

ESTUDO DA ARTE: INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NA DEGRADAÇÃO DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Marlon Jacson Mondardo*; Meire Barbosa**

*Discente do curso de Engenharia Civil - Uniguaçu, marlonmondardo@gmail.com.

**Docente do curso de Engenharia Civil - Uniguaçu, meireclaudiab@gmail.com.

INFORMAÇÕES

Histórico de submissão:

Recebido em: 17 out. 2024

Aceite: 12 nov. 2024

Publicação online: dez. 2024

RESUMO

Este trabalho aborda a influência das condições climáticas na degradação de materiais de construção, com ênfase no concreto armado, cuja principal preocupação é a carbonatação e corrosão das armaduras. O estudo busca entender como fatores como temperatura, umidade e poluentes atmosféricos aceleram processos como a lixiviação, eflorescência e degradação de estruturas de concreto, madeira e materiais cerâmicos. O objetivo é relacionar variações climáticas com os processos de degradação para desenvolver estratégias que minimizem os danos e aumentem a vida útil das construções. Conclui-se que o aquecimento global e o aumento de CO₂ na atmosfera são fatores críticos que afetam diretamente a durabilidade das estruturas, especialmente em países tropicais e subtropicais, onde há carência de estudos locais.

Palavras-chave: mudanças climáticas; carbonatação; concreto armado; eflorescência; umidade.

ABSTRACT

This work addresses the influence of climatic conditions on the degradation of construction materials, with an emphasis on reinforced concrete, which main concern is carbonation and corrosion of reinforcement bars. The study seeks to understand how factors such as temperature, humidity, and atmospheric pollutants accelerate processes like leaching, efflorescence, and the degradation of concrete, wood, and ceramic materials. The objective is to relate climate variations to degradation processes in order to develop strategies that minimize damage and extend the lifespan of constructions. It concluded that global warming and increased atmospheric CO₂ are critical factors that directly affect the durability of structures, especially in tropical and subtropical countries, where there is a lack of local studies.

Keywords: climate change; carbonation; reinforced concrete; efflorescence; moisture wicking.

Copyright © 2024, Marlon Jacson Mondardo; Meire Barbosa. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citação: MONDARDO, Marlon Jacson; BARBOSA, Meire. Estudo da arte: Influência das condições climáticas na degradação dos materiais de construção. *Iguazu Science*, São Miguel do Iguazu, v. 2, n. 6, p. 28-31, dez. 2024.

INTRODUÇÃO

Estudos, sobre a influência/impactos que as condições climáticas possuem na degradação de estruturas de concreto armado, vem sendo cada vez mais implementados, inclusive como forma de conhecer, para prevenir ou minimizar os impactos que estas podem gerar nos elementos, visando maior vida

útil do sistema, principalmente o estrutural. Os tipos de degradação, podem decorrer de fatores biológicos, físicos, químicos ou uma soma deles. No contexto geral, a carbonatação é o principal objeto de estudo na Construção Civil, devido ao risco associado com uma possível incapacidade da função estrutural dos elementos inicialmente projetados para suportar ações internas e externas. A carbonatação é uma reação de natureza físico-química que consiste no

consumo de hidróxidos da massa cimentícia (concreto, argamassa ou pasta), esse consumo altera o pH da mistura, tornando a armadura suscetível à corrosão. Resultando em perda de seção, aderência e consequentemente vida útil do elemento. A velocidade da reação carbonatação assim como a maioria das manifestações patológicas é afetada diretamente pela umidade, e agentes agressivos presentes no ambiente.

