

Concreto autoadensável com incorporação do agregado reciclável

Self-compacting concrete with incorporation of recycled aggregate

Hormigón autoadensable con incorporación de agregado reciclado

Marcelo Bortoletto

Mestrando em Engenharia Civil e Bolsista CAPES, UNESP/FEIS, Brasil
marcelobortoletto05@gmail.com

Rodrigo Garozi da Silva

Mestrando em Engenharia Civil e Bolsista CAPES, UNESP/FEIS, Brasil
garozirodrigo@gmail.com

Camila Cassola Assunção

Mestranda em Engenharia Civil e Bolsista CAPES, UNESP/FEIS, Brasil
camila.cassola.assuncao@gmail.com

Felipe de Almeida Spósito

Mestrando em Engenharia Civil e Bolsista CAPES, UNESP/FEIS, Brasil
felipsposito@gmail.com

Sherington Augusto Bigotto

Mestrando em Engenharia Civil e Bolsista CAPES, UNESP/FEIS, Brasil
sherington.bigotto@outlook.com

Maria da Consolação Fonseca de Albuquerque

Professora Doutora, UFSCar, Brasil
maria.albuquerque@unesp.br

RESUMO

Nos últimos anos, pesquisas relacionadas à utilização de agregados reciclados na indústria da construção civil, especialmente na produção de novos concretos, têm prosperado de maneira gradativa devido aos benefícios ambientais e econômicos, em razão da crescente demanda da indústria da construção civil em minimizar os impactos negativos no meio ambiente, decorrente da extração de agregados naturais e descarte deste material. Os benefícios associados a utilização do agregado reciclável na produção do concreto autoadensável, incentivaram pesquisas relacionadas ao tema, conduzindo a um material inovador de grande interesse para a indústria da construção civil. Este artigo tem por objetivo abordar uma revisão da literatura sobre as principais propriedades no estado fresco e endurecido do concreto autoadensável com agregados miúdos e graúdos reciclados. Pesquisas relacionadas à utilização deste resíduo, demonstraram que há viabilidade na produção de concreto autoadensável com incorporação do agregado reciclável, podendo este ser utilizados em elementos estruturais.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto autoadensável. Agregado reciclado. Meio ambiente.

ABSTRACT

In recent years, papers related to the use of recycled aggregates in the construction industry, especially in the production of new concrete, has thrived in a gradual way due to the environmental and economic benefits, due to the growing demand of the construction industry to minimize the negative impacts on the environment, resulting from the extraction of natural aggregates and disposal of this material. The benefits associated with the use of the recyclable aggregate in the production of Self-compacting concrete encouraged research related to the subject, leading to an innovative material of great interest to the construction industry. The objective of this paper is to review the literature on the main properties in the fresh and hardened state of self-compacting concrete with fine and coarse recycled aggregates. Papers related to the use of this residue have demonstrated that there is feasibility in the production of self-compacting concrete with incorporation of the recycled aggregate, which can be used in structural elements.

KEYWORDS: *Self-compacting concrete. Recycled aggregate. Environment.*

RESUMEN

En los últimos años, investigaciones relacionadas con el uso de agregados reciclados en la industria de la construcción, especialmente en la producción de nuevos hormigones, han prosperado de manera gradual debido a los beneficios ambientales y económicos, en razón de la creciente demanda de la industria de la construcción civil en minimizar los impactos negativos en el medio ambiente, resultante de la extracción de agregados naturales y descarte de este material. Los beneficios asociados a la utilización del agregado reciclable en la producción del hormigón autocompactante, incentivaron investigaciones relacionadas con el tema, conduciendo a un material innovador de gran interés para la industria de la construcción civil. Este artículo tiene por objetivo abordar una revisión de la literatura sobre las principales propiedades en el estado fresco y endurecido del concreto autoadensable con los agregados de los niños y los grueso reciclables. Las investigaciones relacionadas con la utilización de este resíduo, demostraron que hay viabilidad en la producción de hormigón autocompactante con incorporación del agregado reciclable, pudiendo ser utilizados en elementos estructurales.

