



ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO EM UMA INSTITUIÇÃO PÚBLICA DE ENSINO SUPERIOR

BRITO, Thaís Farias de; MOURA, Paulo Germano Toscano; LIMA, Evelyne Emanuelle Pereira

Universidade Federal da Paraíba, thaïsfariasb@hotmail.com; Universidade Federal da Paraíba, Paulo_germanotm@hotmail.com; Centro Universitário de João Pessoa, evelynejpa@gmail.com

RESUMO

As estruturas de concreto armado ao interagirem com o ambiente externo ao qual estão expostas podem sofrer alterações que, ao longo do tempo, ocasionem perda na capacidade da estrutura em suportar as condições para as quais foi concebida. Apesar de se tratar de um processo natural, alguns fatores influenciam diretamente na deterioração do concreto, como a utilização de material de má qualidade e a falta de manutenção periódica. Mesmo com a evolução das tecnologias utilizadas na construção civil, tem se tornado recorrente o surgimento de manifestações patológicas em edificações relativamente novas que, além de comprometer o desempenho, a estabilidade e a funcionalidade da estrutura, também consomem recursos financeiros em reparações que poderiam ser evitadas. Com isso, as manifestações patológicas presentes na Universidade Federal da Paraíba motivaram o desenvolvimento deste trabalho, que tem como objetivo estabelecer um diagnóstico preliminar das manifestações encontradas. Através da realização de uma vistoria e inspeção visual no Campus I da Instituição pública de ensino superior em estudo, este trabalho catalogou e diagnosticou as manifestações identificadas, verificando que 71,4% das manifestações estão relacionadas com a corrosão de armaduras em concreto armado, sendo a insuficiência do cobrimento e a qualidade do concreto os agentes causadores de maior incidência.

Palavras-chave: Patologia das construções. Concreto armado. Manifestações patológicas.

ABSTRACT

When reinforced concrete structures interact with the external environment to which they are exposed, they may undergo changes that, over time, cause loss of the structure's ability to withstand the conditions for which they were created. Although it is a natural process, some factors can directly influence on the deterioration of concrete, such as the use of poor quality material and the lack of periodic maintenance. Even with the evolution of the technologies used in construction, pathological manifestations in relatively new buildings have become increasingly recurrent. In addition to compromising the performance, stability and functionality of the structure, early pathological manifestations also consume financial resources in repairs that could be avoided. With this in mind, pathological manifestations present at the Federal University of Paraíba motivated the development of this academic work, wich aims to establish a preliminary diagnosis of the manifestation found. Through surveys and visual inspections at Campus I of the public institution under study, this work cataloged and diagnosed the identified manifestations, verifying that 71.4% of the manifestations are related to the reinforcement corrosion of concrete structures. Insufficient cover and concrete quality are the causative agents of higher incidence.

Keywords: Construction pathologies. Reinforced concrete. Pathological manifestations..

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a indústria da construção civil apresentou um grande crescimento nos últimos anos, acarretando no aumento do número de obras em execução. Com os embates políticos e a insatisfação da população com as obras entregues pelo governo, a questão da qualidade nessas obras tem sido cada vez mais discutida, visto que as obras públicas possuem o estigma de baixa qualidade perante a sociedade.

Em países em desenvolvimento, como o Brasil, as conjunturas socioeconômicas fizeram com que as obras atingissem velocidades de execução cada vez maiores, acarretando em controles pouco rigorosos dos materiais utilizados e dos serviços. Este fato aliado a cenários mais complexos, como as políticas habitacionais e os sistemas de financiamento inconsistentes, vêm provocando a queda gradativa da qualidade das nossas construções (THOMAZ, 1989).

As obras públicas, muitas vezes, apresentam baixa qualidade devido à essa falta de seriedade do sistema e de fiscalização. Outro fator preponderante para baixa qualidade na execução dessas obras é a ineficiência na gestão e planejamento das obras.

Os problemas patológicos identificados nas edificações públicas e de forma geral são gerados por falhas no planejamento, na execução e, ao longo do tempo, por falta de manutenção adequada. Os fatores ambientais, principalmente atmosferas regionais ou localizadas, têm, hoje em dia, grande influência no desencadeamento de processos degradantes, principalmente à indução da corrosão em estruturas de concreto dos edifícios.

Para que as manifestações patológicas existentes possam ser eliminadas, é fundamental realizar um estudo detalhado das suas origens (NAZARIO; ZANCAN, 2011). Este estudo, além de fornecer um melhor conhecimento do mecanismo envolvido no fenômeno, pode auxiliar no diagnóstico dos problemas encontrados.

