

GERENCIAMENTO DO RESÍDUO DE MÁRMORE E GRANITO NA PRODUÇÃO DE ARGAMASSA: EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Carlos Gabriel Fróz da Silva ¹
Giuliana Silva dos Santos ²
Cícero Luiz Alvares Martins ³
Wesley Rodrigues de Menezes ⁴
Priscila Maria Sousa Gonçalves Luz ⁵

RESUMO

Com o aumento da população nos centros urbanos e a enorme diversidade do consumo de bens e serviços ocorre uma grande industrialização em várias áreas de produção e, conseqüentemente um aumento na geração de resíduos sendo necessário uma procura de soluções para o reaproveitamento destes resíduos. 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 e granito na produção de argamassas para assentamento. Assim sendo esse trabalho tem como objetivo analisar as propriedades físicas de argamassa produzida com substituição do agregado miúdo por resíduo de mármore e granito em pó. Foram moldados corpos de prova nas dimensões de 5 cm x 10 cm para as argamassas de referência e para argamassa com resíduos 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 e granito em pó proporcionou o aumento da absorção da argamassa para todas as idades analisadas.

Palavras-chave: Resíduos. Material alternativo. Construção civil.

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

¹ Graduando do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão - UFMA, carlos.froz@discente.ufma.br;

² Graduanda do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão - UFMA, giulianasilvadcp@gmail.com;

³ Graduando do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão - UFMA, ciceroalves8@gmail.com;

⁴ Mestrando do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Maranhão - UFMA, wesleyrm@gmail.com;

⁵ Professora Orientadora, Doutora, Universidade Federal do Maranhão – UFMA, priscila.luz@ufma.br



(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. E 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.



METODOLOGIA

Materiais

Os materiais usados para realização desta pesquisa foram:

- Agregado miúdo: O agregado miúdo foi proveniente de uma jazida do leito do Rio Paraíba, apresentando diâmetro máximo de 4,8mm, finura igual a 2,78%, massa específica de 2,618g/cm³, massa unitária solta igual a 1,429g/cm³, 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, possuindo teor de 49,55% de cálcio (CaO); 27,45% de óxido de magnésio e granulometria com diâmetro médio de 9,89µm;
- Cimento *Portland CII F32*: O cimento Portland foi proveniente no comércio local do município de Campina Grande-PB, possuindo massa específica igual a 2,71 g/cm³ e finura igual 2,89%;
- Resíduo *de mármore e granito*: fornecido pela empresa Fuji S/A Mármore e Granitos. Apresenta um pico endotérmico a 894,67°C, referente a decomposição do Carbonato de Cálcio, havendo uma perda de 48,1%, equivalente a 36,31mg. O resíduo de mármore merece uma atenção especial pois tem duas fases mineralógicas: Calcita e Dolomita, principais constituintes das rochas carbonáticas. Apresenta em sua composição majoritária CaO (51%), MgO (10%) e SiO₂ (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 CO₂ dos carbonatos durante o aquecimento.

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 usado na pesquisa foi o de 1:2:9, para a determinação do fator



água/cimento (fa/c) utilizando uma dosagem racional de adições argilosas em argamassa de revestimento e assentamento por meio de curvas de trabalhabilidade que correspondem à relação entre agregados/cimento em misturas experimentais: ao modificar a relação areia/cimento obtém-se de maneira empírica, a quantidade mínima de adição capaz de plastificar a argamassa.

Desse modo foi obtido o fator água/cimento (fa/c) igual a 2,15, o qual atende as condições de boa moldagem da argamassa. Assim obteve-se o traço de 1:2:9:2.15 que correspondem respectivamente as proporções de cimento, cal, areia e água.

Com o traço finalizado, foram confeccionados 3 grupos de corpos de prova com dimensões 5 cmx10cm (diâmetro x altura). O primeiro grupo possui 20% de resíduo de mármore e granito, o segundo 10% desse mesmo resíduo e um terceiro grupo de referência onde não foi adicionado o material alternativo em estudo. Os corpos de prova foram moldados de acordo com a 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

Esse ensaio é determinado pela norma brasileira NBR 9778/1987, onde tem como objetivo descrever o modo pelo qual deve ser executado o ensaio para determinação da absorção de água, por meio de imersão, do índice de vazios e massa específica de argamassa e concreto endurecidos.

