



## Efeito da adição de cinza da biomassa da cana-de-açúcar como finos no concreto auto-adensável

*Effect of addition the sugar cane biomass ash in concrete self-compacting*

ANJOS, M. A. S.(1); MOREIRA, H. P. (2); BORJA, E. V. (3); PEREIRA, A. C. (4); NETO, C. A. (5)

(1) Professor Doutor, Diretoria Acadêmica de Construção Civil – IFRN, Av. Salgado Filho, 1159 Morro Branco CEP 59.000-000, Natal-RN, E-mail: marcos.anjos@ifrn.edu.br

(2) Bolsista de IC-PIBIT, Curso de Tecnologia em Construção de edifícios – IFRN Av. Salgado Filho, 1159 Morro Branco CEP 59.000-000, Natal-RN

(3) Professor Mestre, Departamento Acadêmico de Construção Civil – IFRN

(4) Professor Doutor, Departamento Acadêmico de Construção Civil – IFRN

(5) Técnico de laboratório de Tecnologia em Construção de edifícios – IFRN

### Resumo

O concreto auto-adensável (CAA) é definido como um concreto fluido que pode ser moldado in loco sem vibração para formar um produto livre de vazios e falhas (MEHTA e MONTEIRO, 2008), e que apresente ainda, capacidade de fluxo através do seu peso próprio preenchendo completamente as fôrmas e atingindo a compactação mesmo em estruturas densamente armadas, o concreto resultante é denso, homogêneo e com as mesmas propriedades de resistência e durabilidade de concretos convencionais compactados (EFNARC, 2005). O presente trabalho apresenta o efeito da adição de cinza de biomassa da cana-de-açúcar no comportamento no estado fluido e endurecido do concreto auto-adensável. A avaliação foi feita através da produção de quatro traços: traço de referência, sem adição; traço com a substituição parcial de 20% do cimento por cinza, traço com a substituição de 20% de areia por cinza, traço com adição de aditivo modificador de viscosidade. A avaliação do comportamento no estado fluído foi feita através de ensaios de slump test, espalhamento – T500 (slump flow) e tempo de escoamento no funil “V”, após esses ensaios foram moldados corpos de provas para avaliar a resistência à compressão e os índices físicos. Verificou-se que a adição de cinza de biomassa melhorou o comportamento do concreto no estado fluido, tornando o concreto mais coeso, e que os traços analisados atendem aos requisitos para concretos auto-adensáveis. A adição da cinza da biomassa da cana-de-açúcar melhorou a resistência à compressão e os índices físicos dos concretos analisados.

*Palavra-Chave: Concreto auto-adensável, cinza de biomassa da cana-de-açúcar, comportamento no estado fluido e endurecido*

### Abstract

Concrete self-compacting (CSC) is defined as a fluid concrete molded without vibration to form a product free of voids and faults (MEHTA and MONTEIRO, 2008), and to present further ability to flow through its own weight completely filling the molds, the concrete result is denser, homogeneous and with the same properties of strength and durability of conventional concrete (EFNARC, 2005). This paper presents the effect of the addition of cane sugar biomass ash on behavior in a fluid state and hardened concrete self-compacting. The evaluation was made through the production of four concretes: reference concrete, without addition; concrete with partial replacement of 20% of cement by ash; concrete with replacement of 20% sand by ash and concrete with admixture of viscosity modifier. The behavior in the fluid state was determined by testing the slump test, slump flow spreading – T500, V-funnel. Behavior in the hardened state was determined by compression tests and physical indices. It was found that the addition of biomass ash improved the behavior of concrete in a fluid state, making concrete more cohesive, and that the concretes analyzed meet the specific requirements for self-compacting. The addition of cane sugar biomass ash has improved the compressive strength and the physical characteristics of concrete analysis.

