

## ESTUDO DA VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DE MÁRMORE EM PÓ EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL AO AGREGADO MIÚDO PARA PRODUÇÃO DE ARGAMASSA

Maria Alinne Matias(1); Camila Gonçalves Luz Nunes (1); Maria Luísa Ramalho de Araújo (2); Thamires Dantas Guerra (3); Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça (4)

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

Universidade Federal da Paraíba, [camilanunes.engcivil@hotmail.com](mailto:camilanunes.engcivil@hotmail.com)

Universidade Federal de Campina Grande, [maria\\_luiza\\_ramalho@hotmail.com](mailto:maria_luiza_ramalho@hotmail.com)

Universidade Federal de Campina Grande, [thamires\\_guerra@hotmail.com](mailto:thamires_guerra@hotmail.com)

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

**Resumo:** O Brasil apresenta-se no cenário mundial como um forte produtor de rochas ornamentais, tais como granito, mármore, gnaíse, ardósia, entre outras, sendo o Estado do Espírito Santo, o maior responsável por essa produção. Apesar da expressividade econômica que proporcionam, as atividades da indústria de rochas ornamentais geram enormes quantidades de resíduos sólidos, que podem causar danos ao meio ambiente e as pessoas. A produção de resíduos durante o beneficiamento das rochas ornamentais é gerada em enormes quantidades, em forma de lama constituída por pó de pedra, cal, água e granalha metálica e pó de pedra com retalhos de rochas. 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. Assim neste estudo verificou-se a viabilidade de incorporar os resíduos de mármore no processo de produção de argamassas para assentamento, através da análise das características físicas, químicas e mineralógicas do resíduo de mármore através de ensaios laboratoriais. Os resultados obtidos mostraram que o resíduo de mármore apresenta uma composição majoritária de óxidos de cálcio e de magnésio, e como fases mineralógicas a calcita e a dolomita, principais constituintes das rochas carbonáticas. A composição semelhante com a de outros materiais já utilizados na construção civil valida a utilização do resíduo como insumo para a construção civil. Também foram estudadas as propriedades físicas da argamassa com incorporação do resíduo através do ensaio de absorção por imersão em água. No ensaio verificou-se que a argamassa com resíduo apresenta uma maior taxa de absorção quando comparada com uma argamassa de referência, sem resíduo.

**Palavras-chave:** resíduo de mármore em pó, argamassa, propriedades.

## 1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é abrangente quanto ao uso de diferentes materiais, são muitos os estudos existentes sobre materiais alternativos que asseveraram melhorias em relação aos convencionais. Para o incremento de novas tecnologias, novos materiais ou reaproveitamento de materiais existentes, devem ser feitos estudos de caracterização para determinação de propriedades que possibilitem o seu uso na construção civil.

Além dos estudos de caracterização, alguns outros fatores como: geração de impactos ambientais, geração de custos, disponibilidade local de matéria-prima e de mão-de-obra qualificada, devem ser levados em consideração para a aceitação do produto.

O Brasil é responsável por uma forte atividade industrial de extração e beneficiamento de rochas ornamentais, tais como granito, mármore, gnaiss, ardósia, entre outras. No entanto, as atividades da indústria de rochas ornamentais geram enormes quantidades de resíduos sólidos, que podem causar consequências negativas à segurança do meio ambiente e das pessoas (ABIROCHAS, 2011). Estes resíduos não têm uma aplicação prática definida. Por este motivo, eles são em grande parte descartados em rios, lagoas, lagos, e córregos, resultando em impactos negativos para o meio ambiente.

A vasta quantidade de resíduos gerada pela indústria de rochas ornamentais e a falta de lugares adequados para destiná-los, pode significar para a construção civil uma fonte de matéria-prima barata e de fácil aquisição, uma vez constatada a sua eficiência para o uso em tal setor.

Devido a fatores econômicos, a facilidade de aquisição e dos benefícios ambientais promovidos pela utilização dos resíduos gerados pela indústria de rochas ornamentais, foi analisada nesse estudo a viabilidade do uso do resíduo de mármore como insumo para a construção civil, sendo essa análise realizada por meio de ensaios laboratoriais, para determinação das características químicas, físicas e mineralógicas do material. Foram também analisadas as propriedades físicas da argamassa dosada com o resíduo de mármore através do ensaio de absorção de água por imersão.

