

Análise de parâmetros para argamassa com substituição parcial do aglomerante por resíduo industrial de granito**Analysis of parameters for mortar with partial replacement of binder for granite industrial waste**

DOI:10.34117/bjdv6n8-705

Recebimento dos originais: 31/07/2020

Aceitação para publicação: 31/08/2020

Salomão David Souto Menezes

Mestre em ciência e tecnologia ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba

Instituição: Universidade Estadual da Paraíba

Endereço: Rua Baraúnas, 351 - Bairro Universitário - Campina Grande-PB, CEP 58429-500.

E-mail: salomaosouto@gmail.com

William de Paiva

Professor Doutor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UEPB (Doutor em Geotecnia)

Instituição: Universidade Estadual da Paraíba

Endereço: Rua Baraúnas, 351 - Bairro Universitário - Campina Grande-PB, CEP 58429-500.

E-mail: w.paiva456@gmail.com

Laércio Leal dos Santos

Professor Doutor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UEPB (Doutor em Engenharia Civil na área de Tecnologia Ambiental)

Instituição: Universidade Estadual da Paraíba

Endereço: Rua Baraúnas, 351 - Bairro Universitário - Campina Grande-PB, CEP 58429-500.

E-mail: laercioeng@yahoo.com

Raphael Almeida de Lima

Mestre em ciência e tecnologia ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba

Instituição: Universidade Estadual da Paraíba

Endereço: Rua Baraúnas, 351 - Bairro Universitário - Campina Grande-PB, CEP 58429-500.

E-mail: rapahel.al@hotmail.com

Ricardo Antonio Ferreira da Silva

Técnico em Edificações (IFPB) e Mestrando em Ciências e tecnologia ambiental - UEPB

Instituição: Universidade Estadual da Paraíba

Endereço: Rua Baraúnas, 351 - Bairro Universitário - Campina Grande-PB, CEP 58429-500.

E-mail: ricardoantonio0109@gmail.com

Jéssica Araújo Leite Martildes

Engenheira Ambiental (UFCG) e Mestranda em Ciências e tecnologia ambiental - UEPB

Instituição: Universidade Estadual da Paraíba

Endereço: Rua Baraúnas, 351 - Bairro Universitário - Campina Grande-PB, CEP 58429-500.

E-mail: jessmartildes@gmail.com

Andreia Freitas Silva

Engenheira Sanitarista e Ambiental (UEPB) e Mestranda em Ciências e tecnologia ambiental - UEPB

Instituição: Universidade Estadual da Paraíba

Endereço: Rua Baraúnas, 351 - Bairro Universitário - Campina Grande-PB, CEP 58429-500.

E-mail: andreiafreitassilva@gmail.com

Ozires Talysson Batista de Lima Pequeno

Engenheiro de Biotecnologia e Bioprocessos (UFCG) e Mestrando em Ciências e tecnologia ambiental - UEPB

Instituição: Universidade Estadual da Paraíba

Endereço: Rua Baraúnas, 351 - Bairro Universitário - Campina Grande-PB, CEP 58429-500.

E-mail: ozirestalysson@gmail.com

RESUMO

Conforme a associação brasileira de rochas ornamentais (ano-base 2019), a exportação dos minerais foi de 1.960 milhões de toneladas. Estima-se que 30% de cada bloco extraído durante o processo produtivo vire resíduo ocasionando problemas ambientais e de destinação. Então analisando o potencial desse material para matéria prima na construção civil tem-se uma alternativa para baratear custos nos processos construtivos e propor uma destinação ambientalmente correta. Portanto a pesquisa tem como objetivo propor a reutilização dos resíduos industrial de granito (RIG) em argamassas, incorporando em substituição de massa do cimento Portland porcentagens de 5%, 10% e 20%, bem como, analisando as propriedades físicas da argamassa através de ensaios determinados pelas normas vigentes e também a viabilidade do produto. Analisando os ensaios realizados verificou-se que a reutilização do RIG na substituição parcial do cimento Portland não altera significativamente as propriedades da argamassa, mostrando ser uma proposta tecnicamente viável.

Palavras-chave: Argamassa, rochas ornamentais e meio ambiente.

