



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

COMPORTAMENTO MECÂNICO DE ARGAMASSAS PRODUZIDAS COM RESÍDUO DE SERRAGEM DE PEDRA CARIRI¹

MERCÊS, Uiliana Márcia da Silva (1); MOURA, Washington Almeida (2)

(1) UEFS, e-mail: uilianamerceres@yahoo.com.br; (2) UEFS, e-mail: washington.moura@gmail.com

RESUMO

O esforço empreendido no sentido de promover a sustentabilidade do setor da construção civil, ainda não é proporcional à gravidade do problema ambiental provocado por este segmento da indústria. A busca de alternativas, como o uso de resíduos industriais como adições em concretos ou argamassas tem contribuído para diminuir o impacto ambiental gerado pela deposição irregular destes rejeitos. A indústria de beneficiamento de rochas ornamentais é um exemplo de impacto ambiental. Dentre as diversas rochas ornamentais que têm sido exploradas e beneficiadas consta o calcário laminado, conhecido como "Pedra Cariri", no Ceará. Somente na serragem das placas é gerado em torno de 850 toneladas/ano de Resíduo de Serragem de Pedra Cariri (RSPC). Neste artigo apresenta-se os resultados do estudo do uso do RSPC como substituição parcial de cimento na produção de argamassa. O traço definido para produção das argamassas foi de 1:3, em massa. Os teores de resíduo utilizados foram de 5% e 10%, em substituição ao cimento, em massa. A relação a/c foi de 0,48. A resistência à compressão e a absorção e índice de vazios foram determinados aos 28 dias. Com base nos resultados, pode-se concluir que o RSPC não possui atividade pozzolânica. As argamassas com RSPC apresentaram maior resistência à compressão do que a argamassa de referência (sem resíduo). A argamassa com 5% de RSPC apresentou absorção compatível com a de referência. Por outro lado, a argamassa com 10% de RSPC apresentou absorção 4% maior em relação à argamassa de referência.

Palavras-chave: ENTAC2016. Argamassa. Resíduo de pedra Cariri.

ABSTRACT

The effort to promote sustainability in the construction sector is still not commensurate with the seriousness of the environmental problem caused by this industry segment. The search for alternatives to the use of industrial waste as additions in concrete or mortar has contributed to reduce the environmental impact caused by uneven deposition of tailings. The ornamental stone processing industry is an example of environmental impact. Among the many ornamental stones that have been exploited and benefited shown the laminated limestone known as "Cariri Stone", in Ceará. Only in the sawdust of the plates is generated around 850 tons / year of Sawdust Residue Cariri Stone (RSPC). The RSPC was characterized, including on the pozzolanic activity. The feature set for the production of mortars was 1: 3 by weight. residue levels used were 5 and 10%, replacing the cement mass. The w / c ratio was 0.48. The compressive strength and absorption and void ratio were determined after 28 days. Based on the results, one can conclude that the RSPC has no pozzolanic activity. All mortars RSPC showed greater resistance to compression in relation to the reference mortar.

¹ MERCÊS, Uiliana Márcia da Silva; MOURA, Washington Almeida. Comportamento mecânico de argamassas produzidas com resíduo de serragem de pedra Cariri. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

Keywords: ENTAC2016. Mortar. Cariri Stone Sawing Dust.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção provoca efeitos negativos no ambiente, devido ao alto consumo de energia, emissão de gases poluentes, consumo de água e geração de resíduos. Por outro lado, possui um alto potencial em absorver resíduos nos produtos que utiliza, contribuindo para um desenvolvimento mais sustentável. Tem se buscado algumas tentativas de melhorar a sustentabilidade deste setor, a exemplo do uso de resíduos industriais como adições em concretos ou argamassas. Dentre os resíduos que vêm sendo estudados, estão os do processo de beneficiamento de rochas ornamentais. Estes resíduos vêm sendo estudados na produção de peças pré-moldadas (MOURA *et al.*, 2009), concreto (GONÇALVES, 2000; ELMOATY, 2013; BACARJI *et al.*, 2013), argamassas (CRUZ *et al.*, 2003; SOARES, 2014), em concreto autoadensável (CALMON *et al.*, 2005; YAHIA, 2005; SCHUTTER, 2011) entre outros trabalhos. Alguns destes estudos demonstraram a viabilidade técnica da utilização de resíduo de rochas ornamentais como substituição parcial do cimento, tanto para produção de concreto, como argamassa.

