

Reuso de rejeitos do granito para obtenção de compósitos utilizando materiais cimentícios**Reuse of granite rejects to obtain composites using cementitious materials**

DOI:10.34117/bjdv6n9-609

Recebimento dos originais: 08/08/2020

Aceitação para publicação: 25/09/2020

Natália da Conceição Pereira

Graduanda em Eng. Civil

Instituição: Unibra - Centro Universitário Brasileiro

Endereço: Rua: Padre Inglês, 257. Boa Vista. Recife - PE

E-mail: nattypereira08@gmail.com

Elaine Cavalcanti Rodrigues Vaz

Pós-doutorado em Engenharia Biomédica

Instituição: Unibra - Centro Universitário Brasileiro

Endereço: Rua: Padre Inglês, 257. Boa Vista. Recife - PE

E-mail: elaineervaz@gmail.com

Rebeca Ferreira Lemos Vasconcelos

Mestre em Recursos Pesqueiros e Aquicultura

Instituição: Unibra - Centro Universitário Brasileiro

Endereço: Rua: Padre Inglês, 257. Boa Vista. Recife - PE

E-mail: rebecalemos_eng.pesca@hotmail.com

Victor Marcelo Estolano de Lima

Mestre em Eng. Civil (doutorando)

Instituição: Universidade Federal de Pernambuco

Endereço: Av. da Arquitetura, s/n, Cidade Universitária, Recife PE

E-mail: victor.estolano@ufpe.br

José Maria Alecrim da Silva Neto

Graduando em Eng. Civil

Instituição: Unibra - Centro Universitário Brasileiro

Endereço: Rua: Padre Inglês, 257. Boa Vista. Recife - PE

E-mail: josemaria.alecrim@gmail.com

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo estudar a viabilidade da aplicação de rejeitos de serragem de granito para a produção de materiais compósitos com materiais cimentícios para aplicação na construção civil. Através de um planejamento fatorial, foi produzido o corpo de prova de acordo com a norma NBR 7215: 1996, bem como os testes de resistência à compressão. Os estudos comprovaram a viabilidade do uso do rejeito possibilitando desenvolver novos compósitos para uso na construção civil.

Palavras-chave: Reutilização, Rejeito de granito, Construção civil, Compósitos.

ABSTRACT

This work aims to study the feasibility of applying granite sawdust for the production of composite materials with cement materials for application in civil construction. Through a factorial planning, the proof body was produced according to the NBR 7215: 1996 standard, as well as the compression resistance tests. The studies proved the viability of the use of the refuse, making it possible to develop new composites for use in civil construction.

Keywords: Reutilization, Granite Reject, Civil Construction, Composites.

1 INTRODUÇÃO

A sociedade atual enfrenta cada vez mais problemas devido ao acúmulo de resíduos industriais e urbanos. A deposição de forma inadequada destes resíduos causa impactos ambientais como contaminação dos mananciais de água e do solo. Do outro lado, a indústria cerâmica se depara com a escassez de reservas de matérias-primas que apresentem boa qualidade e estejam disponíveis em locais economicamente viáveis de exploração.

Uma das indústrias que gera uma enorme quantidade de rejeitos é a de beneficiamento de granito. A produção mundial noticiada de rochas ornamentais e de revestimento evoluiu de 1,8 Mt/ano, na década de 1920, para um patamar atual de 145 Mt/ano (Geól, 2018). O aproveitamento de rejeitos é uma atividade complementar que pode contribuir para diversificação de produtos, diminuição de custos finais e resultar em “novas” matérias-primas para diversos setores industriais.

Um estudo estatístico, apontou que os problemas com revestimentos em argamassa representam entre 15% e 16% do total de falhas numa edificação (Arnaldo, 1993). Algumas características específicas do rejeito de granito, como granulometria fina, composição química predefinida e a inexistência de grãos mistos entre os componentes básicos, favorecem seu aproveitamento e reciclagem na produção de materiais cerâmicos como tijolos, telhas, blocos de concreto, etc (R. C. O. Lima et al, 2011).

Os resíduos apresentam características físicas e mineralógicas semelhantes aos das matérias-primas cerâmicas convencionais, dentro das especificações da normalização brasileira tanto para blocos como para revestimentos cerâmicos (R. R. Menezes et al, 2002a). Certa quantidade de incorporação de resíduo de granito tem influência considerável na evolução como maiores resistências à degradação no material incorporado (G. C. Xavier et al, 2009).

