

AVALIAÇÃO DA RESISTIVIDADE ELÉTRICA EM CONCRETOS COM RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA

LIVIA MARIA DE SOUSA MONTEIRO^{1*}; JEAN RODRIGUES SABINO²; ANDREZZA SANTOS MOURÃO³; ALDECIRA GADELHA DIÓGENES⁴; CINTHIA MAGALHÃES MARQUES PASCHOAL⁵

¹ Graduando em Engenharia Civil, UVA, Sobral-CE. Fone: (88) 3362-2300, livia.msm@hotmail.com

² Graduando em Engenharia Civil, UVA, Sobral-CE. Fone: (88) 3362-2300, engenheirojeans@hotmail.com

³ Graduando em Engenharia Civil, UVA, Sobral-CE. Fone: (88) 3362-2300, andrezzasmourao@gmail.com

⁴ Msc. Professora, UVA, Sobral-CE. Fone: (83) 3362-2300, aldeciragd@yahoo.com.br

⁵ Dra. Professora, UVA, Sobral-CE. Fone: (83) 3311-6399, cinthiam.paschoal@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC' 2015
15 a 18 de setembro de 2015 - Fortaleza-CE, Brasil

RESUMO: O estudo da resistividade elétrica do concreto é importante, pois está diretamente ligada ao processo de corrosão da armadura imersa no concreto, sendo um fator determinante da vida útil de uma estrutura. Este trabalho tem o objetivo de identificar a influência da incorporação do resíduo de cerâmica vermelha no concreto. Para isso, foram confeccionadas duas séries de concretos: referencial e com resíduo do pó de cerâmica vermelha. A porcentagem foi 20% de resíduo de cerâmica vermelha, em relação à massa do cimento. O ensaio de resistividade elétrica superficial foi realizado por meio do método de Wenner (ASTM G57 (2012)). Os CPs tem a forma prismática e foram ensaiados nas idades de 7, 28, 91 e 119 dias com duas frequências, 10 e 60 Hz. Os resultados mostraram que não há diferença significativa entre os valores da resistividade elétrica nas duas frequências para uma mesma série e que os CPs com resíduo de cerâmica vermelha apresentaram maiores valores de resistividade elétrica em relação ao referencial, confirmando assim, que a esse material traz melhorias ao concreto nas propriedades relacionadas à durabilidade do material e contribuindo para sustentabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: resistividade elétrica, resíduo de cerâmica vermelha, sustentabilidade.

ASSESSMENT ELECTRICAL RESISTIVITY IN CONCRETE WITH RED CERAMIC WASTE

ABSTRACT: The study of electrical resistivity of concrete is important because it is directly connected to the reinforcement corrosion process immersed in the concrete, being a determinant of life of a structure. This work aims to identify the influence of incorporation of red ceramic residue on the concrete. For this, they were made two concrete series: referential and residue of red ceramic powder. The percentage was 20% red ceramic residue in relation to the mass of cement. The surface resistivity test was conducted by the Wenner method (ASTM G57 (2012)). The CPs have a prismatic shape and were tested at ages 7, 28, 91 and 119 days with two frequencies, 10 and 60 Hz. The results showed no significant difference between the values of resistivity at the two frequencies for the same series and that the CPs with red ceramic residue showed higher electrical resistivity values in relation to the reference, thus confirming that this material brings improvements in concrete properties related to durability of the material and contributing to sustainability.

Keywords: electrical resistivity, red ceramic residue, sustainability.

INTRODUÇÃO

O concreto, por ser um produto denso, resistente, durável, econômico e de fácil produção, tornou-se um dos materiais de grande importância e utilização no ramo da construção civil. Apresentando-se em estruturas, o concreto revestido ou aparente está diariamente sujeito a ações que prejudicam, em especial, sua durabilidade e consequentemente sua previsão de vida útil. Entretanto, a durabilidade do concreto depende não apenas dos danos sofridos ao longo dos anos, mas também da maneira que foi elaborado, utilizado e de sua manutenção.

Muitos dos estudos realizados na área da Engenharia Civil estão direcionados à melhoria das propriedades físico-químicas do concreto, principalmente à permeabilidade. Considerando que esta é um dos principais causadores da aparição de problemas patológicos, a incorporação de materiais finos é uma das técnicas utilizadas com o intuito de diminuir a existência de poros, meio pelo qual a água, os íons de cloreto e o CO_2 penetram na estrutura interferindo em sua durabilidade. Portanto, o incremento do pó de resíduos de cerâmica vermelha em concreto é uma opção que visa o alcance de um material propício à maior durabilidade e resistência para utilização em obras civis. Segundo dados obtidos por Gonçalves (2005), a utilização do resíduo cerâmico substituindo o cimento em 20% gerou concretos com uma estrutura de poros mais refinada, e consequentemente com maior resistência à penetração de água e íons cloreto.

