

Análise das Manifestações Patológicas nos Bancos Pré-moldados da Avenida Boa Viagem

Analysis of pathological manifestation in the pre-molded banks in Boa Viagem Avenue

Eduardo de Carvalho Burle Lobo Santos¹

Carlos Wellington de Azevedo Pires Sobrinho¹

¹ Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil.

E-mail do autor principal: Eduardo Lobo Santos eblobo@hotmail.com

Resumo

O contato de peças de concreto armado com a névoa salina é, as vezes, inevitável, porém devemos seguir as normas de modo a minimizar e/ou até anular as probabilidade de proliferação de manifestações de modo a ampliar a vida útil das Peças. A partir disso veio a curiosidade de verificar o por que das manifestações patológicas atuantes e com os resultados em mãos fazer uma analogia junto as normas para verificar os cumprimentos das mesmas. No nosso estudo foram feitos ensaios para verificação de corrosão de armaduras, tanto com a utilização da Fenofталéina, para profundidade de Carbonatação, quanto o Nitrato de Prata, para visualizar a presença de Cloretos Livres. A partir dos ensaios identificou que o agente causador da corrosão foram os Cloretos. Também foi visto que as peças não foram produzidas de acordo à norma, pois utilizou um recobrimento de 2,0cm, ao invés dos 4,5cm, normatizado, o que fez com que os agentes nocivos cheguem com um tempo mais curto de modo a reduzir a vida útil da peça e necessitar de substituição.

Palavras-Chave: Corrosão; Carbonatação; Cloretos; Vida útil; Névoa Salina;

Abstract

The contact of reinforced concrete with the saline mist is sometimes unavoidable, but we must follow the norms in order to minimize and / or even eliminate the probability of proliferation of manifestations in order to extend the useful life of the Parts. From this came the curiosity to verify why of the pathological manifestations and with the results in hand make an analogy with the norms to verify the compliments thereof. In our study, tests were carried out to verify the corrosion of reinforcement, both with the use of Phenolphthaleine, for Carbonation Depth, and Silver Nitrate, in order to visualize the presence of Free Chlorides. From the tests it was identified that the agent causing the corrosion was the Chlorides. It was also seen that the parts were not produced according to the standard, since it used a coating of 2,0cm, instead of 4,5mm, normalized, which caused that the harmful agents arrive with a shorter time in order to reduce the life of the part and require replacement.

Keywords: Corrosion; Carbonation; Chlorides; Shelf Life; Saline Mist;

1 Introdução

Segundo Nepocumeno et al [1], estruturas de concreto armado podem estar expostas a ambientes urbanos e conseqüentemente à atmosfera poluída de gases como o CO₂ e a ambientes contaminados com cloretos, o que pode provocar a corrosão de armaduras.

A agressão da névoa salina sobre as estruturas de concreto armado situadas na região da beira mar é inevitável, além de ocasionar a proliferação de manifestações patológicas.

Além do ambiente no qual se encontra a peça, das propriedades do concreto, os fatores que aceleram o processo de corrosão são: umidade com uma taxa próxima de 85% e temperatura elevada acima dos 30°C. Esses fatores aceleradores são o que encontramos na cidade do Recife.

A deterioração de inúmeras obras devido à corrosão da armadura é, um dos principais problemas associados à durabilidade do concreto e, tanto a gravidade do problema, como a frequência de ocorrência de corrosão da armadura, evidenciam a necessidade de buscar soluções que contribuam para minimizar a incidência e evolução do processo corrosivo nas estruturas de concreto Vieira [2].

O método que utilizamos para verificação da profundidade de carbonatação das peças foi a asperção de Fenofaleína, enquanto que utilizamos o Nitrato de prata para observar a presença de íons cloretos livres.

Neste contexto, este artigo objetiva analisar as manifestações patológicas nos bancos pré-moldados de um trecho específico da Avenida, localizada na região litorânea da cidade do Recife. A partir dos resultados obtidos fazer uma analogia junto a Tabela 6.1 (Classe de Agressividade Ambiental) e a 7.2 (Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o recobrimento nominal) da Norma NBR 6118 para verificar se atende os requisitos mínimos.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Concreto

De acordo com Gentil [3], o concreto é formado por cimento, agregado graúdo, agregado miúdo, água, adições e aditivos (se necessário) e é caracterizado estruturalmente por possuir alta resistência à compressão, porém sua resistência à tração é baixa, e, devido a esse motivo, o aço é

incorporado ao concreto para resistir aos esforços de tração, formando então o concreto armado.

