CBPAT 2020 ANAIS
CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES
DE 15 A 17 DE ABRIL | FORTALEZA - CE
http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.275
ISBN 978-65-86819-05-2

ANÁLISE DAS ESTIMATIVAS DE VIDA ÚTIL, A PARTIR DE MEDIÇÕES COM CARBOXÍMETRO (MEDIDOR DE CO_2), ASSOCIADAS À APLICAÇÃO DA LEI DE FICK DETERMINÍSTICA, EM DIFERENTES MODAIS DE CONSTRUÇÃO LOCALIZADAS NA CIDADE DE BELO HORIZONTE – ESTUDOS DE CASO

CARVALHO, CLAUDERSON BASILEU
Engenheiro Civil/Professor de Pós Graduação
Minas Gerais; Brasil
clauderson@basisengenharia.com.br

NASCIMENTO, RAFAEL DE OLIVEIRA B
Engenheiro Civil
Bahia; Brasil
rafael_oliveira_rfl@yahoo.com.br

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo determinar quantitativamente e qualitativamente níveis de concentração de dióxido de carbono padrão (CO_2), em diferentes modais construtivos, localizados na cidade de Belo Horizonte/Minas Gerais; destacando-se unidades residenciais, encontros de viadutos, túneis e edificações comerciais, entre outros. Estas edificações estão submetidas diretamente a atuação dos veículos automotores, incontestavelmente necessários ao desenvolvimento dos grandes centros urbanos, mas com níveis de degradação acentuados exponencialmente devido ao processo de carbonatação, cujos mecanismos principais se concentram na corrosão das armaduras e consequentemente levam a fissuras significativas, lascamentos, perda de resistência mecânica e até colapso parcial ou integral das estruturas. Utilizou-se para este estudo equipamento portátil do tipo HT-2000 com aplicação direta da lei de Fick - lei quantitativa que descreve casos de difusão em um meio no qual não existe equilíbrio químico, e que traçam todas as linhas de acompanhamento físico e estrutural dos elementos mecânicos, podendo-se, à partir daí, estimar superficialmente o período estável de sua vida útil, em diferentes partes do sistema portante da edificação, e consequentemente programar intervenções pontuais para que os mesmos tenham um ganho de durabilidade e de resistência mecânica. Sendo assim permite-se o controle temporal do avanço das moléculas de CO_2 e consequentemente da frente de carbonatação.

Palavras-chave: dióxido de carbono, carbonatação, corrosão, lei de fick.

ABSTRACT

This work has as objective to determine quantitatively and qualitatively levels of concentration of carbon dioxide (CO_2), in several buildings type, located in the city of Belo Horizonte / Minas Gerais; like residential buildings, viaducts, tunnels and commercial buildings, among others. These buildings are directly subject to vehicles, necessary for the development of large urban centers, but with accentuated levels of degradation due to the carbonation process, whose main mechanisms are concentrated in the corrosion of reinforcement and consequently lead to significant cracks, chipping, loss of mechanical strength and even partial or complete collapse of the structures. HT-2000 portable equipment was used for this study with direct application of Fick's law - quantitative law that describes cases of diffusion in a medium in which there is no chemical equilibrium, and that trace all the physical and structural follow-up lines of the elements, from which it is possible to superficially estimate the stable period of its useful life, in different parts of the system supporting the building, and consequently to schedule specific interventions so that they have a gain of durability and mechanical resistance. Thus, it is allowed the temporal control of the advance of the CO_2 molecules and consequently of the carbonation front.

Keywords: carbon dioxide, carbonation, corrosion, fick's law.

ISBN 978-65-86819-05-2

1. INTRODUÇÃO

A incorporação do aço nas estruturas de concreto elevou o nível de eficiência e desempenho das construções, trazendo assim um melhor aproveitamento do material concreto e do espaço. Enquanto as barras de aço, chamadas de armaduras, confere um melhor desempenho das estruturas ás solicitações de tração a quais são submetidas, o material concreto protege o aço de duas formas: "Primeiro uma proteção física, separando o aço do contato direto com o meio externo e, segundo, uma proteção química, conferida pelo elevado pH do concreto, o qual promove a formação de uma película passivadora que envolve o aço." (FIGUEIREDO; MEIRA, 2013).

