

Comportamento de concretos autoadensáveis formulados com cimentos à base de escória: uma comparação entre álcali ativados (CAT) e supersulfatados (CSS)

Behavior of self-compacting concretes formulated with slag-based cements: a comparison between alkali activated (AAC) and supersulfated (SSC)

Darlan Fabrício Mantelli
mantelli@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

Caroline Angulski Da Luz
angulski@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

Paulo Henrique Bortolozzo
paulobortolozzo@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

Recebido: 31 ago 2018
Aprovado: 04 out 2018

RESUMO

Atualmente a pressão para reduzir os impactos ambientais e preservar o meio ambiente é muito alta, com destaque significativo para a indústria da construção civil, que gera grande parte dessa poluição. Para isso, alguns estudos vêm ganhando destaque, é o caso dos cimentos especiais, compostos da reutilização de resíduos industriais. O objetivo deste trabalho é avaliar os resultados obtidos no estudo de concretos autoadensáveis formulados com cimentos álcali ativados (CAT) e cimentos supersulfatados (CSS). Esses cimentos são obtidos através do uso de escória de alto forno, resíduo produzido na fabricação do aço. Para o cimento supersulfatado foi possível realizar os ensaios, pois o concreto obteve as características de auto-adensabilidade. Já para o concreto utilizando cimento álcali ativado, após diversas tentativas, não foram apresentadas características de auto-adensabilidade. Concluiu-se então que o cimento supersulfatado é o mais indicado para o uso em concretos autoadensáveis, já que o cimento álcali-ativado não apresenta as propriedades necessárias para ser classificado como autoadensável.

PALAVRAS-CHAVE: concreto autoadensável, cimento supersulfatado, cimento álcali-ativado.

ABSTRACT

Currently the pressure to reduce environmental impacts and preserve the environment is very high, with significant emphasis on the construction industry, which generates great pollution damage. For this, some studies are gaining prominence that is the case of special cements, composed of the reuse of industrial waste. The objective of this work is to evaluate the results obtained in the study of self-compacting concretes formulated with activated alkali cements (CAT) and supersulfated cements (CSS). These cements are obtained through the use of blast furnace slag, residue produced in the manufacture of steel. For the supersulfated cement it was possible to carry out the tests, since the concrete obtained the characteristics of self-compacting. For the concrete using activated alkali cement, after several attempts, it did not present necessary flow. It was concluded that the supersulfated cement is the most suitable for use in self-compacting concrete, since the alkali-activated cement does not have the necessary characteristics to be classified as self-compacting.

KEYWORDS: self-compacting concrete, alkali activated cement, supersulfated cement.

Recebido: 04 ago 2018.
Aprovado: 104 out 2018.

Direito autoral:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

A pressão para redução dos impactos ambientais vem aumentando e uma das soluções que vem ganhando destaque são os cimentos especiais, que são compostos da reutilização de resíduos industriais, como por exemplo, cimentos à base de escórias de alto forno.

O cimento supersulfatado (CSS) é produzido pela moagem conjunta de escória de alto forno, sulfato de cálcio e clínquer Portland. Possui características como baixo calor de hidratação e resistência a ataques por sulfatos. (NEVILLE, 2016)

Os cimentos álcali ativados são aglomerantes produzidos a partir da ativação da matéria-prima por soluções alcalinas, como hidróxidos e silicatos. Matérias-primas ricas em cálcio, como a escória de alto forno, produzem materiais cujo principal composto hidratado é o C-S-H. (LANGARO, 2016)

Com a utilização do aglomerante sendo unicamente a escória, seria possível produzir um cimento com menor energia, menor custo e reutilizando os resíduos da indústria siderúrgica, ou seja, mais sustentável. No entanto, a literatura ainda apresenta poucos estudos utilizando cimentos especiais (CSS e CAT) na obtenção de concretos autoadensáveis. Podemos destacar os estudos recentes de Homrich (2018) e os estudos em pasta de Jang et. al (2014).

