

## ANÁLISE POR ESPECTROSCOPIA DE IMPEDÂNCIA ELETROQUÍMICA DE AMOSTRAS DE CONCRETO ARMADO AUTO ADENSÁVEL

KAREN TREIN<sup>1</sup>; ALINE TABARELLI<sup>2</sup>; ESTELA O. GARCEZ<sup>3</sup>; CÉSAR O. AVELLANEDA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – karen\_trein@outlook.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – tabarellialine@gmail.com

<sup>3</sup>Deakin University – estela.o@deakin.edu.au

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas – cesaravellaneda@gmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

Dentro do setor da construção civil, o concreto destaca-se por sua ampla aplicabilidade, sendo consumido cerca de 11 bilhões de toneladas de concreto em escala global, o que segundo a Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado, (FIHP), corresponde ao consumo de 1,9 toneladas de concreto por habitante por ano (MILLER, 2018).

O concreto auto adensável é um concreto de alto desempenho, que apresenta fluidez e viscosidade necessária para que não haja segregação, que tem como principal característica não requerer vibração para lançamento ou compactação. É um concreto capaz de fluir sob a ação de seu próprio peso, preenchendo completamente a forma e atingindo total compactação, mesmo em estruturas densamente armadas (CALADO et al, 2015).

Entretanto, estudos acadêmicos têm-se, atualmente, atentado aos problemas relacionados à corrosão da armadura, que podem comprometer a durabilidade do material e reduzir a vida útil das edificações, afetando os parâmetros de segurança da construção e o custo de manutenção da mesma (ROCHA, 2015).

Entre as técnicas empregadas para a avaliação e estudo da corrosão em concreto armado, sobressaem-se as técnicas eletroquímicas como a técnica de espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE), que consiste na aplicação de um sinal elétrico alternado de baixa amplitude. Tal técnica apresenta maior confiabilidade, não acarreta sérios danos à estrutura no momento da sua aplicação e pode ser utilizada tanto em laboratório quanto em campo (RIBEIRO et al., 2015).

Segundo Wolynech (2003), a técnica de espectroscopia de impedância eletroquímica é realizada através de aparelhos eletrônicos que são chamados de potenciostato/galvanostato e existem diversas representações gráficas usadas para expressar os resultados obtidos pela técnica, mas, notavelmente, as mais utilizadas são a de Nyquist e a de Bode.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo estudar através da técnica de EIE amostras de concreto armado auto adensável para analisar dados de impedância e o comportamento eletroquímico do material.

### 2. METODOLOGIA

O programa experimental consta da análise de corpos de prova de concreto auto adensável utilizando o cimento Portland CP V – ARI, agregado graúdo de granito e agregado miúdo de quartzo de duas granulometrias e aditivo superplastificante policarboxilato dosagem recomendada pelo fabricante em relação a massa de cimento. O método usado para dosagens do concreto foi o

método do Tutikian e Dal Molin (2008) baseados na norma ABNT NBR 15823 (ABNT, 2010). Adotou-se os limites estipulados pela norma ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014) e ABNT NBR 12655 (ABNT, 2015), para classe de agressividade III (ambiente marinho) com os limites de relação água/cimento menor que 0,50, cobrimento de 0,40 mm, um consumo de cimento superior a 320 kg/m<sup>3</sup>, classe C30 de resistência mecânica e as classes de consistência, espalhamento, viscosidade plástica aparente e habilidade passante para o concreto auto adensável pré moldado.

A idade de cura adotada foi de 28 dias, sendo cura úmida. Os ensaios foram realizados dentro do período de um ano.

As análises da resistividade dos corpos de prova foram calculadas através da técnica de Espectroscopia de Impedância Eletroquímica (EIE) com o auxílio de um potenciostato IVIUM STAT com medidas em potencial de circuito aberto. O intervalo de frequência adotado foi de 0,05 a 10<sup>6</sup> Hz, com tensões aplicadas em amplitude de 0,025 V.

As moldagens dos corpos de prova para a análise eletroquímica se deram em corpos cilíndricos de concreto armado com dimensões de 10 x 20 mm, contendo eletrodo de aço carbono (CA 50) e de grafite de 8 mm.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os resultados obtidos através da técnica de Espectroscopia de Impedância Eletroquímica (EIE) confeccionaram-se os diagramas de Nyquist, que relaciona a impedância real com a impedância imaginária, gerando uma série de pontos em que de acordo com o intervalo de frequência adotado representa-se a grandeza e a direção do vetor de impedância. Com os gráficos plotados foi possível calcular o valor da Resistência da Matriz do Cimento ( $R_p$ ), ponto correspondente à intersecção entre os arcos gerados pelo eletrodo (armadura) e o eletrólito (cimento), conforme figura 1.

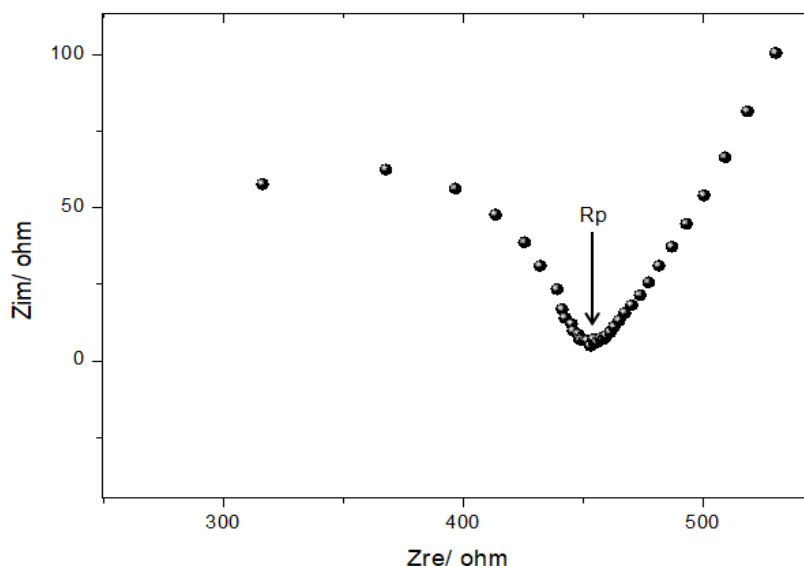


Figura 1 – Resistência da Matriz do Cimento ( $R_p$ )