De acordo com Savija e Lukovic (2016) o fenômeno da carbonatação acontece quando o concreto é exposto ao dióxido de carbono (CO_2), comumente presente no meio urbano, que interage quimicamente com o hidróxido de cálcio $Ca(OH)_2$ presente no concreto devido a hidratação do cimento, levando a formação do carbonato de cálcio ($CaCO_3$) e água (H_2O) o que leva a redução do pH. Quando a influência de agentes externos promove a queda do pH do concreto, fazendo com que este deixe de ter características alcalinas, há perda da camada passivadora da armadura, formação da pilha eletroquímica e a consequente degradação da estrutura, através do aparecimento de fissuras, rachaduras e até desplacamentos da camada de recobrimento do aço.

As manifestações patológicas supracitadas, são extremamente comuns nas estruturas convencionais das grandes cidades, e observa-se um aumento dessas patologias em decorrência do aumento do número de veículos a combustão nos centros urbanos (BALESTRA et al., 2019). Esta ação agressiva tem por base elementos químicos externos e internos à massa de concreto, mais precisamente a concentrações de CO_2, ao tipo de cimento utilizado, à temperatura média do ambiente, à umidade relativa média, às barreiras impostas ao sistema (recobrimentos, impermeabilizações, qualidade do concreto, entre outros).

De acordo com Possan (2010), para que uma estrutura esteja potencialmente sujeita ao processo corrosivo, uma pilha deverá ser formada no interior do concreto, consequentemente havendo diferença de potencial entre os materiais e troca de elétrons entre eles. Como esta pilha apresenta características inerentes à corrosão eletroquímica, quatro (4) elementos precisam fazer parte do sistema: regiões anódicas, regiões catódicas, ligação elétrica e eletrólito. Dentre os elementos citados, a barra de aço é responsável pelos três (3) primeiros e o concreto responsável pelo último, desde que haja umidade/água servindo de gatilho para a manifestação patológica estudada, e sendo responsável pela formação de uma solução condutora. Esta especificação química está representada na figura 01 à seguir.

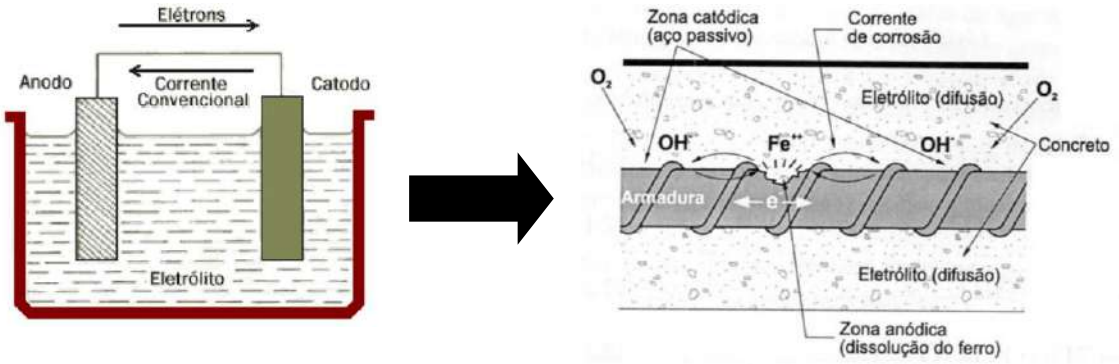

Figura 1: Formação da pilha e analogia com o concreto armado

Outro fator primordial para que haja esta troca interna de elétrons dentro da barra de aço é o contato entre o vergalhão e a solução condutora. No entanto em um ambiente com pH básico, condição original do concreto armado (pH=12,5), cria-se uma barreira – filme de óxido de ferro estável – aderente a barra de aço que impede a transferência de carga entre a superfície e o meio. Com isso, além dos quatro elementos formadores citados acima, esta barreira física torna-se o quinto elemento responsável pela famigerada corrosão das barras de aço do concreto armado. Em resumo, para que se tenha o inicio das corrosões das barras de aço, o sistema precisa conter o ânodo, o cátodo, a ligação, a solução condutora e o contato. Se, por ventura, um dos cinco elementos não estiver dentro do processo químico, a barra de aço estará blindada contra a corrosão.

