

# **ANÁLISE DAS PROPRIEDADES EM PASTILHAS HIDRÁULICAS UTILIZANDO RESÍDUO DE ROCHAS ORNAMENTAIS PARA USO EM PISO**

**Joyce Araújo Máximo da Silva**

Aluno de Graduação da Faculdade do Centro Leste 9 °  
período, UCL  
[jsilva@cetem.gov.br](mailto:jsilva@cetem.gov.br)

Período PIBIC/ CETEM: julho de 2013 a julho de 2014

**Nuria Fernandez Castro**

Orientadora, Enga. De Minas, M.Sc.  
[ncaastro@cetem.gov.br](mailto:ncaastro@cetem.gov.br)

**Maria Antonina Magalhães Coelho**

Co- orientadora, Enga. Civil, M.Sc.  
[antonina@ucl.br](mailto:antonina@ucl.br)

## **1. Introdução**

As rochas ornamentais são largamente utilizadas na Construção Civil, no entanto, para que possam ser utilizadas, é necessário que a rocha original passe por diferentes processos, gerando uma quantidade enorme de resíduos. No beneficiamento são gerados dois tipos principais de resíduos: resíduo muito fino misturado com os insumos da serragem e resíduo grosso, na forma de casqueiro e aparas (restos do aparelhamento dos blocos e corte das chapas). Em media, 14% do volume do bloco é transformado em resíduo grosso e 26% em resíduo fino, no processo de beneficiamento de rochas ornamentais (SOUZA; VIDAL, 2012).

## **2. Objetivos**

O objetivo deste estudo é verificar se pastilhas hidráulicas feitas com resíduos do beneficiamento de rochas ornamentais atendem aos requisitos da norma brasileira de placas cerâmicas para revestimento, para utilização das mesmas como complementos decorativos em revestimentos de pisos e paredes.

## **3. Metodologia**

Foram moldadas pastilhas hidráulicas com resíduos do beneficiamento de rochas ornamentais, cimento estrutural branco e com cimento Portland CPV ARI, com dimensões de aproximadamente 10 x 10 cm e espessura de  $6 \pm 0,5$  mm, para utilização como complementos decorativos em revestimento de pisos e paredes. O traço da pastilha hidráulica adotado neste estudo foi de 1: 2 : 0,5 em massa (cimento: resíduo de rocha britado: água) com 0,2% de aditivo, conforme estudos já realizados (COELHO *et. al.*, 2011). Foi testada a incorporação de 10% de resíduo fino neste estudo, mas interferiu no efeito estético, motivo pelo qual foi descartada essa incorporação.

Neste estudo foram realizados os seguintes ensaios nas pastilhas produzidas: determinação da absorção de água, determinação da carga de ruptura e módulo de resistência flexão, determinação da expansão por umidade, de acordo com a NBR 13818 (ABNT, 2014).

## 4. Resultados e discussão

### Determinação da absorção de água

As pastilhas hidráulicas utilizadas foram ensaiadas de acordo com a norma NBR 13817 (ABNT, 1997), em número de 10 amostras e a absorção de água calculada pela Eq.1.

$$Abs = \frac{M_{sat} - M_{seca}}{M_{seca}} \times 100 \quad \text{EQ. 1}$$

Onde:

Abs: absorção de água, expressa percentualmente;

$M_{seca}$ : é a massa seca em gramas;

$M_{sat}$ : é a massa saturada em gramas.

Na tabela 1 são mostrados os resultados obtidos no ensaio de determinação da absorção de água das pastilhas hidráulicas.

