

Estudo da profundidade de penetração de dióxido de carbono em concretos expostos em diferentes ambientes

Carbon dioxide study in concrete exposed in different environment

RESUMO

A penetração de dióxido de carbono no concreto, seguida da sua diluição na umidade, consome os álcalis presentes na pasta de cimento e reduz seu PH. Essa redução do PH provoca a redução da camada passivadora do aço e, por consequência, o início do processo de corrosão. Este estudo avalia a penetração de dióxido de carbono em corpos de prova prismáticos de concreto de 30MPa que permaneceram sob exposição natural durante cerca de 2 anos em diferentes tipos de ambientes: abertos, fechados, no nível do solo e em coberturas de edificações em Curitiba, PR. Para a realização das medições, extraiu-se uma seção da amostra, aplicou-se uma solução de fenolftaleína e então fez-se a medição da profundidade de penetração do dióxido de carbono. Observou-se que o dióxido de carbono adentrou no concreto armado a céu aberto, no centro ou no subúrbio, mas a agressão foi maior em um estacionamento fechado. Enquanto que no interior das construções, onde não há circulação de veículos, não houve avanço de carbonatação no concreto.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto. Carbonatação. Dióxido de carbono.

ABSTRACT

The penetration of carbon dioxide into the concrete, followed by its dilution in moisture, consumes the alkalis present in the cement paste and reduces its PH. This reduction in PH causes a reduction in the passive layer of steel and, consequently, the beginning of the corrosion process. This study evaluates the penetration of carbon dioxide in prismatic reinforced concrete specimens of 30 MPa, which were left under natural exposure for more than 2 years, in different types of environments: external, internal, at ground level and on top floors of different buildings in Curitiba, PR. To perform the measurements, a section of the samples was extracted, a phenolphthalein solution was applied and then the depth of penetration of carbon dioxide was taken. It was observed that carbon dioxide entered the reinforced concrete in the open, in the center or in the suburbs, but the aggression was greater in a closed parking lot. While inside the buildings, where there is no circulation of vehicles, there was no carbonation advances into the concrete.

KEYWORDS: Concrete. Carbonation. Carbon dioxide.

Bianca Generoso
Biagene@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

Lee You Cheen
Cheenlee55@yahoo.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

Arthur Medeiros
Arthur.med@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

A durabilidade das estruturas de concreto tem sido uma das principais preocupações das pesquisas nas últimas décadas com especial atenção na previsão da vida útil. Dentre os temas mais pesquisados que integram os modelos de durabilidade e de vida útil das estruturas de concreto armado destaca-se a corrosão das armaduras, seja por carbonatação ou ataque de cloretos, por ser a manifestação patológica que causa mais danos, não só pelos aspectos econômicos envolvidos como pelas dificuldades das técnicas de recuperação e sua eficácia a longo prazo (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

A carbonatação é um fenômeno natural que ocorre a partir da reação de dióxido de carbono com os compostos alcalinos da pasta de cimento. O contato desse composto com a armadura do concreto faz com que a mesma entre em processo de corrosão e se expanda, levando sua segregação (FERREIRA, 2013). A carbonatação está relacionada com a penetração do dióxido de carbono através do concreto e com o cobrimento que protege a entrada de agentes agressivos no interior da estrutura.

A exposição do concreto a carbonatação acarreta a reação dos compostos alcalis na pasta de cimento, ocasionando uma redução do pH básico do concreto, levando à valores aproximados de 9,0. Neste processo ocorre o consumo da camada passivadora ao redor da armadura, como consequência, a umidade dá início a corrosão desta armadura dando origem a um material expansivo, resultando na fissuração da estrutura (YEIH e CHANG, 2005).

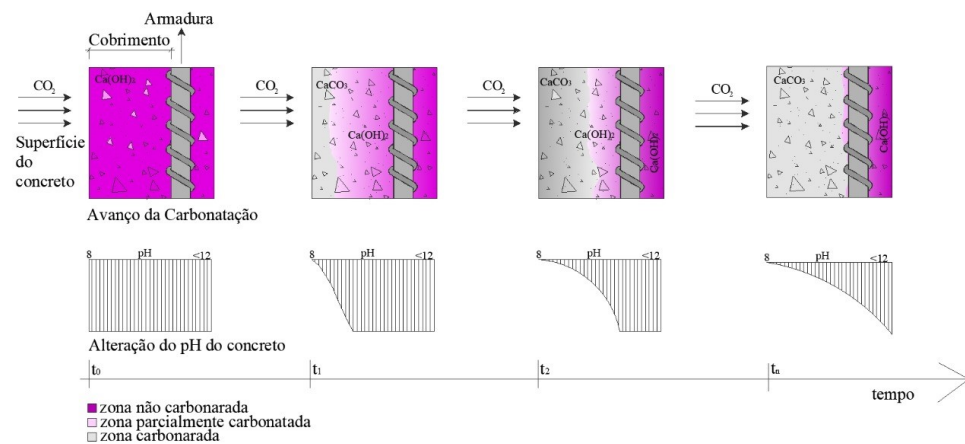
Neste estudo a carbonatação foi analisada através da avaliação dos corpos de prova, os quais foram expostos às intempéries reais para que sofressem uma deterioração natural. Além disso, a fim de avaliar a influência de diferentes tipos de ambientes, foram escolhidos diversos locais para o experimento dentro da cidade de Curitiba (PR).