O presente trabalho tem por objetivo apresentar um estudo de vida útil de algumas estruturas típicas de um centro urbano característico (Belo Horizonte) com vistas à diminuição do potencial de hidrogênio (pH) que desencadeia a

ISBN 978-65-86819-05-2

formação da pilha eletroquímica e consequentemente oxidação dos vergalhões e desplacamento das estruturas de concreto armado. Com a aplicação direta da primeira lei de Fick, este trabalho oferece diretrizes temporais de perda de estabilidade estrutural e consequente manutenção das edificações, já que o início do processo corrosivo e o marco da perda de estabilidade estrutural coincidem com a chegada do CO_2 na região das barras de aço no concreto armado.

2. CARBONATAÇÃO

O o avanço do CO_2 dentro dos poros do concreto armado é o principal responsável pela diminuição do potencial de hidrogênio, perda da barreira física entre a solução condutora e a barra de aço e consequentemente início do processo corrosivo. Isso se dá devido à formação de um sal ácido capaz de trazer o pH de 12,5 (basico) para 8 (neutro). A reação de carbonatação que ocorre com o hidróxido de cálcio presente no concreto é descrita por Cunha e Helene (2001) como:

$$1^a \text{ Reação: } CO_2 + H_2O \Rightarrow H^+ + HCO3^-$$
$$2^a \text{ Reação: } Ca^+ + OH^- + HCO_3 - \Rightarrow CaCO_3 + H_2O \text{ (equação 1)}$$

Destaca-se que o hidróxido de cálcio, presente na massa do cimento naturalmente, reage com o dióxido de carbono, presente no ambiente urbano, formando-se carbonato de cálcio e água. Tendo assim um produto com diretriz ácida (sal ácido) tornando o ambiente neutro com tendência à acidez. Esta redução do pH é suficiente para a introdução do contato conforme dito anteriormente.

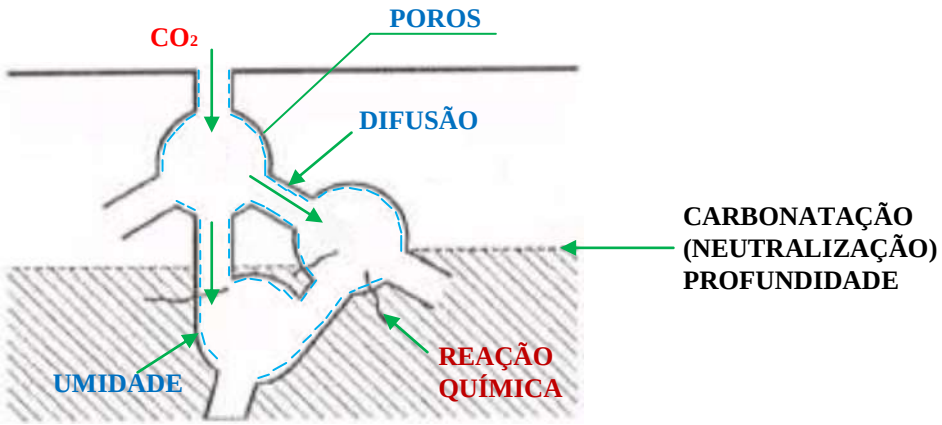

Figura 2 – Formação da carbonatação

A carbonatação começa na superfície e avança progressivamente para o interior do concreto, aumentando a espessura de concreto carbonatado. Á esta espessura de carbonatação dar-se o nome de frente de carbonatação (CARMONA, 2005). Quando a frente de carbonatação, que possui pH não básico, chega até a barra de aço, ocorre a perda da camada passivadora e consequentemente o início da corrosão da armadura. A velocidade de difusão destas moléculas de CO_2 obedece a primeira lei de Fick (POSSAN, 2010).

