

## INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO DE MÁRMORE EM ARGAMASSA: AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO POR IMERSÃO EM ÁGUA

Maria Alinne Matias (1); Priscila Maria Sousa Gonçalves Luz (1); Valter Ferreira de Sousa Neto (2); Conrado Cesar V. Pereira da Silva (3); Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça (4)

Universidade Federal de Campina Grande, [mariaalinnematias@hotmail.com](mailto:mariaalinnematias@hotmail.com)

Universidade Federal de Campina Grande, [priscilaluz55@gmail.com](mailto:priscilaluz55@gmail.com)

Universidade Federal de Campina Grande, [valterneto51@gmail.com](mailto:valterneto51@gmail.com)

Universidade Federal de Campina Grande, [cesar.vtr@hotmail.com](mailto:cesar.vtr@hotmail.com)

Universidade Federal de Campina Grande, [ana.duartemendonca@gmail.com](mailto:ana.duartemendonca@gmail.com)

**Resumo:** Com o crescimento populacional nos centros urbanos e a vasta diversificação do consumo de bens e serviços, vem ocorrendo uma intensa industrialização em diversos setores produtivos e, com eles, um aumento significativo na geração de resíduos. É necessário buscar soluções interessantes para o reaproveitamento destes resíduos. Uma dessas soluções vem com o seu reuso, na fabricação de novos produtos onde se consegue obter propriedades interessantes. O desenvolvimento de novos materiais através da reutilização de resíduos é uma alternativa viável para agregar valor ao processo produtivo e reduzir o impacto ambiental gerado pela deposição dos resíduos em lixões, aterros sanitários e aterros industriais. Muitos estudos estão sendo desenvolvido para mitigar a deposição de tais resíduos, entre eles o uso de resíduos de mármore na produção de argamassas para assentamento. Assim sendo esse trabalho tem como objetivo determinar as propriedades físicas da argamassa produzida com substituição do agregado miúdo por resíduo de mármore em pó. Foram moldados corpos de prova nas dimensões de 5 cm x 10 cm para as argamassas de referência e para argamassa com substituição do agregado miúdo por resíduo de mármore em pó nos teores de 10% e 20%. Para determinação da absorção por imersão em água nas idades de 7, 14 e 28 dias. Observou-se que a substituição do agregado miúdo por resíduo de mármore em pó proporcionou o aumento da absorção da argamassa para todas as idades analisadas.

**Palavras-chave:** propriedades, material alternativo, construção civil.

## 1. INTRODUÇÃO

As argamassas são produtos formados por um ou mais ligantes misturados com agregado miúdo e água. Entre os ligantes estão, por exemplo, o cimento Portland, a cal e o gesso e entre os agregados miúdos estão a areia natural ou artificial. Além disso, aditivos e adições minerais podem ser utilizados na mistura a fim de melhorar suas propriedades (CARASEK, 2007).

No Brasil são frequentes os processos construtivos de edifícios que empregam paredes de alvenaria revestidas com argamassa, tanto no sistema de vedação interno como externo (MIRANDA, 2000).

As argamassas de revestimento fornecem acabamento às paredes de alvenaria, paredes de concreto e tetos de edificações, de acordo com os requisitos arquitetônicos do projeto. As funções das argamassas estão associadas diretamente as suas finalidades ou aplicações. As argamassas mais utilizadas são para assentamento de alvenarias ou para revestimento de paredes.

Com o crescimento populacional nos centros urbanos e a vasta diversificação do consumo de bens e serviços, vem ocorrendo uma intensa industrialização em diversos setores produtivos e, com eles, um aumento significativo na geração de resíduos.

É um dos grandes problemas enfrentados hoje no mundo se refere à destinação final desses resíduos. Nos últimos anos, independentemente de razões políticas, econômicas ou ecológicas, a reciclagem tem sido incentivada em todo o mundo. E, sem dúvida, a melhor alternativa para reduzir o impacto que o ambiente pode sofrer com o consumo de matérias-primas e a geração de resíduos.

