

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS DO VIADUTO ENTRE AS ESTAÇÕES DE TREM DE IPIRANGA E AFOGADOS - RECIFE-PE.

Victor Babini Lapa do Amaral
vbla@discente.ifpe.edu.br
Profº Drº Ronaldo Faustino
ronaldofaustino@recife.ifpe.edu.br

RESUMO

Uma manifestação patológica de acordo com a norma NBR 15575 é qualquer irregularidade que se apresenta no produto (exemplo um edifício habitacional) e que ocorre devido a falhas nos processos de produção, projeto, instalação, montagem, execução, utilização ou manutenção. Essas manifestações não são atribuíveis ao envelhecimento natural do produto, mas sim a problemas que surgem devido a falhas nos processos mencionados. O objetivo desse trabalho foi analisar e propor solução corretiva as manifestações patológicas na estrutura de concreto armado de um viaduto localizada na Rua Visconde de Pelotas no bairro de Afogados, Recife-PE. Foi realizada uma ampla inspeção visual com acervo fotográfico. Os elementos estruturais foram classificados quanto ao seu tipo de revestimento, danos e aspectos, além das prováveis causas. A análise do nível de deterioração foi mensurada tomando por base referências bibliográficas e normas vigentes. A partir do diagnóstico, observa-se matéria orgânica, armaduras expostas, perda de seção transversal do concreto e eflorescência. Sugere-se algumas soluções corretivas para as patologias encontradas tais como limpeza da estrutura, retirada da matéria orgânica, tratamento da eflorescência e cobrimento da armação exposta.

Palavras-chave: Manifestações patológicas. Concreto armado. Patologias. Manutenção.

ABSTRACT

A pathological manifestation according to the NBR 15575 standard is any irregularity that occurs in the product (e.g. a residential building) and that occurs due to failures in the manufacturing, design, installation, assembly, execution, use or maintenance processes. These manifestations are not attributable to the natural aging of the product, but rather to problems that arise due to failures in the aforementioned processes. The objective of this work was to analyze and propose a corrective solution to the pathological manifestations in the reinforced

concrete structure of a viaduct located on Rua Visconde de Pelotas in the neighborhood of Afogados, Recife-PE. An extensive visual inspection was carried out with a photographic collection. The structural elements were classified according to their type of coating, damage and aspects, in addition to the probable causes. The analysis of the level of deterioration was measured based on bibliographic references and current standards. From the diagnosis, organic matter, exposed reinforcement, loss of concrete cross-section and efflorescence are observed. Some corrective solutions for the pathologies found are suggested, such as cleaning the structure, removing organic matter, treating efflorescence and covering the exposed frame.

Keywords: Pathological manifestations. Reinforced concrete. Pathologies. Maintenance.

1 INTRODUÇÃO

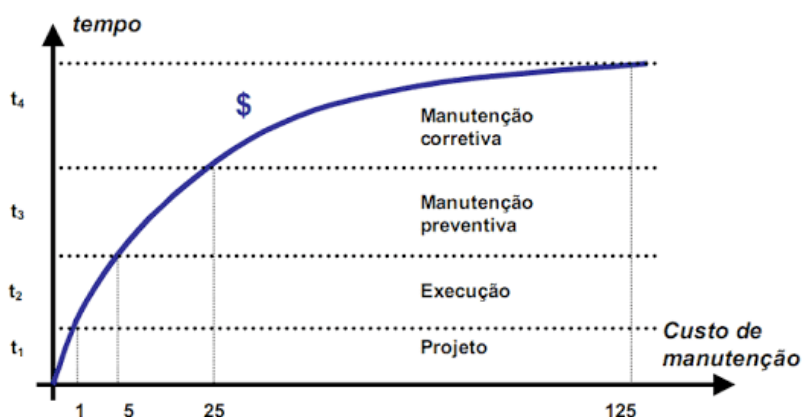
Conforme a NBR 6118 (2023), a estrutura do concreto deve ser projetada para sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o tempo de sua vida útil. Entendendo-se que vida útil de projeto, é o período onde são preservadas as características do material, atendidas os requisitos de uso estabelecidas pelo projetista e construtor. Aplicando-se à estrutura na sua totalidade ou as suas partes esse conceito.