Quando o pH do concreto encontra-se basico na região das barras, provavelmente ela está íntegra (não corroída). Do contrário, intervenções pontuais deverão ser programadas para proteção da barra e consequente ganho de vida útil da edificação. “as correções serão mais duráveis, mais efetivas, mais fáceis de executar e muito mais baratas quanto mais cedo forem executadas” (HELENE, 1992).

3. LEI DE FICK – DIFUSÃO DE MATÉRIA EM AMBIENTE SEM EQUILÍBRIO QUÍMICO

Tendo como base a primeira lei de Fick; lei quantitativa, em forma de equação diferencial, que descreve casos de difusão de matéria em um meio sem equilíbrio químico, e que existem gradientes de concentração de uma substância, produzindo um fluxo de partículas que tende a homogenizar a dissolução e uniformizar a concentração. O fluxo homogenizador é uma consequência estatística do movimento aleatório das partículas que dá lugar ao segundo princípio da termodinâmica, conhecido também como movimento térmico casual das partículas (SILVA *et al*., 2019).

Com os conceitos sedimentados da primeira lei de Fick e os parâmetros conhecidos para formação da pilha eletroquímica/corrosão das barras, consegue-se estimar em termos temporais o avanço das moléculas de CO_2 e

ISBN 978-65-86819-05-2

consequentemente perda da camada protetora aqui chamada de camada despassivadora (filme de oxído que passiva a armação e permite a blindagem contra a corrosão).

Segue abaixo a equação que rege a 1ª Lei de Fick com foco na carbonatação do concreto armado.

$$x = \sqrt{\frac{2D\Delta c}{a}t} \times k \quad \text{(equação 2)}$$

$$k = \sqrt{k_1 k_2}\left(\frac{t_0}{t}\right)^n \quad \text{(equação 3)}$$

onde:

x= profundidade de carbonatação (m)
D= coeficiente de difusão do CO_2 no concreto carbonatado (65% HR & 20 ºC)
Δc= 0,0007kg/m^3 (concentração do CO_2 no ar)
a= consumo de CO_2, função do tipo e dosagem de cimento
k_1= fator dependente da HR do concreto
k_2= fator dependente da cura do concreto
n= fator dependente da molhagem/secagem ao longo do tempo (< 0,3)
t_0= período de referência (1 ano)

Simplificação dos parâmetros referentes à carbonatação de uma estrutura existente:

$$x = k \times t^{0,5} \quad \text{(equação 4)}$$

4. METODOLOGIA

Este trabalho consistiu-se de uma pesquisa bibliográfica seguida de uma pesquisa de campo. Para isso foram feitas visitas técnicas, em dezembro de 2019, em diferentes edificações no centro da cidade de Belo Horizonte, as quais estão expostas ao dióxido de carbono (CO_2). A concentração deste gás nas edificações foi medida através do aparelho medidor de concentração de CO_2 (carboxímetro) – HT-2000, que pode ser observado na Figura 3. Ainda como critérios paramétricos mestre, a umidade relativa do ar e a temperatura ambiente não foram fatores de análise quanto a progressão da carbonatação do concreto. Notou-se, entretanto, que a maior variação da temperatura ambiente e umidade relativa do ar deu-se no modal tipo estacionamento coberto.

Autores como Pauletti (2004), sugerem a utilização de dados de concentrção de CO_2, conforme descritos no Quadro 1. Durante o desenvolvimento deste artigo buscou-se aferir os dados in loco, para a real caracterização estrutural e fornecimento "exato" da chegada do CO_2 nas barras de aço. Desta forma, os valores obtidos através da metodologia empregada neste trabalho expressa valores característicos de alguns modais de edificação, como túneis, encontros de viadutos, prédios residência e prédios comerciais, de maneira específica e não genérica como propõe o autor citado.

