

Análise da Viabilidade Técnica da Utilização de Agregados Reciclados de Granito em Concretos Estruturais

Bruna T. R. Dorneles ^a, Joni D. Carlinski ^b, Amanda D. Pazzini ^c, Bóris C. Sokolovicz ^d

^a Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Santo Ângelo, Brasil.

^b Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Santo Ângelo, Brasil.

^c Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Santo Ângelo, Brasil.

^d Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Santo Ângelo, Brasil.

e-mails: bru_taciana@hotmail.com, jonidarlei@hotmail.com, amanda.pazzini@yahoo.com.br, boriscs@san.uri.br

Resumo

A indústria de beneficiamento de granito gera grande quantidade de rejeitos. Esse rejeito é um material não biodegradável que quando descartado polui e degrada o meio ambiente. Dessa forma este trabalho tem por objetivo avaliar e caracterizar as possibilidades de utilização dos rejeitos de granito de uma indústria de Guarani das Missões, para obter um traço de concreto, utilizando este resíduo como substituto parcial dos agregados do concreto, respeitando normas vigentes, visando que a adição do produto não comprometa o resultado final, analisando a resistência à compressão. Foram determinadas substituições do agregado convencional basáltico por agregado reciclado de granito nas proporções em massa de 50% e 100%, após isso foi definido o traço. Com o traço de referência devidamente definido, foram moldados corpos de prova com dimensões de 100mm por 200mm, com fator a/c de 0,48, com tempos de cura de 7 e 28 dias. Com os resultados à compressão obtidos, não se verificou diferenças significativas, apenas verificou-se que o teor de 50% de substituição por agregado reciclado de granito obteve a maior resistência chegando a 45,66Mpa.

Palavras-chaves: Agregados do concreto, Rejeitos de granito.

1. Introdução

A minimização dos impactos ambientais tem nos mobilizado, na busca de conceitos sustentáveis. A sustentabilidade pode ser definida como sendo aquele desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem suas próprias necessidades. A indústria da construção civil e, em particular, indústria concreteira, parece encontrar-se ainda em um estágio inicial de sustentabilidade.

O processo de produção do concreto é um dos maiores consumidores de matéria-prima virgem, como pedra, areia, água fresca e cascalho moído, gerando um significativo impacto ambiental. No entanto, reside na produção do cimento Portland, ingrediente indispensável ao concreto, sendo o maior impacto.

Segundo Santos (2013), o cimento Portland, cujo consumo aproxima-se a 2 bilhões de toneladas por ano, sozinho, gera grande volume de extrações de rochas e movimentação de terra. Além disso, sua produção corresponde a 7% da emissão de CO₂ na atmosfera, o que contribui diretamente para o aquecimento global e o efeito estufa.

Sabe-se que o concreto e também o cimento tem capacidade de absorver, como forma de material constituinte, uma série de resíduos provindos da indústria e da agricultura, que podem colaborar diretamente para a recuperação e minimização do impacto ambiental de outros segmentos

da produção e, indiretamente, poder proporcionar uma redução de poluição gerada com seu próprio processo produtivo.

Os resíduos oriundos de demolições ou rejeitos britados podem ser utilizados como agregado graúdo, reduzindo a necessidade de extração e britagem de novas rochas. Uso de pó-de-pedra, borracha de pneu e até areia de politereftalato de etileno, já se mostram viáveis para produção de alguns concretos, reduzindo a extração de areias de rios e dunas.

Levando em consideração a grande quantidade de resíduo gerada e tentando contribuir para o desenvolvimento sustentável, o aproveitamento de resíduo de corte de mármore e granito na construção civil, alguns pesquisadores vêm estudando na produção de argamassas (CALMON et al., 1997), tijolos cerâmicos (NEVES et al., 1999) e peças cerâmicas (LIMA FILHO et al., 2000 - b).

Conforme coloca Gonçalves (2000), o resíduo de corte de mármore e granito é classificado como um resíduo não inerte (classe II-a, conforme a nova classificação da NBR 10004 – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004).