A construção civil é o ramo da atividade tecnológica que pelo volume de recursos naturais consumidos, parece ser o mais indicado para absorver rejeitos sólidos, como os das rochas graníticas ornamentais (R. R. Menezes et al, 2002b). A reciclagem de resíduos industriais ainda possui índices insignificantes frente ao montante produzido e, a cada dia, os rejeitos urbanos agridem mais o meio ambiente. O aproveitamento dos rejeitos industriais para uso como materiais alternativos, não é novo e tem dado certo em vários países do Primeiro Mundo (Romualdo R. M., 2002).

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de granito, a indústria da mineração e beneficiamento de granitos movimenta cerca de US\$ 6 bilhões/ano no mercado internacional (C. D. Filho, 1978). Entretanto, gera elevada quantidade de rejeitos na forma de “lama”, contendo elevado teor de SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ e CaO. Estes rejeitos se não descartados adequadamente podem ocasionar grandes agressões ambientais (J. L. Calmon et al, 1997). Do total do beneficiamento há

formação de 20% a 25% de rejeitos na forma de pó, o que intensifica o perigo de danos ambientais (A. S. Freire e J. F. Motta, 1995a).

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo estudar a viabilidade da aplicação de rejeitos de serragem de granito para a produção de materiais compósitos com materiais cimentícios para aplicação na construção civil.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O cimento utilizado neste trabalho foi da marca ZEBU, CP II- Z32, que significa cimento Portland composto com pozolona de classe 32 (resistência mínima à compressão aos 28 dias de 32 MPa). De acordo com a NBR 11578:1991, Cimento Portland é composto aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland ao qual se adiciona, durante a operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio. Durante a moagem é permitido adicionar a esta mistura materiais pozolânicos, escórias granuladas de alto-forno e/ou materiais carbonáticos (NBR 11578:1991). Pela NBR 5736:1991, materiais pozolânicos são materiais silicosos ou silicoaluminosos que por si sós possuem pouca ou nenhuma atividade aglomerante, mas que, quando finamente divididos e na presença de água, reagem com o hidróxido de cálcio, à temperatura ambiente, para formar compostos com propriedades cimentícias.

As amostras de rejeitos de granito foram obtidas da empresa Barros Marmoraria e Vidros Temperados, localizada em Cruz de Rebouças- Igarassu-PE. A análise granulométrica do resíduo foi realizada através de peneiramento manual conforme a NBR NM 248:2003 (“Agregados - Determinação da composição granulométrica”).

Inicialmente foi realizada a caracterização granulométrica das amostras de resíduos por segregação em abertura de malha no Laboratório de Produção de Alimento Vivo (LPAVI), do Departamento de Pesca e Aquicultura (DEPAq) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (SEDE/ UFRPE). Esta análise granulométrica foi realizada de forma a se obter a granulometria específica e o material na forma adequada de uso para obtenção dos corpos de prova dos compósitos cimentícios.

Foi realizada análise por difração de raios X, utilizando um espectrômetro de raios X utilizando difratômetro D2 PHASER da Bruker, com dados coletados entre os ângulos 5° a $80^{\circ} 2\theta$, varredura com passo angular 0,05 com tempo de 0,575 segundos por passo. Na análise utilizou-se um tubo com ânodo de cobre, 30 kV/10 mA e abertura de fenda 1 mm. A identificação dos compostos foi realizada por comparação do difratograma da amostra com o banco de dados do International Centre of Diffraction (ICDD).

As amostras de compósitos cimentícios foram produzidas utilizando cimento, areia natural, resíduo de corte de granito e água. O resíduo, coletado na forma de pó e de lama, foi gerado durante a etapa de corte das rochas e é formado por uma proporção não definida de granito. Assim, sua composição química pode apresentar variabilidade.

Os resultados das caracterizações de todos os materiais obtidos foram analisados para verificar se estes apresentam características dentro das normas técnicas para aplicação em construção civil. Foram tratados estatisticamente pela análise de variância – ANOVA, diferenças significativas entre as médias ($p < 0,05$) foram testadas pelo teste de Tukey. Para a análise estatística foi utilizado o programa BioEstat 5.3.

O uso de planejamentos fatoriais é extremamente econômico e pode ser usado para estudo de diferentes fatores de uma única vez. Fatores são variáveis que em princípio influenciam a resposta. Por sua vez, resposta é a propriedade que se tem interesse em estudar (B. B. Neto et al, 2010).