Vale salientar que o Brasil é um dos maiores produtores de rochas ornamentais do mundo, sendo o sétimo exportadorno cenário mundial. O Estado do Espírito Santo é o maior produtor de rochas ornamentais no Brasil, e o estado do Ceará é também um dos destaques neste cenário. No primeiro semestre de 2015, foram exportadas 11.288,72 toneladas de rochas carbonáticas no Brasil, segundo a ABIROCHAS (2015). O Ceará foi o terceiro estado brasileiro em exportação, segundo o Sindicato das Indústrias de Mármore e Granitos do Estado do Ceará (Simagran-Ce), conforme publicação do Serviço Geológico do Brasil (CPRM).

No estado do Ceará, é explorado um calcário laminado conhecido como "Pedra Cariri", por ser originário da região do Cariri, sendo a principal atividade econômica dos municípios de Santana do Cariri e Nova Olinda. É um tipo de rocha sedimentar que se apresenta em camadas estratificadas de calcário amarelado, amarronzado ou cinza-azulado, intercaladas com camadas de materiais argilosos, composto basicamente de carbonato de cálcio, utilizado, principalmente, como revestimento em pisos e paredes. Estima-se reservas de cerca de 97 milhões m³, equivalendo a 241 milhões de toneladas deste calcário (CORREIA *et al.*, 2005). Na exploração e beneficiamento da Pedra Cariri ocorre uma grande perda deste material, cerca de 70%, gerando uma grande quantidade de resíduos que já acumulou cerca de três milhões de toneladas (VIDAL *et al.*, 2007). Este alto índice se deve às técnicas inadequadas de exploração, que se inicia com a retirada de uma camada composta pela cobertura do solo, camadas argilosas e do calcário que sofreram intempéries. O resíduo, também, é gerado durante a extração da lajota, que pode ser manual ou semi-mecânica, e durante a etapa de esquadreamento das placas, processo bastante rudimentar.

Também no processo de beneficiamento das lajotas, através da serragem da pedra Cariri, é gerado um grande volume de resíduo, conforme é descrito por Moura *et al.* (2013). Nesta etapa o resíduo apresenta um aspecto de lama, conforme mostrado na Figura 1. Trata-se do resíduo de serragem de Pedra Cariri (RSPC). Estima-se que o volume de RSPC gerado é em torno de 850 toneladas/ano (BASTOS, 2014).

Figura 1 – Aspecto da deposição do resíduo de serragem de pedra Cariri



Fonte: Bastos (2014)

Segundo Silva (2008), a exploração dos laminados calcários nesta região causa o assoreamento de riachos, mudanças no pH das águas da região, aumento da erosão e destruição do patrimônio fossilífero.

O resíduo gerado é disposto em aterros irregulares. Há relatos de que já se foi utilizado na melhoria de estradas, em períodos chuvosos, e na fabricação de cimento por uma indústria de cimento localizada na cidade de Barbalha (SILVA, 2008). Algumas pesquisas foram realizadas afim de viabilizar o uso deste resíduo como adição mineral para produzir argamassa por SILVA (2008), blocos cerâmicos por MENEZES *et al.* (2010), placas cerâmicas para revestimento por SUASSUNA *et al.* (2012), pastas por GUIMARÃES *et al.* (2013) e concretos convencionais por BASTOS (2014).

No seu estudo Bastos (2014) avaliou a viabilidade do uso de RSPC, como substituição parcial do cimento, na produção de concretos convencionais. A influência do resíduo foi avaliada através das propriedades mecânicas (resistência à compressão axial e diametral) e parâmetros de durabilidade (absorção por imersão e por sucção capilar) dos concretos. Foram produzidos concretos com relação a/c de 0,45; 0,55; 0,65. O autor concluiu, considerando os resultados nas propriedades avaliadas, que não é tecnicamente viável a utilização do RSPC como substituição parcial do cimento para produção de concreto.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar a possibilidade da utilização do resíduo de serragem de pedra Cariri (RSPC) como substituição parcial do cimento Portland na produção de argamassas.

