



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

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

EFEITOS DA SUBSTITUIÇÃO DE FÍLER CALCÁRIO POR ROCHA FOSFÁTICA NA OBTENÇÃO DE CONCRETO AUTOADENSÁVEL¹

RESENDE, Diego Rodrigues de(1); VIEIRA, Sheilla Pereira (2)

(1) UNIPAM, e-mail: diegorcivil@gmail.com; (2) UNIPAM, e-mail: sheilapv@unipam.edu.br

RESUMO

A utilização do concreto autoadensável (CAA) vem aumentando no Brasil e no mundo, sendo assim, mais estudos são necessários para se obter melhorias em suas propriedades. No CAA a presença de finos é um fator importante para uma boa fluidez e coesão. Neste estudo foram utilizados fílers de rocha calcária e rocha fosfática, como finos. O método de dosagem utilizado na pesquisa foi o de Nan Su. et al (2001) e para avaliação do CAA no estado fresco foram utilizados os métodos de espalhamento, caixa-L e funil-V. Foram moldados corpos-de-prova cilíndricos com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura para ensaios de resistência à compressão, módulo de elasticidade e resistência à tração por compressão diametral. No CAA com substituição do fíler calcário por rocha fosfática nos teores de 25% e 50%, os resultados no estado fresco não atingiram os requisitos exigidos pela NBR 15823-1 (ABNT, 2010). Por outro lado, no estado endurecido a presença da rocha fosfática aumentou consideravelmente a resistência do concreto à compressão, o módulo de elasticidade e a resistência à tração, comparado ao concreto com fíler calcário.

Palavras-chave: Concreto autoadensável. Rocha fosfática. Estado fresco e endurecido.

ABSTRACT

The use of self compacting concrete (SCC) is increasing in Brazil and in the world, thus, further studies are required to achieve improvements in their properties. For the SCC the presence of fine powders is an important factor for a good fluidity and cohesion. In this study were used fillers of limestone rock and phosphate rock, as fine powders. The proportioning method adopted in this research was described in Nan Su. et al (2001) and for evaluating the SCC in the fresh state were used slump flow, L-box and V-funnel methods. Were made concrete cylinders with 10 centimeters diameter, and 20 centimeters high for compressive strength tests, static elastic modulus and indirect stress tensile in diametral compression. In the SCC with replacement of limestone filler for phosphate rock at 25% and 50% content, the results in the fresh state did not reached the requirements of the ABNT NBR 15823-1 (ABNT, 2010). However in the hardened state, the presence of phosphate rock has significantly increased the compressive strength, the elastic modulus and tensile strength of concrete comparatively to SCC with limestone filler.

Keywords: Self-compacting concrete. Phosphate rock. Fresh and hardened states.

¹RESENDE, Diego Rodrigues de; VIEIRA, Sheilla Pereira. Efeitos da substituição de fíler calcário por rocha fosfática na obtenção de concreto autoadensável. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Com origem no Japão, por volta de 1980, o concreto autoadensável (CAA), foi desenvolvido, segundo Isaia (2011), para suprir a deficiência de mão-de-obra qualificada na operação de concretagem e diminuir os problemas identificados na fase de adensamento, que comprometiam a durabilidade das estruturas. Buscando assim, a produção de um concreto com a capacidade de espalhar, quando lançado nos mais diversos modelos de fôrmas e em altas taxas de armação, sem a utilização de vibradores e sem que ocorresse segregação, exsudação e falhas de concretagem.

1.1 Definição

O CAA é definido pela NBR 15823-1 (ABNT, 2010) como o concreto capaz de fluir e autoadensar através de seu peso próprio, preenchendo fôrmas e passando por embutidos (armaduras, dutos e insertos), mantendo sua homogeneidade nas etapas de mistura, lançamento e acabamento.

Durante o lançamento do CAA é possível a suspensão total do uso de vibradores nas obras, gerando menos ruídos, aos funcionários e as edificações vizinhas, diminuindo a mão de obra e seus custos na aplicação. Outra qualidade está na sua produção, o CAA pode ser obtido nas mesmas centrais de concreto convencional, pois utiliza os mesmos materiais: brita, areia, cimento, adições e aditivos.

A produção do concreto autoadensável só foi possível a partir do desenvolvimento de aditivos superplastificantes, os quais possuem como principal característica a garantia de fluidez dos materiais constituintes. Outro ponto relevante é a necessidade das adições minerais, também chamados finos, os quais possuem funções diversas desde a substituição de parte do cimento ou apenas o efeito de fíler. Seu uso proporciona o aumento da viscosidade, preenchimento dos vazios entre os agregados e maior estabilidade na mistura. Dentre as adições mais utilizadas na produção do CAA estão a cinza volante, a pozolana natural, a sílica ativa, a cinza de casca de arroz, o metacaulim, a escória de alto forno e o fíler calcário.