ABSTRACT

According to the Brazilian association of ornamental rocks (base year 2019), mineral exports were 1.960 million tons. It is estimated that 30% of each block extracted during the production process becomes waste, causing environmental and disposal problems. Then, analyzing the potential of this material for raw material in civil construction, we have an alternative to lower costs in construction processes and propose an environmentally correct destination. Therefore, the research aims to manufacture and propose the reuse of industrial granite residues (RIG) in mortars, incorporating 5%, 10% and 20% percent substitutes for Portland cement, as well as analyzing the physical properties of mortar through tests determined by current standards and also the product's viability. Analyzing the tests performed, it was seen that the reuse of RIG in the partial replacement of Portland cement does not significantly change the properties of the mortar, showing it to be a technically feasible proposal.

Keywords: Mortar, ornamental rocks and environment.

1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas ambientais atuais, seja no Brasil ou no mundo, são a destinação e disposição final incorreta de resíduos sólidos em áreas urbanas. E com o constante desenvolvimento da humanidade tem-se uma infinidade de tipos de resíduos nas áreas urbanas dispostos irregularmente, trazendo passivos ambientais e transtorno para sociedade.

O setor que apresenta grande potencial produtivo e conseqüentemente grande capacidade de geração de resíduos é o setor de mineração, mais precisamente o setor de rochas ornamentais conhecidas comercialmente como mármore e granito, amplamente utilizadas devido à vasta aplicabilidade como, por exemplo, mesas, prateleiras, revestimento de pisos e paredes, ou como objetos de decoração dentre outros. Logo, as rochas ornamentais podem ser definidas como materiais geológicos naturais que podem ser extraídos na forma de blocos, cortados em diversas formas e beneficiados através de várias etapas (MOTA et al, 2007).

Durante o beneficiamento das rochas naturais, cerca de 30% do material são transformados em resíduos finos (pó), sendo que no Brasil, estima-se que sejam geradas 588.000 toneladas por ano de resíduos destas rochas. Por não possuir uma destinação correta, esse resíduo é depositado em locais totalmente inapropriados, gerando graves impactos ambientais.

Segundo a lei N° 12.305 de 2 de agosto de 2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, uma alternativa ambientalmente e economicamente viável é a incorporação dos resíduos na cadeia produtiva, com reutilização e ou reciclagem com o intuito de reduzir a extração de recursos naturais, reduzir os custos de produção dos produtos finais, promover o consumo de produtos ecologicamente corretos de modo a evitar danos à saúde pública, à segurança e a para minimizar os impactos ambientais adversos.

Uma alternativa ambiental é a utilização do RIG em substituição por parte da massa do aglomerante (cimento) da argamassa, ou mesmo, incorporação desses resíduos em solos utilizados para compactação, impermeabilização, dentre outros usos, promovendo a reutilização do mesmo para diversos fins, não apenas dos resíduos industrial de rochas como também dos resíduos da construção civil.

A argamassa é um material da construção civil amplamente utilizado em obras de engenharia e a maioria delas são obtidas misturando aglomerante (cimento), agregado (geralmente areia) e água, podendo ou não conter aditivos. Porém, para cada aplicação existem traços com esses componentes NBR 13281 (ABNT, 2005a).

Diante do exposto, a proposta do trabalho sugere uma destinação final ambientalmente correta para os resíduos da indústria de rochas ornamentais, reduzir custos para confecção de argamassas e enquadramento das mesmas nas normas vigentes.

3 MATERIAIS E METODOS**3.1 MATERIAIS**

Para o desenvolvimento da pesquisa e a confecção das argamassas foi utilizado cimento CP II Z-32, areia peneirada (nº 10) natural, cal hidrata do tipo CH-I e a água utilizada é proveniente do açude de Epitácio Pessoa (Boqueirão), tratada na ETA Gravatá e distribuída pela CAGEPA (Companhia de água e esgotos da Paraíba). O RIG foi cedido por uma indústria do setor de rochas ornamentais da cidade de Campina Grande-PB, gerado durante o processo de beneficiamento das rochas e tendo sua classificação como leve ou volante. O resíduo foi seco em estufa por 24 horas à temperatura de 115 °C e após isso foi destorroado e transformado em pó. O traço utilizado foi de 1:5:1 (cimento, areia e cal) mais comumente utilizado na região.

3.2 METODOLOGIA**3.2.1 Análise estatística da pesquisa**

Para a redução dos ensaios e a validação estatística dos resultados utilizou-se o planejamento fatorial com dois níveis e duas variáveis de controle que foram: % RIG e o fator água cimento (a/c) e adicionado três pontos centrais para garantir a receptibilidade do processo e a verificação dos erros puros e residuais, assim, obtendo uma superfície de resposta mais contundente e ajustável ao modelo realizado. Como mostra no Quadro 1 e na equação 1, respectivamente.

