

A IMPORTÂNCIA DA HIDRATAÇÃO DURANTE O PROCESSO DE CURA PARA SE EVITAR A CARBONATAÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO¹

THE IMPORTANCE OF HYDRATION DURING THE CURING PROCESS TO PREVENT CARBONATION IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Matheus Gonçalves de Paula²
Samuel Gonçalves de Paula³
Gabriel Mairinques Miranda⁴

RESUMO

Este estudo abordou a carbonatação em estruturas de concreto armado, ressaltando sua recorrência e impacto na durabilidade e resistência. Identificou falhas na concepção da estrutura, destacando a importância do pré e pós-projeto. Com base na NBR 8681:2003, explorou-se as consequências da carbonatação na vida útil das estruturas. O objetivo geral foi analisar os impactos da carbonatação, incluindo causas, efeitos e medidas preventivas e reparadoras. Os objetivos específicos incluíram observar a formação, investigar causas e métodos de prevenção. Destacou-se a relevância da carbonatação na corrosão da armadura, risco de fissuras e custos de reparo. O processo de carbonatação, influenciado por umidade, temperatura e composição do concreto, foi detalhado. A identificação envolve métodos como o ensaio com fenolftaleína. Medidas preventivas incluem revestimentos, aditivos inibidores de corrosão e tratamentos superficiais. Estratégias de recuperação após detecção foram delineadas. Salientou-se a importância de projetos adequados, mão de obra especializada e cuidados na cura do concreto. Explorou-se a relação entre hidratação e durabilidade, ressaltando o controle do calor de hidratação. Concluiu-se destacando a importância de estratégias pessoais para mitigar os efeitos da carbonatação em estruturas de concreto armado.

Palavras-chave: carbonatação; concreto armado; estruturas.

ABSTRACT

This study addressed carbonation in reinforced concrete structures, highlighting its recurrence and impact on durability and strength. Flaws in the design of the structure were identified, highlighting the importance of pre and post-design. Based on NBR 8681:2003, we explored the consequences of carbonation on the useful life of structures. The general objective was to analyze the impacts of carbonation, including causes, effects and preventive and remedial measures. Specific objectives included observing the formation, investigating causes and prevention methods. The

¹ Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade FacMais de Ituiutaba-MG, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, no segundo semestre de 2023.

² Acadêmico do 10º Período do curso de Engenharia Civil pela Faculdade FacMais de Ituiutaba-MG.
E-mail: matheus.paula@aluno.facmais.edu.br

³ Acadêmico do 10º Período do curso de Engenharia Civil pela Faculdade FacMais de Ituiutaba-MG.
E-mail: samuel.paula@aluno.facmais.edu.br

⁴ Professor-Orientador. Mestrando em Engenharia Civil pela UFU. Docente da Faculdade FacMais de Ituiutaba-MG. gabriel.miranda@facmais.edu.br

relevance of carbonation to reinforcement corrosion, the risk of cracking and repair costs was highlighted. The carbonation process, influenced by humidity, temperature and concrete composition, was detailed. Identification involved methods such as the phenolphthalein test. Preventive measures included coatings, corrosion-inhibiting additives and surface treatments. Recovery strategies after detection were outlined. The importance of proper design, skilled labor and care when curing concrete was stressed. The relationship between hydration and durability was explored, with emphasis on controlling the heat of hydration. The conclusion emphasized the importance of personal strategies to mitigate the effects of carbonation in reinforced concrete structures.

Keywords: carbonation; reinforced concrete; structures.

1 INTRODUÇÃO

Esta pesquisa tem como temática o estudo da carbonatação em estruturas de concreto armado. Devido à sua versatilidade e alta resistência, o concreto armado é amplamente utilizado por engenheiros na construção de edifícios de vários pavimentos, barragens, prédios comerciais, pontes etc. Porém, apesar de suprir as necessidades e ser compatível com grande gama de projetos, independentemente de sua tipologia, devem-se tomar alguns cuidados, que vão desde o pré-projeto até o fim da execução dos serviços, para que não surjam falhas e patologias nos elementos em concreto armado.

Na visão de Souza e Ripper (2009), podem ocorrer diversas falhas durante a concepção de uma estrutura em concreto armado, como trincas, lixiviação, corrosão das armaduras, carbonatação, dentre outras. Elas podem ter origem durante o estudo preliminar, na execução do anteprojeto, ou durante a elaboração do projeto de execução, também chamado de projeto final de engenharia.