Quadro 1 – Diretriz de concentração de CO_2

Campo aberto	0,015%
Centro urbano	0,036%
Zona industrial	0,045%
Exaustão veículo motorizado	16,69%
Respiração humana	3,62%

Fonte: Adaptado de Pauletti (2004)

Sabendo-se que parâmetros como concentração de CO_2, porosidade - diretamente relacionada ao f_{ck}, ao fator a/c, a abertura de fissuras e a cura - tipo de cimento, umidade relativa do ar e temperatura ambiente, são fatores extremamente significativos à estimativa de vida útil e início da despassivação das barras de aço, tomou-se como base para as avaliações comparativas, estruturas projetadas para uma CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTEL II, cujo f_{ck} é

ISBN 978-65-86819-05-2

igual a 25 Mpa, o fator água/cimento igual a 0,60, recobrimento igual a 3 cm (média das vigas, pilares e paredes) e cimento característico de Belo Horizonte - cidade onde foram feitas as medições, igual ao CP-IV (ABNT, 2014).

Utilizou-se o seguinte equipamento, HT-2000, para realizações in situ das concentrações de CO_2.



Figura 3 – Aparelho medidor de concentração de CO2 (carboxímetro) – HT-2000

De posse do equipamento acima, com foco nas medições das concentrações de CO_2, escolheram-se edificações características dentro da mesma cidade (Belo Horizonte), e com representatividade comercial elevada. Ainda como critérios paramétricos mestre foram escolhidos, ou não descartados, ambientes com umidade relativa do ar homogênea e uniformização relativa de temperatura, fazendo-se medições dentro de uma mesma semana e em datas próximas umas das outras (compreendidas entre os dias 02/12/2019 e 09/12/2019). No ambiente externo as variações de temperatura não ultrapassaram 3°C e a umidade relativa não variou mais de 7%.

Após catalogação das concentrações inerentes aos diversos modais constrrutivos, utilizou-se o software "Carambola", de propriedade da "Carmona Soluções de Engenharia" para otimização dos cálculos e efetivação dos resultados (figura 4).

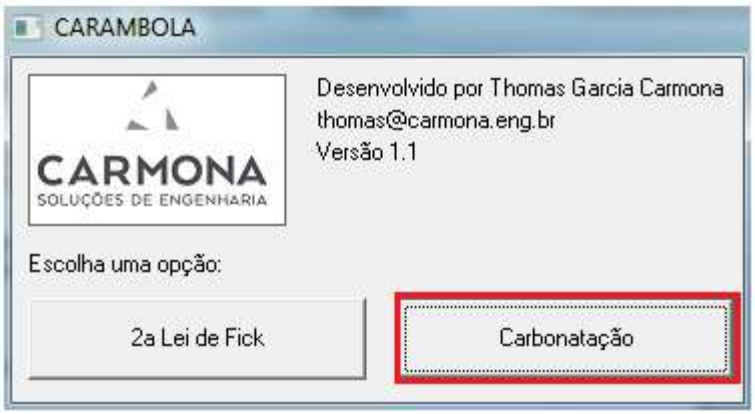

Figura 4 – Software utlizado para estimativa de vida útil ("Carambola")

O software "Carambola" relaciona a concentração de dióxido de carbono (CO_2) no ambiente e características da estrutura de concreto que protege a barra de aço em seu interior (F_{ck}, cobrimento norminal das armaduras, tipo de cimento utilizado) para calcular de forma determinística a vída útil da camada passivadora, ou seja, quanto tempo uma determinada estrutura, exposta a uma certa concentração de CO_2 levará até que se inicie o processo de corrosão das barras de aço. É possível ainda, de forma probabilística, fazer uma determinação do valor médio da profundidade de carbonatação que resulta na probabilidade de despacivação desejada (CARMONA, 2005).

