



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DAS ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ANTÔNIO VALDENIR FERNANDES OLIVEIRA

**INSPEÇÃO PATOLÓGICAS EM UM ESTUDO DE CASO DA PONTE SOBRE
O RIO JAGUARIBE, NO MUNICÍPIO DE QUIXERÉ/CE**

MOSSORÓ-RN

2017

ANTÔNIO VALDENIR FERNANDES OLIVEIRA

**INSPEÇÃO PATOLÓGICAS EM UM ESTUDO DE CASO DA PONTE SOBRE
O RIO JAGUARIBE, NO MUNICÍPIO DE QUIXERÉ/CE**

Trabalho Final de Curso apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA, Centro das Engenharias como parte
do requisito para a obtenção do título de
Engenheira Civil nesta Instituição.

Orientador: Prof. Esp. Max Weden Pinto
Diógenes Filho – UFERSA.

MOSSORÓ-RN

2017

ANTÔNIO VALDENIR FERNANDES OLIVEIRA

**INSPEÇÃO PATOLÓGICAS EM UM ESTUDO DE CASO DA PONTE SOBRE
O RIO JAGUARIBE, NO MUNICÍPIO DE QUIXERÉ/CE**

Trabalho Final de Curso apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA, Centro das Engenharias como parte
do requisito para a obtenção do título de
Engenheira Civil nesta Instituição.

Orientador: Prof. Esp. Max Weden Pinto
Diógenes Filho - UFERSA.

APROVADO EM: 23 / 10 / 2017

BANCA EXAMINADORA



Prof. Esp. Max Weden Pinto Diógenes Filho – UFERSA

Presidente



Prof. Palloma Borges de Moraes – UFERSA

Primeiro Membro



Prof. Me. Eriberto Carlos Mendes da Silva – UFERSA

Segundo Membro

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Oliv
eira, Oliveira, Antônio Valdenir Fernandes Oliveira.
Oliv INSPEÇÃO PATOLÓGICAS EM UM ESTUDO DE CASO DA
1461 PONTE SOBRE O RIO JAGUARIBE, NO MUNICÍPIO DE
 QUIXERÉ / Antônio Valdenir Fernandes Oliveira
 Oliveira. - 2017.
 48 f. : il.

 Orientador: Max weden Pinto Diógenes Filho
 Diógenes Filho.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
 2017.

 1. Ponte. 2. Patologias. 3. Inspeção. 4.
 Manutenção. 5. Solução. I. Diógenes Filho, Max weden
 Pinto Diógenes Filho, orient. II. Título.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais João Ediberto de Oliveira e Maria Veralucia Fernandes Oliveira que me instruíram com os valores e foram os principais responsáveis por todo o meu sucesso.

Agradecer a Deus, pela coragem e sabedoria durante a minha caminhada, e todas as condições necessárias para obter minha felicidade.

Aos meus professores, que sempre estiveram dispostos a ajudar.

As minhas irmãs, que sempre me ajudaram e apoiaram nas minhas escolhas.

A todos os meus amigos que me ajudaram a chegar até onde cheguei.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a minha família, composta por meus pais, tios, primos e irmãos que dedicaram sua vida ao meu crescimento como ser humano, como profissional e como filho. Deixo bem claro a minha imensa gratidão a todos

Ao meu orientador Max Weden Pinto Diógenes Filho, que me orientou da melhor forma possível, sempre com muita dedicação, paciência e sempre disposto a me ajudar com tamanha atenção.

Ao meu amigo Vinicius Russo Andrade, que me ajudou criticamente na análise desse trabalho e dando sugestões.

Aos meus professores, pelo conhecimento proporcionado, dando um suporte indispensável para a minha formação. Em especial, agradeço ao professor Eric Mateus Fernandes Bezerra, por sempre apresentar grande aulas na área que me identifico, a professora Palloma Borges de Moraes, por ter ministrado a disciplina de patologia, no qual me ajudou na elaboração desse trabalho.

Aos meus amigos, Thiago Regis, Rogerio Bandeira, Tais Rebouças e primos Luciéllo Fernandes e Mário Cesar, pelo incentivo e os momentos de descontração que ajudou nos momentos de esgotamento mental.

