

CONCRETO ARMADO E SUAS PATOLOGIAS

[\[ver artigo online\]](#)

Caio Messias Matildes¹

RESUMO

Este trabalho tem como abordagem as manifestações patológicas mais comuns encontradas nas estruturas de concreto armado, com o objetivo de analisá-las em relação as causas e abordando possíveis tratativas das mesmas, não dispensando a consulta à um profissional técnico qualificado. Outro objetivo é conscientizar o leitor sobre a gravidade e as consequências que podem ocorrer devido a negligência quanto a manutenção e correção de patologias em estruturas de concreto armado. Primeiramente o texto traz uma abordagem do que é o concreto armado, e em seguida é dissertado sobre o significado da palavra “patologia” e como elas podem ser geradas em estrutura de concreto armado. Também é apresentado as causas e mecanismos que podem causar a deterioração do concreto, de modo a fornecer informações de como as patologias podem ser evitadas. E por fim é citado um caso prático, sobre um viaduto que sofreu colapso na cidade de São Paulo, ilustrando as possíveis consequências das manifestações patológicas sem a devida fiscalização e tratativa.

Palavras-chave: Concreto Armado, Patologia, Engenharia Civil.

REINFORCED CONCRETE AND ITS PATHOLOGIES

ABSTRACT

This work approaches the most common pathological manifestations found in reinforced concrete structures, with the objective of analyzing them in relation to the causes and addressing possible treatments for them, not dispensing with the consultation of a qualified technical professional. Another objective is to make the reader aware of the seriousness and consequences that can occur due to negligence regarding the maintenance and correction of pathologies in reinforced concrete structures. First, the text brings an approach to what is reinforced concrete, and then it is lectured on the meaning of the word “pathology” and how they can be generated in a reinforced concrete structure. The causes and mechanisms that can cause concrete deterioration are also presented, in order to provide information on how pathologies can be avoided. Finally, a practical case is cited, about a viaduct that collapsed in the city of São Paulo, illustrating the possible consequences of pathological manifestations without proper supervision and treatment.

Keywords: Reinforced concrete, Pathology, Civil Engineering.

¹ Engenheiro Civil pela Faculdade de Engenharia São Paulo, São Paulo-SP. mmcotar@gmail.com



INTRODUÇÃO

O estudo das patologias na construção civil a cada ano que passa, ou a cada colapso estrutural que acontece, se torna um tema cada vez mais importante a ser estudado e desenvolvido, pois este tema está ligado diretamente com a qualidade, o desempenho e a segurança de uma edificação, seja ela habitacional, comercial ou de infraestrutura.

O termo Patologia das Estruturas é o campo da Engenharia que se atem ao estudo das origens, formas das manifestações, consequências e motivos das ocorrências, falhas e degradações das estruturas (SOUZA; RIPPER, 1998).

As patologias se manifestam de várias formas em uma edificação, muitas vezes por falta de conhecimento técnico e/ou executivo, como também muitas vezes por negligência e descaso com os processos construtivos, que cedo ou tarde podem gerar prejuízos, não somente financeiros a essas edificações.

Uma obra sem o acompanhamento de um profissional habilitado, como um engenheiro civil, ou um projeto mal elaborado, com dimensionamentos estruturais equivocados, e até mesmo empresas do ramo da construção civil que somente visam baixar o custo da obra e para isso contratam mão-de-obra de má qualidade e sem o conhecimento técnico necessário para a execução, são condições quase que certas de prováveis surgimentos de problemas patológicos numa edificação. Por outro lado, a falta de manutenção e cuidados com a obra também podem gerar o desenvolvimento de manifestações patológicas com o passar dos anos.

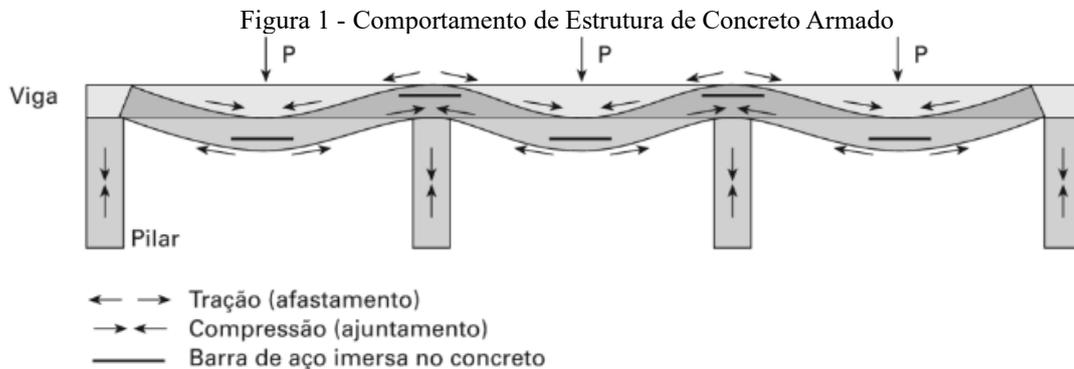
1. O QUE É CONCRETO ARMADO?

O concreto é um material de construção que foi desenvolvido pelo homem no intuito de suprir a sua necessidade em construir estruturas cada vez mais complexas de acordo com o desenvolvimento humano e as necessidades da sociedade.

Sua composição tem como base agregados graúdos (brita), agregados miúdos (areia), cimento e a água, que permite a fixação e união dos materiais. Atualmente, vale ressaltar, novas tecnologias são desenvolvidas a cada dia, a fim de aumentar seu desempenho de acordo com seu uso, agregando-se diversos tipos de aditivos em sua composição.

O concreto é considerado uma pedra artificial, e assim como as demais pedras, este possui uma grande resistência a tensões, entretanto sua resistência a tração é muito inferior

quando comparado a sua capacidade de resistência a compressão. Para suprir esta deficiência do concreto foram realizados diversos estudos a fim de combinar um segundo material à estrutura e, devido as suas características físicas e químicas, o aço foi o que melhor se comportou junto ao concreto, dando origem ao concreto armado. (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2003).



Fonte: Botelho; Marchetti, 2019.

A imagem acima ilustra o comportamento de uma estrutura de concreto armado, onde identificamos os pontos de carga, áreas de compressão e áreas de tração, onde são dimensionadas armações em aço para resistir a tal tensão. Nos pontos da viga onde temos compressão, dependendo do projeto, não há necessidade de se dimensionar barras de aço, mas ainda assim as mesmas são inseridas nos projetos devido a condições de elasticidade do aço em relação ao concreto, por economizar área de concreto nas estruturas e, conseqüentemente, tornar as estruturas mais esbeltas (BOTELHO; MARCHETTI, 2019).

O concreto armado foi um material que revolucionou a arquitetura moderna, devido a sua capacidade de suportar grandes estruturas e vencer vãos maiores utilizando menos pilares e vigas, além de sua flexibilidade e fácil modelagem que possibilitou criar obras dos mais variados formatos, como em exemplo o edifício Copan em São Paulo do arquiteto brasileiro Oscar Niemeyer, que tem sua estrutura toda encurvada em forma de um “S” (CRUZ, 2021).

