CBPAT 2020 ANAIS
CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES
DE 15 A 17 DE ABRIL | FORTALEZA - CE
http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.126
ISBN 978-65-86819-05-2

POTENCIAIS DE CORROSÃO EM BARRAS DE AÇO INSERIDAS ARGAMASSA POLIMÉRICA EM COMPARAÇÃO COM POTENCIAIS DE CORROSÃO EM CONCRETO REPARADO PARCIALMENTE COM ARGAMASSA POLIMÉRICA.

BEZERRA, JOSÉ EMIDIO ALEXANDRINO.
Profissão Prof. Me. Engº. Civil
Instituição: Universidade de Fortaleza
Estado; Pais: Ceará; Brasil
e-mail: joseemidiobezerra@outlook.com

CABRAL, ANTÔNIO EDUARDO BEZERRA.
Profissão: Prof. Dr. Engº Civil
Instituição: Universidade Federal do Ceará
Estado; País: Ceará; Brasil
e-mail: eduardo.cabral@ufc.br

OSHIRO, ANGEL.
Profissão: Prof. Ing.
Instituição: Universidad Tecnológica Nacional
Estado; País: Córdoba; Argentina
e-mail: oshiroangel@gmail.com

ARAUJO, RAUL DAVID.
Profissão: Graduando em Engª. Civil
Instituição: Universidade de Fortaleza
Estado; Brasil
e-mail: raul.david.araujo@hotmail.com

RESUMO

A demanda por serviços de recuperação estrutural é crescente, daí a importância do conhecimento sobre o desempenho dos materiais utilizados. Nesta pesquisa foram usados pares de corpos de prova moldados com argamassa polimérica e de concreto, parcialmente reparados com argamassa polimérica. Todos com duas barras de aço, sem proteção, com proteção por pintura à base de zinco e de nitrito. Foram submetidos à 10 ciclos de secagem em autoclave por cinco dias, seguidos de umedecimento por imersão parcial em solução de 3,5 % de NaCl por dois dias. Neste período, foi empregado o método eletroquímico de medição dos potenciais de corrosão com instrumento dotado de semicélula de cobre/sulfato de cobre. Verificou-se que o uso de pinturas com inibidores de corrosão a base de nitritos ou de zinco, nos reparos parciais e totais com argamassa polimérica, retarda o processo corrosivo quando atacado por cloretos.
Palavras chaves: potencial de corrosão; cloretos; argamassa polimérica.

ABSTRACT

The demand for structural recovery services is growing, hence the importance of knowledge about the performance of the materials used.In this research, were used pairs of specimens molded with polymeric mortar and concrete partially repaired with polymeric mortar had used. All with two steel bars, in unprotected condition, with zinc and nitrite paint protection. They had submitted to 10 cycles of autoclaving for five days, followed by moistening by partial immersion in 3.5% NaCl solution for two days. During this period, the electrochemical method of measuring the corrosion potentials had employed with an instrument equipped with a copper / copper sulphate semi cell. It been found that the use of nitrite or zinc corrosion inhibitor paints in partial and total repairs with polymeric mortar slows down the corrosive process when attacked by chlorides.
***Keywords**: abstract, recommendations, standardization.*

1 INTRODUÇÃO

Nas estruturas de concreto armado de edifícios e obras d´arte construídas nas áreas litorâneas que estão submetidas ao aporte de névoas salinas transportadas pelo vento, os cloretos causam muitos prejuízos pela necessidade de reparos de custos e riscos elevados. Por isso, nas pesquisas sobre a eficiência dos inibidores de corrosão para o aço e dos materiais de reparos para o concreto é importante considerar a eficiências dos materiais utilizados nas recuperações estruturais, os a durabilidade e o custo global dos serviços.

A corrosão das armaduras do concreto é causada fundamentalmente pela carbonatação do concreto e interação com cloretos. A este respeito, HELENE (2014) afirma que a perda da proteção natural da armadura pelo cobrimento de concreto pode ocorrer por meio de diversos mecanismos sendo preponderantes a despassivação por carbonatação e por ação dos íons cloro.

ISBN 978-65-86819-05-2

GIUDICE (2016) afirma que a corrosão eletroquímica é na verdade uma rede de pilhas galvânicas em curto circuito dispostas sobre a superfície do metal e, como explicado por RÜSCH (1975) e citado por HELENE (1976), este mecanismo requer a existência de um condutor, eletrólito, diferença de potencial elétrico e oxigênio para ocorrer e se manter.

