

## **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND POR CINZA DA COMBUSTÃO DE CARVÃO MINERAL**

**Mylene de Melo Vieira (1); Maria Viviane Agostinho dos Santos (2); Edmas de Souza Tavares Junior (3); Antonio Eduardo Bezerra Cabral (4)**

(1) Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil. Universidade Federal do Ceará – UFC, Brasil. -e-mail: [mylene.eng@gmail.com](mailto:mylene.eng@gmail.com)

(2) Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil. Universidade Federal do Ceará – UFC, Brasil. -e-mail: [mariaviviane@hotmail.com](mailto:mariaviviane@hotmail.com)

(3) Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil. Universidade Federal do Ceará – UFC, Brasil. -e-mail: [edmas.tavares@hotmail.com](mailto:edmas.tavares@hotmail.com)

(4) Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil. Universidade Federal do Ceará – UFC, Brasil. -e-mail: [eduardo.cabral@ufc.br](mailto:eduardo.cabral@ufc.br)

### **Resumo**

*A grande disponibilidade de resíduos gerados pela queima do carvão mineral nas Usinas Termelétricas brasileiras para a geração de energia elétrica apresenta-se como uma boa fonte alternativa em substituição aos materiais tradicionalmente empregados nos diversos segmentos da construção civil, além de minimizar os danos ao meio ambiente. Uma das alternativas é a substituição parcial do cimento Portland na composição de concreto pelos resíduos da queima do carvão. Os produtos gerados da queima do carvão são: a cinza volante, a cinza pesada e a escória. Este trabalho contempla a análise do desempenho do concreto com substituição parcial em volume do cimento Portland pela cinza da combustão de carvão mineral – CCCM, em diversos teores (3%, 6% e 9%). Foram realizados ensaios de caracterização da cinza utilizada tais como: DRX, FRX, MEV, granulometria a laser e determinação do índice de atividade pozolânica com cimento Portland, entre outros. Foram realizados ainda ensaios nos concretos em seu estado fresco (índice de consistência, massa específica e teor de ar incorporado) e no estado endurecido (resistência à compressão, resistência à tração por compressão diametral e absorção de água aos 28 dias). Os resultados apontam que a utilização da CCCM no concreto apresentou resultado satisfatório no estado fresco quanto à consistência e no estado endurecido observou-se uma melhora da resistência à compressão nos teores de 6% para a/c 0,45 e 9% para a/c 0,55, um incremento da resistência à tração no teor de 6% e diminuição da absorção para os traços com relação a/c 0,55.*

**Palavras-chave:** Cinza combustão de carvão mineral, Concreto, Sustentabilidade

### **Abstract**

*The large availability of waste generated by the burning of coal at thermoelectric plants in Brazil to the electric power generation presents itself as a good alternative source in place of materials traditionally employed in various segments of the construction industry, and minimizes the damage to the environment. One of the alternatives is the partial replacement of Portland cement in the concrete composition of coal combustion waste. The products generated from burning coal are: the fly ash, bottom ash and slag. This work includes the*

*analysis of the performance of concrete with partial replacement, by volume, of Portland cement by the coal combustion ash - CCCM at different levels (3%, 6% and 9%). Tests were held characterization of gray used, including XRD, XRM, SEM, laser particle size and the determination of the activity index pozzolanic with Portland cement, among others. Tests were carried out in the fresh State in concrete (slump test; specific mass and air content embedded) and hardened State (compressive strength, tensile strength by diametral compression and water absorption to 28 days). The results suggest that the use of CCCM showed satisfactory results in consistence on the fresh state and hardened state in the improvement of the compressive strength in the levels of 6% for a/c 0,45 and 9% for a/c 0,55, increased tensile strength in the level of 6% and decreased water absorption for a/c 0,55.*

**Keywords:** Coal combustion ash, Concrete, Sustainability

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a maior concentração de termelétricas está na região Sul, sobretudo nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, porém algumas outras regiões do país já se mostraram interessadas neste tipo de geração de energia, aumentando assim significativamente a produção de resíduos gerados com a queima do carvão mineral. Devido a essa alta geração de cinzas os estudos que buscam o aproveitamento desses resíduos têm sido incentivados. No processo de geração de energia em termoeletricas, para cada 100 toneladas de carvão mineral utilizado, são produzidas 42 toneladas de cinzas (ROCHA, 2006).