Figura 2 - Edifício Copan, Oscar Niemeyer



Fonte: Cruz, 2021.

E apesar de não parecer um material tão antigo, o concreto já era utilizado nos tempos do Império Romano, em torno de 400 a.C., como base para a grande parte das construções da época, mas claro que não com o refinamento e a eficiência que temos hoje. Já a primeira utilização do concreto armado foi datada de 1849, com o inventor francês Lambot que construiu um barco usando finas malhas de aço e argamassa, o que gerou uma série de estudos e revolucionou a forma de construir até hoje (REGANATI, 2019b, 2020).

Por ser o material de construção mais usado no mundo e precisar passar por vários processos na sua produção começaram a ser percebidos problemas em obras executadas com o concreto armado e assim começaram a ser estudadas essas falhas de desempenho que foram chamadas de patologias do concreto armado (FETZ, 2018).

2. O QUE É PATOLOGIA

O termo Patologia vem do grego *phatos* que significa doença e *logia* que significa estudo, é comumente utilizado na medicina para descrever doenças ou anormalidades, mas ultimamente também vem sendo atrelado a outras áreas, como a construção civil onde o estudo é feito para reconhecer falhas e danos que estão instalados nos elementos construtivos e edificações, e desta forma, através de inspeções e análises, determinar causas e definir soluções adequadas para as anomalias.

Patologia é uma área de estudo, uma ciência assim como medicina, matemática, geologia entre outros, além disso, é importante ressaltar que patologia é diferente de manifestação patológica, na construção civil por exemplo, uma fissura em uma viga é uma manifestação patológica, já o estudo da patologia se refere a buscar a explicação, a origem e ou os fatores que estão atingindo determinado sistema construtivo e assim encontrar a forma mais correta de corrigi-lo (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019).

3. PATOLOGIA DO CONCRETO ARMADO

Das estruturas de modo geral, mas principalmente falando as de concreto armado, se espera que atendam ao projeto de maneira completa, adequada e com qualidade, possibilitando a facilidade na execução e manutenção, satisfazendo o cliente, os usuários e proporcionando uma longa vida útil a obra. Dessa forma, as estruturas devem ser entendidas como produtos extremamente complexos, que atendam aos propósitos do projeto, as expectativas do cliente e a segurança dos usuários.

O caso de surgimento de patologias em uma obra de concreto armado pode ter sua origem de falhas ocorridas durante as etapas de concepção, execução, e até mesmo na utilização de uma construção, mas também pode estar condicionada ao controle de qualidade das atividades (SOUZA; RIPPER, 1998).

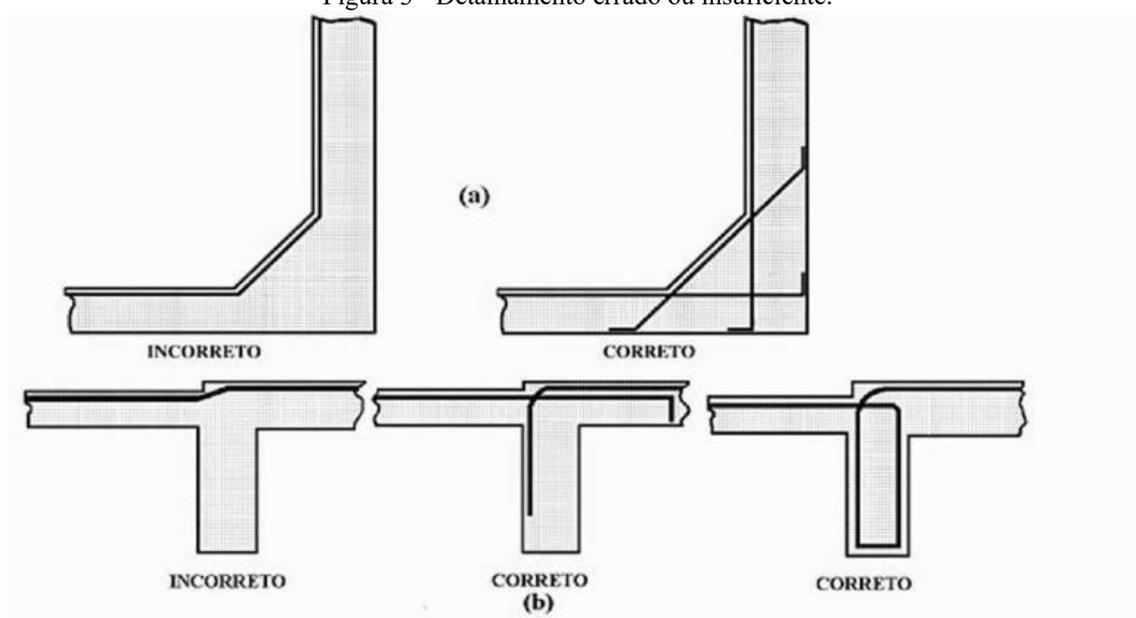
Segundo Cánovas (1988) a maioria das estruturas que vão a ruína, não vão ocasionadas por apenas uma manifestação patológica, mas sim por várias, que agem de maneira conjunta, reduzindo a resistência mecânica da estrutura, trazendo graves consequências, como o colapso das mesmas.

3.1 PATOLOGIAS GERADAS NA ETAPA DE CONCEPÇÃO DA ESTRUTURA (PROJETO)

Durante a concepção da estrutura podem ocorrer falhas originadas dos projetos, tanto no estudo preliminar, como no anteprojeto e no projeto de execução. Quanto mais antiga a falha mais complexa será para solucioná-la nas etapas de projeto que vem adiante. Como por exemplo uma falha que venha do estudo preliminar se tornará muito mais complexa para solucionar do que uma que ocorra já na fase de anteprojeto.

As falhas ou equivocções do estudo preliminar e do anteprojeto são responsáveis principalmente pelo aumento do custo da construção, e por transtornos a utilização da obra, já as falhas provenientes dos projetos executivos causam problemas patológicos bem mais graves como erros de dimensionamento e de falta de compatibilização entre a estrutura e a arquitetura, detalhamento insuficiente, errado ou inexecutáveis, deficiências de cálculo da estrutura ou da resistência do solo, utilização incorreta dos materiais e até mesmo por falta de padronização nas representações do projeto (SOUZA; RIPPER, 1998).

Figura 3 - Detalhamento errado ou insuficiente.



Fonte: Souza; Ripper, 1998.

Um exemplo clássico de falha na elaboração dos projetos é a distribuição dos estribos na armadura, que muitas vezes nos projetos são detalhados muito próximos e na hora execução se percebe que não foram projetados espaços suficientes para inserir o vibrador de concreto, que causa a falhas no assentamento do concreto nas formas.

Figura 4 - Concretagem de viga de ponte com utilização de vibrador para assentamento de concreto.



Fonte: Prefeitura Municipal de Santa Barbara D'Oeste, 2020.

