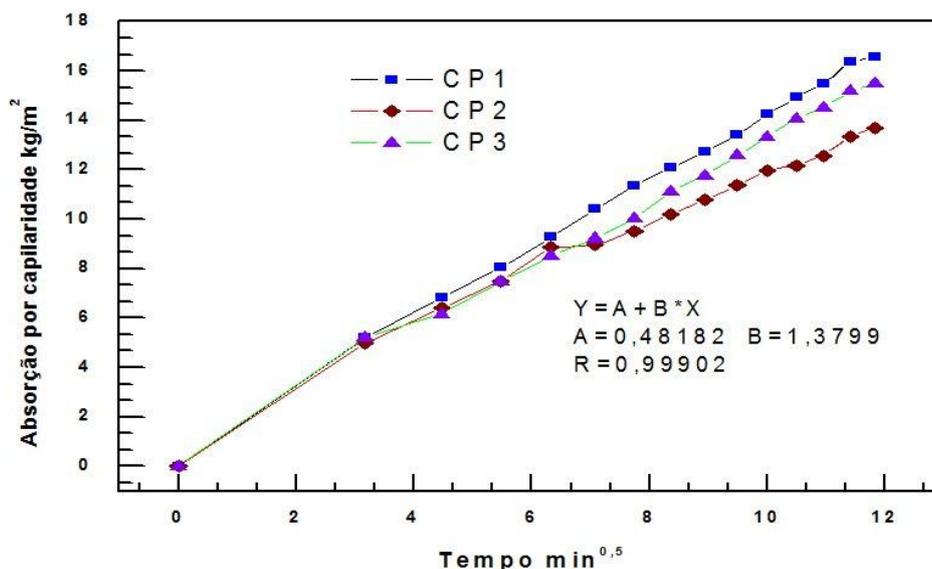


Figura 5: Absorção de água por capilaridade de 3 corpos de prova.

Na tabela 3 é determinado o coeficiente de capilaridade da argamassa com compósito escória/granito e percebe-se que aos 90 dias a capacidade de absorção de água do compósito é menor do que aquela da argamassa convencional, devido ao menor número de poros na argamassa com o resíduo. Comparando as argamassas entre si, percebe-se que a aplicação do compósito escória/granito na argamassa é viável, por causa da baixa absorção de água em relação àquela da argamassa convencional. Pode-se destacar como um exemplo de aplicação as paredes ou empenas dos edifícios, expostas a constantes chuvas de vento (como ocorre no Rio de Janeiro com as paredes voltadas para Sul e Sudoeste), necessitam de cuidados especiais. A chuva de vento penetra pelas frestas e desgasta os tratamentos superficiais; por esta razão a incidência de paredes úmidas com infiltrações mais severas é freqüente. As conseqüências são as formações de mofo, apodrecimento de armários embutidos, estragos em quadros de pintura. A água penetra pelas paredes por trincas e fissuras, por absorção capilar, se a pintura ou o revestimento forem porosos.

Tabela 3: Coeficiente de capilaridade da argamassa com compósito escória /granito

CP ABSORÇÃO (%)	28 (dias)	60 (dias)	90 (dias)
Argamassa de referência	(18,75 ± 0,25)	(18,31 ± 0,18)	(18,27 ± 0,31)
Argamassa com escória/ granito	(10,95 ± 0,54)	(11,05 ± 0,24)	(10,98 ± 0,32)

Na tabela 4 é apresentada a resistência à compressão (Sc) da argamassa com compósito escória/granito. Percebe-se que aos 90 dias houve um aumento de 91% da resistência da argamassa com escória/granito em relação à argamassa convencional; isto se deve à presença de escória que aumentou a resistência à compressão da argamassa. A argamassa produzida com escória/granito apresenta menor número de poros interligados, com a escória funcionando como carga (“filler”), diminuindo o volume de poros na argamassa.

Tabela 4: Resistência à compressão axial da argamassa com compósito escória/granito

Resistência à compressão (MPa)	28 (dias)	60 (dias)	90 (dias)
Argamassa de referência	(1,66 ± 0,02)	(1,55 ± 0,10)	(1,57 ± 0,07)
Argamassa com escória/ granito	(1,44 ± 0,11)	(1,58 ± 0,07)	(1,72 ± 0,08)

4 CONCLUSÕES

No ensaio a resistência à compressão, a argamassa produzida com o resíduo apresenta menor número de poros interligados; com a escória funcionando como um “Filler”, diminuindo os poros existentes na argamassa, aumentando a resistência à compressão nos corpos de prova de argamassa.

Verificou-se que devido ao menor número de poros na argamassa com resíduo houve uma diminuição da porcentagem de água absorvida.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, CNPq e PRPPG/UNIFEI pelo apoio financeiro. Nosso agradecimento também ao professor José Célio Dias, professor do Instituto de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Itajubá, pelo fornecimento do equipamento para o ensaio de compressão axial.

6 BIBLIOGRAFIA

- [1] DESCUBRA MINAS, <http://www.descubraminas.com.br>. Acessado em 15/06/2006
- [2] SCHNEIDER JR, S.J., “Ceramics and Glasses”, *Engineered Materials Handbook, The Materials Information Society*, 4 ed. Hardbound, Publisher: ASM, 1991.
- [3] CHESNER, W., COLLINS, R., MACKAY, M., EMERY, J., “User Guidelines For Waste By Product Material In Pavement Construction”, Disponível em: <http://www.tfhr.gov>, Acessado em 15/06/2006.
- [4] LUZ, J.A.M., BALAREZO, F.J.M, PEREIRA, C.A. “Emprego de Argamassa Expansiva e Termoconsolidação de Peças em Cantaria”, *Revista Escola de Minas*, n. 56, v. 3, pp. 161-167, 2003.
- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 7215, *Cimento Portland – Determinação da Resistência à Compressão*, Rio de Janeiro, 1996.
- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5739N, *Concreto – Ensaio de Compressão de Corpos de Prova Cilíndricos de Concreto – Método de Ensaio*, Rio de Janeiro, 1994.
- [7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 9779, *Argamassas e Concreto Endurecidos – Determinação da Absorção de Água por Capilaridade*, Rio de Janeiro, 1995.