Comercialmente, as rochas ornamentais e de revestimento são classificadas como granitos e mármore, e correspondem a 90% da produção mundial (PEITER et al, 2001). Apesar de representar grande potencial econômico, a indústria de rochas ornamentais gera por ano toneladas de resíduos que são descartados no meio ambiente ou depositados em aterros de maneira irregular que, segundo OLIVEIRA (2010), se transforma em um grave problema urbano.

A utilização de resíduos além de ser uma alternativa econômica é ecologicamente viável já que proporciona um destino definitivo para os resíduos oriundos não só da construção civil, como também de indústrias de mineração, por exemplo, extração de mármore e granito. Durante o beneficiamento das rochas naturais, 25% a 30% são transformados em pó e rejeitos, sendo que no Brasil, estima-se que sejam geradas 240.000 toneladas/ano de resíduos destas rochas. Sem um direcionamento correto, este rejeito é depositado em locais totalmente inapropriados, gerando graves impactos ambientais (MOURA et al., 2002).

Equacionar o acelerado desenvolvimento do setor, com seu impacto no meio ambiente é uma prioridade. Dessa forma a reciclagem do rejeito de granito é uma alternativa que pode lhe agregar valor, gerando renda e reduzindo o impacto ambiental.

Dentro deste cenário, este trabalho insere-se dentro de uma linha de pesquisa de reaproveitamento de resíduos em concretos. Para tal, busca-se avaliar as possibilidades de utilização dos resíduos provenientes do corte de rochas ornamentais na fabricação de concretos estruturais. Esta alternativa para a destinação do ARG vem ao encontro da crescente preocupação com o meio ambiente.

2. Metodologia

A pesquisa tem por objetivo comparar um concreto convencional com utilização de basalto por um concreto modificado com substituição de 50% e 100% do basalto por agregado reciclado de granito, através de dosagem experimental em laboratório, assim como realizar ensaios de caracterização química e física dos materiais.

Para isso foram confeccionados concretos com diferentes traços, utilizando o cimento Portland CP V-ARI, o agregado miúdo como areia média proveniente das jazidas localizadas em Santa

Maria, o agregado graúdo convencional a brita 1 e agregado graúdo reciclado o granito, para chegar a uma resistência característica de 25 MPa, utilizando um fator a/c de 0,48.

Foram avaliadas as propriedades de resistência mecânica à compressão axial, nas idades de cura de 7 e 28 dias, e ainda o ensaio de absorção de água por capilaridade aos 7 dias de cura, para assim poder demonstrar o desempenho do concreto desenvolvido neste trabalho.

2.1 Cimento

Foi utilizado o cimento Portland do tipo CP V-ARI, justamente por ser o cimento comercial mais puro, com o objetivo de não influenciar o resultado, sendo utilizado da marca CAUÊ, sem função de ser um cimento facilmente encontrado na região central e noroeste do estado.

2.2 Agregado Miúdo

Foi utilizado como agregado miúdo areia média, provenientes das jazidas localizadas no município de Santa Maria/RS.

2.3 Agregado Graúdo Convencional

Foi utilizada brita de número 1 originária de pedra basáltica das jazidas do município de Santo Ângelo, RS.

2.4 Agregado Graúdo Reciclado de Granito

O agregado graúdo reciclado de granito, utilizado na pesquisa foi proveniente do processo de britagem de rejeitos de granito, de uma serraria localizada na cidade de Guarani das Missões, esse processo foi realizado no Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Campus Santo Ângelo, o processo de britagem deu-se primeiramente através da passagem dos rejeitos de granito por um britador de mandíbula, sendo que de um total de 150 kg de material original, foi britado e separado em três faixas granulométricas. O agregado reciclado de granito foi submetido ao ensaio de Composição Granulométrica – NBR 7217/ NM 248-2003. E a primeira camada britada também foi submetida ao ensaio de Determinação Do Teor De Material Pulverulento. (NBR7219/ NM 46: 2003). Na figura 1, apresenta os rejeitos de granitos utilizados na pesquisa.



Figura 1– Rejeitos de granito utilizados como matéria prima do AGRGR.

Fonte: Elaboração do autor (2017).

