

Deterioração do concreto armado

Deterioration of reinforced concrete

DOI: 10.34117/bjdv8n5-568

Recebimento dos originais: 21/03/2022

Aceitação para publicação: 29/04/2022

Lohran Garcia Ridolphi

Graduando em Engenharia Civil

Instituição: Centro Universitário Redentor

Endereço: BR 356, nº 25, Cidade Nova, Itaperuna-RJ, CEP: 28300-000

E-mail: lohranridolphi19@gmail.com

Arthur Terra Silva

Graduando em Engenharia Civil

Instituição: Centro Universitário Redentor

Endereço: BR 356, nº 25, Cidade Nova, Itaperuna-RJ, CEP: 28300-000

E-mail: aterra339@gmail.com

Rômulo Rodrigues Coelho Delfino Souza

Especialista em Engenharia de Estruturas

Instituição: Centro Universitário Redentor

Endereço: BR 356, nº 25, Cidade Nova, Itaperuna-RJ, CEP: 28300-000

E-mail: engenheiroromulo Coelho@gmail.com

RESUMO

Este artigo apresenta um levantamento bibliográfico sobre a deterioração do concreto armado, que é uma patologia comum nas construções civis. O concreto armado, com o passar do tempo, tende-se a deteriorar, com isso o estudo acerca do tema torna-se essencial visando que a estrutura atinja a sua vida útil projetada. As manifestações patológicas, dentre outros fatores, surgem por erro humano, seja na fase de projeto, ou na de execução. Nessa conjuntura, levanta-se os principais tipos de patologias, em seguida as suas causas, posteriormente o diagnóstico, e por último a escolha de alternativas de intervenção mais conveniente. O trabalho foi desenvolvido embasado nas referências citadas a fim de propagar o conhecimento quanto à deterioração do concreto armado. Com base em uma tabela apresentada foi possível analisar e avaliar os tipos de problemas de patologias envolvendo o concreto armado na construção civil, ressaltando os principais métodos de recuperação estrutural em junção às patologias que ocorrem no concreto armado. Portanto o estudo da patologia de deterioração do concreto armado passa a ser um item de importância na construção civil, visando a prevenção de falhas e adoção corretas de reparos.

Palavras-chave: patologia, concreto armado, diagnóstico.

ABSTRACT

This article presents a bibliographic survey on a survey carried out, which is a common pathology in civil constructions. The grounded armament over time tends to deteriorate, with the study of the subject becoming essential for its useful life. The pathological

manifestations, among other factors in the human error phase, be it design or execution. At this juncture, the main types of pathologies are raised, together with their causes, later the diagnosis, and finally the choice of more convenient intervention alternatives. The knowledge based on the cited references was disclosed as the work developed was planned. Based on a table presented, it was designed to think about and evaluate the construction problems of civil problems, highlighting the main concrete methods in reinforced concrete for the situations that were not reinforced. Therefore, the study of the pathology of reinforced concrete becomes an item of maintenance in civil construction, the prevention of failures and the correct corrections of repairs.

Keywords: pathology, reinforced concrete, diagnosis.

1 INTRODUÇÃO

Nas patologias no meio da construção civil, a deterioração do concreto armado é uma das principais manifestações encontradas nas edificações.

Para NEVILLE (2016, p. 502) uma estrutura deve desempenhar suas funções e condições de utilização durante o tempo especificado ou a vida útil esperada.

Como todo material, o concreto armado se desagrega com o passar do tempo, o ideal é que seja colocado em prática maneiras com a qual o mesmo possa atender as expectativas quanto a sua vida útil.

Conforme BAUER (2019), grande parte das anomalias encontradas em estruturas de concreto armado é classificado como evolutivo, ou seja, que em curto, médio ou longo prazo possivelmente comprometerão a estabilidade desta estrutura.

Segundo Weimer, Bianca Funk (2018), o surgimento de manifestações patológicas nas estruturas, seria evitado com realização de um bom projeto, execução qualificada, fazendo o uso de materiais adequados, além de um plano de manutenção apropriado.

O conhecimento da origem do problema e o histórico de sua construção, para posteriormente apontar em que fase do processo de construção aconteceu o erro ou então se há sobrecarga, é fundamental para que se possa aplicar um método de recuperação ou reforço da estrutura de concreto armado.