A durabilidade das estruturas está ligada a fabricação com materiais não expansivos e da capacidade de resistir à agressões do meio externo, as manutenções e ações preventivas. Grande parte dos mecanismos que agredem o concreto se dá através dos poros e fissuras presentes, e da existência de fatores como a presença de água no interior da massa de concreto, do oxigênio presente na atmosfera, Esses mecanismos são divididos em físicos e químicos, como por exemplo: erosão por abrasão, químicos, como a solubilização dos elementos do concreto por águas ácidas, ação de águas sulfatadas, reatividade dos agregados com os alcalis do cimento (RAA), corrosão por íons cloretos e carbonatação (Fusco, 2008).

É válido comentar sobre a corrosão de armadura em concreto armado, que é função basicamente de aspectos físicos (barreira - cobertura da armadura) e químicos (alcalinidade do concreto). Os agentes agressivos como sulfatos, ácidos, reação álcali-agregado podem levar a deterioração do cobrimento, propiciando as condições necessárias para a despassivação da armadura devido ao ataque de materiais deletérios como CO_2 e íons cloreto (Helene, 1997). Por conseguinte, a última revisão da NBR 6118/2023 estabelece valores consideráveis no quesito cobrimento das armaduras.

O estudo das patologias também é de extrema importância pois auxilia na diminuição dos custos de intervenção. Segundo a “Lei dos Custos”, ou “Lei de Sitter”, verifica-se que as correções são mais duráveis, efetivas, fácil de executar e mais econômicas quanto mais cedo forem executadas. Adiar uma intervenção significa aumentar os custos diretos em progressão geométrica, conforme observado no gráfico da Figura 1. Lei de Sitter.

Figura 1- Lei de Sitter



Fonte: Sitter, 1984 (apud Helene, 2003).

Por isso, é necessário haver uma gestão das rodovias e ferrovias com suas respectivas obras de artes, com planos de manutenções tanto preventivas quanto corretivas. Compreendendo vistorias periódicas para identificar possíveis falhas estruturais e encontrar as melhores ações para sua recuperação e assim, garantir uma maior vida útil da construção (Vitório, 2002).

A obra pública da linha sul do metrô do Recife foi concebida em 1993 junto às empresas MK - Engenharia e Arquitetura Ltda e Jaakko Pöyry e teve sua entrega realizada em 1996. Para a implantação, a Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU) dividiu a execução das obras em lotes, iniciando as obras em março de 1998 (CBTU, 2023). O objetivo desse trabalho foi analisar e propor solução corretiva as manifestações patológicas em pilares e na estrutura de concreto armado de um viaduto da linha sul do Metrô do Recife.

O objetivo do trabalho está no estudo do elemento estrutural, diagnóstico e proporcionar soluções corretivas e preventivas.

2 METODOLOGIA

Os métodos utilizados para esse trabalho foram uma abordagem qualitativa e exploratória. As inspeções visuais e visitas técnicas foram realizadas onde se constatarem as manifestações patológicas presentes. Nas vistorias foram realizados registros fotográficos e anotações. O estudo analisou alguns pilares e vigas do viaduto férreo de acordo com a NBR 7188 (ABNT, 2013), a estrutura pode ser classificada como viaduto, pois trata-se de estrutura para transpor um obstáculo artificial (avenida, rodovia, etc.).

