

Emprego de argamassa expansiva e termoconsolidação de peças em cantaria

José Aurélio Medeiros da Luz

Departamento de Engenharia de Minas - DEMIN - Escola de Minas - Univ. Federal de Ouro Preto - UFOP
E-mail: jaurelio@demin.ufop.br

Francisco Javier Montenegro Balarezo

Escuela Superior Politécnica del Litoral - ESPOL - Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra - FICT
E-mail: fjmontenegro@minermail.com

Carlos Alberto Pereira

Departamento de Engenharia de Minas - DEMIN - Escola de Minas - Univ. Federal de Ouro Preto - UFOP
E-mail: pereira@demin.ufop.br

Resumo

Esse artigo apresenta os resultados de desenvolvimento de processos e emprego de inovações dentro da cadeia produtiva da arte da cantaria, sendo efetuados no âmbito do Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (DEMIN/UFOP). O DEMIN criou em 2000 uma Oficina de Cantaria, como projeto de extensão, visando à formação de novos oficiais canteiros, à otimização dos processos envolvidos nas etapas produtivas dessa arte milenar e ao desenvolvimento de técnicas de restauro e de preservação das peças de cantaria. A justificativa dessa oficina é o acervo arquitetônico barroco de Ouro Preto, o qual se caracteriza pela abundância de elementos estruturais construídos em cantaria. As inovações testadas são o emprego de argamassa expansiva no corte escultural dos blocos e o desenvolvimento de um processo de termoconsolidação de peças, via sinterização e em presença de fundentes à base de álcalis. Os resultados têm sido promissores e estão descritos nesse trabalho.

Palavras-chave: rochas ornamentais, cantaria, desmonte, sinterização.

Abstract

This paper presents the bench scale results of process development and innovations applied to the productive chain of stonemasonry art. These developments have been tested at the Mine Engineering Department (DEMIN) of the School of Mines at the Ouro Preto Federal University (UFOP). DEMIN has created, in 2000, a Workshop of Stonemasonry, aiming to develop new craftsmen, improve stone working techniques and create new ones. The main reason for this effort is the number of baroque architectural pieces in Ouro Preto and Mariana (in Minas Gerais State, Brazil) which typically display abundance of structural and ornamental stonework. The use of expansive paste for sculptural block cutting and development of a process of piece "thermoconsolidation" by sintering in presence of fluxes were tested. The results have been promising and are described in this study.

Keywords: dimension stones, stonemasonry, rock cutting, sintering.

1. Introdução

A arquitetura barroca das cidades de Ouro Preto e Mariana caracteriza-se pela abundância de detalhes e elementos estruturais construídos em cantaria. O Departamento de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (DEMIN) criou, em 2000, sua *Oficina de Cantaria*, em virtude da importância dessa atividade para preservação do patrimônio histórico e cultural brasileiro, do reduzido número de artesãos existentes e do estado de deterioração das peças em Minas Gerais. Essa oficina tem como objetivos a formação de novos profissionais canteiros, a otimização dos métodos de desmonte e o tratamento das rochas utilizadas, bem como o desenvolvimento de métodos de preservação do acervo em cantaria.

A matéria-prima para cantaria é selecionada em função da disponibilidade das rochas e do seu nível de resistência mecânica, buscando-se o equilíbrio

entre a sua trabalhabilidade e a longevidade das peças elaboradas. Na oficina de cantaria do DEMIN, têm sido utilizados os quartzitos da região de Ouro Preto, principalmente o itacolomito. Os parâmetros geomecânicos das rochas, seu efeito sobre a trabalhabilidade das peças e a suscetibilidade das peças à ação deletéria do ambiente e de fatores antropogênicos estão sendo estudados. Esse trabalho se insere nesse contexto e visa a estudar o emprego de argamassa expansiva no corte de blocos para cantaria e de processos de termoconsolidação das peças já esculpidas (Figura 1).

