CONCRETOS AUTOADENSÁVEIS COM AGREGADO MIÚDO RECICLADO DE CONCRETO (AMRC)[1]

RIBEIRO, J. M., GPMAC (UFPA), e-mail: jaymemrufpa@gmail.com; SILVA, M. R. C., GPMAC (UFPA), e-mail: micaelrubens@gmail.com; CORDEIRO, L. N. P., GPMAC (UFPA), e-mail: lucianapc@ufpa.br

ABSTRACT

The aim of this study was to elaborate self-compacting concrete (SCC) mixes with 25% replacement of natural aggregate (quartz sand) by fine recycled concrete aggregate for a mortar content (α = 55%). Three mixes are considered in this study using different types of additions: Active Silica (AS) and Granite and Marble Cutting Residue (GMCR), as well as with the use of Viscous Modifier Admixture (VMA), which must be submitted to the requirements of NBR 15823: 2017. The dosage method used was proposed by Tutikian (2004) as being a practical method and making feasible the use of material resources available in the region. As a result, only the concrete mixture using the VMA met the requirements for self-compacting concrete.

***Keywords**: SCC. Recycled concrete aggregate. VMA. Silica. Granite and marble cutting residue.*

1 INTRODUÇÃO

A exploração de recursos naturais não-renováveis e a grande geração de resíduos, cerca de 31 milhões t/ano (IPEA, 2012), são alguns dos problemas ocasionados pela indústria da construção civil. Diante disso, a incorporação de resíduos a concretos e argamassas, demonstram-se como alternativas viáveis para redução desses impactos.

Como exemplo, Carro-López et al. (2017), propõe a incorporação de Agregados Miúdos Reciclados de Concreto (AMRC) na produção de Concretos Autoadensáveis (CAAs) e, relata que o aumento da taxa de substituição do Agregado Miúdo Natural (AMN) provoca, na mistura, redução da fluidez e da capacidade de preenchimento, o que pode ser explicado devido a incorporação de agregados reciclados que possuem, como características, alta porosidade e taxa de absorção (LEITE, 2001).

Nesse contexto, tendo em vista uma medida de reaproveitamento de resíduos gerados no setor construtivo, buscou-se neste trabalho, produzir CAAs com um com substituição parcial de AMN por AMRC, para baixo teor de argamassa (α=55%). Esta substituição limitou-se a 25% para que as características do AMRC não comprometessem os resultados no estado fresco, para tanto, sob essas condições, foram produzidas misturas com diferentes adições: sílica ativa (fino pozolânico) e resíduo do corte do granito e de mármore (fino não-pozolânico), bem como, aditivo modificador de viscosidade (AMV) afim de

[1] RIBEIRO, J. M., SILVA, M. R. C., CORDEIRO, L. N. P. Concretos autoadensáveis com Agregado Miúdo Reciclado de Concreto (AMRC). In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ANTAC, 2018.

averiguar se as diferentes misturas com a incorporação de AMRC atenderão aos requisitos da NBR 15823:2017.
Para o estudo, foi adotado o método de dosagem proposto por Tutikian (2004), devido sua praticidade e que se torna viável frente o uso dos materiais disponíveis na região. Como resultado, constatou-se que somente a mistura utilizando o AMV atendeu os requisitos de autoadensibilidade previstos em norma.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Nesta pesquisa, foi utilizado o Cimento Portland CP II E 32-RS, sua massa específica determinada pela NBR NM 16605:2017 foi de 3,01 g/cm³. O agregado miúdo utilizado foi uma areia de origem quartzosa, comercialmente disponível na região metropolitana de Belém/PA, que apresenta uma massa específica de 2,68 g/cm³ e um diâmetro máximo de #1,2mm. O agregado graúdo utilizado foi o seixo rolado de origem arenítica, massa específica de 2,62 g/cm³ e o seu diâmetro máximo #19 mm. O Agregado Miúdo Reciclado de Concreto (AMRC) utilizado apresentou módulo de finura igual ao do AMN de1,2, e massa específica de 2,46 g/cm³, bem como taxa de absorção de 11,44%, ambas determinadas pelo método de Leite (2001).