Com isso, neste artigo será abordado um estudo de caso com análise de manifestações patológicas em concreto armado encontradas em uma instituição pública de ensino superior quanto aos seus diagnósticos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Durante o processo construtivo de uma edificação podem ocorrer falhas, gerando vícios e problemas em suas etapas. O gerenciamento de cada processo e a necessidade de uma constante melhoria através do controle da qualidade e do desenvolvimento de novas tecnologias retratam um dos grandes desafios da engenharia civil. (HELENE, 2003 *apud* ZUCHETTI, 2015).

2.1 Patologia das construções

Segundo Helene (1992), conceitua-se como Patologia a parte da Engenharia que examina os sintomas, o mecanismo, as origens e as causas das falhas das construções civis, ou seja, é o estudo de todos os componentes que formam o diagnóstico do problema.

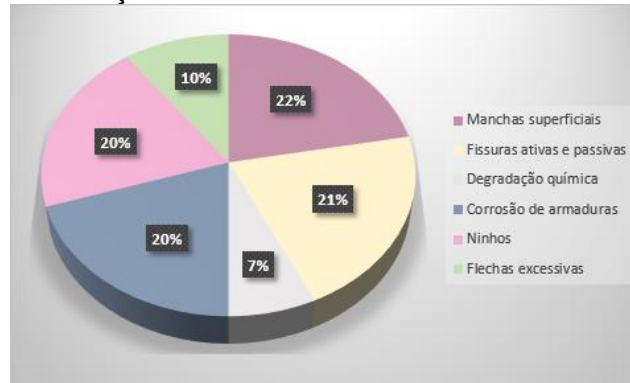
Na maioria das vezes, os problemas patológicos possuem manifestação externa com características peculiares, o que possibilita a dedução de sua natureza, sua origem, os mecanismos envolvidos no fenômeno e a suposição de suas prováveis consequências (HELENE, 1992).

Tutikian e Pacheco (2013) conceituam Sintomatologia como a área da Patologia das Construções que estuda esses sinais apresentados pela edificação, tendo como objetivo diagnosticar o problema patológico.

Para obter um diagnóstico correto de uma manifestação patológica, é fundamental coletar dados, inicialmente, através de uma inspeção visual, de forma a identificar os sintomas observados, sua localização e sua intensidade (TUTIKIAN; PACHECO, 2013).

Como se nota na Figura 1, algumas manifestações externas apresentam maior incidência, mas este fato não reflete diretamente no grau de significância do problema do ponto de vista das consequências quanto ao seu comprometimento estrutural e quanto ao seu custo de correção (HELENE, 1992).

Figura 1 - Distribuição relativa da incidência das manifestações patológicas



Fonte: Helene (1992).

Através de uma análise completa dos dados obtidos de uma determinada manifestação patológica em uma edificação, é possível identificar os mecanismos que originaram o seu aparecimento (TUTIKIAN; PACHECO, 2013).

De forma geral, as manifestações patológicas não são originadas por fatores isolados, mas por influência de um conjunto de variáveis que podem ser classificar segundo o seu processo patológico, seus sintomas, a causa geradora do problema e a etapa do processo produtivo em que ocorrem (OLIVEIRA, 2013).

Conforme Mazer (2012), diagnosticar uma patologia é definir as causas do mecanismo de sua formação e da gravidade potencial da manifestação patológica, a partir da análise dos sintomas e na eventual realização de ensaios e estudos específicos.

Segundo Tutikian e Pacheco (2013), o diagnóstico sempre apresentará um grau de incerteza, podendo a sua eficácia ser apenas comprovada através da resposta satisfatória da estrutura ao tratamento escolhido. Desta forma, a inspeção é uma etapa crucial para uma melhor formulação do parecer técnico e, conseqüentemente, do diagnóstico da estrutura.

Apesar disso, em alguns casos, para elaborar um diagnóstico preciso, faz-se necessário a realização de ensaios destinados a fornecer informações relacionadas às condições de resistência e ruptura de componentes da estrutura vistoriada. Entre esses ensaios podem ser destacados a esclerometria, a verificação da carbonatação e de teor de cloreto no concreto, a determinação do potencial de corrosão, amostras de armadura retiradas da estrutura, a ultrassonografia, a prova de carga, entre outros (VITÓRIO, 2003).

