

EFEITO DO RESÍDUO DE GRANITO NAS PROPRIEDADES DO ESTADO ENDURECIDO EM ARGAMASSA DE GESSO*

Laimara da Silva Barroso¹
Markssuel Teixeira Marvila²
Afonso Rangel Garcez de Azevedo³
Lays da Silva Barroso⁴
Euzébio Bernabé Zanelato⁵
Jonas Alexandre⁶
Sergio Neves Monteiro⁷

Resumo

O gesso é utilizado há muito tempo em argamassas devido à facilidade de produção e moldagem, bem como a sua capacidade de endurecer rapidamente, que está relacionada com a ação da pega. Com o objetivo de avaliar o efeito do resíduo de granito em algumas propriedades no estado endurecido, foram produzidas três argamassas com traço 1:3 (gesso:areia), em massa, utilizando resíduo de granito com os seguintes teores, em relação à massa de areia: 25% e 50%. Uma das argamassas foi utilizada sem a adição de resíduo de granito como referência, mantendo-se a relação água/gesso em 1 para todas argamassas. Foram determinadas as resistências à compressão, à tração na flexão, absorção de água por imersão e densidade em massa no estado endurecido, todos na idade de 28 dias. Os resultados mostraram que é viável a utilização de resíduo de granito em argamassas de gesso, apresentando melhora em seu desempenho.

Palavras-chave: Argamassa; Gesso; Resíduo de granito.

EFFECT OF GRANITE RESIDUE ON THE PROPERTIES OF THE STATE HARDENED IN PLASTER MORTAR

Abstract

Gypsum has long been used in mortars because of the ease of production and molding, as well as its ability to harden quickly, which is related to the action of the handle. In order to evaluate the effect of the granite residue on some properties in the hardened state, three mortars with a 1: 3 trace (gypsum: sand) mass were produced using granite residue with the following contents, in relation to the mass of sand: 25% and 50%. One of the mortars was used without the addition of granite residue as reference, maintaining the water / gypsum ratio in 1 for all mortars. Resistance to compression, flexural tensile strength, immersion water absorption and bulk density in the hardened state were determined, all at the age of 28 days. The results showed that it is feasible the use of granite residue in plaster mortars, presenting an improvement in its performance. Inserir a versão do resumo para o idioma inglês, sem uso de parágrafo.

Keywords: Mortar; Gypsum; Granite residue.

¹ Mestranda em Engenharia Civil, Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.

² Mestre em Engenharia Civil, UENF, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.

³ Doutor em Engenharia Civil, UENF, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.

⁴ Licenciada em Química, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.

⁵ Doutorando em Engenharia Civil, UENF, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.

⁶ Doutor em Ciências de Engenharia, UENF, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.

⁷ Doutor em Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade da Flórida, Gainesville, Flórida, Estados Unidos.

1 INTRODUÇÃO

O gesso é um dos três aglomerados minerais mais utilizados na construção civil, sendo os outros o cimento e a cal. Devido a sua facilidade de produção e moldagem, bem como a sua capacidade de endurecer rapidamente, é muito utilizado em argamassas [1].

A utilização do gesso como material aglomerante para o preparo da argamassa para revestimento interno, em substituição ao cimento é de grande importância, uma vez que o gesso apresenta características semelhantes ao cimento, como a pega e endurecimento rápido, bem como finura equivalente [2].

Algumas características que o gesso apresenta são boas propriedades térmicas e acústicas, sendo um excelente isolante contra a propagação do fogo. Por outro lado, devido a não resistir a umidade, o seu uso fica restrito a ambientes secos ou internos [3].

A construção civil é o setor que consome grande volume de recursos naturais, sendo o mais indicado para reutilizar os recursos sólidos. Na produção de rochas ornamentais, durante a serragem, cerca de 25% a 30% dos blocos são transformados em pó, que é depositado nos pátios das empresas, e a sua incorreta disposição final acarreta impactos ambientais [4].