O método de dosagem adotado se adequa às misturas com finos pozolânicos e não pozolânicos, respectivamente, Sílica Ativa(SA) e Resíduo do Corte do Granito e de Mármore(RCGM), sendo este, oriundo do beneficiamento de rochas ornamentais em Belém- PA, que em geral, não possuem descarte adequado.

Com intuito de conferir fluidez ao concreto, foi utilizado um aditivo superplastificante com massa específica de 1,09 g/cm³ a base de polímeros policarboxilatos. Já o Aditivo Modificador de Viscosidade (AMV) em pó fora dissolvido na água da mistura, sua composição é a base de cadeias carbônicas do tipo metil hidroxietil celulose. A água utilizada na produção dos concretos foi a fornecido pelo sistema de abastecimento da Universidade.

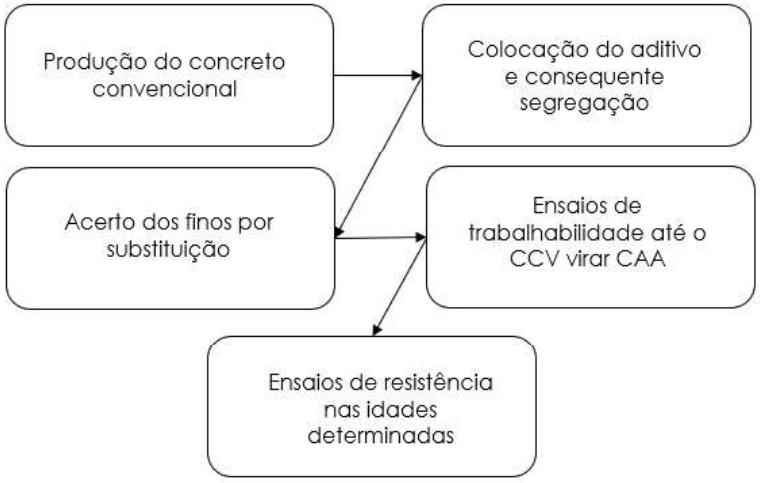
2.2 Métodos

Tratando-se do uso de agregados reciclados em concretos, é necessária a compensação da sua alta taxa de absorção, a fim de mitigar os efeitos negativos com a trabalhabilidade das misturas. Com isso, foi realizada a pré-molhagem do AMRC seguindo o método proposto por Leite (2001). Bem como, devido a diferença entre as massas específicas AMN e AMRC, tornou-se necessária a compensação do volume dos agregados reciclados para a produção do concreto, realizada por meio do método de Cabral (2007).

O método de dosagem utilizado seguiu o proposto por Tutikian (2004), sendo seu passo a passo ilustrado na Figura 1. Na etapa de acerto dos finos, utilizou-se finos pozolânicos e não pozolânicos, adicionalmente, o autor propõe a

utilização de aditivo modificador de viscosidade para a correação da segregação, caso não haja disponibilidade de adições minerais na região.

Figura 1 – Passo-a-passo da dosagem proposta por Tutikian (2004)

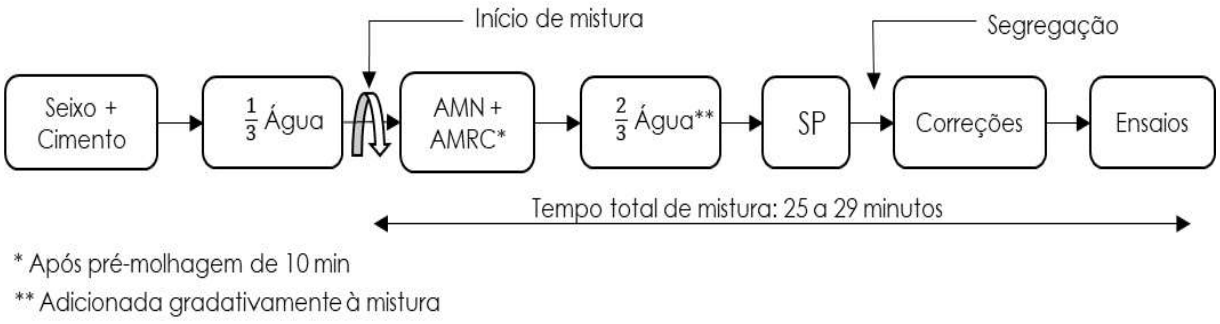


Fonte: Tutikian (2004)