## 2. METODOLOGIA

Os materiais utilizados na pesquisa foram:

Cimento: O cimento utilizado na pesquisa foi o Portland CP II Z – 32, fornecido pela fábrica de cimento Zebu, no município de Santa Rita-PB;

Agregado miúdo: O agregado miúdo utilizado na pesquisa foi do tipo natural proveniente de jazida do leito do Rio Paraíba;

Água: destinada ao consumo humano fornecido pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA);

Cal: A cal hidratada utilizada foi da marca bom- cal;

Resíduo de mármore: fornecido pela empresa Fuji S/A Mármore e Granitos, gerado durante o beneficiamento do mármore.

Após a escolha dos materiais foi realizada a sua caracterização. Os ensaios realizados para cada material foram:

### **Estudo da dosagem dos materiais**

Escolha da composição granulométrica e determinação da volumetria para obtenção do teor ótimo de resíduo de mármore para confecção corpos de prova. A dosagem dos materiais foi realizada de acordo com a metodologia estabelecida pela ABCP – Associação brasileira de Cimento Portland, e, conforme as seguintes etapas: Na primeira etapa foi determinado o traço. Na segunda etapa determinou-se o teor de substituição e idades de controle que seriam utilizados na pesquisa.

Assim, obteve-se o traço 1:2:9:2,18 para confecção dos corpos de prova das argamassas de referência e de argamassa com substituição do agregado miúdo por mármore em pó. Foi definido o teor de 10% de mármore, para substituição do agregado miúdo, sendo utilizadas as idades de cura de 7, 14 e 28 dias para determinação da absorção de água por imersão.

## Determinação das propriedades físicas da argamassa

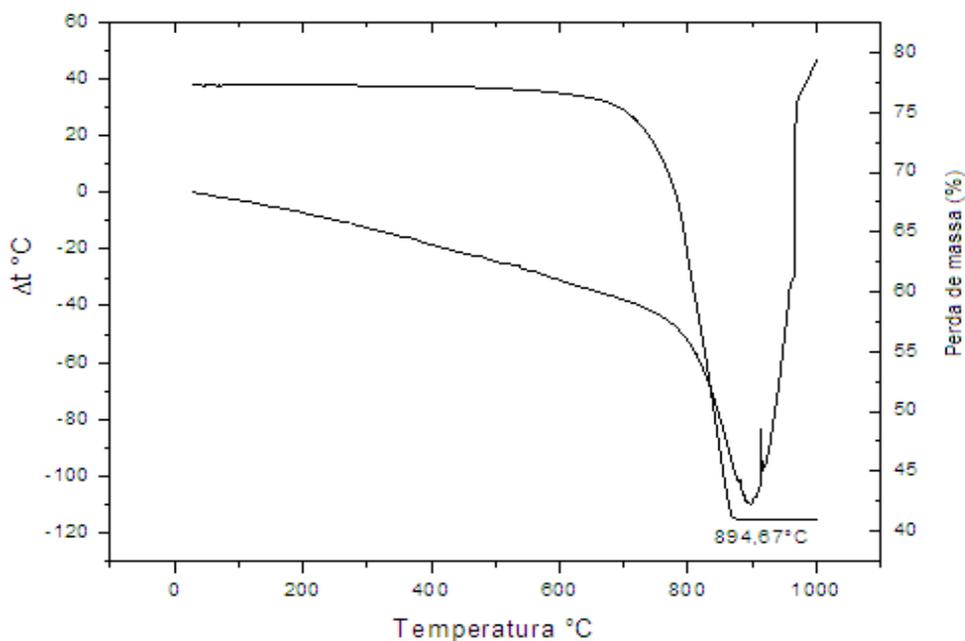
Absorção de água por imersão: Para determinar a absorção de água por imersão foi seguida a NBR 9778/1987. As argamassas também são moldadas de acordo com a NBR 7215/1996. A execução do ensaio começa com a determinação da massa da amostra ao ar. Posteriormente a amostra é levada a estufa a uma temperatura 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 ao longo do procedimento, obtém-se a absorção de água por imersão, pela média das amostras, para cada período de imersão.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### Análise Térmica Diferencial (DTA) e Termogravimétrica (TG)

A Figura 1 apresenta as curvas de análise termodiferencial e termogravimétrica do resíduo de mármore em pó.