Desta forma, este trabalho se propõe a levantar as principais causas das manifestações patológicas, diagnosticar essa patologia, de maneira que fica exposto a natureza e a origem dos defeitos e também apresentar maneiras para resolução do problema.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho é identificar as principais patologias nas estruturas de concreto armado, mostrando os métodos de identificação mais comuns utilizados na construção civil, bem como as práticas de recuperação e reforço, tendo como objetivo ampliar o conhecimento dos métodos de reparo. Essas patologias podem ser provenientes de diversas falhas, que podem ser por erros humanos tanto na execução da obra quanto nos projetos (LOTTERMANN, 2013).

2.1 ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Para Teatini (2016), a estrutura pode ser denominada como a união dos elementos resistentes de uma edificação. Segundo Teatini (2016), para que não se comprometa a estabilidade e segurança, é de extrema importância que se conheça como se comportam os elementos que compõem a estrutura.

Já o concreto armado pode - se dizer que é a união do concreto simples com barras de aço - esses devem estar arrançados de uma forma que propicie a otimização da resistência própria de cada um dos elementos (Parizotto, 2017). Alguns pontos levantados por Pilotto (2017), o concreto armado tem uma durabilidade alta e é confiável, além de exigir pouca manutenção, ser adaptável em diversas formas e ser bem resistente ao fogo.

Em contramão, para Couto et al (2013), o concreto armado apresenta desvantagens que devem ser consideradas, tais como: tem peso próprio elevado, pouca proteção térmica; maior dificuldade para futuras reformas ou demolições além 9 das armaduras que devem ser posicionadas com muita precisão.

Assim, a ABNT NBR 6118:2014 considera três requisitos em relação a qualidade de uma estrutura de concreto, são eles:

- Capacidade resistente (quanto a sua segurança a se romper);
- Desempenho em serviço (se a estrutura tem condições de utilização, sem apresentar danos, não impossibilitando o fim ao qual foi projetada);
- Durabilidade (potencial de se manter sobre ação da natureza, definida anteriormente em projeto).

Para Botelho (2016), o concreto e a armadura trabalham juntos e ao mesmo tempo independentes nas estruturas, pois falando em dimensionamento os dois possuem funções distintas. Neste sentido, o concreto é a parte grosseira da solução enquanto a armadura é a parte fina ou sensível. Diante deste fato, uma seção de concreto poderá cobrir uma área

de concreto consideravelmente grande e ainda sim a taxa de armadura que se encarregará de fazer o ajuste fino.

2.2 PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Se tratando de patologias em estruturas, o estudo tem o intuito de buscar respostas para quaisquer fenômenos que estejam em desacordo com a normalidade das estruturas. Essa análise é de extrema importância, pois é através dela que determinamos as consequências, para que se possa garantir a segurança e a confiabilidade da estrutura (LOTTERMANN, 2013).

Para Weimer (2018), o concreto armado sofre ações de diversos agentes causadores de danos, dificultando assim sua classificação, além disso, há agentes que atuam apenas no concreto, outros causam danos apenas na armadura, e também os que deterioram os dois.

O surgimento de manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado pode ser evitado se considerar algumas situações, como: boa realização e execução do projeto, uso de materiais adequados, e um plano de manutenção de acordo (WEIMER, 2018).

As manifestações patológicas para o engenheiro civil estão relacionadas aos sintomas de uma determinada doença para o médico. Algumas dessas manifestações patológicas (sintomas) que podem ser encontradas nas estruturas de concreto armado estão nos tópicos a seguir.

2.2.1 Fissuras e trincas no concreto

As fissuras aparecem nas estruturas normalmente estreitas e alongadas e se caracterizam por serem superficiais. Elas não geram problemas estruturais, porém, vale ressaltar que toda rachadura se inicia como uma pequena fissura (LOTTERMANN, 2013).

De acordo com a NBR 9575:2010, fissura é uma abertura que surge através de uma ruptura em um determinado material, podendo atingir até 0,5 mm.

Já as trincas são mais nocivas, ou seja, geram mais problemas do que as fissuras, elas são derivadas da ruptura do elemento, podendo impactar na segurança estrutural (LOTTERMANN, 2013). De acordo com a NBR 9575:2010, assim como as fissuras, as trincas são aberturas que surgem através da ruptura, porém com abertura entre 0,5 mm a 1,0 mm. A figura 2 mostra uma laje com a presença de fissuras e trincas.