A importância da resistividade elétrica é explicada pelo fato de esta está relacionada ao concreto armado e, consequentemente, à durabilidade da estrutura, pois ela atua como retardador ou acelerador de processos corrosivos. Assim, valores altos de resistividade significam baixa mobilidade iônica e valores baixos caracterizam fácil mobilidade iônica e maior probabilidade de corrosão. Apesar de sua importância, o Brasil ainda não possui uma norma técnica que norteie a melhor maneira de realização do ensaio de acordo com as condições do país. No presente estudo, foi analisada a incorporação do pó de resíduo de cerâmica vermelha, como uma substituição parcial do cimento. O objetivo foi identificar a influência desse material no concreto e de contribuir para ampliar as informações sobre a realização do ensaio de resistividade elétrica no Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

O cimento utilizado foi o CP II Z 32 RS, um dos mais utilizados na região Norte do Ceará. Segundo as especificações do fabricante, esse cimento possui área específica de Blaine de $4587 \text{ cm}^2/\text{g}$. Os outros materiais utilizados foram: agregado graúdo de origem basáltica com massa específica de $2,71 \text{ g/cm}^3$ e absorção de 0,61%, classificado como tendo o diâmetro máximo de 9,5 mm; o agregado miúdo foi areia lavada do rio Acaraú caracterizada com módulo de finura de 2,6. O aditivo plastificante utilizado foi um aditivo líquido de pega normal de terceira geração com densidade de $1,09 \text{ g/cm}^3$, adicionado em 0,6 em relação ao peso do aglomerante; e fios de com bitola com área igual a 10 mm^2 , com revestimento de borracha.

A caracterização prévia os materiais utilizados foi realizada no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Estadual Vale do Acaraú, a fim de auxiliar no cálculo da dosagem de concreto. Com os materiais foram confeccionados os CPs utilizados para aferir a resistividade elétrica, através do método de Wenner. Nesse método, adaptado para uso em concreto, é necessário à fixação de quatro fios na hora da moldagem dos CPs. Quanto a preparação dos fios, eles foram cortados em pedaços iguais de 8 cm e, cada pedaço, desencapado em 2 cm em uma extremidade, e 1 cm na outra. O verniz (antioxidante e isolante) das partes desencapadas foi removido com lixa grossa.

Foram confeccionados dois tipos de concreto: um com resíduo de cerâmica vermelha (CCRV) e uma referencial (CREF). O resíduo de cerâmica vermelha utilizado na substituição foi disponibilizado por uma fábrica de cerâmica localizada na cidade de Sobral, região Norte do Ceará (Figura 1). O resíduo foi passante pela peneira # 16 ABNT de 1,20 mm.

Figura 1 – (a) Resíduo passante na peneira # 16 ABNT; (b) Resíduo retido antes do peneiramento.



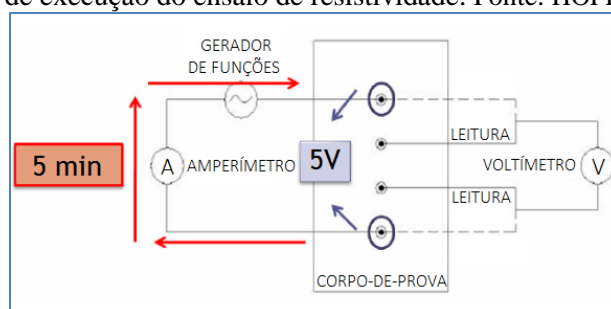
O traço estabelecido foi: 1:1023: 1,93:0,006: 0,05:0,5. Os materiais foram colocados na seguinte ordem: o agregado graúdo, 1/3 da água, cimento, aditivo superplastificante e mais 1/3 da

água, agregado miúdo e o restante da água. O resíduo de cerâmica vermelha foi utilizado para substituir o cimento em 20%, sendo adicionado logo após o cimento. Os corpos-de-prova, 24 horas após a moldagem, foram mantidos em cura por imersão em água saturada de cal. Para cada concreto foram feitos 5 CPs prismáticos com dimensões de 10x10x17 cm, cada um com os quatro fios fixados de forma linear e equidistante. O lado do fio fixado no concreto foi o desencapado em 2 cm e a profundidade que foi enterrada também foi de 2 cm, deixando para fora 5 cm encapados e 1 cm desencapado. Nos dias de confecção dos CPs, a temperatura do ambiente foi de $32,3 \pm 3,0^{\circ}\text{C}$ e a umidade relativa do ar foi de $47,3 \pm 5,0\%$.

Os ensaios de resistividade elétrica nos CPs foram realizados no Laboratório de Eletrônica do Instituto Federal do Ceará de Sobral (IFCE – Sobral) nas idades de 7, 28, 91 e 119. Os equipamentos utilizados no ensaio foram um gerador de funções de corrente alternada e dois multímetros digitais. Durante as medições, mediu-se a temperatura e a umidade relativa do ar.

Para o ensaio, cada CP prismático foi submetido através dos dois eletrodos mais externos à passagens de uma corrente elétrica alternada de onda senoidal, nas frequências de 10 e 60 Hz, fixada de tal forma que a diferença de potencial entre estes eletrodos fosse de 5,0 V. O corpo de prova era mantido nesta condição por 5 min, para estabilização do circuito e, em seguida, eram feitas 4 leituras, espaçadas de 1 min, da corrente passante entre os eletrodos externos e da diferença de potencial entre os eletrodos internos. A Figura 2 mostra o esquema do método dos quatro eletrodos utilizado no ensaio.