2.1 área de estudo

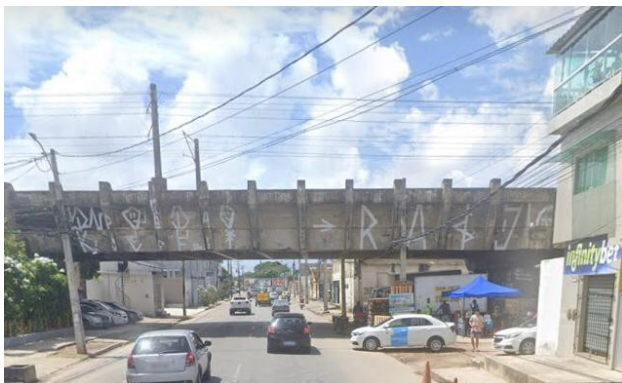
Figura 2 - Mapa metrô Recife



Fonte: Adapta do CBTU, 2023

Na figura 02, vista do viaduto, observa-se o elemento estrutural selecionado para estudo.

Figura 3 – Viaduto trecho Ipiranga-Afogados



Fonte: o autor (2023).

O viaduto em estudo está localizada na Rua Visconde de Pelotas no bairro de Afogados, Recife-PE é uma estrutura de concreto armado localizado na linha sul do metrô, trecho Ipiranga-Afogados.

Descrição objetiva dos procedimentos realizados.

2.2 Avaliação visual

Para a realização das análises foram escolhidos diferentes pontos da estrutura, considerando as características de deterioração observadas na avaliação visual da mesma. A inspeção e avaliação visual da estrutura permitiram identificar e avaliar os danos existentes, sendo feitas, a caracterização física da obra através de registros fotográficos e a identificação das manifestações patológicas aparentes.

A inspeção e avaliação visual da estrutura foram realizadas no período de maio 2023 a junho 2024 na área de estudo e em que foi possível identificar

e avaliar as patologias existentes. A partir daí foram levantadas as prováveis causas dos danos encontrados e as possíveis soluções de acordo com normas vigentes.

Informa-se também que houve uma limitação nas pesquisas e análises devido a alguns materiais, como o projeto de concepção original, por exemplo, referente a essa obra especial, não ser disponibilizado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inspeção Visual Carvalho (2009) conceitua inspeção visual como uma visita ao local objeto do estudo, cujo objetivo é delimitar a área estudada, detectar os tipos de manifestações patológicas presentes na edificação e definir os procedimentos técnicos fundamentais à análise das anomalias. Segundo Mazer (2012), a inspeção visual é o primeiro ensaio não destrutivo a ser realizado em qualquer componente, visto que trata de um ensaio simples, de baixo custo operacional e que, de forma direta ou indireta, já faz parte de qualquer trabalho a ser efetuado.

A Figura 04, vista da laje da parte inferior, ela apresenta danos ao elemento estrutural, relatando aspectos identificados e suas prováveis causas: Impacto mecânico, bolor devido a elevada umidade e ainda ferragens expostas.

Figura 04 – Laje da parte inferior



Fonte: o autor (2023).

Na figura 05, vista da viga lateral, observa-se veículos em trânsito, provavelmente causa deslocamento do concreto por impacto mecânico de veículos deixando ainda ferragens expostas.

Figura 05- Vista da viga lateral



Fonte: o autor (2023).

Na figura 06, vista da viga parte inferior, observa-se ferragens expostas do concreto armado.

Figura 06 – Vista da viga parte inferior



Fonte: o autor(2023).

Observou-se a existência de ferragens negativas exposta com aparente perda da seção transversal, A NBR 6118:2023 estabeleceu critério concernente a durabilidade, onde barreira física (cobrimento da armadura) tornou-se fundamental. Entretanto, além da importância da espessura dessa camada, não se pode deixar de relevar a importância da mínima porosidade possível, haja vista que a mitigação do acesso ao concreto de agentes deletérios (cloretos, CO_2 , sulfatos, umidade, ácidos, sais etc.), controla ataques químicos que aguçam a baixa da alcalinidade, da corrosão, reação álcali-agregado etc. Portanto, aspectos físicos e químicos que promovam a proteção da camada passivadora das armaduras, devem imperativamente ser considerado desde a etapa do projeto (Helene, 1997; Mota et al., 2011).