3.2 PATOLOGIAS GERADAS NA ETAPA DE EXECUÇÃO DA ESTRUTURA (CONSTRUÇÃO)

Depois da finalização do projeto, a qual se espera que tenha sido realizada corretamente, se segue para a etapa de planejamento e execução da obra. Nessa etapa na maioria das vezes os problemas estão relacionados com a falta de qualidade na mão de obra e a falta de treinamento e qualificação dos operários. (SILVEIRA et al., 2002).

Para Souza e Ripper (1998), alguns erros são grosseiros, ainda que se trate de uma edificação habitacional, tais erros esses como a falta de prumo, esquadro e alinhamento dos elementos estruturais, assim como o desnivelamento de pisos, ou o caimento incorreto de pisos molhados, flechas excessivas em lajes entre outros que poderão ser observados depois de algum tempo de uso da obra, como problemas de funcionamento nas instalações hidráulicas e elétricas por exemplo.

Também são exemplos de patologias por erros na execução das estruturas de concreto armado as trincas e fissuras em vigas por falta de barras de aço ou por mal escoramento das formas nos elementos estruturais, além de falhas no concreto por falta de vibração (TAKATA, 2019).

Figura 5 - Falha no concreto



Fonte: Reganati, 2019a.

Na imagem acima podemos ver a falha no concreto por falta de vibração, ou vibração incorreta, que como citado no tópico anterior pode ser uma falha que venha refletir na obra proveniente da etapa de projeto.

As falhas e até negligências nos escoramentos das formas de concretagem dos elementos estruturais além de gerarem patologias podem ainda ser fatais, tanto financeiramente como para a sociedade, causando grandes acidentes.

Figura 6 - Falha no escoramento causando desníveis no concreto e consequentemente a exposição das armaduras



Fonte: Andrade, 2016.

Figura 7 - Queda de laje por falhas no escoramento



Fonte: Fernandes, 2021.

3.3 PATOLOGIAS GERADAS NA ETAPA DE UTILIZAÇÃO DA ESTRUTURA (MANUTENÇÃO)

O surgimento de patologias em uma edificação se dá por uma combinação de erros que podem ocorrer em nas fases da obra, desde a concepção da edificação, a eficiência da estrutura, o uso dos métodos construtivos entre outros, mas uma parcela de culpa pode vir dos usuários, pela falta de manutenção da edificação (CBIC,2013).

É imprescindível que os usuários saibam das possibilidades e limitações da obra para que assim adotem cuidados para que a mesma seja utilizada de forma adequada, tais como informar quais são as paredes portantes, para que assim não sejam feitas obras de demolição ou abertura de vãos nestas paredes, sem consultar um especialista ou preferencialmente, o projetista da estrutura.

A falta de manutenção ou a manutenção inadequada, tem sua origem na falta de conhecimento técnico, na incompetência, na maneira de pensar que não é algo necessário a ser feito, e até por falta de reservas e verbas para a manutenção.

Deixar de fazer a limpeza e a impermeabilização de lajes, marquises e piscinas elevadas são exemplos típicos de falta de manutenção periódica que poderão promover uma infiltração prolongada deteriorando assim uma estrutura e levando-a até a ruína. (SOUZA; RIPPER, 1998)

Figura 8 - Impermeabilização de laje.



Fonte: Paulo, 2015.

4. DETERIORAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

As anomalias que atingem as estruturas de concreto armado não tem suas causas apenas no mal dimensionamento das peças da estrutura, a quantidade de etapas envolvidas na sua produção (dosagem, mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura), além da qualidade dos materiais utilizados na mesclagem, a eficiência das formas e escoramentos, torna o reconhecimento das origem patológicas um trabalho bastante complexo, exigindo profissionais capacitados e ensaios e laboratórios para a correta identificação do problema. (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019).

Dessa forma, a deterioração do concreto ocorre pela combinação de vários fatores, tanto externos como internos, e tendo como resultado principal a degradação dos materiais e diminuição da capacidade e resistência, e muitas vezes as degradações do concreto não se apresentam visualmente, como por exemplo a fissuração. A degradação do concreto pode ser classificada de origem mecânica, física, química e biológica (SANTOS, 2014).

5. CAUSAS MECÂNICAS A DETERIORAÇÃO DO CONCRETO

Para Souza e Ripper (1998), essa deterioração ocorre por esforços mecânicos submetidos nas estruturas de concreto como choques e impactos, recalque diferencial nas fundações e até por acidentes imprevistos ou de origem naturais como inundações, explosões, tempestades ou abalos sísmicos.

Esses acontecimentos diminuem a resistência da estrutura, além de facilitar o acesso de agentes danificadores, ainda mais se o concreto e a armadura ficam aparentes devido ao impacto das solicitações. São exemplos de estruturas que sofrem a esses impactos os pilares de garagem e fundações, os guarda-corpos e os guarda rodas de rodovias.

Figura 9 - Guarda-rodas rompido por impactos de veículos em viaduto de Belo Horizonte.



Fonte: Santos, 2014.

Figura 10 - Pilares de estacionamento constantemente sujeitos a impactos por Veículos.

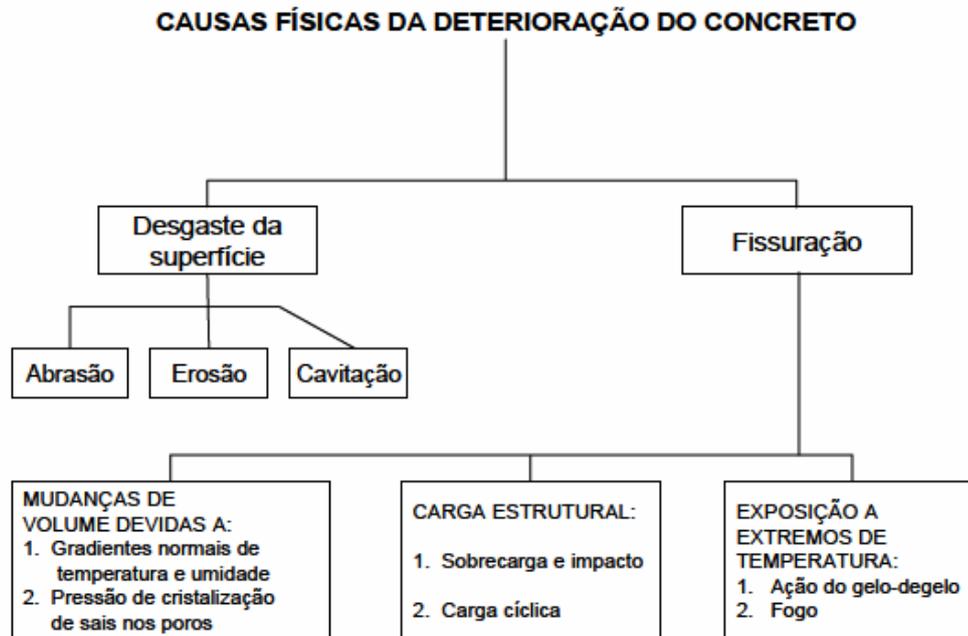


Fonte: Santos, 2014.