Figura 1: Fissuras e trincas em estruturas de concreto armado



Fonte: Acervo pessoal

2.2.2 Corrosão de armaduras

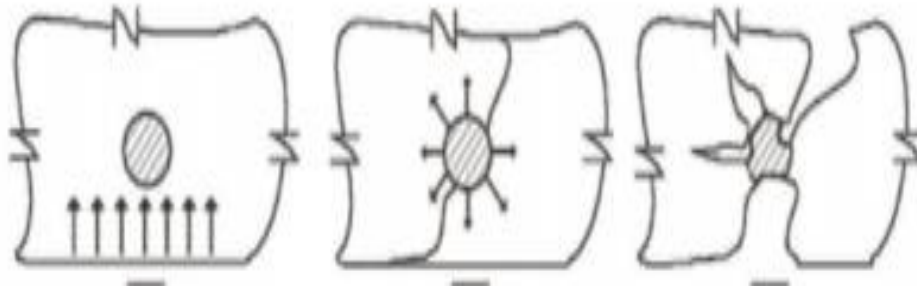
Weimer (2018), define corrosão como um processo de deterioração do aço na estrutura de concreto armado, esse fenômeno acontece devido às reações químicas e eletroquímicas de oxidação. Quando o aço começa a enferrujar é sinal que o mesmo está em processo de corrosão. As armaduras possuem uma camada protetora, o concreto, e na ausência dessa camada as armaduras tendem a se degradarem.

Os primeiros sinais manifestados são manchas leves devido a produtos corrosivos, logo após surgem fissuras, o concreto que cobre a armadura começa a desprender-se, a seção das armaduras diminui, perda considerável de aderência. Esse conjunto de fatores compromete a edificação esteticamente e também a sua segurança ao passar dos anos (RIBEIRO,2018).

Segundo Ribeiro (2018), dificilmente um problema relacionado a corrosão irá se manifestar a curto prazo ou até mesmo durante a construção da estrutura, normalmente se manifestam após está exercendo o fim ao qual foi construída, podendo levar mais de 10 anos.

Para Souza e Ripper (1998), as etapas do processo corrosivo da armadura são respectivamente: interação do agente agressivo com o concreto, fissuras e perda da seção armadura juntamente com o concreto que a sobrepõe, como ilustra a figura 3.

Figura 2: Processo corrosivo da armadura.



Fonte: SOUZA e RIPPER (1998)

2.2.3 Desagregação do concreto e eflorescência

Weimer (2018), define a desagregação do concreto como a separação física, devido a perda da sua capacidade de ligação, podendo fazer com que o concreto se desprenda do restante da estrutura, seja por meio de placas ou fatias. Conforme mostra a figura 4 abaixo:

Figura 3: Deterioração da camada de concreto



Fonte: Acervo pessoal

Para Piancastelli (1997), o início da desagregação pode ser identificado visualmente, pois a alteração de cor do concreto é notória, posteriormente começam a

surgir fissuras cruzadas. Outro detalhe que pode ser notado é um abaulamento da superfície do concreto.

A desagregação do concreto pode ser causada por: Ataques químicos, reação álcali-agregada, água puras ou oriundas das chuvas, entre outras (PIANCASTELLI, 1997).

Weimer (2018), define o eflorescência como um processo derivado da lixiviação do concreto, que pode ser notado através da mudança de coloração da área, por causa da ação de crostas brancas de sais, a mesma fica esbranquiçada.

2.3 CAUSAS DE DETERIORAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

O processo de deterioração de uma estrutura é inversamente proporcional a sua durabilidade, ou seja, quanto mais uma determinada estrutura, ou parte dela, se deteriorar, menor será sua vida útil.

Assim, a ABNT NBR 6118:2014 considera, entre outras, dois mecanismos importantes sobre as causas de deterioração das estruturas de concreto, são elas as relativas ao concreto e as relativas à armadura.

A primeira citada, as causas de deterioração relativas ao concreto, se destacam: a lixiviação, expansão por ação de íons sulfato e reação álcali-agregada. Já as relativas à armadura estão totalmente ligadas ao processo de corrosão da estrutura. A corrosão, nas armaduras, ocorre de fora para dentro, transformando a seção de aço em ferrugem. A corrosão, nas armaduras, pode causar desde manchas no concreto até sintomas mais graves, como expansão do material (WELMER, 2018).