Este estudo busca inserir os cimentos especiais na obtenção do concreto autoadensável, podendo avaliar e comparar os resultados de resistência à compressão entre os dois cimentos.

O concreto autoadensável é visto como uma das grandes novas tecnologias do concreto nas últimas décadas. Surgiu da necessidade de se obter estruturas mais duráveis, com economia e menor tempo de execução, tendo em vista a proporção otimizada dos materiais e a ausência da necessidade do adensamento mecânico do concreto. (GOMES e BARROS, 2009).

MATERIAIS E MÉTODOS

O cimento supersulfatado utilizado foi dosado através de composição, onde 95% do cimento é formado por escória de alto forno básica e fonte de sulfato de cálcio e 5% é referente ao CP V-ARI, que foi utilizado como ativador alcalino. O material utilizado como fonte de sulfato de cálcio foi o Fosfogesso, que passou por calcinação durante 1 hora em forno mufla, à temperatura de 350°C e taxa de aquecimento de 50C^o/min.

O cimento álcali-ativado foi dosado através de composição, onde utilizou-se 95% de escória ácida e 5% do ativador alcalino, neste caso foi o hidróxido de sódio em pérolas da marca Enersoda 99. Pois, segundo Langaro (2016), apresentou os melhores resultados de resistência.

A caracterização dos materiais é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização dos materiais

Óxidos (%)	Escória A	Escória B	Fosfogesso	CP V ARI
SiO ₂	38,1	34,7	1	22,38
Al ₂ O ₃	13,9	8,9	0,3	6,45
CaO	37	47,5	38,5	54,75
MgO	6,2	4,3	0,2	4,66
SO ₃	0,1	1,6	46,8	2,68
Na ₂ O	-	0,1	-	-
K ₂ O	-	0,4	0,1	-
TiO ₂	0,8	0,5	-	-
MnO	1,1	0,9	-	-
Fe ₂ O ₃	1,3	0,6	0,2	3,41
ρ (g/cm ³)	2,76	2,92		
Blaine (cm ² /g)	4307	5087	-	4743

Fonte: Autoria própria (2018)

A composição dos dois cimentos é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição dos cimentos especiais

	Materiais	Teor Efetivo (%)
CSS (HOMRICH,2018)	Escória Básica	80,75
	Fosfogesso	14,25
	Ativador Alcalino	5
CAT (LANGARO, 2016)	Escória Ácida	95
	Ativador Alcalino	5

Fonte: Autoria própria (2018)

Para os dois concretos o agregado miúdo utilizado foi a areia natural e para o agregado graúdo utilizou-se a brita passante na peneira 12,5mm e retida na peneira 4,75mm, de acordo com a NBR NM 248. Também foi utilizado uma adição mineral de filler calcário com massa específica de 2,57 g/cm³ conforme NBR NM 76.

O aditivo utilizado no CSS foi o superplastificante Tec Flow 7030 (poli-carboxilato), fornecidos pela empresa Grace e, conforme ficha técnica fornecida pelo fabricante, atende à ABNT NBR 11768.

Já no CAT, os aditivos superplastificantes utilizados foram: Tec Flow 8000 (poli-carboxilato), Daracem 19 (naftaleno sulfonado) e Mira Set 63 (lignosulfonato) também fornecidos pela empresa Grace.

Para a dosagem dos concretos foi utilizado um traço piloto, encontrado através do método de Gomes et al. (2002; 2003). O traço unitário proporcionado em massa dos dois concretos é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Composição dos cimentos especiais

Tipo	Cimento	Agregado Miúdo	Agregado Graúdo	Água	Aditivo (% da massa de cimento)	Filler Calcário (% da massa de cimento)
CSS	1	2	2	0,4	1,2	10
CAT	1	2	2	0,4	1,2	10

Fonte: Autoria Própria (2018)