2. Revisão da literatura

A argamassa expansiva é um agente demolidor não explosivo, em pó, cujo componente majoritário é a cal virgem. Em contacto com água, iniciam-se reações de hidratação, com aumento de

volume durante o progresso dessas reações, promovendo, quando em confinamento, grandes pressões sobre as paredes confinantes, as quais chegam aproximadamente a 78 MPa. Essas tensões geram fissuras no meio confinante (rocha), cuja magnitude e direção vai depender do balanço de esforços atuantes no referido meio.

Assim, furos adequadamente alinhados e preenchidos permitem o corte de maciços rochosos de modo mais controlado do que aquele obtido por explosivos. A evolução dos esforços é lenta e são necessárias cerca de 8 a 24 horas para a completação do desmonte, dependendo da temperatura ambiente.

A concentração mássica de sólidos recomendada é de 77%. O consumo unitário de material expansivo fica em torno de 80 kg/m³, para desmonte industrial em pedreiras (Pinheiro, 1999). As vantagens de seu emprego, citadas nos catálogos (por exemplo o de FRACT-



Figura 1 - À esquerda, chafariz do século XVIII, de quartzito, no pátio interno do então palácio do governador (posteriormente sede da Escola de Minas), em Ouro Preto. À direita, aula na Oficina de Cantaria do DEMIN ministrada pelo Sr. José Raimundo Pereira, o mestre Juca (fotos de A. Liccardo).

AG e o de DEMOX), em relação ao uso de explosivos, são: não requer permissão especial seu manejo; não há vibrações, explosões ou emissão de gases; não há poluição acústica; obtém-se ganho de recuperação, pois há minimização de microfissuras interiores ao maciço.

Pinheiro estima custo operacional de aproximadamente US\$ 16.00/m², para aplicação industrial em pedreiras de rochas ornamentais (*apud* Villaschi Filho & Sabadini, 2000).

Quanto às técnicas de consolidação de corpos cerâmicos, a queima, ou cocção, é a etapa básica. A temperatura de fusão da sílica pura é 1996 K (1723°C). O uso de fundentes (em geral contendo álcalis) promove uma fusão incipiente da mistura a temperaturas muito mais baixas, que resulta, após esfriamento, uma soldagem intergranular (Norton, 1973, Melchiades e colaboradores, 1996). Esse microprocesso é em tudo similar ao processo chamado sinterização na indústria metalúrgica. Em geral, os fundentes cerâmicos são os feldspatos (sódico: NaAlSi₃O₈ ou potássico: KAlSi₃O₈), ou os feldspatóides (potássico: KAlSi₂O₆ e sódicos: [Na,K]AlSiO₄).

A retração linear e a diminuição de porosidade de um corpo cerâmico são os parâmetros usuais para avaliação de um processo de queima. A porosidade comumente é inferida por ensaios de absorção de água (Norton, 1973; Melchiades e colaboradores, 1996; Santos, 1989).

Um dos modos de medir a eficiência da cocção em cerâmica é através de medida de dureza das superfícies dos corpos queimados, como, por exemplo, usando-se os durímetros de Vickers, de Rockwell, ou por ensaios de "abrasão a três corpos". Os três corpos citados referem-se ao corpo de prova, a uma lixa de carbetto de silício e à água (Quinteiro e colaboradores, 2001, Dias e colaboradores, 2000).

3. Metodologia

3.1 Ensaios com argamassa

A argamassa expansiva utilizada foi a FRACT.AG® - selo vermelho (da casa italiana *Chemica Edile S.R.L.*). A preparação da argamassa expansiva seguiu o recomendado pelo fabricante, com adição de água na proporção de 30 partes para 70 partes do pó. Homogeneizando-se, forma-se uma pasta cremosa e sem grumos, com alcalinidade ao redor de pH 13. Essa mescla deve ser vertida nos furos feitos na rocha, durante os seguintes 5 a 10 minutos. A argamassa com FRACT.AG® acusou massa específica aparente de 1425 kg m⁻³ (Figura 2).

O objetivo principal dos ensaios foi determinar o espaçamento ótimo entre furos carregados com argamassa expansiva, considerando como ótimo aquele espaçamento (máximo) que resulte plano de fratura bem definido, com mínima imperfeição e sem microfissuras no maciço cortado.