6. CAUSAS FÍSICAS DA DETERIORAÇÃO DO CONCRETO

As causas físicas são entendidas como desgastes na estrutura, como a erosão, abrasão e a cavitação e também por mudanças de temperatura, umidade e pressão, carga estrutural e por exposição a extremos de temperatura.

Figura 11 - Agentes físicos de deterioração do concreto.



Fonte: Mehta; Monteiro, 1994.

A variação de temperatura é um fator que age fortemente na geração de manifestações patológicas em uma estrutura de concreto. Segundo Thomaz (1989) qualquer material usado em uma construção pode sofrer dilatações e contrações pela variação de temperatura, mas a forma como cada elemento estrutural sofrerá a variação de temperatura é diferente de material para material. Dessa maneira o engenheiro calculista deve levar em consideração esse fator e, sempre que necessário, prever em projeto as juntas de dilatação.

7. CAUSAS QUÍMICAS DA DETERIORAÇÃO DO CONCRETO

Há inúmeras reações químicas que provocam a degradação do concreto, e elas podem provir de fatores externos ao qual o concreto está exposto e provenientes dos componentes da própria pasta do cimento e reações internas, como reação da hidratação retardada (Ca e MgO) e a reação álcali-agregada (DNIT, 2006).

Segundo Ferreira (2000), grande parte das patologias do concreto provenientes dos ataques químicos ocorrem por fluidos que penetram pelos poros do concreto para sua parte interna, e esses fluidos podem penetrar o concreto de três maneiras.

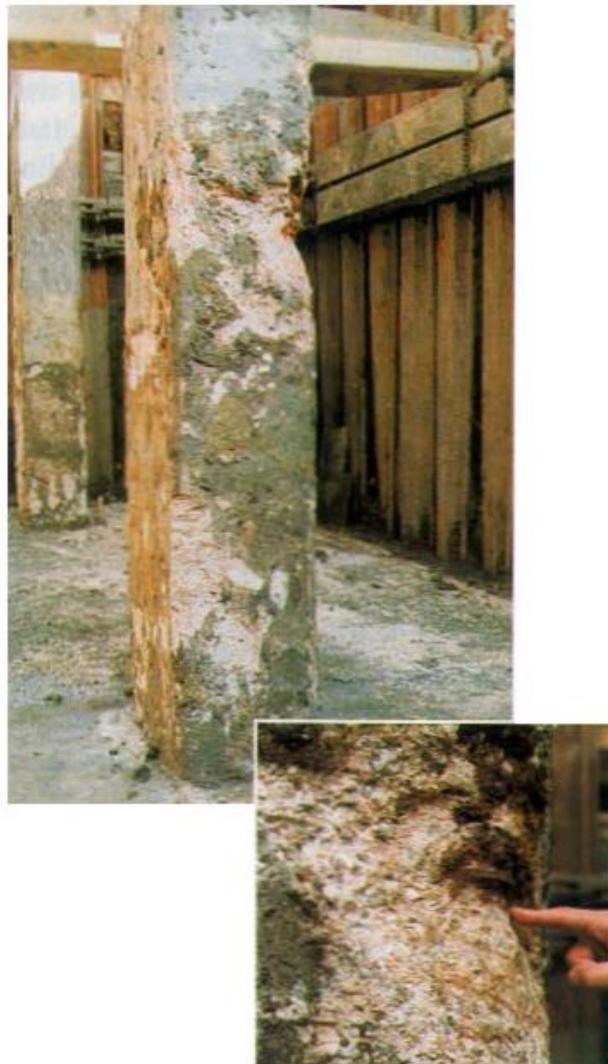
Por difusão, quando as concentrações de íons entre o concreto e o fluido agressivo possuem uma diferença, ocorrendo assim a penetração por difusão.

Por pressão hidrostática, quando há diferença de pressão entre os fluidos e em superfícies opostas do elemento estrutural.

E por forças capilares, que é quando o fluido penetra no concreto por algum mecanismo capilar. (FERREIRA, 2000).

Para Mehta e Monteiro (2008), o efeito das reações químicas no concreto aparecem de forma física e nocivas a estrutura diminuindo a sua resistência e aumentando a sua porosidade e permeabilidade aparecendo assim fissuras e lascamento.

Figura 12 - Pilar de concreto deteriorado pelo ataque de sulfatos.



Fonte: Coutinho, 2001.

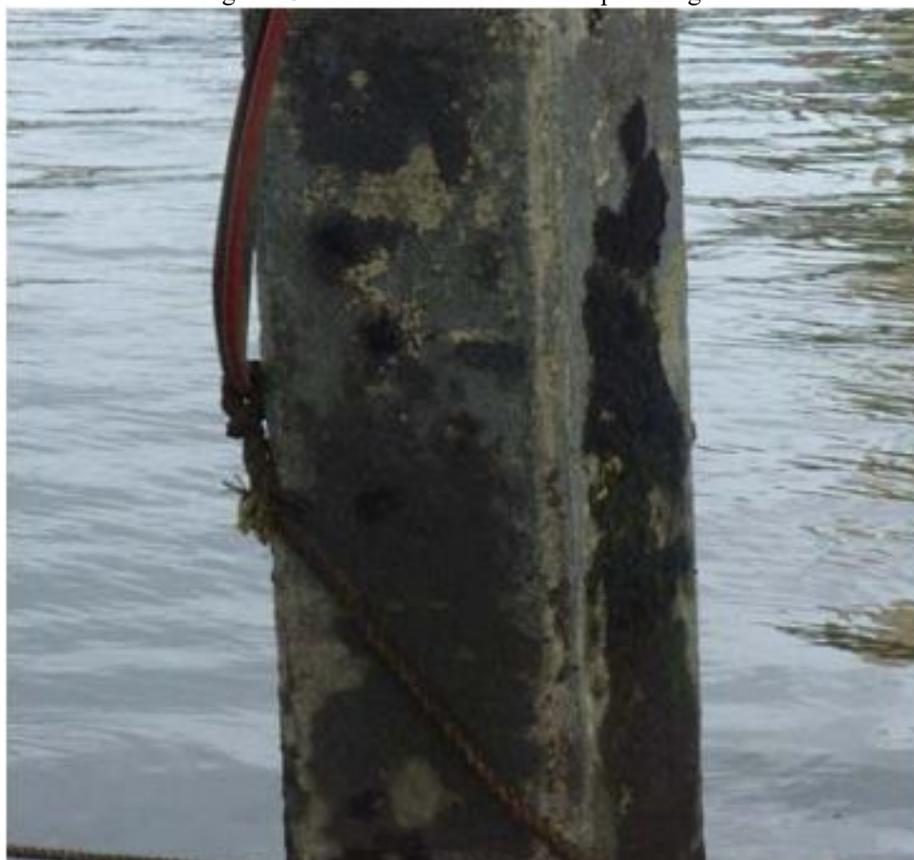
8. CAUSAS BIOLÓGICAS DA DETERIORAÇÃO DO CONCRETO

A deterioração do concreto por fatores biológicos se dá pela ação de microrganismos que afetam o concreto alterando suas propriedades e causando danos.