No Brasil, a quantidade estimada da geração de resíduo de corte de mármore e granito é de 240000 toneladas/ano, distribuídas entre Espírito Santo, Bahia, Ceará, Paraíba, entre outros estados [4].

O Espírito Santo é o principal produtor e o maior processador de rochas ornamentais do Brasil, sendo responsável por mais da metade da exportação brasileira [5]. Por outro lado, este estado sofre com a geração de resíduos provenientes das operações de processamento de rochas ornamentais, tais como o corte e polimento [6]. Entretanto, a utilização de resíduos na construção civil é uma alternativa para a diminuição do impacto ambiental e maior contribuição para o desenvolvimento sustentável. Portanto, este trabalho tem como objetivo a incorporação do resíduo de granito em argamassa de gesso, e observar a diferença de comportamento no estado endurecido desta incorporação com a argamassa de gesso.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 MATERIAIS E MÉTODOS

As normas internacionais ASTM C 28-92 (ASTM, 1992) e ASTM C 842-85 (ASTM, 1990) estabelecem que as argamassas de gesso para aplicação em alvenaria deverão apresentar um traço, em massa, 1:3 (gesso:areia) [7,8].

Na produção das argamassas foram utilizados sulfato de cálcio hemihidratado (gesso), areia adquirida no próprio município de Campos dos Goytacazes, proveniente do Rio Paraíba do Sul, resíduo de granito proveniente do estado do Espírito Santo e água da rede de distribuição Águas do Paraíba da cidade de Campos dos Goytacazes.

Para a confecção das argamassas, foram obedecidas as especificações da NBR 13276 (ABNT, 2005) [9]. Foram preparadas cinco argamassas de gesso no traço, em massa, 1:3 (gesso:areia), sendo utilizado os seguintes teores de resíduo de granito, em relação à massa de areia: 0%, 25% e 50%, e com relação água/gesso de 1, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Traços em relação à substituição da areia pelo resíduo de granito

Teores (%)	Gesso (g)	Areia (g)	Resíduo de Granito (g)
0	400	1200	0
25	400	900	300
50	400	600	600

Após a confecção das argamassas foram preparados corpos de prova de acordo com a NBR 13279 (ABNT, 2005) [10]. Foi utilizado moldes prismáticos metálicos, que formam três compartimentos quando montados, servindo de molde para três corpos de prova de 4 cm x 4 cm x 16 cm cada. O molde do corpo de prova foi colocado no centro da mesa e preenchido em duas camadas sucessivas, com alturas aproximadamente iguais, sendo aplicados 30 golpes na primeira camada e 30 golpes na segunda camada. Depois, com o auxílio da régua metálica rasou-se o excesso da argamassa. Em seguida, os moldes foram colocados em local plano com temperatura de aproximadamente 23°C para cura ao ar. A desforma dos corpos de prova foi realizada dois dias após a moldagem.

Após os vinte e oito dias de cura, foi realizado o ensaio de densidade de massa aparente no estado endurecido segundo a NBR 13280 (ABNT, 2005) [11]. Para a realização desse ensaio foram utilizados três corpos de prova para cada incorporação moldados conforme a NBR 13279 (ABNT, 2005) [10], mostrados na Figura 1.

**Figura 1.** Corpos de prova de 0%, 25% e 50% de resíduo de granito

Com o auxílio de um paquímetro, determinou-se a altura, a largura e o comprimento de cada corpo de prova em duas posições distintas. Também determinou-se a massa dos corpos de prova utilizando uma balança de laboratório.

Com esses dados, foi possível realizar os cálculos para obter a densidade aparente no estado endurecido. Primeiramente calculou-se o volume do corpo de prova pela Equação 1.

$$v = l * h * c \quad (1)$$

sendo,

v é o volume do corpo de prova (cm³);

l é a largura do corpo de prova (cm);

h é a altura do corpo de prova (cm);

c é o comprimento do corpo de prova (cm).

Para obter a densidade aparente no estado endurecido utilizou-se a Equação 2.

$$\rho = \frac{m}{v} * 1000 \quad (2)$$

onde,

ρ é a densidade de massa aparente no estado endurecido (kg/m^3);
 m é a massa do corpo de prova (g);
 v é o volume do corpo de prova (cm^3).