Segundo Rocha [4]: as armaduras inseridas como componentes estruturais do concreto estão, em princípio, protegidas e passivadas contra o risco de corrosão. Esta proteção é proporcionada pelo concreto de recobrimento, que forma uma barreira física protegendo contra os agentes externos, e principalmente por uma proteção química da alcalinidade presentes nos poros do concreto, pH em torno de 12,5, ideal para formação e manutenção desta película passivadora.

Por ser um material poroso, proveniente da água ou do incorporador de ar que foi utilizado durante o processo de execução do mesmo, esses poros funcionam como um canal de passagem que liga o exterior ao interior. Esses canais são os responsáveis pelo transporte de água, gases ou agentes nocivos para a parte interna da peça. A corrosão da armadura, assim como o deslocamento do concreto está diretamente relacionado à esses vazios.

Para ser mais resistentes a essas influências físicas ou químicas o concreto deve ter uma menor quantidade de vazios ou poros, ou seja, uma menor utilização da água ou incorporador de ar durante o seu preparo, ou seja, deve possuir uma baixa relação água/cimento. Sendo desta forma reduz os poros e a incidência de agentes nocivos, conseqüentemente amplia a vida útil do elemento de concreto.

2.2 Corrosão de Armadura

A corrosão de armadura em concreto armado é em função basicamente de aspectos físicos (barreira – cobertura de armadura) e químicos (alcalinidade do concreto). Os agentes agressivos tais como sulfatos, ácidos, reação álcooli-agregado podem levar a deterioração do cobrimento, propiciando as condições necessárias para a despassivação da armadura devido ao ataque de materiais deletérios como o CO₂ e os íons Cloretos conforme Helene [5].

Segundo Andrade [6], no caso das armaduras de concreto armado as conseqüências degenerativas apresentam-se na forma de manchas ocasionadas por produtos que ao reagirem com o concreto provocam corrosão. Na sequência aparecem fissuras, um aumento da seção da armadura provocando tensões e destacamento do concreto de recobrimento e encadeando uma eventual perda da aderência das armaduras principais comprometendo a segurança estrutural ao longo do tempo.

2.2.1 Por Carbonatação

A corrosão de armadura por Carbonatação é um mecanismo muito comum de deterioração do concreto Armado. É formado pelo dióxido de carbono que entra pelos poros do concreto e reage com o hidróxido de cálcio do mesmo. Dessa reação é formada o carbonato de cálcio e a água, além de contribuir para a redução da alcalinidade do concreto. Esse material vai percolando a peça até alcançar as barras de ferro. Após o contato com as barras, as mesmas despassivam-se, ou seja, perdem a película protetora devido a alcalinidade do concreto. A partir disso inicia-se a corrosão, mediante a presença da água, resultante da reação da entrada do agente, juntamente ao oxigênio do ar. Essa manifestação patológica pode ser acelerada devido a porosidade do concreto e da umidade da região, a qual a peça está inserida.

2.2.1 Por Cloretos

A corrosão de Armadura por cloreto é comum em região litorânea, a qual sofre a influencia da maresia, ou seja, da névoa salina.

Os sais presentes, dentre ele os cloretos podem despassivar a armadura embutida no concreto e, assim, desencadear o processo de corrosão dos íons cloretos que penetram no concreto através de mecanismos de transporte de massa, tem-se como exemplo a difusão iônica no concreto até atingir a armadura. A corrosão de armaduras devido ao ingresso de cloretos é um dos problemas mais sérios e intensos que pode ocorrer em estruturas de concreto, podendo também provocar uma maior deterioração, e, refletindo-se na limitação da vida útil de serviço, de acordo com Rocha [4].

A armadura de aço, ao sofrer a corrosão, sofre perda de seção na região anódica, devido à dissolução do ferro, resultando na perda de aderência entre o aço e o concreto, fazendo assim com que haja a redução da capacidade estrutural da peça e ao aparecimento de manchas de coloração marrom. Deste modo às tensões internas, altamente expansivas geradas a partir dos produtos da corrosão ocasionam a deterioração da ferragem e o destacamento da camada de cobrimento.