**Figura 1:** Análise termodiferencial e termogravimétrica do resíduo de mármore em pó.



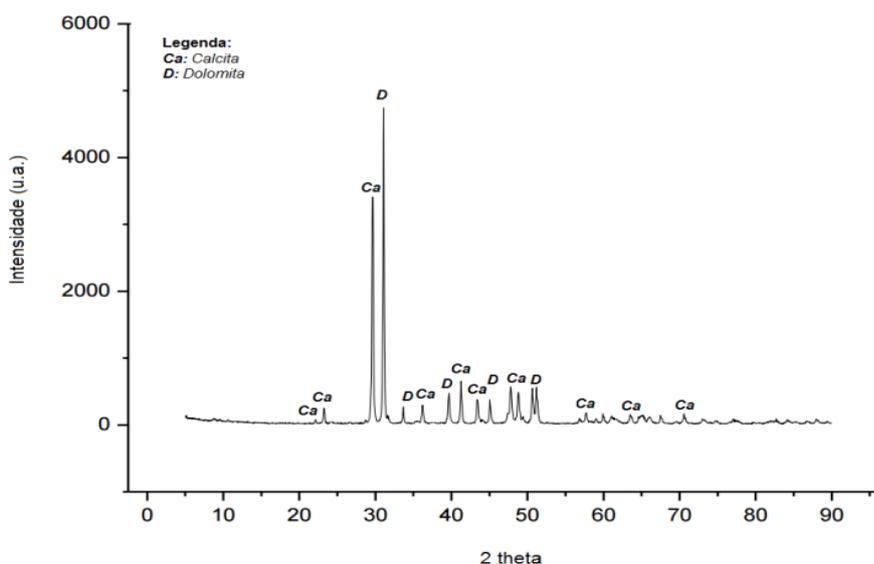
Fonte: Autoria Própria.

De acordo com a Figura 1, referente ao comportamento térmico do resíduo de mármore em pó, verifica-se a ocorrência de um pico endotérmico a 894,67°C, referente à decomposição do Carbonato de Cálcio. De acordo com a curva termogravimétrica, observa-se que houve uma perda de 48,1%, equivalente a 36,31 mg.

### Difração de Raios X (DRX)

A Figura 2 apresenta o Difratoograma de raios-X do resíduo de mármore em pó.

**Figura 2:** Difratoograma de raios-X do resíduo de mármore em pó.



**Fonte:** Autoria Própria

De acordo com os resultados obtidos para o Difratoograma de raios-X do resíduo de mármore em pó, verificam-se as seguintes fases mineralógicas: Calcita e Dolomita, principais constituintes das rochas carbonáticas.

### Análise Química – EDX

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos para a caracterização química por fluorescência de raios-X do resíduo de mármore.

**Tabela 1:** Caracterização química por fluorescência de raios-X do resíduo de mármore.

Composição	PF	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Outros
Resíduo de Mármore	34,13%	51,02	10,03	2,06	1,22	0,52	1,02

**PF:**Perda ao fogo.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, verifica-se que o resíduo de pó de mármore apresenta em sua composição majoritária CaO (51%), MgO (10%) e SiO<sub>2</sub> (2%). Verifica-se que este resíduo apresenta composição característica de um material calcário dolomítico, exibindo teor de 10,03% de MgO, quanto pela relação MgO/CaO em torno de 0,19. Calcários dolomíticos apresentam teores de MgO entre 4,3% e 10,5% e relação MgO-/CaO entre 0,08 e 0,25 (SANTOS, 1989).

O resíduo apresenta também 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.

Rodrigues et al., 2011, realizou a caracterização de resíduo de mármore visando sua utilização na produção de materiais vítreos e obteve como principais componentes os óxidos de CaO (58%), MgO (31%).

### Composição Granulométrica

A Tabela 2 apresenta a composição granulométrica do resíduo de mármore em pó.