Posteriormente, os corpos de prova foram testados em relação à resistência à tração na flexão e à compressão de acordo com a NBR 13279 (ABNT, 2005) [10]. Para a resistência à tração na flexão foi utilizado o vão de 10 cm, sendo a carga aplicada no centro do vão, ou seja, a 5 cm de distância de cada apoio. Foram posicionados os corpos de prova nos dispositivos de apoio do equipamento utilizado, de modo que a face rasada não estivesse em contato com os dispositivos de apoio e o dispositivo de carga. Em seguida, foi aplicada carga de (50 ± 10) N/s até a ruptura do corpo de prova.

A Figura 2 mostra o ensaio em andamento em alguns corpos de prova.

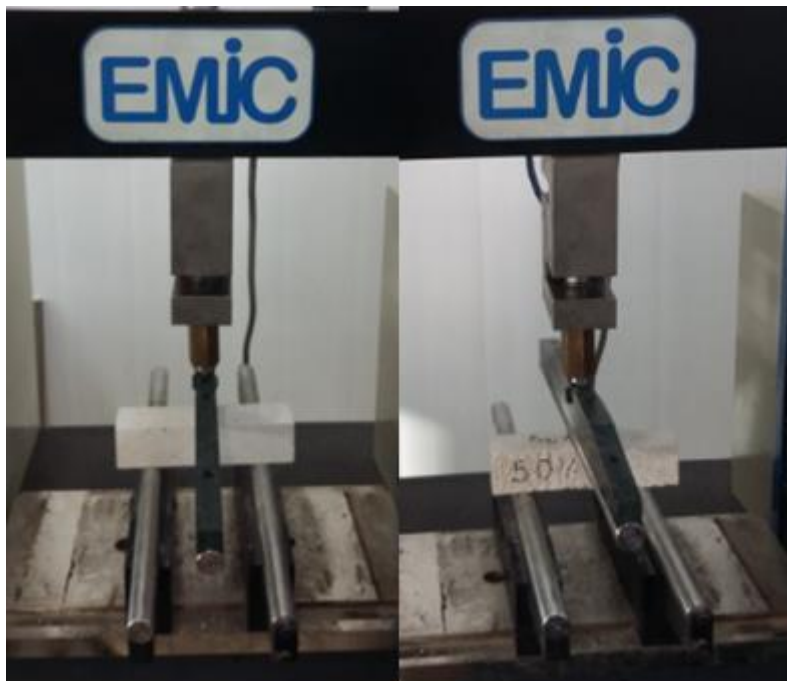


Figura 2. Ensaio de resistência à tração na flexão em andamento

A resistência à tração na flexão foi calculada segundo a Equação 3.

$$R_f = \frac{1,5F_f L}{40^3} \quad (3)$$

onde,

R_f é a resistência à tração na flexão, em megapascals;

F_f é a carga aplicada verticalmente no centro do prisma, em newtons;

L é a distância entre os suportes, em milímetros.

Depois do teste citado acima, foi realizado em uma das partes de cada corpo de prova a resistência à compressão axial, no qual a metade do corpo de prova foi posicionado no dispositivo de apoio do equipamento utilizado, de modo que a face rasada não estivesse em contato com o dispositivo de apoio e o dispositivo de carga. Em seguida, foi aplicada a carga de (500 ± 50) N/s até a ruptura do corpo de prova.

Na Figura 3 pode ser visto o ensaio em andamento.