2.2 Patologia em concreto armado

Por se tratar de um material não inerte, o concreto armado está sujeito a sofrer mudanças ao longo do tempo devido a interações entre seus elementos construtivos (cimento, areia, brita, água e aço) com aditivos ou agentes externos (ácidos, gases, sais, entre outros). (LAPA, 2008).

As mudanças causadas por essas interações caracterizam anomalias, conhecidas como manifestações patológicas, que apresentam sintomas indicando que a estrutura está “doente”. Vitório (2003) afirma que um dos sintomas mais comuns é o aparecimento de fissuras, trincas, rachaduras e fendas, que correspondem a aberturas de espessuras distintas que podem aparecer na superfície de qualquer material sólido.

Para Olivari (2003), além dessas aberturas, estão entre os sintomas mais comuns dos problemas patológicos nas edificações a corrosão de armadura, as manchas, o esmagamento ou a ruptura do concreto e sua desagregação.

2.2.1 Mecanismos preponderantes de deterioração relativos ao concreto

Os principais mecanismos causadores da deterioração do concreto podem ser classificados de acordo com sua natureza, dividindo os processos em mecânico, físico, químico, biológico e eletromagnético. Na realidade, a deterioração resulta, muitas vezes, da combinação de diversos fatores internos e externos (LAPA, 2008).

Conforme a NBR 6118/2014 – Projeto de estruturas de concreto - Procedimento – a deterioração relativa ao concreto pode ser resultado de 03 (três) processos distintos: lixiviação, expansão por sulfato e reação álcali-agregado.

Lixiviação - Processo físico-químico que ocorre por ação de águas puras, carbônicas agressivas, ácidas, entre outras. De acordo com Mehta e Monteiro (2014), este processo acarreta na perda de resistência do concreto e no surgimento de crostas esbranquiçadas de carbonato de cálcio na superfície, fenômeno conhecido como eflorescência.

Expansão por sulfato - processo físico-químico que se dá pela expansão por ação de águas ou solos contaminados com sulfatos. Segundo Olivari (2003), o sulfato de cálcio, por exemplo, reage com o aluminato tricálcio hidratado e forma um sal conhecido como Candlot ou Etringita ($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O$), que possui um coeficiente de expansão de ordem de 300%, favorecendo o surgimento de fissuras na estrutura.

Reação álcali-agregado (RAA) - Conceituada pela NBR 15577-1/2008 (p. 2, como uma “reação química entre alguns constituintes presentes em certos tipos de agregados e componentes alcalinos que estão dissolvidos na solução dos poros do concreto”. As reações químicas ocasionadas entre estes componentes provocam um aparecimento de um gel expansivo que fissa o concreto. Este mecanismo está condicionado ao contato do cimento e do agregado reativo com a água, simultaneamente (OLIVARI, 2003).

2.2.2 Mecanismos preponderantes de deterioração relativos à armadura

Quando ocorre a penetração de substâncias agressivas no concreto, modificando suas condições de serviço, a película passivante rompe e inicia-se o processo de corrosão das armaduras (LAPA, 2008).

Conforme a NBR 6118/2014, esta desp passivação pode ocorrer através de 02 (dois) processos distintos: a carbonatação e ação de cloretos.

Desp passivação por carbonatação - Segundo Ferreira (2000), a carbonatação é o processo pelo qual minerais do cimento hidratado reagem com o dióxido de carbono (CO_2) presente na atmosfera, principalmente com o hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$), formando o carbonato de cálcio ($CaCO_3$).

A formação do carbonato de cálcio a partir do hidróxido de cálcio é uma das causas mais frequentes da corrosão em estruturas de concreto, visto que trata da transformação de um elemento de pH alto em um elemento que possui um pH mais neutro. Essa perda de pH do concreto representa um grande risco, pois em seu ambiente alcalino – pH variando entre 12 e 13 -, as armaduras estão protegidas da corrosão, mas, quando este PH encontra-se abaixo de 9,5, inicia-se o processo de formação de células eletroquímicas de corrosão (VITÓRIO, 2003).

Desp passivação por ação de cloretos - A ação dos íons cloretos é apontada como uma das principais causas do processo de corrosão das armaduras de concreto. O contato desses íons com o concreto pode ocorrer de diversas formas, como o uso de aceleradores de endurecimento que contêm $CaCl_2$, o contato com a água do mar ou maresia e através de processos industriais (LAPA, 2008).

A penetração desses íons tem relação direta com a qualidade do concreto utilizado na obra e com a presença de fissuras no elemento, sendo a velocidade do processo dependente da sua abertura (LAPA, 2008). A NBR 6118/2014 (p. 16) conceitua a desp passivação por ação de cloretos como a “ruptura local da camada de passivação, causada por elevado teor de íon-cloro”.