Em alguns casos é necessário o uso de aditivos modificadores de viscosidade na dosagem do CAA. Segundo Tutikian e Dal Molin (2015) este aditivo substitui componentes finos no concreto, diminuindo a área superficial e o consumo de água, dentre suas funções está a melhora da coesão dos materiais, impedindo a segregação e exsudação da mistura. Seu uso é indicado quando há a indisponibilidade de adições minerais no local de produção de CAA.

Os métodos de dosagem do CAA diferem dos utilizados para os concretos convencionais, porém, no geral, também são empíricos. São fundamentados em princípios não comuns que têm como meta o atendimento a propriedades que estabelecem uma relação entre a habilidade das misturas de fluir com facilidade nas fôrmas, independentemente de sua complexidade e dificuldade, e a estabilidade das misturas, que garante a ausência de segregação. (GOMES; BARROS, 2009, p. 67)

1.2 Justificativa

O CAA mesmo com todas as qualidades apresentadas ainda é pouco utilizado nas obras convencionais, devido principalmente, a dificuldade no controle tecnológico exigido desde a escolha e aquisição de materiais, dosagem e lançamento. Assim, o uso se difundiu em grandes obras e nas indústrias de pré-moldados, onde investimentos em controle tecnológico apresentam retorno, tanto técnico quanto financeiro, rapidamente.

Sendo assim é necessário o desenvolvimento de estudos que possam facilitar os critérios de produção, controle e aceitação, como também o uso de diferentes tipos de materiais, principalmente os finos utilizados como adição, de modo a tornar sua dosagem possível de acordo com a disponibilidade de materiais de cada região.

No Brasil com a abundância de minérios disponíveis em todas as regiões, devem ser realizados estudos sobre o potencial de aplicação destes no CAA como adições minerais. Dentre os minérios disponíveis está a rocha fosfática de origem ígnea, com presença de rocha carbonática e minerais micáceos.

Conforme o Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM (2014) o estado de Minas Gerais foi responsável, em 2013, por produzir 49% do fosfato nacional, seguido de Goiás, com 36%, São Paulo, com 10%, Bahia e Tocantins com o restante. Em Minas Gerais, as operações estão localizadas nos municípios de Tapira, Araxá, Patos de Minas e Lagamar, e os municípios mineiros de Patrocínio e Serra do Salitre, apesar das extensas reservas, ainda não iniciaram a produção.

Segundo J.Mendo (2009) o fosfato natural ou rocha fosfática é comercialmente expresso sob a forma de pentóxido de fósforo (P_2O_5). É estimado que aproximadamente 90% da rocha fosfática, sejam consumidos na indústria de fertilizantes, sendo 65% destinado à produção de ácido fosfórico, 35% são consumidos na produção de fertilizantes simples fosfatados. Os outros 10% são utilizados na fabricação de suplementos para ração animal, aditivos para sabões e detergentes, os fósforos, os retardantes de fogo, os inseticidas, produtos das indústrias alimentícias e de higiene pessoal e na indústria metalúrgica na laminação e polimento de metais.

Seu uso na construção civil é pouco difundido, por isso é de fundamental importância a realização de pesquisas, que verifique a viabilidade do uso da rocha fosfática aplicada no CAA, para uso nestas regiões onde há grande disponibilidade.

1.3 Objetivos

O objetivo do presente trabalho é analisar a viabilidade técnica da utilização da rocha fosfática em substituição à parte do filler calcário na elaboração do CAA, definindo o teor ideal para utilização, de acordo com os resultados das resistências à compressão, à tração por compressão diametral e módulo de elasticidade, bem como seu comportamento no estado fresco em atendimento a NBR 15823-1 (ABNT, 2010).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo apresenta-se a caracterização de todos os materiais que foram utilizados na pesquisa, avaliando suas propriedades para utilização no CAA cujos procedimentos para dosagem e produção foram baseados no método de Nan Su et al. (2001).