No interior do concreto, inicialmente o aço está protegido pelo óxido formado na sua superfície pela combinação com álcalis do cimento, mas pode ser alterado pela carbonatação do concreto e por ataque de cloretos e sulfatos.

Segundo GIØRV (2014) "é bem conhecida a capacidade do concreto de proteger armaduras contra a corrosão, que se deve principalmente pela passivação eletroquímica das armaduras na solução alcalina presente nos poros do concreto, no entanto, a corrosão pode começar quando a passividade é rompida, parcial ou completamente, seja devido à carbonatação ou à presença de cloretos".

Este processo de corrosão do aço no concreto tem uma fase inicial, na qual os agentes agressivos modificam as condições do concreto no entorno da barra, despassivando-a e com isto permite a formação de uma célula de corrosão, responsável pela propagação da corrosão, sendo que os cloretos são os mais destruidores pela sua abundância nas áreas litorâneas onde localizam-se muitas estruturas de edifícios e por não se consumirem nas reações de oxi-redução. (PAZINI e MEIRA, 2013).

Nas estruturas de concreto armado, para evitar o processo corrosivo, naturalmente, não se pode remover as barras de aço que são os condutores elétricos, e o eletrólito formado pelo hidróxido de cálcio do concreto. Resta, portanto, tentar eliminar a diferença de potencial nas barras de aço com inibidores a base de zinco, que agem na zona anódica ou base de nitritos que agem na zona catódica ou impedir a entrada de oxigênio criando uma espessa camada de micro concreto, como o graute cimentício ou argamassas próprias para reparos estruturais.

Os inibidores de corrosão podem diminuir a velocidade de corrosão sem alterar a concentração dos agentes corrosivos, como afirmam SÖYLEV e RICHARDSON (2006). Segundo LOURENÇO e SOUZA (2018) os mais usados são os nitritos (inorgânicos), aminas e alcolaminas (orgânicos) adicionados ao concreto que atuam como inibidores anódicos, catódicos ou mistos que agem por absorção, por formação de filme ou passivação da armadura e que, em estruturas existentes, os inibidores podem ser usados nas argamassas de reparo, aplicados na superfície do concreto ou furos.

Existem também os inibidores migratórios de corrosão aplicados na superfície do concreto que se aplicados como pintura migram como vapor através dos poros do concreto e aderem ao aço por atração iônica, formando filme monomolecular.

Entretanto, nas estruturas de edifícios, quando ocorrem fissuras na camada de cobrimento ou quando parte da armadura fica exposta e demanda reparos, os inibidores anódicos e catódicos em forma de pintura aplicada na armadura têm sido bastante utilizados pela facilidade de aquisição, de aplicação e pelo baixo custo.

Daí a importância das pesquisas sobre a eficácia dos reparos estruturais e, para isto, pode-se utilizar ensaios não destrutivos, como a medida da resistividade do material e da difusão de cloretos para caracterizar as propriedade dos materiais e a medição dos potenciais de corrosão para estabelecer a sua adequação para a proteção da armadura.

A resistividade, pode ser usada para estimar a probabilidade de corrosão e segundo o CEB 192/88 para o cimento Portland a 20 ºC as condições da Tabela 1.

Tabela 1 Resistividade x Risco de corrosão. Fonte: CEB 192/88

Resistividadade kΩcm	Probabilidade de corrosão
< 100	Risco desprezível
50 a 100	Risco baixo
10 a 50	Risco moderado
< 10	Risco alto

Da mesma forma, segundo RIBEIRO E CUNHA, (2018) a técnica da velocidade de pulso ultrasônico, permite obter informações sobre o módulo de elasticidade e a resistência à compressão, podendo identificar vazios no interior do material. A este respeito, POSETIERE e GIOIA (2017) eslarecem que o ultrassom é uma onda que supera os 20 KHz e que cria uma pertubação no meio em que se propaga, fazendo vibrar elasticamente as moléculas e átomos. Desda

ISBN 978-65-86819-05-2

forma, a velocidade de pulso está relacionada com a qualidade do concreto e segundo a norma inglesa BS EM 1254-4/04, são admissíveis as seguintes condições (Tabela 2):

Tabela 2. Velocidade de pulso ultrassônico e qualidade do concreto. Fonte: BS EM 1254-4/04