A partir dos dados experimentais se percebe o aumento da resistência elétrica dos corpos de prova estudados, indicados pela figura 2 (a, b).

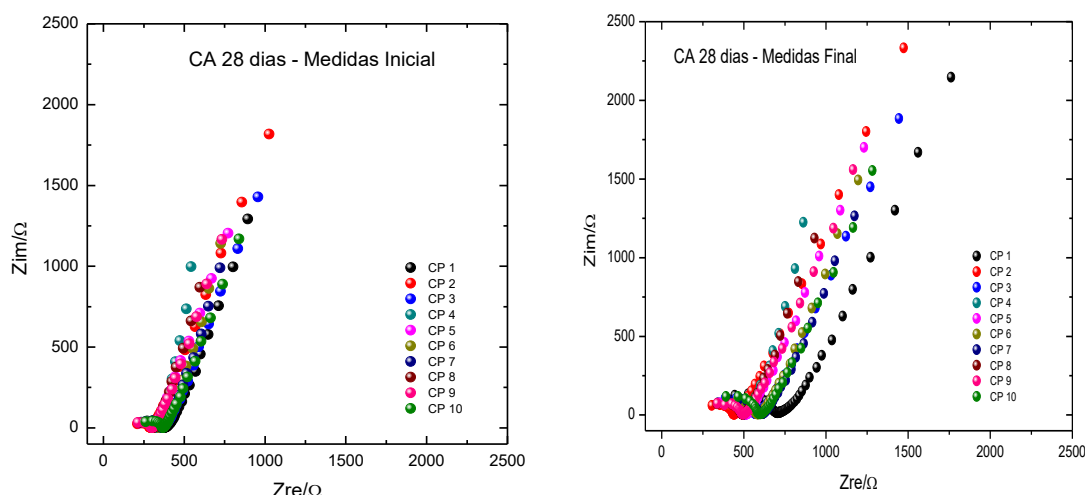


Figura 2 – Diagrama de Nyquist de Corpos de prova de CAA cilíndricos medidas inicial (a) e final (b) após um período de 365 dias.

A figura 2 apresenta os resultados das medidas de EIS para o corpo de prova de CAA após o período de 365 dias, onde o valor da resistência da matriz do Cimetícia para a passagem de corrente incrementou no período estudado.

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados encontrados comprovam que a técnica de Espectroscopia de Impedância Eletroquímica é uma excelente ferramenta para o estudo da resistividade elétrica do concreto. Os dados analisados demonstram que os valores da resistência elétrica evoluem com o tempo devido, provavelmente, devido ao processo de hidratação do concreto, as reações químicas entre o cimento, água e aditivo, e a maturação do material.

Considerando que as medidas eletroquímicas foram executadas nos mesmos corpos de prova aos 28 dias e depois de 365 dias, verifica-se que os valores do grupo amostral começam a se tornar mais discrepantes e variáveis, indicando a heterogeneidade do material, de sua microestrutura e porosidade. Nota-se também um aumento em torno de 75% da resistividade elétrica inicial média em relação à final, demonstrando assim, uma maior restrição à passagem da corrente elétrica na etapa final do processo.

Desse modo, à medida que o processo de hidratação ocorre, reduzindo sua porosidade, a capacidade de condutividade do material cimentício diminui, reduzindo a probabilidade de corrosão da armadura fatores que influenciam na durabilidade do material e na vida útil de estruturas de concreto.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALADO, C. F. D. A., CAMÕES, A., JALALI, S., BARKOKÉBAS JUNIOR, B. **Concreto auto-adensável (CAA), mais do que alternativa ao concreto convencional (CC)**. Recife: EDUFE, 2016. 263 p.

MILLER, Sabbie A.; HORVATH, Arpad; MONTEIRO, Paulo JM. **Impacts of booming concrete production on water resources worldwide**. Nature Sustainability, v. 1, n. 1, p. 69, 2018.

RIBEIRO, D.V; SOUZA, C.A.C; ABRANTES, J.C.C. Uso da Espectroscopia de Impedância Eletroquímica (EIE) para monitoramento da corrosão em concreto armado. **IBRACON DE ESTRUTURAS E MATERIAIS**, volume 8, número 4, p. 529-546, 2015.

ROCHA, IVAN. Corrosão em estruturas de concreto armado. **IPOG ESPECIALIZE**, 2015.

TUTIKIAN, B. F.. **Proposição de um método de dosagem experimental para concretos auto-adensáveis**. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. UFRGS. Porto Alegre, 2007.

TUTIKIAN, B. F.; DAL MOLIN, D. C.. **Concreto auto-adensável**. São Paulo: **PINI**, 2008.140p

WOLYNEC, S.. **Técnicas Eletroquímicas em Corrosão Vol. 49**. Editora Edusp, São Paulo. SP. 2003