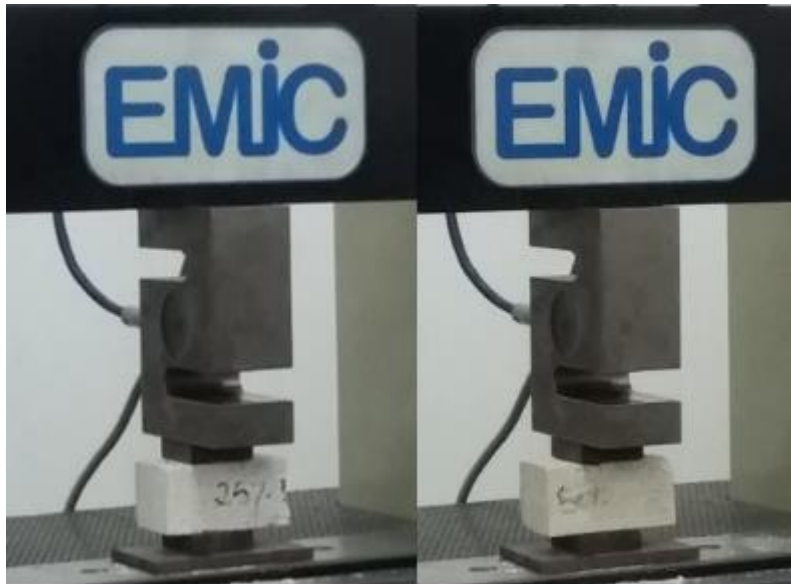


Figura 3. Ensaio em andamento de resistência à compressão

A resistência à compressão foi calculada segundo a Equação 4:

$$R_c = \frac{F_c}{1600} \quad (4)$$

onde,

R_c é a resistência à compressão, em megapascals;

F_c é a carga máxima aplicada, em newtons;

1600 é a área da seção considerada quadrada do dispositivo de carga 40 mm x 40 mm, em milímetros quadrados.

Logo em seguida, com a outra parte não utilizada de cada corpo de prova, foi realizado o ensaio de absorção de água por imersão conforme a NBR 9778 (ABNT, 2005) [12].

Primeiramente os corpos de prova foram colocados na estufa por um período de 24 horas. Depois desse tempo, registrou-se a massa (m_s) de cada amostra. Em seguida, os corpos de prova foram imersos em água durante 24 horas. Completada a etapa de saturação em água à temperatura ambiente, as amostras foram retiradas da água, secas com um pano úmido e registrou-se a massa saturada (m_{sat}).

Após o procedimento descrito, a absorção de água por imersão (A) foi calculada pela Equação 5.

$$A = \frac{m_{sat} - m_s}{m_s} * 100 \quad (5)$$

onde,

A é a absorção de água por imersão (%);

m_{sat} é a massa da amostra saturada em água após imersão e fervura (g);

m_s é a massa da amostra seca em estufa (g);

2.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 4 apresenta a densidade de massa no estado endurecido de cada incorporação utilizada.

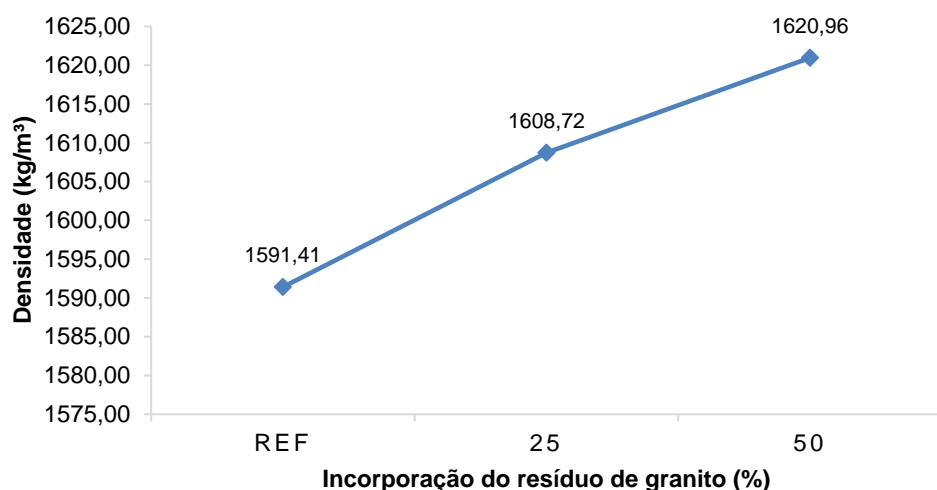


Figura 4. Gráfico da densidade de massa no estado endurecido

Observa-se que a argamassa de gesso de referência apresentou menor densidade do que as argamassas com incorporação do resíduo de granito. Sendo a argamassa com incorporação de 50% a que obteve maior densidade. Pode-se afirmar que à medida que aumenta a incorporação do resíduo de granito na argamassa de gesso, maior é a densidade [14]. Isso pode ser justificado pelo fato do resíduo ser extremamente fino, preenchendo os vazios na argamassa, contribuindo assim com o aumento da densidade [15].