Para estudo da argamassa, se utilizaram os seguintes equipamentos:

- Difratorômetro de raios X marca Rigaku, modelo Geigerflex D/Max com goniômetro horizontal, tubo de cobre, ve-

locidade angular de varredura de 1,2 e 0,6° por segundo, na faixa de 2 a 35°.

- Martelete perfurador Bosch GBH 2-24 DSE, roto-percussivo (870 rpm, potência de 620 W, massa de 2.4 kg); com brocas de vídia para perfuração em rocha com diâmetros de 13, 16 e 25 mm.

Ensaios para determinação do coeficiente de expansão da argamassa foram realizados em recipientes plásticos. Para determinar a densidade dos quartzitos, se empregaram amostras cúbicas.

A resistência à compressão uniaxial, parâmetro geomecânico dos mais representativos, foi utilizada para caracterizar a rocha. Usaram-se amostras cúbicas de quartzito, de dimensões aproximadas de 50 mm de aresta. O equipamento empregado foi a máquina de compressão uniaxial Kratos, com capacidade de carga de 200 toneladas.

As amostras, de acordo com as especificações da ABNT, devem ter 70 mm de aresta, para esse ensaio. Como foram utilizadas amostras de 50 mm, padronizaram-se os resultados da prova, utilizando a equação de Greenwald-Stear-Holland-Gaddy (*apud* Jaeger & Cook, 1979), a qual foi inicialmente preconizada como critério de escalonamento em pilares de minas, cuja expressão é:



Figura 2 - Operação de carregamento dos furos com a argamassa expansiva (foto de A. Liccardo).

$$\sigma_{c_0} = \sigma_c \frac{\left(\frac{W}{W_0}\right)^\alpha}{\left(\frac{H}{H_0}\right)^\beta} \quad (1)$$

Sendo:

- σ_{c_0} - resistência mecânica, ou tensão de ruptura do padrão [Pa].
- σ_c - resistência ou tensão de ruptura da amostra [Pa].
- W_0, H_0 - dimensões do padrão (sendo: $W_0 = H_0$) [m].
- W, H - dimensões da amostra ensaiada [m].
- β, α - constantes do material (para quartzito, usualmente adotam-se: $\alpha = 0,5$ e $\beta = 0,75$) [-].

Os ensaios para corte de rocha foram realizados segundo a seguinte metodologia.

- Preparação da amostra a ser desmontada (cortada): Blocos de quartzitos típicos do material trabalhado na oficina de cantaria foram selecionados, cuidando-se para que tivessem a face superior plana, de modo a se manterem, para a mesma profundidade de perfuração, os fundos dos furos na mesma cota.
- Perfuração: As brocas utilizadas no martetele foram de 13 mm, 16 mm e 25 mm. Os furos foram todos verticais e alinhados de acordo com o plano de fratura desejado. Os tempos de perfuração e os respectivos avanços foram registrados.
- Monitoramento visual do desmonte: em função dos tempos de ruptura típicos, adotou-se o intervalo de 18 h após a aplicação da argamassa para a primeira inspeção e, em seguida, a cada 4 horas.

3.2 Ensaios de termoconsolidação de peças

Para esse estudo, utilizaram os seguintes equipamentos:

- Difratômetro de raios X marca Rigaku, modelo Geigerflex D/Max com goniômetro horizontal, tubo de cobre, velocidade angular de varredura de 1.2 e 0.6° por segundo, na faixa de 2 a 35°.
- Mufla com termopar e termostato ajustável.
- Durímetro de Rockwell (penetrador esférico de 6,3 mm) e prensa com dinamômetro (Kratos modelo TMD).