Velocidade de pulso ultrasônico (m/s)	Qualidade do concreto
Maior do que 4.500 m/s	Excelente
Entre 4.500 e 3.500 m/s	Bom
Entre 3.500 e 3.000 m/s	Duvidoso
Entre 3.000 e 2.000 m/s	Ruim
Menor do que 2.000 m/s	Muito ruim

O módulo de elasticidade dinâmico pode ser obtido de acordo com o ASTM C597-09 (PACHECO *et all,* 2014) através da equação 1.

$$V = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{\rho(1+\mu)(1-2\mu)}}$$

(Equação 1)

Onde:
E = módulo de elasticidade dinâmico
μ = coeficiente de Poison dinâmico
p = massa específica

O método de medição dos potenciais de corrosão mede a carga negativa provocada pelo movimento de elétrons liberados pelos íons ferrosos que se movem pelo eletrólito formado no concreto, fornecendo assim, informações sobre o estado de corrosão da armadura, de acordo com ZERBINO e CARRASCO (2012).

"É uma técnica bastante utilizada para medidas em laboratório e campo, devido à sua praticidade e por demandar por simples aparato para sua realização, além de ser uma técnica não destrutiva" (RIBEIRO e CUNHA, 2018)
A norma ASTM – C 876/91 estabelece os seguintes parâmetros para a possibilidade de corrosão em armaduras de concreto com base no potencial de corrosão medidos com semicélula de cobre/sulfato de cobre, apresentados na Tabela 3:

Tabela 3 Potencial x Probabilidade de corrosão Fonte: ASTM – C 876/91

Potenciais de corrosão com semicélula de Cu/SO_4Cu	Probabilidade de corrosão
Ecorr < -200 mV	Menos de 5%
-200 mV < Ecorr< -350 mV	Cerca de 50%
Ecorr > -350	Mais de 95%

2 OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo comparar as diferenças entre um concreto comum e a argamassa polimérica nos reparos estruturais com as barras parcial ou totalmente envolvidas com a argamassa polimérica, estando os ferros sem proteção, com proteção pinturas a base de zinco e a base de nitrito.

3 Programa experimental

O programa experimental foi planejado para obter-se medições dos potenciais de corrosão nos corpos de prova prismáticos de argamassa polimérica para reparos (NBR 9779/12) e concreto (NBR 9779/12) como base de referência, e submetidos a medições semanais da evolução dos potenciais corrosão, após ciclos de secagem e umedecimento em solução de NaCL a 3,5%.

O concreto foi escolhido de 24 MPa (traço em peso 1:2:3 a/c = 0,6 e 344 kg/m^3) porque era a resistência característica à compressão mais utilizada para a estruturas correntes há 30 anos, portanto, nos prédios que apresentam problemas com a corrosão da armadura nos dias atuais.

3.1 Caracterização dos materiais usados na pesquisa

Inicialmente foram feitos ensaios para caracterizar as propriedades dos materiais empregados nos corpos de provas.

ISBN 978-65-86819-05-2

Cimento Portland CP II F 32, composto com adição de fíler calcário entre 6% e 10%. *Blaine* superior a 2.600 cm^2/g, resistência à compressão > 32 MPa aos 28 dias. Atende à NBR 16697/18.
Areia grossa proveniente do Rio Chorozinho, na localidade de Criancó/Ce, com granulometria mostrada no Gráfico 1 e propriedades expostas na Tabela 4.

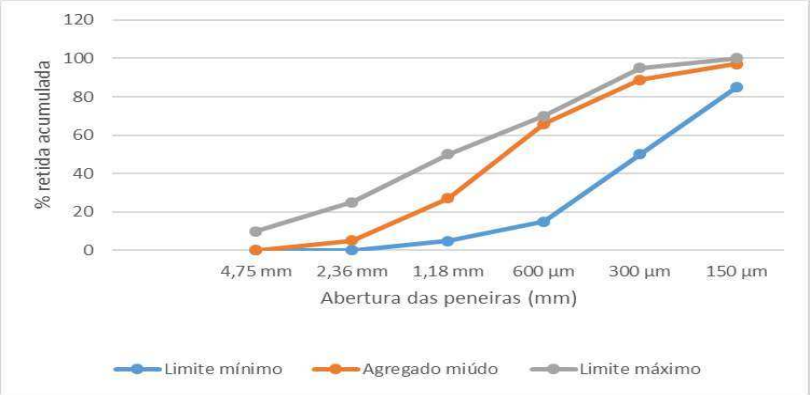


Gráfico 1 Análise granulométrica do agregado miúdo – NBR 7211/05. Fonte: Autor

Tabela 4. Propriedades físicas do agregado miúdo - NBR 7211/05 Fonte: Autor

Ensaio realizado	**Resultado**	**Norma de ensaio**
Módulo de finura	2,77	NBR 7217/87
D máx. característica	2,36 mm	NBR 7217/87
Massa específica	2,62 g/cm^3	NBR 9776/87
Massa unitária	1,48 g/cm^3	NBR 7251/82
Teor de materiais pulverulentos	2,0%	NBR 7219/87