A Tabela 2 mostra a resistência à tração na flexão para cada tipo de incorporação.

Tabela 2. Resistência à tração na flexão

Teores (%)	Corpo de Prova	Resistência (MPa)	Média da Resistência (MPa)	Desvio Padrão
0	CP01	0,95	0,91	0,13
0	CP02	1,17		
0	CP03	0,61		
25	CP01	1,42	1,33	0,16
25	CP02	0,97		
25	CP03	1,61		
50	CP01	1,40	1,37	0,02
50	CP02	1,32		
50	CP03	1,40		

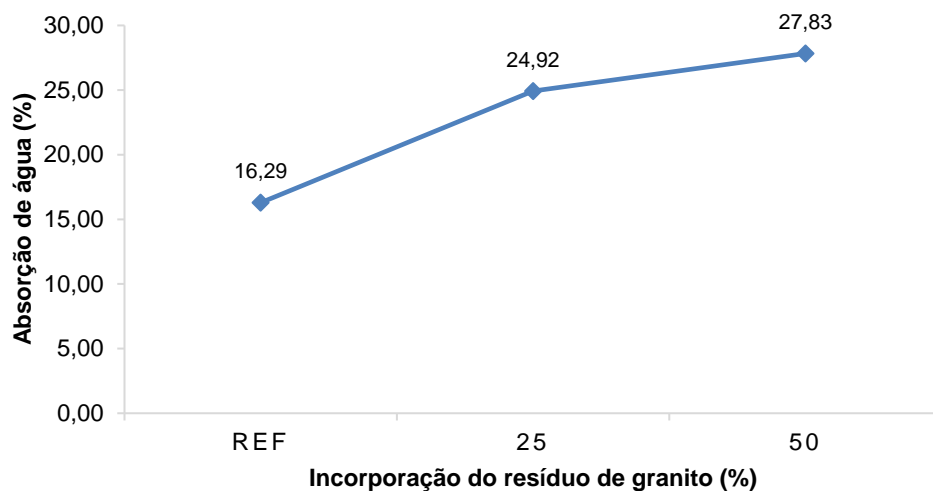
Analisando os resultados, percebe-se que as argamassas com resíduo de granito apresentaram resistência maior que a argamassa de referência (0%). A argamassa contendo 50% de resíduo de granito apresentou o melhor resultado, com 1,37 MPa, representando um aumento de 50% em relação à argamassa de referência, que obteve resistência de 0,91 MPa. Portanto, verificou-se um ganho de resistência [16]. A Tabela 3 mostra a resistência à compressão para cada tipo de incorporação.

Tabela 3. Resistência à compressão

Teores (%)	Corpo de Prova	Resistência (MPa)	Média da Resistência (MPa)	Desvio Padrão
0	CP01	2,52	1,89	0,37
0	CP02	2,14		
0	CP03	1,01		
25	CP01	3,05	3,18	0,13
25	CP02	3,50		
25	CP03	2,99		
50	CP01	3,59	3,91	0,13
50	CP02	4,10		
50	CP03	4,05		

Os resultados mostram, que novamente, as argamassas com resíduo de granito apresentaram melhora na resistência, principalmente o teor de 50%, com 3,91 MPa, que obteve um aumento de aproximadamente 106% em relação à argamassa de referência, com 1,89 MPa. Desse modo, pode-se observar que a utilização de resíduo de granito aumenta a resistência das argamassas [4,16].

A Figura 5 apresenta a absorção de água por imersão de cada incorporação utilizada.