3 METODOLOGIA

A pesquisa realizada trata-se de um estudo de caso que, considerando as condições estruturais de uma instituição pública de ensino superior, definiu o diagnóstico preliminar das manifestações patológicas identificadas.

Para a determinação desse diagnóstico foi utilizada a técnica não destrutiva de inspeção visual através da coleta de dados e registros fotográficos, de forma a proporcionar a avaliação das características relativas à presença de manifestações patológicas.




Para efetuar o levantamento desses dados foram utilizados materiais como escada, fissurômetro, paquímetro, equipamento para registro fotográfico, prancheta, entre outros.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES




Os diagnósticos preliminares determinados neste trabalho foram realizados através de uma inspeção visual dos problemas patológicos identificados na Instituição de ensino superior, indicando as manifestações patológicas detectadas e suas possíveis causas, conforme o Quadro 1.







Quadro 1 – Matriz de diagnóstico e definição de conduta de manifestações patológicas

Item	Problema Patológico	Descrição por inspeção visual	Manifestações detectadas	Possível Causa	Diagnóstico
1		Manifestação localizada em pilar externo de passarela entre a praça e a Biblioteca do Centro de Tecnologia.	Fissuras na direção da armadura principal do pilar, causando desagregação acentuada do concreto	1) Insuficiência de cobrimento da armadura 2) Qualidade do concreto (elevada porosidade)	Corrosão de armaduras
2		Manifestação localizada no pilar externo de passarela entre o Bloco A e o Bloco B do Centro de Tecnologia	Fissuras na direção da armadura principal do pilar, causando desagregação acentuada do concreto	1) Insuficiência de cobrimento da armadura 2) Qualidade do concreto (elevada porosidade)	Corrosão de armaduras
3		Manifestação em viga localizada no Bloco A do Centro de Tecnologia	Corrosão de armadura	1) Falha no lançamento ou adensamento da peça 2) Taxa excessiva de armadura 3) Dimensão máxima característica do agregado graúdo inadequado	Corrosão de armaduras





Quadro 1 – Matriz de diagnóstico e definição de conduta de manifestações patológicas

Item	Problema Patológico	Descrição por inspeção visual	Manifestações detectadas	Possível Causa	Diagnóstico
4		Manifestação em laje de cobertura localizada no bloco A do Centro de Tecnologia.	Corrosão de armadura	Insuficiência de cobrimento da armadura	Corrosão de armaduras
5		Manifestação localizada em pilar externo ao bloco de ambiente de professores e laboratório de informática, próximo ao estacionamento do Centro de Tecnologia	Trincas (1,2 mm) na direção da armadura principal	1) Insuficiência de cobrimento da armadura. 2) Utilização de concreto de baixa qualidade (elevada porosidade)	Corrosão de armaduras
6		Manifestação localizada em laje de cobertura no bloco B do Centro de Tecnologia	Desagregação do concreto, manchas de umidade e de corrosão (marrom-avermelhadas)	1) Insuficiência de cobrimento da armadura. 2) Provável falha na impermeabilização da laje, causando infiltração o que acelerou o processo de corrosão.	Corrosão de armaduras e Infiltração

Quadro 1 – Matriz de diagnóstico e definição de conduta das principais manifestações patológicas

Item	Problema Patológico	Descrição por inspeção visual	Manifestações detectadas	Possível Causa	Diagnóstico
7		Manifestação em viga ou laje do bloco C do Centro de Tecnologia	Lascamento de concreto causado por sobrecarga pontual	1) movimentação da laje térmica 2) sobrecarga não prevista	Esmagamento do concreto
8		Manifestação em laje em balanço que sustenta patamar de uma escada no bloco de multimídia e informática.	Trinca (1,4mm) de destacamento entre laje e patamar de escada	Movimentação higrótérmica entre elementos de diferentes coeficientes de dilatação térmica	Deformação diferencial entre elemento estrutura e alvenaria
9		Manifestação em viga localizada no bloco de Engenharia Mecânica	Desplacamento do concreto e corrosão de armadura	1) Insuficiência de cobrimento da armadura 2) Falha de execução na peça	Corrosão de armaduras
10		Manifestação localizada em Laje de coberta do bloco D do Centro de Tecnologia	Corrosão de armadura e manchas de umidade	Insuficiência de cobrimento da armadura	Corrosão de Armaduras