As atividades de beneficiamento de rochas ornamentais geram uma quantidade significativa de resíduos, o aproveitamento de resíduos industrial desperta grande interesse na medida em que pode contribuir para a redução do custo e o desenvolvimento sustentável. Parte desses resíduos possuem formas de lasca de rocha como casqueiros, chapas quebradas e outros resíduos como forma de pó residual (lama), geralmente composta de água, pó de rocha e algum tipo de abrasivo (SILVA, 1998).

Durante o beneficiamento dos blocos de rochas ornamentais, entre 25% a 30% são transformados em pó, sendo que no Brasil, estima-se que sejam geradas 240.000 toneladas ao ano de resíduos destas rochas, o que implica em um

problema de grande magnitude, caso não sejam tomadas medidas corretas de gestão e destinação final adequadas, incluindo medidas de reutilização deste resíduo (GONÇALVES, 2000).

Em decorrência dessa problemática, tornam-se imprescindíveis estudos que apontem uma solução, seja em nível de reutilização, reciclagem, processamento ou mesmo disposição final correta dos resíduos, visando desta forma reduzir o impacto ambiental causado pelo volume de resíduo descartado.

Assim, este estudo tem como objetivo principal analisar as propriedades físicas de argamassas incorporadas com resíduo de mármore.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

Os materiais utilizados para realização deste estudo foram:

Agregado miúdo: O agregado miúdo, utilizado na pesquisa, foi do tipo natural proveniente de jazida do leito do Rio Paraíba, apresentando diâmetro máximo de 4,8mm, finura igual a 2,78%, massa específica de  $2,618\text{g/cm}^3$ , massa unitária solta igual a  $1,429\text{g/cm}^3$ , e teor de materiais pulverulentos de 0,07%;

Água: Fornecida pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA);

Cal Hidratada: obtida no comércio local de Campina Grande-PB, apresentando teor de 49,35% de cálcio (CaO), 26,45% de óxido de magnésio, e granulometria com diâmetro médio de  $9,87\mu\text{m}$ , com D10 de  $0,47\mu\text{m}$ , D50 de  $4,28\mu\text{m}$  e D90 de  $30,84\mu\text{m}$ . Para esta cal não existe partículas superiores a  $100\mu\text{m}$ .

Cimento Portland CII F32: O cimento Portland foi obtido no comércio local do município de Santa Rita-PB, apresentando massa específica igual a  $2,91\text{g/cm}^3$  e finura igual 2,84%;

Resíduo de mármore: fornecido pela empresa Fuji S/A Mármore e Granitos, gerado durante o beneficiamento do mármore. Apresenta um pico endotérmico a  $894,67^\circ\text{C}$ , referente a decomposição do Carbonato de Cálcio, havendo uma perda de 48,1%, equivalente a 36,31mg. O resíduo de mármore ainda tem duas fases mineralógicas: Calcita e Dolomita, principais constituintes das rochas carbonáticas.

Apresenta em sua composição majoritária CaO (51%), MgO (10%) e SiO<sub>2</sub> (2%), além de menores quantidades de dióxido de silício e óxido sulfúrico. Apresentando, ainda uma alta perda de massa na calcinação de resíduo de mármore de 34% correspondente à liberação de CO<sub>2</sub> dos carbonatos durante o aquecimento.

## 2.2 Metodologia

Inicialmente foi realizada a seleção dos materiais a serem utilizados para o desenvolvimento deste estudo, em seguida foi realizado o estudo da dosagem dos materiais de acordo com a metodologia estabelecida pela ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland.

### *Dosagem dos materiais*

O traço utilizado na pesquisa foi o de 1:2:9, para a determinação do fator água/cimento ( $f_{a/c}$ ) utilizou-se o método de Selmo e uma simplificação do Ensaio de Consistência.

Método de Selmo: propõe a dosagem racional de adições argilosas em argamassa de revestimento e assentamento a partir de curvas de trabalhabilidade que correspondem à relação entre agregados/cimento em misturas experimentais: ao variar a relação areia/cimento obtém-se empiricamente, a quantidade mínima de adição capaz de plastificar a argamassa.