Em contrapartida, o uso de concreto para as mais diversas aplicações tem sido crescente e isso exige uma maior produção de cimento. Segundo dados do SNIC (março, 2012) a indústria cimenteira no Brasil fechou o ano de 2011 registrando um consumo nacional de cimento na ordem de 64,5 milhões de toneladas, 97% de sua capacidade produtiva e já tem projeção de aumento desse consumo em 2012 em torno de 10,4%, já registrado nos primeiros meses. Isto representa também degradação ambiental pelo aumento de CO<sub>2</sub> na atmosfera advindo da queima da matéria prima e pela utilização desses recursos naturais em grande escala.

Dessa forma, o uso de adições minerais na indústria da construção civil, substituindo parcialmente o cimento, reduz o impacto ambiental, diminui a extração de matéria prima, entre outras vantagens, bem como dá um destino aos resíduos da queima do carvão mineral nas termelétricas. Outro aspecto relevante é que as adições minerais resultam em materiais cimentícios com melhores características técnicas. Portanto o objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da substituição do volume absoluto de cimento por de CCCM nas propriedades físicas e mecânicas do concreto em seu estado fresco e endurecido aos 28 dias.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Caracterização dos materiais

O cimento utilizado na pesquisa para a produção dos concretos foi o cimento Portland composto com filler - CP II F-32 do fabricante CSN, cuja massa específica é 3,1 kg/dm<sup>3</sup> e superfície específica de 3287 cm<sup>2</sup>/g. Utilizou-se uma pedra britada de mineralogia granítica adquirida em um estabelecimento comercial com diâmetro máximo de 25 mm e módulo de finura de 7,00. Foi utilizada uma areia natural de leito de rio com módulo de finura de 2,86. Os índices físicos dos agregados então representados na Tabela 1.

Característica	Areia	Norma	Brita	Norma
----------------	-------	-------	-------	-------

D <sub>máx</sub>	4,75 mm	NBR NM 248/03	25,00 mm	NBR NM 248/03
M.F.	2,86 mm	NBR NM 248/03	7,00 mm	NBR NM 248/03
M. U. solta	1,37 g/cm <sup>3</sup>	NBR NM 45/03	1,43 g/cm <sup>3</sup>	NBR NM 45/03
M. U. compactada	1,47g/cm <sup>3</sup>	NBR NM 45/03	1,52 g/cm <sup>3</sup>	NBR NM 45/03
M. E.	2,58 g/cm <sup>3</sup>	NBR NM 52/03	2,64 g/cm <sup>3</sup>	NBR NM 53/03

Tabela 1 – Índices físicos agregados

A cinza utilizada (Figura 01) foi cedida por uma empresa proprietária de usina termelétrica em Portugal e enviada acondicionada em tambores metálicos de 200 litros, é semelhante a que será gerada pela UTE do Pecém-CE, pois a matéria-prima, a tecnologia e equipamentos são os mesmos. A amostra para estudo foi seca em estufa a 110°C até constância de massa e peneirada na peneira n°. 200 - abertura 0,075mm (Figura 02).



Figura 01 – CCCM



Figura 02 – CCCM seca e peneirada

Para a caracterização granulométrica da CCCM, uma amostra foi submetida a ensaios físicos no Laboratório de Física – UFC, no equipamento granulômetro à difração laser, marca Malvern, modelo MSS Mastersizer 2000.

Os resultados da granulometria a laser estão indicados na Figura 03 e os índices físicos estão descritos na Tabela 2.

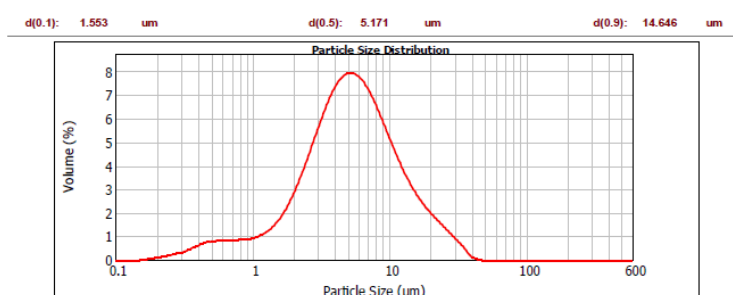


Figura 03 – Granulometria a laser da CCCM

Devido à manipulação do material para ensaio, sendo escolhido apenas o material fino, observa-se que 95,04% tem granulometria < 20 µm.