2.5 Água

A água de amassamento que foi utilizada é a que abastece o Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, proveniente de um poço artesiano localizado no campus da universidade no município de Santo Ângelo, RS.

2.6 Dosagem

Durante a realização da pesquisa o método de dosagem adotado é o procedimento proposto pela ABCP, com resistência de 25Mpa aos 28 dias, e o traço utilizado foi o “intermediário” de 1:5 e o teor de argamassa de 51%.

De acordo com essas informações foi calculada a quantidade de material necessária para a fabricação de cada traço, os mesmos foram pesados e separados. Os traços T50 e T100 foram executados fazendo à substituição dos agregados graúdos em relação ao REF conforme descrito na tabela 1.

Tabela 1 – Consumo de materiais por traço.

TRAÇO	Cimento Portland CP V – ARI	Areia Industrial	Brita 1	Granito	Água (a/c = 0,48)
REF	5,01 kg	10,29 kg	14,7 kg	-	2,4 kg
T50	5,01 kg	10,29 kg	7,35 kg	7,35 kg	2,4 kg
T100	5,01 kg	10,29 kg	-	14,7 kg	2,4 kg

Fonte: Elaboração do autor (2018).

Sendo REF a referência, T50 contém uma substituição de 50% da brita 1 por agregado reciclado de granito e T100 contém uma substituição de 100% da brita 1 por agregado reciclado de granito.

2.7 Moldagem dos Corpos de Prova

Os materiais foram misturados em betoneira, seguindo a norma NBR 5738 – 2003 Procedimento para Moldagem e Cura de Corpos de Prova. Foram confeccionados 6 corpos de prova para cada traço, com dimensões as de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, sendo 2 para o ensaio de absorção por capilaridade na idade de 7 dias, 2 para ser rompido na idade de 7 dias e 2 para ser rompido na idade de 28 dias, totalizando 18 corpos de prova. Foi necessária a utilização de vibração para moldagem dos corpos de prova, devido a baixa densidade do concreto, como podemos ver na tabela 2 o slump test. A Tabela 2 apresenta os valores do *Slump Flow Test* para todos os traços.

Tabela 2 – Resultados de espalhamento – Slump Flow Test.

TRAÇO	Abatimento mm	Fator a/c	Peso específico do Concreto
REF	10	0,48	1650,00 kg/m ³
T50	10	0,48	1627,80 kg/m ³
T100	12	0,48	1614,30 kg/m ³

Fonte: Elaboração do autor (2018).

3. Resultados e Discussões

3.1 Resistência à Compressão Axial

Os traços desenvolvidos no trabalho foram os traços REF, T50 e T100. A tabela 3 e a figura 2 apresenta os resultados para a idade de 7 dias.

Tabela 3 – Resistência a compressão axial aos 7 dias.

TRAÇO	Idade	Medição 1	Medição 2	Média
	(Dias)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
REF	7	33,81	36,91	35,36
T50	7	36,97	36,91	36,94
T100	7	32,26	35,24	33,75

Fonte: Elaboração do autor (2018).

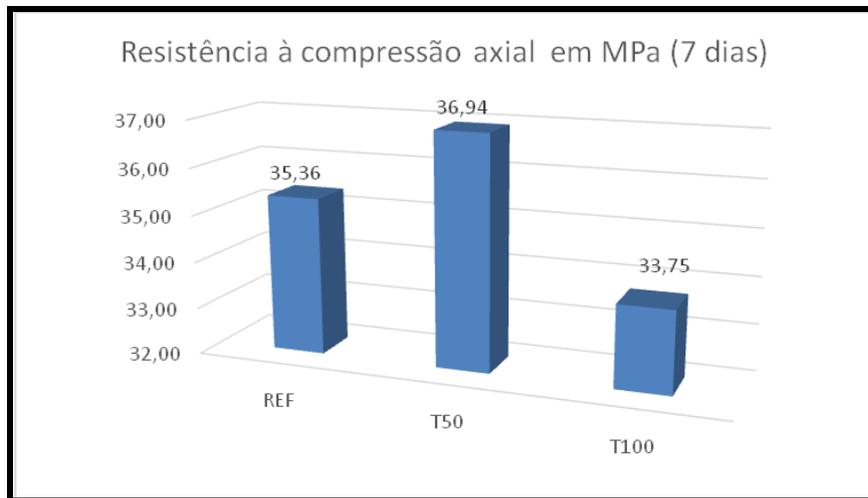


Figura 2 – Resistência a compressão axial aos 7 dias.