PALABRAS CLAVE: *Hormigón autocompactante. Agregado reciclable. Medio ambiente.*

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a extração de recursos naturais e a produção de resíduos na indústria da construção civil aumentaram de forma significativa. O método atual de construção e demolição, resulta em grandes quantidades de resíduos de construção e demolição (RCD) gerando um impacto negativo ao meio ambiente. A composição do RCD é muito instável, uma vez que é constituído de uma mistura de diversos componentes de construção, tais como: concretos, argamassas, cerâmicas, rochas naturais, além de outros materiais (ANGULO, 2005). A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) relatou em seu panorama de Resíduos Sólidos no Brasil no ano de 2017, que os municípios brasileiros coletaram cerca de 45 milhões de toneladas de RCD em 2017, o que configura uma diminuição de 0,1% em relação ao ano anterior. Esta quantidade de resíduo gerado é uma quantidade bastante. Com o objetivo de amenizar esta problemática do volume gerado, armazenamento, transporte e despejo dos resíduos de RCD, a utilização destes resíduos como agregados reciclados na produção de novos tipos de concretos, pode ser uma solução viável, reduzindo assim o consumo de agregados naturais, contribuindo para uma construção mais sustentável (SANTOS; DA SILVA; DE BRITO, 2019). Uma alternativa de incorporação do agregado reciclado no concreto, a utilização no concreto autoadensável (CAA) pode ser uma alternativa de elevado potencial na composição do CAA, visto que o uso do CAA incentiva a utilização do uso de resíduos e materiais reciclados em sua matriz, resolvendo assim a questão do valor ambiental e disposição destes resíduos.

Este trabalho tem por objetivo discorrer sobre a utilização dos resíduos de construção e demolição no CAA, através de uma revisão da literatura, coletando diversas informações e dados, com relação as principais propriedades no estado fresco e endurecido.

2 METODOLOGIA EXPLORATÓRIA

2.1 Concreto autoadensável utilizando agregado reciclável

O concreto autoadensável (CAA) é um tipo de concreto no qual não há necessidade de vibração durante as fases de lançamento e adensamento. Todavia, para ser considerado como autoadensável, este tipo de concreto dever obedecer a alguns requisitos, tais como: ter consistência fluida, ter resistência à segregação e não apresentar exsudação, ou surgimento de bloqueios em peças com elevada taxa de armadura (ALCANTARA, 2012; EFNARC, 2002).

Uma diversidade de fatores influencia nas propriedades mecânicas e físicas do concreto, como a relação água/cimento, o tipo de cimento empregado, a utilização de materiais com atividade pozolânica, a distribuição granulométrica dos agregados, quantidade e o tipo de aditivo. No entanto, outros parâmetros podem modificar as propriedades elásticas, mecânicas e a microestrutura do concreto. Estes parâmetros, estão relacionados com as propriedades reológicas do concreto, como a coesão e viscosidade, transporte, segregação e exsudação,

aplicação e cura. Estas propriedades reológicas, podem modificar de maneira significativa a estrutura da zona de transição do concreto, no qual é compreendida como a interface entre o agregado e a pasta de cimento (COPPOLA; CERULLI; SALVIONI, 2014; MEHTA, 1986). Assim sendo, como as propriedades do CAA se diferem do concreto convencional, a natureza e a microestrutura do concreto são consideravelmente alteradas quando o CAA é utilizado em vez do concreto convencional, mesmo utilizando a mesma relação água/cimento, tipo de cimento, e tamanho máximo dos agregados (COPPOLA; CERULLI; SALVIONI, 2014).

A fluidez no qual é uma das propriedades fundamentais do CAA, é inerente ao tipo e o volume de agregados graúdos. O agregado graúdo mais utilizado no CAA é a brita zero ou pedrisco, classificada de acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2009), como 4,75 /12,5. Entretanto, este tipo de agregado são um dos fatores que provocam a obstrução da fluidez do CAA, especialmente em áreas confinadas, ou seja, áreas com elevadas taxas de armaduras. Em decorrência disto, é essencial limitar a quantidade de agregado graúdo, com a finalidade de reduzir a colisão entre partículas deste agregado e garantir a não obstrução da fluidez do CAA (ABADI et al., 2019; OKAMURA; OUCHI, 2003).

A escolha do tipo, tamanho e distribuição das partículas do agregado reciclado no concreto, merece uma atenção especial, pois estes influenciam de forma significativa nas propriedades mecânicas e na durabilidade das estruturas de concreto (EVANGELISTA; BRITO, 2013). A distribuição das partículas é um dos principais fatores influenciadores nas características do concreto, conjuntamente com a trabalhabilidade e, quando incorporado o agregado reciclado, a absorção de água (SANTOS; DA SILVA; DE BRITO, 2019).