Item	Quantidade	Norma
Umidade (%)	0,93	NBR NM 24/03
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	2,26	NBR NM 23/01

Tabela 2 – Índices físicos da CCCM

A CCCM, por se tratar de um material poroso, apresentou massa específica igual a 2,26 g/cm<sup>3</sup>, valor menor que a do cimento CP II F-32.

Para a caracterização química a amostra da CCCM foi submetida a ensaio no Laboratório da Companhia Industrial de Cimento Apodi, em equipamento de fluorescência de raios-X, modelo ZSXMini II do fabricante Rigaku. Os resultados descritos na Tabela 3 mostraram que a cinza é uma composição, em grande parte, sílico-ferrosa-aluminosa, sendo o somatório dos

teores de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  igual a 75% dos componentes óxidos em sua composição química.

<b>Componentes</b>	P Fogo	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	CaO	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{SO}_3$	$\text{TiO}_2$	MgO	$\text{P}_2\text{O}_5$	SrO
<b>Amostra (%)</b>	16,19	43,62	24,712	6,598	2,494	2,181	1,672	1,053	0,871	0,12	0,089
<b>Componentes</b>	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{V}_2\text{O}_5$	$\text{Co}_3\text{O}_4$	ZnO	CuO	$\text{ZrO}_2$	NiO	MnO	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	$\text{Rb}_2\text{O}$	$\text{Eu}_2\text{O}_3$
<b>Amostra (%)</b>	0,072	0,043	0,036	0,033	0,028	0,028	0,025	0,02	0,019	0,013	0,003

Tabela 3 – Análise química por fluorescência de raios - X da CCCM

A caracterização mineralógica da cinza foi realizada no Laboratório de Física - UFC, em um difratômetro de raios-X marca Panalytical XPert Pro MPD equipado com um tubo de Cobalto. O difratograma apresenta um halo amorfo característico de materiais pozolânicos e compostos cristalinos identificados como quartzo, mulita e gesso. O difratograma e a descrição dos picos cristalinos podem ser vistos na Figura 4.

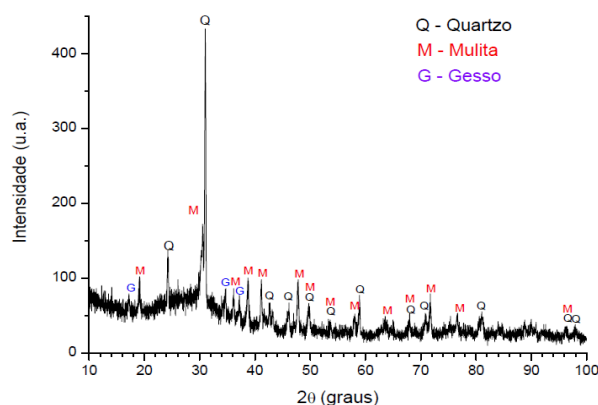


Figura 04 – Difratograma raios X da CCCM

A análise microestrutural foi obtida a partir da amostra da CCCM submetida a ensaio no Laboratório de Caracterização de Materiais – LACAM – UFC, utilizando o microscópio eletrônico de varredura, modelo PHILIPS XL - 30. As imagens foram geradas por elétrons secundários com voltagem de 10KV e aumentos de 1000 a 8000 vezes. Conforme Figura 5, pode-se observar que as partículas da CCCM são na sua quase totalidade esféricas, apresentando uma pequena quantidade com esferas ocas e vazias – cenosferas.

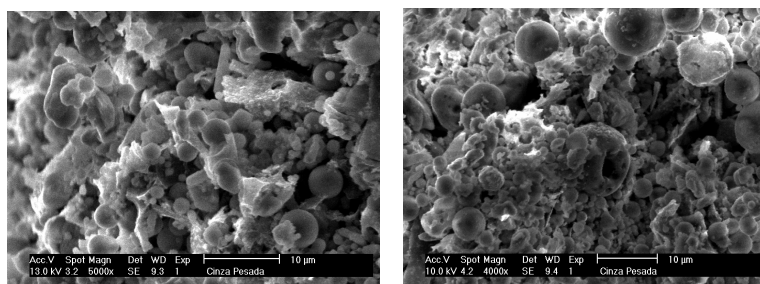


Figura 05 – Aspecto da cinza

O ensaio para o índice de atividade pozolânica com o cimento Portland foi realizado de acordo com a norma ABNT NBR 5752/92 no Laboratório de Materiais de Construção – LMC – UFC tendo-se obtido um valor de 98,49%. Analisando as exigências da NBR 12653/92 para que esta seja classificada como uma pozolana, pode-se constatar que a mesma pode ser classificada como pozolana classe C, com exceção da propriedade perda ao fogo.