Fonte: Elaboração do autor (2018).

Analisando-se a tabela 3 e a figura 2 observa-se que os resultados foram muito próximos, não tendo variação estatisticamente. Uma possível explicação para esse comportamento é que para o nível de resistência estudado, o agregado convencional basáltico não apresentou diferença significativa do agregado reciclado de granito. Nesse caso o principal elemento responsável pela resistência é a matriz cimentícia. Observou-se também que a aderência pasta agregado manteve-se a mesma, em função dos resultados obtidos. A tabela 4 e a figura 3 apresenta os resultados para a idade de 28 dias.

Tabela 4 – Resistência a compressão axial aos 28 dias.

TRAÇO	Idade	Medição 1	Medição 2	Média
	(Dias)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
REF	28	41,87	45,76	43,82
T50	28	45,14	46,18	45,66
T100	28	42,59	44,42	43,51

Fonte: Elaboração do autor (2018).

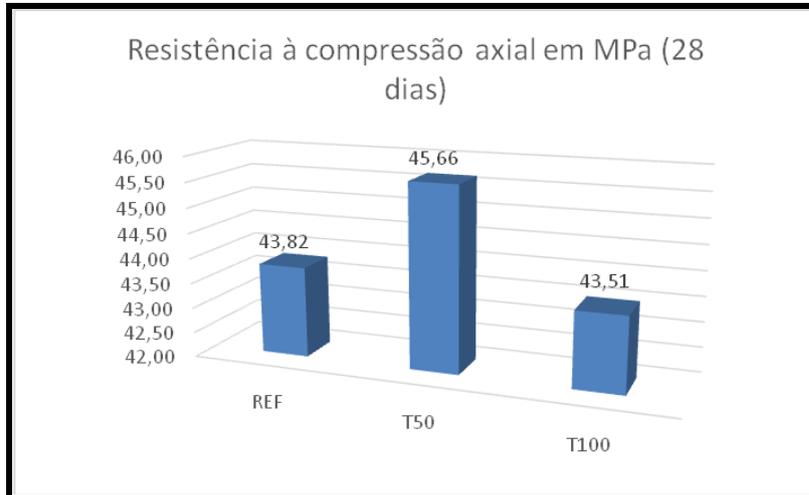


Figura 3 – Resistência a compressão axial aos 28 dias.
 Fonte: Elaboração do autor (2018).

Os resultados aos 28 dias apresentaram o mesmo comportamento dos 7 dias. A tabela 5 e a figura 4 apresenta os resultados para a evolução da resistência dos 7 aos 28 dias.

Tabela 5 – Evolução da resistência a compressão axial dos 7 aos 28 dias.

TRAÇO	Idade	Acréscimo de resistência
	(Dias)	(%)
REF	7	23,91%
T50	7	23,61%
T100	7	28,90%

Fonte: Elaboração do autor (2018).