A brita tem diâmetro máximo nominal 9,5 mm e módulo de finura, 5,94, oriunda de Pacatuba, município da Região Metropolitana de Fortaleza tem granulometria de acordo com Gráfico 2.

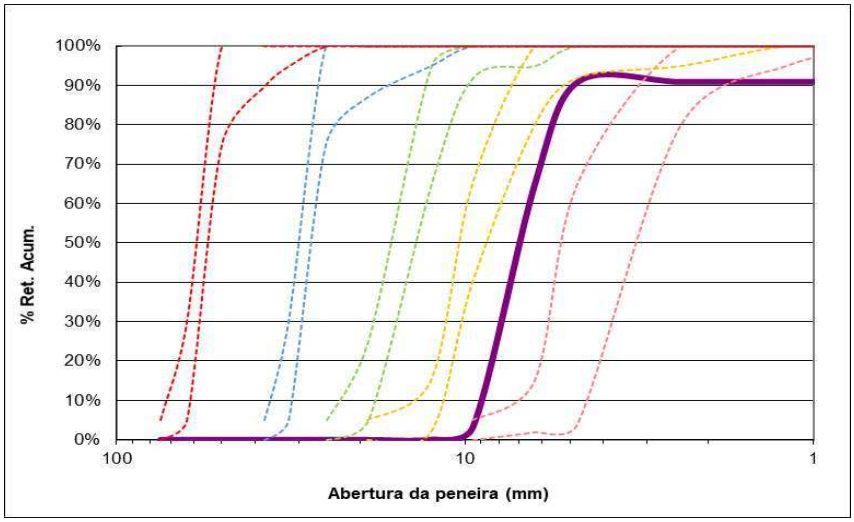


Gráfico 2 Análise granulométrica do agregado graúdo – ABNT NBR ISO 3310-1Fonte: Autor

- Argamassa polimérica industrializada, cimentícia com agente adesivo acrílico, monocomponente de consistência tixotrópica.
- Primer anticorrosivo, industrializado à base de zinco para metais, composto de resina sintética e cromato de zinco. VOC (compostos orgânicos voláteis): 436,32 g/l. (VEDACIT, 48ª. Ed).
- Inibidor de corrosão aniônico para armaduras do concreto, bicomponente composto de cimento modificado com acrílico e inibidores de corrosão base nitrito, isento de solventes que age inibindo a reação do anodo. (BASF, 2017).

ISBN 978-65-86819-05-2

- Tinta anticorrosiva a base de resinas sintéticas rica em cromato de zinco que proporciona proteção catódica ao ferro.
- Aço CA 60 Os fios (CA60) são fabricados a partir do fio máquina (produto laminado a quente) com posterior processo de deformação a frio, como: trefilação ou laminação a frio. Trata-se de um aço com baixo teor de carbono que apresenta microestrutura composta de perlita e ferrita encruados pelo processo de deformação a frio. (ABNT, NBR 7480:2007)

3.2 Caracterização do concreto e da argamassa polimérica

Com estes materiais foram moldados corpos cilíndricos de concreto e de argamassa polimérica segundo a NBR 7215/96 para os ensaios de caracterização da absorção por imersão (NBR 9778/05), absorção por capilaridade (NBR 9779/12), difusão de cloretos (ASTM 1202/04 e ASTM C 1556/04), ensaios mecânicos como a resistência à compressão (NBR 9779/12). e módulo de elasticidade para a argamassa estrutural, cujos resultados são mostrados na Tabela 5.

Tabela 5 Características do concreto e argamassa estrutural. Fonte: Autor.

