

INVESTIGAÇÃO PATOLÓGICA EM UMA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO DE UMA EDIFICAÇÃO ESCOLAR, ATRAVÉS DE ENSAIOS NÃO DESTRUTÍVEIS

Antônio Rodrigo do Carmo Moreira (Universidade Federal do Pará) E-mail: rdcm007@gmail.com

Resumo: No contexto de edificações escolares públicas, os impactos oriundos aos danos produzidos nas edificações podem ser consideravelmente agravados em função dos papéis nas quais as mesmas desempenham para a sociedade. Desse modo, através do procedimento de amostragem e de demais critérios estabelecidos, foi selecionado uma escola pública da rede estadual do município de Santarém, no Oeste do Pará, na qual apresentou, em uma avaliação preliminar, os maiores danos referentes a ação de patologias em estruturas de concreto armado existentes em edificações. Em tal escola foi realizado a caracterização da incidência de tais patologias identificadas, levantando hipóteses em torno de seus possíveis mecanismos de origem e desenvolvimento. De modo a avaliar os danos produzidos em componentes de concreto armado afetados, foram executados ensaios não destrutíveis nos quais possibilitaram a averiguação de uma correlação entre as hipóteses levantadas, referentes a incidência de determinadas patologias, com os resultados obtidos pelos procedimentos. Posteriormente, foi possível observar as ocorrências de problemas relacionados a inexistência de um processo efetivo de manutenção, nos quais conduziram a uma redução dos níveis de durabilidade de diversos componentes causados pela exposição a elevados níveis de umidade, manifestação de fissuras, armaduras expostas e em processo de corrosão, entre outras falhas. Ao fim, a partir das análises desenvolvidas são sugeridos procedimentos terapêuticos para as patologias identificadas, possibilitando uma abordagem em torno do reforço e recuperação dos componentes danificados.

Palavras-chave: Patologias, concreto armado, ensaios.

PATHOLOGICAL INVESTIGATION OF A REINFORCED CONCRETE STRUCTURE OF A SCHOOL BUILDING USING NON-DESTRUCTIVE TESTING

Abstract: In the context of public school buildings, the impacts resulting from damages to the structures can be considerably aggravated due to the roles they play in society. Therefore, through the sampling procedure and other established criteria, a public school from the state network in the city of Santarém, in Western Pará, was selected, which presented, in a preliminary evaluation, the greatest damages related to the action of pathologies in existing reinforced concrete structures in buildings. In such a school, the incidence of such identified pathologies was characterized, hypotheses were raised about their possible mechanisms of origin and development. In order to evaluate the damages produced in affected reinforced concrete components, non-destructive tests were performed which allowed for the verification of a correlation between the hypotheses raised regarding the incidence of certain pathologies and the results obtained by the procedures. Subsequently, occurrences of problems related to the lack of an effective maintenance process were observed, leading to a reduction in the durability levels of several components caused by exposure to high levels of humidity, manifestation of cracks, exposed reinforcements, and corrosion in progress, among other failures. Finally, based on the developed analyzes, therapeutic procedures are suggested for the identified pathologies, allowing an approach to the reinforcement and recovery of damaged components.

Keywords: Pathologies, reinforced concrete, tests.

1. Introdução

Atualmente no Brasil, é possível notar o intenso debate sobre os processos de monitoramento e manutenção no ramo das patologias da construção civil, de modo que tal discussão se origina decorrente de uma série de notáveis eventos relacionados a falhas desses aspectos em obras públicas de todo o país. O constante e crescente descaso com obras públicas no Brasil resultam em edificações que apresentam uma elevada

incidência de manifestações patológicas nas quais não são abordadas com um plano imediato de recuperação ou reabilitação dos elementos atingidos, proporcionando acentuadas quedas nos níveis de desempenho originalmente propostos e acelerando o seu processo de degradação.

Quando a manutenção deixa de ser priorizada, surge um cenário favorável para que tais manifestações patológicas se desenvolvam a estágios que impossibilitam a utilização do edifício. Aplicando esse cenário a escolas públicas, os efeitos produzidos incidem diretamente no desenvolvimento e na qualidade de ensino básico, e por consequência na sociedade a longo prazo.