3. Metodologia

O trabalho foi realizado em um trecho da Avenida Boa Viagem, via litorânea da capital Pernambuco, próximo ao nº 5890 (Parque Dona Lindú), vide figura 1. Foram examinados bancos pré-moldados, localizamos perto do mar, cerca de 5 metros, ou seja, com influencia constante da névoa salina.



Figura 1: Vista aérea do parque Dona Lindú

Em campo foi realizada uma inspeção visual para verificar as manifestações patológicas presente nas peças pré-moldadas, além do ensaio de profundidade de carbonatação com uso de Fenofaleína e ensaio de presença de cloretos livres com a asperção com Nitrato de Prata.

4. Inspeção Visual

Foi realizado uma vistoria visual para verificação dos estados dos bancos. É perceptível em quase sua totalidade o manchamento, conforme pode ser visualizado nas figuras 2 a 5, devido ao óxido de ferro em todas as peças, além de fissuras paralelas as barras de aço e peças com deslocamentos e até algumas já colapsadas.



Figura 2: Desplacimento na parte superior do banco
Fonte: Os autores.



Figura 3: Desplacimento na parte de apoio do banco
Fonte: Os autores.

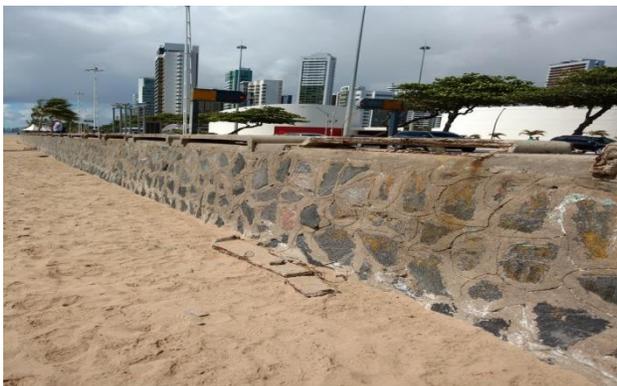


Figura 4: Evidência do Colapso da estrutura.
Fonte: Os autores.



Figura 5: Evidência de corrosão em bancos adjacentes
Fonte: Os autores.

5. Ensaio

5.1 Profundidade de Carbonatação

Para a verificação da profundidade de Carbonatação foi utilizado o indicador de Ph, Fenolftaleína. Inicialmente foi feita a solução com a mistura de 1g da substância com 100ml de álcool etílico, com um taxa de INPC superior à 90°C.

Após a solução realizada, fez-se a quebra de parte da peça a ser ensaiada, com a utilização de um martelo e uma picareta. Com parte da peça a mostra foi realizada a asperção sobre a peça com um borrifador para a verificação do teor do Ph da peça.

O fenol, como também é conhecido indica através das cores a alcalidade da peça. Se mostrar um tom na cor Vermelho Cardim implica em dizer que aquele concreto está com um Ph com valor superior à 9,8, ou seja, o ambiente está alcalino, e o mesmo está protegendo as barras.

Por sua vez se apresentar incolor o Ph encontra-se com valores inferior a 8,0, e quando atingir a armadura, esta não terá mais a proteção, fazendo-se com que haja a corrosão da barra de aço.

Foram realizados amostras em bancos distintos, e em todos mostram que houve a entrada do Dióxido de Carbono, CO₂, nas peças, porém não atingiram a barra. Isso pode ser mostrado pelo fato que somente nas bordas externas estão incolores, no comprimento de 0,5cm, enquanto que nas demais elas apresentam a coloração Vermelha, ou seja, a alcalinidade está preservando a

passivação da armadura, de acordo com as figuras 6 e 7.



Figura 6: Evidência da contaminação por dióxido de Carbono
Fonte: Os autores.

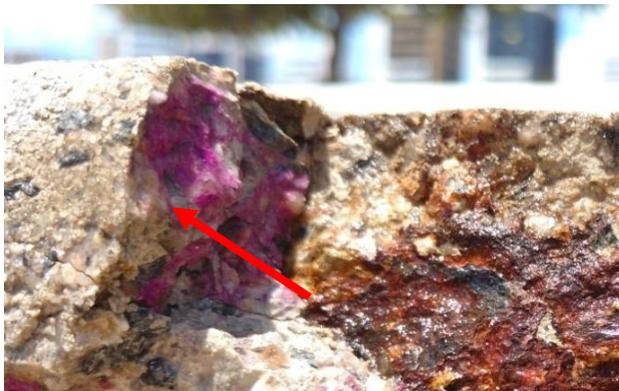


Figura 7: Detalhe de parte contaminada por dióxido de carbono.
Fonte: Os autores.