Quadro 1 – Matriz de diagnóstico e definição de conduta das principais manifestações patológicas

Item	Problema Patológico	Descrição por inspeção visual	Manifestações detectadas	Possível Causa	Diagnóstico
11		Manifestação localizada em laje de cobertura do bloco D do CT, apresentando sinais de reparação anteriormente realizada	Corrosão de armadura, manchas de umidade e de corrosão (Marrom-avermelhadas)	1) Influência de cobrimento da armadura 2) Falha ou ausência de impermeabilização	Corrosão de Armaduras
12		Manifestação localizada em almoarifado do Bloco Elefante Branco próximo ao bloco Prof. José Regis do Centro de Ciências da Saúde (CCS)	Trinca no topo do pilar	Topo de pilar com excesso de nata de cimento (Exsudação) ou sujeira na execução	Fissura de junta de concretagem
13		Manifestação localizada em almoarifado do Bloco Elefante Branco próximo ao bloco Prof. José Regis do Centro de Ciências da Saúde (CCS)	Trinca (1,3mm) Horizontal	Topo de pilar com excesso de nata de cimento (Exsudação) ou sujeira na execução	Fissura de junta de concretagem
14		Manifestação localizada em laje do Bloco da direção do Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN) e Departamento de Informática	Corrosão de armadura, manchas de umidade e de corrosão (Marrom-avermelhadas)	1) Insuficiência de cobrimento da armadura 2) Falha ou ausência na impermeabilização	Corrosão de armaduras

Quadro 1 – Matriz de diagnóstico e definição de conduta das principais manifestações patológicas

Item	Problema Patológico	Descrição por inspeção visual	Manifestações detectadas	Possível Causa	Diagnóstico
15		Manifestação localizada em viga de Bloco próximo à direção do Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN) e Departamento de Informática	Rachadura (1,7mm) causada por corrosão de armadura, manchas de umidade e bolor	1) Insuficiência de cobertura da armadura 2) Falha ou ausência na impermeabilização	Corrosão de armaduras
16		Manifestação localizada em laje do Bloco da direção do Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN) e Departamento de Informática	Corrosão de armadura, manchas de umidade e de corrosão (Marrom-avermelhadas)	1) Insuficiência de cobertura da armadura (14mm) 2) Falha ou ausência na impermeabilização	Corrosão de Armaduras
17		Manifestação localizada em pilar externo de Bloco próximo à direção do Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN) e Departamento de Informática	Desplacamento de concreto e corrosão de armadura	1) Insuficiência de cobertura da armadura (21,4mm) 2) Concreto aparentemente de baixa qualidade (porosidade)	Corrosão de Armaduras

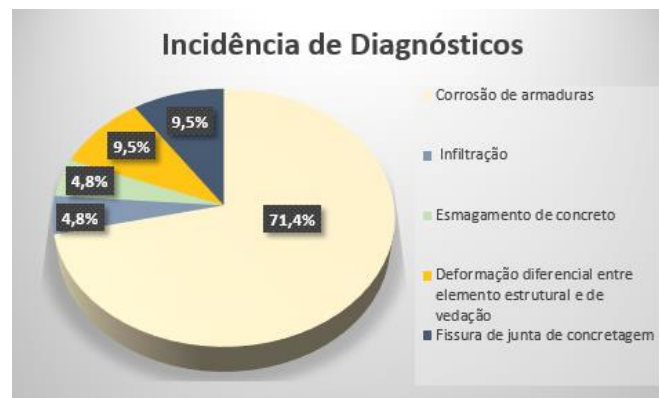
Fonte: Autores (2017)



4.1 Incidências de causas e diagnósticos

Conforme observado na subseção anterior, a grande maioria dos diagnósticos referentes às manifestações patológicas detectadas estão relacionados ao processo de corrosão de armaduras, apresentando uma incidência de 71,4% entre os casos estudados. As degradações apresentadas no estudo de caso abordado nesta amostra podem ser observadas na Figura 2.

