



Gestão de resíduos sólidos e sustentabilidade: Utilização do resíduo do beneficiamento de granito para produção de concreto

Solid waste management and sustainability: Using granite benefit residue for concrete production

Fernando Chagas de F. Sousa¹; José Bezerra da Silva², Camila Gonçalves Luz Nunes³, Ablenya Grangeiro de Barros⁴ & Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça⁵

Resumo: Inicialmente, os grandes problemas hidrológicos gerados pelo desmatamento na fase da pesquisa mineral, em seguida, a geração de elevada quantidade de resíduos provenientes da obtenção dos blocos com dimensões padronizadas. E, por fim, a produção do resíduo na forma de polpa abrasiva chamada de lama, gerada pelo beneficiamento resultante da ação dos teares. Este trabalho tem como objetivo promover a gestão de resíduos sólidos e a sustentabilidade a partir da utilização do resíduo de granito para produção de concreto. Para realização deste estudo foi feita a caracterização das matérias-primas convencionais e do resíduo de granito, posteriormente foi realizado o estudo da dosagem e em seguida foram moldados corpos de prova nas dimensões de 15 cm x 30 cm objetivando determinar a resistência à compressão simples do concreto produzido com substituição parcial do cimento por resíduo de granito nos teores de 5%, 10% e 15%. Observou-se que o concreto incorporado com resíduo de granito permite obter resultados de resistência que satisfazem os parâmetros normativos. Desta forma é possível preservar as matérias-primas convencionais utilizadas na produção do concreto, e contribuir para a redução do passivo ambiental gerado pelo descarte do resíduo no meio ambiente.

Palavras-chave: *Sustentabilidade; Gestão; Resíduos sólidos industriais; Concreto.*

Abstract: Initially, the large hydrological problems generated by deforestation in the mineral research phase, then the generation of high amount of waste from the obtaining of blocks with standardized dimensions. And, finally, the production of the residue in the form of abrasive pulp called mud, generated by the beneficiation resulting from the action of the looms. This work aims to promote solid waste management and sustainability from the use of the granite residue for concrete production. For the accomplishment of this study the characterization of the conventional raw materials and of the granite residue was carried out, afterwards the dosage study was carried out and afterwards molding of test pieces in the dimensions of 15 cm x 30 cm was carried out aiming to determine the resistance to the simple compression of the concrete produced with partial replacement of the cement by granite residue in the contents of 5%, 10% and 15%. It was observed that the concrete incorporated with granite residue allows to obtain resistance results that satisfy the normative parameters. In this way it is possible to preserve the conventional raw materials used in the production of concrete, and to contribute to the reduction of environmental liabilities generated by the disposal of the waste in the environment.

Keywords: *Sustainability; Management; Solid industrial waste; Concrete.*

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 03/10/2017; aprovado em 30/06/2019

^{1,4}Graduação em Engenharia Civil, Estudante, Universidade Federal de Campina Grande, sousaf.figueiredo@gmail.com*, ablenyags@gmail.com;

²Doutor em Engenharia de Processos, Professor, Universidade Federal de Campina Grande, prbezerracg@gmail.com;

³Mestranda, Departamento de Engenharia de Engenharia Civil; Universidade Federal da Paraíba, camila.engcivil@gmail.com;

⁵Doutora em Engenharia de Materiais, professora, Universidade Federal de Campina Grande, ana.duartemendonca@gmail.com

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o setor industrial aumentou substancialmente a geração de resíduo e conseqüentemente a disposição incorreta do mesmo no meio ambiente. Com isso, as ações antrópicas vêm degradando o meio ambiente. Como medida preventiva e corretiva, a comunidade científica está buscando desenvolver pesquisas visando reduzir os efeitos destrutivos originários de tais procedimentos.

Nos últimos anos, diversos estudos tem sido realizados, objetivando a utilização deste restes resíduos como insumos na construção civil, (LUCENA, 2009), lista alguns dos benefícios que a reciclagem na construção civil pode gerar: Redução no consumo de recursos naturais não renováveis, quando substituídos por resíduos reciclados; Redução de áreas necessárias para aterro, pela diminuição de volume de resíduos pela reciclagem; Redução do consumo de energia durante o processo de produção; Redução da poluição; A legislação ambiental cada vez mais rigorosa, no que se refere à colocação em depósito dos resíduos da construção.