2 ESTUDO EXPERIMENTAL

Os ensaios deste estudo foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Estadual de Feira de Santana.

2.1 Materiais

Os materiais utilizado no estudo foram: cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V ARI), areia normal e areia quartzosa do município de Alagoinhas, estado da Bahia.

O cimento, cuja massa específica foi de 3,05 kg/dm³, atendeu às especificações da norma brasileira.

Foi utilizada areia normal, para determinação da pozolanicidade do resíduo conforme a NBR 7214 (2012), e avaliação da resistência à compressão das argamassas.

Para o ensaio de absorção, índice de vazios e massa específica foi utilizada uma areia natural quartzosa, oriunda da cidade de Alagoinhas-Ba, cujas características estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Características do agregado miúdo natural

Ensaio		Agregado miúdo natural
Dimensão máxima característica NBR NM 248 (ABNT, 2003)		1,2 mm
Módulo de finura – NBR NM 248 (ABNT, 2003)		1,77
Absorção de água – NBR NM 30 (ABNT, 2001)		0,10%
Massa específica NBR 52 (ABNT, 1982)	Aparente (kg/dm ³)	2,61
	S.S.S. (kg/dm ³)	2,62
	Agregado Seco (kg/dm ³)	2,62
Massa unitária – NBR 7251 (ABNT, 1982)		1,60
Inchamento – NBR 6467 (ABNT, 2003)	Coefficiente de inchamento médio	1,30
	Umidade crítica (%)	1,50%
Material pulverulento – NBR NM 46 (ABNT, 2003)		2,10%
Impurezas orgânicas – NBR NM 49 (ABNT, 2001)		Mais clara
Torrões de argila – NBR 7218 (ABNT, 1987)		0,00%

Fonte: Os autores

O RSPC utilizado neste trabalho foi da mesma amostra coletada por Bastos (2014). O resíduo passou por um processo de beneficiamento que constou de duas etapas: secagem e destorroamento. No processo de secagem, inicialmente, o RSPC foi exposto ao ar durante 48 horas e, posteriormente levado à estufa com temperatura de 110°C por mais 24 horas. A Figura 2 mostra o aspecto do RSPC, após a secagem ao ar, o qual apresentava grandes torrões.

Figura 2 – Aspecto do RSPC após a secagem



Fonte: Os autores

Assim, após a secagem, o RSPC passou por um britador de mandíbulas, ilustrado na Figura 3a, com o objetivo de reduzir o tamanho dos torrões. Em seguida o RSPC foi peneirado na malha 4.8mm. O RSPC passante foi destorroado em um moinho de bolas horizontal CT 242 Servitech, que conferiu ao resíduo o aspecto desejável para a utilização como adição em argamassas e concretos. O tempo de destorroamento foi de 2 minutos, o mesmo adotado por Bastos (2014). Utilizou-se 700g de corpos moedores e a mesma quantidade de resíduo, para se obter uma melhor homogeneização do material. A Figura 3b mostra o equipamento utilizado no processo de moagem e a Figura 3c, o aspecto do RSPC após este processo.

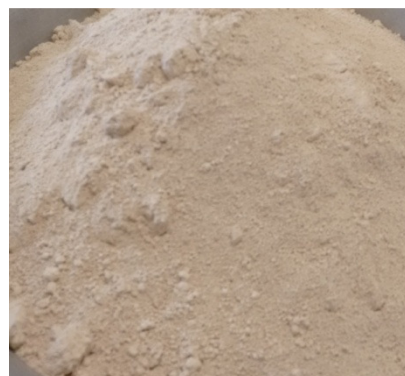
Figura 3 – Equipamentos e RSPC: (a) Britador de mandíbulas; (b) Moinho de bolas horizontal; (c) aspecto do RSPC após a moagem



(a)



(b)



(c)

Fonte: Os autores

Em relação à composição química, de acordo com Bastos (2014), o RSPC é constituído por mais de 95% de óxido de cálcio (CaO), possuindo uma estrutura bastante cristalina correspondente à calcita.