2.4 DIAGNÓSTICO

Entre as principais formas de diagnosticar possíveis manifestações patológicas na estrutura de concreto armado, estão:

- Ensaio de profundidade da carbonatação - Ao iniciar o ensaio de profundidade de carbonatação realiza-se uma borrifação de uma solução de 1g de fenolftaleína dissolvida em 50ml de álcool etílico. Depois da diluição acrescenta-se água destilada até completar 100 ml. Após borrifar essa solução e ao ter contato com a superfície de concreto de Ph adequado ela vai apresentar uma coloração rosada, e já no caso de superfícies onde se tem uma perda de alcalinidade ($\text{pH} < 9,3$) não terá uma modificação de cor dessa substância, assim será indicado a frente de carbonatação da estrutura investigada (DIN EN 14630:2007).

- Ensaio da frente de cloretos - O ensaio qualitativo com nitrato de prata é muito recomendado para a avaliação da frente de cloretos, na qual será borrifado uma solução de nitrato de prata em um testemunho da estrutura, após aplicado fique com a cor branca conclui-se que está em contato com íons cloro livre. Caso apresente cor escura não há presença de cloretos (RIBEIRO, 2018).
- Avaliação do potencial de corrosão - O potencial de corrosão é determinado mediante a aplicação de um método eletroquímico não destrutivo pelo procedimento da ASTM C 876:1999. Este tipo de equipamento consiste em um eletrodo de Cu/CuSO₄ ligado em um voltímetro de elevada impedância de entrada; é utilizado para determinar os critérios de avaliação termodinâmica da corrosão da medida de potencial de corrosão.
- Teste de Percussão - Esse teste é utilizado para identificar na estrutura as regiões na qual apresenta um som cavo, ou seja, identificar possíveis erros de falhas de concretagem ou corrosão internamente que pode comprometer a estrutura.

2.5 TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Para Souza e Ripper (1998), é preciso intervir quando uma estrutura apresenta algum sinal de ‘doença’, a fim de garantir a estabilidade e segurança da mesma. Sempre que a intervenção não tem o intuito de introduzir materiais, com a intenção de aumentar a capacidade da estrutura ou reconstruí-la é denominada recuperação ou reparo da estrutura.

Segundo Silva (2006) a recomposição da estrutura a ser recuperada poderá ser feita com materiais diversos, como: argamassa, graute e concreto.

A recuperação através da utilização da argamassa normalmente é feita para o preenchimento de falhas de concretagem, bicheiras, quinas fragmentadas, normalização de superfície de lajes entre outras. Essa técnica é utilizada apenas para profundidades rasas, atingindo até 5 cm, porém não há limite pré estabelecido para área. Se utiliza deste meio quando a deterioração atinge apenas a camada de concreto de cobrimento, sendo necessário que as armaduras estejam em perfeito estado ou então seja reparada anteriormente (SOUZA e RIPPER, 1998).

A recuperação através do uso de graute é indicada quando há necessidade de entregar em curto prazo, visto que o graute obtém alta resistência com pouco tempo, logo após 24 horas de concretagem a fôrma já pode ser retirada. Outros aspectos do graute: possui boa fluidez. bem uniforme, auto adensável e não há retração (SILVA, 2006).

Já para a recuperação por meio da utilização do concreto se destacam duas formas, a utilização do concreto convencional e a do concreto projetado.

A escolha do concreto convencional se dá quando são percebidas falhas de concretagem, também chamadas de bicheiras, ou em estruturas que sofrem deterioração. Quando o motivo é o segundo caso apresentado o reparo deve ser superior a seção do elemento estrutural. O concreto utilizado para o reparo deve ser fluido, a fim de se adaptar ao local ao qual será lançado, mas não deve alterar a relação água/cimento do mesmo, sendo necessário o acréscimo de aditivos plastificantes, é importante também a adição de aditivos expansivos para que seja controlado a retração do concreto. Vale ressaltar que a cura do concreto, mantendo sua superfície úmida por 7 dias, é essencial para um processo de recuperação eficaz da estrutura (SILVA, 2006).