O CAA geralmente apresenta um maior potencial de durabilidade em relação ao concreto convencional, mesmo com maior teor de água na mistura. O principal motivo está na maior quantidade de finos e combinação de aditivos e adições na mistura do CAA, acarretando uma maior propriedade de fluidez, deixando a microestrutura mais densa, uma condição ótima de empacotamento por conta de uma melhor solidificação e ligação da microestrutura e reduz a quantidade de poros (DE SCHUTTER, 2007; NAZARI; RIAHI, 2010; KANELLOPOULOS; PETROU; IOANNOU, 2012).

Devido à alta porosidade do agregado reciclado, é preciso ter em mente a necessidade de adicionar uma quantidade extra de água durante o processo de mistura, com a finalidade de manter a mesma trabalhabilidade (EVANGELISTA; BRITO, 2013). Em virtude do aumento da quantidade de água na mistura, a durabilidade das estruturas de concreto com agregados reciclados pode ser afetada devido à porosidade e alta absorção de água dos agregados reciclados, resultando no enfraquecimento da matriz cimentícia (DEBIEB et al., 2010). Este efeito pode ser minimizado com a utilização de aditivos redutores de água, conferindo uma boa trabalhabilidade, sem a necessidade de aumentar a quantidade de água na mistura.

2.1 Revisão da Literatura

Esta seção do artigo retrata uma descrição geral de estudos experimentais realizados incorporando agregados reciclados (RCD) no CAA. Todos os autores além de produzirem o CAA, substituindo o agregado natural pelo agregado reciclado, produziram um CAA de referência para comparação dos resultados.

Corinaldesi e Moriconi (2004) estudaram a produção do concreto autoadensável utilizando agregados reciclados. O agregado reciclado tinha as seguintes composições: concreto 70,0%, alvenaria 27%, betume 2% e outros materiais não identificados 1%. O diâmetro máximo da partícula do agregado foi de 15 mm. A massa específica e absorção do agregado foram de 2310 kg/m³ e 9%, respectivamente. Os autores utilizaram três misturas: uma mistura de CAA como referência, realizada com agregados naturais e aditivo superplastificante na ordem de 1% em relação ao peso do cimento, uma mistura de CAA com areia natural e agregados graúdos reciclados, adicionando pó de entulho como filler e aditivo superplastificante na ordem de 2% e uma mistura de CAA realizado com areia natural e agregados graúdos reciclados, adicionando cinza de resíduo sólido como filler e aditivo superplastificante na ordem de 1,5%. A relação água/cimento foi mantida constante em 0,45 em todas as misturas.

Pereira-de-oliveira *et al.* (2014) analisaram a influência de agregados reciclados nas propriedades de permeabilidade do CAA. Os autores utilizaram quatro tipos de misturas com diferentes porcentagens de substituição do agregado graúdo natural pelo agregado reciclado. Os níveis de substituição foram 0%, 20%, 40% e 100%. Foram utilizados dois tipos de agregados graúdos reciclados, estes constituídos predominantemente de concreto, nas proporções de 90% e 10%. O diâmetro máximo destes agregados reciclados foram de 9,5 e 19 mm, a densidade foram de 2509 e 2485 kg/m³ e os valores de absorção de 4,10 e 4,05%. Os agregados reciclados foram utilizados em condições secas. A relação água/cimento utilizada foi de 0,57 nas misturas de 0, 20 e 100% e 0,56 na mistura com 40% de agregado reciclado.

Modani e Mohitkar (2014) estudaram seis diferentes tipos de misturas de concreto autoadensável com diferentes porcentagens de substituição do agregado graúdo natural pelo agregado graúdo reciclado. Os níveis de substituição foram 0%, 20%, 40%, 60%, 80% e 100%. A quantidade dos componentes do CAA foi mantida constante, com exceção da variação da quantidade de aditivo superplastificante, de forma a obter a mesma consistência para todas as misturas, devido à elevada absorção de água dos agregados reciclados. A relação água/cimento foi mantida constante em 0,53 para todas as misturas. A densidade, massa específica aparente, absorção de água do agregado reciclado foram de 2,19; 1356 kg/m³ e 5,64%, respectivamente.