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O concreto tem como característica intrínseca valores de pH superiores a 12,5, proporcionados pela presença significativa de hidróxidos de sódio (NaOH), potássio (KOH) e principalmente cálcio (Ca(OH)₂). Na presença de gases ácidos, principalmente do gás carbônico (CO₂), esses compostos básicos são consumidos provocando a redução do pH do concreto, que pode chegar a valores inferiores a 9 (MEHTA; MONTEIRO, 2014). Com o passar do tempo esta carbonatação avança para o interior do concreto (Figura 1). Quando a frente de carbonatação atinge a armadura, essa baixa alcalinidade provoca a despassivação da armadura, deixando-a suscetível à corrosão na presença de oxigênio e umidade.

Além da redução no pH, as reações entre os compostos básicos e os gases ácidos geram novos produtos que ocasionam aumento de volume; esse aumento de volume intensifica o processo de abertura de fissuras, aumentando a porosidade do material e intensificando ainda mais o processo de carbonatação.

Figura 1 – Avanço da carbonatação com o tempo



Fonte: Adaptado de POSSAN (2010)

Diversos fatores podem influenciar a profundidade e velocidade da carbonatação, tais como: presença de adições minerais, relação água/cimento, processo e tempo de cura, dosagem, porosidade e condições ambientais. A influência do ambiente de exposição e a proteção do concreto são fatores bastante relevantes na carbonatação natural e fundamentais nos ensaios acelerados (PAULETTI, 2009).

Para quantificar esses efeitos, Ferreira (2013) relata que existem diversos métodos, complexos e as vezes imprecisos, que buscam prever a profundidade de carbonatação a partir de ensaios acelerados (PAPADAKIS, 2000; CEB, 1997; IZQUIERDO, 2003; THIÉRY, 2005; DUPRAT; SILLIER; NGUYEN, 2006; HYVERT, 2009; PAULETTI, 2009; POSSAN, 2010, entre outros). Porém, a previsão de vida útil destes modelos, baseados em ensaios acelerados ou dados mal calibrados pode levar a análises muito equivocadas, distantes da realidade e pouco conservadoras.

O objetivo desse estudo é medir, ao longo do tempo e sob exposição natural, os níveis de carbonatação a que as estruturas de concreto armado da região de Curitiba - PR, estão submetidas.

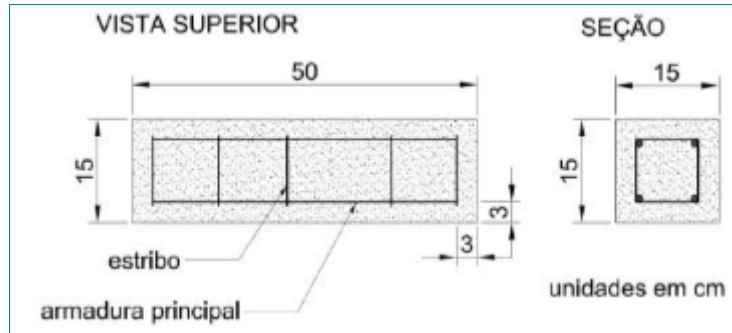
METODOLOGIA

Para a análise foram confeccionados corpos de prova prismáticos de concreto armado, com resistência à compressão de 30 MPa, com dimensões de 15 x 15 x 50 cm, com armadura principal de 10 mm de diâmetro, cinco estribos de 5 mm de diâmetro, com cobrimento de 30 mm (Figura 2).

Para a obtenção das medidas de penetração de dióxido de carbono (CO_2), foram realizados cortes com disco refrigerado com água para obter uma fatia de aproximadamente 5 cm, expondo o interior dos corpos de prova. Nesta face exposta realizou-se a aspersão de uma solução de fenolftaleína. Com a aspersão desta solução, onde o pH do concreto for superior a 9 a coloração será rosada e mais intensa quanto maior o pH. Onde a coloração for cinza, i.e., transparente significa que o pH é menor que 9 e o concreto já está carbonatado. O gatilho para

o início da corrosão ocorre quando esta frente de carbonatação alcança a armadura.