5.2 Presença de Cloretos

Para verificamos a presença de Cloretos Livres, que forma qualitativa nas peças fizemos a utilização do Nitrato de Prata. Foi preparada uma solução com 250ml de água com 1g do Nitrato de Prata. Após a realização da Solução foram feitos 3 testes sobre as peças recém- amostradas ao ambiente para verificação dos Cloretos. A existência do cloreto livre é verificada quando aplicada a solução e é verificados pontos brancos, sendo esse, os cloretos livres, como mostram as figuras 8 e 9.



Figura 8: Evidência da presença de cloretos livres
Fonte: Os autores.



Figura 9: Cloretos Livres
Fonte: Os autores.

Nas peças podem ser vistas pontos brancos, ou seja, cloretos livres, os quais se estendem por toda parte da peça desde as camadas mais externas até sobre as barras.

Além do que foi citado anteriormente detectamos como o ataque por íons cloretos pelo fato de ser per pite, ou seja, por pontos, além de apresentar perda de secção da barra.

5.3 Teor de íons Cloretos

A profundidade da contaminação por cloreto é verificada através do ensaio de teor de íons cloretos. Esse ensaio avalia quantitativamente a presença de cloretos na peça de concreto armado. O ensaio é realizado com uma furadeira e um saco, ou outro recipiente para a coleta dos resíduos de concreto que sairão com a inserção do maquinário no concreto.

Faz-se a coleta para cada 50mm de concreto perfurado até chegar a armadura. Depois das coletas já realizadas faz-se uma análise para realizar o perfil de cloreto da peça. Esse perfil serve até para

demonstrar se a contaminação está proveniente de fora para dentro, ou de forma contrária.

Verificamos que a incidência é do exterior para o interior quando o teor vai tendo os valores decrescendo, no entanto quando o valor vai aumentando trata-se de uma contaminação inicialmente interna. É diagnosticado contaminado quando a quantidade de cloretos livres é superior a 0,4% da massa de cimento do concreto. Nesse trabalho não realizamos este ensaio.

6. Resultados Obtidos

Tratando-se dos resultados referente à profundidade de Carbonatação foi verificado que houve a migração do dióxido de Carbono nas peças, porém o mesmo não adentrou pela peça até atingir as barras do concreto armado, ou seja, embora tenha sido infectado a incidência do CO₂ não foi a causa responsável pela corrosão de armadura das peças.

Por sua vez tratando-se do ensaio da presença de Cloretos, foi detectado uma incidência muito grande dessa substância ao longo de toda a peça até o atingimento das barras.

A presença dos íons cloretos livres são os responsáveis pela corrosão da armadura, e consequentemente, a expansão das barras, as quais geram as fissuras e posteriormente o deslocamento do concreto que protege as barras, devido ao fato do concreto não possuir alta resistência a tração, fazendo-se assim com que haja cada vez mais a entrada de agentes nocivos.

7. Analogia às Tabelas 6.1 e 7.2 da NBR 6118/2014 – Projeto de Estruturas de Concreto

A NBR 6118/2014- Projeto de estruturas de Concreto possui em seu corpo a Tabela 6.1 [7], referentes a Classe de Agressividade do Meio.

A tabela abaixo mostra qual o grau de agressividade a partir do local, o qual está inserida a peça. Por ser uma peça que sofre respingo de maré, classificamos a Agressividade como Forte, consequentemente é atribuída o valor de IV para esta.

Tabela 6.1 - Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural Submersa	Insignificante
II	Moderada	Urbana ^{a b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a Industrial ^{a b}	Grande
IV	Muito forte	Industrial ^{a c} Respingos de maré	Elevado

Após a identificação da Classe de Agressão, voltamos a NBR e verificamos na tabela 7.2 [7] os cobrimentos mínimos necessários para a peça.