RESUMO

Os edifícios têm um ciclo de vida útil estatisticamente determinado, porém existem fatores que prolongam esse tempo. Um projeto adequado, uma boa execução, a escolha de matérias de qualidade e uma mão de trabalho qualificada, considerando o meio onde a obra se encontra e a realização de manutenções periódica; contribuem para esse prolongamento. Durante os anos todas as edificações vão apresentando problemas patológicos que com o tempo vão comprometê-las. Em busca de apresentar os problemas funcionais e apresentar soluções para a recuperação das patologias em estudo, foram elaboradas inspeções na ponte sobre o Rio Jaguaribe na cidade de Quixeré/CE, com foco na análise das manifestações patológicas. Procurou-se verificar as causas das patologias e estabelecer soluções para a recuperação. Após inspeção identificou-se as patologias mais recorrentes como sendo: armaduras expostas, armaduras oxidadas, fissuras, bicheiras, eflorescências e deslocamentos do concreto causadas por diversos fatores abordado neste trabalho.

Palavras-Chave: Ponte; Patologias; Inspeção; Manutenção; Solução.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Armadura exposta e oxidada.....	25
Figura 2 – Localização do estudo de caso.....	34
Figura 3 – Vista de cima da ponte sobre o Rio Jaguaribe.....	34
Figura 4 – Armaduras da fundação exposta.....	35
Figura 5 – Vista lateral direita.....	36
Figura 6 – Vista lateral esquerda.....	37
Figura 7 – Estrutura de encontro do talude.....	37
Figura 8 – Bicheira com armadura amostra.....	38
Figura 9 – Estrutura suspensa devido a erosão.....	38
Figura 10 – Pilar com a armadura da fundação exposta.....	39
Figura 11 – Bicheira em pilar.....	40
Figura 12 – Fissura no pilar P4.....	40
Figura 13 – Bicheira nas lajes.....	40
Figura 14 – Junta de dilatação 2.....	41
Figura 15 – Junta de dilatação 5.....	41
Figura 16 – Junta de dilatação 6.....	43

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição relativa da incidência de manifestações patológicas em estruturas de concreto arquitetônico.....	16
Gráfico 2 – Conceituação de vida útil das estruturas de concreto tomando por referência o fenômeno de corrosão da armadura.....	21
Gráfico 3 – Tipos e incidência de fissuras em concreto armado.....	23

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Juntas de dilatação com fissuras.....42

Quadro 2 – Encontro dos taludes.....43

Quadro 3 – Pilares da ponte.....43

Quadro 4 – Juntas de dilatação.....43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA DA PESQUISA	13
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo geral.....	13
1.2.2 Objetivos específicos	13
1.3 MÉTODO GERAL DA PESQUISA.....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 CONCEITO DE PATOLOGIA.....	15
2.2 SINTOMAS.....	16
2.3 MECANISMOS DETERMINANTES PARA O SURGIMENTO DE PATOLOGIAS	17
2.4 ORIGENS E CAUSAS.....	18
2.5 DIAGNÓSTICOS.....	18
2.5.1 Princípios Gerais	18
2.5.2 Metodologia de um diagnóstico	19
2.6 DURABILIDADE E VIDA ÚTIL	19
2.7 CLASSIFICAÇÃO DAS PATOLOGIAS.....	22
2.7.1 Fissuras	23
2.7.1.1 Fissuras devido a retração hidráulica.....	24
2.7.1.2 Fissuras devido a variação de temperatura.....	24
2.7.1.3 Fissuras devido à compressão.....	24
2.7.2 Corrosão da armadura.....	25
2.7.3 Deslocamento do concreto.....	26
2.7.4 Erosão	26
2.8 TÉCNICAS DE REPAROS DE ALGUMAS PATOLOGIAS PATOLOGIAS	27
2.8.1 Recuperação de Fissuras.....	27

2.8.1.1 Técnica de injeção de fissuras.....	27
2.8.1.2 Técnica de selagem de fissuras.....	28
2.8.1.3 Método do grampeamento.....	28
2.8.2 Recuperação de danos profundos no concreto	29
2.8.2.1 Reparo com graute.....	29
2.8.2.2 Reparo com concreto.....	30
2.8.2.3 Reparo com argamassa de cimento e areia.....	31
2.8.2.4 Outros métodos de reparo.....	31
2.8.3 Tratamento das armaduras oxidadas	31
2.8.3.1 Reforço das armaduras.....	31
2.8.3.2 Emendas por transpasse.....	32
2.8.3.3 Emendas com luvas.....	32
2.8.3.4 Emendas com soldas.....	33
3 METODOLOGIA.....	34
4 ESTUDO DE CASO	36
4.1 DISCRETIZAÇÃO DA ESTRUTURA	36
4.2 LEVANTAMENTO DOS CASOS	37
4.2.1 Encontro com os taludes 1 e 2	37
4.2.2 Patologias encontradas nos pilares	39
4.2.3 Lajes com os pavimentos.....	40
4.2.4 Juntas de dilatação	41
5 SOLUÇÕES DAS PATOLOGIAS.....	45
5.1 POSSÍVEIS SOLUÇÕES PARA AS BICHEIRAS	45
5.2 POSSÍVEIS SOLUÇÕES PARA FISSURAS	45
5.3 SOLUÇÕES PARA A ARESÃO DOS TALUDES.....	46
6 CONCLUSÃO.....	47
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1 INTRODUÇÃO