METODOLOGIA

Para se obter a relação da influência das condições climáticas com a degradação dos materiais de construção, realizou-se uma pesquisa em bases de dados científicos como Google Acadêmico e ScienceDirect, que possuem artigos e trabalhos acadêmicos. Realizou-se o filtro por palavras-chave, tanto em português quanto em inglês, a fim de encontrar trabalhos relacionados ao tema de interesse. Pesquisou-se palavras-chave como: “Mudança climática” ou “Climate Change”, “Carbonatação” ou “Carbonation”, “Umidade” ou “Moisture wicking”, “Aquecimento Global” ou “Global Warming”, “Degradação do Concreto” ou “Degradation of Concrete”, “Concreto Armado” ou “Reinforced Concrete”, “Lixiviação” ou “Leaching”, “Eflorescência” ou “Efflorescence”. Resultando em um conjunto de estudos realizados nos últimos 24 anos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

1. VARIÇÕES CLIMÁTICAS E A RELAÇÃO COM A DEGRADAÇÃO DE MATERIAIS

1.1. PANORAMA GERAL DAS PESQUISAS

Fazendo uma análise geral do estado da arte da pesquisa no que diz respeito à degradação e vida útil de materiais de construção é possível observar que os estudos versam principalmente sobre a degradação de estruturas de concreto armado, em detrimento aos demais. Essa maior ênfase pode ser explicada devido ao seu elevado consumo como material de construção, já que a alvenaria convencional é o sistema mais empregado no Brasil (Mehta; Monteiro, 2014). Outro material fortemente empregado é a madeira, utilizada como forma para os elementos de concreto, já que atualmente caiu em desuso como forma de sistema estrutural devido sua baixa durabilidade. Ainda assim, é possível encontrar trabalhos que relacionam a variação de temperatura, umidade e insolação, com a decomposição precoce do material (Choids et al., 2020).

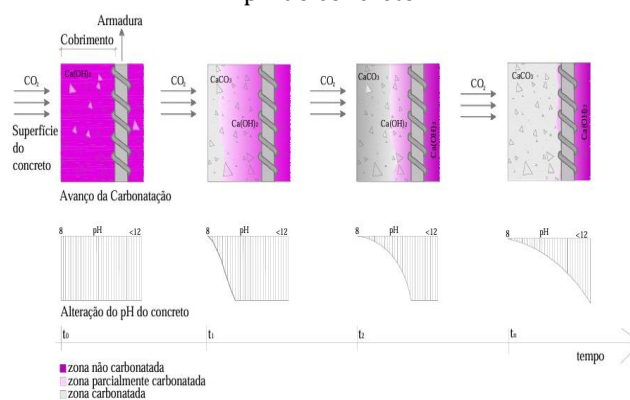
Os materiais de construção de maneira geral podem ser degradados por meio de processos físico-químicos que atingem as estruturas, no caso do concreto armado pode-se citar como principais manifestações patológicas: as fissuras, que podem ter

diversas origens, reações álcalis-agregados, carbonatação, corrosão das armaduras, lixiviação, entre tantas outras. A lixiviação, por exemplo, é uma das manifestações mais comuns existentes, e é consequência do contato da estrutura com a umidade, que dissolve o produto de hidratação do cimento, o carrega e deposita na forma de sais cristalizados na superfície da peça, se tornando a eflorescência. Para Lapa (2008) a lixiviação pode indicar problemas mais severos na estrutura do que meramente estético. Outro exemplo de manifestação comum em concreto armado é a corrosão das armaduras. Para Lodi (2018), a corrosão está entre as mais significativas causas de degradação das estruturas, e tem como principais mecanismos de corrosão o ataque ácido, de águas sulfatadas e carbonatação.

1.2. CARBONATAÇÃO E CORROSÃO NO CONCRETO ARMADO

É sabido que o aquecimento global tem como causa principal a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), dentre os quais o CO₂ (dióxido de carbono) figura como um dos mais nocivos (Vital, 2018). Nos últimos anos houve um aumento nos estudos da carbonatação do concreto armado devido a grande quantidade de emissão de CO₂ na atmosfera, que pode acarretar danos significativos tanto para o aço presente no elemento quanto para a própria massa cimentícia (Barbosa, 2009), e pelo fato de a carbonatação em seu processo físico-químico “recuperar” uma porcentagem do CO₂ emitido pela produção do material cimentício. De acordo com Croitoru (2021), o CO₂ da atmosfera reage com o hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂) presente na pasta de cimento precipitando o carbonato de cálcio (CaCO₃) reduzindo o pH do concreto culminando na destruição da camada passivadora que protegia as armaduras, tornando-as suscetível a corrosão, como exemplifica a Figura 1.