Tabela 7.2 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para Δc = 10 mm

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^o	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

A partir da Tabela, utilizando a classe de agressividade e o tipo de estrutura verificamos qual o recobrimento de cada componente ou elemento. No caso estudado por ser Classe IV e estrutura em Concreto Armado, e por se comportar como uma laje, logo o valor mínimo de recobrimento para as peças é de 4,5cm. No local foram coletadas medidas dos recobrimentos, tanto nas faces superiores, quanto as inferiores, de acordo com as figuras 10 a 12.



Figura 10: Medição do Recobrimento superior da peça. Fonte: Os autores.



Figura 11: Medição do recobrimento inferior da peça.
Fonte: Os autores.



Figura 12: Medição do recobrimento de peça.
Fonte: Os autores.

A partir do que foi vistoriado foi verificado que os recobrimentos de ambas as faces é de 20mm, ou, 2cm.

Em analogia à Norma é verificado que normativamente o recobrimento mínimo deveria ser de 45mm, enquanto que na prática é visto 20mm, ou seja, valor inferior a metade do Normativo.

8. Conclusão

Foi verificado a partir dos ensaios que ocorreu a incidência tanto do Dióxido de Carbono, quanto a de Cloretos Livres. Embora a fenofaleína apresentasse uma redução do Ph nas áreas, as quais demonstraram a coloração incolor, esta não foram suficientes para a corrosão da armadura, tendo em vista que percorreu apenas 0,5cm da peça, ou seja, não atingiu a armadura.

Por sua vez já o Nitrato de Prata evidenciou a presença de Cloretos Livres pela totalidade da peça, até sobre as barras, o qual indica que foi o responsável pela despassivação das mesmas.

Ou seja a corrosão de armadura, e posteriormente, fissuração e deslocamento ocorreu devido à incidência de Cloretos pelos vazios/poros.

Foi verificado também que a produção das peças não cumprem as exigências de Acordo com a NBR 6118:2014, ou seja, produzem com recobrimento de menor valor, ou seja ao invés dos 4,5cm normalizados, utilizam 2,0cm.

Dessa forma, fazendo com que os agentes nocivos cheguem com mais rapidez as barras e ocasionem a proliferação das manifestações patológicas e conseqüentemente, reduzindo a vida útil das mesmas e gerando despesas constantes com a troca das mesmas, tendo em que é uma localização nobre e com visita constante de turistas.

Além disso é indicado a utilização de um concreto menos poroso, ou seja, uma relação de A/C inferior a 0,4 de modo a torná-lo, quase que impermeável.

Embora o custo para todas essas modificações/adequações sejam elevados perante as quais são gastas hoje, tornam-se necessárias, pois o valor inicial será alto, não obstante o custo devido a substituições serão praticamente nulos, quando comparado ao atual.

Referências

[1] PESSÔA, Patrícia O. A.; NAPOMUCENO, Antônio A. Influência do consumo de cimento na Corrosão de Armaduras em Argamassas de Cimento sujeitas à Carbonatação. In: Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos, 6., 2002, Salvador; Congresso Brasileiro de Corrosão, 22., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador, 2002. Disponível em: <http://www.aaende.org.ar/ingles/sitio/biblioteca/material/pdf/cote107.pdf>

[2] VIEIRA, F.M.P. **Contribuição ao estudo da corrosão de armaduras em concretos com adição de sílica ativa.** Tese de doutorado. [p. 242] Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: 2003. Disponível em: http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/5635?locale=pt_BR

[3] GENTIL, V. **Corrosão.** 4. ed, Rio de Janeiro: LTC, 2003.

[4] ROCHA. I. Corrosão em estruturas de concreto Armado. **Rev. Especialize Online IPOG**. n. 10, vol.1, Goiânia, dez. 2015. Disponível em: <https://www.ipog.edu.br/download-arquivo-site.sp?arquivo=ivan-rocha-12414181>

[5] HELENE, P. R. L. **Vida útil das estruturas de concreto**. In: IV Congresso Ibero Americano de Patologia das Construções, 4., Congresso de Controle de Qualidade, 6., 1997, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 1997. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/acervos/buscaautor/codigoAutor/1038>

[6] ANDRADE, Carmem. **Manual para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Corrosão de Armaduras**. Tradução e adaptação Antônio Carmona e Paulo Helene. São Paulo: Pini, 1992.

[7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2014.