A ausência de planejamento da obra e o uso inadequado de materiais, aliado à falta de cuidados na execução, adicionado à carência de manutenção, têm gerado consumos elevados de recursos financeiros em reparações que poderiam ser evitadas em sua totalidade, ou pelo menos minimizadas (IANTAS, 2010).

A Secretaria da Infraestrutura (SEINFRA) do Estado do Ceará tem como função o planejamento, a fiscalização, a organização dos serviços e execução de obras públicas, buscando também, a funcionalidade, durabilidade e a beleza dessas obras. Porém, não é sempre que se observa essas características nas edificações. A situação se agrava quando obras de gestão pública não possui planejamento adequado e mão de obra qualificada. Isso é um dos fatores que pode ser prejudicial a edificação, já que a fase de projeto e execução são as etapas mais importantes da construção.

A falta de manutenção e o surgimento de pequenas patologias podem evoluir e com o tempo comprometer a qualidade da edificação, tornando sua recuperação de alto custo. A manutenção adequada é de grande importância para prolongar a vida útil da construção/edificação (GONÇALVES, 2015).

“O planejamento da obra tem como finalidade planejar a sua execução antes de iniciá-lo acompanhar sua execução, traçar objetivos e metas, visando o sucesso do projeto, resolvendo problemas de hoje, preparando-se para enfrentar os problemas de amanhã. A fim de alcançar o sucesso desejado, cumprindo os objetivos, evitando o comprometimento da qualidade e segurança da obra, aos menores custos possíveis” (PRADO, 1998).

As obras de engenharia têm um ciclo de vida útil e existem fatores que prolongam esse tempo. Para se desenvolver um bom projeto de engenharia deve-se ter um bom planejamento, uma boa execução, além de materiais de qualidade e mão de obra qualificada. Todos os fatores citados contribuem para o prolongamento da vida útil de qualquer obra de engenharia. Um outro fator importante que assegura a durabilidade e funcionalidade são as manutenções periódica, que tem como característica principal combater as patologias que além de compromete-las, consume muitos recursos financeiros (IANTAS, 2010).

Para o desenvolvimento deste trabalho foram realizadas inspeções de acordo com a norma do Departamento Nacional de Infra-estrutura (DNIT) 010/ 2004 – Inspeções de Pontes e Viadutos de Concreto.

1.1 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA DA PESQUISA

Este trabalho é um estudo de caso em uma ponte realizada pelo Governo do Estado do Ceará, onde será estudado a ponte que liga os municípios de Quixeré a Limoeiro do Norte, que passa sobre o Rio Jaguaribe, inaugurada em abril de 1982 no município de Quixeré/CE.

Pretende-se que os resultados desse trabalho contribuam para a indicação de soluções, assim possibilitando o aumento da vida útil dessa edificação, alertar sobre a importância dos cuidados na etapa de execução, a importância de um bom planejamento e a importância das manutenções periódicas.

Além de possibilitar a realização de um cronograma de manutenções adequado que venha a buscar uma maior durabilidade e vida útil da ponte localizada no município de Quixeré/CE.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Apresentar e analisar, definições de conceitos e casos de problemas patológicos encontrados na ponte situada na cidade de Quixeré-CE, através de inspeção visual, apresentar o diagnóstico, assim como encontrar soluções aceitáveis para o prolongamento da vida útil da estrutura.

1.2.2 Objetivos específicos

- Fazer inspeções *in loco* para a identificação das patologias em cada elemento estrutural da ponte do estudo de caso.
- Apresentar conceitos sobre a área patológica que será utilizado como base para o entendimento do presente trabalho.

- Demonstrar as patologias identificadas e apontar possíveis causas para o seu surgimento.
- Apresentar possíveis soluções para o tratamento das patologias da edificação de estudo.