De acordo com a NBR 8681:2003 (ABNT, 2003), para as ações que apresentam variabilidade no tempo, consideram-se distribuições de extremos correspondentes a um período convencional de referência, de 50 anos, admitindo que sejam independentes entre si os valores extremos que agem em diferentes anos de vida da construção. Portanto, algumas patologias fazem com que a vida útil das estruturas de concreto armado perca a vida útil mínima, descrita na referida norma.

Nesse viés, dentre as patologias do concreto armado citadas por Souza e Ripper (2009), uma anomalia em destaque é a carbonatação, que tem grande impacto negativo na durabilidade e integridade da estrutura. Dentre os prejuízos causados pela carbonatação, encontram-se a corrosão da armadura devido ao

descobrimto das mesmas, o aumento do risco de fissuras e deterioração, a diminuição da durabilidade e os custos associados ao reparo e manutenção dos elementos estruturais.

Segundo Bolina *et al.* (2009), a carbonatação é uma patologia recorrente, caracterizada por um processo físico-químico que consiste na redução do dióxido de carbono (CO_2) presente no ar, dissolvido no interior da fase aquosa dos poros do concreto, com hidróxidos do cimento Portland Hidratado. A interação do dióxido de carbono (CO_2) presente no ar com os componentes alcalinos do concreto, como a cal livre e os hidróxidos alcalinos formam carbonatos, diminuindo o pH do concreto. O processo inicia-se na superfície do material, avançando em direção ao seu interior. A diminuição do pH desencadeia a despassivação da armadura de aço, tornando-o suscetível à corrosão. A corrosão, por sua vez, provoca a expansão do aço, gerando fissuras no concreto e comprometendo sua integridade estrutural.

Devido a esses efeitos negativos provocados pela carbonatação e sua comum aparição em estruturas de concreto armado, a presente pesquisa, através de um levantamento teórico, tem como objetivo geral analisar os efeitos da carbonatação em estruturas de concreto armado, incluindo suas causas, efeitos e possíveis medidas de prevenção e reparação, bem como, de forma específica, investigar a relação entre a aparição da carbonatação com a fase de hidratação no processo de cura do concreto, a fim de responder a seguinte problemática: Quais são os impactos da carbonatação em estruturas de concreto armado? Como prevenir ou solucionar esta patologia?

2 DESENVOLVIMENTO

A carbonatação ocorre devido a presença de umidade, gás carbônico e oxigênio no concreto, de forma que o dióxido de carbono (CO_2) se infiltra nos poros do concreto e, na presença umidade, reage com o hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), que é produzido durante as reações de hidratação do cimento, formando os carbonatos (CaCO_3), devido à presença da água. Durante a sua formação, os álcalis da pasta de cimento são consumidos, reduzindo seu pH. Dessa forma, o concreto se torna mais frágil e o aço mais suscetível a ataques de agentes externos (Calazans, 2011).

Vários fatores influenciam no surgimento da carbonatação em estruturas de

concreto armado, incluindo a umidade, a temperatura, a concentração de CO₂ no ambiente, a composição do concreto e a presença de aditivos. Estruturas localizadas em ambientes urbanos podem estar mais suscetíveis, devido a poluentes da atmosfera.

Esse processo ocorre principalmente na superfície do concreto, que é mais permeável, permitindo a penetração do dióxido de carbono. A formação da carbonatação reduz o pH do concreto para valores abaixo de 9, resultando na diminuição da alcalinidade, o que causa um rompimento na capa passiva da armadura. O objetivo da camada protetora é evitar que o aço fique diretamente exposto à umidade, oxigênio e outras substâncias corrosivas do meio ambiente. Esses agentes aceleram a corrosão do aço reduzindo suas características físico-mecânicas (Helene, 1986).

Além disso, a carbonatação afeta as propriedades mecânicas do concreto, comprometendo sua resistência e rigidez. Considerando a importância da carbonatação na vida útil das estruturas de concreto armado, é necessário compreender os mecanismos envolvidos no processo e buscar soluções de mitigação que garantam a durabilidade estrutural.

Segundo Polito (2006), o método mais utilizado pela engenharia para identificar a carbonatação é por meio da aplicação da fenolftaleína sobre um corpo de prova de concreto, extraído da estrutura em análise. A solução alcoólica de fenolftaleína a 1% é um corante orgânico, sendo um ácido fraco diprótico, tornando-se assim um indicador ácido-base. Ou seja, um ácido diprótico, em solução, pode perder dois íons H⁺ e, para ser um indicador, deve ter a propriedade de ser colorido na faixa de pH que está sendo avaliada, mudando sua cor para valores entre pH 8,2 e pH 9,8.