O fator massa (%) de resíduo de granito é de grande importância, uma vez que a adição de resíduos pode provocar uma elevação na absorção de água e uma redução na resistência à compressão simples. Blocos com teores de até 50% de resíduos apresentam características cerâmicas dentro das especificações da normalização (A. S. Freire e J. F. Motta, 1995b). Desta forma os níveis escolhidos para este fator foram 50% e 100% em massa de rejeito de granito utilizado.

As amostras (corpos de prova) utilizadas para os estudos deste projeto foram produzidas de acordo com a NBR 7215:1996. O método compreende a determinação da resistência à compressão de corpos-de-prova cilíndricos de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura (NBR 7215:1996).

Foi analisado a granulometria de três amostras de rejeito de granito seco e lavado, respectivamente, por segregação por malha, com aberturas de 850 μm , 425 μm e 300 μm . Houve uma perda das amostras na segregação de malha 300 μm devido ao seu tamanho nas três amostras de rejeito seco.

A tabela 1 apresenta os fatores e os níveis escolhidos para os corpos-de-prova (C) correspondente ao planejamento para cada tipo de rejeito de granito, seco e lavado, respectivamente, com exceção do primeiro corpo-de-prova (C1) que não utilizou nenhum tipo de rejeito de granito.

Tabela 1. Fatores e níveis dos corpos-de-prova dos rejeitos de granito seco e lavado.

	Cimento (g)	Areia (g)	Rejeito seco (g)	Rejeito lavado (g)	H ₂ O (ml)
C1	250	125	-	-	90
C2	250	62,5	62,5	-	100
C3	250	-	125	-	120
C6	250	62,5	-	62,5	100
C7	250	-	-	125	103

Todas as amostras foram enviadas para análise de resistência à compressão, no Laboratório de Tecnologia dos Aglomerantes (LabTag), do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Os ensaios foram realizados com tempo de cura de 7 dias, seguindo a norma não ultrapassando os 17 dias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o estudo de granulometria a segregação das amostras de rejeito de granito seco por malha foi realizada em triplicata. Do mesmo modo foi realizado para as amostras de rejeito de granito lavado, como mostra na figura 1.

Figura 1. Amostras de rejeito de granito lavado após o processo de peneiração.



Os dados obtidos foram analisados estatisticamente através o Programa Bioestat 5.3. Todos os dados se encontram normais. Na figura 2 observamos todas as amostras produzidas.

Figura 2. Resultado das amostras preparadas.



Todos os corpos-de-prova e planejamentos que utilizaram rejeito de granito seco foram elaborados com granulometria 425 μm , entretanto os que levaram rejeitos de granito lavado não obteve uma granulometria padrão devido a sua umidade que dificultava o processo de peneiração.

Foi possível observar que o C2 obteve uma reação exotérmica durante sua preparação. Todas as amostras de rejeito de granito seco e sem areia se tornaram mais secas precisando de uma quantidade maior de água. As amostras com rejeitos de granito lavado, devido sua umidade, esperava-se uma quantidade menor de água, mas se mantiveram perto do padrão.

Após 3 horas da preparação, também foi possível observar que as amostras começaram a pegar consistência, exceto o C3, o mesmo teve um aspecto semelhante a argamassa durante a preparação como mostra a figura 3.

Figura 3. Aspecto do Corpo-de-Prova 3 durante sua preparação.



A análise de compressão, ilustrado na figura 4, ressaltou os resultados de cada amostra apresentados na tabela 2. É possível observar que todas as amostras tiveram uma área padrão de 19,63 cm^2 .

Figura 4. Análise de resistência à compressão do C7.



Tabela 2. Resultados da análise de resistência à compressão das amostras.

	Ordem de Ruptura	Carga de ruptura (tf)	Área (cm ²)	Resistência à comp. (Mpa)
C7	1	5,94	19,6	30,25
C6	2	6,87	19,6	34,99
C1	3	7,22	19,6	36,77
C3	4	6,56	19,6	33,41
C2	5	6,77	19,6	34,48