1.3 MÉTODO GERAL DA PESQUISA

Esse trabalho tem como meta verificar a segurança da obra, avaliar sua funcionalidade e durabilidade, manifestações patológicas através da identificação visual em vistorias no local.

Esta pesquisa foi realizada baseada num estudo de caso, considerando alguns problemas patológicos detectados numa ponte localizada na cidade de Quixeré/CE. Com o intuito de se identificar as manifestações patológicas, será adotada como metodologia a inspeção visual, na qual se procurou detectar as suas causas.

Nas análises feitas a partir da inspeção visual, buscou-se num leque de irregularidades: fissuras, trincas, rachaduras, deterioração do concreto, infiltração de água, eflorescências, manchas decorrente de corrosão. Posteriormente, estes dados vão ser analisados, sendo executado seu diagnóstico e prognóstico, quando forem identificadas as causas prováveis para a ocorrência das patologias. Através desta análise, será elaborada propostas para a solução

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONCEITO DE PATOLOGIA

Patologia é o estudo dos fatores que causam a deterioração da edificação, modificações estruturais e ou funcionais. Trincas, rachaduras, fissuras, eflorescências, deslocamentos, corrosões, oxidações, entre outros, são exemplos de problemas na construção comparáveis as doenças (IANTAS, 2010).

Para Souza e Ripper (1998) um complexo conjunto de fatores gera o que é chamado de desgaste estrutural. Objetivamente, as causas da deterioração podem ser as mais diversas, desde o envelhecimento "natural" da estrutura até os acidentes, e até mesmo a irresponsabilidade de alguns profissionais que optam pela utilização de materiais fora das especificações, na maioria das vezes por alegadas razões econômicas.

“Patologia pode ser entendida como a parte da Engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema”. (HELENE, 1992).

Azevedo (2011) diz que, nas estruturas de concreto, essas anomalias correspondem aos danos ou defeitos que comprometem o desempenho e a vida útil de uma estrutura. Ainda segundo ele, as patologias podem ocorrer numa estrutura tanto na fase de construção como durante o período pós-entrega e uso. Assim, as condições apresentadas por uma estrutura que favoreça o desenvolvimento dessas manifestações patológicas são de responsabilidade do projetista, enquanto que o construtor responderá pelas falhas construtivas por inconformidade com o projeto, com as normas de execução e com a escolha de material inadequado.

Na grande maioria das edificações apresentam manifestações patológicas, as vezes com maior ou menor intensidade. É muito importante a detecção de patologias na fase inicial, visto que quanto antes for tratada, menor será o custo do tratamento. Para a eficiência do tratamento patológico, é necessário um diagnóstico precoce e completo, onde devem ser identificar todos os problemas, como: sintomas, mecanismos causadores da patologia, origens e causas (IANTAS, 2010).

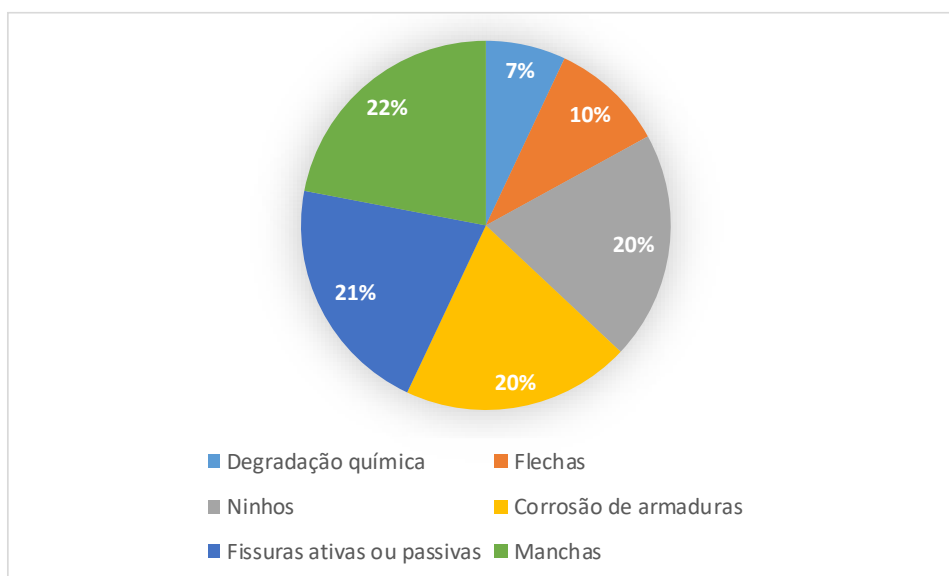
2.2 SINTOMAS

O sintoma é o surgimento de um problema na estrutura, onde se é detectável por vários métodos analíticos. Os problemas patológicos apresentam diversas características que possibilitam estimar a origem e os mecanismos de sua formação, com o intuito de obter suas consequências. Os sintomas são conhecidos, como: lesões, danos defeitos ou manifestações patológicas que podem ser estudadas a fim de se obter um diagnóstico preliminar, a partir de observações visuais (IANTAS, 2010).