2.1 Cimento

Para produção do CAA utiliza-se o cimento Portland CP III 40 RS que contém adição de escória no teor de 35% a 70% em massa, conferindo-lhe propriedades como; baixo calor de hidratação, maior impermeabilidade e durabilidade, além de oferecer resistência aos meios agressivos sulfatados. Suas características podem ser verificadas na Tabela 1

Tabela 1 – Caracterização do cimento CP III 40 RS

Item de controle	Unidade	Média
Resistência a 1 dia	MPa	10,5
Resistência aos 3 dias	MPa	21,4
Resistência aos 7 dias	MPa	33,4
Resistência aos 28 dias	MPa	48,2
Resistência aos 63 dias	MPa	51,3
Resistência aos 91 dias	MPa	56,0

Fonte: Adaptado de ABCP (2012, p.17)

2.2 Agregado graúdo

Foi utilizado no experimento, agregado graúdo de origem calcária, encontrada na região do estudo, comercialmente vendida como brita 1. O uso da brita 1 foi atendendo as referências ao uso de agregados de diâmetros menores em CAA. As propriedades analisadas foram absorção e massa específica, massa unitária em estado solto, massa unitária em estado compactado e composição granulométrica. As características dos agregados graúdos estão apresentadas na Tabela 2.

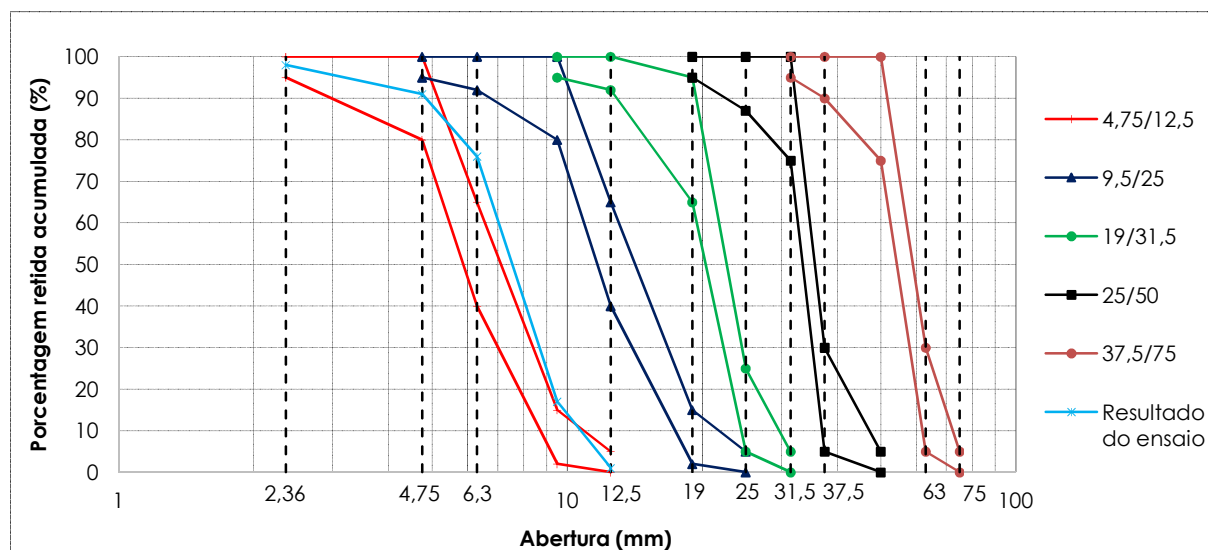
Tabela 2 – Caracterização do agregado graúdo

Amostra 1 (2 Kg)			Amostra 2 (2 Kg)		Média das amostras		
Malha (mm)	Massa ret. (g)	% Massa ret.	Massa ret. (g)	% Massa ret.	Massa ret. (g)	% Massa ret.	% M. ret. Acum.
12,5	31,9	1,6%	24,3	1,2%	28,10	1,4%	1,4%
9,5	349,6	17,5%	324,2	16,2%	336,90	16,9%	18,3%
6,3	1170,6	58,6%	1193,1	59,7%	1181,85	59,1%	77,4%
4,75	302,5	15,1%	308,6	15,4%	305,55	15,3%	92,7%
Fundo	144,6	7,2%	149,3	7,5%	146,95	7,4%	100,0%
Total	1999,2		1999,5				
Diâmetro máximo característico (D _{máx})		Módulo de finura	Massa unitária solta (g/cm ³)		Massa unitária compactada (g/cm ³)	Densidade saturada brita g/cm ³	
12,5		5,74	1,43		1,57	2,7	

Fonte: Os autores

A distribuição granulométrica do agregado graúdo utilizado está apresentada no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Distribuição granulométrica do agregado graúdo



2.3 Agregado miúdo

Foi utilizada a areia lavada de rio, disponível no mercado local. As propriedades analisadas foram massa específica, massa unitária em estado solto, composição granulométrica. As características dos agregados miúdos estão apresentadas na Tabela 3.