Quadro 1 - Matriz de planejamento inicial

Variáveis	Níveis		Ponto Central
% Resíduo	0	10	5
Fator A/C	1,3	1,7	1,5

Fonte: O autor (2020).

Então a partir da equação (1):

$$P = 2^2 + 3$$

Onde:

P = Planejamento fatorial

2 = Número de variáveis

3 = Pontos Centrais

Tem-se a matriz de planejamento, conforme mostrado no Quadro 2.

Quadro 2 - Matriz de delineamento

Argamassa	% Resíduo	Fator a/c
Argamassa A	0	1,3
Argamassa B	0	1,7
Argamassa C	10	1,3
Argamassa D	10	1,7
Argamassa E	5	1,5
Argamassa F	5	1,5
Argamassa G	5	1,5

Fonte: O autor (2020).

3.2.2 Caracterização das argamassas

Os ensaios de laboratório realizados estão demonstrado no Quadro 3. E encontrar-se de acordo com a NBR 13281 (ABNT, 2005b) que determina os requisitos para argamassas de assentamento e revestimento de paredes e tetos.

Quadro 3 – Ensaios realizados com as argamassa.

Norma	Ensaio
ABNT NBR 13259:2005	Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade.
ABNT NBR 13277:2005	Determinação da retenção de água.
ABNT NBR 13278:2005	Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado.
ABNT NBR 13279:2005	Determinação da resistência à tração na flexão e a compressão axial.
ABNT NBR 13280:2005	Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido.

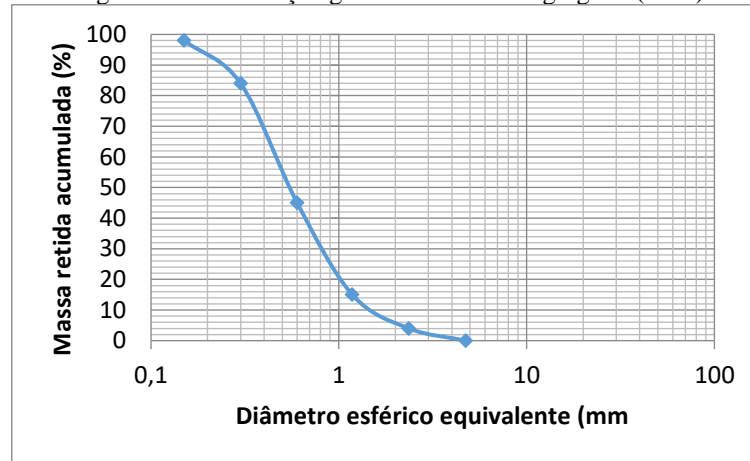
Fonte: O autor (2020).

3.2.3 Caracterização dos agregados e constituintes

- Areia

O ensaio de granulometria foi realizado conforme NBR NM 248 (ABNT, 2003), onde apresenta classificação de fina na Figura 1 que a areia se classifica como fina, pois seu módulo de finura é 2,46, sendo usual para confecções de argamassas.

Figura 1 – Distribuição granulométrica do agregado (areia)



Fonte: O autor (2020)

- Água

A água utilizada é a da rede de abastecimento disponibilizada pela CAGEPA e os parâmetros estão de acordo com o Quadro 4.

Quadro 4 – Parâmetros da água utilizada

Parâmetros	Exigido	Analisado
Turbidez	178	182
Cloro	178	182
PH	0	0
Cor	55	182
Coliformes totais	178	182

Fonte: CAGEPA (2020)

- Cal CH I

A cal hidratada utilizada é do tipo CH I, caracterizada pela NBR 7175 (ABNT, 2003) e suas especificações de acordo com o fabricante estão apresentadas no Quadro 5.

Quadro 5 – Parâmetros Cal CH I

Parâmetro	Resultado
Anidrido Carbônico	Fábrica $\leq 5,0\%$ e Depósito $\leq 7,0\%$
Óxidos de cálcio e magnésio não hidratado calculado (CaO+MgO)	$\leq 10,0\%$
Óxidos Totais na base não volátil (CaO+MgO)	$\geq 90,0\%$
Finura (peneira 0,600 mm)	$\leq 0,5\%$
Finura (peneira 0,075 mm)	$\leq 10,0\%$

Fonte: Hidra (2020)

3.2.4 Caracterização do RIG

A caracterização física do RIG foi realizada através do ensaio do índice de finura conforme a NBR 11579 (ABNT, 2012). Já a caracterização química ocorreu com a quantificação dos teores

de seus constituintes químicos determinados por Eflorescência de raios-x (EDX). O equipamento utilizado para realização do ensaio de EDX foi da marca Shimadzu do tipo Energy Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometer.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ÍNDICE DE FINURA

Em relação ao índice de finura, de acordo com os resultados obtidos (Quadro 6), observa-se que o resíduo é bem fino chegando a ser aproximadamente 16,8% menor que o índice de finura do cimento, porém possuindo uma área superficial maior, fazendo com que o RIG seja eficaz no preenchimentos de vazios, atuando como *filler*.