As patologias mais comuns em estruturas de concreto são: fissuras, flechas acentuadas, manchas, corrosão de armadura e ninhos de concretagem (bicheira). No Gráfico 01, observa-se as proporções dessas manifestações (IANTAS, 2010).

No Gráfico 1 a seguir encontramos dados das patologias mais frequentes em uma edificação segundo Helene (2003). Nele pode-se verificar que as manchas é a patologia mais comum, em seguida com 21% as fissuras ativas ou passivas, com 20% a corrosão das armaduras e ninhos.

Gráfico 1 – Distribuição relativa da incidência de manifestações patológicas em estruturas de concreto arquitetônico.



Fonte: Adaptado de HELENE, 2003.

2.3 MECANISMOS DETERMINANTES PARA O SURGIMENTO DE PATOLOGIAS

São vários os fatores que podem causar problemas patológicos nas edificações, e que pode ser acelerado pela presença de fatores externos, ambientais ou internos. De acordo com a NBR 6118 a agressividade do meio ambiente está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independentemente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica e outras previstas no dimensionamento das estruturas de concreto. Na Tabela 1 pode-se verificar os tipos de agressividades (GONÇALVES, 2015).

Na tabela 1 retirada da NBR 6118 (2014) pode-se classifica o tipo de agressividade da estrutura construída. Assim dependendo da classe onde a obra se localiza tem-se o tipo de risco da deterioração.

Tabela 1 – Classe de agressividade ambiental.

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1), 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

¹⁾ Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²⁾ Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

³⁾ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: ABNT NBR 6118/14

2.4 ORIGENS E CAUSAS

Segundo Helene (2003), as patologias são falhas que atuam durante a etapa de construção civil. E o processo de construção pode ser dividido em: planejamento, projeto, fabricação de matérias, execução e uso da edificação.

As manifestações patológicas só surgem após o início da execução e ocorre com elevado grau de incidência com o uso da construção. Com uma análise eficiente do problema pode-se identificar em qual etapa construtiva a patologia teve sua origem. Também cabe ressaltar que identificando em qual etapa surgiu o problema pode-se identificar os possíveis responsáveis pela falha.

2.5 DIAGNÓSTICOS

2.5.1 Princípios Gerais

No meio técnico nacional há, hoje em dia, uma aceitação geral da importância da realização de análises e diagnósticos destinados à identificação das patologias em elementos de construção, possibilitando-se assim a escolha da melhor solução para os problemas patológicos. Esta aceitação baseia-se numa concepção, ou entendimento, onde o diagnóstico é encarado com elaboração de um modelo de comportamento. Exige-se então uma vasta e rigorosa coleta de informação, assim como, uma longa e sólida experiência profissional das entidades envolvidas (Cabrita, et al., 1998).

Deste modo, reforça-se a ideia de que a identificação correta das causas e a avaliação rigorosa da situação real é uma condição indispensável para a resolução de patologias. Nestas análises é necessário evitar as posições extremas, isto é o excessivo otimismo ou excessivo pessimismo. Uma avaliação muito otimista do estado e carácter das patologias em elementos da construção poderá conduzir ao prejuízo potencial da segurança e da economia a médio/longo prazo. A posição de excessivo pessimismo poderá conduzir à delapidação dos recursos (Cabrita, et al., 1998).

2.5.2 Metodologia de um diagnóstico

Sendo essencial, o estudo de diagnóstico é também uma tarefa muito exigente e de grande delicadeza, já que num processo patológico de uma dada construção se cruzam problemas de uma enorme diversidade que, facilmente, atingem dimensão que impõe o conhecimento generalizado, por um lado, especializado, por outro, de tudo o que é a própria essência da construção (Appleton, 2002).

Assim, segundo Appleton (2002) o diagnóstico é trabalho para um técnico especializado, com sólida formação em áreas tão diversas como geotécnica, estruturas, alvenarias, revestimentos, isolamentos e acabamentos, instalações hidráulicas; ou trabalho para uma equipe de especialistas que prossigam o aprofundamento de cada tema, a partir do ponto em que o especialista o deixou.