Na figura 07, vista das vigas e pilares, observa-se matéria orgânica, bolor com fungos e também eflorescência.

Figura 07 – Vista das vigas e pilares



Fonte: o autor(2023).

No que diz respeito à Eflorescência, é um fenômeno que se manifesta quando as águas puras com pouco ou nenhum íon de cálcio entram em contato com a pasta de cimento, dissolvendo o hidróxido de cálcio. O hidróxido de cálcio dissolvido reage com o dióxido de carbono do ar para formar carbonato de cálcio insolúvel na superfície do concreto.

Ela caracteriza-se por apresentar manchas esbranquiçadas ocasionadas pela precipitação de carbonato de cálcio na superfície do concreto, devido à evaporação da água que contém o hidróxido dissolvido.

Na verdade pode ser tratada de forma preventiva na escolha dos materiais, cimento CP IV por exemplo, apresenta menos porosidade e resiste melhor na água, ou ainda o CP III que possui baixa concentração de hidróxido de cálcio, a própria impermeabilização ajuda preventivamente, para o tratamento pode-se utilizar ácido sulfâmico ou ácido acético de forma correta além de eliminar infiltrações.

Na figura 8, Observa-se a parte inferior do viaduto onde podemos observar manchas de eflorescência e matéria orgânica.

Figura 08 – Laje inferior



Fonte: o autor (2023).

Foi detectada a presença de eflorescência, fungos e bolor, nos elementos estruturais pilares, lajes e vigas, sendo recomendada a limpeza das manchas sem aplicação de produtos com base ácida, uso de escovas e produtos à base de cloro, secagem da superfície, eliminação da infiltração de umidade.

As fissuras podem ser consideradas como a manifestação patológica característica das estruturas de concreto, sendo mesmo o dano de ocorrência mais comum e aquele que mais chama a atenção dos leigos, proprietários e usuários, para o fato de que algo de anormal está a acontecer. É interessante observar, no entanto, que a caracterização desse fenômeno como deficiência estrutural dependerá sempre da origem, intensidade e magnitude do quadro de fissuração existente, posto que o concreto, por ser material com baixa resistência à tração, fissurará por natureza, sempre que as tensões de tração, que podem ser instaladas pelos mais diversos motivos, superarem a sua resistência última à tração.

Na figura 09 – Vista dos pilares e vigas, ainda se observa fungos e eflorescência.

Figura 09 – Vista dos pilares e vigas



Fonte: o autor (2023)

Elemento analisado	ESTUDO		
	Patologia indentificada	Provável causa	Solução
 Vista inferior da laje	Lascamento do concreto, matéria orgânica e armadura aparente	Impacto mecânico e falha/ausência de manutenção.	Reposição da seção transversal e cobrimento da armadura e retirada de matéria orgânica
 Vista inferior da viga	Lascamento do concreto, matéria orgânica e armadura aparente	Impacto mecânico e falha/ausência de manutenção.	Reposição da seção transversal e cobrimento da armadura e retirada de matéria orgânica
 Vista de Pilares	Matéria orgânica e eflorescência.	Infiltração e ausência de manutenção.	Retirada de matéria orgânica, eliminar infiltração e tratamento do concreto.

Desta forma, o estudo das patologias aliado a um bom sistema de manutenção e acompanhamento ajudam a identificar mais rapidamente o surgimento de anomalias na estrutura, e, portanto, determinam mais cedo a necessidade de intervenção na estrutura.

Sobre o processo de fissuramento pode, quando anômalo, instalar-se em uma estrutura como consequência da atuação das mais diversas causas, intrínsecas ou extrínsecas, e, para que se consiga identificar com precisão as causas e efeitos é necessário desenvolver análises consistentes, que incluam a mais correta determinação da configuração das fissuras, bem como da abertura e de sua variação ao longo do tempo, da extensão e da profundidade das mesmas. De acordo com a NBR 6118/2014, a abertura máxima característica das fissuras, desde que não exceda valores da ordem de 0,2mm a 0,4mm sob ação das combinações frequentes não têm importância significativa na corrosão das armaduras passivas.