Kou e Poon (2009) avaliaram as propriedades no estado fresco e endurecido do CAA utilizando agregado miúdo e graúdo reciclável de concreto. Três diferentes misturas de CAA utilizando até 100% de agregado reciclável, e diferentes níveis de substituição da areia natural pelo agregado reciclado foram produzidas. Misturas de CAA com níveis de substituição da areia natural de 0%; 25%; 50% 75% e 100% pelos agregados finos de concreto foram fabricadas, com

uma relação água/aglomerante de 0,53 e 0,54 para as misturas correspondentes as séries I e II, respectivamente. As misturas da série III foram fabricadas com 100% de agregado reciclável de concreto, ambos agregados miúdos e graúdos, porém com uma relação água/aglomerante de 0,35, 0,40 e 0,44. Foram utilizados dois tipos de aglomerantes: cimento Portland e cinza volante, esta possuindo atividade pozolânica. O teor de cimento foi mantido constante para todas as misturas. Os autores utilizaram dois tipos de cinza volante, com o objetivo de controlar a segregação do CAA. A dimensão dos agregados reciclados foi de 10 mm e 20 mm, possuindo uma massa específica de 2570 e 2490 kg/m³, respectivamente. A absorção dos agregados reciclados de 10 e 20 mm foram de 4,26 e 3,52% no período de 24 horas, respectivamente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão apresentados resultados de ensaios no estado fresco e endurecido do CAA utilizando agregados reciclados, bem como analisar a influência do agregado reciclado nas propriedades do CAA.

3.1 Propriedades no estado fresco

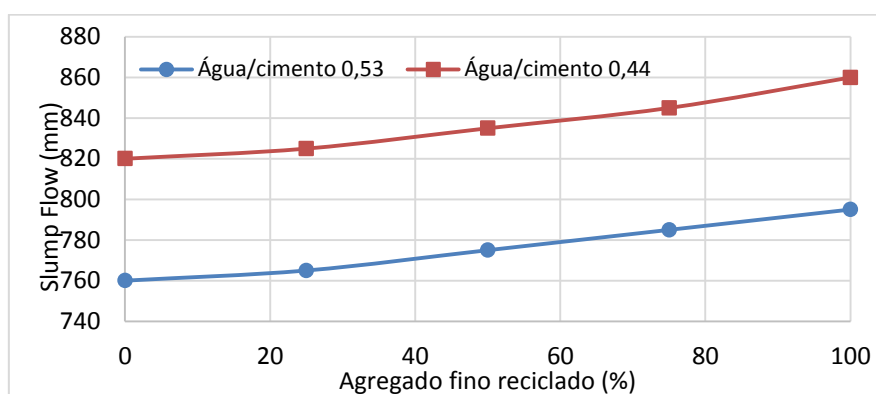
Em relação aos ensaios realizados no estado fresco, os ensaios principais são os ensaios de espalhamento (Slump Flow) e tempo de escoamento, ensaio funil V e ensaio para determinação da habilidade passante - método da caixa L. Em relação ao ensaio de Slump Flow, este ensaio permite averiguar a capacidade de preenchimento e fluidez do CAA, sendo possível verificar se há presença ou não de segregação no concreto. O tempo de escoamento é o tempo durante o concreto atinge o diâmetro de 500 mm, medido durante a execução do ensaio de espalhamento. Corinaldesi e Moriconi (2004) realizaram ensaios no estado fresco para as misturas de CAA, uma mistura utilizando areia natural e agregados graúdos reciclados, com adição de pó de entulho com um filler e, uma mistura com areia natural e agregados graúdos reciclados adicionando cinza de resíduo sólido como filler. Em ambas as misturas de CAA, apresentaram valores de Slump Flow de 750 e 780 mm, respectivamente e, tempo de escoamento de 3 segundos demonstrando uma adequada fluidez sob ação do seu próprio peso.

Pereira-de-oliveira *et al.* (2014) verificaram que o espalhamento (Slump Flow) aumentou com a proporção de incorporação de agregado graúdo reciclado. Este aumento é justificado pelo aumento da quantidade do aditivo superplastificante na mistura, devido ao aumento da quantidade água adsorvida pelo agregado graúdo reciclado. Esta quantidade de aditivo superplastificante é fundamentada pela alta absorção dos agregados reciclados. Os resultados das misturas variaram de 650 a 675 mm, gerando um aumento de 3,84% da mistura com 100% de substituição do agregado graúdo natural pelo reciclado.