Quadro 6 – Índice de finura do RIG

Resíduo industrial de granito na peneira 0,0075 (r) [g]	4,99
Massa Inicial (m) [g]	50,02
Fator de correção da peneira (Fc)	1,00
Índice de finura (If) [%]	9,98

Fonte: O autor (2020).

Para Dal Molin (2005), o filler também produz um efeito físico de melhorar o empacotamento granulométrico das partículas. Em muitos estudos, o resíduo industrial de granito (RIG) é considerado um *filler*, com propriedades inertes, que aumenta a densidade de concretos e argamassas, melhorando suas características e propriedades, além de reduzir a demanda mundial de cimento (APOLINÁRIO, 2014; SOUZA; BRANCO, 2017).

4.2 QUANTIFICAÇÃO DO TEOR DOS CONSTITUINTES QUÍMICOS

A constituição química do RIG foi realizada com a aplicação do equipamento EDX e os resultados obtidos estão apresentados no Quadro 7.

Quadro 7 - Composição química do RCG.

Composto Químico	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	Na ₂ O	TiO ₂	Outros
Teor (%)	60,356	16,611	8,247	5,663	3,917	2,669	1,058	1,479

Fonte: O autor (2020).

Nota-se uma maior concentração de dióxido de sílica (60,356%) que é um componente do quartzo que melhora a flexibilidade e aderência da argamassa. Observa-se também, teores de Alumina e (Al₂O₃) e de Óxido de férrico (Fe₂O₃) proveniente das lamina de corte, iguais a 16,611% e 8,247%, respectivamente. Outro elemento importante que pode influenciar na argamassa é o

Óxido de cálcio (CaO) que, ao se hidratar durante o endurecimento, pode expandir de volume e ocasionar fissuras na argamassa, mas como o teor de CaO obtido no EDX é de apenas 3,917%, torna-se não significante, não comprometendo a qualidade da argamassa, como pode ser observado na Figura 2, a aplicação da argamassa em um reboco de uma parede exposta ao ambiente no dia 08/12/2018. O próprio profissional que realizou o reboco afirmou que a argamassa com 10% RIG (maior proporção) havia uma melhor trabalhabilidade. Um outro fator que chama atenção é que, apesar do RIG possuir partículas metálicas, ao ser utilizado na argamassa, não apresentou fosforecência típica de oxidação de metais, como pode ser observado na Figura 2. Apolinário (2014a), complementa que a sílica (SiO₂), componente com predominância no RIG analisado, encontra-se presente na difração de raios X, logo se apresenta em sua fase cristalina, indicando pequena possibilidade de o RIG ser reativo.

Figura 2 - Imagem do dia 06/05/2020 do reboco realizado em 08/12/2018 com 0%, 5% e 10% de RIG.

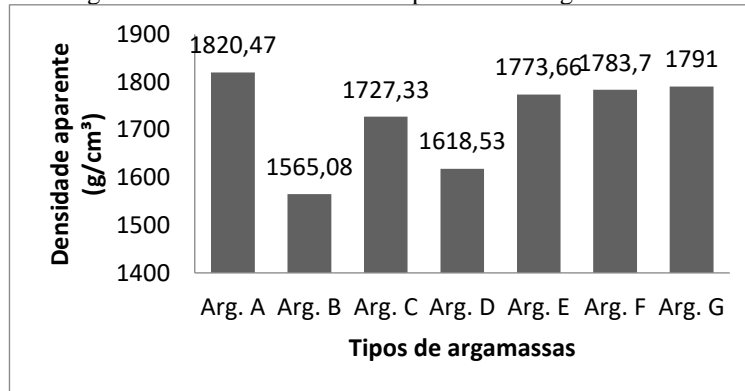


Fonte: O autor (2020)

4.3 DENSIDADE DE MASSA APARENTE NO ESTADO ENDURECIDO

Observa-se na Figura 3 que com a incorporação do resíduo a densidade diminui em comparação as Argamassas A e C existindo uma diferença de 5,1%, fator este que estar associado à água de amassamento, que se perde menos água quando existe uma maior porcentagem de cimento na argamassa, isso acontece no processo de cura da argamassa. Frisa-se que de acordo com a Tabela 2 da NBR 13281 (ABNT, 2005c) as argamassas A, C, E, F e G pertencem à classe M5 e B e D a classe M4.