A execução do ensaio é iniciada 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 %;

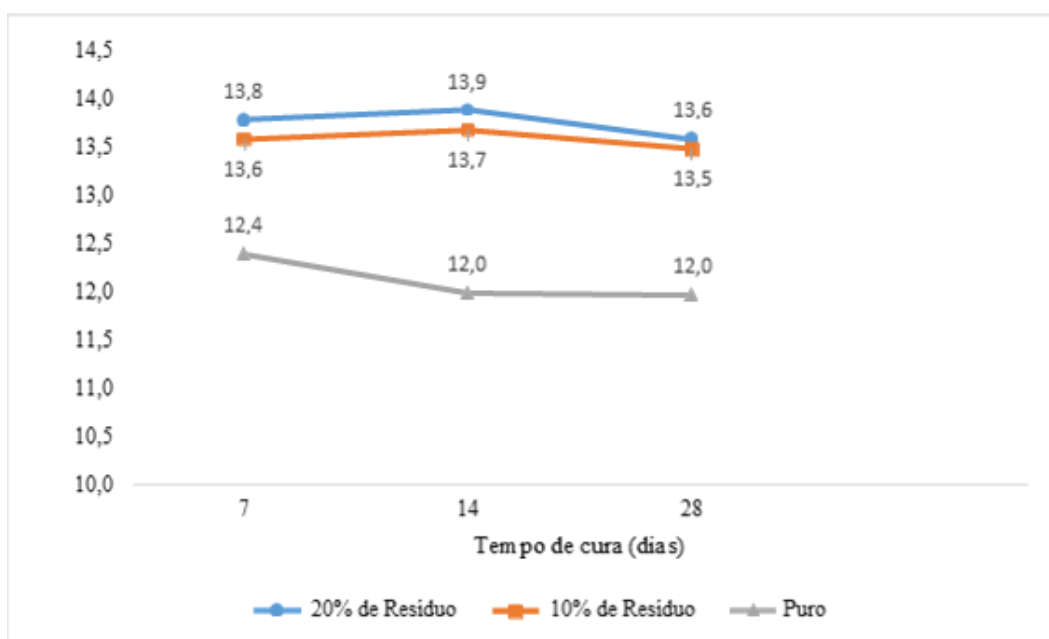
M_{sat} = massa do corpo de prova saturado;

M_s = massa do corpo de prova seco em estufa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra os resultados encontrados para absorção de água por imersão.

Figura 1 - Absorção de água por imersão



Fonte: Autoria própria, 2025.

De acordo com os resultados obtidos na Figura 1 foi verificado que a incorporação do resíduo de mármore e granito 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 12,50% aos 28 dias. Para o teor de absorção de 20% de substituição, verifica-se um aumento de absorção de 13,34%. Esse resultado já era esperado, pois como aponta Lima

(2009) argamassas mais permeáveis são constituídas por agregados reciclados que possuem maior absorção, podendo tornar-se inviável a aplicação de argamassas recicladas em serviços de impermeabilização. Dessa maneira, para uma melhor compreensão dos efeitos provocados pela substituição de parte do agregado miúdo por resíduo de mármore e granito é necessário a realização de ensaios mecânicos para verificar se o aumento da absorção não interfere nessas propriedades.

De acordo com Moreira *et al.* (2003) 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.

Sampaio *et al.* (2001) estudaram a utilização de agregado reciclado e verificaram o aumento da absorção de água na argamassa e assim concluíram que o material reciclado pode interferir negativamente na absorção de argamassas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

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 e granito, obteve-se resultados compatíveis com a argamassa tradicional. Desta forma, a substituição do agregado miúdo por resíduos de mármore e granito pode ser viável, agregando valor comercial a um resíduo e diminuindo o impacto ambiental provocada pelo despejo desses resíduos no meio ambiente. Porém, é necessário realização de outros ensaios e pesquisar para proporcionar o melhor entendimento de todas as influências do resíduo de mármore e granito exerce sobre a argamassa e consequentemente atestar a viabilidade do uso desse resíduo.



REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. L. M.; PONTES, I. F. **Aproveitamento de rejeitos de pedreiras e finos de serrarias de rochas ornamentais brasileiras.** Anais do Simpósio Brasileiro de Rochas. p. 89-94, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – requisitos.** Rio de Janeiro, 2005.