Figura 1. Avanço da frente de carbonatação vs. Redução do pH do concreto.



Fonte: Possan (2010)

Croitoru (2021), em seu trabalho intitulado “A case study about degradation of the buildings and their building elements as a result of climate change” avalia

como a variação da temperatura e conseqüentemente a taxa de umidade relativa do ar (60 a 87 %) afetam a velocidade da carbonatação. O autor analisa o que chama de coeficiente "D", que relaciona a umidade e a temperatura, concluindo que este varia de acordo com os meses do ano.

Rozière et al. (2008), em seu estudo com carbonatação acelerada verificaram que o aumento da quantidade de CO₂ e da temperatura contribuem para um aumento na profundidade de carbonatação e conseqüentemente no início da ocorrência de corrosão das armaduras. A corrosão das armaduras pode se dar por dois tipos, a química e a eletroquímica, sendo a eletroquímica a que ocorre dentro dos elementos de concreto armado. A corrosão química ocorre pela reação entre o Ferro e o Oxigênio (presente no CO₂), formando óxidos, como o Fe₂O₃, popularmente conhecida como ferrugem. O ataque por esse tipo de corrosão se dá de forma mais uniforme na superfície do aço e velocidade de propagação lenta (Luz, 2018). Já a corrosão eletroquímica acontece pela formação de uma pilha eletroquímica na superfície do metal. Essa pilha é composta por um ânodo (onde ocorre a oxidação) e um cátodo (onde ocorre a redução), separados por um eletrólito (um meio condutor iônico, como a água salgada, por exemplo). É considerável imaginar que as estruturas que ainda não estão em contato direto com a água salgada possam sofrer uma corrosão eletroquímica devido ao aumento do nível da água do mar, pelo aumento da temperatura global e o derretimento das calotas polares.

1.3 DEGRADAÇÃO DE MATERIAIS CERÂMICOS

Os materiais cerâmicos estão presentes em praticamente todas as obras de engenharia, principalmente em sistemas de vedação e coberturas. De acordo com Croitoru (2021), a umidade influencia no processo de degradação da alvenaria, intensificando através de sais e substâncias solúveis no ar poluído a solubilidade desses compostos. O fenômeno de capilaridade (que consiste na percolação da água pelos poros do concreto) também contribui para o processo de degradação pela possível presença de sais em solução que são transportados para a alvenaria. Que, por sua vez são levados pela água dos poros dos elementos para a superfície do material, em um processo chamado de lixiviação, e se manifesta na forma de manchas brancas ou amareladas no exterior da alvenaria devido a presença dos sais que se cristalizam depois que a água evapora (Verduh et al., 2000).

Deste modo, cabe salientar que a eflorescência pode trazer riscos quanto a degradação do material cerâmico, mas com foco na superfície do material, e podendo interferir em camadas intermediárias entre alvenaria e revestimento, como a falta de aderência de

pinturas ou argamassas, podendo acarretar em falta de proteção para a estrutura.

1.4 DEGRADAÇÃO OU DECOMPOSIÇÃO DA MADEIRA

De acordo com Brito (2014) a biodegradação da madeira é mais intensa em regiões de temperaturas mais elevadas, pois favorece a taxa de atividade biológica. Choids et al., (2020) analisaram uma construção na Noruega e verificaram um aumento anual de 1,2°C na temperatura média global, prevendo a intensificação da depreciação da madeira no decorrer dos anos, em função da degradação biológica. O aumento da umidade, em função do aumento da precipitação anual, pode acarretar no crescimento de fungos e bactérias, que se alimentam da lignina e celulose, favorecendo a decomposição da madeira.

O aumento da temperatura favorece também a reação de oxidação da madeira, que por sua vez contribui para a degradação do material. Temperaturas mais elevadas podem trazer insetos que se alimentam de madeira, como cupins e xilófagos, acelerando também o processo de deterioração (Paes, 2007).