Desta forma, segundo Boto (2015), a zona carbonatada deve apresentar-se incolor, e a área não carbonatada deverá apresentar uma coloração rosa, sendo admissível medir a penetração da frente de carbonatação na passagem de uma área para a outra, como mostra a Imagem 1, a seguir.

Imagem 1: Ensaio com Fenolftaleína para identificação de carbonatação no concreto



Fonte: Tokudome (2009).

Quando se identifica a presença de carbonatação em uma estrutura de concreto, é crucial buscar a solução adequada para essa patologia. Autores como Souza e Ripper (2009), Helene (1992) e Cánovas (1988) destacam a importância de realizar uma análise abrangente, incluindo a vistoria do local, uma estimativa da gravidade da carbonatação e a coleta de amostras para ensaios laboratoriais. Testes específicos, como o de pH, a utilização de fenolftaleína e o teste de carbonatação acelerada são recomendados para avaliar a resistência do concreto, identificar elementos químicos presentes e determinar áreas futuramente afetadas, como o dióxido de carbono (CO_2), hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) e carbonatos (CaCO_3).

No processo de recuperação da estrutura afetada pela carbonatação, os mesmos autores propõem uma série de etapas. A delimitação, remoção, limpeza, preparação, revestimento, recomposição e proteção são passos essenciais. A delimitação envolve um corte preciso na área comprometida, sem prejudicar a estrutura. A remoção visa eliminar o concreto deteriorado que cobre o aço, enquanto a limpeza concentra-se na remoção de produtos resultantes da oxidação. A preparação da superfície é crucial para os tratamentos subsequentes. O revestimento, com a aplicação de pinturas epoxídicas, visa proteger as armaduras. A recomposição é realizada por meio da aplicação de concreto e argamassa, e a etapa final, a proteção, desempenha um papel crucial na redução da penetração de agentes agressivos na estrutura.

Além das medidas sugeridas pelos autores mencionados, a elaboração de um projeto eficaz e a contratação de mão de obra especializada são enfatizadas como

elementos essenciais para evitar problemas estruturais. Profissionais qualificados, munidos de conhecimento técnico e experiência, desempenham um papel fundamental na instalação de estruturas, assegurando a máxima segurança e minimizando os riscos associados à carbonatação do concreto.

Entretanto, segundo Souza e Ripper (2009), a prevenção da carbonatação em estruturas de concreto armado sempre será um dos principais mecanismos de se evitar tal patologia e envolve a implementação de medidas que reduzem a exposição do concreto ao dióxido de carbono na atmosfera e minimizam a penetração desses gases na matriz de concreto.

Segundo Silva (1995), o segredo por trás da durabilidade do concreto reside em suas características fundamentais, como a relação água-cimento e a permeabilidade, que determina a absorção de água e ar pelo material. A redução da permeabilidade é a chave para tornar o concreto mais resistente aos agentes agressivos, evitando, assim, a ameaça da carbonatação. Desta forma, ainda segundo o autor, a aplicação de revestimentos protetores no concreto é uma medida eficaz para proteger e prolongar sua vida útil em ambientes desafiadores. Esses revestimentos atuam como uma barreira, impedindo a entrada de água, vapor, CO_2 , O_2 e Cl^- , contribuindo significativamente para a prevenção da carbonatação.

O uso de aditivos inibidores de corrosão tem se destacado, especialmente após a década de 90, graças a estudos intensivos sobre migração. Esses aditivos, incorporados ao concreto durante o preparo, visam aumentar a durabilidade das estruturas, oferecendo uma defesa eficaz contra a ameaça da carbonatação (Ribeiro, 2001; Medeiros; Grochoski, 2007).

Entretanto, o bloqueio dos agentes causadores da carbonatação estão diretamente relacionados com a proteção superficial e diminuição da porosidade do concreto, que têm como objetivo dificultar a entrada de agentes agressivos, como CO_2 , ao mesmo tempo em que permitem a saída controlada de vapor de água (Meira, 2017).