Ensaios / Material	Concreto 1:2:3	Argamassa Estrutural	Argamassa Polimérica	Graute Cimentício
Absorção de água por capilaridade (g/cm2). S=19,64	0,47	0,38	0,26	0,31
Absorção de água por imersão. 72 hs. Ref (%)	7,96	12,64	6,68	8,13
Índice de vazios. 72 hs. Ref. (%)	20,8	23,89	6,28	17,54
Massa específica da amostra seca. 72 hs. Ref (%)	2,16	1,89	2,53	2,16
Massa específica da amostra saturada. 72 hs. Ref (%)	2,34	2,14	2,69	2,33

3.3 Ensaio Acelerado de corrosão por indução de cloretos

Para atender ao objetivo da pesquisa foram moldados corpos de prova prismáticos com concreto 24 MPa e com argamassa polimérica industrializada, ambos contendo barras de aço sob três diferentes condições: sem proteção, com proteção dada por tintas à base de zinco e com proteção a base de nitritos. (Figura 1)

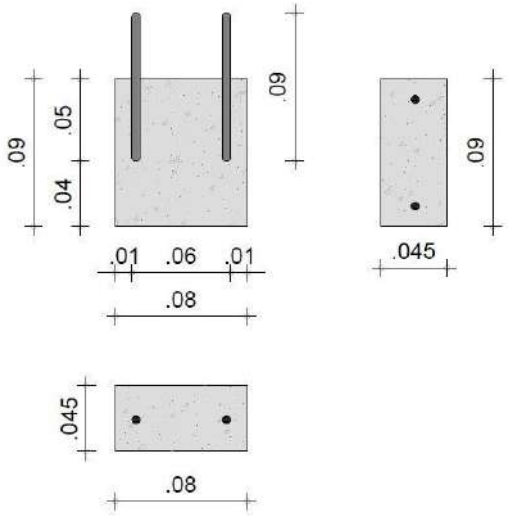


Figura 1 - Croquis do corpo de prova prismático. Fonte: Autor.

As barras de aço foram limpas com solução de ácido clorídrico 1:1 com 3,5% de hexametilanotetramina, conforme a ASTM G – 1/03. Um terço das barras foram pintadas com produto a base de zinco e outro terço foram pintadas com o produto a base de nitrito no comprimento de 5 cm, deixando 4 cm sem pintura.
Após o período de cura úmida de cinco dias e 16 dias de cura ao ar, os corpos de provas foram pintados na base, no topo e nas laterais maiores, deixando as laterais menores (45x80 mm) desprotegidas para ataque pela solução de NaCL a 3,5%.
O ciclo iniciou-se ao 24º dia da moldagem colocando-os por cinco dias na estufa na temperatura de 50º C e feita a medição do potencial de corrosão. Em seguida, foram colocados numa bandeja contendo a solução até a metade da altura das barras de aço por dois dias e novamente medidos os potenciais de corrosão. Este procedimento foi repetido

ISBN 978-65-86819-05-2

doze (12) vezes. Desta forma se induz a corrosão da armadura por ação de cloretos de forma acelerada como constatado por vários pesquisadores, CABRAL (2000), CASCUDO, (1991); MONTEIRO, (1996); VASCONCELOS, (1997).

Para os ensaios de ultrassom foi utilizado equipamento que funciona pelo princípio do dispositivo de Werner, a velocidade de pulso, a qualidade do concreto com aparelho emissor/receptor de pulso ultrassônico e a resistência característica à compressão através de ensaios de rompimento dos corpos de prova cilíndrico de concreto e de argamassa polimérica. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais de Compressão da Universidade de Fortaleza

4 RESULTADOS

4.1 Resultados dos ensaios para caracterização dos materiais

Inicialmente são apresentados os dados e resultados obtidos dos ensaios para a caracterização das propriedades do concreto e da argamassa polimérica.

A resistividade, do concreto foi de 38,4 kΩ.cm e da argamassa polimérica 20,1 kΩ.cm, medidas em conformidade com a norma brasileira (NBR 9204:2012) na idade de 61 dias, com obtido atraves de um aparelho que opera pelo princípio do dispositivo de Werner com os parâmetros da Tabela 1 (CEB 192/88) demonstra que o risco de corrosão em ambos é moderado.

Com o ensaio de ultrasom obteve-se os valores dos módulos de elasticidades e classificação quanto a qualidade dos materiais, que estão registrado na Tabela 6.

Tabela 6 Características dos materiais. Fonte: Autor

Material	tempo pulso	Vp	Vs	BS EM	E	Relação
	µs	m/s	m/s	1254-4/4	GPa	Agua/X
Concreto 1:2:3	47,40	4225,00	2191,00	Bom	27,28	0,60
Argamassa polimérica	51,00	3927,00	2518,00	Bom	36,92	0,15

4.2. Potenciais de corrosão

Estabelecidos as características dos materiais utilizados, pode-se avaliar a eficiência dos revestimentos inibidores de corrosão e de cobrimentos da armadura quando submetidos ao ataque de cloretos. O método escolhido é indicado por oferecer resultados com boa precisão em períodos curtos.