Foi utilizado o aditivo MIRA 94, do fabricante Grace Construction Products, aditivo redutor de água polifuncional, plastificante, com peso específico de  $1,2\text{g/cm}^3$  e água da rede de abastecimento da UFC.

## 2.2. Estudo no concreto

Para o estudo, foram analisados seis traços de concreto tendo a CCCM em substituição em volume absoluto ao cimento Portland nos teores 3%, 6% e 9%, em duas relações de água/cimento pré-definidas: 0,45 e 0,55, aqui denominados: T3-0,45, T6-0,45, T9-0,45, T3-0,55, T6-0,55 e T9-0,55. Além desses traços foram produzidos ainda dois traços sem a cinza em estudo (de referência), definidos como REF-0,45 e REF-0,55.

Os traços foram calculados pelo método da ABCP ET-67 para fck 28 dias igual a 30MPa e Slump de 80mm  $\pm$  10mm. A Tabela 04 apresenta os consumos de materiais por m<sup>3</sup> de concreto.

Traço	Cimento (Kg)	CCCM (kg)	Areia (Kg)	Brita (Kg)	Água (Kg)	Aditivo (g)
REF – 0,45	432,75	0,00	714,04	1025,62	194,74	458,29
T3 – 0,45	419,77	9,95	714,04	1025,62	193,37	444,85
T6 – 0,45	406,79	19,90	714,04	1025,62	192,01	690,52
T9 – 0,45	393,80	29,85	714,04	1025,62	190,64	185,75
REF – 0,55	354,50	0,00	779,90	1024,51	194,98	261,46
T3 – 0,55	343,87	7,75	779,90	1024,51	193,39	172,63
T6 – 0,55	333,23	15,50	779,90	1024,51	191,80	272,26
T9 – 0,55	322,60	23,25	779,90	1024,51	190,22	317,48

Tabela 04 – Consumo materiais por m<sup>3</sup> de concreto

Para cada traço de concreto no estado fresco foram realizados os ensaios de índice de consistência de acordo com a NBR NM 67/98, massa específica e teor de ar incorporado método gravimétrico, segundo a NBR 9833/08.

De acordo com a NBR 5738/03 foram moldados sete corpos-de-prova cilíndricos com diâmetros de 10 x 20 cm para cada traço de concreto, a moldagem dos corpos-de-prova foi realizada com adensamento através de vibração com uma camada e após 24 horas da moldagem, todos os corpos-de-prova foram desformados e curados no tanque de água com cal até as idades dos respectivos ensaios. Foram realizados os seguintes ensaios no concreto no estado endurecido: resistência à compressão, resistência à tração por compressão diametral e absorção de água por capilaridade, todos aos 28 dias.

## 3. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 3.1. Concreto no estado fresco

Os resultados dos ensaios nos concretos no estado fresco estão descritos na Tabela 05.

Traço	Aditivo (%)	Índice de consistência (mm)	Massa específica (Kg/dm <sup>3</sup> )	Teor de ar incorporado (%)
REF – 0,45	0,11	90	2,42	2,11
T3 – 0,45	0,11	90	2,42	2,54
T6 – 0,45	0,17	90	2,43	2,97
T9 – 0,45	0,05	90	2,43	2,97

REF – 0,55	0,07	70	2,39	1,70
T3 – 0,55	0,05	70	2,40	2,13
T6 – 0,55	0,08	90	2,41	2,55
T9 – 0,55	0,10	70	2,43	3,40

Tabela 05 – Características físicas do concreto fresco

Nos concretos estudados, com as relações água/cimento pré-determinadas, a consistência dos concretos de  $80 \pm 10$  mm, com a substituição do volume absoluto de cimento por CCCM nos diversos teores, foi garantida através da adição de aditivo. Observou-se, porém que o traço T9 – 0,45 apresentou a menor necessidade de aditivo, apenas 0,05% para slump de 90 mm, o que foi atípico. De modo geral a cinza nos concretos em relação aos concretos de referência não comprometeu a trabalhabilidade, uma vez que o percentual de aditivo foi muito baixo, em média 0,1% e este resultado poderá ser explicado pela quantidade adequada de cinza nos traços, bem como pelo formato esférico das partículas da cinza que promove o efeito rolamento, facilitando a movimentação dos agregados na pasta.