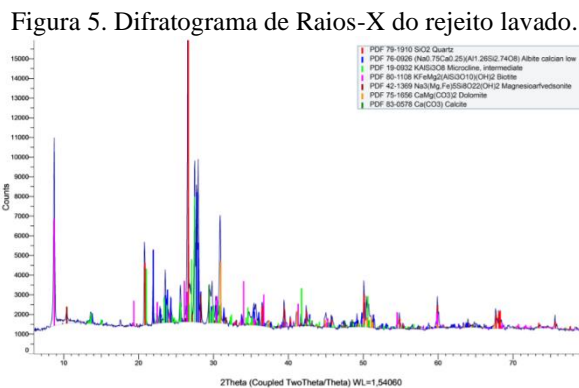
Todas as amostras apresentaram valores de resistência à compressão superiores ao estabelecido pela NBR 7215:1996, aos 7 dias de cura que é 20 MPa. As amostras C1, C2, C3 e C6 apresentam valores superiores ao mínimo estabelecido pela norma para um tempo de cura de 28 dias (32 MPa), mesmo tendo sido realizado os ensaios com tempo de cura inferior a este. Desta forma, atesta-se a viabilidade da aplicação do rejeito de serragem de granito na produção de compósitos cimentícios e argamassas.

A técnica de difração de raios X é o método mais importante para a determinação estrutural disponíveis ao químico inorgânico. O método permite a determinação evidente das posições dos átomos e íons que constituem um composto iônico ou molecular, que permitem a descrição das estruturas em termos de detalhes tais como comprimento de ligações, ângulos e posições relativas de íons e moléculas numa célula unitária (D. Shriver, 2008a).

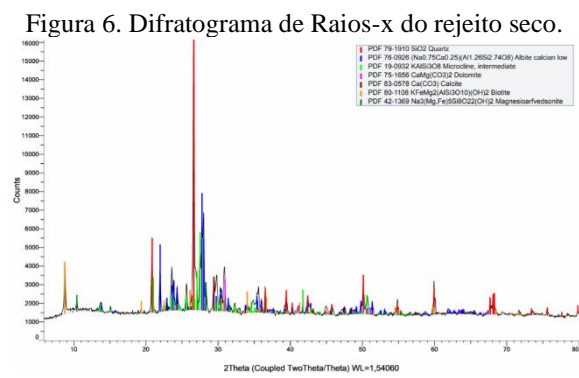
Difração é a interferência entre ondas resultada pela presença de um objeto em seu caminho. A intensidade da difração depende de detalhes da estrutura do cristal e da identidade dos átomos. A facilidade de os átomos espalharem os raios X depende de quantos elétrons eles possuem e das suas posições na célula unitária. A medida dos ângulos de difração e das intensidades permite que se trabalhe na direção reversa para se obter a informação estrutural (D. Shriver, 2008b).

A técnica de raios X no método de pó é utilizada quando estão numa forma policristalina, contendo milhares de cristalitos com dimensões de uns poucos micrometros ou menos, geralmente entre 0,1 a 10 μm . Como resultado, cada plano de átomos separado por um espaçamento de rede diferente no cristal dá origem a um cone de intensidade de difração. Cada cone consiste de um conjunto de pontos distintos, mas muito próximos, e cada um deles representa a difração de um único cristalito dentro da amostra em pó (D. Shriver, 2008c).

Na figura 5 está apresentada a curva padrão de difração de raios X do rejeito lavado.



A figura 6 apresenta o difratograma do rejeito da serragem do pó de granito seco.



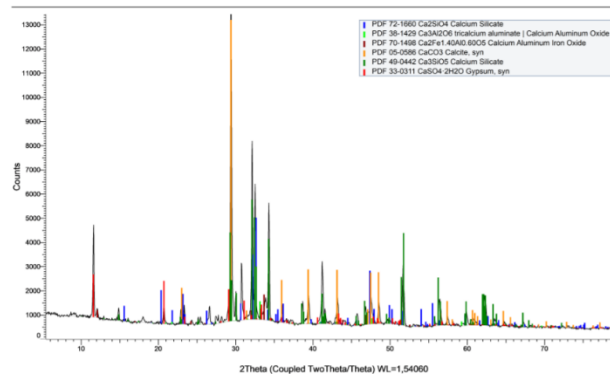
Pode-se observar que o rejeito de granito utilizado, tanto lavado quanto o seco apresentam, quartzo, albita, microclínio, biotita, feldspato magnésio, dolomita e calcita.

A forma mais comum da sílica é o quartzo, sendo também o mais abundante mineral da terra. Possui estrutura cristalina trigonal composta por tetraedros de sílica e tem como principais

características sua elevada dureza e alto ponto de fusão (aproximadamente 1650 °C). A albita e o microclínio são feldspatos que desempenham a função de fundentes. Desta forma são componentes formadores de fase vítrea em corpos cerâmicos e esmaltes, auxiliando no fechamento da porosidade entre as partículas, conferindo aumento da densidade relativa do material sinterizado (D. H. P. Cabral, 2009).