O concreto é o segundo material mais utilizado no mundo, e na construção civil é o componente de maior utilização. Este fato é justificado por Mehta & Monteiro (2008), pela excelente resistência à água e ao baixo custo, como também pela facilidade de compor elementos estruturais de diferentes formas e tamanhos, se prestando a construção de prédios, pontes, barragens, pavimentos, elementos pré-moldados, etc. A utilização deste resíduo em concreto reduziria consideravelmente o volume descartado no meio ambiente, bem como o consumo de matérias-primas convencionais, além da obtenção de um produto com custo reduzido.

As empresas mineradoras de rochas ornamentais causam impactos ambientais em três diferentes etapas. Inicialmente, grandes problemas hidrológicos gerados pelo desmatamento na fase da pesquisa mineral, em seguida, a geração de elevada quantidade de resíduos proveniente da obtenção dos blocos com dimensões padronizadas. E, por fim, a produção do resíduo na forma de polpa abrasiva chamada de lama, gerada pelo beneficiamento resultante da ação dos teares (CAVALCANTE, 2006).

Para tanto, este trabalho tem como objetivo promover a gestão de resíduos sólidos e a sustentabilidade a partir da utilização do resíduo de granito em substituição ao cimento Portland nos teares de 10% e 15%, para produção de concreto.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Atualmente as questões ambientais estão cada vez mais preocupando ambientalistas, cientistas e pesquisadores, este fato deve-se ao grande volume e variedade de resíduos gerados diariamente. Isso faz com que a preocupação com seus impactos no meio ambiente também seja crescente, levando ao

desenvolvimento de pesquisas que possibilitem a utilização destes resíduos como material alternativo em componentes da construção civil. Segundo DONAIRE (1996) a sobrevivência das empresas e a oportunidade de bons negócios esta cada vez mais atrelada às atitudes tomada para a redução, ou não poluição do meio ambiente.

Segundo SJÖSTRÖM (2000) o setor da construção civil representa 25% do PIB, que na união europeia emprega cerca de 30 milhões de empregados sendo o maior setor econômico, no entanto, devido ao seu grande consumo de matéria-prima, é também, o maior propulsor da degradação do meio ambiente, seja pelo consumo exagerado de matérias-primas ou pela produção de resíduos, ou seja, a construção civil representa um número bem significativo para tal degradação.

A partir do crescimento da construção civil, os segmentos que fornecem matérias-primas também foram impulsionados a crescer para suprir a necessidade de abastecer o mercado, um exemplo desse crescimento é a indústria de mineração e beneficiamento de granitos, uma das áreas promissoras de negócios do setor mineral (CHIODI FILHO, 2006).

O Brasil é um dos maiores produtores de rochas ornamentais no mercado mundial, estas rochas são amplamente empregadas na construção civil, e, com a expansão desta área, o uso dessas rochas também aumentou, contribuindo para o aumento do volume de resíduo gerado (ALVES, 2008).

Na indústria da construção civil, a reutilização dos resíduos pode minimizar os prejuízos ambientais relativos ao tratamento e/ou disposição final e também na redução dos impactos ambientais decorrentes da extração de matéria-prima (LUCAS & BENATTI, 2008).

O processo de beneficiamento de blocos de granitos e mármore origina um grande volume de material pulverulento que pode ser reutilizado. Cerca de até 30% do bloco da rocha resulta a pós beneficiamento em pó, que na maioria das vezes acaba sendo descartado na natureza, sem nenhum tratamento para eliminação dos constituintes (SANGALLI, 2013).

Deve-se ressaltar que, após a lavra das rochas, o material bruto passa por uma etapa de beneficiamento, transformando-se em placas, ladrilhos e outros produtos para o consumo final da indústria da construção civil. A etapa de transformação pode ocasionar a perda de cerca de 30% da massa inicial, sem incluir nesta estimativa os rejeitos provenientes ainda da etapa de polimento. (NEVES, 2002; MENDONÇA, 2012)

Os resíduos de mármore e granito são uns dos materiais descartados pela indústria que já apresentam estudos realizados nesta área e mostram que estes resíduos de atividades do seu beneficiamento podem ser utilizados na construção civil como substituição ou incorporação, reduzindo impactos ambientais decorridos da produção, bem como a destinação do descarte deste material (SILVA, 2015).