Simplificação do Ensaio de Consistência: o ensaio de Consistência é regido pela NBR 13279 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e teto – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência) ABNT (2005).

Utilizando-se os dois métodos obteve-se o fator água/cimento ( $f_{a/c}$ ) igual a 2,18, o qual atende as condições de boa moldagem da argamassa. Assim obteve-se o traço de 1:2:9:2.18 que correspondem respectivamente as proporções de cimento, cal, areia e água.

Com o traço finalizado, iniciou-se o procedimento de cálculo das quantidades de materiais necessários para confecção dos corpos de prova. Algumas informações importantes para iniciar os cálculos: dimensões 5cmx10cm (diâmetro x altura).

Inicialmente realizou-se o cálculo do consumo de cada material pela Equação (01).

$$C = \frac{1000}{\frac{1}{\delta_c} + \frac{a}{\delta_a} + \frac{b}{\delta_b} + x} \quad \text{Eq. (01)}$$

Onde:

$\delta_c$ ,  $\delta_a$  e  $\delta_b$  são respectivamente, as massas específicas reais do cimento, areia e da brita;

1:a:b:x é o traço do concreto expresso em massa;

C é o consumo de cimento por metro cúbico de concreto, 1000 dm<sup>3</sup>.

Assim, para os corpos de prova de referência e com os teores de substituição tem-se o quantitativo apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Quantitativo de materiais para moldagem de um corpo de prova.

Traço 1:2:9:2.18	Misturas		Materiais				
			Cimento Portland (g)	Resíduo mármore (g)	Cal (g)	Agregado miúdo (g)	Água (g)
	Referência		33	-	66	296,96	71,93
	Resíduo de mármore	10%	33	29,70	66	267,26	71,93
		20%	33	59,40	66	237,56	71,93

Fonte: Autoria Própria

### *Produção e preparação dos corpos de prova*

Inicialmente foi realizada a pesagem dos elementos constituintes do material a saber, o cimento, areia e resíduo de mármore. Sequencialmente foi realizada a homogeneização da mistura.

Os corpos de prova foram moldados segundo norma da ABNT NBR 13279 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e teto – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência) ABNT (2005).

Para esta etapa foram moldados corpos de prova nas dimensões de 5cmx10cm para a argamassa de referência e para a argamassa incorporada com 10% e 20% de resíduo de mármore, segundo a NBR 13279 (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e teto – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência) ABNT (2005).

#### *Determinação da absorção por imersão em água*

Regida pela norma brasileira NBR 9778, onde tem como objetivo prescrever o modo pelo qual deve ser executado o ensaio para determinação da absorção de água, através de imersão, do índice de vazios e massa específica de argamassa e concreto endurecidos.

Para determinar a absorção de água por imersão foi seguida a NBR 9778/1987. As argamassas também são moldadas de acordo com a NBR 7215/1996. A execução do ensaio começa com a determinação da massa da amostra ao ar. Posteriormente a amostra é levada a estufa a uma temperatura de  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , obtendo a massa após permanência de 24h, 48h e 72h. Completada a secagem em estufa e determinada a massa, procede-se à imersão da amostra em água à temperatura de  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , durante 72h. A amostra é mantida com 1/3 de seu volume imerso nas primeiras 4h e 2/3 nas 4h subsequentes, sendo completamente imersa nas 64h restantes. São determinadas as massas, decorridas 24h, 48h e 72h de imersão.