Figura 3 - Densidade de massa aparente das argamassas.



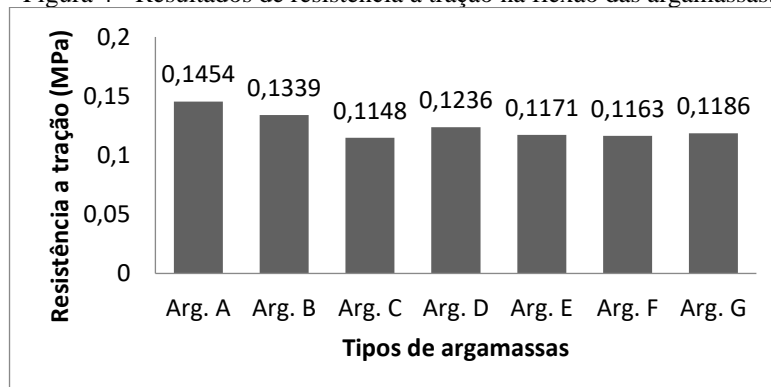
Fonte: O autor (2020).

Segundo Corso *et al.* (2020) o ensaio de densidade de massa aparente no estado endurecido teve um aumento de 9,49% em comparação com argamassa de referência. Foi utilizado na pesquisa óxido de grafeno em substituição parcial do cimento. Na argamassa com RIG observou-se uma diferença ainda menor de apenas 5,11% entre argamassa de referência e com maior porcentagem de RIG. Logo, os resultados obtidos na Figura 3 são aceitáveis, uma vez que o RIG tem função de diminuir a porosidade do material conforme SILVA *et al.* (2017).

4.4 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO

No caso da Resistência a Tração na Flexão (Figura 4), observou-se que a resistência entre as argamassas apresentaram diferenças insignificantes com o acréscimo do RIG e as argamassas sem incorporação de RIG, ou seja, as argamassas de referência apresentaram maiores resistência, seguido da argamassa D.

Figura 4 - Resultados de resistência à tração na flexão das argamassas.



Fonte: O autor (2020).

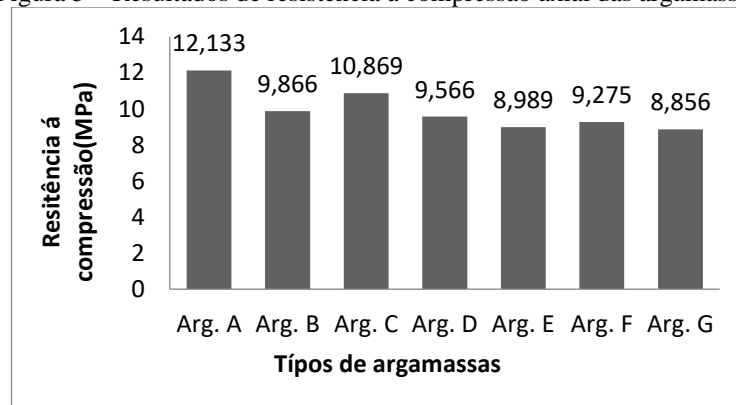
Já Apolinário (2014b) Observou em suas análises que as argamassas contendo resíduos de mármore e granitos possuíam valores de resistência superiores às argamassas de referência nas

primeiras idades (3 dias). Verificou que nas argamassas com incorporação de 10% de RCMG apresentou um aumento de 21,1% na resistência. Já para sete dias ocorreu um aumento ainda maior de 35,51%. Logo nesse estudo, conforme a Figura 4 observa-se uma redução de aproximadamente 21% na resistência entre as argamassas A e C e também de uma redução de 7,7% entre as argamassas B e D que pode ser explicado pelo efeito físico do RIG como *filler* acelerando a hidratação do cimento, conforme Gonçalves (2000), já que para todas as argamassas foram realizadas após 28 dias de cura. No caso das argamassas E, F e G apresentaram valores constantes no período. E a NBR 13281 (ABNT, 2005d) de acordo com a Tabela 3, classificam todas as argamassas em R1.