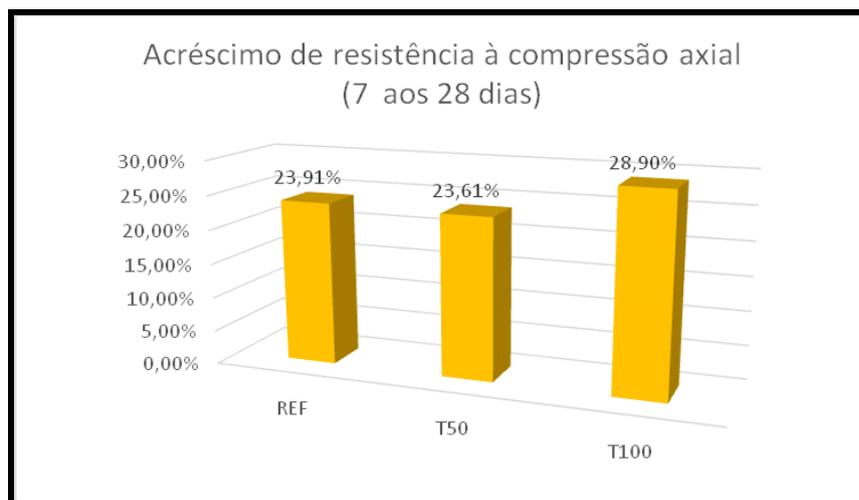


Figura 4 – Evolução da resistência a compressão axial dos 7 aos 28 dias.
 Fonte: Elaboração do autor (2018).

O traço referência REF, e o traço T50 que possui teor de substituição de 50% do agregado convencional pelo ARG, obtiveram ganho de resistência muito semelhantes, sendo aproximadamente 23,91% e 23,61% respectivamente.

Nota-se um pequeno aumento de resistência no traço T100 entre as idades de 7 e 28 dias, tendo um aumento de resistência de aproximadamente 28,90%, pois é o traço com teor total de substituição do agregado convencional pelo ARG.

3.2 Absorção Capilar

A tabela 6 e a figura 5 apresenta os resultados de absorção capilar para a idade de 7 dias para os traços REF, T50 e T100.

Tabela 6 – Absorção de água por capilaridade aos 7 dias.

TRAÇO	Idade	Medição 1	Medição 2	Média
	(dias)	(%)	(%)	(%)
REF	7	1,10	1,04	1,07
T50	7	1,00	1,20	1,10
T100	7	0,90	0,97	0,93

Fonte: Elaboração do autor (2018).

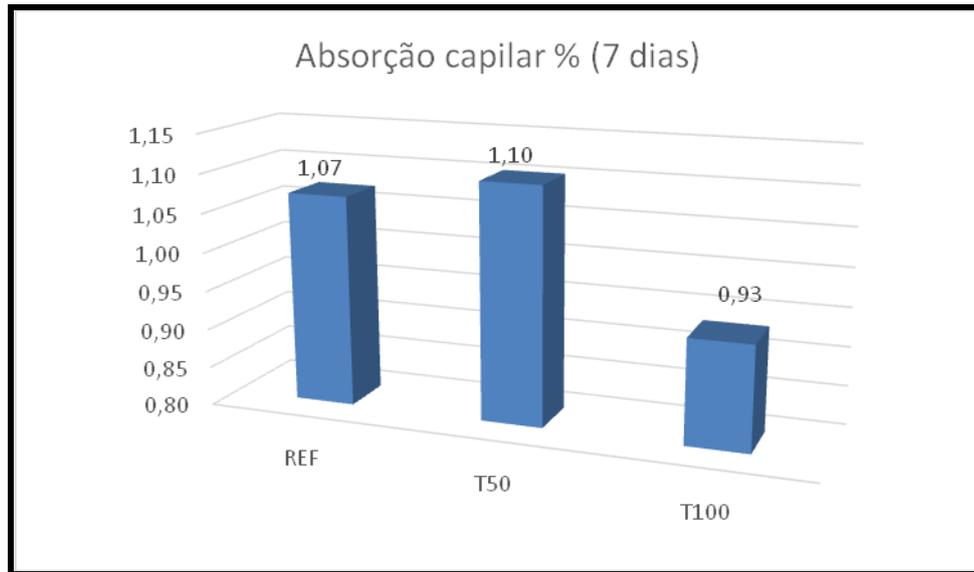


Figura 5 – Absorção de água por capilaridade aos 7 dias.

Fonte: Elaboração do autor (2018).

Analisando-se a tabela 6 e a figura 5 observa-se que os resultados da absorção capilar foram muito próximos, não tendo uma variação significativa. Notou-se apenas que a absorção seguiu a mesma linha de resultados, onde o traço T50 que obteve a maior resistência também obteve a maior taxa de absorção, o traço T100 que obteve a menor resistência também resultou na menor taxa de absorção e o traço REF sendo o intermediário.