Os ensaios para termoconsolidação do quartzito foram realizados segundo a seguinte metodologia:

- Preparação das amostras: foram cortados blocos com as dimensões aproximadas de 50x50x50 mm³ do mesmo tipo de quartzito itacolomi, para os ensaios com peças maciças. Paralelamente, utilizou-se pó do mesmo tipo de rocha, gerado pelas operações de perfuração.
- Em cada uma das modalidades, um dos corpos de prova permaneceu sem tratamento térmico (referência da rocha *in natura*).
- Os outros corpos de prova foram submetidos a tratamento térmico, segundo as condições seguintes:

→ Amostras maciças (blocos):

- Aquecimento a 900°C durante 4 horas sem aditivos (para o ensaio em branco).
- Submersão em solução saturada de NaCl (salmoura), seguida de aquecimento a 900°C durante 4 horas.
- Submersão em solução saturada de Na₂CO₃ (barrilha comercial), seguida de aquecimento a 900°C durante 4 horas (para ensaio aditivado com barrilha).
- Submersão em suspensão de argila (a 5 % em massa) em solução saturada de Na₂CO₃ (barrilha comercial), seguida de aquecimento a 900°C durante 4 horas (para o aditivado com barbotina).

→ Amostras em pó:

- Aquecimento a 950°C durante 4 horas sem aditivos (para o ensaio em branco).

• Mistura com 8 % de NaCl, seguida de aquecimento a 950°C durante 4 horas.

• Mistura com 8 % de Na₂CO₃ (barrilha comercial), seguida de aquecimento a 950°C durante 4 horas (para ensaio aditivado com barrilha).

• Mistura com 4 % de argila e 4 % de Na₂CO₃ (barrilha comercial), seguida de aquecimento a 950°C durante 4 horas (para o ensaio aditivado com o que aqui se designa barbotina, dada sua semelhança com a barbotina cerâmica).

• Mistura com 8 % de vidro comum moído, seguida de aquecimento a 950°C durante 4 horas sem aditivos (para o ensaio aditivado com o que aqui se designa frita, dada sua semelhança com as fritas da indústria cerâmica).

• Mistura com 8% de bórax, seguida de aquecimento a 950°C durante 4 horas (para o ensaio aditivado com bórax).

Após a cocção, as amostras em pó foram analisadas com lupa binocular e submetidas a ensaios de estimativa de dureza relativa e de porosidade.

Para a determinação de dureza dos blocos queimados, utilizou-se o durímetro Rockwell para duas únicas condições: bloco *in natura* (amostra G) e aditivada com sal de cozinha (Amostra A) - como descritas por de Paula, 2002.

Na inadequação dos durímetros disponíveis para as amostras (sem prévio preparo e polimento), adotou-se uma variante que se revelou adequada para os propósitos desse trabalho. Colocava-se uma esfera de aço de 6,8 mm de diâmetro entre a superfície da amostra (termicamente tratadas a 950°C) e o disco de compressão. Os corpos de prova estavam confinados nos barquetes utilizados para a queima e eram colocados sobre a base da prensa (a exceção foi a amostra queimada com barbotina, a qual foi queimada em crisol de porcelana e colocada na prensa sem confinamento).

A seguir ao posicionamento do corpo de prova (amostra), descia-se o disco de compressão sobre a esfera jacente sobre a superfície da amostra até que o

dinamômetro acusasse um valor previamente estabelecido de força de compressão, quando se parava a fase de prensagem.

A amostra era retirada da prensa e a profundidade da calota esférica (deformação plástica) formada pela pressão da esfera sobre o corpo de prova era medida.

A estimativa da porosidade seguiu o procedimento comum de pesar o corpo de prova inicialmente seco e após seu embebedimento em água durante tempo necessário à expulsão de bolhas (seis horas). Para melhores resultados na expulsão de bolhas internas, levou-se a água à fervura. Naturalmente, o valor medido é a porosidade dita aberta. A análise da fábrica do quartzito sob estudo indicou que a conexão entre os poros é praticamente total, justificando, assim, o procedimento utilizado. A po-

rosidade foi determinada pela equação a seguir:

$$\varepsilon = \frac{m_u - m_s}{m_u - \left(1 + \frac{\rho_f}{\rho_s}\right) m_s} \quad (2)$$

Onde:

m_u e m_s = as massas úmida e seca, respectivamente [kg];

ρ_f e ρ_s = as massas específicas do fluido e do sólido [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$].