4.5 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

Em relação à resistência a compressão axial (Figura 5) pode-se destacar nesse ensaio as argamassas B e D, ambas possuem o mesmo fator *a/c*, porém a argamassa D possui incorporação de 10% de RIG na composição, apresentando uma diferença no resultado da resistência de 3,04%, que pode ser atribuído a maior área superficial do RIG em relação ao cimento e pela finura do RIG.

Figura 5 – Resultados de resistência à compressão axial das argamassas.

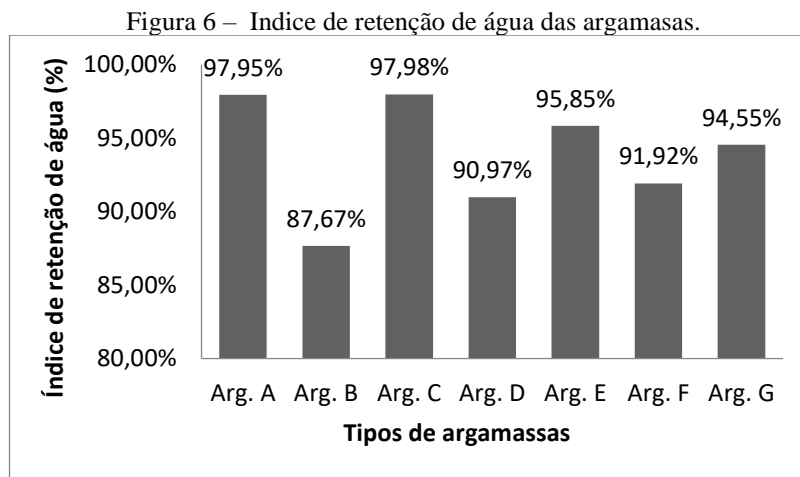


Fonte: O autor (2020).

Já as argamassas C e D com incorporação de 10% de RIG na composição apresentaram uma diferença de 11,68%, valor relativo pequeno que foram influenciadas pela massa de água acometidas. Isso ocorre porque o efeito produzido pelo RIG nas argamassas é preponderantemente físico, de tamponamento dos poros e complemento da granulometria, pois, a elevada finura dos *fillers*, provocando uma precipitação de produtos hidratados, o que torna a pasta mais densa e homogênea pela diminuição do diâmetro e melhor distribuição dos poros (MORAES, 2001). A pesquisa de Castro *et al.* (2015) que utiliza bagaço de cana-de-açúcar como agregado miúdo apresentou um aumento da compressão pelo o mesmo fato. Por fim de acordo com a Tabela 1 da NBR 13281 (ABNT, 2005e) todas as argamassas se classificam como P6.

4.6 RETENÇÃO DE ÁGUA

Observando a Figura 6 pode-se verificar que as argamassas estão dentro do limite imposto pela NBR 13281 (ABNT, 2005f) afirma que as argamassas devem reter de 78% a 100% de água e na mesma norma de acordo com a tabela 6 tem-se que as argamassas B e D pertencem à classe U4; E, F e G a U5 e A e C a U6.



Fonte: O autor (2020).

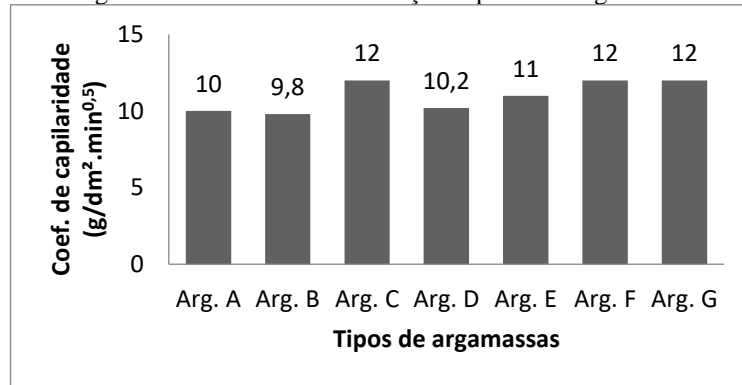
Devido às solicitações de amassamento e de retração plástica no processo de acabamento, ambos estão ligados com a capacidade de manter a trabalhabilidade da argamassa e assim podendo atender as solicitações previstas. E vale a ressaltar que pode afetar a aderência e a durabilidade do material no estado endurecido (CARASEK, 2007b). Todas as argamassas analisadas obtiveram resultados satisfatórios e todas que incorporavam RIG na sua composição apresentou retenções maiores.