Segundo Lapa (2008) os principais exemplos de ataques por microrganismos são por fungos, bactérias, algas, líquens, protozoários, plantas e raízes, isso devido as características do concreto (porosidade, rugosidade, umidade e composição química) que é considerado material bio-receptivo, ou seja, possui condições favoráveis aos ataques microbiológicos.

Também para Lapa (2008) a biodeteriorização do concreto pode ser de maneira física ou mecânica, quando pode ocorrer o rompimento do concreto devido à pressão exercida pelo micro-organismo em sua superfície durante o seu crescimento. E estética, quando a presença de micro-organismos altera a estética do concreto, manchando-o ou alterando a sua cor e química, quando o concreto que possui nutrientes para os micro-organismos tem sua composição alterada afetando sua integridade.

Figura 13 - Pilar de concreto coberto por musgos.



Fonte: Arteaga, 2005.

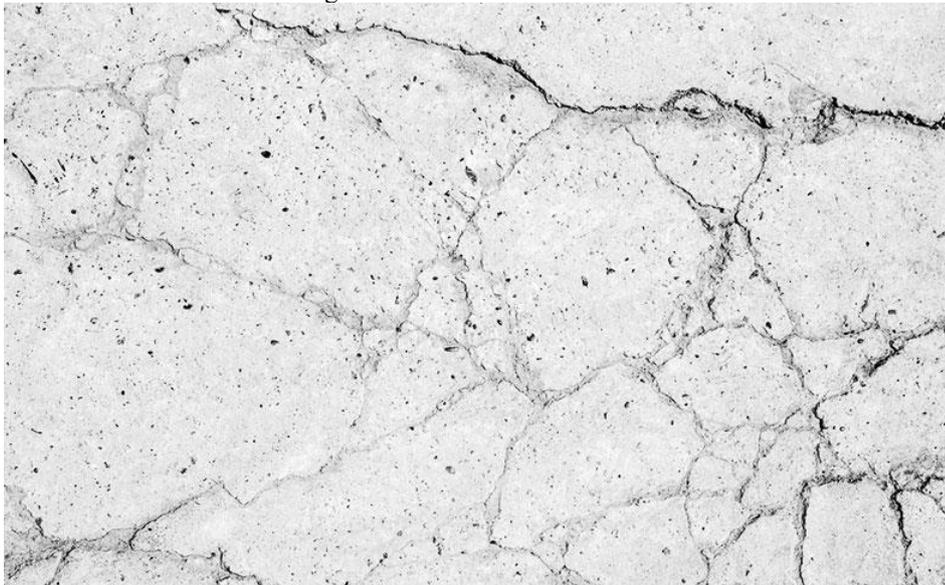
9. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS MAIS COMUNS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Das inúmeras manifestações patológicas que podem atingir as estruturas de concreto armado, vale ressaltar as mais recorrentes e as respectivas práticas mais comuns para devida correção, não dispensando à consulta à um profissional qualificado.

9.1 FISSURAS

As fissuras em sua maioria podem ser causadas por diferentes fatores tais como, recalques ou movimentações da estrutura, falta de verga e contra verga, deformações excessivas das estruturas, sobrecargas ou concentração de tensões ou alterações químicas dos materiais utilizados na construção.

Figura 14 - Fissuras no concreto.



Fonte: Mapa da Obra, 2016.

As fissuras podem gerar interferência na resistência das estruturas e na estética, além de outras características estruturais, surgindo problemas mais graves como trincas e rachaduras. Elas podem ser classificadas de acordo com a sua espessura conforme mostra a figura abaixo:

Figura 15 - Clasificação de Fisuras por espessura.

Fissura capilar	menos de 0,2 mm
Fissura	de 0,2 mm a 0,5 mm
Trinca	de 0,5 mm a 1,5 mm
Rachadura	de 1,5 mm a 5,0 mm
Fenda	de 5,0 mm 10,0 mm
Brecha	mais de 10,0 mm

Fonte: Olivari, 2003.

As fissuras podem ser do tipo ativas, que são as que sofrem deformações diárias e as passivas que sofrem deformações até atingirem o equilíbrio dos esforços mecânicos da estrutura.

Na imagem abaixo podemos ver trincas causadas por flexão, elas se formam no sentido vertical e tendem a apresentar aberturas ainda maiores na face inferior onde ocorre mais tensões e são causadas por sobrecargas devido ao mal dimensionamento da mesma, ou pela falta de armaduras longitudinais positivas.

Figura 16 - Trincas de flexão em viga de concreto armado.



Fonte: Kerkoff, 2017.

Para tratar os problemas de fissura, primeiramente deve-se limpar o local com uma espátula encaixar uma tela no local e aplicar massa acrílica de modo que esta fique nivelada junto ao acabamento da parede. Já em casos mais graves, em que envolvem elementos estruturais o melhor sempre é consultar um profissional qualificado para ter um diagnóstico correto e indicar os procedimentos adequados para o reparo (PINHEIRO, 2022).

9.2 MANCHAS

As manchas são manifestações patológicas causadas principalmente pela umidade, ou seja, por falta de impermeabilização, erros na execução, vazamentos, infiltrações ou umidade proveniente de condensação. As manchas podem aparecer nos pisos, paredes, fachadas entre outros elementos.

Além de causar desconforto para os usuários, e perda estética, elas também são responsáveis por prejuízos funcionais e de desempenho da estrutura, além de risco a saúde pelo acúmulo de umidade nos ambientes internos causando bolores e fungos. (LIMA, 2022).

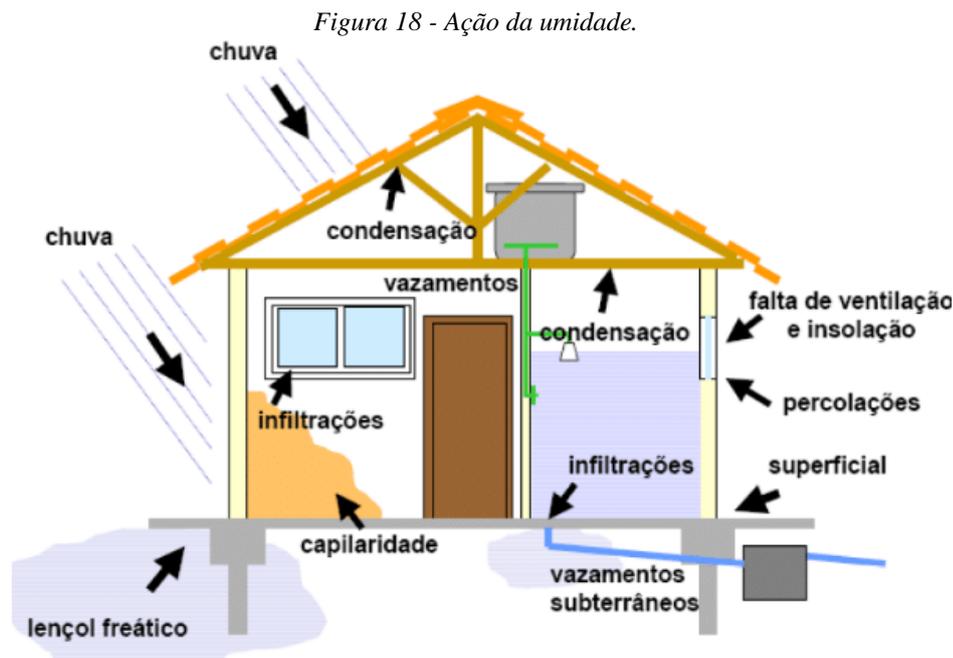
Figura 17 - Manchas de umidade em parede de alvenaria.