Dessa forma, foram elaboradas três misturas de CAA, nas quais ocorreram substituição parcial da areia (25% em volume) pelo AMRC. Nas misturas, o acerto dos finos ocorreu da seguinte forma, para o fino pozolânico (sílica ativa), ocorreu a substituição do cimento, já para o fino não-pozolânico, a areia foi substituída. Adicionalmente, fora confeccionado traço com AMV, visto que, sua adição é outra forma de manter a estabilidade junto com a fluidez para um CAA (BILLBERG, 1999; apud TUTIKIAN, 2007).

Com intuito de avaliar as propriedades de autoadensibilidade dos concretos produzidos, foi feita a determinação do espalhamento, do tempo de escoamento e do índice de estabilidade visual, determinado pela NBR 15823-2:2017. Para determinação da habilidade passante, optou-se por realizar apenas o ensaio pelo método da caixa L, de acordo com a NBR 15823-4:2017. Por fim, realizou-se a determinação da viscosidade pelo método do funil V, de acordo com a NBR 15823-5:2017. A fim de caracterizar as propriedades no estado endurecido dos concretos produzidos, determinou-se a resistência a compressão simples e resistência à tração por compressão diametral, aos 28 dias.

Figura 2 – Ordem de mistura seguida para todos os concretos produzidos



Fonte: Autores (2018)

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Seguindo o método de dosagem Tutikian (2004), fora possível obter as três misturas descritas como objetivos da pesquisa.

Tabela 1 – Consumo dos materiais da dosagem em estudo

Composição das misturas (a=55%)	Dosagem para 1 m³			
	CAA-SA	CAA-RCGM	CAA-AMV	Unidades
Cimento	342,84	360,88	360,88	kg
Areia	622,53	622,53	830,03	kg
Seixo	974,39	974,39	974,39	kg
AMRC	190,47	190,47	190,47	kg
Sílica	18,04	-	-	kg
RCGM	-	91,30	-	kg
AMV	-	-	0,36	kg
SP	2,19	2,19	2,19	L
Água	198,49	198,49	198,49	L
Água de absorção	**43,43**	**43,43**	**43,43**	L

Fonte: Autores (2018)

3.1 Avaliação da autoadensabilidade.

Tabela 2 – Resultados da avalição dos CAA's produzidos

	CAA_SA	CAA_RCGM	CAA_AMV
Espalhamento	SF 1	SF 1	SF 2
Tempo de escoamento	VS 2	VS 2	VS 2
Funil V	VF 1	VF 1	VF 1
Caixa L	Não atendeu	Não atendeu	PL 2
	IEV 1	IEV 1	IEV 1

Índice de estabilidade visual			

Fonte: Autores (2018)

Os concretos produzidos com Sílica Ativa e RCGM tiveram resultados de habilidade passante (H2/H1) de 0,60 e 0,67, respectivamente, sendo 0,8 o requisito mínimo, segundo NBR 15823:2017. EFNARC (2002) propõe fatores que influenciam o desempenho abaixo do esperado nos ensaios para verificação da autoadensabilidade. Para o ensaio da caixa L, por exemplo, os fatores que causam o comportamento inadequado são: alta viscosidade da mistura, alta tensão de cisalhamento e bloqueio das partículas durante a execução do ensaio. Diante disso, o aumento da dosagem de superplasticante, volume de argamassa e pasta são ações corretivas propostas pela EFNARC (2002).