A argamassa B e D que tem a mesmo fator a/c apresentou uma diferença de 3,63% e todas as argamassas apresentaram uma retenção acima de 87,67%. E segundo Pczieczek (2017) que incorporou resíduo de borracha na composição de argamassas encontrou valores acima de 80%, concluindo que os resíduos incorporados em argamassas ajudam na absorção de água e impermeabilidade.

4.7 ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE

As argamassas A e B de referências apresentaram os menores índices de capilaridade tendo em vista que todas permaneceram com valores muito próximos. E de acordo com a Tabela 4 da NBR 13281 (ABNT, 2005g) todas as argamassas pertencem à classe C5. Conforme a Figura 7.

Figura 7 – Coeficiente de absorção capilar das argamassas



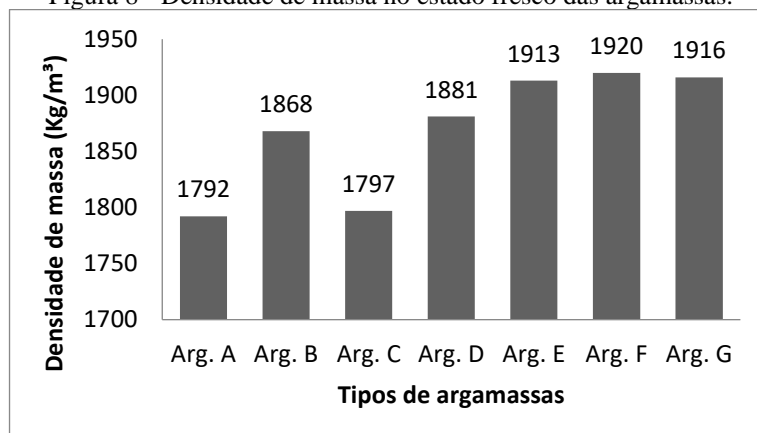
Fonte: O autor (2020).

Analisando os resultados obtidos e a incorporação de RIG nas argamassas e sua microestrutura, observa-se uma mudança da permeabilidade devido a redução dos índices de vazios. Conforme Courand e Michel (2014), o aumento da absorção da água por capilaridade entre 15 a 27% se mantém constantes ao longo do tempo com a utilização de *filler* calcário na substituição do cimento em proporções variando de 0 a 15%. Com isso, observa-se novamente a eficiência do RIG como *filler*.

4.8 DENSIDADE DE MASSA NO ESTADO FRESCO.

A determinação da densidade de massa no estado fresco foi realizada através dos requisitos estabelecidos na NBR 13278 (2005h). Então, observa-se uma menor densidade quando o fator água/cimento foi de 1,7, isso devido à argamassa ficar mais fluida com uma maior massa de água. Mesmo assim de acordo com a tabela 5 da NBR 13281 (ABNT, 2005i) tiveram a mesma classificação D4.

Figura 8 - Densidade de massa no estado fresco das argamassas.



Fonte: O autor 2020

As maior diferença de argamassa é entre a Arg. A e Arg. B, totalizando uma diferença de apenas 4,73%, com isso percebe-se claramente que as não houve muita diferença entre as mesmas. E a adição de resíduo proporciona a argamassa a aprisionar o ar interno através da água de amassamento e este tende a preencher os vazios, deixando-as mais densa, causando o efeito *filler*. O aumento do teor de *filler* faz com que aumente a densidade de massa aparente no estado fresco e, por conseguinte, diminua o teor de ar incorporado da mistura (ARNOLD & KAZMIERCZAK, 2009).

Assim, a variação da densidade nas argamassas com RCR está numa faixa esperada.

5 CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a incorporação de RIG em argamassas seguindo a matriz de delineamento proposta foi possível realizar o estudo com o menor número possível de amostras, e verificar a importância do RIG como um *filler* nas aplicações propostas, agindo no preenchimento dos espaços vazios, beneficiando a nucleação heterogênea, ativando a hidratação do cimento e catalisando o processo de nucleação dos hidratos como mostra os resultados de absorção e retenção de água, E ressaltando, que após 17 meses de uma aplicação prática a mesma não apresentou fissuras nem fosforescência.

Após avaliar a caracterização química e física e os resultados das resistências axiais a compressão e tração na flexão, o RIG apresentou uma alta finura, possuindo maior área superficial, preenchendo os poros capilares e conseqüentemente, reduzindo a permeabilidade e não diferenciando significante a resistência das argamassas.