4. Resultados e Discussões

O presente estudo teve como principal objetivo analisar a viabilidade técnica da utilização de agregados reciclados de granito em concretos estruturais, através da substituição do agregado convencional por agregado reciclado de granito nos teores de 50% (T50) e 100% (T100), e

analisando sua resistência em comparação com o traço referência (REF) moldado somente com agregado convencional de basalto.

Mediante os resultados, constatou-se que aos 7 dias de idade o traço T100 com 100% de ARG, apresentou resistência menor que o traço REF com 100% de agregado graúdo convencional basáltico, já o traço T50 com substituição de 50% do agregado convencional basáltico por ARG apresentou resistência maior que o traço REF, nota-se que a diferença entre eles foi muito pequena.

Com uma idade de cura mais avançada aos 28 dias, manteve-se a mesma relação de resistência apresentada para a idade de 7 dias, com o traço T100 com 100% de ARG, apresentando resistência menor que o traço REF com 100% agregado convencional basáltico, e o traço T50 com substituição de 50% do agregado convencional basáltico por ARG apresentando maior resistência que o traço REF, permanecendo a diferença entre eles muito pequena.

Analisando individualmente os resultados obtidos, pode-se afirmar que todos os traços apresentaram resistência à compressão axial superiores a resistência à compressão do concreto prevista para a idade de “28” dias, que foi determinada pelo autor como sendo igual ou superior a 25 Mpa.

Quanto a absorção de água por capilaridade aos 7 dias, observa-se que em todos traços obteve-se a mesma relação dos resultados obtidos na resistência a compressão, ou seja, o traço T50 que obteve a maior resistência também obteve a maior taxa de absorção, seguidos dos traços REF e o traço T100, respectivamente.

Portanto ao analisar-se os ensaios propostos conclui-se que os resultados obtidos vêm a comprovar a viabilidade da substituição total e parcial do Agregado Convencional Basáltico, por Agregado Reciclado de Granito.

Para trabalhos futuros, sugere-se que seja feita a caracterização física completa dos agregados e seja realizado um estudo de comportamento no mesmo processo de britagem para ambos os agregados. Outras análises de desempenho como de resistência à tração e a flexão também podem ser testados para avaliar a influência do agregado reciclado de granito em suas propriedades.

5. Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

_____. NBR 5739: Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. NBR 7222: Concreto e argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

_____. NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. NBR 10004: Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

_____. NBR 11768: Aditivos para concreto de cimento Portland. Rio de Janeiro, 1990.

CALMON, J.L. et al. Aproveitamento do resíduo de corte de granito para a produção de argamassas de assentamento. In: II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das argamassas. Anais, Salvador, ANTAC, 1997, p. 64-5.

LIMA FILHO, V. X., et al. Determinação de parâmetros para a racionalização do processamento de rochas graníticas por abrasão. In: XV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica. Anais, São Paulo, nov. 2000.

MOURA, W.; GONÇALVES, J.; LEITE, R. S. Utilização do resíduo de corte de mármore e granito em argamassas de revestimentos e confecção das lajotas para piso. Sitientibus, n. 26, p. 49-61, jan./jun., 2002.

NEVES, Gelmires, PATRICIO, S. M. R., FERREIRA, H. C., SILVA, M. C., Utilização de resíduos da serragem de granitos para a confecção de tijolos cerâmicos. In: 43º Congresso Brasileiro de Cerâmica. Anais, Florianópolis, jun. 1999.

OLIVEIRA, T. N. et al. Comportamento de blocos de concreto produzidos com escória de aciaria para alvenarias. I Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Salvador, Bahia 2010.

PEITER, C.C. et al. Rochas Ornamentais no século XXI: bases de desenvolvimento sustentado das exportações brasileiras. Rio de Janeiro: Cetem/Abirochas, 2001. 150p.

SANTOS, Sílvia. Concreto com sustentabilidade. Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Santa Catarina, Santa Catarina, 01 nov. 2013. Disponível em: <<http://www.crea-sc.org.br/portal/index.php?cmd=artigos-detalle&id=2660#.WhmcG1WnHIU>>. Acesso em: 25 nov. 2017.