Desta forma, uma vez que reduzir a porosidade do concreto se mostra eficaz contra o surgimento da carbonatação. Souza e Ripper (1998) destacam que as principais etapas para garantir um concreto de baixa porosidade é o controle adequado da relação água-cimento (a/c) durante o processo de mistura e fabricação, bem como realizar a cura adequada durante a fase de secagem. A relação água-cimento se refere à quantidade de água em relação à quantidade de

cimento utilizado na mistura do concreto. Reduzir essa relação significa diminuir a quantidade de água utilizada, o que resulta em um concreto mais denso e com menor porosidade. A água desempenha um papel fundamental no processo de hidratação do cimento, que é necessário para o desenvolvimento da resistência do concreto. No entanto, o excesso de água pode resultar em uma mistura mais porosa, o que compromete as propriedades do concreto, tornando-o mais suscetível à penetração de agentes agressivos, como água e íons de cloreto.

Uma etapa crucial para alcançar propriedades desejáveis e evitar patologias, como porosidade, alta permeabilidade e carbonatação, é a execução de uma cura adequada. A ausência desse cuidado pode resultar em perda de resistência e patologias, como fissuras de retração (Lagoeiro, 2014). A cura adequada desempenha papel fundamental no ganho de resistência, assegurando a hidratação dos compostos do cimento Portland e prevenindo fissuração por retração nas primeiras idades (Metha, Monteiro, 1994).

O concreto proporciona ao aço uma barreira física protetora, conferindo-lhe elevada alcalinidade. Isso resulta na formação de uma camada de passivo composta por Fe_2O_3 na superfície do aço, mantendo-o inalterado por tempo indeterminado, desde que o concreto seja de boa qualidade e suas propriedades não se alterem devido a ações externas (Souza Junior; Alves Junior, 2000). As reações químicas de hidratação do cimento, ao entrar em contato com a água, formam compostos específicos, sendo essas reações exotérmicas. O calor de hidratação gerado, influenciado por fatores como composição, tipo e consumo de cimento, pode levar à fissuração em concreto massa (Gambale, 2017; Gambale *et al.*, 2019).

O controle do calor de hidratação é crucial, especialmente em concretos de grandes dimensões. Algumas especificações prescritivas para obras limitam o teor de C3A a 5-15%, variando de acordo com o tipo de cimento conforme a ASTM C150 (ASTM, 2012). Como alternativa, à redução do calor de hidratação pode ser alcançada com o uso de cimentos com maiores teores de adição (Vieira, 2020). Esses conhecimentos são essenciais para preservar a durabilidade do concreto armado diante da ameaça da carbonatação.

A variação de temperatura pode causar mudanças volumétricas nas estruturas de concreto, levando à formação de fissuras se as contrações e expansões forem restritas e as tensões de tração resultantes excederem a resistência do concreto. Elementos de grandes dimensões, como barragens ou

blocos de fundação, estão suscetíveis a fissuras devido aos efeitos do gradiente térmico causado pelo calor de hidratação do cimento (Souza Junior; Alves Junior, 2000).

Em qualquer caso, quanto maior for o tempo de cura, ou seja, quanto mais se impedir a saída de água do concreto, melhores serão as características, como a tensão de ruptura, a impermeabilidade e a resistência ao desgaste e aos ataques químicos.

É obrigatória a referência às questões relativas ao processo de cura do concreto, que é composto por uma série de medidas que visam impedir a evaporação da água necessária e inerente ao próprio endurecimento. Depois da pega, o concreto continua a ganhar resistência, desde que não falte água para garantir a continuidade das reações de hidratação. Uma cura inadequada aumenta as deformações específicas devido à retração. Como esta deformação é diferenciada entre as diversas camadas constituintes da peça, principalmente se esta for de grandes dimensões, poderão ser geradas tensões capazes de provocar acentuada fissuração do concreto. Assim, pode-se dizer que, na prática, a cura é a última de todas as operações importantes na execução de uma peça de concreto armado, com reflexos diretos na resistência e durabilidade da estrutura e no combate preventivo da carbonatação.

3 METODOLOGIA

Ao averiguar o problema, tentando encontrar respostas, ideias e soluções, são definidos métodos para tornar isso possível. O presente estudo fez uma abordagem exploratória qualitativa de produções técnico-científicas que tratam sobre a patologia da carbonatação em estruturas de concreto armado. Nesse sentido, foi feita uma pesquisa teórica que, segundo Lakatos e Marconi (2003), não se trata de simples repetição daquilo que fora dito ou escrito acerca de um tema, mas propicia a investigação sob a análise de uma nova perspectiva ou abordagem, contribuindo para a descoberta de novas conclusões.