O estudo apresentou resultados foram satisfatórios tendo em vista que as argamassas propostas apresentaram resultados dentro dos índices normativos admitidos para revestimento e assentamento de paredes e tetos. Pode-se concluir que a adição de RIG é viável para utilização do mesmo como parte do aglomerante da argamassa, assim, demonstrando ser uma alternativa para mitigar os problemas ambientais existentes relacionados a esse resíduo.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento a UEPB, IFPB e UNINASSAU por ceder os laboratórios, a Granfuji por ceder o resíduo para o presente trabalho e por fim a CAPES pela bolsa cedida durante o tempo de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- APOLINÁRIO, E. C. A. **Influência da adição do resíduo proveniente do corte de mármore e granito (RCMG) nas propriedades de argamassas de cimento Portland.** Salvador, 2014. 193 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.
- ARNOLD, D. C. M.; KAZMIERCZAK, C. S. **Influência da distribuição granulométrica do agregado miúdo e do teor de fíler nas propriedades de argamassas com areia de britagem.** VIII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas – VIII SBTA, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). Guia básico de utilização do cimento Portland BT-106. 2002. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/cms/wp-content/uploads/2016/05/BT106_2003.pdf>. Acesso em: 21 de agosto de 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. (ABRIROCHAS) Balanço das exportações e importações brasileiras de rochas ornamentais em 2019. Disponível em: <http://abirochas-novembro.institucional.ws/wp-content/uploads/2019/04/Informe_05_2019_Agosto.pdf>. Acesso em 16 de abril. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11579.** Cimento Portland – Determinação da finura por meio da peneira 75 µm (nº200). Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13277:** Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279:** Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281:** Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15259:** Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248:** Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- BRASIL. [lei nº 12305, de 2 de agosto de 2010]. Política nacional dos resíduos sólidos [Recurso eletrônico]. – 2 ed. – Brasília: Câmara dos deputados, Edições câmara, 2012. 73 p. - (Série Legislação; nº 81).
- 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.
- CASTRO, T. R. de; MARTINS, C. H. Avaliação da adição de cinzas do bagaço de cana-de-açúcar em argamassas mistas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 3, p. 137-151, jul./set. 2016.

CORSO, M.; BERTO, L. K.; ALBUQUERQUE, A. C. D. de; OLIVEIRA, J. H. de; FAVARO, S. L.; REZENDE, L. C. S. H. Incorporação de óxido de grafeno em argamassa de revestimento: uma visão sustentável. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 297-312, jan./mar. 2020.

COURARD, L. & MICHEL, F. Limestone fillers cement based composites: Effects of blast furnace slags on fresh and hardened properties. **Construction and Building Materials**, v.51, p. 439–445, 2014.

DAL MOLIN, D. C. C. Adições minerais para concreto estrutural. In: ISAIA, G. C. (Ed.). **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações**. São Paulo: **IBRACON**, 2005. v.1

FORMIGONI, et. al. Aproveitamento de resíduos: reciclagem de rochas naturais. Disponível em: <<http://junic.unisul.br/2007/JUNIC/pdf/0120.pdf>>. Acesso em: 20 de agosto. 2018.

PCZIECZEK, A. **Análise das propriedades físicas e mecânicas de argamassa para revestimento utilizando cinza volante e resíduos de borracha de pneus inservíveis**. Joinville, 2017. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do estado de Santa Catarina, Joinville, 2017.

GONÇALVES, J. P. **Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para a produção de concretos**. Porto Alegre, 2000. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 2000.

MOTA, 2007. Caracterização e avaliação da lama abrasiva proveniente do corte de rochas ornamentais: um estudo comparativo. Disponível em: <<http://annq.org/eventos/upload/1331652012.pdf>>. Acesso em: 22 de agosto. 2018.

MORAES. I. V. M. Mármore e granito: lavra, beneficiamento e tratamento de resíduos. Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MjE=>>>. Acesso em 18 de agosto. 2018.

SILVA, R. A. *et al.* Enhanced properties of cement mortars with multilayer graphene nanoparticles. **Construction and Building Materials**, v. 149, p. 378-385, 2017.

SOUZA, A. R.; BRANCO, L. A. M. N. Argamassa e concreto com resíduos de mármore e granitos. Bento Gonçalves-RS: **IBRACON**. CBC2017.

UNGERICHT, A.J. PIOVESAN, A.Z. Influência da cura da argamassa em relação às propriedades mecânicas e absorção de água. **Unoesc & Ciência – ACSA**, Joaçaba, v. 2, n. 1, p. 75-86, 2011.