Assim, após doze ciclos foram obtidos os dados referentes a evolução dos potenciais de corrosão nos corpos de prova (de concreto alcalino e argamassa polimérica com barras de aço sem proteção (SP), com pintura a base de nitritos (Ni) e pintura a base de zinco (Zn). Ver os Gráficos 3, 4 e 5. (Fonte: Autor).

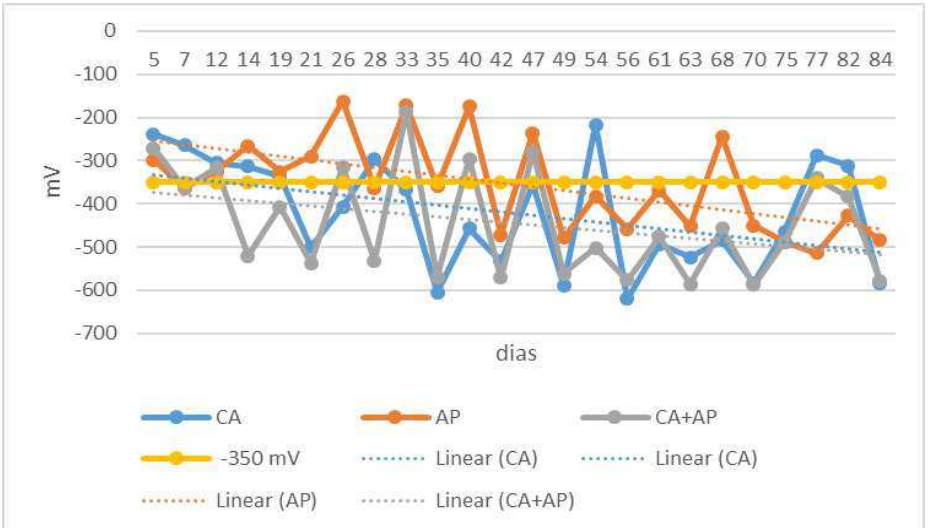
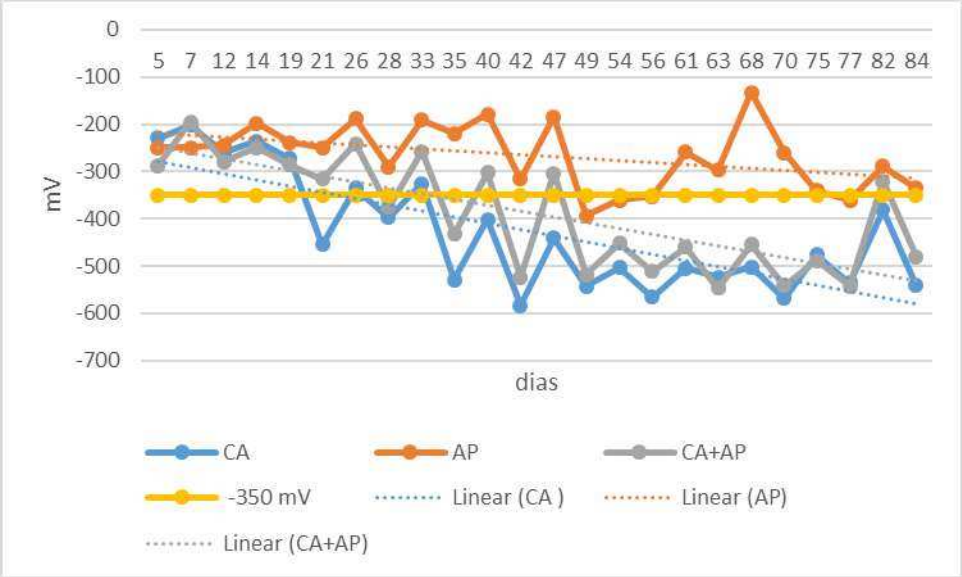


Gráfico 3. Pontenciais de corrosão. Ferros sem proteção. Fonte: Autor (2019)

ISBN 978-65-86819-05-2



Grafíco 4. Potenciais de corrosão. Ferros pintados com nitrito, Fonte: Autor (2019)