5. RESULTADOS

Após realização das medições nas edificações feitas em Minas Gerais, foram coletados os datos das concentrações de dióxido de carbono (CO_2) nas estrturas, umidade relativa do ar e temperatura. Esses dados, bem como as imagens dos modais e as leituras feitas pelo carboxímetro, estão detalhadas abaixo.

ISBN 978-65-86819-05-2





Figura 5 - Modal tipo 1 – Trincheira

Tabela 2 – Modal tipo 1 – Trincheira (resultados)

Concentração de CO_2	0,040%
Umidade relativa do ar	60%
Temperatura (ºC)	29º

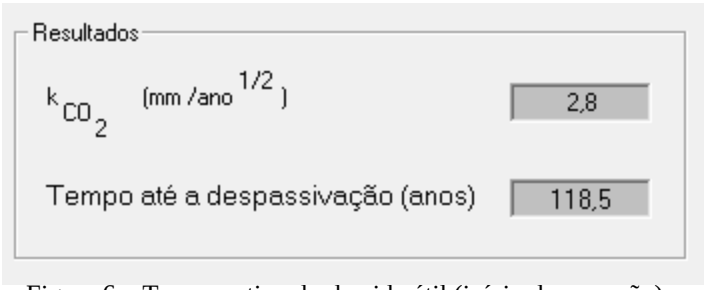

Figura 6 – Tempo estimado de vida útil (início da corrosão)





Figura 7 - Modal tipo 2 – Encontro de viaduto

Tabela 3 – Modal tipo 2 – Encontro de viaduto (resultados)

Concentração de CO_2	0,041%
Umidade relativa do ar	52%
Temperatura (ºC)	32º

ISBN 978-65-86819-05-2

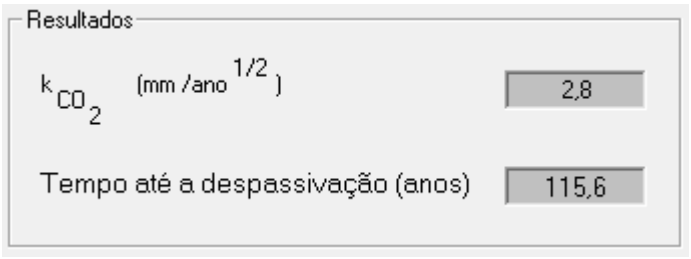

Figura 8 – Tempo estimado de vida útil (início da corrosão)



Figura 9 - Modal tipo 3 – Túnel

Tabela 4 – Modal tipo 3 – Túnel (resultados)

Concentração de CO_2	0,047%
Umidade relativa do ar	59%
Temperatura (ºC)	30º

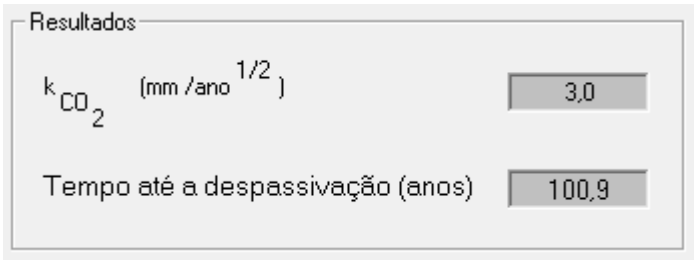

Figura 10 – Tempo estimado de vida útil (início da corrosão)

ISBN 978-65-86819-05-2




Figura 11 - Modal tipo 4 – Edificação residencial (garagem)

Tabela 4 – Modal tipo 4 – Edificação residencial/garagem (resultados)