*Keywords: Concrete self-compacting; cane sugar biomass ash; behavior in fluid state and hardened concrete self-compacting*



## 1. Introdução

O concreto auto-adensável (CAA) é definido como um concreto fluido que pode ser moldado *in loco* sem vibração para formar um produto livre de vazios e falhas (MEHTA e MONTEIRO, 2008), e que apresente ainda, capacidade de fluxo através do seu peso próprio preenchendo completamente as fôrmas e atingindo a compactação mesmo em estruturas densamente armadas, o concreto resultante é denso, homogêneo e com as mesmas propriedades de resistência e durabilidade de concretos convencionais compactados (EFNARC, 2005).

Apesar de estar se difundindo por vários países e ampliando o seu potencial de aplicação, o concreto auto-adensável ainda carece de muitas pesquisas, com o intuito de acrescentar maiores conhecimentos das propriedades mecânicas e da microestrutura do concreto auto-adensável produzido com finos e adições minerais pozolânicas (ARAÚJO, et al. 2008).

As principais adições minerais utilizadas em concretos auto-adensáveis são a metacaulim, o *filler* calcário, a sílica ativa e as cinzas volantes (MEHTA & MONTEIRO, 1994; TUTIKIAN & DAL MOLIN, 2008; VELASCO, 2008; ARAÚJO, et al, 2008).

Recentemente, os resíduos de biomassa da cana-de-açúcar da indústria sucroalcooleira têm despertado interesse devido a sua disponibilidade crescente, e sua composição química que apresenta em sua composição alto teor de sílica, o que os tornam uma fonte suplementar de aditivo mineral para a produção de materiais cimentícios (ANJOS & MARTINELLI, 2008).

A adição de cinza de biomassa da cana-de-açúcar pode suprir a necessidade de finos em concretos auto-adensáveis, tornando o mesmo mais coeso e sem exsudação sem a necessidade do uso de aditivos modificadores de viscosidade, e ainda proporcionar uma maior durabilidade ao mesmo, devido a reação pozolânica que a cinza de biomassa da cana-de-açúcar pode proporcionar.

## 2. Programa experimental

Este trabalho procurou verificar a influência da adição de cinza de biomassa da cana-de-açúcar (CBC) e de um aditivo modificador de viscosidade nas propriedades do concreto auto-adensável no estado fresco e endurecido, para tanto se partiu de um traço padrão de concreto convencional (CCV) com slump de  $200 \pm 20$  mm e através de modificações no teor de argamassa e a inclusão de CBC em percentuais de 20% substituindo parcialmente o cimento ou a areia, realizou-se os ensaios dos concretos no estado fluido e endurecido.

### Materiais empregados

1. Cimento: Portland CP II F 32.
2. Agregado miúdo

3. Agregado graúdo: brita granítica 19 mm e 6,3 mm
4. Aditivos químicos: plastificantes e super-plastificantes gentilmente cedidos pela BASF.
5. Cinza da biomassa da cana-de-açúcar, gentilmente cedida pela usina Estivas, Arez-RN.

O resíduo do bagaço da cana-de-açúcar foi coletado após a limpeza dos fornos de queima da biomassa para geração de energia na usina Estivas, localizada no município de Aréz no Estado do Rio Grande do Norte. O resíduo coletado foi seco em estufa a temperatura de 100°C e em seguida passou por um processo de moagem a seco, durante três horas, em um moinho cilíndrico, obtendo-se a cinza de biomassa da cana-de-açúcar com granulometria mostrada na figura 1.