Modani e Mohitkar (2014) obtiveram valores no ensaio de espalhamento variando de 620 a 770 mm e tempo de escoamento variando de 2,08 a 3,15 segundos, apresentando características fluidez e viscosidade necessária de autoadensabilidade. Todas as misturas não apresentaram nenhum sinal de exsudação e segregação, indicando uma boa deformabilidade do concreto.

Kou e Poon (2009) descobriram que a fluidez aumentou à medida que a proporção de incorporação de agregado fino reciclado alavancou. Isto é atribuído à alta absorção de água do agregado fino reciclado em relação à absorção da areia de rio. Com o aumento da quantidade de agregado reciclado, foi adicionado mais água, motivo pelo aumento do diâmetro de espalhamento. A Figura 1 exibe o efeito do agregado fino reciclado no ensaio de espalhamento do CAA com diferentes relações água/cimento.

Figura 1 - Efeito do agregado fino reciclado no diâmetro de espalhamento do CAA



Fonte: ADAPTADO DE KOU e POON, 2009.

No que diz respeito ao ensaio funil V, este ensaio consiste em simular o fluxo do CAA por meio de um estreitamento de uma seção, somente sob a ação de seu próprio peso, permitindo avaliar a viscosidade e a capacidade de preenchimento do CAA. O resultado é o tempo, em segundos, que a amostra de CAA leva para fluir totalmente do funil. Neste ensaio, é perceptível que o tempo de fluxo do Funil V é maior com a incorporação do agregado reciclado, decorrente da maior absorção de água do agregado reciclado em relação ao agregado natural. Corinaldesi e Moriconi (2004) obtiveram resultados para as misturas de CAA utilizando areia natural e agregados graúdos reciclados, com adição de pó de entulho como um filler de 13 segundos, tempo de fluxo maior que a mistura com areia natural e agregados graúdos reciclados adicionando cinza de resíduo sólido como filler, no qual tiveram um tempo de fluxo de 6 segundos.

Pereira-de-oliveira *et al.* (2014) alcançaram tempo de fluxo no intervalo de 13 segundos para a mistura com 0% de substituição e 17,2 segundos com 40% de substituição do agregado natural pelo reciclado. A mistura com 100% apresentou um tempo de fluxo de 14,4 segundos. A partir

dos resultados obtidos é possível afirmar que os agregados reciclados afetam de maneira negativa a trabalhabilidade do concreto.

Modani e Mohitkar (2014) descobriram que o tempo de fluxo diminuiu com a incorporação de 20% de agregado graúdo reciclável. Nas maiores taxas de incorporação do agregado reciclado, certificou-se o tempo de fluxo aumentou.

Em relação à determinação da habilidade passante - método da caixa L, que consiste em verificar se o concreto sob determinada força, devido ao seu próprio peso, é capaz de passar por obstáculos, sem apresentar nenhum tipo de obstrução e permanecer coeso. O ensaio tem como principal objetivo averiguar a capacidade passante do CAA. Utilizando a mesma relação água/cimento e teor de aditivo, à medida que a proporção de incorporação do agregado reciclado é aumentada, a capacidade passante da caixa L é reduzida, devido à maior absorção de água do agregado reciclado em relação ao agregado natural (SANTOS; DA SILVA; DE BRITO, 2019).

Corinaldesi e Moriconi (2004) obtiveram resultados acima de 0,80. A mistura utilizando areia natural e agregados graúdos reciclados, com adição de pó de entulho, apresentou valores de 0,82 e a mistura com areia natural e agregados graúdos reciclados adicionando cinza de resíduo sólido como filler exibiu valores de 0,90, acarretando assim, uma boa mobilidade nas misturas.

Kou e Poon (2009) alcançaram resultados acima de 0,80 para todas as misturas, mostrando uma boa capacidade passante, através de espaços estreitos. Modani e Mohitkar (2014) também obtiveram resultados acima de 0,80, estes variando de 0,92 a 0,98, entretanto, a mistura com 100% de substituição do agregado natural pelo reciclado apresentou o menor valor 0,90.

3.1 Propriedades no estado endurecido

No que se refere ao ensaio de resistência à compressão, a incorporação do agregado reciclado no concreto reduz a resistência à compressão. O principal motivo pela redução da resistência à compressão é devido ao aumento da relação água/cimento, elevado teor de absorção de água do agregado e pelo enfraquecimento da zona de transição do concreto.