Desta forma, foi investigado, por meio dos artigos, livros e, quando necessário catálogos: comparar as maneiras de determinar as causas, manifestações, características e possíveis técnicas para se prevenir, identificar e corrigir os efeitos causados pela patologia da carbonatação em estruturas de concreto armado, uma

vez que tal patologia prejudica diretamente a resistência, durabilidade e segurança das estruturas de edificações.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa abordou a temática da carbonatação em estruturas de concreto armado, destacando a importância desse fenômeno na durabilidade e integridade das construções e como o processo de hidratação dos aglomerados podem influenciar nesse processo. Os resultados foram interpretados e comparados com o referencial teórico, incluindo análises de artigos e normativas, conforme as diretrizes da ABNT NBR 6028:2021.

A visão de Souza e Ripper (2009) destaca que falhas podem ocorrer durante a concepção da estrutura, desde o estudo preliminar até a elaboração do projeto final, dependendo das escolhas e concepções do profissional. Essas falhas podem comprometer a durabilidade, se mais susceptíveis a patologias.

A pesquisa justificou-se pela recorrência da carbonatação em estruturas de concreto armado, evidenciando seus impactos negativos, como a redução da resistência, corrosão da armadura, fissuras e deterioração. A problemática central foi definida como os impactos da carbonatação e os objetivos propostos envolveram análises das causas, efeitos, prevenção e reparação da patologia.

O processo de carbonatação foi detalhado, destacando que a presença de umidade, gás carbônico e oxigênio no concreto leva à formação de carbonatos, tornando o concreto mais frágil e o aço mais suscetível à corrosão. A influência de fatores como umidade, temperatura, concentração de CO₂ e composição do concreto na taxa de carbonatação foi ressaltada.

Os efeitos negativos da carbonatação foram enfatizados, incluindo a interferência na passivação das barras de aço, o comprometimento das propriedades mecânicas do concreto e o impacto na durabilidade. A identificação da carbonatação por meio de ensaios, como o teste com fenolftaleína, foi abordada por Boto (2015).

Diversas medidas de prevenção da carbonatação foram discutidas, como a redução da permeabilidade do concreto, aplicação de revestimentos protetores, uso de aditivos inibidores de corrosão e tratamentos superficiais. A importância da consulta a um engenheiro qualificado para estratégias personalizadas foi destacada,

trazidas por Silva (1995), Ribeiro (2001), Medeiros e Grochoski (2007) e Meira (2017).

Em casos de identificação de carbonatação nas estruturas, autores como Souza e Ripper (1998), Helene (1992) e Cánovas (1988) sugeriram etapas para a recuperação de estruturas afetadas pela carbonatação, incluindo delimitação, remoção, limpeza, preparação, revestimento, recomposição e proteção. A importância de um bom projeto e mão de obra especializada também foi ressaltada.

A influência de fatores ambientais trazidos por Souza e Ripper (1998), como temperatura, umidade, chuva e vento, juntamente com a resposta da massa de concreto, foi destacada na durabilidade. A cura adequada foi apontada como crucial para evitar patologias, como a carbonatação.

A cura do concreto, trazida por Bardella *et al.* (2005), tem por finalidade evitar a evaporação prematura da água necessária para a hidratação do cimento, que é responsável pela pega e endurecimento do concreto, sendo que o objetivo da cura é manter o concreto saturado até que os espaços inicialmente ocupados pela água sejam ocupados pelos produtos da hidratação do aglomerante. Ideia essa também defendida por Souza e Ripper (1998) que afirmam que a deterioração do concreto será menor quando seus índices de porosidade e permeabilidade forem menores.

A cura adequada é fundamental para que o concreto alcance o melhor desempenho, proporcionando uma redução de sua porosidade, contribuindo para aumentar a durabilidade das estruturas (Bardella *et al.*, 2005), ideia essa também defendida por Souza e Ripper (1998), que afirmam que a deterioração do concreto será menor quando seus índices de porosidade e permeabilidade forem menores.

Com base no estudo feito por Araújo (2014), pode-se afirmar que o processo de fissuração do concreto será amenizado se houver a associação de algumas medidas, entre elas a cura prolongada, pois diminuiria o processo de retração do concreto, principalmente em peças esbeltas.