A referida norma define os valores limites da aberturadas fissuras em função das classes de agressividade ambiental e do tipo de concreto estrutural estabelecendo com isso as exigências de durabilidade da estrutura. Ao analisar uma estrutura de concreto que esteja fissurada, os primeiros passos a serem dados consistem na elaboração do mapeamento das fissuras e em sua classificação, que vem a ser a definição da atividade ou não das mesmas. Uma fissura é dita ativa, ou viva, quando a causa responsável por sua geração ainda atua sobre a estrutura, sendo passiva, ou estável, sempre que sua causa tenha deixado de existir.

As fissuras passivas, portanto, estabilizam-se devido ao cessamento da causa que as geraram, como é o caso das fissuras de retração hidráulica ou das provocadas por um recalque diferencial de fundação que esteja estabilizado. As fissuras ativas por sua vez são produzidas por ações de magnitude variáveis que provocam deformações também variáveis no concreto. É o caso das fissuras de origem térmica e das de flexão causadas por ações dinâmicas.

A lixiviação do concreto é um fenômeno que consiste na dissolução e carreamento dos compostos hidratados da pasta de cimento pela ação de águas, sejam puras, agressivas, ácidas ou de outro tipo. A lixiviação causa fissuração no concreto que pode ser minimizada com mecanismos de restrição à infiltração nas estruturas.

Atualmente observa-se que inúmeros pesquisadores estão se dedicando ao estudo da durabilidade das edificações. Tal interesse é devido à grande quantidade de danos que estão ocorrendo nas estruturas de concreto, principalmente através do efeito combinado da agressividade ambiental com os problemas de ordem estrutural que interagem nas mesmas, juntamente com o emprego de práticas executivas inadequadas durante as diversas etapas do processo construtivo (Aranha, 1994).

Antigamente as estruturas só eram concebidas e projetadas para satisfazerem às condições de segurança e estabilidade perante as solicitações de esforços mecânicos que interagem nas mesmas. Os aspectos relacionados à questão de durabilidade e desempenho que as estruturas deveriam apresentar durante a sua vida útil não eram levados em consideração, visto que se imaginava o concreto armado conservava as suas propriedades físicas, químicas e mecânicas praticamente inalteradas ao longo do tempo.

Contudo, observou-se que tais paradigmas estavam sendo quebrados, quando

se começou a observar os elevados índices de degradação que as estruturas vêm apresentando. Segundo John (1987), um processo de degradação é aquele que ocorre quando há uma transformação dos materiais ao interagirem com o meio ambiente.

Observando ainda a ABNT - NBR 15575-1 Quarta edição 19.02.2013, a inspeção predial configura-se como ferramenta útil para verificação das condições de conservação das edificações em geral, para atestar se os procedimentos de manutenção adotados são insuficientes ou inexistentes, além de fornecer subsídios para orientar o plano e programas de manutenção, através das recomendações técnicas indicadas no documento de inspeção predial (ver Bibliografia).

Tabela C.5—Vida útil de projeto mínima superior (VUP)^a

Sistema	VUP Anos		
	Mínimo	Intermediário	Superior
Estrutura	≥50	≥63	≥75
Pisos internos	≥13	≥17	≥20
Vedação vertical externa	≥40	≥50	≥60
Vedação vertical interna	≥20	≥25	≥30
Cobertura	≥20	≥25	≥30
Hidrossanitário	≥20	≥25	≥30

^aConsiderando periodicidade e processos de manutenção segundo a ABNT NBR 5674 e especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção entregue ao usuário elaborado em atendimento à ABNT NBR 14037.

Podemos observar que Helene (1993) cita a tabela 2 como referência para classificar a durabilidade do concreto pelo Fck.

Tabela 2 - Critério proposto por Helene (1993) para classificação do concreto com base na resistência à compressão.