2.2 Determinação da pozolanicidade do resíduo de serragem de pedra Cariri (RSPC)

A determinação da pozolanicidade do RSPC foi realizada com o cimento Portland, conforme procedimentos estabelecidos pela NBR 5752 (2014).

O material utilizado foi o destorroado no moinho de bolas. A Figura 4 mostra o aspecto do RSPC utilizado.

Figura 4 – Aspecto do RSPC utilizado



Fonte: Os autores

Para a relação água/aglomerante (a/agl) fixada (0,48), os índices de consistência foram de 178mm para a argamassa de referência (REF) e 176mm para a argamassa com 25% de RSPC (ARSPC25), não sendo necessário o uso de aditivo superplastificante. A mistura dos materiais, moldagem e cura dos corpos de prova foram de acordo com a NBR 7215 (1997). Foram moldados cinco corpos-de-prova cilíndricos de 50mm x 100mm

tanto para a argamassa REF quanto para a argamassa ARSPC25, para a avaliação da resistência à compressão aos 28 dias, conforme a NBR 7215.

2.3 Produção de argamassa com RSPC

Afim de avaliar a influência do RSPC na produção de argamassa foram produzidas misturas de referência (sem resíduo) e com substituição parcial do cimento pelo RSPC, nos teores de 5% e 10%, em massa. O traço da argamassa foi 1:3 (aglomerante:areia) e a relação a/agl foi de 0,48. A mistura dos materiais, moldagem e cura dos corpos de prova foram de acordo com a NBR 7215 (ABNT,1997) . Foram moldados seis corpos de prova com dimensão 50mm x100mm para cada mistura, para realização do ensaio de resistência à compressão aos 28 dias e quatro corpos de prova cilíndricos 50mm x100mm, para cada mistura, para o ensaio de absorção, índice de vazios e massa específica, conforme a NBR 9778 (ABNT, 2009).

3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1 Avaliação da pozolanicidade do RSPC

Os resultados do ensaio de determinação do índice de pozolanicidade com o cimento Portland estão expressos na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultado do índice de atividade pozolânica

Mistura	Índice de consistência (mm)	Resistência média (MPa)	I _{cimento} (%)
REF	178	31,3	-
ARSPC25%	176	27,1	86

Fonte: Os autores

O índice de atividade pozolânica do RSPC foi de 86%, portanto inferior ao estabelecido pela NBR 12653 (2014), que deve ser de no mínimo de 90%. Logo, o resíduo avaliado não pode ser classificado como material pozolânico. A amostra de RSPC estudada por Moura *et al.* (2013) apresentou um índice de pozolanicidade de 56%, não sendo considerado pozolânico, também.

3.2 Resistência à compressão axial

Os resultados do ensaio de resistência à compressão aos 28 dias das argamassas referência e com substituição parcial do cimento nos teores de 5%, 10% estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados do ensaio de resistência à compressão axial

Mistura	a/agl	f _c aos 28 dias (MPa)	f _c média (MPa)	Des. máx (%)
REF	0,48	32,2	31,3	5,9
		29,5		
		30,8		
		32,0		
		32,1		
		29,0*		
ARSPC5	0,48	32,3	33,4	5,0
		24,2*		
		32,2		
		33,0		
		34,4		
		35,1		
ARSPC10	0,48	32,5	33,3	4,4
		32,8		
		34,6		
		33,1		
		34,6		
		31,8		

a/agl - relação água/aglomerante; f_c média- resistência à compressão média; Des. Máx. – desvio relativo máximo; *valor discrepante desconsiderado

Fonte: Os autores

Os resultados de resistência à compressão foram avaliados estatisticamente, com base na análise de variância. Os resultados da ANOVA estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Análise de variância do efeito da adição do RSPC sobre a resistência à compressão