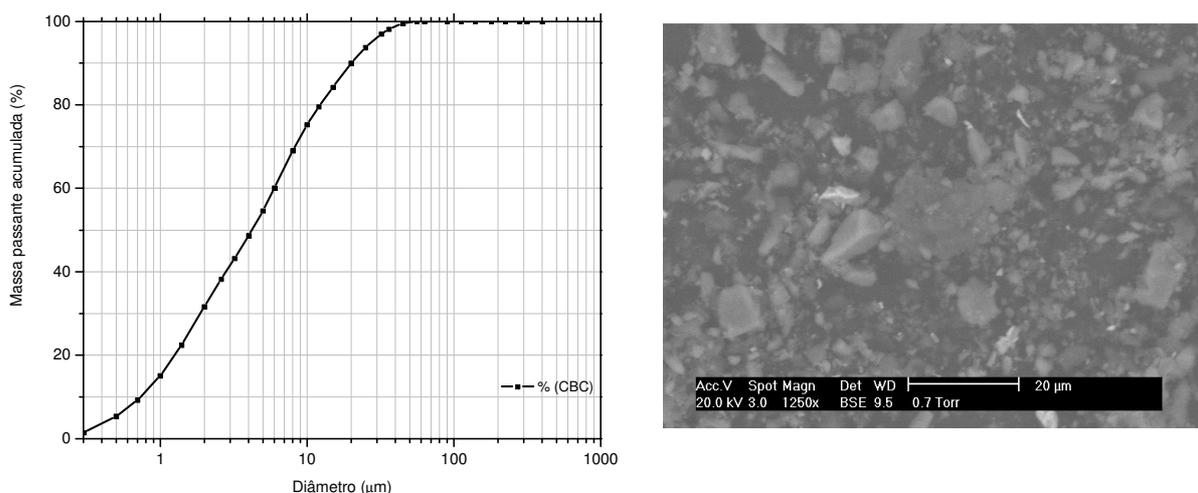


Figura 1 – Granulometria da cinza de biomassa da cana-de-açúcar

Tabela 1 – Composição química da cinza de biomassa da cana-de-açúcar realizada por espectroscopia de fluorescência de raios X

Composição	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	PF
Teor (%)	70,02	5,35	9,19	0,47	3,15	2,63	2,26	2,03	18,9

Tabela 2 – Caracterização dos materiais

	Areia	Brita 1	Brita 2	Cimento	CBC	MK
Massa específica	2,60 g/cm <sup>3</sup>	2,58 g/cm <sup>3</sup>	2,45 g/cm <sup>3</sup>	2,94 g/cm <sup>3</sup>	2,49 g/cm <sup>3</sup>	2,56 g/cm <sup>3</sup>
Diâmetro máximo	2,4 mm	19 mm	6,3 mm	-	-	-
Módulo de finura	3,0	5,7	6,8	-	-	-
Resíduo na peneira 45 µm	-	-	-	-	2%	-

## Mistura

A mistura foi realizada em uma betoneira de eixo vertical com capacidade de 120 litros (figura 2), sendo realizada na seguinte sequência:

- agregados + água de absorção (em torno de 30% da água total), misturados por 30 segundos
- depois adição do cimento + cinza da biomassa (CBC) e misturados por 1 minuto;
- seguido da colocação de 50% da água de mistura;
- por fim colocação dos aditivo químico misturado com o restante da água e mistura por 2 minutos.



Figura 2 – a. concreto com CBC antes da colocação dos aditivos. b. concreto com adição de aditivo plastificante. c. concreto com adição de aditivo plastificante e superplastificante.



Figura 3 – a. concreto sem adição antes da colocação dos aditivos. b. concreto com adição de aditivo plastificante. c. concreto com adição de aditivo plastificante e superplastificante.

Tabela 3 – Traços

Traços	TR	20CBC-CIM	20CBC-AREIA	MV-CIM
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	505,74	404,59	505,74	505,74
CBC (kg/m <sup>3</sup> )	-	101,15	161,84	-
MK (kg/m <sup>3</sup> )	-	-	-	-
Areia (kg/m <sup>3</sup> )	809,18	809,18	647,34	809,18
Brita 19 mm (kg/m <sup>3</sup> )	424,82	424,82	424,82	424,82
Brita 6,3 mm (kg/m <sup>3</sup> )	283,21	283,21	283,21	283,21

Água (kg/m <sup>3</sup> )	237,70	190,16	237,70	237,70
Mastermix 322N (% sobre a massa do cimento)	0,30	0,30	0,35	0,30
Glenium 51 (% sobre a massa do cimento)	0,35	0,35	0,60	0,35
Modificador de viscosidade (% sobre a massa do cimento)	-	-	-	0,25
Fator água/cimento	0,47	0,47	0,55	0,47

### 3. Apresentação dos resultados

Os traços foram misturados para atingir o mesmo *slump test* de partida (200±20 mm), com intuito de determinar a quantidade de água requerida com a adição de cinza em substituição ao cimento e a areia, e a influência dessas adições e do aditivo modificador de viscosidade no comportamento de auto-compactação dos concretos.