Por essa razão, o monitoramento e a manutenção das edificações adquirem relevância no contexto atual, afim de verificar se as condições de desempenho e durabilidade atendem aos critérios mínimos de segurança e vida útil estabelecidos. A relação desses critérios resulta no conceito de capacidade de desempenho futuro, no qual, segundo Souza e Ripper (1998), tornou-se um dado fundamental para o processo de concepção e ao projeto de estruturas. Assim, toda edificação encontra-se submetida a uma combinação de diversos efeitos (mecânicos e intempéries) que aceleram o seu processo de desgaste natural, podendo conduzi-la a níveis críticos de fadiga. Tais ações podem ser amplificadas quando falhas no processo de concepção, execução e manutenção de uma obra acabam sendo cometidos por conta dos mais diversos fatores.

Dessa maneira, propõe-se a realização de um levantamento de hipóteses referentes as possibilidades geradas pela análise das patologias das edificações existentes, possibilitando a identificação dos riscos causados pela ausência do processo de manutenção periódica através da caracterização das patologias identificadas, utilizando ensaios não destrutíveis de esclerometria e pacometria.

Nesse contexto, o objetivo geral desse estudo é de realizar uma análise sistemática das patologias existentes na estrutura de concreto armado em uma escola pública da rede estadual do município de Santarém, no Estado do Pará, de modo a possibilitar a identificação e caracterização do grau de incidência das manifestações patológicas incidentes nas edificações que a compõe.

2. Metodologia

Para possibilitar a avaliação das hipóteses levantadas em função do objetivo geral proposto, foi realizado a divisão de um conjunto de fases nas quais delimitam intervalos de ações referentes a composição das diversas etapas de estudo.

Inicialmente abordou-se os procedimentos em torno da determinação das escolas públicas da rede estadual alvos do estudo, fundamentando-se no processo estatístico de amostragem e demais critérios nos quais foram posteriormente abordados. Em tais escolas foram realizadas visitas com caráter de vistoria de modo preliminar, objetivando a determinação do grau de deterioração apresentado, de maneira que, a edificação na qual foi identificado as piores condições de degradação referentes a incidência de manifestações patológicas foi escolhida para o desenvolvimento do aprofundamento do processo analítico.

Por fim, foram realizados ensaios não destrutíveis de esclerometria e pacometria na edificação escolar escolhida, e em seguida serão apresentados os resultados referentes a composição do diagnóstico, prognóstico e sugestões de terapia dos componentes afetados por tais patologias. É importante ressaltar que todas as análises serão executadas com o rigor embasamento de bibliografias desenvolvidas referentes a

abordagem geral (identificação, interpretação e elaboração de conclusões) do estudo das patologias das edificações.

2.1. Determinação da edificação escolar para o estudo

A escolha das escolas teve como objetivo atingir uma abrangência maior do estudo perante o zoneamento urbano do município através da seleção das 4 escolas com maior quantidade de alunos matriculados em suas respectivas zonas. Ao mesmo tempo, levou-se em consideração os conceitos abordados na literatura, referente aos potenciais efeitos que tais patologias podem incidir nos aspectos de durabilidade e desempenho das edificações.

Durante a execução das vistorias preliminares nas escolas selecionadas foram encontradas grandes quantidades de manifestações patológicas nas quais apresentaram as mais diversas ordens de incidência e gravidade.

A presença de armaduras expostas em elementos de concreto armado associados a falhas na camada de revestimento, fissuras, trincas e rachaduras foram outro conjunto de manifestações patológicas identificadas em todos os casos, porém com notável variação quando a sua incidência. Em parte dos registros realizados, foi identificado a presença de machas de coloração marrom-avermelhada e laranja na superfície da ferragem exposta e em superfícies próximas de concreto, indicando, portanto, a possível existência da ação de um processo de corrosão do aço.

Desse modo, através das vistorias realizadas concluiu-se que a Escola Estadual Maestro Wilson Dias da Fonseca se encontra em condições ideais para o desenvolvimento do estudo proposto em função dos critérios estabelecidos. Tal conclusão foi obtida com base nos elevados níveis de degradação registrados nos diversos componentes das edificações que compõem a escola, comparando aos demais casos.

A elevada quantidade de elementos de concreto armado com armaduras expostas apresentando indicativos do processo de corrosão no aço e desagregação do concreto, as diversas manifestações patológicas em acabamentos e revestimentos e a evidente falta de um processo de manutenção preventiva e corretiva criam um cenário para o agravamento de tais anomalias nas quais induzem ao surgimento de potenciais riscos para os usuários da escola. Tal condição em função dos níveis de degradação registrados foram preponderantes para a determinação do objeto de estudo.