Concentração de CO_2	0,046%
Umidade relativa do ar	65%
Temperatura (ºC)	26º

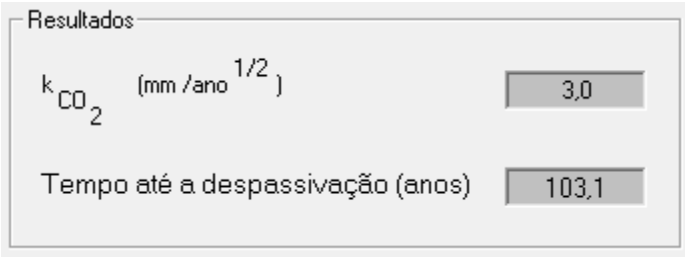

Figura 12 – Tempo estimado de vida útil (início da corrosão)




Figura 13 - Modal tipo 5 – Edificação comercial (estacionamento)

Tabela 5 – Modal tipo 5 – Edificação comercial/estacionamento (resultados)

Concentração de CO_2	0,057%
Umidade relativa do ar	55%
Temperatura (ºC)	30º

ISBN 978-65-86819-05-2

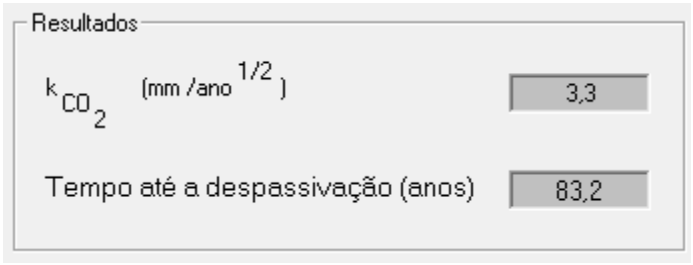

Figura 14 – Tempo estimado de vida útil (início da corrosão)



Figura 15 - Parametrização – Saída do escapamento

Tabela 6 – Parametrização – Saída do escapamento (resultados)

Concentração de CO_2	0,46%
Umidade relativa do ar	66%
Temperatura (ºC)	26º

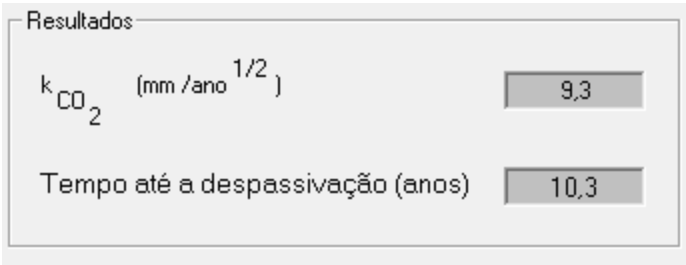

Figura 16 – Tempo estimado de vida útil (início da corrosão)

De acordo com os resultados acima, nota-se que túneis, com exposição extrema aos escapamentos dos veículos automotores e demais agentes deletérios, desde que apresentem ventilação artificial, não apresentaram concentrações diferentes das convencionais e esperadas para um centro urbano. No entanto todos os valores apresentaram ordem de grandeza semelhante (iguais) e em torno de 0,04% a 0,06% (média de 0,05%). Esses valores corroboram com os valores encontrados por alguns autores na literatura, como Pauletti (2004), que aprensenta valores em torno de 0,036% para centros urbanos. Este valor tem ordem de grandeza também similar, mas não apresenta variação quanto ao tipo (modal) de edificação, que de acordo com a exposição mais significativa ao escapamento dos carros, elevam os níveis de deterioração e perda da vida útil.

ISBN 978-65-86819-05-2

6. CONCLUSÕES

Com base nas análises dos resultados obtidos neste trabalho, é possível concluir que:

- ambientes mais compactos, com ventilação prejudicada, apresentam avanço de carbonatação mais significativo e consequente perda antecipada de vida útil (estacionamentos e garagens);
- túneis, com exposição extrema aos escapamentos dos veículos automotores e demais agentes deletérios, desde que apresentem ventilação artificial, não apresentaram concentrações diferentes das convencionais e esperadas para um centro urbano;
- sugere-se acompanhamento regular do avanço da carbonatação (frente de CO_2) com a utilização de ensaios destrutivos e/ou semidestrutivos já que a estimativa de chegada do dióxido de carbono às barras, e a consequente despassivação, da diminuição do pH, da corrosão e da perda de estabilidade estrutural é perfeitamente possível de se estimar, além de poder ser aferida in loco sem a necessidade de intervenções significativas, inviabilização dos acessos e interrupção parcial ou total da edificação.