A incorporação dos agregados reciclados influenciou o comportamento inadequado dos concretos produzidos, devido sua elevada taxa de absorção e porosidade que, apesar da compensação de 50% da taxa de absorção ter sido realizada, o AMRC aumentou a viscosidade do concreto autoadensável, dessa forma diminuindo sua habilidade passante. Carro-López (2017) produziu concretos com AMRC e ele cita que houve uma redução da capacidade de preenchimento e capacidade de fluxo ao longo do tempo, conclui que as perdas das propriedades do CAA foram substancialmente mais elevadas à medida que a porcentagem de AMRC aumentou.

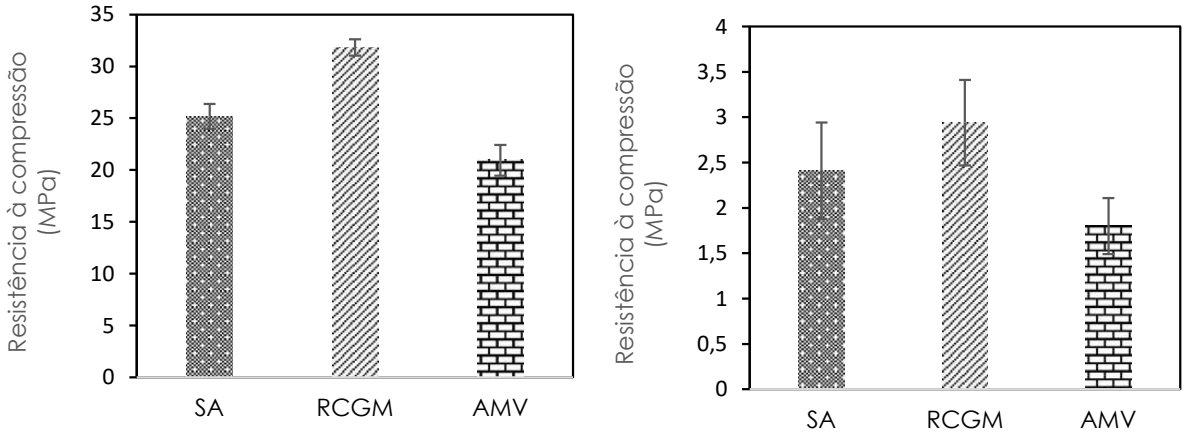
Por outro lado, a mistura com AMV apresentou as melhores propriedades no estado fresco, apresentando boa fluidez, resistência à segregação e habilidade passante. Visto que, este aditivo atua na água da mistura promovendo uma viscosidade moderada por meio de uma formação de rede, que detém a água e que mantêm as partículas finas da mistura suspensas, fornecendo maior coesão e homogeneidade, consequentemente evitando a ocorrência de segregação e exsudação (MARTINS, 2009). Deste modo, se conseguiu conservar a fluidez adquidira pelo uso do aditivo plastificante, enquanto que, para a correção com uso de finos, essa característica foi prejudicada, gerando misturas mais coesas e de maior viscosidade.

3.2 Caracterização no estado endurecido

Aos 28 dias, os corpos de prova cilíndricos (10 x 20) cm, foram ensaiados

segundo a NBR 7215 (ABNT, 1997) e NBR 7222 (ABNT, 2011), cujos resultados são apresentados respectivamente na Figura 4.

Figura 4 – Propriedades mecânicas: Resistência à compressão, n=5; resistência à tração por compressão diametral, n=3; respectivamente. Resultados médios ± desvio padrão.



Fonte: Autores (2018)

A diferença entre os resultados de resistência se justifica pelo fato de que, no método de dosagem ocorreu a adição de finos ou do AMV para correção da consequente segregação, deste modo, quanto maior o consumo dos finos (Tabela 1) maior fora o resultado alcançado de resistência. Além disso, com a substituição de parte do cimento por pozolana, no caso a sílica ativa (SA), os concretos apresentaram menores resistências iniciais, em função das reações pozolânicas serem mais lentas (NETTO, 2006).

4 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como ideia central aproveitar resíduos oriundos da construção civil em concretos autoadensáveis, para isto, limitou-se a substituição de AMRC em 25% para um teor de argamassa de 55%, utilizando diferentes tipos de adições e AMV. Os CAA's produzidos com SA e RCGM não atenderam os requisitos normativos no que tange a habilidade passante, devendo, dessa forma, ser realizados ajustes nas misturas. Somente a mistura com AMV atendeu a todos os requisitos da norma, apresentando boa fluidez, resistência à segregação e habilidade passante.