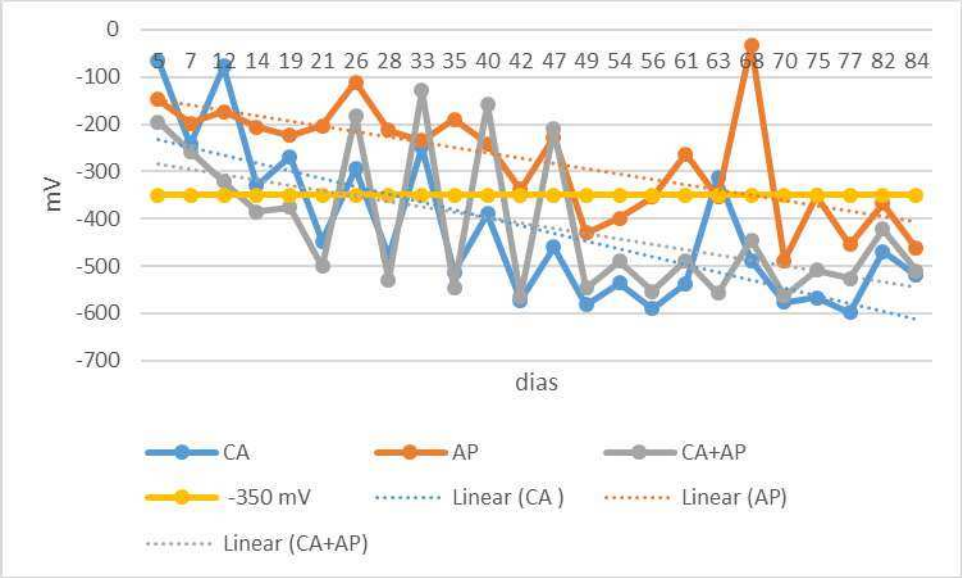


Gráfico 5. Potenciais de corrosão. Ferros pintados com zinco. Autor (2019).

Usando as ferramentas da planilha eletrônica, for determinada a linha de tendência dos potenciais de corrosão para cada tipo de proteção para os corpos de prova de concreto e os ferros com a proteção a base de nitritos e de zinco. Este procedimento foi repetido nos demais. Desta forma foram determinados os prazos (em dias) para que a linha de tendência de cada sistema de proteção atingisse – 350 mV. (Tabela 7)

Tabela 7 Prazos para o potencial de corrosão atingir o valor de - 350 mV. Fonte: Autor (2019)

Material do corpo de prova	Proteção do ferro		
	Sem proteção	Nitrito	Zinco
Concreto Fck 24 MPa	12	21	28
Argamassa Polimérica (AP)	42	Ñ	68
Concreto reparado com AP	5	33	26

ISBN 978-65-86819-05-2

5 CONCLUSÕES

As estruturas de concreto armado com o tempo podem sofrer modificações, tais como a carbonatação do concreto ou interações com íons agressivos e assim, exigirem recuperações que podem ter custos e riscos elevados. Por isso, é importante pesquisar a eficiência e a durabilidade dos materiais de reparos para o concreto e inibidores de corrosão para o aço.

Neste pesquisa, verificou-se que, quando submetidos ao ensaio acelerado de indução de corrosão por cloretos, a argamassa polimérica protege melhor a armadura do que o concreto de 24 MPa, na condição em que ambos envolvem totalmente a barra de aço e estas estejam sem nenhuma proteção anódica ou catódica contra a corrosão.

Por outro lado, nos reparos em que a argamassa polimérica envolve parcialmente a armadura, a corrosão retorna mais rápido, porém, num ainda assim, num prazo menor do que se as barras estivesem envolvidas por concreto.

Nas barras de aço protegidas por pinturas antioxidantes, os potenciais de corrosão medidos são no material de proteção e não no aço, pois têm um potencial de corrosão mais elevado. Nestas condições, as medições indicaram que o início da corrosão no nitrito é mais demorado do no zinco, nas duas formas de reparos (parcial ou total) com argamassa polimérica e que, nas armaduras com proteção a base de zinco ou de nitrito, o processo corrosivo é dificultado e somente após vencer a barreira de proteção, os ferros serão afetados, justificando assim, o seu uso.

Nos reparos com argamassa polimérica, o processo corrosivo é retardado em comparação com a situação da armadura no concreto original e desta forma, a vida útil da estrutura é ampliada, no caso de ataque por cloretos.