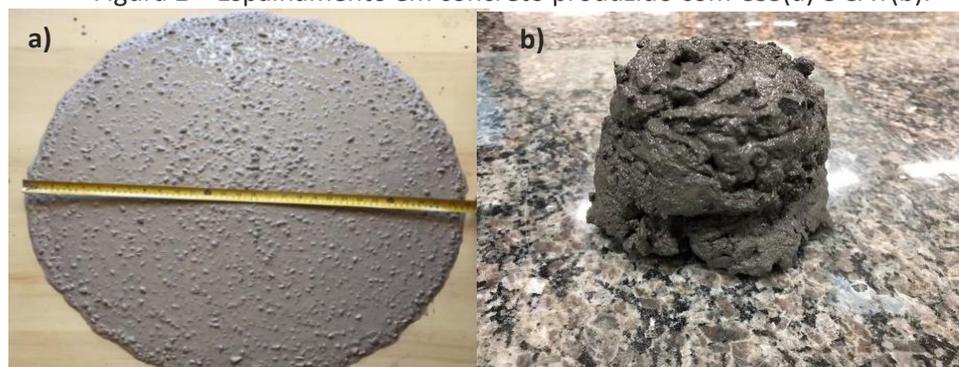
A mistura da dosagem foi realizada em argamassadeira, onde iniciou pelo agregado miúdo e metade da água, misturando por um minuto, após adicionou o cimento e o filler e misturou por mais um minuto, então acrescentou o agregado graúdo e a outra metade da água, misturando também por um minuto. Realizou um descanso de dois minutos e então foi adicionado o aditivo superplastificante e misturado tudo por três minutos.

Após a dosagem moldou-se corpos de prova prismáticos (4x4x16cm) em triplicata. Os corpos de prova ficaram em cura com temperatura e umidade controlada. Então, foram realizados ensaios de resistência à compressão aos 7, 28 e 56 dias, conforme a NBR 7215 (1996).

RESULTADOS

As características de auto-adensabilidade só foram apresentadas no CAA utilizando o CSS. O concreto utilizando CAT não apresentou as características necessárias para caracterizá-lo como autoadensável. Foram realizadas diversas tentativas, utilizou-se aditivos com bases diferentes e mudou o procedimento de mistura, os concretos apresentaram pouca fluidez. O pior resultado foi utilizando o aditivo Tec Flow 8000 à base de Policarboxilato. Mesmo havendo pouca diferença, o melhor resultado foi utilizando o aditivo Mira Set 63 da empresa Grace que é à base de Lignossulfonato. Porém o espalhamento obtido ainda não o classifica como concreto auto adensável e por isso não foi possível realizar os ensaios de resistência e então compará-lo com o CSS. Na Figura 1 é apresentado a diferença do espalhamento para o concreto com CSS e com CAT, respectivamente.

Figura 1 – Espalhamento em concreto produzido com CSS(a) e CAT(b).

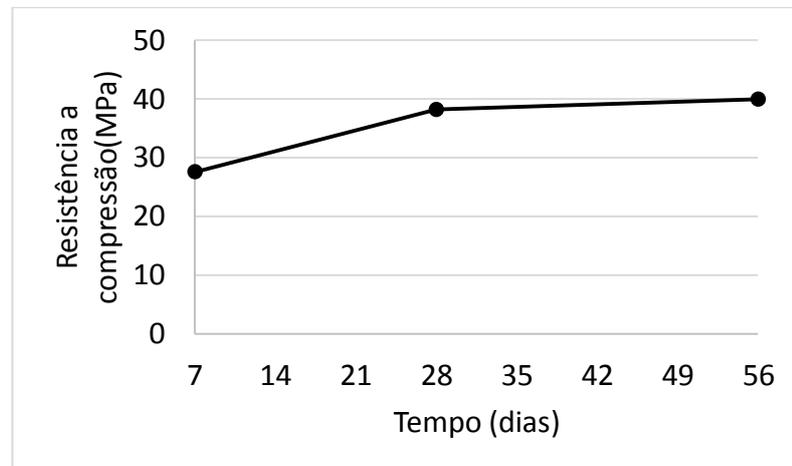


Fonte: Aatoria Própria (2018)

Também foi realizado um teste retirando o hidróxido de sódio como ativador do CAT, para verificar se acontecia alguma reação entre o ativador alcalino e os materiais empregados, porém ainda assim não houve aumento de fluidez.