Figura 2 – Corpos de prova



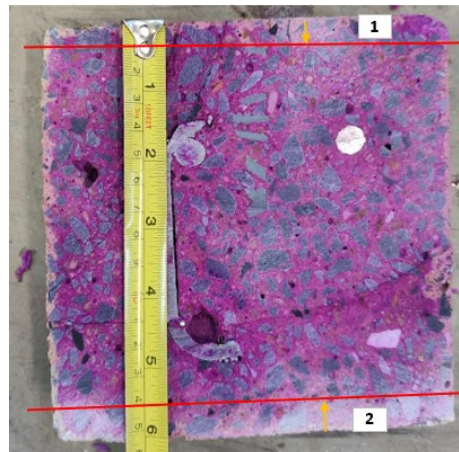
Fonte: Os autores.

Os corpos de prova foram distribuídos em ambientes distintos, onde permaneceram sob exposição natural durante aproximadamente 2 anos.

As amostras foram retiradas de seis locais distintos, sendo:

- Cobertura de um edifício de 4 andares no subúrbio da cidade, exposta às intempéries.
- Cobertura de um edifício de 20 andares na região central da cidade, exposta às intempéries.
- Ambiente fechado no centro da cidade, um bicicletário com grades anexo a um estacionamento.
- Galpão fechado, localizado no subúrbio da cidade.
- Estacionamento fechado de um apartamento localizado no centro da cidade.
- Estacionamento aberto, localizado no subúrbio da cidade.

Figura 3 – Aspersão de solução de fenoltaleína



Fonte: Os autores.

RESULTADOS

Para análise dos resultados foram realizadas, em cada fatia de cada corpo de prova dos diferentes ambientes de exposição, duas medidas por face com auxílio de trena ou paquímetro, exceto na face inferior que por estar direcionada para baixo, teve menor exposição ao dióxido de carbono. Os resultados desta face inferior foram nulos ou muito menores do que as outras faces. A média e o desvio padrão destas medidas encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Profundidade de penetração de CO₂ para cada ambiente de exposição

Ambiente de exposição	Profundidade média (mm)	Desvio padrão
a) Cobertura, no subúrbio	11,25	4,7
b) Cobertura, na região central	12,25	4,8
c) Ambiente fechado, anexo ao estacionamento (e)	9,67	3,5
d) Ambiente fechado, no subúrbio	Ausência de carbonatação	0
e) Estacionamento fechado, na região central	16,40	6,8
f) Estacionamento aberto, no subúrbio	4,3	2,7

Fonte: Os autores.

A dispersão dos resultados é um pouco alta, pois a face mais exposta em cada ambiente resultou em valores de frente de carbonatação maiores. Uma análise mais aprofundada ao longo do tempo está sendo realizada e será objeto de futuras publicações.

CONCLUSÃO

Os resultados apresentados mostraram que ambientes fechados de estacionamento, a penetração de CO₂ foi maior do que ambientes abertos. Os menores valores de avanço da carbonatação encontrados foram na amostra em estacionamento a céu aberto no subúrbio. A amostra armazenada em galpão fechado não apresentou carbonatação. Para o período de pouco mais de 2 anos de exposição, o dióxido de carbono adentrou nas estruturas de concreto armado a céu aberto, no centro ou no subúrbio, mas a agressão foi maior em um estacionamento fechado. Enquanto no interior das construções, onde não há circulação de veículos, não houve avanço de carbonatação no concreto.

Devido a pandemia do Covid-19, as pesquisas permaneceram paradas durante o período de isolamento social, uma vez que a mesma impossibilitou a aquisição de alguns equipamentos assim como a execução de novos experimentos. Durante esse período está sendo estudado, através da literatura, novas forma de aprimorar a pesquisa (Rincon et al., 2015, 2016).

REFERÊNCIAS

YEIH, W.; CHANG, J. J. A study on the efficiency of electrochemical realkalisation of carbonated concrete. *Construction and Building Materials*. n. 19, p. 516-524, 2005.

FERREIRA, M. B. Estudo da carbonatação natural de concretos com diferentes adições minerais após 10 anos de exposição. 2013. 197 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concreto: microestrutura, propriedades e materiais*. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2014. 674 p.

PAULETTI, C. Estimativa da carbonatação natural de materiais cimentícios a partir de ensaios acelerados e de modelos de predição. 2009. 285 f. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

RINCÓN, O.T. et al. Concrete Carbonation in Ibero-American Countries. DURACON Project: Six-Year Evaluation. *Corrosion The Journal of Science & Engineering*. Vol 71, Issue 4, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5006/1385>. Acesso em: 20 ago. 2020.

RINCÓN, O.T. et al. Reinforced Concrete Durability in Marine Environments. DURACON Project: Long-Term Exposure. Vol 72, Issue 6, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5006/1893>. Acesso em: 20 ago. 2020.