O reparo com concreto projetado, surge como uma alternativa para o convencional, não sendo necessário o uso de formas, seu lançamento é feito diretamente na superfície. O lançamento do concreto é feito continuamente, através de um mangote, ele é direcionado do equipamento que o mistura até um bico que o projeta, e então é lançado com velocidade alta sobre a base. Devido a essa velocidade o impacto é grande e isso faz com que a compactação seja promovida (SILVA, 2016).

Outro ponto que vale ressaltar, o tratamento das estruturas com presença de fissuras, é de extrema importância para garantir que o concreto e a armadura não se contaminem e também para recuperar a aparência do elemento, pois as fissuras são caminhos ideais para o transporte de líquidos e gases causadores de danos (SOUZA E RIPPER, 1998).

Para Silva (2016) as técnicas usuais relacionadas ao tratamento de fissuras são: Injeção de fissuras; Selagem de fissuras; Costura de fissuras.

Sobre o tratamento de elementos estruturais a descoberta da causa da fissuração é primordial, visto que só assim será possível identificar qual a melhor forma de tratamento, já sabendo o tipo de fissura e se será necessário reforço (SOUZA E RIPPER, 1998).

2.6 TÉCNICAS DE REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Faz-se necessário adotar medidas a fim de reforçar as estruturas de concreto ou parte dela quando há falhas no projeto ou na execução dele, quando é necessário aumentar a capacidade de suporte da estrutura, também quando há a intenção de alterar a sua usabilidade, entre outros motivos (SOUZA E RIPPER, 1998).

A primeira técnica de reforço apresentada é a de adição de armaduras. Essa técnica, como o próprio nome diz, é o acréscimo de armaduras ao elemento estrutural que necessita ser reforçado ou complementado. Posteriormente é necessário cobri-las novamente com concreto, aumentando a seção do elemento estrutural (SILVA, 2006).

A segunda técnica de reforço apresentada é a de aplicação de chapas e perfis metálicos, a fim de garantir o suporte às solicitações de flexão, cortante e torção. Na prática são adicionadas finas chapas de aço fixadas com resina epóxi ao concreto, quando bem feita se mostra uma técnica muito eficiente. A utilização dessa técnica se torna interessante por diversos fatores como por exemplo quando não é possível alterar a geometria da estrutura e também quando necessita de entregar a curto prazo. Se tratando de reforço em pilares é utilizado perfis metálicos. (SILVA, 2006).

Por último, a técnica utilizando polímeros reforçados com fibra de carbono, atua de forma que aumenta a ductilidade e a capacidade resistente dos elementos da estrutura. Pouco mais de 20 anos atrás, o Japão começou a utilizar essa técnica, devido aos terremotos, como forma de reforçar as construções. A sua utilização com finalidade de reforço, em grande parte, se dá em pilares, o que não quer dizer que não deve ser utilizada em lajes e vigas. (SILVA, 2006).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela abaixo visa apresentar de forma simplificada e resumida, as principais patologias em edificações com concreto armado, juntamente com a forma de identificá-las e o método de recuperação.

Tipo de patologia	Identificação da patologia	Diagnóstico	Resultado do teste de diagnóstico	Método de recuperação
Fissuras	Abertura até 0,5 mm	Inspeção visual	-	Aplicação de argamassa, concreto ou graute
Trincas	Abertura entre 0,5 mm a 1,0 mm	Inspeção visual	-	Aplicação de argamassa, concreto ou graute
Rachaduras	Abertura superior a 1,0 mm	Inspeção visual e verificação de outras patologias recorrentes	-	Abertura da rachadura em formato “V”, posteriormente encaixe de uma tela de aço e recobrimento com argamassa