Fonte: Zapla, 2012.

Essas manchas podem aparecer nas paredes, por falta de impermeabilização da fundação, mas também podem aparecer em lajes e coberturas de pisos. Suas cores podem ser mais claras ou mais escuras, podendo também proliferar micro-organismos em suas superfícies.

Conforme Pinheiro (2022), para tratar esse problema é necessário tratar a fundo as causas das manchas, retirar os revestimentos ou pinturas e limpar o local. Após removida toda a sujeita e micro-organismos deve ser feita a impermeabilização do local, com tintas ou produtos próprios para a situação.



Fonte: Pozzobon, 2007 *apud* Scheidegger; Calenzani, 2019.

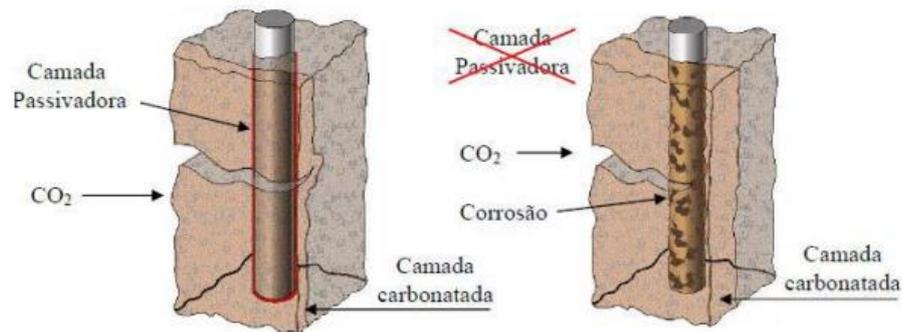
9.3 CARBONATAÇÃO DO CONCRETO

A carbonatação do concreto é uma reação físico-química que ocorre entre os elementos químicos do cimento e o gás carbônico (CO_2) presente na atmosfera que resulta na formação do carbonato de cálcio (CaCO_3) no cobrimento superficial do concreto, que forma uma camada com uma alcalinidade menor que a não afetada pelo fenômeno. Agindo de fora para dentro no concreto a carbonatação vai atingindo profundidade até alcançar as armaduras e assim iniciando a corrosão (TECNOSIL, 2018)

Como ocorre a carbonatação:

1. A água (H_2O) penetra no concreto pelas fissuras
2. Assim de forma uma fina camada de água
3. A água dissolve o Cálcio (Ca) formando o hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)
4. Gás carbônico (CO_2) entra nos poros, também pelas fissuras
5. O gás carbônico (CO_2) reage com a água (H_2O), formando o ácido carbônico (H_2CO_3).
6. O ácido carbônico (H_2CO_3) reage com o hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) formando o carbonato de cálcio (CaCO_3) (cristais)
7. O consumo de Cálcio (Ca) diminui o pH do concreto, deixando o aço exposto à corrosão

Figura 19 - Frente de carbonatação.



Fonte: Araújo, 2017.

É importante lembrar que a corrosão somente ocorre quando há a presença de umidade, dióxido de carbono e oxigênio. O concreto armado (concreto + aço) age perfeitamente em sintonia e equilíbrio, pois o pH elevado do concreto protege o aço, quando ocorre a carbonatação, o pH do concreto diminui consideravelmente desprotegendo o aço e o deixando assim suscetível a corrosão.

Cascudo (1997), afirma que a carbonatação, geralmente é um grande facilitador para a corrosão das armaduras nas estruturas de concreto armado.

Figura 20 - Carbonatação do concreto.



Fonte: Tecnosil, 2018.

Esta manifestação patológica causa a perda da resistência mecânica, a elasticidade, ductilidade entre outras propriedades essenciais e se torna visível a partir do surgimento de

fissuras e trincas nas peças e também com o deslocamento das camadas de concretos deixando as armaduras expostas.

Nos casos de deslocamento do concreto com barras de aço pouco danificadas, se recomenda limpar a região, deixando pelo menos 2 cm de distância do concreto, remover a ferrugem e aplicar anticorrosivo nas barras de aço. Conforme afirma a Tecnosil (2018), após este processo deve-se recompor a parte fragmentada do concreto com argamassa estrutural de alta resistência. No caso em que a manifestação esteja avançada e as barras de aço estejam muito comprometidas, deve-se escorar a área, isolar o local e consultar um projetista a fim de se avaliar e dimensionar um possível reforço estrutural ou substituição de barras comprometidas

Em qualquer dos casos de patologia, deve-se sempre consultar um profissional a fim de se obter um correto diagnóstico da manifestação e a tratativa segura por um profissional gabaritado.

Figura 21 - Estruturas de concreto expostas ao tempo.



Fonte: Recena, 2019.

9.4 EFLORESCÊNCIA

A eflorescência é uma reação química que ocorre no concreto e nas alvenarias, onde aparecem manchas esbranquiçadas sobre a sua superfície. As eflorescências são causadas pela presença da cal livre em qualquer produto que leva o cimento na composição.

Conforme Neves (2019), a eflorescência ocorre quando a cal livre entra em contato com sais solúveis que são transportados pela água utilizada na construção, ou provinda de infiltrações, chuvas etc., e assim ocorre a dissolução da cal livre e esse composto migra, através de osmose, para a superfície e, após a exposição ocorre a evaporação da água e resulta na formação de manchas (depósitos salinos) esbranquiçadas, este processo é denominado eflorescência.

Figura 22 - Eflorescência em bloco de concreto através de pintura acrílica.



Fonte: Neves, 2019.

Resolver o problema da eflorescência deve-se investigar a procedência da infiltração ou umidade, caso não seja possível corrigir o foco desta infiltração, deve-se impermeabilizar a área afetada, pois sem contato com a água os sais não poderão se dissolver e assim não surgirão os depósitos salinos na superfície das estruturas.

10. CASO PRÁTICO

Para melhor expor e entendermos a importância da manutenção e prevenção de patologias do concreto armado, abaixo temos o acontecimento da queda de um importante viaduto da cidade de São Paulo. O colapso da estrutura não só gerou muito transtorno, mas

também serviu como alerta de como estamos lidando com a manutenção e zeladoria de importantes obras de infraestrutura em nosso país.