Concluimos citando a pesquisa feita por Silva, Moura e Thomaz (2015) que demonstra que um concreto mal curado possui microfissuras que o enfraquecem e que o aumento do período de cura, ampliando o período de cura de um para três dias, reduz a profundidade de carbonatação em cerca de 40%.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da análise realizada sobre a carbonatação em estruturas de concreto armado e seus efeitos, é possível extrair conclusões relevantes que contribuem para o entendimento e enfrentamento dessa patologia. O objetivo principal desta pesquisa foi analisar os impactos da carbonatação, compreendendo suas causas, efeitos e medidas preventivas e corretivas. Para atingir esse propósito, foram delineados objetivos específicos que permitiram uma abordagem detalhada da temática.

A revisão bibliográfica destacou a importância do concreto armado na construção civil, ressaltando sua versatilidade e resistência. Contudo, evidenciou-se que a carbonatação representa uma ameaça significativa à durabilidade e integridade dessas estruturas. As falhas na concepção, execução e manutenção, conforme identificadas por Souza e Ripper (2009), podem potencializar os efeitos nocivos da carbonatação.

A abordagem teórica permitiu compreender que a carbonatação ocorre devido à infiltração de dióxido de carbono nos poros do concreto, resultando na formação de carbonatos e na redução do pH da matriz. Isso torna o concreto mais vulnerável a agentes externos, afetando a passivação das barras de aço e comprometendo as propriedades mecânicas. A presença de dióxido de carbono na atmosfera, interagindo com o componente alcalino do concreto, desempenha um papel crucial nesse processo.

A identificação da carbonatação por meio de ensaios, como o teste com fenolftaleína, é uma etapa crucial para avaliar a extensão da patologia. Uma vez detectada, a aplicação de medidas preventivas é essencial. A redução da permeabilidade do concreto, por meio de revestimentos protetores e aditivos inibidores de corrosão, destaca-se como estratégia eficaz. A importância da consulta a engenheiros qualificados é ressaltada para a elaboração de estratégias personalizadas.

Quanto à recuperação de estruturas afetadas, as etapas propostas por Souza e Ripper (1998), Helene (1992) e Cánovas (1988) proporcionam um guia sistemático. A delimitação, remoção, limpeza, preparação, revestimento, recomposição e proteção são passos fundamentais para restaurar a durabilidade do concreto armado. Destaca-se a necessidade de um bom projeto e mão de obra

especializada desde a fase inicial para prevenir problemas estruturais.

A influência da hidratação no processo de carbonatação foi evidenciada, ressaltando a importância de fatores como temperatura, umidade e outros agentes ambientais. A execução de uma cura adequada foi identificada como crucial para evitar patologias, incluindo porosidade, alta permeabilidade e carbonatação. O controle do calor de hidratação, especialmente em concretos de grandes dimensões, é essencial para preservar a durabilidade do material.

Em síntese, a pesquisa fornece uma compreensão abrangente dos aspectos relacionados à carbonatação em estruturas de concreto armado. As conclusões ressaltam a complexidade do problema e a necessidade de abordagens integradas, desde o projeto até a execução e manutenção, para garantir a durabilidade dessas estruturas essenciais na construção civil. A contínua pesquisa e inovação são cruciais para desenvolver soluções eficazes e sustentáveis para mitigar os impactos da carbonatação.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6028:2021**. Informação e documentação — Resumo, resenha e recensão — Apresentação. Disponível em: http://www.ccae.ufpb.br/secretariado/contents/documentos/2021_ABNT6028Resumo.pdf. Acesso em 28 nov. 2023.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8681:2003**. Ações e segurança nas estruturas – Procedimento. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4955169/mod_resource/content/1/10%20NBR%208681.pdf. Acesso em: 28 nov. 2023.

ASTM. American Society for Testing and Materials. **ASTM C150-07**. 2012. Disponível em: <https://www.astm.org/standards/c150>. Acesso em: 28 nov. 2023.

BARDELLA, P. S. *et. al.*, Sistemas de Cura em Concretos Produzidos com Cimento Portland de Alto-Forno com Utilização de Sílica Ativa. 1º Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto Produção em Concreto Pré-Moldado. **Anais...** São Carlos (SP), 2005.