Corrosão de armaduras	Inspeção visual	Avaliação de potencial corrosivo	Não compromete a função estrutural	Limpeza da área afetada com escova de aço, aplicação de produto anticorrosivo e por último aplicação de argamassa.
			Compromete a função estrutural	Realizar a troca ou o reforço da armadura.
Contaminação do concreto	Ensaio de frentes de cloreto	Em casos de estruturas expostas – contaminação por soluções salinas.	-	Fazer o reforço ou troca da armadura.
		Agregados ou água contaminados		
Desagregação do concreto	Inspeção visual	Teste de percussão - identificar possíveis erros de concretagem ou manifestações patológicas	Caso apresente um som cavo	Retirar todo o concreto desagregado, limpar a área e caso a armadura não esteja exposta aplicar o graute.
			Caso não apresente um som cavo	-
Lixiviação	Inspeção visual	Ensaio de profundidade da carbonatação - Através da borrifação de uma solução especificada no artigo.	Caso a superfície do concreto apresenta coloração rosada conclui-se que o pH da mesma está adequado	Recomposição da estrutura, podendo ser realizada com uso de graute ou argamassa.
			Caso não tenha alteração de coloração será indicado a frente de carbonatação da estrutura investigada	Limpeza para retirada do carbonato, seguido de recomposição da estrutura, por graute ou argamassa polimérica

No processo de diagnóstico das patologias em concreto armado, pode-se observar que algumas patologias são identificadas e diagnosticadas através apenas da inspeção visual por profissional habilitado. Em outros casos mais específicos é necessário o uso de análise química dos elementos, ensaios *in loco* para verificar a profundidade de fissuras, exame de armadura exposta quanto ao nível de corrosão, bem como profundidade de carbonatação.

Ao identificar e diagnosticar as patologias nas estruturas de concreto armado existem dois possíveis resultados. No primeiro deles as funções estruturais são comprometidas, já no segundo os danos são apenas estéticos. Em alguns casos, se negligenciados, podem evoluir e se tornar um problema assim como o primeiro.

O método de recuperação se faz através do uso dos ensaios obtidos no diagnóstico, em alguns casos de recuperação da patologia é simples como o de fissuras e trincas, se faz a aplicação de argamassa, concreto ou grout. Já em outros casos como o de rachaduras, aberturas que possuem mais de 1,0 mm, é realizado um corte em “V”. Esse corte é realizado para obtermos uma figura geométrica conhecida, assim obtemos melhor absorção do material utilizado para a recuperação e menor atrito.

Em casos extremos, onde a recomposição não é o bastante, como por exemplo em patologias de corrosão da armadura ou contaminação do concreto, em níveis comprometedores, é necessário o reforço ou a troca da armadura.

4 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo das patologias nas estruturas de concreto armado passou a ser enxergado como item de muita importância no meio da construção civil. Devido ao grande aumento de obras apresentando deterioração, a busca por alternativas de recuperação de estruturas em concreto armado é imprescindível, com o intuito de mitigar as patologias nas estruturas de concreto armado e consequentemente fazer com que a estrutura cumpra a vida útil a qual foi projetada.

O concreto e a armadura são expostos a diversos agentes causadores das patologias, sejam eles físicos ou químicos. Com o estudo conclui-se que em cada patologia há uma forma de diagnosticá-la e por seguinte recuperá-las, em casos mais específicos, em relação à armadura, o reforço ou a troca da mesma tornam-se opções em situações específicas, onde há o comprometimento da estrutura de fato.

Foi possível observar a importância do conhecimento do engenheiro tomada nas etapas tanto da concepção do projeto como na execução da obra, o fiel cumprimento dos cobrimentos mínimos, a qualidade do concreto e a uniformidade pode evitar vários problemas de forma a aumentar a durabilidade e a vida útil do projeto, e garantindo a segurança da estrutura, reduzindo assim o custo do pós-obra com recuperação e proteção.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. C. **Concreto**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2002, p. 03. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/Concreto.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014. Acesso em: 05 out. 2021

_____. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

_____. **NBR 9575: Impermeabilização - Seleção e projeto**. Rio de Janeiro, 2010. Acesso em: 21 out. 2021.

ASTM C 876. **Standard test method for half-cell potentials of uncoated reinforcing steel in concrete**. In: Annual book of ASTM Standards. Philadelphia, USA. 1999.

BOTELHO, Manoel.Henrique. C. **Concreto armado eu te amo- para arquitetos** . São Paulo: Blucher, 2016. 9788521210351. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521210351/>. Acesso em: 06 out. 2021.

COUTO, J.A.S; CARMINATTI, R.L; Nunes, R.R.A; Moura, R.C.A; **O Concreto como material de construção**. Doc Player, 2013. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/17314919-O-concreto-como-material-de-construcao.html>>. Acesso em: 09 out. 2021.

DANIEL RIBEIRO. **Corrosão e Degradação em Estruturas de Concreto** . Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2018. 9788595152359. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595152359/>. Acesso em: 20 out. 2021.