4. Resultados

4.1 Ensaios com argamassa

Foram realizados testes variando o diâmetro dos furos e o espaçamento entre eles. Os testes foram feitos com

itacolomitos (quartzito claro e quartzito rosado) e com o dolomito Gandarela (o qual, em todos experimentos, só apresentou fissuras radiais). De maneira geral, os resultados podem ser sumarizados na Tabela 1.

O coeficiente de expansão da argamassa expansiva médio foi de 2,8 vezes com desvio-padrão de 0,45 (confinado no copo plástico). A massa específica real das partículas expandidas resultou igual a 2090 kg/m^3 (picnômetro), enquanto que a massa específica real da argamassa com 23,0 % de água acusou valor de 1425 kg/m^3 .

Os ensaios de ruptura, por compressão em prensa, de cubos de amostras das rochas utilizadas nos ensaios com argamassa expansiva deram os resultados mostrados na Tabela 2.

Tabela 1 - Resultados dos ensaios de corte de rocha com FRACT - AG® (nesta tabela: E = espaçamento e d = diâmetro do furo).

Amostra	Diâmetro da broca [mm]	Relação E/d	Furos de de alívio	Resultado
Quartzito claro	13	5	0	Fratura bem
Quartzito claro	13	10	0	Fratura bem
Quartzito claro	25	5	0	Fratura bem
Quartzito claro	25	5	0	Fratura bem
Quartzito claro	25	10	0	Não fratura
Quartzito rosado	16	5	0	Fratura bem
Quartzito rosado	16	10	0	Não fratura
Quartzito rosado	16	8	0	Fratura mal
Quartzito claro	25	5	2	Não fratura
Dolomito	13	4	3	Não fratura

Tabela 2 - Resultados de ensaios de resistência à compressão (σ_c) dos corpos de prova (blocos de itacolomito cinza-claro)

Amostra	Carga máxima [N]	Área transversal [cm^2]	σ_c [MPa]	σ_{co} [MPa] (padrão)	Dimensões do corpo de prova [mm]
A1	256,0 x 103	26,78	95,63	87,91	51,0 x 52,5 x 50,0
A4	264,9 x 103	25	105,95	97,4	50,0 x 50,0 x 50,0
B5	107,9 x 103	25	43,16	39,68	50,0 x 50,0 x 50,0
B6	131,4 x 103	30,39	43,25	39,76	56,6 x 53,7 x 54,0

A observação da argamassa expandida por microscopia eletrônica revela uma acentuada esfoliação dos grânulos após sua hidratação e conseqüente expansão, conforme ilustra a Figura 3.

Os difratogramas de raios X para duas amostras (uma do pó expansivo fresco - AEF - e outra da argamassa expandida - AEE) indicaram as seguintes espécies cristalográficas: para AEF - cal virgem com traços de biotita e para AEE - portlandita (NaOH) e cal virgem (CaO).

4.2 Ensaios de termoconsolidação

Os valores de dureza Rockwell do bloco aditivado com sal (amostra A), em relação àqueles correspondes ao bloco in natura (amostra G), acusaram aumento médio de 20,7 % (de 58 para 70). Tais valores referem-se a medidas no plano de acamamento do quartzito. Teste estatístico, com nível de significância de 0,1% para o parâmetro *t-de-Student* (grau de confiança de 99,9 %), indicou que se trata de um aumento de dureza significativo (pois $t_0 = 13,418$, enquanto que o valor de tabela é $t = 4,587$), naturalmente partindo-se da premissa de que a dureza prévia (antes da queima) dos blocos era a mesma (Figura 4).

Os difratogramas de raios X para duas amostras - rocha *in natura* e termoconsolidada com NaCl a 900°C - indicaram a mesma constituição cristalográfica: sílica, caulinita e flogopita.

A termoconsolidação de pó de itacolomito indicou retração linear inferior a 3 % com todos os fundentes, à exceção do bórax, o qual induziu uma recristalização acentuada, a qual provocou ligeiro inchamento.

Houve variação de cor do corpo de prova conforme o fundente utilizado (Figura 5). Esse fenômeno é indesejável quando se tratar de proteção a peças antigas.