Segundo Sangalli (2013) de um modo geral, a utilização destes resíduos vem crescendo em todo o mundo. Geralmente, a adição do fíler do mármore e granito proporciona concretos de melhor desempenho, tanto no estado fresco, relacionado á trabalhabilidade, como endurecido, relacionado á resistência.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização deste estudo foram utilizados os seguintes materiais: Resíduo da serragem do granito: o resíduo de granito utilizado na pesquisa foi proveniente da indústria GRANFUJI situada no distrito industrial de Campina Grande-PB; Cimento Portland CII F32: O cimento Portland foi obtido no comércio local do município de Pombal-PB, com massa específica de 2,91g/cm³ e finura de 2,84%; Agregado graúdo: Brita de origem granítica com módulo de finura de 6,19, diâmetro máximo de 6,33mm, massa específica do agregado seco de 2,63 g/cm³ e absorção de 0,66%; Agregado miúdo: areia quartzosa extraída do leito do Rio Paraíba, apresentando módulo de finura de 2,42, diâmetro máximo de 2,36mm, massa específica igual a 2,618g/cm³, massa unitária no estado solto igual a 1,429g/cm³ e teor de materiais pulverulentos de 0,07%; Água: a água utilizada é própria para consumo humano, fornecida pela Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba – CAGEPA. A Figura 1 ilustra o Fluxograma das etapas da pesquisa.

FIGURA 1: Fluxograma das etapas da pesquisa.

1ª Etapa	Coleta e caracterização das matérias-primas convencionais	
2ª Etapa	Caracterização do resíduo	<ul style="list-style-type: none">• EDX• DRX• DTA e TG
3ª Etapa	Estudo da dosagem e produção do concreto e moldagem dos corpos de prova nas dimensões 15cm x 30cm, conforme ABNT NBR 5738:2003, com teores de 10% e 15% de resíduo de granito.	
4ª Etapa	Determinação da resistência à compressão simples do concreto .	

FONTE: Dados da pesquisa (2017).

Este estudo foi realizado basicamente em quatro etapas, a saber: Na primeira etapa foi realizada a coleta e caracterização física dos agregados e do cimento; Na segunda etapa foi realizada a caracterização do resíduo para verificar suas propriedades químicas, físicas e mineralógicas, Na terceira etapa realizou-se a dosagem dos materiais, escolhendo a composição granulométrica e determinação da volumetria para obtenção do teor ótimo de resíduo de granito para produção do concreto. Por último, na quarta etapa, foi realizada a caracterização mecânica do concreto incorporado com resíduo de granito.

Dosagem dos materiais

Sobral (1980) apresenta como objetivo principal da dosagem do concreto, encontrar a mistura mais econômica para a obtenção de um concreto com características capazes de atender às condições de serviço, utilizando os materiais disponíveis.