De acordo com a norma do DNIT (2004) de uma forma geral, pode-se adaptar a seguinte metodologia.

- a) o motivo da inspeção;
- b) o tipo da inspeção;
- c) o dimensionamento da equipe;
- d) os equipamentos e as ferramentas;
- e) a existência de projetos e de relatórios de inspeções anteriores;
- f) o período do ano mais favorável à inspeção.

2.6 DURABILIDADE E VIDA ÚTIL

Para a NBR 6118 (2014) durabilidade é a capacidade da estrutura resistir as influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração de projeto.

De acordo com Helene (2001), durabilidade é definido como sendo o resultado da interação entre a estrutura de concreto, o ambiente e as condições de uso, de operação e de manutenção. Portanto não é uma propriedade inerente ou intrínseca à estrutura, à armadura ou ao concreto. Uma mesma estrutura pode ter diferentes comportamentos, ou seja, diferentes funções de durabilidade no tempo, segundo suas diversas partes, até dependente da forma de utilizá-la.

Para Neville (2001), a durabilidade significa que uma dada estrutura de concreto terá desempenho contínuo satisfatório, para as finalidades para as quais foi projetada, isto é, que manterá sua resistência e condições normais de serviço durante a vida útil especificada ou esperada.

A durabilidade de um material de acordo com esses conceitos, é a capacidade do mesmo manter sua propriedade estruturais e operacionais, mesmo exposto as condições ambientais e as condições de uso.

Segundo a NBR 6118 (2014), define-se como vida útil o período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais.

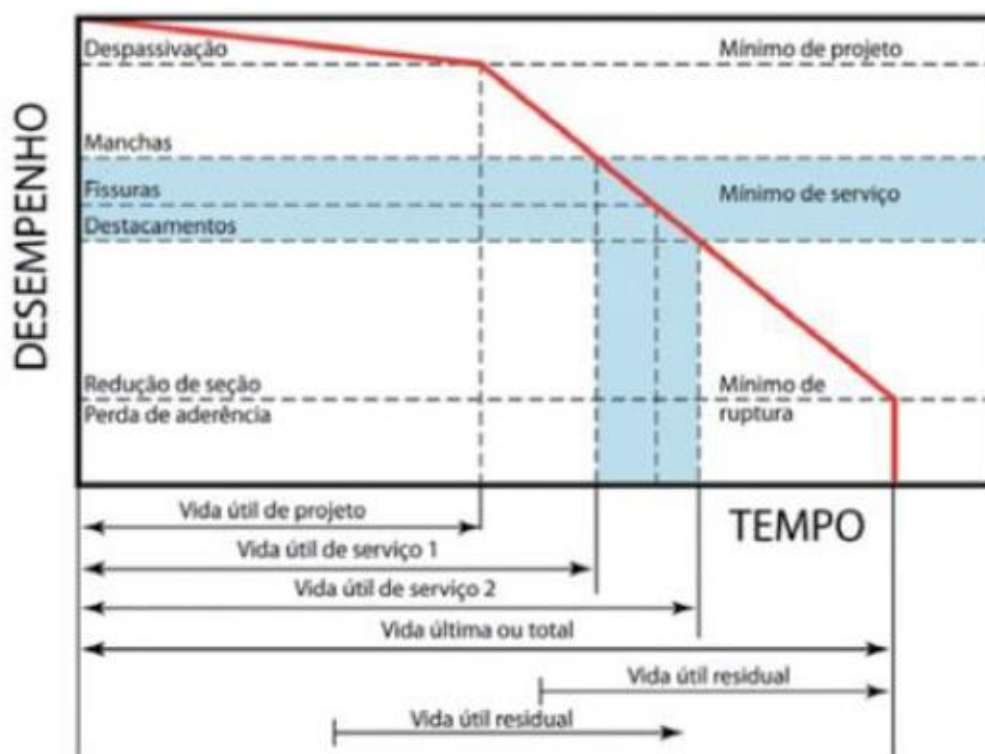
Souza e Ripper (1998) definem vida útil como período durante o qual as suas propriedades permanecem acima dos limites mínimos especificados. O conhecimento da vida útil e da curva de deterioração de cada material ou estrutura são fatores de fundamental importância para a confecção de orçamentos reais para a obra, assim como de programas de manutenção adequados e realistas.

Logo pode-se ter em vista que vida útil é um conceito extremamente importante e está ligado intimamente com a durabilidade de uma estrutura, no qual dependendo dos fatores externos e internos sua vida útil pode aumentar ou reduzir com o tempo de utilização.