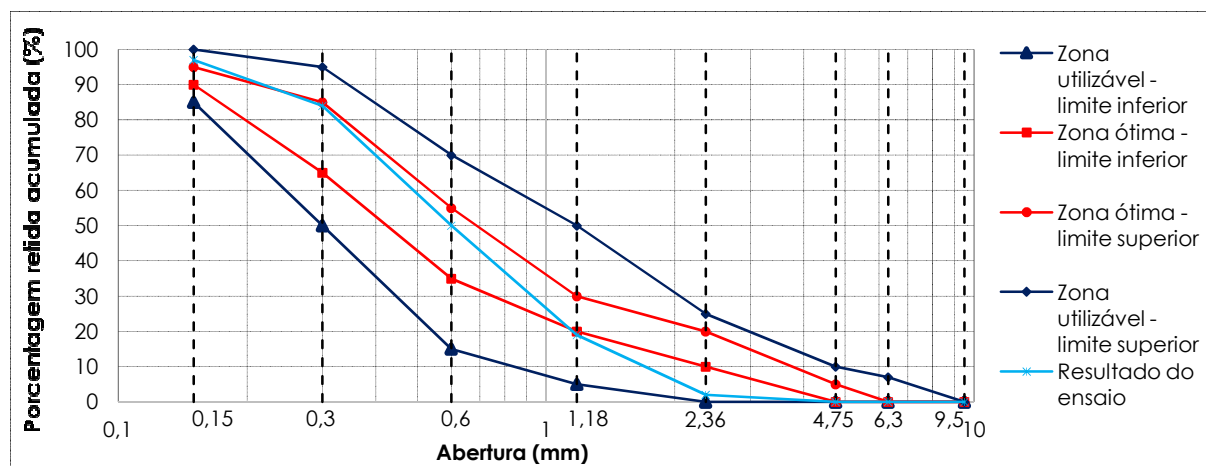
Tabela 3 – Caracterização do agregado miúdo

Amostra 1 (300g)			Amostra 2 (300g)		Média das amostras		
Malha (mm)	Massa ret. (g)	% Massa ret.	Massa ret. (g)	% Massa ret.	Massa ret. (g)	% Massa ret.	% M. ret. Acum.
4,75	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0,0%
2,36	6,5	2,2%	6	2,0%	6,25	2,1%	2,1%
1,18	46,8	15,6%	53,5	17,8%	50,15	16,7%	18,8%
0,63	90,5	30,2%	97,9	32,6%	94,20	31,4%	50,2%
0,3	110,1	36,7%	96,1	32,0%	103,10	34,4%	84,6%
0,15	40,1	13,4%	40,1	13,4%	40,10	13,4%	98,0%
Fundo	5,9	2,0%	6,3	2,1%	6,10	2,0%	100,0%
Total	299,9		299,9				
Diâmetro máximo característico (D _{máx})		Módulo de finura	Massa unitária solta (g/cm³)		Massa unitária compactada (g/cm³)	Massa específica real (g/cm³)	
2,36		2,54	1,49		1,60	2,59	

Fonte: Os autores

A distribuição granulométrica do agregado miúdo utilizado está apresentada no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Distribuição granulométrica do agregado miúdo

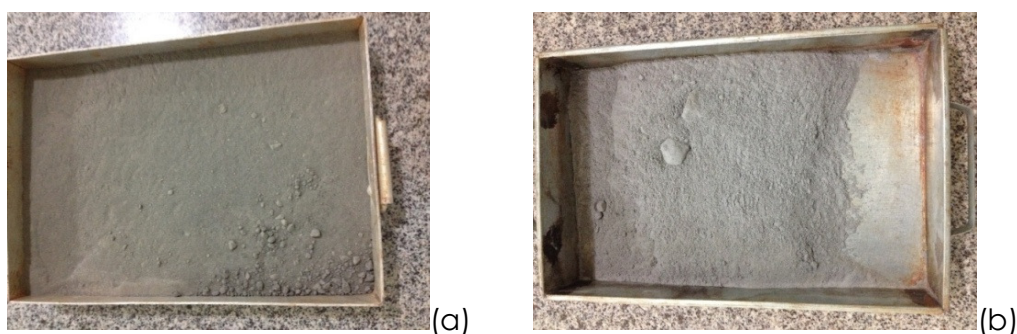


Fonte: Os autores

2.4 Adições

Foi utilizado no experimento como adição mineral dois materiais finos: fíler calcário e rocha fosfática (Figura 1a e Figura 1b). Os dois materiais seguiram a mesma linha de caracterização do item 2.2. As características das adições minerais estão apresentadas na Tabela 4.