SOUZA, Marcos Ferreira de. Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações. **Monografia (Especialização em Construção Civil: Avaliações e Perícias), Departamento de Engenharia de Materiais de Construção, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte**, 2008.

DIN EN 14630 - **Products and Systems for the Protection and Repair of Concrete, Structures - Test Methods - Determination of Carbonation Depth in Hardened Concrete by the Phenolphthalein Method**. Deutsches Institut fur Normung. Berlin, 2007.

DRESCH, Fernanda.; GOTO, Hudson.; SCHMITZ, Rebeca. J.; BORGES, Augusto. B. **Pontes**. Porto Alegre - RS Grupo A, 2018. 9788595024830. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595024830/>. Acesso em: 09 out. 2021.

DURANTE, Rogério. **Concreto–Qualidade, Classificação e Propriedades**. São Paulo, CESET/UNICAMP, 2000.

EGYDIO, PILOTTO. N. **Caderno de Receitas de Concreto Armado - Vol. 1 - Vigas**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2017. 9788521634690. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521634690/>. Acesso em: 08 out. 2021.

_____. **Caderno de Receitas de Concreto Armado - Vol. 1 - Vigas**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2017. 9788521634690. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521634690/>. Acesso em: 26 out. 2021.

FALCÃO, BAUER, L. A. **Materiais de Construção - Vol. 1**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2019. 9788521636632. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521636632/>. Acesso em: 08 out. 2021.

FUSCO, Péricles. B.; ONISHI, Minoru. **Introdução à engenharia de estruturas de concreto**. São Paulo. Cengage Learning Brasil, 2017. 9788522127771. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522127771/>>. Acesso em: 09 out. 2021.

_____. **Introdução à engenharia de estruturas de concreto**. [Digite o Local da Editora]: Cengage Learning Brasil, 2017. 9788522127771. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522127771/>. Acesso em: 29 out. 2021.

João Carlos Teatini. **Estruturas de Concreto Armado**. Brasília: Grupo GEN, 2016. 9788595155213. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595155213/>. Acesso em: 26 out. 2021.

LOTTERMANN, André. **PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO: ESTUDO DE CASO**. Ijuí - RS. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2013. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/handle/123456789/2133> Acesso em: 21 out. 2021.

MARCHETTI, Oswaldemar. **Pontes de concreto armado**. São Paulo. Editora Blucher, 2018. 9788521212799. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521212799/>. Acesso em: 09 out. 2021.

NEVILLE, A.M. **Propriedades do Concreto**. Porto Alegre: Grupo A, 2016. 9788582603666. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582603666/>. Acesso em: 08 out. 2021.

OLIVARI, Giorgio. **Patologia em edificações**. São Paulo, p. p95, 2003.

PIANCASTELLI, Élvio M. - Patologia, **Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado** - Ed. Departamento de Estruturas da EEUFMG - 1997 - Disponível em: https://www.academia.edu/28706118/PATOLOGIA_RECUPERA%C3%87%C3%83O_E_REPARO_DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO Acesso em: 21 out. 2021.

RIPPER, T.; SOUZA, V. C. M. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

SCHMITZ, Lucas. **Estudo de Alternativas de Barragem de Concreto para Pequenas Centrais Hidrelétricas: Estudo de Caso da PCH Poço Fundo**. Santa Catarina. TCC (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Engenharia Civil, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/187894> . Acesso em: 09 out. 2021.

SILVA, ERICK A. **Técnicas de recuperação e reforço de estruturas de concreto armado**. São Paulo. Universidade Anhembi Morumbi, 2006. Disponível em: <https://livrozilla.com/doc/347902/t%C3%A9cnicas-de-recupera%C3%A7%C3%A3o-e-refor%C3%A7o-de-estruturas-de-concreto%E2%80%A6>

WEIMER, Bianca. F.; THOMAS, Maurício.; DRESCH, Fernanda. **Patologia das estruturas**. Portos Alegre - RS. Grupo A, 2018. 9788595023970. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595023970/>. Acesso em: 21 out. 2021.

ZARZAR, Fuad. C.Jr. **Metodologia para estimar a vida útil de elementos construtivos, baseada no método dos fatores**. Recife, 2007. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp061460.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2021.