Desta forma, a referida escola é composta, conforme o apresentado na figura 1, por um bloco administrativo (1), um bloco pedagógico com dois pavimentos (2), um bloco de recreio (3) e uma quadra poliesportiva (4). A mesma foi inaugurada em setembro de 2004, não sendo desenvolvidas obras de ampliação em períodos posteriores. Entretanto, o último processo de reforma executado na escola foi registrado no ano de 2014, sendo realizado a troca de pisos nos blocos pedagógico e administrativo, substituição parcial de telhas cerâmicas por telhas de fibrocimento no bloco pedagógico, renovação de pinturas em todos os blocos, troca de tubulações de água e esgoto nos blocos administrativo e de recreio, alteração em parte da disposição dos cômodos internos do bloco administrativo utilizando divisórias, entre outros procedimentos.



Figura 1 – Vista superior da escola Maestro Wilson Dias da Fonseca.

2.2. Materiais utilizados

Para possibilitar a realização da vistoria proposta para a análise preliminar das escolas selecionadas, se fez necessário o emprego de equipamentos básicos nos quais objetivaram auxiliar a coleta de dados. Em tal etapa foram utilizados a seguinte lista de equipamentos nos quais compõem parte dos citados por Mazer (2012) e Brito (2017), no que se referem ao levantamento de dados através do processo de inspeção visual: régua fissurômetro; paquímetro; régua nível de bolha; equipamento para registro fotográfico; escada; lanterna; equipamentos de Proteção Individual – EPI; e trena métrica.

Além dos equipamentos citados anteriormente, na etapa correspondente ao desenvolvimento do estudo detalhado da escola estadual escolhida foram empregados os seguintes equipamentos para a realização de ensaios não destrutivos: esclerômetro de reflexão; e pacômetro.

2.3. Execução dos ensaios não destrutivos

2.3.1. Esclerometria

De modo a se obter um parâmetro estimativo da resistência do concreto degradado em diversos elementos afetados por manifestações patológicas foi executado o ensaio de esclerometria, onde no qual a NBR 7584 (2012) o define como um método não destrutivo responsável pela avaliação da qualidade do concreto endurecido através da avaliação de elementos referentes as suas propriedades de dureza superficial.

Trata-se de uma correlação entre a resistência ao choque superficial e a resistência a compressão do concreto, permitindo a obtenção de um parâmetro avaliativo para a estimativa de sua resistência. É um dos ensaios mais difundidos na avaliação da resistência do concreto por conta da facilidade na execução, baixo peso do equipamento e rapidez na obtenção de resultados (PEREIRA; MEDEIROS, 2012).

Para a aplicação do ensaio foram escolhidas duas áreas localizadas nas faces inferiores das calhas de concreto armado que compõem os blocos administrativo e de recreio. A escolha de cada área foi feita em função das condições da superfície de concreto exposta no momento durante o período de execução do procedimento, tendo em vista que a presença de uma camada de revestimento no local iria vir a interferir nos resultados dos ensaios, ao mesmo tempo que não foi fornecida autorização por parte da direção da escola para remoção da camada de reboco em outras regiões dos conjuntos de calhas.

Na figura 2 a seguir se encontram as regiões onde os gabaritos do ensaio esclerométrico foram desenhados, bem como a execução do ensaio em um dos locais anteriormente selecionados, de modo que a delimitação feita foi destacada para melhor visualização.

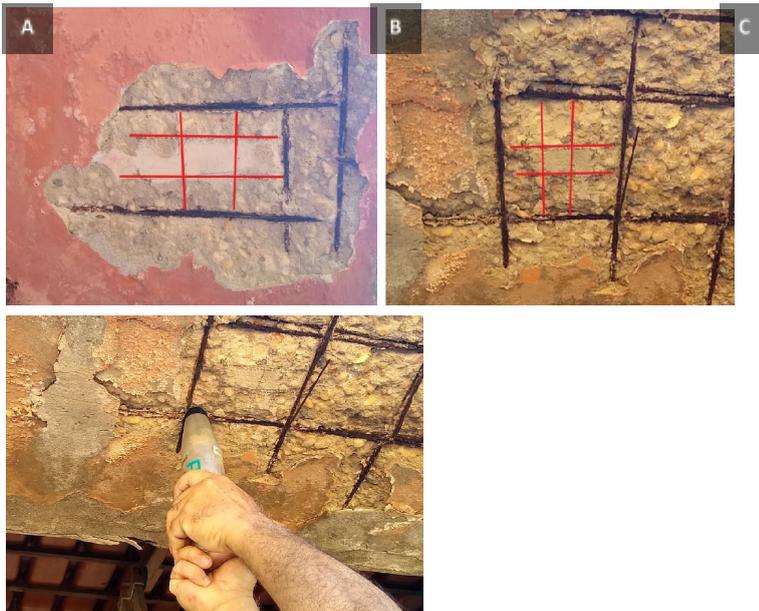


Figura 2 – Locais escolhidos para a execução do ensaio de esclerometria. A) bloco administrativo; B) bloco de recreio; C) execução do ensaio em um dos locais.