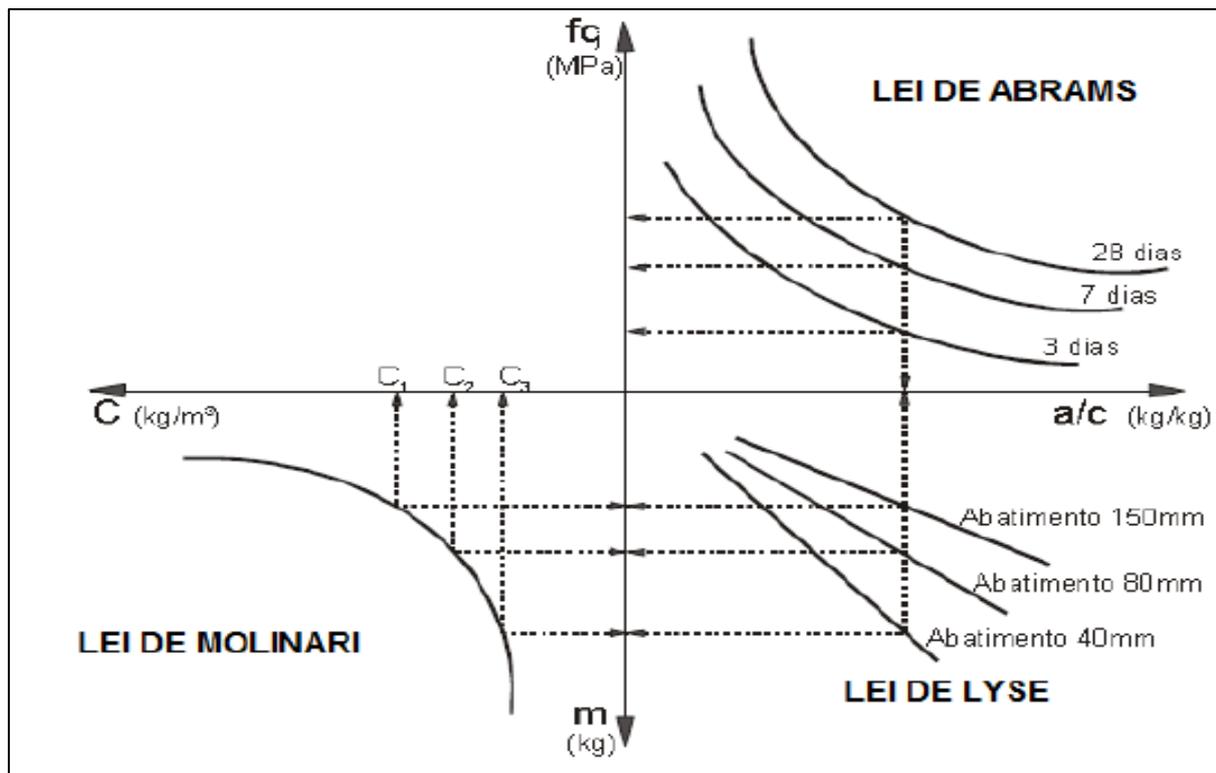
Nesta pesquisa, o estudo de dosagem se baseou, assim como as pesquisa realizada por Assunção (2002) e Chagas (2011), no proposto por Helene e Terzian (IPT/EPUSP,1994), apresentado no livro "Manual de Dosagem e controle de concreto".

O mesmo baseia-se em três traços auxiliares 1:3,5 ; 1:5,0 ; 1:6,5 para a produção do diagrama de dosagem, e a partir dele, obter o traço definitivo. Assunção (2002) define este método de dosagem "... a partir de 3 misturas produzidas com teores de agregado totais (m) diferentes para um mesmo teor de argamassa (a) e uma dada consistência, permite o estabelecimento de famílias de concreto com mesmas características de tal forma, que será facilitada a obtenção de qualquer traço para as faixas de resistência consideradas no diagrama de dosagem...

O diagrama permite a representação gráfica das leis de Abrams, Lyse e Molinari, permitindo ao usuário alguma flexibilidade na utilização de materiais inclusive aditivos". A resistência do concreto torna-se, então, um fator dependente da relação água/cimento, da proporção de materiais secos e do consumo de cimento por metro cúbico.

O diagrama de dosagem vem então com uma alternativa prática que relaciona as propriedades do concreto fresco com o concreto endurecido e com o consumo de cimento (Chagas, 2011). Figura 2 apresenta um esquema do diagrama de dosagem.

FIGURA 2: Diagrama de dosagem – Método IPT/EPUSP.



FONTE: Adaptado de Paulo Helene e Terzian (1993).

Moldagem dos corpos de prova de concreto

Utilizando o traço 1:5, foram moldados corpos de prova cilíndricos com substituição parcial do cimento por resíduo de granito nos seguintes percentuais: 10% e 15%, com dimensões de 15 cm x 30 cm.