Figura 1 - Rocha fosfática (a) e Fíler calcário (b)



Fonte: Os autores

Tabela 4 - Características da rocha fosfática e fíler calcário

Malha (mm)	Granulometria rocha fosfática			Malha (mm)	Granulometria fíler		
	Massa ret. (g)	% Massa ret.	% M. ret. Acum.		Massa ret. (g)	% Massa ret.	% M. ret. Acum.
4,75	0	0,0%	0,0%	4,75	0	0,0%	0,0%
2,36	0,3	0,1%	0,1%	2,36	0	0,0%	0,0%
1,18	1,4	0,5%	0,6%	1,18	0	0,0%	0,0%
0,63	1,4	0,5%	1,0%	0,63	5,2	1,7%	1,7%
0,3	3,2	1,1%	2,1%	0,3	8	2,7%	4,4%
0,15	34,2	11,4%	13,5%	0,15	24,8	8,3%	12,7%
Fundo	259,1	86,5%	100,0%	Fundo	261,7	87,3%	100,0%
Total	299,6			Total	299,7		
Massa específica (g/cm³)			0,34	Massa específica (g/cm³)			2,59

Fonte: Os autores

2.5 Aditivos

Foram utilizados dois aditivos na pesquisa, um superplastificante e um modificador de viscosidade, ambos doados pela fabricante Grace e indicados para o desenvolvimento do CAA. O aditivo superplastificante é um tipo SP II, a base de policarboxilatos contém um alto poder de redução de água e fornece uma excelente manutenção de abatimento e resistência a segregação. O aditivo modificador de viscosidade, a base de biopolímero, aumenta a viscosidade do concreto mantendo seu espalhamento evitando a segregação. Suas características, apresentadas de acordo com o fabricante, encontram-se no Quadro 1.

Quadro 1 - Propriedades do aditivo superplastificante

Fabricante	GRACE	
Nome	ADVA CAST 525	V-MAR 3
Tipo de aditivo	Superplastificante	Modificador de Viscosidade
Base química	Policarboxilatos	Biopolímero
Massa específica	1,040 – 1,060	-
Teor de sólidos	29,00 – 32,00%	-
Aspecto/Cor	Líquido alaranjado	Líquido viscoso de coloração levemente amarelo a cinza.
pH	3,00 – 5,50	-
Dosagem recomendada em massa de cimento	0,4 a 1,2%	0,1 a 0,6%

Fonte: Grace Construction Products (2015)

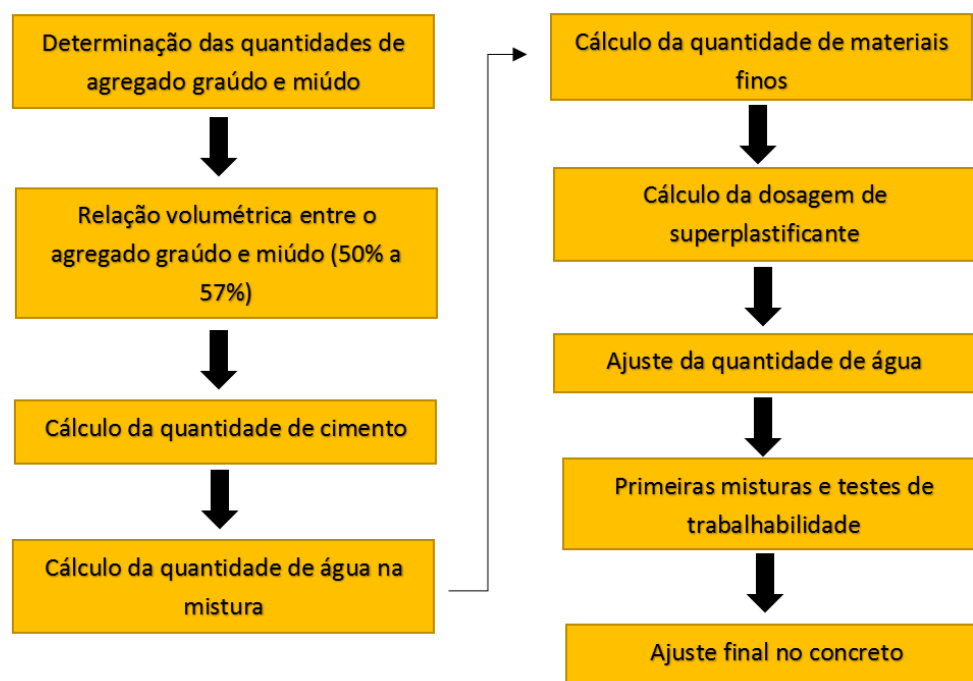
2.6 Água

Foi utilizado na elaboração da pesquisa a água tratada proveniente da rede de abastecimento local.

2.7 Dosagem

A produção do CAA é um desafio para todos que tentam desenvolver pesquisas à seu respeito, pois não é fácil atender a todos os critérios exigidos nas normas com relação as suas propriedades no estado fresco. Para uma sequência vantajosa de procedimentos foi seguido um fluxograma de dosagem pelo método de Nan Su et al. (2001), conforme Figura 2.