Usando as massas determinadas longo do procedimento, obtém-se a absorção de água por imersão, pela média das duas amostras, para cada período de imersão, por meio da seguinte expressão:

$$A_i = \frac{M_{sat} - M_s}{M_s} \times 100$$

Onde:

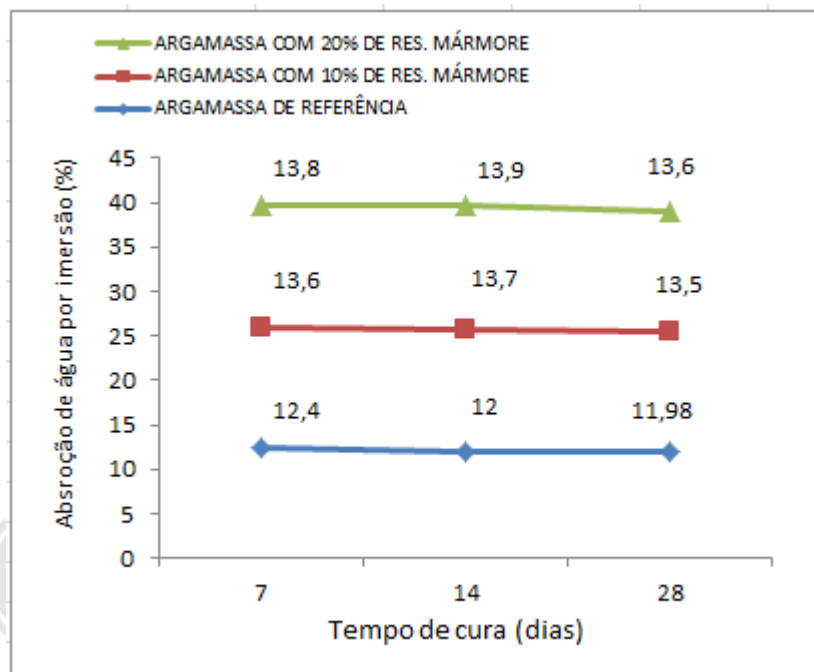
$A_i$  = absorção de água por imersão, em %;

$M_{sat}$  = massa do corpo-de-prova saturado;

$M_s$  = massa do corpo-de-prova seco em estufa.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 1 ilustra os resultados obtidos para absorção de água por imersão.



**Figura 1:** absorção de água por imersão.

De acordo com os resultados obtidos na Figura 1, verifica-se que a incorporação do resíduo de mármore em pó proporcionou o aumento da absorção da argamassa quando comparada a argamassa de referência, obtendo para o teor de substituição de 10% de agregado miúdo por resíduo de mármore um aumento de absorção de 12,68% aos 28 dias. Para o teor de absorção de 20% de substituição, verifica-se um aumento de absorção de 13,52%.

A absorção ocorrida não é de fácil interpretação, provavelmente a adição do resíduo colaborou de alguma forma para interligação dos poros, aumentando a penetração da água. Como no caso da capilaridade, a absorção por imersão ocorre em quase a totalidade no primeiro dia de imersão.

### CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, pôde-se concluir que:

Deve-se ter cautela no emprego de resíduo de corte de rocha em argamassa. A adição deste

resíduo densificou o produto final, diminuindo o tamanho dos poros.

O aumento da absorção por imersão é um fato preocupante, estando possivelmente ligado ao aumento do teor de material inerte, faltando adesão interna suficiente para o fechamento dos poros.

A partir da produção da argamassa incorporada com o resíduo de mármore, obteve-se resultados compatíveis com a argamassa tradicional ou ainda melhores. Desta forma, vemos que é viável utilizar o resíduo de mármore como um insumo para construção civil, agregando valor e reduzindo o impacto ambiental gerado pela disposição no meio ambiente.

## REFERENCIAS

MIRANDA, L.F.R.; SELMO, S.M.S. **Avaliação de argamassas com entulhos reciclados, por procedimentos racionais de dosagem.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 3., Vitória, 1999. Anais. Vitória, ANTAC, 1999. p.295-307.

CARASEK, H. Argamassas. In: **MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** Ed. G. C. Isaia. - São Paulo: IBRACON, 2007. 2v. cap.26, p.863-903.

SILVA, S. C. Caracterização do resíduo de serragem de blocos de granito. Estudo do potencial de aplicação na fabricação de argamassas de assentamento e de tijolos de solocimento.1998. Tese (Mestrado): Universidade Federal do Espírito Santo.

GONÇALVES, J.P. Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para produção de concretos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Dissertação de Mestrado, 120 fl. il. Porto Alegre, 2000.