Caracterização mecânica do concreto incorporado com Resíduo de Granito

Resistência à compressão simples

Para a caracterização mecânica do concreto foi realizado o ensaio de resistência à compressão simples, para determinação do f_{ck} , de acordo com a norma ABNT NBR 5739 (ABNT 2007) nas idades de 3, 7 e 28 dias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

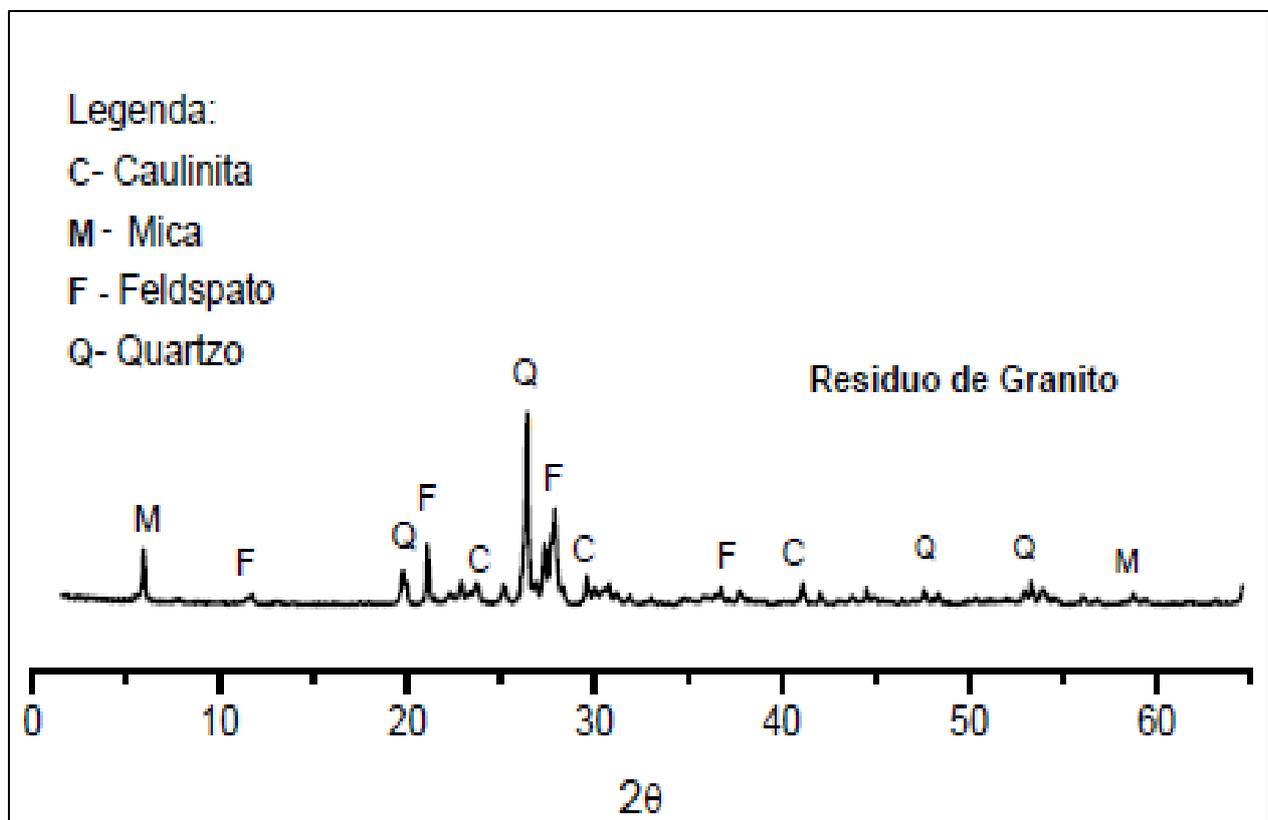
A Tabela 1 apresenta a composição química do resíduo de granito.

TABELA 1: Composição química do resíduo de granito.

	Determinações (%)									
ROP	PR	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	TiO ₂	Na ₂ O	Outros
Composição	1,09	61,80	16,50	4,99	2,08	5,08	4,63	0,43	2,92	0,48
PR = Perda ao Rubro										

Observa-se na Tabela 1 que o resíduo de granito é constituído basicamente de sílica (62%), Al₂O₃ (16%), CaO (5%) e Fe₂O₃ (5%), elevados teores de K₂O, Na₂O e MgO. Observa-se que o teor de sílica presente no resíduo favorece a melhoria das propriedades mecânicas do concreto. A Figura 3 ilustra o Difratoograma de raio-x do resíduo de granito.