Embora esteja demonstrado que quando é removido todo concreto que envolve a armadura o reparo protege por mais tempo as barras de aço contra a corrosão causada por cloretos, é importante avaliar os riscos de colapso da estrutura quando se opta pelos reparos totais, particularmente quando se repara pilares de edifícios.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 6118:2014. **Projeto de estruturas de concreto armado – Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9204: ***Concreto endurecido – Determinação da resistividade elétrica volumétrica – Método de ensaio****, 2012. 12 p.*

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 8522:84. **Módulo de elasticidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: **Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2015. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Concreto - **Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2007. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: 2005 **Agregados para concreto - Especificação**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11578: 1991 **Cimento Portland Composto**. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8802: **Concreto endurecido — Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica**. Rio de Janeiro, 2013. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 95739:93. **Migração por cloretos, ensaios mecânicos como a resistência à compressão**. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9778: **Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.** Rio de Janeiro, 2005. 4 p.

ISBN 978-65-86819-05-2

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7480. Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação. São Paulo: ABNT, 2018.

AMERICAN SOCIETY FOR TEST MATERIALS. ASTM – C 876: 1991. *Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete corrosion potential.*

AMERICAN SOCIETY FOR TEST MATERIALS. ASTM – G1: 2003. *Preparing, cleaning and evaluating corrosion test especimens.*

BASF. **Manual Técnico**, 2017. *Acesso 29/05/2019.https://assets.master-builders-solutions.basf.com/pt-br/basf%20--%20manual%20técnico%202017%20rev04%20versão%20web%20(002).pdf.*

BRITISH STANDARDS EN 12504-4:2000. Testing Concrete. Determination of ultrasonic pulse velocity. London, 2000.

CIMENTO.ORG. **CP II F – Cimento Portland composto com Fíler.** Acesso 29/05/2019.*https://cimento.org/cp-ii-f-32-cimento-portland-composto-com-filer/*

GIUDICE, CARLOS. **Corrosión metálica y mecanismo de protección de los pigmentos inhibidores em pinturas**. Notas de clases. Fortaleza: UFC, 2016

GJOV. ODD E. **Durability and design of concrete structures in several enviroments.** Oslo: CRC Press. 2 ed. 2014.

HELENE, P.R.L. **A NOVA NB 1/2003 (NBR 6118) E A VIDA ÚTIL DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**. 2014. https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/06/185.pdf

HELENE, P.R.L. **Corrosão em armaduras para concreto armado**. São Paulo: Pini, 1976.

LOURENÇO, M. Z.; SOUZA, C. A. C. **Métodos de proteção e aumento da durabilidade do concreto armado**. Corrosão e degradação em estruturas de concreto armado: teoria, controle e técnicas de análise e intervenção. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

PACHECO, J.; BILESKY, P.; MORAIS, T.R.; GRANDO, F.; HELENE, P. Considerações sobre o Módulo de Elasticidade do Concreto. 56º IBRACON. ISSN 2175-8182. Natal: Ibracon, 2014.

PAZINI. E.F.; MEIRA, G.R. **Corrosión de armaduras en estructuras de hormigón**. Boletín nº 6. Mérida: Alconpat Internacional, 2013.

POSETIERE. M.J., GIOIA, C. Tecnología del Hormigón. Guia de Ensayos. Córdoba: Educo, 2017
.
PROCEQ S.A. **Canin. Corrosion Analyzing Instrument. Operating instructions**. Suitzerland. Schwerzenbach:2015.

PROCEQ S.A. **Pundit PL 200. Shear Wave Transducers 250 kHz. Operating Instructions**. Suitzerland. Schwerzenbach:.2015.

PROCEQ S.A. **Resipod Operating Instrutions**. Suitzerland. Schwerzenbach:.2015.

RIBEIRO, D. V. e CUNHA; M. P. T. **Técnicas de avaliação e monitoramento da corrosão em estruturas de concreto armado**. Corrosão e degradação em estruturas de concreto armado: teoria, controle e técnicas de análise e intervenção. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

SÖYLEV, T.A.; RICHARDSON, M.G. Corrosion inhibitors for Steel in concreto: state of the art report. Elsevier. www.sciencedirect.com. 2006.
VEDACIT IMPERMEABILIZANTES. **Manual Técnico**, 48ª Edição.
Acesso29/05/2019.http://www.vedacit.com.br/uploads/biblioteca/manual-tecnico-vedacit-5.pdf.

ZERBINO, R. L.; CARRASCO, M.F. Hormigón endurecido. Ese material llamado hormigón. Buenos Aires: Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, 2012.