A resistência à penetração está mostrada na Tabela 3. Observe-se que a resistência da amostra aditivada com sal foi

a menor (em contradição com o ensaio equivalente de queima de bloco). As resistências das amostras aditivadas com frita e com barrilha são as maiores. Note-se que a amostra aditivada com barbotina não contou com o aumento da resistência ocasionado pelo confinamento no barquete, pois sua resistência foi medida sem confinamento. Mesmo assim, suportou a car-



Figura 4 - Vista do bloco de quartzito após a evolução do plano de fratura: 20 h oras (Foto de A. Liccardo).

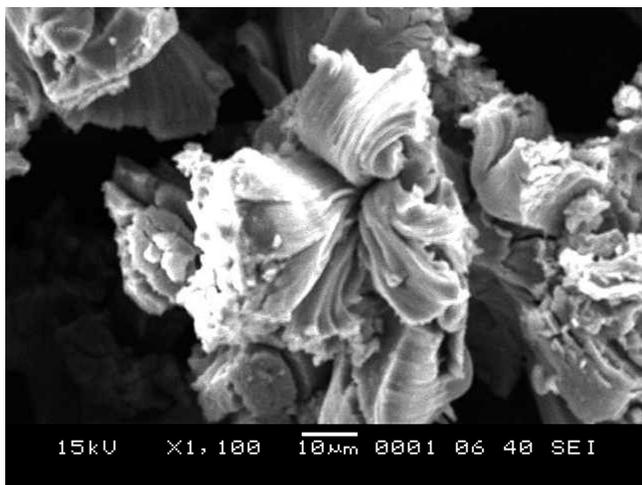


Figura 3 - Imagem por microscopia eletrônica de grânulos da argamassa expansiva (aumento de 1100 vezes e metalização por carbono).

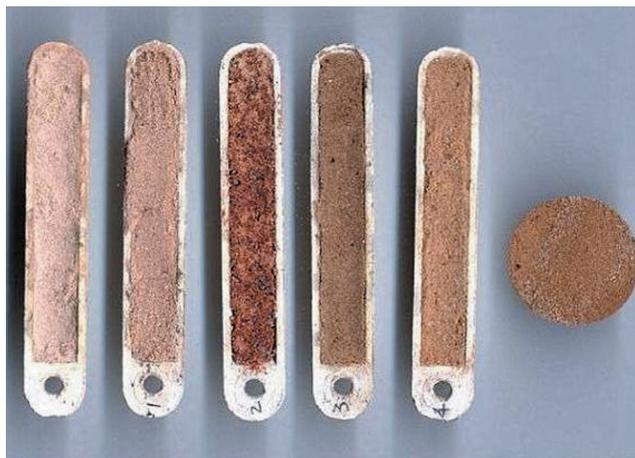


Figura 5 - Termoconsolidação de pó a 950°C, sob as seguintes condições: (0) amostra em branco; (1) itacolomito aditivado com frita; (2) itacolomito aditivado com bórax; (3) itacolomito aditivado com barrilha leve; (4) itacolomito aditivado com sal de cozinha e (5) itacolomito aditivado com barbotina (queimado em cadinho).

ga máxima da prensa, sem mostrar penetração pela esfera, até fragmentar-se de modo abrupto, após um lapso de alguns segundos sob carga.

Os resultados de determinação de porosidade mostram-se na Tabela 4. Vê-se que a amostra termoconsolidada com barbotina é a menos porosa. As outras amostras apresentam porosidade similar à porosidade da areia. Não se evidenciou uma relação entre a porosidade e a resistência das amostras.

5. Conclusão

Os resultados com argamassa expansiva permitem a preconização de seu uso em desmonte escultural de blocos destinados aos trabalhos de cantaria, inclusive na função de corte prévio dos contornos das peças. O espaçamento relativo entre furos igual a 5 vezes o diâmetro deles é eficiente, para os cortes retilíneos no itacolomito. Para o dolomito Gandarela a argamassa não apresentou resultados satisfatórios.