No entanto, para o concreto produzido com CSS os resultados da resistência à compressão são apresentados na Figura 2 através do gráfico obtido pelas médias dos resultados encontrados em cada idade.

Figura 2- Resistência à compressão do CAA utilizando CSS.



Fonte: Autoria Própria (2018)

Pode-se observar que aos 7 dias a resistência apresentada foi de aproximadamente 30 MPa, já aos 28 dias o concreto apresentou resistência de aproximadamente 40MPa, isso possibilita a utilização deste material para diversos fins da engenharia, tendo em vista que se enquadra na classe de resistência C30, de acordo com a NBR 8953 - Concreto para fins estruturais (2015), e, portanto, pode ser utilizado em aplicações que estejam enquadradas até a classe de agressividade ambiental III, conforme NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento (2014).

CONCLUSÃO

Pôde-se verificar que o CSS apresentou bons resultados de auto-adensabilidade e resistência na utilização para CAA. Já o CAT, mesmo após algumas tentativas não ficou autoadensável, o que impossibilitou uma comparação entre os concretos utilizando cimentos especiais deste trabalho. Entende-se que o melhor caminho na obtenção de concreto autoadensável utilizando os cimentos especiais é a utilização do cimento supersulfatado, pois este atingiu as características de auto-adensabilidade e também se enquadrou na classe de resistência C30 da NBR 8953, sendo classificado na classe de agressividade III da norma e podendo ser aplicável nas situações da engenharia.

Percebe-se que na literatura existem poucos trabalhos que utilizam CAT e há uma necessidade de encontrar uma compatibilidade entre o CAT no CAA, pelos resultados apresentados. No trabalho de Jang. et al (2014) as pastas também apresentaram problemas na fluidez, porém o melhor resultado foi com o aditivo à base de policarboxilato, o que difere dos resultados obtidos neste trabalho. Ainda, segundo Jang. et al (2014) isso pode estar relacionado com a alcalinidade da solução de ativador que pode afetar a adsorção entre o superplastificante e a escória.



Conclui-se que o CAT ainda necessita de mais estudos para saber qual é a causa de não apresentar a fluidez necessária para ser caracterizado como concreto autoadensável, podendo assim avaliar suas propriedades e compará-las com o CSS.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: **Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro: [s.n.], 1996

___ NBR NM 248: **Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2003.

___ NBR NM 76: **Cimento Portland - Determinação da finura pelo método de Blaine**. Rio de Janeiro: [s.n.], 1998.

___ NBR 11768: **Aditivos para concreto de Cimento Portland**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2011.

___ NBR 8953: **Concreto para fins estruturais**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2015.

___ NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2003.

GOMES, P. C. C.; BARROS, A. R. D. **Métodos de dosagem de concreto auto adensável**. São Paulo: Pini, 2009.

HOMRICH, J. T. O. **Avaliação do comportamento do cimento supersulfatado em concreto autoadensável**. 2018. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018.

JANG, J.G.; LEE, N.K.; LEE, H.K. **Fresh and hardened properties of álcali-activated fly ash/slag pastes with superplasticizers**. Construction and Building Materials. v. 50, p. 169-176, 2014.

LANGARO, E. A.. **Cimento álcali ativado a partir da valorização da escória de alto forno a carvão vegetal**. 2016. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 5ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à professora orientadora desse trabalho Profª Dra. Caroline Angulski da Luz, pela disponibilidade, suporte e incentivo; Aos mestres Jefferson e Guilherme, pela parceria e auxílio nesse estudo; A todos os colegas do grupo de



pesquisa e laboratório, em especial ao Paulo, Letícia, Mariana e Andreza que prestaram auxílio e incentivo sempre que preciso.