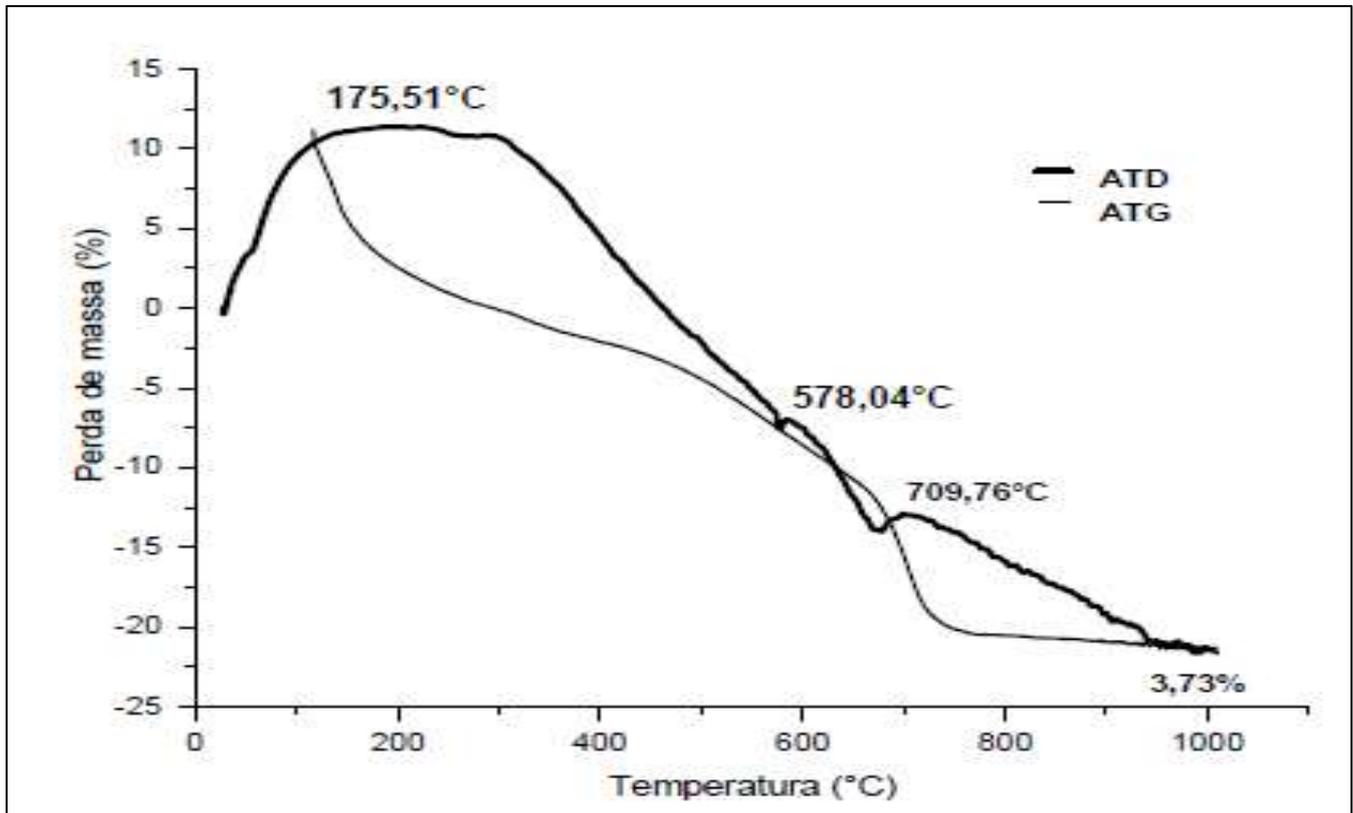
FIGURA 3: Difratoograma de raios x do resíduo de granito.



FONTE: Mendonça, (2016).

Observa-se na Figura 3, que as fases mineralógicas presentes no resíduo de granito foram: mica, feldspatos, quartzo, caulinita, fases típicas de rochas graníticas. Comparando os resultados encontrados com os obtidos por Mendonça (2012), observa-se que as fases mineralógicas presentes no resíduo de granito são semelhantes às indicadas na literatura. A Figura 4 ilustra as curvas de análises termodiferencial e termogravimétrica do resíduo de granito.

FIGURA 4: Análise termodiferencial e termogravimétrica do resíduo de granito.