A tabela 4 apresenta os resultados dos ensaios realizados nos traços de concretos, verifica-se que para atingir o *slump* de partida o traço 20CBC-AREIA necessitou de uma maior quantidade de água, fato relacionado com a maior área superficial da cinza em relação areia, já o traço 20CBC-CIM, quando utilizado o mesmo fator A/C do traço de referência, apresentou uma pequena redução do *slump test* de partida, mantendo-se dentro do intervalo estipulado.

Tabela 4 – Resultados dos ensaios dos concretos no estado fluido

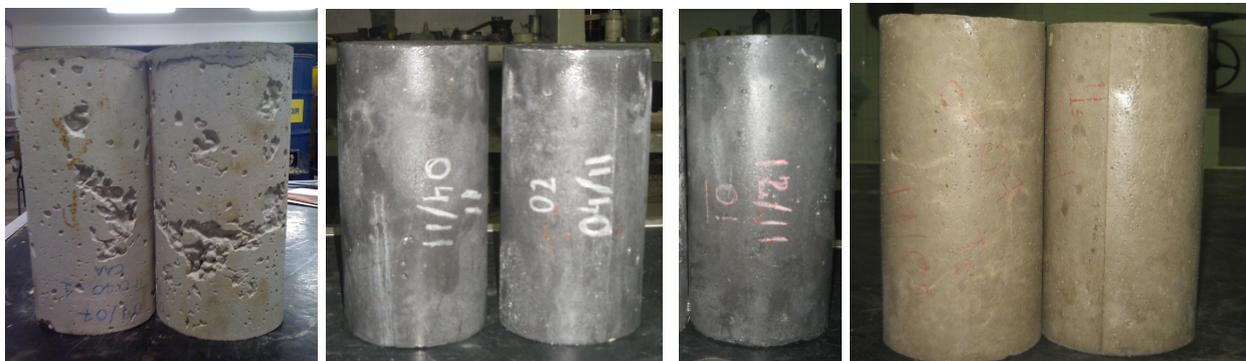
Ensaio	TR	20CBC- CIM	20CBC- AREIA	MV-CIM
Slump test (mm) antes da colocação dos aditivos	210	180	200	215
Tempo para espalhamento T500 - <i>Slump flow</i> (s)	4' 10"	3' 10"	5' 50"	2' 30"
<i>Slump flow</i> (mm)	580	565	550	550
tempo de escoamento no funil "V" (s)	4' 50"	2' 90"	6' 34"	4' 25"



Figura 4 – Ensaio de V-test nos traços MV-CIM e 20CBC-CIM

A adição da cinza da biomassa da cana-de-açúcar em substituição ao cimento e a areia, traços 20CBC-CIM e 20CBC-AREIA, tornou os concretos com melhores características auto-compactantes em relação ao traço de referência, estes fatos estão também relacionados com a maior superfície específica da cinza em relação ao cimento e a areia, no entanto quando a cinza entra em substituição a areia torna o concreto mais viscoso uma vez que a cinza tem finura muito maior que a areia. Estes fatos podem ser observados pela maior necessidade de aditivo superplastificante para o traço 20CBC-AREIA, e mesmo com esta maior quantidade de aditivo este traço apresenta maior tempo de escoamento no ensaio do funil “V”.

As adições também proporcionaram maior compacidade a mistura, evitando a exsudação da mistura no estado fluido, como pôde ser observado nos ensaios de *slump flow* e durante a mistura (figura 2 e 3). Este fato acarretou em um concreto com boa compactação nos moldes, como pode ser observado na figura 5, onde os corpos-de-prova moldados com adição mineral apresentam-se isentos de falhas, assim como o concreto com modificador de viscosidade, enquanto os corpos-de-prova sem adição mineral apresentam falhas de moldagem.