Figura 1 - Fluxograma de dosagem pelo método de Nan Su et al. (2001)



Fonte: TUTIKIAN & PACHECO (2008, p. 516)

Após a caracterização de todos os materiais obteve-se os valores para o traço padrão (CAA0F) do CAA com adição de filer calcário e sem adição de rocha fosfática conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Traço padrão definido pelo método de Nan Su et al. (2001)

Traço padrão (CAA0F)	kg/m³	kg
Agregado graúdo	629,19	2,20
Agregado miúdo	735,91	2,58
Cimento	285,71	1,00
Água	142,86	0,50
Finos	89,88	0,31
Aditivo superplastificante	8,00	0,008
Aditivo modificador de viscosidade	6,00	0,006

Fonte: Os autores

Nos traços posteriores foi realizada a substituição de filer calcário por rocha fosfática na ordem de 25% e 50%. No concreto com 25% de rocha fosfática (CAA25F) foi adicionado 0,4% de aditivo superplastificante sobre a massa de cimento e 400 g de água para sua diluição, pois não foi verificado fluidez nos ensaios no estado fresco. Como correção de traço foi adicionado 500 g de cimento e 250 g de água. Já no concreto com 50% de rocha fosfática (CAA50F) os valores de aditivos foram semelhantes ao CAA25F.

Executado os traços foram feitos os ensaios no estado fresco conforme a NBR 15823 (ABNT, 2010) em suas partes 1, 2, 4 e 5 sendo definidos o funil V para a análise da viscosidade, o espalhamento pelo cone de Abrams para fluidez e viscosidade plástica aparente e caixa L para avaliação da habilidade passante.

Foram moldados corpos-de-prova cilíndricos (10x20 cm) e estocados em câmara úmida após 24 horas da execução do traço para que os testes de resistência à compressão aos 3, 7, 14, 28 e 90 dias, resistência à tração por compressão diametral e módulo elástico aos 21 dias.

3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Com base nos resultados ficou constatado que a presença da rocha fosfática nas proporções usadas prejudicou as propriedades de autoadensabilidade do CAA no estado fresco, conforme é visto na Figura 3 e na Tabela 6.

Figura 3 – Ensaios no CAA em estado fresco (a) CAA0F, (b) CAA25F, (c) CAA50F



Fonte: Os autores

Tabela 6 – Resultados dos ensaios do concreto no estado fresco

CONCRETO	T500 (s)	ESPALHAMENTO (mm)	FUNIL V (s)	CAIXA L (H2/H1)
CAA0F	2,27	665	8,12	0,81
CAA25F	Não atingido	435	13,28	Não atingido
CAA50F	Não atingido	430	16,13	0,85

Fonte: Os autores

Segundo Gomes e Barros (2009), os valores esperados para que o concreto seja autoadensável estão citados conforme o Quadro 2.

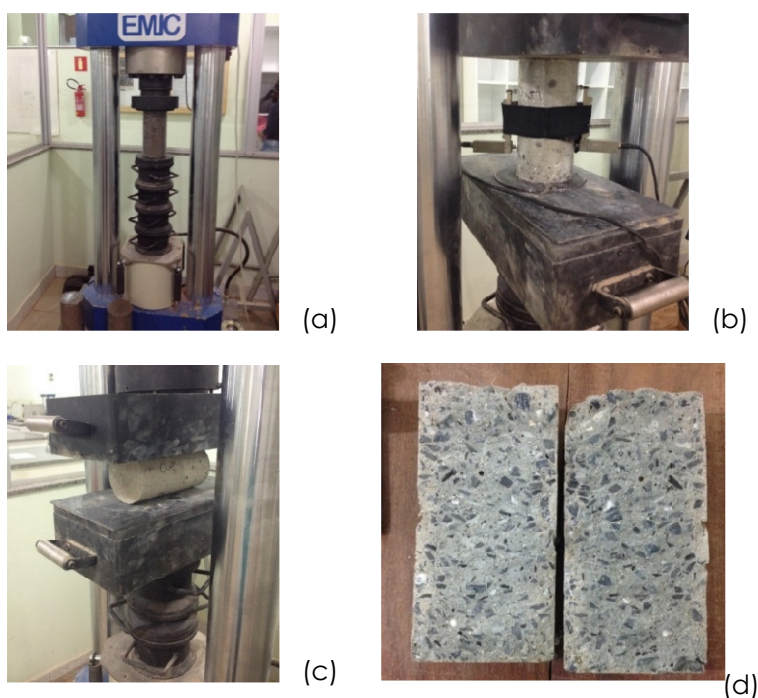
Quadro 2 – Faixa dos parâmetros dos ensaios de autoadensamento

Propriedades	Ensaio	Parâmetros	Faixa
Capacidade de preenchimento	Teste de espalhamento	Dfinal	600 a 800 mm
		T500	2 a 7 s
	Funil V	Tv	6 a 15 s
Capacidade de passagem	Caixa L	H2/H1	≥ 0,80

Fonte: Adaptado GOMES & BARROS (2009, p.48)

Nas datas pré-determinadas foram realizados os ensaios no estado endurecido, a Figura 4 mostra as amostras sendo ensaiadas.