Quanto à massa específica dos concretos, os resultados apontaram que o maior aumento foi de 1,64% no traço T9 – 0,55 em relação ao traço de referência. Observou-se que a substituição de cimento Portland por cinza nestes teores praticamente não alterou a massa específica dos concretos apesar das cinzas terem massa específica de  $2,26\text{g/cm}^3$ , muito menor que a do cimento utilizado que é de  $3,1\text{g/cm}^3$ .

Os resultados apontaram um aumento de 40,76% no teor de ar incorporado nos concretos T6 – 0,45 e T9 – 0,45 e no concreto T9 – 0,55 o aumento foi de 100% em relação aos concretos de referência. Apesar das propriedades de filler das cinzas, que enquanto não se iniciam as reações pozolânicas atuam como partículas inertes e não aglomerantes, e por terem uma finura muito maior que a do cimento, tendem a preencher os espaços vazios que seriam ocupados pelo ar (HELENE, 2005), o resultado pode ser justificado pela adição de aditivo que contribuiu para incorporar ar aos concretos.

### 3.2. Concreto no estado endurecido

Os resultados da resistência à compressão aos 28 dias nos concretos estudados na relação a/c 0,45 estão descritos na Figura 06 e com a/c 0,55 na Figura 07.

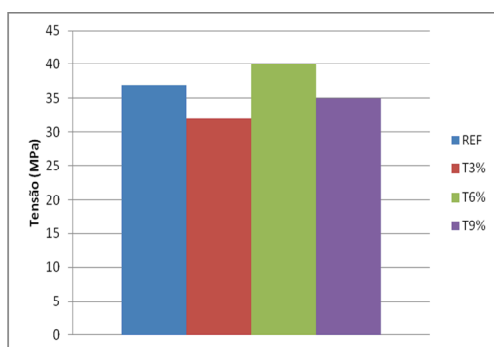


Figura 06 – Resistência à tração a/c 0,45

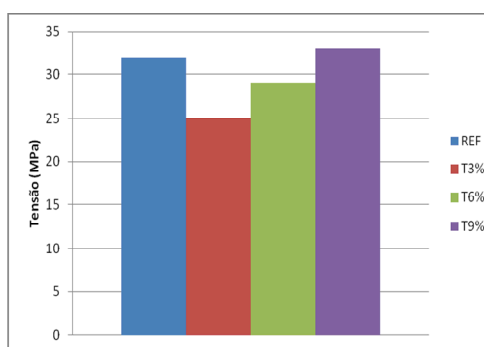


Figura 07 – Resistência à tração a/c 0,55

No estudo observou-se que os concretos T3 – 0,45 e T9 – 0,45 apresentaram resistência à compressão aos 28 dias menores que o de referência e apenas o concreto T6 – 0,45 teve uma melhora em torno de 8%.

No traço T9 – 0,55 a resistência aumentou em 3% e os demais teores obtiveram valores menores que o de referência. Observou-se uma tendência de ganho de resistência se comparados entre si, os traços com a/c 0,55, à medida que o teor de cinza aumentou.

As adições minerais em concretos reduzem a porosidade na matriz e na zona de transição, um dos principais pontos de fragilidade dos concretos à tração, o que acarreta na melhora da resistência à tração em grandezas pequenas. Os resultados da resistência à tração por compressão diametral dos concretos aos 28 dias com a/c 0,45 estão descritos na Figura 08 e com a/c 0,55 na Figura 09.