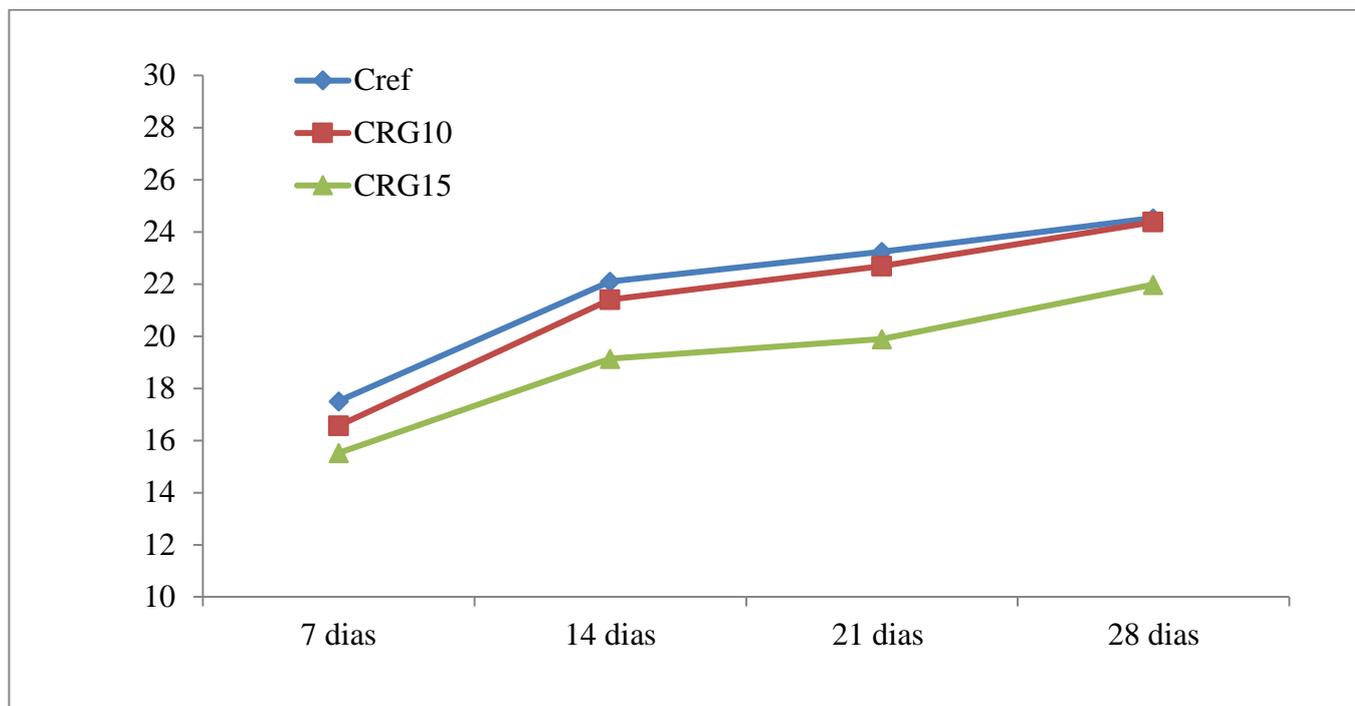
FONTE: Mendonça, (2016).

Observando a curva termodiferencial do resíduo de granito verifica-se a presença das seguintes transformações térmicas: pico exotérmico com máximo em 175,51°C correspondente à presença de água livre e adsorvida no material; pico endotérmico por volta de 578,04°C referente à transformação do quartzo α em quartzo β e pico exotérmico em 709,76°C relacionado à presença de hidroxilas da mica. Através da curva termogravimétrica, observa-se que a perda de massa total é de 3,78%, correspondente a perda de água livre e adsorvida e hidroxilas.

Determinação da resistência à compressão simples do concreto

A Figura 5 ilustra a evolução da resistência à compressão simples do concreto de referência (0%) e do concreto com teores de 10% e 15% de resíduo de granito.

FIGURA 5: Resistência do concreto de referência e do concreto com teores de 10% e 15% de resíduo de granito.



FONTE: Dados da pesquisa (2017).