**Figura 5.** Gráfico da absorção de água por imersão

Nota-se que a argamassa com teor de 50% apresentou maior absorção de água, com 27,83%, enquanto a argamassa de referência foi de 16,29%, apresentando menor absorção. Pode-se dizer que com o aumento da incorporação do resíduo de granito, maior é a absorção de água, ou seja, o resíduo influencia na absorção. Isso é decorrente ao acréscimo de partículas finas à mistura, pois essas tendem a preencher os poros, reduzindo o diâmetro desses, e conseqüentemente aumentando a taxa de absorção de água [16].

3 CONCLUSÃO

A incorporação do resíduo de granito promove o melhoramento em vários aspectos da argamassa, como o aumento da resistência mecânica e da densidade, além de diminuir a porosidade, aumentando a absorção de água.

As argamassas com resíduo apresentam maior densidade, uma vez que as partículas do resíduo são finas, preenchendo os vazios, assim aumentando a densidade, bem como a resistência mecânica.

Em relação à absorção de água, as argamassas com resíduos apresentaram valores mais altos comparado com a argamassa de referência, pois a adição de finos à mistura das argamassas, diminui a porosidade, aumentando a absorção e beneficiando a sua durabilidade.

Assim, pode-se concluir que, segundo as propriedades aqui abordadas, é viável a incorporação do resíduo de granito em argamassas de gesso, visto que as misturas com resíduos obtiveram melhora em suas propriedades, principalmente a argamassa com teor de 50%, evitando assim o descarte desse resíduo no meio ambiente, além de diminuir o impacto ambiental e contribuir para o desenvolvimento sustentável.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – Brasil (FAPERJ).

REFERÊNCIAS

- 1 Marques SMF. Estudo de argamassas de reabilitação de edifícios antigos [dissertação]. Aveiro: Universidade de Aveiro – UA; 2005.
- 2 Silva ARS, Abreu GCCL, Costa GBO, Andrade FLF. Determinação da resistência à compressão de blocos compostos de gesso com adição de resíduos da construção civil. 22º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Natal. 2016.
- 3 Almeida JLMSL. Argamassas tradicionais e industriais de alvenaria em edifícios [dissertação]. Porto: Universidade do Porto – UP; 2009.
- 4 Moura WA, Gonçalves JP, Leite RS. Utilização do resíduo de corte de mármore e granito em argamassas de revestimento e confecção de lajotas para piso. *Sitientibus*. 2002;(26):49-61.
- 5 Filho RS *et al.* Atlas de rochas ornamentais do estado do Espírito Santo. Brasília, 2013.
- 6 Aguiar MC. Utilização de resíduo de serragem de rocha ornamental com tecnologia de fio diamantado em cerâmica vermelha [dissertação]. Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF; 2012.
- 7 American Society for Testing and Materials. ASTM C 28-92: Standard specification for gypsum plasters. Pennsylvania, 1992.
- 8 American Society for Testing and Materials. ASTM C 842-85: Standard specification for application of interior gypsum plasters. Pennsylvania, 1990.
- 9 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005, 3p.
- 10 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005, 9p.
- 11 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005, 2p.
- 12 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005, 4p.

- 13 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005, 3p.
- 14 Oliveira DM *et al.* Utilização de resíduo de granito como substituição ao cimento Portland em matrizes cimentícias. In: Anais do 53º Congresso Brasileiro do Concreto; 2011 nov 01-04; Florianópolis, Brasil. Florianópolis: IBRACON; 2011.
- 15 Souza AR, Branco LAMN. Argamassa e concreto com resíduos de mármore e granitos. In: Anais do 59º Congresso Brasileiro do Concreto; 2017 out 31 - nov 03; Rio Grande do Sul, Brasil. Rio Grande do Sul: IBRACON; 2017.
- 16 Apolinário ECA. Influência da adição do resíduo proveniente do corte de mármore e granito (RCMG) nas propriedades de argamassas de cimento Portland [dissertação]. Salvador: Universidade Federal da Bahia – UFB; 2014.