Os profissionais de engenharia, mais especificamente projetistas e executores de edificações, precisam especificar peças e materiais coerentes com o ganho de vida útil, bem como sugerir proteções externas favoráveis a formação da blindagem descrita; capaz de inibir pelo menos um (1) dos componentes formadores da pilha, seja com recobrimentos significativos e normativos, revestimentos à base de hidroxila, impermeabilizações características ou apenas programações controladas e periódicas para controle do avanço do dióxido de carbono (CO_2) que tem por responsabilidade eliminar o filme de óxido estável e estabelecer o contato entra a barra de aço e a solução condutora.

7. AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me dar a capacidade técnica para desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, agradeço ainda aos meus filhos Mateus Henrique e Lara Beatriz por trocarem, sem esbravejar, o tempo deles com o papai para que estas atividades fossem realizadas. Agradeço ainda à minha esposa pela parceria e à empresa Basis Engenharia e Projetos pelo patrocínio direto e indireto da pesquisa.

REFERÊNCIAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: **Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: **Edificações habitacionais - Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674: **Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção**. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14037: **Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos**. Rio de Janeiro, 2014.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI): **Nondestructive Test Methods for Evaluation of Concrete in Structures. ACI 228.2R-2-98.** 1998 (Reapproved 2004).

BALESTRA, C. E. T. **Análise da frente de carbonatação em obras de infraestrutura viária: estudo de caso de uma passarela.** Revista tecnocientífica do CREA-PR, Paraná, 2019.

CARMONA, T. G. **Modelo de previsão da despassivação das armaduras em estruturas de concreto sujeitas à carbonatação.** USP, São Paulo, 2005.

ISBN 978-65-86819-05-2

CUNHA, A. C. Q.; HELENE P. R. L. **Despassivação das armaduras de concreto por ação da carbonatação.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2001.

FIGUEIREDO, E. P.; MEIRA, G. **Boletín Técnico.** México, ALCONPAT, 2013.

HELENE, P. R. L. **Corrosão em Armaduras para Concreto Armado.** I.P.T – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. São Paulo, PINI,1986.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA (IBAPE): **Norma de inspeção predial.** São Paulo, 2012.

ISAIA, G. C. **Concreto: ciência e tecnologia.** Vol. I e II. IBRACON. São Paulo, 2011.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto. Microestrutura, propriedades e materiais**. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

MALHOTRA, V. M. **Nondestructive Tests. In: Lamond, J. F.; Pielert, J. H. (editors). Significance of tests and properties of concrete and concrete-making materials.** West Conshohocken/PA, USA: ASTM International, 2006.

OLLIVIER, J. P.; VICHOT, A. (Editores). **Durabilidade do concreto. Bases científicas para a formulação de concretos duráveis de acordo com o ambiente.** Ipsis Gráfica e Editora. IBRACON, 2014.

PAULETTI, C. **Análise comparativa de procedimentos para ensaios acelerados de carbonatação.** 2004. 178 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

POSSAN, E.; Modelagem da carbonatação e previsão da vida útil de estruturas de concreto em ambiente urbano. UFRS, Porto Alegre, 2010.

RIBEIRO, D. V. (Coordenador). **Corrosão em estruturas de concreto armado: teoria, controle e métodos de análise.** Elsevier. Rio de Janeiro, 2014.

SAVIJA, B.; LUKOVIC, M. **Carbonation of cement paste: Understanding, challenges, and opportunities**. Construction and Building Materials, v. 117, p.285-301, 2016.

SILVA, M. et al. **Avanço da carbonatação em concretos para idades iniciais.** Anais do II Simpósio Brasileiro Sobre Reabilitação das Construções, Fortaleza, v. 2, n. 1, p.1-8, maio 2019.