Portanto, a produção de um CAA com teor de argamassa de 55%, utilizando agregado miúdo reciclado, só foi possível mediante utilização de AMV para lhe conferir viscosidade adequada.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR **15823-1**: Concreto autoadensável, Parte 1: Classificação, controle e recebimento no estado fresco, 2017.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR **15823-1**: Concreto autoadensável, Parte 5: Determinação da viscosidade – Método do funil V, 2017.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR **15823-2**: Concreto autoadensável, Parte 2: Determinação do espalhamento, do tempo de escoamento e do índice de estabilidade visual **–** Método do cone de Abrams. 2017.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR **15823-4**: Concreto autoadensável, Parte 4: Determinação da habilidade passante **–** Métodos da caixa L e da caixa U, 2017.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 6023**: Informação e documentação - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2002a.

ALENCAR, R.; HELENE, P. Concreto auto-adensável de elevada resistência: inovação tecnológica na industria de pré-fabricados. Revista concreto, São Paulo, n.43, p.46-52, jun/ago. 2006.

BOUDALI, S.; ET AL. Performance of self-compacting concrete incorporating recycled concrete fines and aggregates exposed to sulfate attack. In: Construction and Building 124 (2016) 705-713.

CABRAL, A. E. B. Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD. Tese de doutorado, USP-EESC. São Carlos, 2007.

CARRO-LÓPEZ, D.; ET AL. Proportioning, microstructure and fresh properties of self-compacting concrete with recycled sand. In: Procedia Engineering 171 p. 645-657, 2017.

EFNARC -European Federation for Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems. Specification and guidelines for self-compacting concrete. In EFNARC. Fevereiro, 2002.

EFNARC- European Federation for Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems. Guidelines for Viscosity Modifying Admixtures for Concrete. In: EFNARC. Setembro, 2006.

EVANGELISTA, L.; DE BRITO, J. Mechanical behaviour of concrete made with fine recycled concrete aggregates. In: Cement & Concrete Composites 29p. 397-401, 2007.

FOCHS, R. G.; ET AL. Review: métodos experimentais de dosagem de concreto autoadensável (CAA) desenvolvidos no Brasil. Revista Liberato, Novo Hamburgo, v. 14, n. 21, p. 01-112, jan./jun. 2013.

KENAI, S.; DEBBIH, A.; MENADI, B.; KADRI, E.; Effect of coarse and fine recycled aggregates and natural pozzolana on fresh properties of self-compacting concrete. In: The 2014 World Congress on Advances in Civil, Environmental, and Materials Research (ACEM14). Busan, Korea, August 24-28, 2014.

KUMAR, B.M.; ANANTHAN, H.; BALAJI, K.V.A. Experimental studies on utilization of coarse and finer fractions of recycled concrete aggregates in self compacting concrete mixes. In: Journal of Building Engineering 9 p. 100-108, 2017.

LEITE, M.B. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. Tese doutorado, UFRGS. Porto Alegre, 2001.

LEITE, M.B.; CORDEIRO, L.N.P.; MASUERO, A.B.; DAL MOLIN, D.C.C. Proposta de adaptação do procedimento proposto por Leite (2001) para determinação da absorção de agregados reciclados de resíduo de construção demolição. 2011.

MARTINS, E. J.; Procedimento para dosagem de pastas para argamassa auto-nivelante. Dissertação de mestrado, UFPR, Paraná, 2009.

NETTO, R. M.; Materiais pozolânicos. Escola de Engenharia da UFMG. Minas Gerais, 2006.

OKAMURA, H. & OUCHI, M. Self-compacting concrete. In: Journal of advanced Technology Vol. 1, No 1, 5-15, 2003.

TUTIKIAN, B.F. Método para dosagem de concretos auto-adensáveis. Dissertação de mestrado, UFRGS. Porto Alegre, 2004.