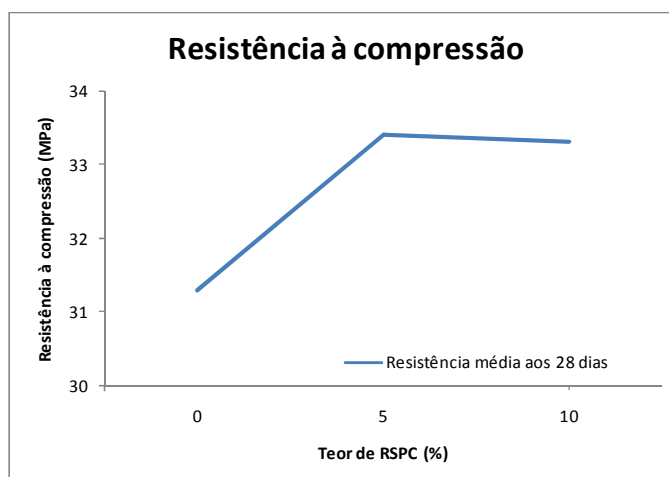
Fator	GDL	MQ	F _{cal}	F _{0,05}	Significância
Teor de RSPC	3	56,70	14,915	3,239	S
ERRO	16	3,80			

Nota: GDL- Grau de liberdade; MQ - Média Quadrada; F_{cal} - Valor calculado de F; F_{0,05} - Valor de F para o nível de significância de 5%; S – Significativo

Fonte: Os autores

Como se pode observar, os resultados de ANOVA indicaram que a adição de RSPC influencia significativamente na resistência à compressão das argamassas. Na Figura 5 está apresentado o gráfico de comportamento das argamassas quanto à resistência à compressão.

Figura 5 – Resistência à compressão das argamassas produzidas



Fonte: Os autores

Pode-se observar que as argamassas com RSPC apresentaram maiores resistência à compressão do que a argamassa de referência, para todos os teores estudados. A utilização de 10% de RSPC, em substituição ao cimento proporcionou um aumento de cerca de 7% na resistência à compressão, em relação à argamassa de referência.

Silva *et al.* (2008) estudaram a substituição parcial do cimento por RSPC, cujo diâmetro médio foi de 48 μ m. O traço utilizado para a argamassa foi de 1:3 com fator água/cimento igual a 0,60. Os autores realizaram a substituição do cimento pelo RSPC nos teores de 5%, 10%, 15%, 20% e 25%, em relação à massa do cimento. Observaram que houve redução significativa na resistência à compressão das argamassas com RSPC, para todos os teores estudados, em relação à mistura de referência.

De acordo com Yahia *et al.* (2005), o uso de fíleres em argamassa reduz a fricção entre as partículas assegurando um melhor empacotamento do sistema, preenchendo os vazios e diminuindo a porosidade e consequente aumento na resistência. Logo, considerando que RSPC não possui atividade pozolânica nem cimentante e o diâmetro médio das suas partículas é 6,54 μ m, a influência nos resultados de resistência se deu devido ao efeito fíler.

3.3 Absorção de água, índice de vazios e massa específica

Na Tabela 6 são mostrados os resultados obtidos para o ensaio de absorção de água, índice de vazios das argamassas produzidas.

Tabela 6 – Resultados do ensaio de absorção de água, índice de vazios das argamassas

Mistura	a/agl	Absorção (%)	Absorção média (%)	Sd (%)	C.V. (%)	Índice de vazios (%)	lv médio (%)	Sd (%)	C.V. (%)
REF	0,48	8,54	8,63	0,100	1	15,47	14,99	0,56	4
		8,57				14,58			
		8,65				15,48			
		8,77				14,45			
ARSPC5	0,48	8,76	8,68	0,090	1	15,95	15,21	0,58	4
		8,70				15,64			
		8,67				15,70			
		8,73				14,64			
ARSPC10	0,48	8,85	9,01	0,180	2	14,62	15,38	0,61	4
		8,89				15,46			
		9,09				16,18			
		8,94				14,98			

Fonte: Os autores

Foi avaliada, através da análise de variância, a influência do teor de RSPC nos resultados de absorção. Os resultados da ANOVA estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Análise de variância do efeito da adição do RSPC sobre a absorção de água