Figura 4 – Ensaios no CAA em estado endurecido (a) resistência à compressão, (b) módulo de elasticidade, (c) tração, (d) vista interna do corpo de prova



Fonte: Os autores

No Quadro 3 apresentam-se os valores da resistência média e o maior dos dois valores obtidos no ensaio de resistência à compressão, à tração por compressão diametral e os valores do módulo de elasticidade dos CAA. Em geral, as misturas com substituição de fíler calcário por rocha fosfática e para idades superiores apresentaram maiores resistência à compressão e a tração que a mistura CAA0F, sendo: a mistura CAA25F teve aumentos de 43,4% na resistência à compressão, 67,9% na resistência à tração e 1,5% no módulo de elasticidade; na mistura CAA50F os correspondentes aumentos foram de 22,7%, 25,0% e uma queda de 2,1% no módulo de elasticidade.

Quadro 3 - Resultados dos ensaios no concreto endurecido

Dias	Maior valor resistência à compressão (MPa)	Resistência à compressão média (MPa)	Desvio padrão	Resistência à tração (MPa)	Modúlo de Elasticidade (GPa)
Concreto padrão 0%(CAA0F)					
3	21,4	20,4	1,5	-	-
7	25,3	24,8	0,8	-	-
14	29,6	28,9	1,1	-	-
21	20,0*	19,8	0,4	2,8	34,1
28	33,6	30,9	3,9	-	-
90	34,8	33,9	1,3	-	-
Concreto com 25% de rocha fosfática (CAA25F)					
3	17,4	17,0	0,6	-	-
7	29,7	29,5	0,3	-	-
14	40,8	40,5	0,5	-	-
21	35,6*	33,3	3,3	4,7	34,6
28	44,7	43,5	1,8	-	-
90	49,9	46,3	5,2	-	-
Concreto com 50% de rocha fosfática (CAA50F)					
3	13,4	13,2	0,3	-	-
7	34,8	32,8	2,8	-	-
14	40,0	38,6	2,1	-	-
21	41,0*	36,7	6,2	3,5	33,4
28	37,2	36,5	1,0	-	-
90	42,7	39,6	4,4	-	-

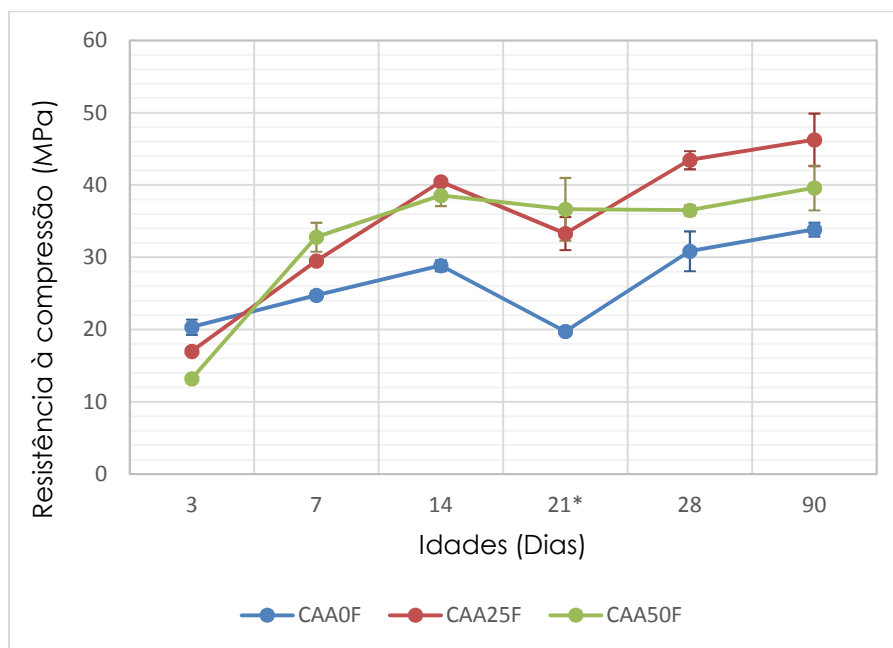
*Resistência à compressão obtida após o ensaio de elasticidade.