Assim Andrade (1997), considera que um material chegou ao fim de sua vida útil quando suas propriedades, sob dadas condições de uso, se deterioram a tal ponto que a continuação do uso desse material é considerada insegura ou antieconômica.

No Gráfico 2 tem-se o desempenho de uma estrutura em relação ao seu tempo de utilização. No mesmo consegue-se relacionar a vida útil ao longo do tempo e com o surgimento de algumas patologias.

Gráfico 2– Conceituação de vida útil das estruturas de concreto tomando por referência o fenômeno de corrosão da armadura.



Fonte: HELENE, 1997.

Algumas explicações do Gráfico 2, encontra-se definições especificadas (HELENA, 1997).

- a) Vida útil de projeto: Período de tempo que vai até a despassivação da armadura, normalmente denominado de período de iniciação. Corresponde ao período de tempo necessário para que a frente de carbonatação ou a frente de cloretos atinja a armadura. O fato da região carbonatada ou de certo nível de cloretos atingir a armadura e teoricamente despassivá-la, não significa que necessariamente a partir desse momento haverá corrosão importante, apesar de que em geral ela ocorre. Esse período de tempo, no entanto, é o período que deve ser adotado no projeto da estrutura, a favor da segurança;

- b) Vida útil de serviço: Período de tempo que vai até o momento em que aparecem manchas na superfície do concreto, ou ocorrem fissuras no concreto de cobrimento, ou ainda quando há o destacamento do concreto de cobrimento. É muito variável de um caso para outro, pois depende das exigências associadas ao uso da estrutura. Enquanto em certas situações é inadmissível que uma estrutura de concreto apresente manchas de corrosão ou fissuras, em outros casos somente o início da queda de pedaços de concreto, colocando em risco a integridade de pessoas e bens, pode definir o momento a partir do qual se deve considerar terminada a vida útil de serviço;
- c) Vida útil última ou total: Período de tempo que vai até a ruptura ou colapso parcial ou total da estrutura. Corresponde ao período de tempo no qual há uma redução significativa da seção resistente da armadura ou uma perda importante da aderência armadura / concreto, podendo acarretar o colapso parcial ou total da estrutura;
- d) Vida útil residual: Corresponde ao período de tempo em que a estrutura ainda será capaz de desempenhar suas funções, contado nesse caso a partir de uma data qualquer, correspondente a uma vistoria. Essa vistoria e diagnóstico podem ser efetuados a qualquer instante da vida em uso da estrutura. O prazo final, nesse caso, tanto pode ser o limite de projeto, o limite das condições de serviço, quanto o limite de ruptura, dando origem a três possíveis vidas úteis residuais; uma mais curta, contada até a despassivação da armadura, outra até o aparecimento de manchas, fissuras ou destacamento do concreto e 21 outra longa contada até a perda significativa da capacidade resistente do componente estrutural ou seu eventual colapso.

2.7 CLASSIFICAÇÃO DAS PATOLOGIAS

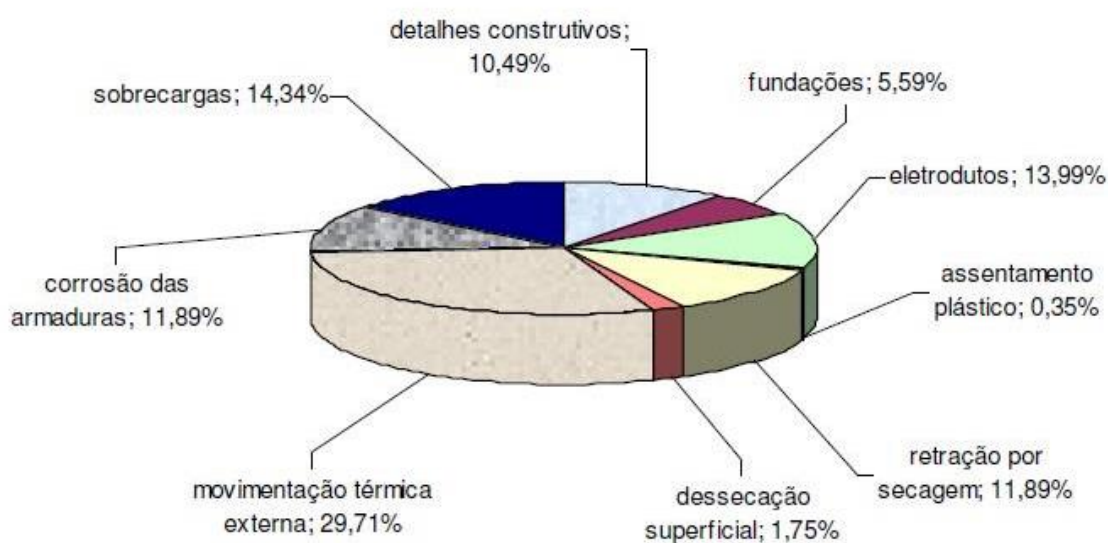
A seguir apresenta-se algumas definições de patologias identificada na edificação estudada.