Por fim foram executados os ensaios nos locais determinados, obtendo-se 9 leituras para cada região avaliada. Para a obtenção de um índice referente a um valor efetivo utilizado para a estimativa da resistência a compressão do concreto, a NBR 7584 (2012) indica a realização de uma média aritmética dos valores obtidos na etapa inicial do ensaio, seguido da desconsideração de todos as leituras nas quais apresentem uma variação superior a ordem de 10% em comparação ao valor da média calculada.

Em seguida, foi calculado uma nova média aritmética contendo unicamente os valores restantes nos quais não foram removidos, de modo que um coeficiente de correção deverá ser aplicado no valor resultante em função das características de utilização periódica do equipamento. No caso do esclerômetro empregado no ensaio, seu coeficiente de correção apresentava o valor de 1 conforme a última inspeção realizada no equipamento.

2.3.2. Pacometria

O ensaio de pacometria pode ser definido como um procedimento no qual, através da interação do aço com ondas eletromagnéticas de baixa frequência, é possível determinar a localização das barras que compõem a armadura de um determinado elemento de concreto armado (LEMOS, 2017).

No contexto do estudo o ensaio foi empregado para realizar a tentativa de se estimar a camada de cobertura de um dos pilares danificados no bloco pedagógico, de modo a possibilitar a relação dos dados obtidos com o padrão das manifestações patológicas incidentes no mesmo. O pilar selecionado para o ensaio corresponde ao existente na orientação oeste do bloco em questão, apresentado pela figura 3.



Figura 3 – A) Pilar determinado para o ensaio de pacometria; B) Execução do ensaio.

Após a execução do procedimento foram obtidos os valores das medidas referentes a estimativa do posicionamento das armaduras longitudinais, estribos e da camada de cobertura acrescida do revestimento de reboco existente no pilar.

3. Resultados e discussões

3.1. Estado de degradação de elementos estruturais

Após passarem por uma inspeção visual, as calhas e pergolados apresentaram fissuras, armaduras expostas, revestimentos danificados e acúmulo de material orgânico nas calhas de concreto armado ao longo de todo o perímetro do bloco pedagógico. Pergolados na fachada sudoeste com aberturas, armaduras expostas e indicativos de desagregação do concreto. Alguns pilares e vigas apresentam trincas (1,0mm, 1,3mm e 1,6mm), rachaduras (2,8mm) e revestimentos danificados identificados em pilares na região externa. Na figura 4 é possível visualizar a real situação dos elementos descritos.





Figura 4 – Aspectos visuais dos elementos estruturais degradados. A, B e C) calhas das fachadas; D, E e F) pergolados com armaduras expostas; G, H e I) trincas e rachaduras em pilares.

Com bases nos registros realizados, foram identificadas trincas e rachaduras nas quais sugerem uma tendência ao deslocamento da camada de revestimento dos componentes de concreto, sendo possível levantar a hipótese da possível existência de um processo de corrosão das armaduras instaurado conforme com os mecanismos já citados nos itens anteriores.

Nesse contexto, as aberturas manifestadas possibilitam o ingresso de agentes agressivos presentes na atmosfera já que os limites de abertura de fissuras referentes às exigências de durabilidade e proteção das armaduras estabelecidos em função das classes de agressividade ambiental determinadas pelas versões da NBR 6118 de 2014 (em vigor) e 2003 (vigente no período de execução da escola) não se encontram atendidos. Para a classe II de agressividade (edificações em ambiente urbano), as normas estabelecem o limite de 0,3mm como exigência para o estado limite de abertura de fissuras.

Helene (1992) detalha as consequências inerentes a agressividade do processo de manifestação de fungos em superfícies de concreto como alterações físico-químicas relacionadas a redução do pH, desagregação superficial e corrosão das armaduras.