**Tabela 1:** Resultado do ensaio para determinação da absorção de água das pastilhas hidráulicas

Pastilha Hidráulica	Massa seca (g)	Massa saturada (g)	Absorção (%)
PH 1	131,84	145,37	10,3
PH 2	131,24	145,28	10,7
PH 3	195,44	214,74	9,9
PH 4	180,39	199,39	10,5
PH 5	203,59	224,63	10,3
PH 6	141,92	156,81	10,5
PH 7	150,56	166,67	10,7
PH 8	134,53	148,75	10,6
PH 9	152,26	167,31	9,9
PH 10	143,17	157,97	10,3
		<b>Média</b>	10,4
		<b>Desvio padrão</b>	0,29

A pastilha hidráulica feita neste estudo é de maneira artesanal e com materiais diferentes das placas cerâmicas, mas o objetivo é utilizá-las juntas, por este motivo estamos as classificando de acordo com a norma de placas cerâmicas. A NBR 13817 (ABNT, 1997) classifica as placas cerâmicas em grupos de absorção de água e as codifica em função dos métodos de fabricação que, neste caso, foi classificada como 'outros' do tipo artesanal. O resultado para o ensaio de absorção de água foi grupo III, que indica que absorve mais água que outras, o que não significa que não é possível utilizá-la, só é preciso saber o local em que será aplicada e entrar em num acordo com a parte interessada. Como a absorção foi maior que 10% é recomendada que seu uso seja feito em paredes de revestimentos, pois sua resistência mecânica foi reduzida. O código C indica que foi feita de forma artesanal.

### Determinação da expansão por umidade

O ensaio de determinação da expansão por umidade foi realizado com cinco pastilhas hidráulicas com tratamento em água fervente, de acordo com a norma NBR 13817 (ABNT, 1997). Foi calculado o valor de expansão, em relação ao comprimento inicial, com a Eq.2.

$$EU = \frac{\ell_1 - \ell_0}{\ell_0} \times 1000 \quad \text{EQ. 2}$$

Onde:

EU: é a expansão por umidade, em milímetros por metro;

$\ell_0$ : é a medida da dimensão inicial, antes do ensaio em milímetros;

$\ell_1$ : é a medida da dimensão após o ensaio em milímetros.

Os valores obtidos na expansão por umidade, juntamente com os valores dos comprimentos iniciais e finais são mostrados na Tabela 2.

**Tabela 2:** Resultado da determinação da expansão por umidade das pastilhas hidráulicas

Pastilhas Hidráulicas	$\ell_0$ (mm)	$\ell_1$ (mm)	EU (mm/m)
PH 1	98,81	98,98	1,72
PH 2	98,80	98,86	0,61
PH 3	98,68	98,92	2,43
PH 4	98,46	98,50	0,41
PH 5	99,18	99,26	0,80
		<b>Média</b>	1,07
		<b>Desvio padrão</b>	0,85

A média da expansão por umidade foi 1,07 mm/m, não havendo na norma um valor estipulado. Valores acima de 0,60 mm/m impedem o uso das pastilhas hidráulicas em fachadas, e em ambientes úmidos como piscina, fachadas e saunas.

### Determinação da carga de ruptura e módulo de resistência à flexão

Para esse ensaios foram utilizadas sete pastilhas hidráulicas, conforme à NBR 13818 (1997). Elas foram posicionadas na prensa de modo a manterem a distância de 80 mm entre os apoios e o eixo de aplicação da carga foi posicionado no meio das pastilhas hidráulicas.

Para determinar a carga de ruptura da pastilha hidráulica, foi utilizada a seguinte equação.

$$CR = \frac{F \times L}{b} \quad \text{EQ. 3}$$

Onde:

CR: é a carga de ruptura em Newtons;

F: é a força de ruptura em Newtons;

L: é a distância entre as barras de apoio em milímetros;

b: é a largura da pastilha hidráulica ao longo da ruptura após o ensaio em milímetros.

Para determinar o módulo de resistência a flexão da pastilha, foi utilizada a seguinte equação.

$$MRF = \frac{3F \times L}{2b \times e^2} \quad \text{EQ.4}$$

Onde:

MRF: módulo de resistência a flexão em mega – pascais;

$e^2$ : é a mínima espessura da pastilha hidráulica em milímetros.

A tabela 3 mostra os resultados da carga de ruptura e o módulo de flexão das pastilhas.