FCK Mpa	Classificação quanto a durabilidade	Nota
<20	deficiente	1 a 2
20 a 35	normal	3
>35	durável	4 a 5

Fonte: Helene (1993)

CONCLUSÕES

Através do estudo do elemento estrutural foi diagnosticado a necessidade de reabilitações da estrutura, a ausência de manutenção preventiva e corretiva está levando a essa estrutura de concreto armado a

sofrer patologias ainda reversíveis.

Dentre as soluções pode-se citar o tratamento de estrutura, removendo matéria orgânica, tratando-se a eflorescência, eliminando infiltrações, reabilitando a estrutura que perdeu seção, cobrimento da armação, porém se não tratadas poderá acarretar na interdição do viaduto. Ressaltando assim a importância de um plano de manutenção, tal descaso transparece uma necessidade de intervenção do poder público nesta edificação.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas(ABNT). NBR 7188 - Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas, Rio de Janeiro, 2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas(ABNT). NBR15575: Edificações habitacionais – Desempenho. Brasília, DF, 2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas(ABNT)NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto. Procedimento. 2003.

CBPAT 2020 Congresso Brasileiro de Patologia das Construções). Manifestações Patológicas de Parte do Edifício No Conjunto Habitacional em Paulista-Pe.

Andrade, J. J. O. Durabilidade das estruturas de concreto armado: análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco. 1997. 139f.

Dissertação (Curso de pós-graduação em Engenharia Civil) Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/122441/000215709.pdf?sequence=1>. Acesso em: 10abr.2021.

Aranha, P. M. S. Contribuição ao Estudo das Manifestações Patológicas nas Estruturas de Concreto Armado na Região Amozonica. 1994. 114 f. Dissertação (Curso de pós-graduação em Engenharia Civil). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/189640>. Acesso em 05abr.2021

Associação Brasileira de Normas Técnicas(ABNT)NBR6118:Projetos de estruturas de concreto:Procedimento.RiodeJaneiro:ABNT,2014.

Brito, T. F. Análise de manifestações patológicas na construção civil pelo método gut: Estudo de caso em uma instituição pública de ensino superior. 13 Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Civil) Campus I - UFPB / Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, PB, 2017

X Congresso Latinoamericano de Patología Y XII Congreso de Calidad en La Construcción. CONPAT 2009. Valparaíso-Chile. 29 de Septiembre al 2 de Octubre

Artigo - Análise das patologias em estruturas de concreto na zona litorânea da cidade do Recife – PE, J. M. F. Mota, R. B. Pontes, J. A. Candeias Neto, M. F. Oliveira, H. T. Almeida, A. M. P. Carneiro.

Carneiro, A. M. P. (2007) Notas de Aula da Disciplina: Patologia das construções – Pósgraduação em estruturas, UFPE - Universidade Federal de Pernambuco. Recife.

Carvalho, N. F. de. Verificação de patologias de elementos estruturais em concreto armado: sugestão de procedimentos. Brasil, 2009. Disponível em: < <http://www.isegnet.com.br/siteedit/arquivos/Artigo%20Patologias%202009.pdf> >. Acesso em: 18 mai. 2017

COENG - Segundo Congresso das Engenharias – 2017, 9-11 DE OUTUBRO,
Cabo de Santo Agostinho, PE - Patologias em estruturas de concreto armado
de conjunto habitacional da RMR - Augusto M. L. Figueirêdo, André M. Santos,
Miélix J. S. Lima, Ronaldo Faustino, João M. F. Mota

DNIT. Norma DNIT 010/2004: inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido: procedimento. Rio de Janeiro: DNIT, 2004. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/procedimento-pro/DNIT_010_2004_PRO. Acesso em: 10 abr. 2021.

CBTU. Mapa da linha. 2014b. Disponível em:<https://www.google.com/search?q=mapa+metro+recife&oq=mapa&aqs=chrome.0.69i59j69i57j0i10i131i433i512j69i64j0i512l3j0i457i512.24360551j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8> Acesso em: 27 junho 2023.