(a) TR

(b) 20CBC-CIM

(c) 20CBC-AREIA

(d) MV-CIM

Figura 5 – Aparência dos traços após moldagem sem compactação

A resistência à compressão dos concretos com adição de cinza de biomassa da cana-de-açúcar não foi afetada significativamente (figura 6), quando a cinza substitui o cimento a resistência decaiu 3 MPa, já quando a cinza substitui a areia a diminuição foi de 7 MPa, no entanto esta diminuição está relacionada ao aumento do fator A/C. Apesar desta diminuição na resistência os concretos com adição proporcionou uma maior compacidade a mistura.

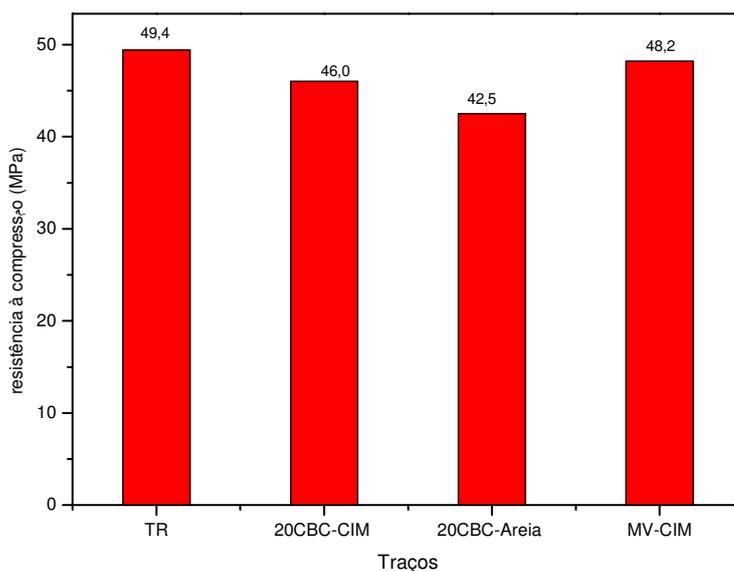


Figura 6 - Resistência aos 28 dias

#### 4. Conclusões

Os resultados referentes ao comportamento do concreto no estado fluido indicam que os traços de concretos com a adição da cinza de biomassa da cana-de-açúcar atendem aos requisitos especificados pela EFNARC (2005) para o concreto auto-adensável, para os ensaios no estado fluido.

O traço de referência apesar de atender a alguns critérios de auto-compactação não preenchem corretamente as fôrmas como pôde ser verificado, o que indica que deve-se verificar o teor de finos da mistura, ou adicionar um modificador de viscosidade como proposto.

Verificou-se que a adição de 20% de cinza de biomassa da cana-de-açúcar, nos traços analisados, pode substituir o cimento e a areia, proporcionando uma melhor coesão dos concretos.

#### 5. Referências

ANJOS, M. A., & MARTINELLI, A. E. (2008). Caracterização do resíduo da biomassa da cana-de-açúcar para aplicação em pastas cimentícias. 18º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Porto de Galinhas - PE: CEBECiMat.



Anais do 52º Congresso Brasileiro do Concreto  
CBC2010  
Outubro / 2010

@ 2010 - IBRACON



ARAÚJO, J., GEYER, A., & ANDRADE, M. (2008). Influência de adições minerais pozolânicas e de finos de pedra em propriedades mecânicas e na microestrutura do concreto auto-adensável. ANAIS DO 50º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2008. Salvador: Ibracon.

EFNARC - EUROPEAN FEDERATION FOR SPECIALIST CONSTRUCTION CHEMICALS AND CONCRETE SYSTEMS . (maio de 2005). The European Guidelines for self compacting concrete. Specification, Production and Use. Acesso em fevereiro de 2009, disponível em <http://www.efnarc.org/publications.html>

MEHTA, P. K., & MONTEIRO, P. J. (1994). Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais. São Paulo: Pini.

TUTIKIAN, B. F., & DAL MOLIN, D. C. (2008). Concreto auto-adensável. São Paulo: Pini.  
VELASCO, R. V. (2008). CONCRETOS AUTO-ADENSÁVEIS REFORÇADOS COM ELEVADAS FRAÇÕES. Rio de Janeiro: UFRJ/ COPPE.