**Tabela 3:** Resultado da determinação da carga de ruptura e o módulo de flexão das pastilhas

Pastilhas hidráulicas	b (mm)	P (kg)	F (N)	CR (N)	MRF (MPa)
PH 1	98,5	13,16	258,25	209,75	8,74
PH 2	97,4	9,90	194,29	159,58	6,65
PH 3	99,4	12,62	247,56	199,24	8,30
PH 4	100,7	14,78	290,04	230,42	9,60
PH 5	99,8	10,06	197,42	158,25	6,59
PH 6	101,0	16,07	315,25	249,70	10,40
PH 7	99,8	10,14	198,86	159,41	6,64
			<b>Média</b>	195,19	8,13
			<b>Individual (mín)</b>	158,25	6,59
			<b>Desvio padrão</b>	37,31	1,55

O valor médio de módulo de resistência a flexão, igual a 8,13 MPa, não é classificado pela norma NBR 13818 (ABNT, 1997), o mesmo para a carga de ruptura. Por se tratar de um produto fabricado artesanalmente, os valores de resistência mecânica apresentados são baixos, mais suficientes para seu uso como revestimento decorativo.

## 5. Conclusões

A busca por soluções sustentáveis para a utilização do resíduo gerado pelo beneficiamento de rochas ornamentais é importante e a construção civil tem grande potencial para utilizar esses resíduos contribuindo para uma diminuição do impacto ambiental e, diminuindo também a utilização de matéria prima na fabricação de artefatos pré-fabricados de concreto, como pastilhas hidráulicas.

Neste trabalho, foram feitas avaliações da pastilha hidráulica através das seguintes propriedades, de acordo com a NBR 13818 (ABNT, 1997):

O resultado para o ensaio de absorção de água foi grupo III, código C, o que corresponde a grupo de absorção de água e código em função dos métodos de fabricação que, neste estudo, foi classificada como 'outros', isto é, placa hidráulica e não cerâmica.

O resultado para o ensaio de expansão por umidade foi 1,07 mm/m, o resultado para o ensaio de módulo de resistência a flexão foi 8,13 MPa e a carga de ruptura foi 195,19 N.

Para a classificação C, em relação ao método de fabricação, a norma NBR 13818 (ABNT, 1997) não especifica características visuais, físicas ou químicas.

Como a norma não apresenta requisitos de características para o tipo de fabricação usado nas pastilhas hidráulicas, pode-se fazer correlações com outros códigos. O resultado para o ensaio de absorção de água igual a 10,4% correspondente à classificação III dos tipos A ou B (cerâmicas convencionais, fabricadas prensadas – tipo A - ou extrudadas – tipo B), sendo em ambos os casos o de maior porosidade.

De acordo com esta análise, a pastilha hidráulica desenvolvida pode atender a diferentes aplicações, como complementos decorativos em revestimento de pisos e paredes com os resultados apresentados.

## 6. Agradecimentos

A autora agradece ao Cetem, e ao CNPq, pela bolsa de estudos; AAMOL, à Faculdade UCL e à Holcim pelo apoio concedido.

## 7. Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9457. **Ladrilhos hidráulicos - Especificação**. Rio de Janeiro. 2014.

\_\_\_\_\_. ABNT NBR 13817. **Placas cerâmicas para revestimento – Classificação**. Rio de Janeiro. 1986.

\_\_\_\_\_. ABNT NBR 13818. **Placas cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos para ensaio**. Rio de Janeiro. 1986.

COELHO, Maria Antonina Magalhães, et al. **Utilização de resíduos do beneficiamento de rochas ornamentais em artefatos pré-fabricados de concreto**. Relatório do Projeto Concretar. SEBRAE/MCT. Serra. 2011.

SOUZA, D.; VIDAL, F.W.H.; CASTRO, N.F. **Estudo comparativo da utilização de teares multilâmina e multifio no beneficiamento de rochas ornamentais**. In: XX Jornada de Iniciação Científica. CETEMMCTI: Rio de Janeiro, 2012. 5p.