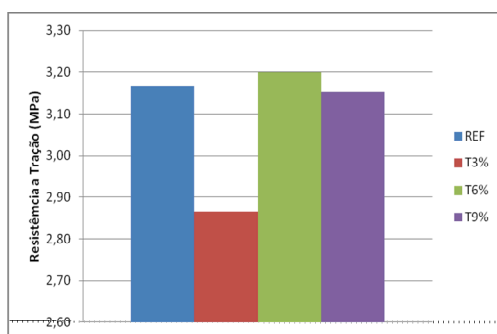


Figura 08 – Resistência à tração a/c 0,45

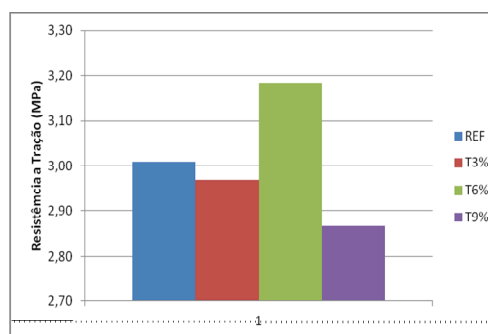


Figura 09 – Resistência à tração a/c 0,55

É possível observar que para os traços com relação a/c 0,45, a sequência de ordem para a resistência a tração seguiu a mesma distribuição da análise da compressão, sendo possível a constatação do valor da resistência a tração na ordem de 1/10 da resistência à compressão e apenas o traço T6 – 0,45 obteve acréscimo de resistência em relação ao de referência. Para os traços com a relação a/c 0,55 a distribuição não apresenta coerência em relação à resistência à compressão, sendo que apenas o concreto com 6% de teor de cinza obteve aumento da resistência à tração em relação ao de referência.

As adições minerais com atividade química reagem com o hidróxido de cálcio resultante da hidratação do cimento, gerando silicatos que acabam precipitando nos vazios maiores da pasta de cimento endurecida, como os canais capilares, reduzindo a permeabilidade e a absorção do concreto (DAL MOLIN, 2011). Os resultados da absorção média por capilaridade aos 28 dias estão descritos na Tabela 06. Observou-se que os traços com teores iguais a 9% de cinza apresentaram maior absorção de água, os quais também apresentam maior teor de ar incorporado, ou seja, maior porosidade.

Traços	Taxa de absorção (%)					
	Horários (h)					
	0	3	6	24	48	72
REF – 0,45	0,00	0,07	0,10	0,26	0,42	0,56
T3 – 0,45	0,00	0,08	0,14	0,32	0,44	0,51
T6 – 0,45	0,00	0,12	0,19	0,41	0,55	0,60
T9 – 0,45	0,00	0,18	0,35	0,53	0,86	1,04
REF – 0,55	0,00	0,26	0,36	0,63	0,82	0,95
T3 – 0,55	0,00	0,10	0,19	0,40	0,57	0,69
T6 – 0,55	0,00	0,21	0,25	0,44	0,63	0,73
T9 – 0,55	0,00	0,14	0,32	0,50	0,88	1,10

Tabela 06 – Absorção aos 28 dias

Os resultados da ascensão capilar de água nos concretos em centímetros com a/c 0,45 e 0,55 estão representados na Figura 10.