Figura 2- Esquema de execução do ensaio de resistividade. Fonte: HOPPE, 2005 – modificado.



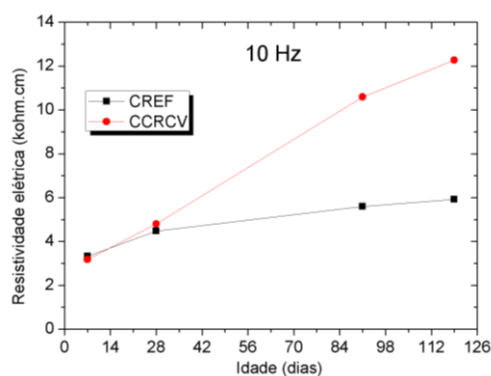
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de resistividade elétrica superficial dos concretos são apresentados na Tabela 1 e Figura 3, para os dois tipos de concretos (CREF e CCRCV) e para as duas frequências (10 e 60 Hz) analisadas. Analisando os dados, percebe-se que houve um acréscimo na resistividade elétrica com o tempo e que não há diferença significativa entre as medições para as duas frequências.

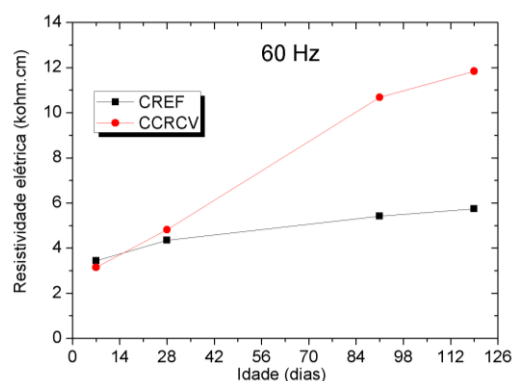
Tabela 1. Resistividade elétrica ($\text{k}\Omega\cdot\text{cm}$) do concreto referencial (CREF) e resíduo de cerâmica vermelha (CCRCV) para diferentes idades e duas frequências.

	10 Hz		60 Hz	
Idade (dias)	CREF	CCRCV	CREF	CCRCV
7	$3,32 \pm 0,06$	$3,18 \pm 0,27$	$3,44 \pm 0,08$	$3,15 \pm 0,28$
28	$4,48 \pm 0,08$	$4,80 \pm 0,32$	$4,35 \pm 0,11$	$4,82 \pm 0,33$
91	$5,60 \pm 0,19$	$10,59 \pm 0,63$	$5,41 \pm 0,21$	$10,68 \pm 0,75$
119	$5,92 \pm 0,12$	$12,27 \pm 0,94$	$5,74 \pm 0,11$	$11,84 \pm 0,93$

Figura 3- Resistividade elétrica dos Concretos Referencial (CREF) e com Resíduo de Cerâmica Vermelha (CCRCV) analisados com a frequência de 10Hz (a) e 60Hz (b).



(a)



(b)

Ao comparar os concretos CREF e CCRCV, percebe-se que aos 7 dias a resistividade elétrica foi menor e somente a partir dos 28 dias se mostrou superior, além disso nas medições de 91 dias e 119 dias a resistividade elétrica quase dobrou mostrando a eficácia dessa substituição junto ao material. Esse aumento na resistividade elétrica é positivo para a durabilidade do concreto, pois quanto maior a resistividade elétrica, menor a probabilidade de corrosão das armaduras, tornando-se assim, um fator determinante na vida útil de uma estrutura.

CONCLUSÃO

A substituição do cimento por resíduo de cerâmica vermelha demonstrou influência benéfica na resistividade elétrica superficial, pois os concretos com esta substituição se mostraram consideravelmente mais resistente à passagem de corrente elétrica do que o concreto referencial. A análise dos dados mostrou que a frequência não influenciou na medida da resistividade elétrica e que a resistividade elétrica varia significativamente com a idade e a natureza do concreto. Desta forma, percebe-se que o resíduo empregado pode ser útil para aumentar a durabilidade do concreto e dar um destino favorável para este, auxiliando na sustentabilidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Materiais de Construção Civil da Universidade Estadual Vale do Acaraú (LABMAT-UVA, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Prof. Dr. Edilson Mineiro e estagiários do Laboratório de Eletrônica do Instituto Federal do Ceará de Sobral (IFCE - Sobral).

REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM G57-06(2012), Standard Test Method for Field Measurement of Soil Resistivity Using the Wenner Four-Electrode Method. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2012.
- HOPPE, T. F. Resistividade Elétrica de Concretos Contendo Diferentes Teores de Cinza de Casca de Arroz. Santa Maria – UFSM, 2005. 147f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).
- GONÇALVES, J. P. Desenvolvimento e caracterização de concretos de baixo impacto ambiental contendo argila calcinada e areia artificial. Tese de Doutorado. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais. Ed. Pini. São Paulo: 2008.