CBTU. Relatórios anuais. 2014a. Disponível em: <https://www.cbtu.gov.br/index.php/pt/desempenho/relatorios-anuais>. Acesso em: 10abr.2021.

Campos, B V R; Fortunato, JPAC. Estudo e avaliações das manifestações patológicas nas pontes da cidade do Recife-PE (Curso de Graduação em Engenharia Civil) - UFPE / Universidade Federal de Pernambuco. Recife/PE. 2018:

Fusco, P. B., Tecnologia do concreto estrutural: tópicos aplicados, São Paulo: PINI, 2008.

Helene, Paulo R.L. Vida útil das estruturas de concreto. Anais do Congresso Ibero Americano de Patologia das Construções e VI Congresso de Controle da Qualidade CON PAT-97, Porto Alegre, 1997.

Helene, P. R. L. (2005) Manual de Reparo, Proteção e Reforço de Estruturas de Concreto. Red Rehabilitar. São Paulo.

Helene, Paulo R. L. Manual de reabilitação de Estruturas de Concreto: Reparo, Reforço e Proteção. São Paulo: Red Rehabilitar, editores, 2003.

Helene, P. R. L. Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado. 1993. 231 p. Tese (Livre Docência). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1993. Disponível em: www.php.eng.br/wp-content/ulopads/2014/07/TD1.pdf. Acesso em: 10 abr. 2021.

Jonh, V. M. Avaliação da Durabilidade de Materiais, Componentes e Edificações: Emprego do Índice de Degradação. 1987. 115 p. Dissertação (Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1987. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/189707>. Acesso em: 05 abr. 2021

Krüger, J. A.; Moreira, L. P.; Brik, E. M. J. Estudo das patologias em estruturas de concreto provenientes de erros em ensaios e em procedimentos executivos. In: Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais, 8., 2013, Ponta Grossa. Anais [...]. Ponta Grossa: Secovi-PR, 2013.

Martins, R. O. G. Análise do comportamento da Resistência a compressão do concreto carbonatado. 2014. 05 p. Disponível em: <http://www.metallum.com.br/21cbecimat/CD/PDF/206-014.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2021.

Mazer, W. Inspeção e ensaios em estruturas de concreto. Curitiba, 2012.

Mota, A. C. M. Avaliação da presença de cloretos livres em argamassas através do método colorimétrico de aspersão da solução de nitrato de prata. Dissertação (mestrado). Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil, 2011.

Passos, T. Metrô do Recife duplica o número de usuários e tem pior receita do país. 2015. Disponível em: <https://blogs.diariodepernambuco.com.br/mobilidadeurbana/2015/02/metro-do-recife-duplica-o-numero-de-usuarios-e-tem-pior-receita-do-pais/>. Acesso em: 05 Abr. 2021.

Passos, T. Projetos de expansão do metrô do Recife nunca saíram do papel em 35 anos. 2020. Disponível em: <https://www.diariodepernambuco.com.br/noticia/vida-urbana/2020/02/projetos-de-expansao-do-metro-do-recife-nunca-sairam-do-papel-em-35-an.html>. Acesso em: 05 Abr. 2021.

Revista Algomais. 14 fotos do Metrorec antigamente. 2018. Disponível em: <http://revista.algomais.com/cultura/pernambuco-antigamente/14-fotos-do-metrorec-antigamente>. Acesso em: 05 Abr. 2021.

Souza, V. C.; Ripper, T. Patologia, recuperação e reforço de estruturas

deconcreto. São Paulo: Pini, 1998.

Sitter, W. R. Costs for service life optimization. The Law of fives. In: International CEBRILEM workshop on durability of concrete structures. Proceedings... Copenhagen: CEBRILEM, 1984, p.18-20

Vitório, J, A, P. Pontes rodoviárias: fundamentos, conservação e gestão: Recife CREA-PE, 2002.