BAUNER, E. **Revestimento de argamassa: características peculiares.** Brasília, 2000.

CARASEK, H. Argamassas. **Materiais De Construção Civil e Princípios De Ciência E Engenharia De Materiais.** v. 2; cap. 26; p. 863-903. 2007.

FRASCÁ, M. H. B. O. **Estudos experimentais de alteração acelerada em rochas graníticas para revestimento.** Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia. São Paulo. 2003.

GOBBO, L. A.; MELLO, I. S. C.; QUEIRÓZ, F. C.; FRASCÁ, M. H. B. O. **Aproveitamento de resíduos industriais: a cadeia produtiva de rochas ornamentais e para revestimento no Estado de São Paulo: diretrizes e ações para inovação e competitividade.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas. p.129-152. 2004.

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

HWANG, H.; SOO KO, Y. Comparison of mechanical and physical properties of SBR-polymer modified mortars using recycled waste materials. **Journal of Industrial e Engenharia Química.** v.14, p. 644-650. 2008.

LIMA, J. A. R. **Proposição de Diretrizes para Produção e Normalização de Resíduo de Construção Reciclado e de suas Aplicações em Argamassas e Concretos.** São Carlos, SP, 2009.

MARMORARIA ARTE REAL. Disponível em
<<http://www.marmorariaartereal.com.br>> Acessado em 25 de janeiro de 2020.

MELLO, I. S. C. **A cadeia produtiva paulista de rochas ornamentais e para revestimento: situações, desafios, e alternativas para inovação e competitividade dos elos de produção.** Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo S.A. p.27-80. 2004.

MENEZES, R. R.; FERREIRA, H. S.; NEVES G. A.; FERREIRA, H. L. **Utilização de resíduos da serragem de granito na fabricação de blocos cerâmicos em escala piloto.** Anais do Congresso Brasileiro De Cerâmica. São Paulo. 2002.



MIRANDA, L. F. R.; SELMO, S. M. S. **Avaliação de argamassas com entulhos reciclados, por procedimentos racionais de dosagem.** Anais do Simpósio Brasileiro De Tecnologia Das Argamassas. p.295-307. Vitória – ES. 1999.

MOREIRA, J. M. S.; FREIRE, M. N.; HOLANDA, J. N. F. Utilização do resíduo de serragem de granito proveniente do Estado do Espírito Santo em cerâmica vermelha. **Cerâmica.** v. 49, n. 312, p. 262-267. 2003.

MOTHÉ FILHO, H. F.; POLIVANOV H.; MOTHÉ C. G. **Bloco estrutural contendo rejeito da indústria de mármore e granito.** Anais Congresso Brasileiro De Cerâmica. São Paulo, 2003.

NEVES, G.; PATRICIO, S. M. R.; FERREIRA, H. C.; SILVA, M. C. **Utilização de resíduos da serragem de granitos para a confecção de tijolos cerâmicos.** Anais 43º Congresso Brasileiro de Cerâmica. Florianópolis. 1999.

OLIVEIRA, L. S. **Reaproveitamento de Resíduos de Marmoraria em Compósitos Cimentícios.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de São João Del-Rei. São João Del-Rei. 2015.

SAMPAIO T. S. et al. **Uso do Agregado Reciclado em Argamassa de Revestimento.** Cassa, José C.S.; Carneiro, A.P.; Brum, I.S. (Org.). Reciclagem de Entulho para a Produção de Materiais de Construção Projeto Entulho Bom. Salvador: EDUFBA, 2001.

SANTOS, W. J. **Argamassa de alto desempenho.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Juiz de Fora. Minas Gerais. 2011.

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.** Dissertação (Mestrado): Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória – ES. 1998.

VIDAL, F. W. H.; BESSA, M. F.; LIMA, M. A. B. **Avaliação das rochas ornamentais do Ceará através de suas características tecnológicas.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT - (Série Tecnologia Mineral, 74). 1999.

XAVIER, G. C.; SABOYA JUNIOR, F.; ALEXANDRE, J.; SOARES, M. P. S. **Aditivo mineral: uso do rejeito de mármore e granito na massa de conformação de cerâmica vermelha.** Anais Congresso Brasileiro De Cerâmica. São Paulo. 2002.