A figura 7 apresenta a curva padrão de difração de raios X do cimento utilizado para obtenção dos compósitos.

Figura 7. Difratoograma de Raios-x do cimento.



Analisando o difratograma observa-se a presença de silicato de cálcio, aluminato tricálcio, óxido cálcio alumínio, calcita e gipsita. Desta forma, pode-se a partir destas análises realizar ensaios de forma a se obter compósitos com percentuais menores de cimento substituindo-o pelo rejeito que apresenta em sua composição a calcita, em comum com o cimento e grande quantidade de quartzo. O quartzo é o componente da areia, SiO₂, e por isso se obteve resultado satisfatório quando foram feitas amostras substituindo totalmente a areia pelo rejeito de pós de granito.

4 CONCLUSÃO

Comprovou-se a viabilidade da reutilização de rejeitos de pó de serragem de granito na produção de materiais compósitos que possam ser empregados na construção civil.

Observou-se que o rejeito apresenta em sua composição química alguns componentes presentes no cimento, indicando que pode-se realizar ensaios para substituir em parte ou totalmente o cimento na preparação de alguns materiais.

AGRADECIMENTOS

À empresa Barros Marmoraria e Vidros Temperados, com participação de José Maria, pela doação dos resíduos de granito utilizados.

Ao Laboratório de Tecnologia dos Aglomerantes (LabTag), do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) pela realização das análises de resistência à compressão, com a ajuda do Professor Victor Estolano.

Ao Laboratório de Produção de Alimento Vivo (LAPAVI), do Departamento de Pesca e Aquicultura (DEPAq) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (SEDE/ UFRPE) que proporcionou, com a ajuda da Professora Rebeca Lemos, a realização das caracterizações granulométricas.

Ao Centro Universitário Brasileiro pelo espaço e bolsas concedidas.

REFERÊNCIAS

- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 11578: Cimento Portland composto. Erreta n 1, Rio de janeiro, 1991.
- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5736: Cimento Portland pozolânico. Rio de janeiro, 1991.
- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de janeiro, 2003.
- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7215: Cimento Portland- Determinação da resistência à compressão. Rio de janeiro, 1996.
- Arnaldo M. P. Carneiro. Revestimento externo em argamassa de cimento, cal e areia - sistemática das empresas de construção civil de Porto Alegre. P. 15, 1993.
- A. S. Freire, J. F. Motta. Rochas de Qualidade. Vol. 16, p.123, 1995.
- B. B. Neto; I. S. Scarminio, E. Bruns. Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. Embrapa Solos. Vol. 4, p.30, 2010.
- C. D. Filhos, E. P. Rodrigues. Rochas de Qualidade. Vol. 1, p. 37, 1978.
- D. H. P. Cabral. Uso de Rejeitos do Granito Rain Forest para a Produção de Revestimentos Cerâmicos com Baixa Absorção de Água. Dissertação de Mestrado, UFC, 2009.
- D. Shriver; P. Atkins. Química Inorgânica. Vol. 4. Porto Alegre: Bookman, 2008a.
- G. C. Xavier, F. Saboya, P. C. A. Maia, J. Alexandre. Análise de processos de degradação acelerada em laboratório para estudo da durabilidade de peças cerâmicas vermelhas incorporadas com resíduo de granito. Cerâmica, Vol. 55, p. 1, 2009.
- Geól. Cid Chiodi Filho. O Setor Brasileiro de Rochas Ornamentais. ABIROCHAS, Vol 1, p. 4, 2018.
- João Luiz Calmon, Fernando A. Tristão, Fernando S. Lordêllo, Sérgio A. da Silva, Flávio V. Mattos. Aproveitamento do resíduo de corte de granito para a produção de argamassas de assentamento. Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Vol 2, p. 68, 1997.
- R. C. O. Lima, H. L. Lira, G. A. Neves, M. C. Silva, C. D. Silva. Aproveitamento do resíduo de serragem de granito para fabricação de membranas cerâmicas de baixo custo. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, Vol. 6.3, p. 164, 2011.
- R. R. Menezes; G. de A. Neves; Heber C. Ferreira. O estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Vol. 6, n.2, p. 303, 2002.
- R. R. Menezes, H. S. Ferreira, G. de A. Neves, H. C. Ferreira. Uso de rejeitos de granitos como matérias-primas cerâmicas. Cerâmica, Vol. 48, p. 1, 2002.