CONCLUSÕES

Com base nos trabalhos utilizados nota-se que o aumento da temperatura traz certa preocupação em como os atuais materiais usados na construção podem reagir a essas variações, principalmente o concreto armado. Esta preocupação reside no fato de o concreto armado ser um material largamente consumido nas construções, por fatores econômicos e culturais, e o fato de a degradação não prevista neste material potencialmente ocasionar um problema gigantesco.

Isto posto, tem-se a necessidade de desenvolver mais pesquisas sobre outros métodos construtivos, pois os estudos voltam-se praticamente para os fenômenos de carbonatação e corrosão. Houve dificuldade em analisar trabalhos realizados em países com clima tropical e subtropical, pois existe uma carência de trabalhos, que acabam sendo feitos quase que exclusivamente em territórios do hemisfério norte do globo. Além disso, observar e analisar a influência das condições climáticas em nossas estruturas agrega valor científico global, visto que as mudanças já estão acontecendo e não são cenários tão distantes.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, M. **Estimativa da Vida Útil de Estrutura de Concreto Armado Imediatamente após sua execução**. Dissertação de mestrado à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, p. 170, 2009.

- BENÍTEZ, P. *et al.* **Degradation of Concrete Structures from the Climate Change Perspective.** In: XV International Conference on Durability of Building Materials and Components (DBMC 2020). <https://doi.org/10.23967/dbmc.2020>.
- BRITO, L. **Patologia em Estruturas de Madeira: Metodologia e Inspeção e Técnicas de Reabilitação.** Tese de Doutorado em Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, p. 502, 2014.
- CHOIDS, P. *et al.* **Hygrothermal performance of log walls in a building of 18th century and prediction of climate change impact on biological Deterioration.** E3S Web of Conferences, v. 172. 2020.,
- CROITORU, G. **A case study about degradation of the buildings and their building elements as a result of climate change.** Journal of Engineering Sciences, n. 4, p. 144-155, 2021.
- CRUZ, H.; NUNES, L. **A madeira como material de construção.** Núcleo de Estruturas de Madeira, p. 27, 2005.
- HANSSEN-BAUER, I. *et al.* **Climate in Norway 2100 – a knowledge base for climate adaptation,** p. 48, NCCS report (2017).
- LAPA, J. S. **Patologia, Recuperação E Reparo Das Estruturas De Concreto,** Monografia, p. 56, 2008.
- LODI, V. **A Corrosão das Armaduras de Concreto,** p. 9-13 2018?.
- LOPES, M *et al.* **Mudanças climáticas e durabilidade das construções: uma revisão crítica do estado da arte.** Encontro Latino Americano E Europeu Sobre Edificações E Comunidades Sustentáveis, p. 630-643, 2021.
- LUZ, E. **Monitoramento Da Corrosão no Aço Carbono Sae 1020, Aço Galvanizado, Alumínio E Cobre, Considerando As Condições Climáticas Serranas E Litorâneas De Santa Catarina,** p. 65, 2018.
- MEHTA, P.; MONTEIRO, P. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais,** 2ª Edição, p. 782, 2014.
- NEVES, A. **Eflorescência: Saiba Tudo Sobre Essa Manifestação Patológica.** 2019. Disponível em: <https://www.blok.com.br/blog/eflorescencia>. Acesso em: 21 set. 2024.
- PAES, J. *et al.* **Resistência natural de sete madeiras a fungos e cupins xilófagos em condições de laboratório.** Cerne, v. 13, n. 2, p. 160-169, 2007.
- POSSAN, E. **Modelagem da carbonatação e previsão de vida útil de estruturas de concreto em meio urbano.** Tese de Doutorado em Engenharia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- VALDEZ, B. *et al.* **Effect of climate change on durability of engineering materials in hydraulic infrastructure: an overview.** Corrosion engineering, science and technology, v. 45, n. 1, p. 34-41, 2010.
- VERDUCH, A. *et al.* **Formação de Eflorescências na Superfície dos Tijolos,** Universidade Jaume I, Castellón, Espanha, p. 9, 2000.
- VITAL, M. **Aquecimento Global: Acordos Internacionais, Emissões de CO2 e o Surgimento dos Mercados de Carbono no Mundo,** BNDES Set., Rio de Janeiro, v. 24, n. 48, p. 167-244, set. 2018.