De acordo com os resultados apresentados, verifica-se a substituição do cimento por resíduo de granito proporcionou a redução da resistência do concreto quando comparado aos resultados obtidos para o concreto de referência. Observou-se que os maiores percentuais de redução da resistência foram verificados para o teor de 15% de resíduo de granito em substituição ao cimento, evidenciando que quanto maior o teor de substituição menor será a resistência do concreto. Assim, pode-se inferir que houve falta de interação química entre o resíduo de granito e a pasta de cimento, ocasionando a redução da resistência mecânica do concreto. Para o teor de substituição de 10% verificou-se uma pequena redução da resistência, obtendo-se resultados de resistência muito próximos aos obtidos para o concreto de referência. No entanto, os valores obtidos satisfazem os parâmetros estabelecidos pela norma da ABNT NBR 5739 (ABNT 2007).

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos na pesquisa, observou-se que a resistência do concreto sofreu uma redução através da substituição parcial do cimento por resíduo de granito, em relação ao concreto de referência. Isso pode ter ocorrido pelo fato de que o resíduo de granito não reagiu quimicamente com a pasta de cimento.

O resíduo de granito possui sílica, que é um dos materiais utilizados nos concretos de alto desempenho, porém para ativá-la, é necessário que sofra um processo de tratamento térmico. Com isso, como o concreto não sofreu alterações térmicas suficientemente altas para tornar a sílica ativa, ela permanece quimicamente inerte, diminuindo a os parâmetros de resistência do mesmo. Já no processo de fabricação de peças cerâmicas, o material é submetido à elevadas temperaturas, com isso, a sílica é liberada, podendo aumentar a resistência da mesma.

REFERÊNCIAS

- [1] ALVES, M. S. (2008) Estudo das características e da viabilidade do uso de resíduos gerados no polimento de rochas graníticas como adição em concretos. Dissertação (Mestrado em construção civil), fls. 132, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG, 2008.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - Concreto - ensaio de compressão de corpos de prova cilíndrico NBR 5739. Rio de Janeiro, 2007.
- [3] ASSUNÇÃO, José Wilson. Curvas de dosagem para concretos convencionais e aditivos confeccionados com materiais da região nordeste do Paraná. Universidade Federal de santa Catarina. Florianópolis, 2002.
- [4] CAVALCANTI, D. J. H. Contribuição ao estudo de propriedades do concreto auto-adensável visando sua aplicação em elementos estruturais – Maceió, 2006.
- [5] CHAGAS, Rodrigo Mendes Patrício. Estudo do concreto laterítico dosado com aditivo plastificante à base de lignosulfonato. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2011.
- [6] DONAIRE, D. A internalização da gestão ambiental na empresa. Revista de Administração, v. 31, n. 01, p. 44-51, 1996.
- [7] HELENE, Paulo; TERZIAN, Paulo. Manual de dosagem e controle do concreto. Ed. PINI; São Paulo – SP, 1994.

- [8] LUCAS, D. ; BENATTI, Cláudia Telles . Utilização de resíduos industriais para a produção de artefatos cimentícios e argilosos empregados na construção civil, Revista em Agronegócios e Meio Ambiente, v. 1, n.3, p. 405-418, set./dez. 2008.
- [9] LUCENA, L. C. DE F. L. Verificação da influência do uso de resíduos industriais como filler em misturas asfálticas sob o efeito de presença d'água. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2009.
- [10] MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. 3ªed. São Paulo: IBRACON, 2008.
- [11] MENDONÇA, A. M. G.D. Expansão por Umidade (EPU) em peças cerâmicas obtidas com massas cerâmicas alternativas contendo resíduo de caulim e granito. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais), 108 fls, Universidade Federal de Campina Grande-PB, Campina Grande-PB, 2012.
- [12] NEVES, G. de A. Reciclagem de Resíduos da Serragem de Granitos para uso como Matéria-Prima Cerâmica. Tese (Doutorado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Processos. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2002.
- [13] SANGALLI, T. Resíduo proveniente do pó de mármore e granito. Anais do 55º Congresso Brasileiro do Concreto, Rio Grande do Sul, 2013.
- [14] SILVA, L. T. M. DE S. Utilização do resíduo de granito como substituição parcial do cimento na produção de concreto. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, Fortaleza - CE, 2015.
- [15] SOBRAL, Hernani Sávio. Dosagem Experimental dos Concretos. 3ª Ed. São Paulo: IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto, 1980.