Fator	GDL	MQ	F _{cal}	F _{0,05}	Significância
Teor de RSPC	2	0,103	13,4	4,256	S
ERRO	9	0,008			

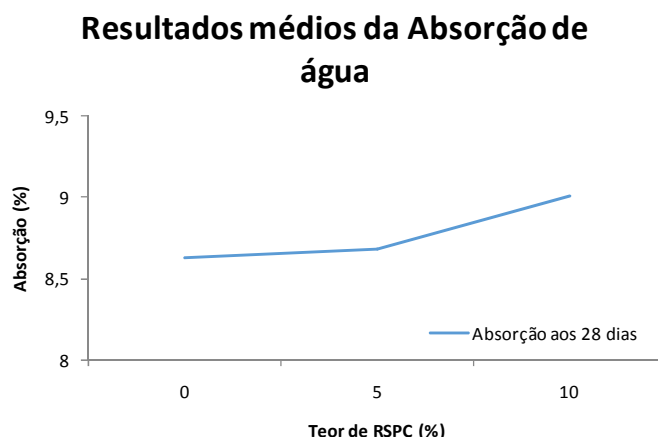
Nota: GDL- Grau de liberdade; MQ - Média Quadrada; F_{cal} - Valor calculado de F; F_{0,05} - Valor de F para o nível de significância de 5%; S – Significativo

Fonte: Os autores

Observa-se que o teor de RSPC interfere significativamente nos resultados de absorção de água das argamassas.

A Figura 6 mostra o gráfico de comportamento, quanto à absorção, das argamassas produzidas.

Figura 6 – Absorção de água das argamassas produzidas



Fonte: Os autores

Verifica-se que a absorção de água das argamassas com 5% de RSPC foi semelhante à absorção da argamassa referência. Para as argamassas com 10% de RSPC ocorreu um aumento de 4,4% na absorção de água, em relação à absorção da argamassa de referência. Considerando que o aumento máximo na absorção foi de apenas 4,4%, para as argamassas com RSPC, pode-se considerar que o comportamento foi semelhante aos observado por Bastos (2014). O referido autor avaliou a influência da substituição de cimento por RSPC na produção de concreto, observou que os concretos com 10% e 20% de RSPC apresentaram resultados de absorção por imersão semelhante aos concretos de referência, para todas as relações água/aglomerante estudadas. O autor atribui este comportamento ao efeito filer proporcionado pelo resíduo.

4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que o RSPC não possui atividade pozolânica, de acordo com a NBR 12653.

A utilização de RSPC como substituição do cimento, nos teores de 5% e 10%, contribuiu para o aumento da resistência à compressão das argamassas produzidas.

A argamassa com 5% de RSPC em substituição ao cimento apresentou absorção por imersão semelhante à absorção da argamassa de referência (sem resíduo). Por outro lado, a argamassa com 10% de RSPC apresentou absorção 4,4% superior à absorção da argamassa de referência.

A utilização do RSPC como substituição parcial do cimento pode ser considerada, portanto, uma alternativa sustentável para a produção de argamassas.

Com base nos resultados das propriedades avaliadas conclui-se que: dentre os teores de RSPC estudados como substituição do cimento em argamassas,

o teor de 10% é o mais viável, considerando ainda as vantagens econômicas e ambientais.

REFERÊNCIAS

ABIROCHAS (**Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais**). Cenário Mundial do Setor de Rochas Ornamentais. São Paulo, SP. 2015. Disponível em: <http://www.ivolution.com.br/mais/fotos/6/18/3573/Exporta_Importa_09_2015.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 23: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica**. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR 5752**: Materiais pozolânicos- Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 7214**: Areia normal para ensaio de cimento - Especificação. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 7215**: Cimento Portland – Determinação da Resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 9778**: Argamassa e Concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 12653**: Materiais pozolânicos- Requisitos. Rio de Janeiro, 2014.

BACARJI, E. *et al.* **Sustainability perspective of marble and granite residues as concrete**. *Construction and Building Materials*, 45, p. 1-10. Abril, 2013.