BOLINA, C.; HASPARYK, N. P.; FERREIRA, R.; CASCUDO, O. Análise da eficiência de inibidores frente à corrosão do aço induzida por cloretos. Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (V CITENEL), 2009, Belém/PA. **Anais do V Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (V CITENEL)**, 2009. Disponível em: <https://www.cgti.org.br/publicacoes/wp-content/uploads/2016/03/Ana%CC%81lise-da>

[-eficie%CC%82ncia-de-inibidores-frente-a%CC%80-corrosa%CC%83o-do-ac%CC%A7o-induzida-por-cloretos.pdf](#). Acesso em: 28 nov. 2023.

BOTO, T. A. P. M. **Estratégias para intervenções de reparação e reforço em estruturas de betão armado**. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. Coimbra, 2015.

CALAZANS, Ruan. **Carbonatação do Concreto**: Notas de aula. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2011. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/carbonatacao-do-concreto/4758834/>. Acesso em: 10 maio 2023.

CÁNOVAS, Manuel Fernández. **Patologia e Terapia do Concreto Armado**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1988.

GAMBALE, P. G.; GAMBALE, E. A.; HASPARYK, N. P.; *et al.* Análises térmicas em blocos de concretos e avaliação da presença de DEF. 61º Congresso Brasileiro de Concreto Fortaleza. **Anais ...**Ceará, 2019.

GAMBALE, Patrícia Guedes. **Estudo do calor de hidratação do concreto massa e contribuição ao cálculo térmico e à previsão de fissuras de retração**. 2017. 120 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017. Acesso em: 13 maio 2023.

HELENE, Paulo R. L. **Corrosão em armaduras para concreto armado**. São Paulo: Pini/lpt, 1986.

HELENE, Paulo Roberto do Lago. **Manual para reparo, reforço e proteção das estruturas de concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1992.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003.

LAGOEIRO, Vittor. Concretagem. **PET ENGENHARIA CIVIL UFJF**. 2014. Disponível em; <https://petcivilufjf.wordpress.com/2014/10/16/concretagem/>. Acesso em: 03 de out. 2023.

MACEDO, N. D. **Iniciação à pesquisa bibliográfica**: guia do estudante para a fundamentação do trabalho de pesquisa. São Paulo, SP: Edições Loyola, 1994.

MEDEIROS, Marcelo Henrique Farias de; GROCHOSKI, Maurício. Marquises: Por Que Algumas Caem? **Concreto & Construção**, v. 46, p. 95-103, 2007. Acesso em 20 abr. 2023.

MEIRA, G. R. **Corrosão em Armadura em Concreto Armado**: Fundamentos, diagnóstico e prevenção. João Pessoa: IFPB, 2017. 130p.

METHA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estruturas, propriedades e materiais**. 1ª ed. São Paulo: PINI, 1994.

POLITO, G. **Corrosão em estruturas de concreto armado**: causas, mecanismos, prevenção e recuperação. Monografia (Aperfeiçoamento / Especialização),

Especialização em Construção Civil –Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

RIBEIRO, F. H. M. **Desempenho de inibidores de corrosão como método de prevenção e reparo para estruturas de concreto armado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2001.

SARAIVA, Marco Antônio Caixeta. **Análise da influência da cura na resistência à compressão do concreto**. 2018. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário UNIEVANGÉLICA. Anápolis, 2018. Disponível: em: http://45.4.96.19/bitstream/ae/107/1/2018_1_TCC_Marco%20Saraiva.pdf. Acesso em: 17 out. 2023.

SILVA, Andressa Elias da. MOURA, Barbara campos de. THOMAZ, Thamiris Maiane. Carbonatação do concreto. **Enaproc** v.1 n.1 (2015) Anais Enaproc.. Disponível em: <https://periodicos.uniuv.edu.br/enaproc/issue/view/4>. Acesso em: 20 nov. 2023.

SILVA, Paulo Fernando Araújo. **Durabilidade das Estruturas de Concreto Aparente em Atmosfera Urbana**. São Paulo: Editora PINI, 1995.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 2009.

SOUZA JUNIOR, C. F.; ALVES JUNIOR, C. Estudo do Gradiente Térmico Desenvolvido durante a Sinterização por Plasma. 14º Congresso Brasileiro De Engenharias e Ciência dos Materiais, 2000. **Anais...** São Pedro - SP. 14º CBECIMAT, 2000.

TOKUDOME, N. **Carbonatação do Concreto**: massa cinzenta. Portal Itambé, 2009.

VIEIRA, S. Especificando cimentos para concretos duráveis. **Revista Concreto & Construções**, vol. 99, pp. 96-98, 2020.