Fonte: Os autores

Assim como no estudo de Tutikian & Pacheco (2008), pelo método escolhido para dosagem do concreto, o valor calculado de resistência à compressão não foi atingido aos 28 e 90 dias. Nesse trabalho o valor calculado foi de 40 MPa para o CAA0F e o máximo obtido foi de 34,8 MPa.

No Gráfico 3 é possível verificar as médias das resistências à compressão e a barra de erro correspondente ao desvio padrão em torno da média, em relação à idade de rompimento dos exemplares. Cada exemplar é constituído por dois corpos de prova da mesma amassada.

Gráfico 3 – Resistência à compressão do concreto no estado endurecido



Fonte: Os autores

5 CONCLUSÕES

Após análise dos resultados obtidos no estudo experimental é possível apresentar as seguintes considerações no que se refere a obtenção do CAA com substituição de filer calcário por rocha fosfática, no estado fresco e no estado endurecido:

(a) A trabalhabilidade das misturas diminui com o aumento da substituição de filer calcário por rocha fosfática, em geral, sendo necessário aumentar a dosagem inicial de superplastificante.

(b) As porcentagens definidas de rocha fosfática e o método de dosagem utilizado no CAA, não atingiram as propriedades desejadas no estado fresco, fato que pode ser explicado pela diferença de granulometria, se comparado ao filer calcário.

(c) Nas misturas CAA0F e CAA50F o valor calculado de resistência à compressão, 40 MPa, não foi atingido aos 28 dias, destacando-se que a mistura CAA25F atingiu boa resistência à compressão, 44,7 MPa, 11,8% a mais que o valor calculado.

(d) Com a substituição de filer calcário por rocha fosfática no CAA25F, obteve-se os melhores resultados de resistência à compressão, resistência à tração e módulo de elasticidade superando, respectivamente, em 43,4%, 67,9% e 1,5%, o CAA0F aos 90 dias.

(e) As amostras submetidas ao ensaio de resistência à compressão aos 21 dias foram ensaiadas anteriormente para obtenção do módulo de elasticidade e por isso apresentaram resultados menores do que 14 dias para as misturas CAA0F e CAA25F.

(f) Os resultados da resistência à compressão para 14, 28 e 90 dias referentes a mistura CAA50F obtiveram valores que não diferem estatisticamente, não apresentando a evolução esperada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) pela doação dos materiais e disponibilização do Laboratório de Tecnologia de Materiais de Construção do Curso de Engenharia Civil; à Vale Fertilizantes pela doação da rocha fosfática e à Grace pela doação do aditivo superplastificante.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – ABCP. **Guia básico de utilização do Cimento Portland**. 8.ed. rev. atual. ampl. São Paulo, 2012. 40p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823-1**: Concreto auto-adensável: Classificação, controle e aceitação no estado fresco. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

_____. **NBR 15823-2**: Concreto auto-adensável: Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento – Método do cone de Abrams. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

_____. **NBR 15823-4**: Concreto auto-adensável: Determinação da habilidade passante – Método da caixa L. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

_____. **NBR 15823-5**: Concreto auto-adensável: Determinação da viscosidade – Método do funil V. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM. **Fosfato - Sumário Mineral 2014**. Brasília. Publicado em 2015, Ano-Base 2013. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/fosfato-sumario-mineral-2014/view>>. Acesso em 20 abr. 2016.

GOMES, P.C.C.; BARROS, A.R. **Métodos de dosagem de concreto autoadensável**. São Paulo: PINI, 2009.

Grace Construction Products. **Superplastificante Redutor de Água - ADVA™**, 2015. Disponível em: <<https://gcpat.com/construction/pt-br/solucoes-para-concreto/ADVA>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

ISAIA, G.C. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. São Paulo, IBRACON, 2011. 1v. e 2v.

J.MENDO. **Relatório técnico 53: Perfil do Fosfato**, 2009. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P29_RT53_Perfil_do_Fosfato.pdf/48caf3fe-b399-4032-9337-d63ce39b218d>. Acesso em: 25 mar. 2016.

SU, N.; HSU, K.C.; CHAI, H.W. **A simplemixdesignmethod for self-compacting concrete**. In: Cement and Concrete Research, n. 31, p. 1799-1807, 2001.

TUTIKIAN, B. F.; DAL MOLIN, D. C. **Concreto autoadensável**. 2.ed. São Paulo: PINI, 2015.

TUTIKIAN, B. F.; PACHECO, M. **Revista IBRACON de estruturas e materiais** – Concreto auto-adensável (CAA) – comparativo entre métodos de dosagem. p.500-529. São Paulo, 2008.