Corinaldesi e Moriconi (2004) realizaram o ensaio de resistência à compressão ao 1,3,7 e aos 28 dias de cura. A partir dos resultados obtidos, a resistência à compressão utilizando agregado graúdo reciclado ao invés do agregado natural, ocasionou uma perda de resistência à compressão de 20%. No entanto, as misturas de CAA com agregados reciclados alcançaram uma resistência superior a 30 MPa, resistência suficiente para uso estrutural.

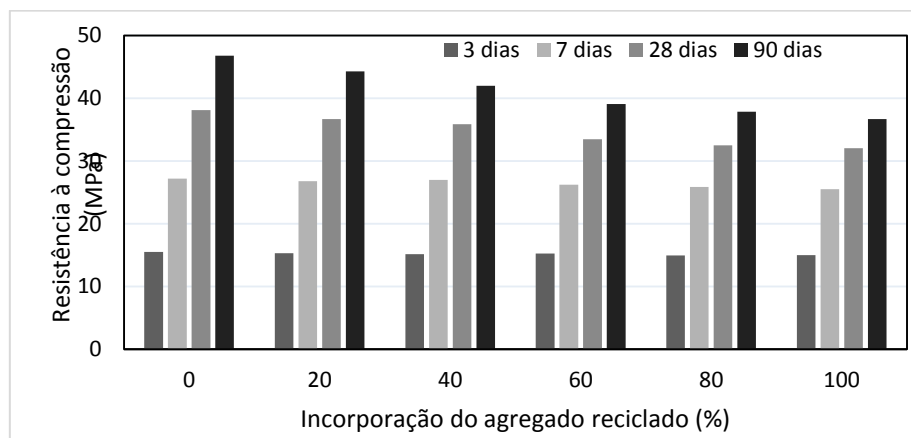
Pereira-de-oliveira *et al.* (2014) encontraram uma pequena redução da resistência à compressão do CAA, em torno de 5,55% do CAA com agregado natural em relação ao CAA com agregado reciclado, concluindo que não houve uma diferença significativa na perda de resistência à compressão utilizando diferentes porcentagens de substituição dos agregados. Pereira-de-oliveira *et al.* (2014) comparando os agregados reciclados com os agregados

naturais, a densidade de agregados reciclados é menor e a absorção de água é maior. Estas diferenças devem-se à incrustação da pasta de cimento nas superfícies dos agregados reciclados. Assim, o aumento do teor de agregados reciclados, tanto agregado graúdo quanto miúdo, ocorre uma perda das propriedades mecânicas.

Modani e Mohitkar (2014) concluiu que à medida que a porcentagem do agregado reciclado aumenta a resistência do CAA diminui. A principal razão para esta redução da resistência se deve a pobre qualidade da argamassa aderida, enfraquecendo a zona de transição do concreto. A Figura 2 exibe os resultados de resistência à compressão obtidos por Modani e Mohitkar (2014).

Kou e Poon (2009) afirmou que a resistência à compressão diminuiu conforme o aumento da porcentagem de substituição do agregado natural pelo reciclado. A relação água/cimento teve uma grande influência na resistência à compressão, ainda mais quando utilizado o agregado reciclado. Para uma porcentagem de substituição de 100% do agregado natural pelo reciclado, porém com uma diferente relação água/cimento, utilizando uma relação de 0,44 apresentou um aumento de resistência de 37,46% referente à uma relação água/cimento de 0,53.

Figura 2 - Resultados de resistência à compressão de diferentes misturas de CAA com agregado reciclado



Fonte: ADAPTADO DE MODANI E MOHITKAR, 2014.

Em relação ao módulo de elasticidade à medida que a porcentagem de substituição do agregado natural pelo reciclado aumenta, o módulo de elasticidade diminui. Pereira-de-oliveira *et al.* (2014) concluíram que o módulo de elasticidade foi pouco afetado com a incorporação de agregados graúdos reciclados, alcançando uma redução de 7,5% aos 28 dias para a amostra com 100% de incorporação do agregado reciclado. Esta redução do módulo de elasticidade é explicada pela menor rigidez e deformabilidade do agregado reciclado em relação ao agregado natural.