**Tabela 2:** Composição granulométrica do resíduo de mármore em pó.

Amostra	Componentes %		
	Argila	Silte	Areia fina
Resíduo de mármore	4,6	95	0,4

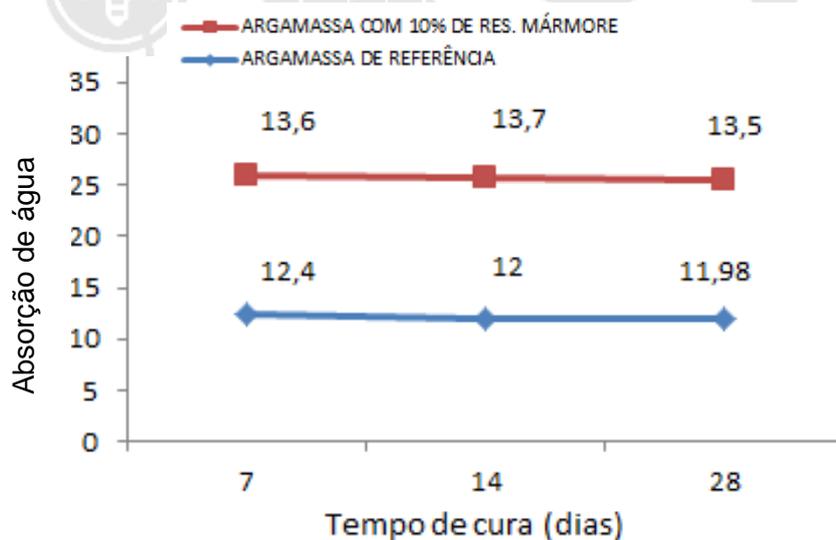
**Fonte:** Autoria Própria

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 2, verifica-se que o resíduo de mármore apresenta uma quantidade de fração argila de ordem de 4,6%, teor de silte de 95% e teor de areia fina é cerca de 0,4%.

### Determinação da Absorção por Imersão em Água

A Figura 3 ilustra a absorção de água por imersão para argamassa incorporada com resíduo de mármore em pó.

**Figura 3:** Absorção de água por imersão para argamassa incorporada com resíduo de mármore em pó.



De acordo com os resultados obtidos na Figura 3, 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.

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 evidencia-se que o resíduo de mármore apresenta uma composição química semelhante a matérias-primas convencionais utilizadas na construção civil para produção de concretos e argamassas.

Quanto as fases mineralógicas presentes verificaram-se que a calcita e a dolomita são fases características de rochas carbonáticas e estas fazem parte das fases existentes no cimento Portland.

Considerando-se os resultados obtidos para as análises termodiferencial e termogravimétrica, observa-se que o comportamento do resíduo mármore em pó, frente a elevações de temperatura não compromete sua utilização na construção civil, especialmente em composições para produção do concreto e argamassas.

De acordo com os resultados obtidos para o ensaio de absorção de água 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. Sendo assim, pode-se afirmar que existe a viabilidade do reaproveitamento do resíduo de mármore em pó, transformando-o em subproduto, gerando uma economia para o setor responsável pela geração do resíduo, agrega valor ao mesmo e fornece um destino adequado minimizando os impactos ambientais gerados pelo descarte no meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

ABIROCHAS – Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais. (2011) “**Balanco**

das exportações Brasileiras de rochas ornamentais”.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7215: **Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_.NBR NBR 7217: **Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 1987.

\_\_\_\_\_.NBR 7219: **Determinação do teor de materiais pulverulentos**. Rio de Janeiro, 1987.

\_\_\_\_\_.NBR 7251: **Determinação da Massa Unitária**. Rio de Janeiro, 1987.

\_\_\_\_\_.NBR 9776: **Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman**. Rio de Janeiro, 1987.

\_\_\_\_\_.NBR 9778: **Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e massa específica**. Rio de Janeiro, 1987.

\_\_\_\_\_.NBR 11579: **Determinação do índice de finura por meio peneira 75 µm (no.200)**. Rio de Janeiro, 2012.

SANTOS, P.S. (1989) **Ciência e tecnologia das argilas**, 2ª Ed., São Paulo, Edgard Blucher, v.1.

RODRIGUES et al (2011): **Estudo de resíduos de rochas ornamentais para a produção de materiais vítreos**. Technol. Metal. Miner., São Paulo, v. 8, n. 3, p. 203-207, jul.-set. 2011



# JOIN

ENCONTRO INTERNACIONAL DE  
JOVENS INVESTIGADORES  
EDIÇÃO BRASIL



(83) 3322.3222  
contato@joinbr.com.br  
[www.joinbr.com.br](http://www.joinbr.com.br)