3.2. Ensaio de Esclerometria

A tabela 1 a seguir apresenta as leituras obtidas em cada etapa do ensaio, médias calculadas e o índice esclerométrico com a aplicação do coeficiente de correção, sendo destacado em vermelho os valores de leitura nas quais foram desprezadas pela variação apresentada além dos limites estabelecidos.

Tabela 1 – Resultados do ensaio de esclerometria. Local A: bloco administrativo; local B: bloco de recreio.

Loca l	Leituras das aplicações									Média inicial calculada	Segunda média calculada	Índice corrigido
A	29	20	20	21	27	19	27	30	27	24,44	-	-
B	22	27	29	26	28	30	26	26	30	27,11	27	27

Observa-se que após a eliminação das leituras com variação superior a 10% no ensaio executado no bloco administrativo, restaram-se apenas três valores de medida. A NBR 7584 (2012) menciona que para o cálculo da segunda média e utilização do índice corrigido na estimativa da resistência a compressão do concreto, o mesmo deverá ser obtido com o uso de no mínimo cinco valores individuais referentes as leituras restantes após a primeira eliminação. Tal condição não é satisfeita no caso em análise, portanto, segundo a recomendação da norma citada, o ensaio esclerométrico executado em tal região será desconsiderado.

O valor do índice corrigido calculado no ensaio executado no bloco de recreio foi aplicado ao gráfico fornecido pelo fabricante do equipamento em função de uma curva definida pelas variações causadas pelo posicionamento do esclerômetro durante a execução do procedimento, obtendo-se uma estimativa da resistência a compressão do concreto de aproximadamente 22 MPa.

Com tal resultado é possível obter em caráter preliminar um parâmetro para a avaliação do componente no aspecto resistente, porém com a indisponibilidade dos projetos originais da escola fica impossibilitado a realização comparações referentes aos parâmetros de resistência estabelecidos para a operação de tais componentes, assim como a determinação estimada das perdas causas pelo processo de degradação em função do tempo.

3.3. Ensaio de pacometria

Conforme o esquema contido na figura 5, através da correlação dos dados coletados é possível observar um padrão no alinhamento da manifestação da maioria das fissuras existentes em função do posicionamento identificado das armaduras longitudinais, reforçando a hipótese da existência de um processo de corrosão nas armaduras no pilar analisado. Tal processo seria responsável pela origem de uma ação expansiva interna no pilar, manifestando as fissuras características do destacamento da camada de cobrimento da armadura.

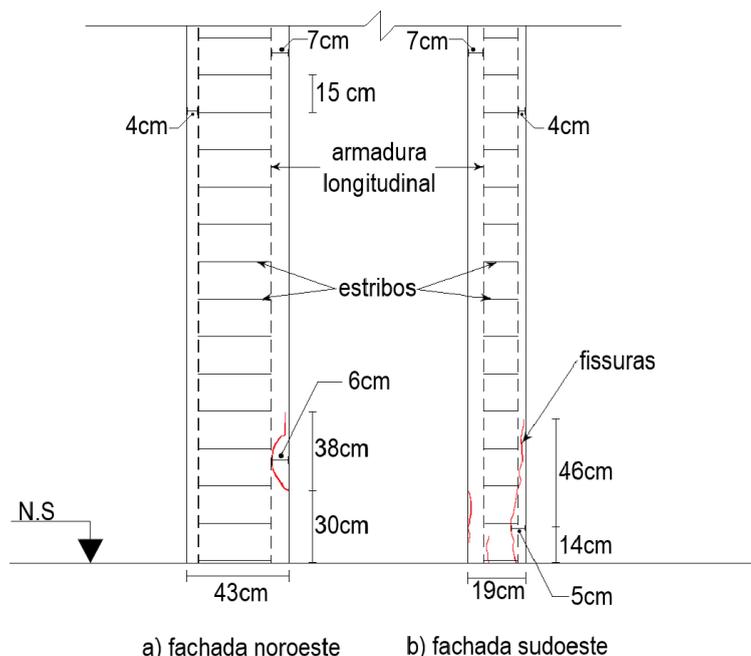


Figura 5 – Dados obtidos no ensaio de pacometria em função das características do pilar avaliado.

As variações apresentadas nas espessuras das camadas de cobertura localizadas nas laterais de cada face do pilar permitem o levantamento de uma nova hipótese referente a uma possível tentativa de nivelamento da superfície empregando camadas adicionais de reboco em diferentes espessuras, de modo a ocultar erros de prumo decorrentes de possíveis falhas durante a execução do componente.