Figura 22 - Incidência de Diagnósticos



Fonte: Autores (2017)

Além disso, também foi observada a incidência dos agentes causadores das manifestações patológicas em estudo, sendo a insuficiência de cobrimento das armaduras a causa mais recorrente, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 - Incidência de Causas

Porcentagem	Causas
36%	Insuficiência do cobrimento da armadura
15%	Baixa qualidade do concreto (Elevada porosidade)
15%	Falha ou ausência da impermeabilização do elemento
6%	Falha na execução da peça
6%	Topo de pilar com excesso de nata de cimento (Exsudação) ou sujeira na execução
3%	Taxa excessiva de armadura
3%	Dimensão máxima característica do agregado graúdo inadequado
3%	Movimentação térmica
3%	Movimentações higrotérmicas
3%	Sobrecargas não previstas
3%	Formação de pilha eletroquímica

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

5 CONCLUSÃO

As manifestações patológicas em concreto armado identificadas na Universidade Federal da Paraíba apresentam diagnósticos semelhantes nos diversos blocos analisados. Pode ser observado que, dentre a amostra, 71,4%

dos problemas encontrados relacionavam-se ao processo de corrosão de armaduras.

Foi constatada também uma tendência quanto a dois grandes agentes agravantes que permitem que a camada de passivação seja atingida de forma mais rápida por substâncias agressivas neste processo durante o levantamento e a análise dos problemas detectados. A insuficiência de cobertura de armaduras e a má qualidade do concreto (elevada porosidade) são levantadas como possíveis causas em 36% e 15% das manifestações diagnosticadas, respectivamente.

Com posse dos resultados desses procedimentos, poderão ser estabelecidas intervenções adequadas para a resolução dos problemas patológicos, a fim de evitar elevados custos e metodologias complexas na recuperação ou reparação dos problemas patológicos identificados.

REFERÊNCIAS

THOMAZ, E. **Trincas em Edifícios – Causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini, 1989.

NAZÁRIO, D; ZANCAN; E. **Manifestações das patologias construtivas nas edificações públicas da rede municipal de Criciúma: Inspeção dos sete postos de saúde**. Santa Catarina, 2011. Disponível em: < <http://docplayer.com.br/279728-55-Manifestacoes-das-patologias-construtivas-nas-edificacoes-publicas-da-rede-municipal-de-criciuma-inspecao-dos-sete-postos-de-saude.html> > Acesso em: 20 mai. 2017.

ZUCHETTI, P. **Patologias da construção civil: Investigação patológicas em edifício corporativo de administração pública no vale do Taquari/RS**. Lajeado, 2015.

HELENE, Paulo. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. São Paulo, Pini: 1992.

TUTIKIAN, B; PACHECO, M. **Boletín Técnico - Inspección, Diagnóstico y Prognóstico en la Construcción Civil**. Merida, 2013. Disponível em: < http://alconpat.org.br/wp-content/uploads/2012/09/B1_Inspe%C3%A7%C3%A3o-Diagn%C3%B3stico-e-Progn%C3%B3stico-na-Constru%C3%A7%C3%A3o-Civil1.pdf > Acesso em: 05 mai. 2017.

OLIVEIRA, D. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: < <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10007893.pdf> > Acesso em: 29 abr. 2017

MAZER, W. **Inspeção e ensaios em estruturas de concreto**. Curitiba, 2012. Disponível em: < https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj75j6vsXTAhWEHpAKHTvMBqcQFggnM AA&url=http%3A%2F%2Fpaginapessoal.utfpr.edu.br%2Fwmazer%2Fespecializacao-em-patologia-das-construcoes%2FNotas_de_Aula_Ensaio.pdf%2Fat_download%2Ffile&usg=AFQjCNF_vchtv0gF5zIBK_Nix7hAtTBjnw&sig2=i2LWBWNjTDPVluGB8kFVg > Acesso em: 27 abr. 2017.

VITÓRIO, A. **Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia.** Recife, 2003. Disponível em: <[http://vitorioemelo.com.br/publicacoes /Fundamentos_Patologia_Estruturas_Pericias_Engenharia.pdf](http://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Fundamentos_Patologia_Estruturas_Pericias_Engenharia.pdf)>. Acesso em: 03 de mai. 2017.

LAPA, J. S. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto.** Belo Horizonte, 2008. Disponível em: < <http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Patologia,%20Recupera%E7%E3o%20e%20Reparo%20das%20Estruturas%20de%20Concreto.pdf> > Acesso em: 10 mai. 2017

OLIVARI, G. **Patologia em edificações.** São Paulo, 2003

_____. **NBR-6118:** Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2014.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J.M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais.** 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

_____. **NBR 15577-1:** Agregados – Reatividade álcali-agregado. Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto. Rio de Janeiro, 2008

FERREIRA, R. M. **Avaliação dos ensaios de durabilidade do betão.** Guimarães, 2000. Disponível em: < https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/40/1/Rui_Miguel_Ferreira_DECivil.pdf >. Acesso em: 15 mai. 2017.