4 CONCLUSÃO

O volume de material gerado oriundo do processo de construção e demolição de estruturas é eminente, ainda a extração de forma descontrolada de agregados naturais está representando um problema alarmante e, este problema requer que seja realizada uma solução o mais urgente possível. O resíduo de construção e demolição pode ser reutilizado na produção de novos tipos de concreto. Na produção do CAA utilizando agregados reciclados, o seu desempenho dependerá da quantidade a ser implementada e da qualidade do agregado, sendo a elevada absorção de água a propriedade mais relevante do agregado reciclável, no qual implica no aumento da quantidade de água na mistura.

No geral a produção de CAA com agregados recicláveis aparenta ser tecnicamente e economicamente viável, porém é extremamente necessário o estudo detalhado das características deste tipo de agregado incorporado no concreto, quanto a questão da durabilidade e de absorção de água.

AGRADECIMENTO

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ALCANTARA, M. A. M.; SANTOS, B. V. Concreto auto-adensável com cinzas de bagaço de cana como finos: Reologia do concreto fresco e comportamento no estado endurecido. *Electronic Journal of Civil Engineering*, V. 5, N. 1, p. 17-35, 2012.

ANGULO, S. C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos**. 2005. 167 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ARABI, N.; MEFTEH, H.; AMARA, H.; a KEBAILI, O.; BERREDJEM, L. Influence of moisture conditioning of recycled aggregates on the properties of fresh and hardened concrete. *Journal Of Cleaner Production*, v. 54, p.282-288, set. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.05.009>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2017**. São Paulo: Abrelpe, 2017. 73p.

COPPOLA, L.; CERULLI, T.; SALVIONI, D. **Sustainable development and durability of self-compacting concretes**. In: 8th CANMET/ACI Int. Conf. on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete. 2004. p. 29-50.

Corinaldesi, V; Moriconi, G. **Self-compacting concrete: A great opportunity for recycling materials**. In: Proceedings of the International RILEM Conference on the Use of Recycled Materials in Building and Structures, 2004. 10 p.

De Schutter, G., Audenaert, K. **Durability of Self-Compacting Concrete - State-of-the-Art Report of RILEM Technical Committee 205-DSC**. Durability of Self-compacting concrete, Cachan: Rilem publications SARL.,2007. 208 p.

DEBIEB, Farid et al. Mechanical and durability properties of concrete using contaminated recycled aggregates. **Cement And Concrete Composites**, v. 32, n. 6, p.421-426, jul. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2010.03.004>.

EFNARC. **Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete**. Fevereiro, 2002.

EVANGELISTA, L.; BRITO, J. de. Concrete with fine recycled aggregates: a review. **European Journal Of Environmental And Civil Engineering**, v. 18, n. 2, p.129-172, 9 nov. 2013. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/19648189.2013.851038>.

KANELLOPOULOS, A; PETROU, M. F.; IOANNOU, I. Durability performance of self-compacting concrete. **Construction And Building Materials**, v. 37, p.320-325, dez. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.07.049>.

KOU, S.C.; POON, C.S. Properties of self-compacting concrete prepared with coarse and fine recycled concrete aggregates. **Cement And Concrete Composites**, v. 31, n. 9, p.622-627, out. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2009.06.005>.

MEHTA, P. K. **Concrete: Structure, properties, and materials**. New Jersey: Prentice-hall, 1986.

Modani, P. O.; Mohitkar, V. M. Self-compacting concrete with recycled aggregate: a solution for sustainable development. **International Journal of Civil e Structural Engineering**, v. 4, n. 3, p. 430-440, 2014.

NAZARI, A.; RIAHI, S. The effect of TiO₂ nanoparticles on water permeability and thermal and mechanical properties of high strength self-compacting concrete. **Materials Science And Engineering**, v. 528, n. 2, p.756-763, dez. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.msea.2010.09.074>.

OKAMURA, H; OUCHI, M. Self-Compacting Concrete. **Journal Of Advanced Concrete Technology**, v. 1, n. 1, p.5-15, 2003.

PEREIRA-DE-OLIVEIRA, L. A.; Nepomuceno, M. C. S.; Castro-Gomes, J.P.; Vila, M.F.C. Permeability properties of self-compacting concrete with coarse recycled aggregates. **Construction And Building Materials**, v. 51, p.113-120, jan. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.10.061>.

SANTOS, S.; SILVA, P.R.; BRITO, J. Self-compacting concrete with recycled aggregates – A literature review. **Journal Of Building Engineering**, v. 22, p.349-371, mar. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.job.2019.01.001>.