10.1 QUEDA DE VIADUTO EM SÃO PAULO

Na madrugada do dia 15 de novembro de 2018, uma sexta-feira (feriado da Proclamação da República no Brasil) por volta das 03:30h da manhã um trecho do viaduto do Jaguaré na marginal Pinheiros, na zona oeste de São Paulo capital cedeu (VEJA, 2018).

Figura 23 - Queda viaduto da Marginal Pinheiros 1



Fonte: VEJA, 2018.

Figura 24 - Queda viaduto da Marginal Pinheiros 2



Fonte: VEJA, 2018.

E como já relatado no desenvolvimento deste trabalho, um colapso nunca é causado por apenas um motivo. De acordo com Cataldo (2018), no caso do viaduto, a falta de manutenção e inspeções regulares foram a causa desse colapso. Devido ao descaso e a falta de medidas preventivas, permitiu-se que a água infiltrasse constantemente entre as juntas de dilatação, que estavam em grau avançado de desgaste e necessitando de manutenção, acelerando assim o processo de deterioração do concreto armado, e condenando a sua estrutura de apoio que sustentavam os pontos de contato entre as duas partes do viaduto.

Figura 25 - Parte de baixo do viaduto da Marginal Pinheiros.



Fonte: Cerqueira, 2018.

Segundo um artigo publicado pelo Instituto Brasileiro de Auditoria de Obras Públicas (IBRAOP) (2018), esses acontecimentos não ocorrem somente pela má gestão da administração pública, ou a falta de recursos financeiros, o que acontece também é uma cultura de descaso com a preservação do patrimônio público, e a cultura de pensar que pontes e viadutos, ou qualquer obras, uma vez constituídas irão se comportar como rochas, sólidas e indestrutíveis que podem ser deixadas no tempo por anos e anos, sem ter a necessidade de qualquer manutenção ou cuidado.

Também neste caso, o IBRAOP (Instituto Brasileiro de Auditoria de Obras Públicas) critica a pouca importância que os responsáveis pela administração pública dão a este assunto, não conseguindo nem localizar os projetos de engenharia desse viaduto, que foi construído na década de 1970, pois é nos projetos que se contém informações sobre a construção, como os desenhos das armaduras, as dimensões das peças entre outros detalhes que são indispensáveis para a saber como agir na sua conservação, mantimento e operação.

Apesar do tamanho e gravidade do colapso, nenhuma pessoa se feriu, apenas alguns carros foram danificados no momento que passavam quando a estrutura cedeu.

Figura 26 - Carro danificado no momento que o viaduto cedeu.



Fonte: Tomaz, 2018.

Entretanto as demais consequências derivadas do ocorrido foram incalculáveis, o caos causado no trânsito afetou toda a mobilidade da cidade, pois todas as faixas da via Expressa da Marginal Pinheiros tiveram que ser interditadas e o tráfego desviado para vias menores, gerando muitos engarrafamentos e transtorno para os moradores do entorno. Além disso, o fato ocorreu em um feriado, quando os cidadãos usam a via para deixar a cidade (VEJA, 2018). Contudo, na esfera econômica os prejuízos também foram incalculáveis quando levamos em consideração a quantidade de agentes da Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) e policiais mobilizados para operações de trânsito, semáforos com tempos redimensionados, transporte de materiais e insumos para a cidade afetados, uma conta impossível de se realizar. Um problema que poderia facilmente ser evitado com práticas de prevenção e inspeção de estruturas de concreto.

11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma geral, o presente artigo visa trazer uma breve explicação e reflexão sobre o que são as patologias do concreto armado e sua importância, realizando um levantamento das principais e mais comuns manifestações patológicas do concreto armado.

E, como vimos no último tópico denominado Casos Práticos, foi possível observar e esclarecer de maneira prática o que pode ocorrer com uma estrutura que está sofrendo manifestações patológicas, todo o transtorno e danos que podem ser gerados por um colapso estrutural, e além disso, destacar a atual situação de descaso público paulistano em relação ao assunto.

Conclui-se esse artigo frisando a importância da elaboração de projetos estruturais bem dimensionados e elaborados, a execução das obras com qualidade e responsabilidade técnica, e a consciência dos problemas que a má execução pode causar no futuro. Além disso, com base no caso prático relatado no desenvolvimento desse artigo, a importância da manutenção, prevenção e cuidados com as estruturas de concreto armado, para assim garantir a vida útil das estruturas e consequentemente garantir a segurança dos usuários, a economia em reparos de grandes proporções e também evitar prejuízos, não só no sentido econômico, mas também na esfera de segurança pública das edificações.

Diagrama 1 - Importância da manutenção preventiva nas edificações.



Fonte: do autor, 2022.

REFERENCIAS

ANDRADE, E. B. B. **Manifestação patológica:** Principais patologias nas edificações e as Medidas de profilaxia para se evitar futuras patologias. Monografias. Brasil Escola. 2016. Disponível em: <https://monografias.brasilecola.uol.com.br/engenharia/principais-manifestacoes-patologicas-encontradas-em-uma-edificacao.htm>. Acesso em: 20 jul. 2022.

ARAÚJO, R. **Avaliação da profundidade de carbonatação em estruturas de concreto armado de uma refinaria de petróleo com vida útil maior de 40 anos.** SPPC – Simpósio Paranaense de Patologia das Construções. 2017. Disponível em: <http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/2SPPC.2017.022>. Acesso em: 20 jul. 2022.

ARTEAGA, E. E. B. **Modelo acoplado de biodeterioro, ingreso de cloruros y agrietamiento para la evacuación de la confiabilidad em estructuras de concreto.** Tesis (Magíster em Engenharia). Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental – Universidad de los Andes. 2005.

BOLINA, F. L.; TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. R. **Patologia de estruturas.** 1. ed. [S. l.]: Oficina de texto, 2019. 31 p. v. 1.

BOTELHO, M.H.C.; MARCHETTI, O. **Concreto armado eu te amo.** Vol. 1. Ed. 10. São Paulo: Edgard Blucher, 2019.

CÁNOVAS, M. F. **Patologia e Terapia do Concreto Armado.** 1 Ed. Tradução de M. C. Marcondes; C. W. F. dos Santos; B. Cannabrava. São Paulo: Ed. Pini, 1988. 522 p.

CASCUDO, O. **O controle da corrosão de armaduras em concreto** – inspeção e técnicas eletroquímicas. Goiânia, GO: Editora UFG, 1997. 237p.

CATALDO, G. C. **O que está por trás do colapso do viaduto da Marginal.** Diário do Comércio – O Jornal Digital do Empreendedor. 2018. Disponível em: <https://dcomercio.com.br/publicacao/s/o-que-esta-por-tras-do-colapso-do-viaduto-da-marginal>. Acesso em: 20 jul. 2022.