A termoconsolidação de peças, em princípio, não é indicada para restauro de obras de cantarias do acervo histórico porque os óxidos de ferro presentes no itacolomito são suficientes para mudança perceptível de cor, após queima acima de 900°C, em atmosfera oxidante (mudança de Fe⁺² para Fe⁺³). Entretanto apresenta-se como técnica promissora para aplicação em peças novas, em especial utilizando-se a aspersão de fritas de vidro, barrilha ou barbotina, sobre a peça (facultando sua sinterização em torno de 950°C, com o conseqüente aumento de resistência ao desgaste).

Em continuidade a esse trabalho, os autores estão envidando esforços na geração de dados suplementares, os quais deverão ser objeto de trabalhos futuros. Os autores agradecem ao Sr. Maurício Rodrigues de Paula (ensaios de sinterização de blocos), à Srta. Adelaíne Patrícia de Souza (levantamento histórico da arte da cantaria), à Profa. Maria Lúcia Magalhães de Oliveira (sugestões de texto e apoio na oficina de Cantaria) e ao Geol. Dr. Antonio Liccardo (cadastramento fotográfico do acervo em cantaria).

Tabela 3 - Resultados de ensaios de resistência à penetração dos corpos de prova termoconsolidados (amostras em pó).

Amostra – Condição	Carga [N]	Profundidade de penetração da esfera de aço [mm]
0 – branco	61,8	6,8 (penetração total no corpo)
0 – branco	49,0	2,9
1 – com frita	91,2	< 0,5
2 – com bórax	91,2	1,3
3 – com barrilha	91,2	< 0,5
4 – com sal	37,3	6,8 (penetração total no corpo)
5 – com barbotina (não confinada)	91,2	< 0,5 (com ruptura após alguns segundos)

Tabela 4 - Porosidade das amostras consolidadas após tratamento térmico a 950°C.

Amostra	Aditivo	Porosidade [%]
0	branco	39,3
1	frita	34,8
2	bórax	43,2
3	barrilha	45,0
4	sal	31,0
5	barbotina	26,7

6. Referências bibliográficas

- DE PAULA, M. R. *Termoconsolidação de obras de cantaria*. DEMIN/UFOP, 2002. (Relatório de estágio supervisionado no DEMIN).
- DIAS, L. L. et alii. Efeitos da adição de alumina, mulita, titânia e zircônia sobre a resistência ao desgaste de vidrados cerâmicos. *Cerâmica Industrial*, v. 5, n. 3, maio/junho, 2000.
- CHEMICA EDILE S. R. L. FRACT.AG®. *Argamassa expansiva para demolições, cortes de rochas e cimentos*. Chemica Edile S.R.L. [s.d.]. (Catálogo).
- GRAN MAC BRASIL LTDA. DEMOX. *Massa expansiva para desmonte de rochas*. Belo Horizonte: Gran Mac Brasil Ltda. [s.d.]. (Catálogo).
- JAEGER, J. C., COOK, N. G. *Fundamentals of rock mechanics* (3. ed.). London: Chapman & Hall, 1979.
- MELCHIADES, F. G. et alii. A curva de gresificação: Parte I - Fábio G. Melchides. *Cerâmica Industrial*, v. 1, n. 04/05, Agosto/Dezembro, 1996.
- NORTON, F. *Introdução à tecnologia cerâmica*. Edgard Blücher, 1973.
- PINHEIRO, J. R. O emprego da argamassa expansiva na extração de rochas ornamentais. *Rochas de Qualidade*, v. 28, n. 145, março/abril, 1999.
- QUINTEIRO, E. et alii. Sistemas vitro-cerâmicos compatibles con las condiciones de quema utilizadas en la industria de revestimientos. In: *Qualicer 2002*. 2002.
- SANTOS, P. de S. *Ciência e tecnologia de argilas* (2. ed.). São Paulo: Edgard Blücher, 1989.
- VILLASCHI FILHO, A., SABADINI, M. S. *Arranjo produtivo de rochas ornamentais (mármore e granito) no Estado do Espírito Santo*. Rio de Janeiro: Instituto de Economia - IE/UFRRJ, 2000.

Artigo recebido em 11/11/2002 e aprovado em 11/09/2003.