4. Conclusão

Com base nos objetivos estabelecidos de analisar e caracterizar a incidência das patologias das edificações em uma escola pública determinada como objeto de estudo, seguido da realização de ensaios e recomendação dos processos terapêuticos dos componentes afetados, a execução desse trabalho possibilitou na composição de algumas considerações finais.

À medida que o estudo foi sendo desenvolvido ficou evidente que a experiência do profissional técnico responsável pela elaboração do diagnóstico de manifestações patológicas apresenta grande relevância na efetividade da abordagem dos problemas identificados, sendo requisitado do mesmo uma grande variedade de conhecimentos ligados as diversas áreas da engenharia civil em função das características do quadro patológico existente.

A inexistência do planejamento no desenvolvimento de manutenções preventivas também foi outro ponto no qual se evidenciou ao longo da realização do estudo. A interação obtida através da correlação desse fator com a ação de deterioração constante em função do tempo, oriunda a agressividade ambiental, foi determinante para o desenvolvimento dos níveis de degradação registrados, afetando negativamente os aspectos de durabilidade e desempenho dos diversos componentes das edificações analisadas.

Nesse contexto, fica evidente que as ocorrências da grande maioria das manifestações patológicas identificadas ao longo do estudo podem ser consideravelmente reduzidas e até completamente evitadas a partir da realização de uma análise contundente de todos os elementos em tornos da concepção de uma obra. A elaboração de projetos detalhados

nos quais consideram todos os fatores de serviço e agressividade ambiental imposta, um controle de qualidade efetivo durante a execução associados ao desenvolvimento e realização de planos de manutenção preventiva e interventiva se apresentam como principais elementos na garantia e no controle de qualidade dos aspectos de durabilidade, desempenho e vida útil das edificações.

Por fim, através da realização desse estudo almeja-se o incentivo no desenvolvimento de novas discussões e trabalhos em torno das condições de durabilidade, manutenção e conservação de obras públicas, visando ressaltar a importância de tais fatores na garantia de seus níveis de desempenho em função da atuação diante as contribuições produzidas para a sociedade.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR: 6118: Projeto de estruturas de concreto armado - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **ABNT**, NBR: 7584: Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial do esclerômetro de reflexão – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

BRITO, T. *Análise de manifestações patológicas na construção civil pelo método GUT: Estudo de caso em uma instituição pública de ensino superior.* 2017, 77f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

GAKLIK, É. S. *Jardim Histórico do Palacete Dr. Astrogildo de Azevedo: Mapeamento de Manifestações Patológicas e Métodos de Limpeza.* 2012, 185f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

GASPAR, P. L., FLORES-COLLEN, I., BRITO, J. *Técnicas de Diagnóstico e Classificação de Fissuração em Fachadas Rebocadas.* RIC – Revista Internacional Construlink, v.5, n.14, p.5-14, 2007.

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

LAPA, J. S. *Patologia, Recuperação e Reparo das estruturas de concreto.* 2008, 47f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

LEMONS, A. R. *Métodos não destrutivos e semi-destrutivos na avaliação de estruturas de concreto armado.* 2017, 54f. Relatório final de Pesquisa (Programa de Iniciação Científica) – Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2017.

LOTTERMANN, A. F. *Patologias em estruturas de concreto – Um estudo de caso.* 2013, 66f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013.

MAZER, W. *Inspeção e ensaios em estruturas de concreto: Curso de especialização em patologias das construções.* Curitiba, 2012. 53f.

NAZÁRIO, D., ZANCAN, E. C. *Manifestações das patologias das construtivas nas edificações públicas da rede municipal de Criciúma: Inspeção dos sete postos de saúde.* Revista Técnico-Científica de Engenharia Civil/UNESC, 2011.

OLIVEIRA, A. M. *Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque de diferencial de fundações.* 2012, 89f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Curso de Especialização em Gestão em Avaliação e Perícias, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

PEREIRA, E., MEDEIROS, M. H. F. *Ensaio de “Pull off” para avaliar a resistência à compressão de concreto: uma alternativa aos ensaios normalizados no Brasil.* RIEM – IBRACON Revista de Estruturas e Materiais, v.5, n.6, p.757-780, ago. 2012.

SOUZA, V. C. M., RIPPER, T. *Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.* 1.ed. São Paulo: Pini, 1998.

TUTIKIAN, B., PACHECO, M. *Boletim técnico 01 – Inspeção, Diagnostico e Prognostico na Construção Civil.* Mérida, 2013.