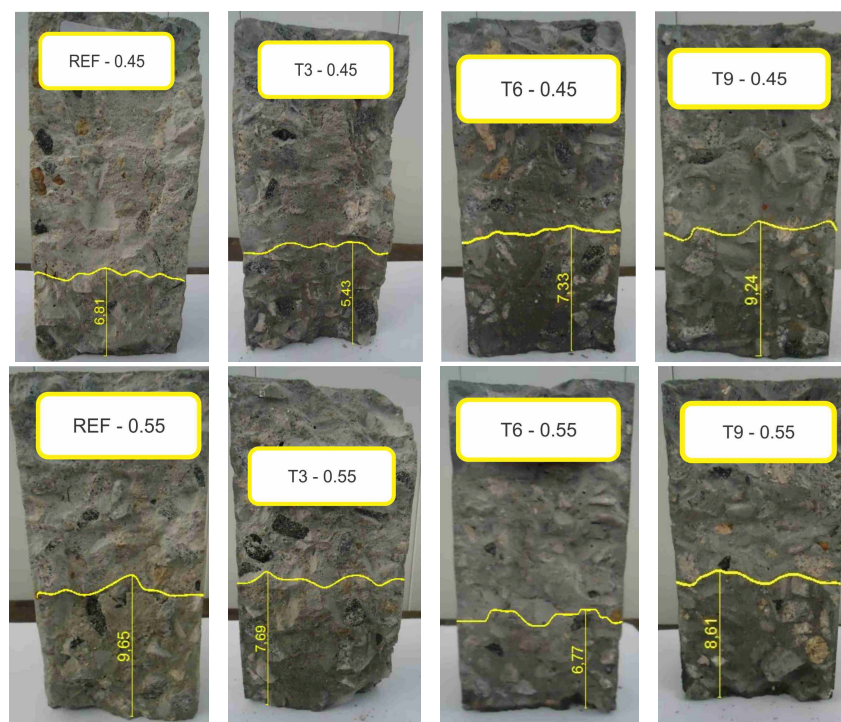


Figura 10 – Absorção de água nos concretos (cm)

O traço T3 – 0,45 apresentou permeabilidade menor quando comparado com o REF – 0,45 e os demais traços sofreram aumento. O traço T9 – 0,45 apresentou maior altura de ascensão capilar no valor de 9,24 cm.

Conforme a Figura 10 foi possível observar a redução da permeabilidade de todos os traços com substituição de cinza e a/c 0,55 em relação ao traço de referência, não sendo coerente com as resultados do teor de ar incorporado.

#### 4. CONCLUSÕES

A análise do desempenho dos concretos com substituição parcial do volume absoluto de cimento por CCCM nos teores de 3%, 6% e 9% em suas características físicas no estado fresco apresentou uma boa consistência com adição de pouca quantidade de aditivo. Quanto à massa específica observou-se que para os diferentes teores de cinza, não houve alteração e em relação ao teor de ar incorporado observou-se expressivo aumento com o crescimento dos teores de cinza.

No desempenho desses concretos, quanto às propriedades mecânicas aos 28 dias, apesar das características pozolânicas da cinza utilizada, os teores de cinza nos traços não representaram melhoria na resistência à compressão em relação aos traços de referência, com exceção do T6 – 0,45 e T9 – 0,55. A resistência à tração também não apresentou melhoria em relação aos traços de referência com exceção do T6 – 0,45 e T6 – 0,55 e a absorção por capilaridade apresentou resultados satisfatórios na relação a/c 0,55.

#### 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-NM 67**: Concreto - determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998. 8p.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR- 7215**: Cimento portland - determinação da resistência à compressão. Rio de janeiro, 1996. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR- 12653**: Materiais pozolânicos - especificação. Rio de janeiro, 1992. 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR- 5738**: Concreto – procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de janeiro, 2003. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR- 9833**: Concreto fresco – determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar incorporado pelo método gravimétrico. Rio de janeiro, 2008. 7p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR- 5739**: Concreto – ensaio de compressão de corpos- de- prova cilíndricos. Rio de janeiro, 2007. 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR- 7222**: Concreto e argamassa – determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos Rio de janeiro, 2011. 5p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR- 9779**: Argamassa e concreto endurecido – determinação da absorção de água por capilaridade (método de ensaio). Rio de janeiro, 1995. 2p.

FRIZZO, B.T. **Influência do teor e da finura de pozolanas na permeabilidade ao oxigênio e na absorção capilar do concreto**. Santa Maria. Tese de mestrado. 2003. 178p.

HELENE, P.;LACERDA, C.S.**Estudo da influência da substituição de cimento Portland por metacaulin em concretos**.São Paulo.USP.2005. 29p.

ISAIA, G.C. **Concreto: ciência e tecnologia**. 1.ed.São Paulo: IBRACON,2011, 2v.

LENZI, E.J. **Influência do uso de cinzas da combustão de carvão mineral em argamassas de revestimento**. Florianópolis. Tese de mestrado. 2001.153p.

ROCHA, J.C.;JONH, V.M. **Utilização de resíduos na construção habitacional**.1.ed. Porto Alegre: Coletânea Habitare ANTAC, 2003. 272p.

ROCHA, J.C.;SALVADOR, F.S;ANDRADE, L.B;CHERIAF, M. **Desenvolvimento de concretos com emprego de cinza pesada sua aplicação em protótipo de habitação popular**. Florianópolis , 2006.

SNIC. **Vendas de cimento – resultados preliminares de março 2012**. Disponível para consulta em <<http://www.snic.org.br>> Acesso em 20 mar.12.