BASTOS, A. J. O. **Avaliação do uso de resíduo de serragem de Pedra Cariri (RSPC) para produção de concretos convencionais**. 89 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2014.

CALMON, J. L., MORATTI, M., MORAES S., CENCI D., **Self-compacting concrete using marble and granite sawing wastes as filler**. *World Sustainable Building Conference*, Tokyo, 2005.

CORREIA, J. C. G.; VIDAL, F. W. H.; RIBEIRO, R. C. C. **Caracterização tecnológica dos calcários do Cariri do Ceará**. In: *Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste*, 5, Recife, 2005.

CPRM (**Serviço Geológico do Brasil**). Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=3587&sid=48>. Acesso em: 20 nov. 2015.

CRUZ, D. F. M. da. *et al.* **Estudo das propriedades mecânicas de argamassas produzidas utilizando-se resíduo do corte de mármore e granito**. VI Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil. São Paulo. IBRACON (Instituto Brasileiro do Concreto) – CT 206 – Meio Ambiente, 2003.

ELMOATY, A. E. M. A. Mechanical properties and corrosion resistance of concrete modified with granite dust. **Construction and Building Materials**, 47, p. 743-752, Junho. 2013.

GONÇALVES, J. P. **Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para produção de concretos**. 135 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

Guimarães, C. C.; Moura, W. A. **Avaliação da alcalinidade em pastas de cimento Portland onde o aglomerante é substituído por sílica ativa e Resíduo de Serragem de Pedra Cariri**. Encontro Nacional Sobre Reaproveitamento de Resíduos na Construção Civil, 3. São Leopoldo, 2013.

MENEZES, R. R. *et al.* **Reciclagem do resíduo de serragem de calcário laminado para produção de blocos cerâmicos**. Revista Escola de Minas, 63(4), p. 667-672, Out/Dez. 2010.

MOURA, W. A.; LIMA, M. B. L.; NOGUEIRA, J. L. C.; MORRATI, M. Resíduos de serragem de rochas ornamentais para produção de peças pré-moldadas. **Tecnologias construtivas inovadoras e gestão da cadeia produtiva**. Barboza, A. da S. R.; Savastano, H. Porto Alegre, ANTAC, 2009.

MOURA, W. A.; LEITE, M. B.; BASTOS, A. J. O. **Avaliação do uso de resíduo de serragem de pedra Cariri (RSPC) para produção de concretos convencionais**. Ambiente Construído, v. 13, n. 1, p. 7-24, Jan/Mar. 2013.

SCHUTTER, G. de. **Effect of limestone filler as mineral addition in self-compacting concrete**. In: Conference on Our World in Concrete & Structures, 36. Singapore, 2011.

SILVA, A. D. A. da. **Aproveitamento de rejeito de calcário do Cariri Cearense na formulação de argamassa**. 2008. 79f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

SILVA, A. D. A.; ROLIM, J. L. F.; SOUZA, J. C.; BARROS, M. L. S. C.; LIRA, B. B. **Aproveitamento de rejeito de calcário do Cariri cearense na formulação de argamassa**. Estudos Geológicos v. 18 (1), 2008.

SOARES, R. B. **Contribuição ao estudo de concretos produzidos com a incorporação de resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais**. 2014. 163p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

SUASSUNA, P. M.; BRASILEIRO, M. I.; PRADO, A. C. de A. **Reaproveitamento do rejeito da extração e beneficiamento da pedra Cariri em massas cerâmicas**. Encontro Universitário da UFC no Cariri, n. 4, Juazeiro do Norte, Ceará, 2012.

VIDAL, F. W. H.; FERNANDES, T. W. G.; PEQUENO, D. A. C. **Inovação Tecnológica para Valorização da Pedra Cariri - CE**. In: Congresso Brasileiro de Rochas Ornamentais, 3, Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, 6. Natal, 2007.

YAHIA, A.; TANIMURA, M.; SHIMOYAMA, Y. **Rheological properties of highly flowable mortar containing limestone filler-effect of powder content and w/c ration.** Cement and Concrete Research, n. 35, p. 532-539, 2005.