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Desempenho de edificações habitacionais**: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

CERQUEIRA, R. **Problema em apoio pode ter provocado queda de viaduto em SP, diz especialista**. Globo News – G1 São Paulo. 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2018/11/15/especialista-diz-que-problema-em-apoio-provocou-queda-de-viaduto-em-sp.ghtml>. Acesso em: 20 jul. 2022.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Estrutura de Concreto**: Armação – decisões. 2003. Disponível em: <https://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/3/armacao-decisoes/execucao/54/armacao-decisoes.html>. Acesso em: 20 jul. 2022.

COUTINHO, J. S. **Durabilidade**: ataque por sulfatos. Apostila da disciplina. Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto (Portugal), 2001.

CRUZ, T. Concreto Armado: Entenda Quando é a Melhor Escolha Para o Projeto. Construção e Reforma. **Viva Decora**. 2021. Disponível em: <https://www.vivadecora.com.br/pro/concreto-armado/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

DNIT 090:2006 Norma. **Patologias do concreto – Especificação de serviço**. Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). 2006.

FERNANDES, C. **Obra é interditada pela Defesa Civil após laje de prédio em construção cair e ferir trabalhadores em SC**. G1 Santa Catarina – NSC TV. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2021/04/10/obra-e-interditada-pela-defesa-civil-apos-laje-de-predio-em-construcao-cair-e-ferir-trabalhadores-em-sc.ghtml>. Acesso em: 20 jul. 2022.

FERREIRA, R. M. **Avaliação dos ensaios de durabilidade do betão**. 2000. 246 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2000.

FETZ, GRUPO FETZ. **Patologias do concreto: o que são e como evitá-las**. 2018. Disponível em: <https://fetz.com.br/patologias-do-concreto-o-que-sao-e-como-evita-las/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

FREIRE, D. **Especialistas temem “caos” em SP com queda de viaduto na Marginal**. VEJA. 2018. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/brasil/especialistas-temem-caos-em-sp-com-queda-de-viaduto-na-marginal/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

IBRAOP - Instituto Brasileiro de Auditoria de Obras Públicas. **Sobre a queda do viaduto da Marginal, em São Paulo**. 2018. Disponível em: <https://www.ibraop.org.br/blog/2018/12/16/sobre-a-queda-do-viaduto-da-marginal-em-sao-paulo/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

KERKOFF, M. A. **Trincas de flexão em vigas de concreto armado**. Construção, Manutenção, Reforma. Guide Engenharia. 2017. Disponível em: <https://guideengenharia.com.br/trincas-de-flexao-de-vigas/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

LAPA, J. S. **Patologia, Recuperação e Reparo das estruturas de concreto**. 2008. 56p. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

LIMA, B. S. **Principais manifestações patológicas em edificações residenciais multifamiliares**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. Santa Maria - RS, 2015.

MAPA DA OBRA. **4 sinais de problemas com o concreto**. Votorantim Cimentos. 2016. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/4-sinais-de-problemas-com-o-concreto/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. Tradução de Paulo Helene et al. 1. ed. São Paulo: Pini, 1994. 580 p. ISBN 85- 7266- 040- 2. MITZSUZAKI, Caio Yukio Yasuda et al. **Patologias na Construção Civil**. Pesquisa e Ação, Mogi das Cruzes, v. 5, n. 4, p. 132-145, dez. 2019.

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

NEVES, A. **Eflorescência: saiba tudo sobre essa manifestação patológica**. Blok. SouzaFilho Impermeabilizantes. 2019. Disponível em: <https://www.blok.com.br/blog/eflorescencia>. Acesso em: 20 jul. 2022.

OLIVARI, Giorgio. **Patologia em Edificações**. 2003. 83f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2003. Disponível em: <http://engenharia.anhembi.br/tcc-03/civil-01.pdf> Acesso em: 20 jul. 2022.

PAULO, F. **Como impermeabilizar laje – Dicas e vantagens na aplicação**. Fórum da construção. IBDA – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura. 2015. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=20&Cod=1800>. Acesso em: 20 jul. 2022.

PINHEIRO, I. **Manifestações Patológicas Nas Estruturas De Concreto**. Inova Civil. 2022. Disponível em: <https://www.inovacivil.com.br/manifestacoes-patologicas-nas-estruturas-de-concreto/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA BARBARA DO OESTE. **Concretagem das vigas da ponte entre o São Joaquim e o Batagin é executada**. 2020. Disponível em: <http://www.santabarbara.sp.gov.br/saude/noticias/665981>. Acesso em: 20 jul. 2022.

RECENA, F. **Estruturas de concreto expostas ao tempo**. 4T Construtora. 2019. Disponível em: <https://4tconstrutora.com.br/estruturas-de-concreto-expostas-ao-tempo/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

REGANATI, B. **Concreto Armado: O que é? Quais vantagens e desvantagens?** Blog do Concreto. Concreto Usinado. 2019b. Disponível em: <https://www.concretousinado.com.br/noticias/concreto-armado/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

REGANATI, B. **Como evitar bicheiras no concreto?** Blog do Concreto. Concreto Usinado. 2019a. Disponível em: <https://www.concretousinado.com.br/noticias/bicheiras-concreto/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

REGANATI, B. **A História do Concreto**. Blog do Concreto. Concreto Usinado. 2020. Disponível em: <https://www.concretousinado.com.br/noticias/historia-concreto/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

SANTOS, C. F. **Patologia de estrutura de concreto armado**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. Santa Maria - RS, 2014

SCHEIDEGGER, G. M.; CALENZANI, C. L. Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v.5, n.3, p.68-92, mar. 2019.

SILVEIRA, D. R. D.; AZEVEDO, E. S.; SOUZA, D. M. O.; GOUVINHAS, R. P. Qualidade na construção civil: um estudo de caso em uma empresa da construção civil no Rio Grande do Norte. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXII, 2002, Curitiba. **Anais...** Curitiba-PR, 2002. 8 p.

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998. 255 p.

TAKATA L. T. **Aspectos executivos e a qualidade de estruturas em concreto armado**: Estudo de caso. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2009

TECNOSIL. **O que é e como ocorre a carbonatação do concreto?** Marketing Tecnosil. 2018. Disponível em: <https://www.tecnosilbr.com.br/o-que-e-e-como-ocorre-a-carbonatacao-do-concreto/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini, 1989.

TOMAZ, K. **Polícia de SP investiga causas e responsabilidades por viaduto que cedeu na Marginal Pinheiros**. G1 São Paulo. 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2018/11/18/policia-de-sp-investiga-causas-e-responsabilidades-por-viaduto-que-cedeu-na-marginal-pinheiros.ghtml>. Acesso em: 20 jul. 2022.

VEJA. Viaduto da Marginal Pinheiros cede na madrugada de quinta (15). Redação VEJA São Paulo. 2018. Disponível em: <https://vejasp.abril.com.br/cidades/viaduto-marginal-pinheiros-cede/> Acesso em: 20 jul. 2022.

ZAPLA, L. Na luta contra as infiltrações! Já é possível evitar a quebradeira. Fórum da construção. IBDA – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura. 2012. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=36&Cod=1089>. Acesso em: 20 jul. 2022.