2.7.1 Fissuras

Fissuras é a denominação para aberturas que surgem na superfície do elemento estrutural, estas permitem a entrada de agentes agressivos. As fissuras podem surgir em qualquer construção executada em concreto, e podem aparecer em horas, dias ou anos.

Dal Molin (1988) detectou melhoras e apresentou as principais causas de fissuras e suas incidências como podemos ver na Gráfico 3.

Gráfico 3 – Tipos e incidência de fissuras em concreto armado.



Fonte: Dal Molin, 1988.

De acordo com a norma DNIT 083 (2006), a trinca é desenvolvida a partir de uma fissura, no qual as trincas podem se desenvolver parcial ou completamente ao longo de um elemento estrutural, não havendo uma separação nítida e indiscutível entre trincas e fissuras, tendo essas últimas aberturas menores. Além dessa definição para trincas a norma da ABNT NBR 9575 (2010) define que as microfissuras têm abertura inferior a 0,05 mm, as fissuras têm aberturas de até 0,5 mm e, por fim, as trincas têm aberturas maiores de 0,5 mm e menores de 1,0 mm.

As fissuras em estruturas de concreto é a evidencia de alguma anormalidade e serve de alerta, deve ser analisada por um técnico especializado para verificar sua gravidade. As fissuras podem ser causadas por simples variação térmica (que provoca a dilatação e retração dos materiais e essa variação provoca as fissuras). Ou podem ser causadas por recalque nas fundações e nesse caso deve-se ser tomado cuidados maiores. Outros tipos de fissuras também

surgem por vários outros fatores como: revestimento mal executado e oxidação das armaduras no interior da estrutura (MAGALHÃES, 2013)

2.7.1.1 Fissuras devido a retração hidráulica

Para Helene (1992) esse tipo de fissura acontece pela péssima cura do concreto. A perda da água na peça, o excesso de calor de hidratação e uma ineficiente proteção térmica do elemento estrutural geram tensões internas, provocando retração que resulta em esforços de tração.

Esses tipos de fissuras podem ser combatidas na fase de execução, quando for feita a cura apropriada.

2.7.1.2 Fissuras devido a variação de temperatura

Para Marcelli (2007), as peças esbeltas e longas, como vigas contínuas de vários tramos ou em grandes panos de lajes, são as que mais sofrem com a variação de temperatura, principalmente quando existem vínculos que impedem uma livre movimentação da peça de concreto.

Os materiais utilizados na execução possuem coeficientes de dilatação térmica diferentes. Essa diferença de coeficiente de dilatação causa dilatações de diversas amplitudes e por consequência durante o tempo ocorre esse tipo de fissura (IANTAS, 2010).

2.7.1.3 Fissura devido à compressão

Marcelli (2007) verificou que algumas vigas e pilares, dependendo da atuação dos esforços, podem trabalhar num sistema duplo de solicitação, no caso flexão e compressão. Nessas condições, pode haver um acúmulo de tensões na região comprimida, surgindo algumas trincas características.

Esse tipo de fissura pode ocasionar o colapso da estrutura, já que seus elementos perdeu a sua capacidade de carga inicial, no qual caracteriza esse tipo de fissura.

2.7.2 Corrosão da armadura

A corrosão da armadura é um dos grandes problemas das patologias do concreto, sendo observado com frequência na estrutura estuda nesse trabalho. É um dos principais mecanismos de deterioração das estruturas de concreto armado, como observado da Figura 1, onde se mostra a corrosão da armadura longitudinal e estribos.

Figura 1 – Armadura exposta e oxidada.



Fonte: Google Maps, 2017.

Para Sartorti (2008), os principais causadores da corrosão são os ambientes agressivos, porosidade elevada, alta capilaridade, deficiência no cobrimento, materiais de construção com problemas e fissuração acentuada, são os fatores preponderantes na influência da criação de um estado de corrosão da armadura.

Para Marcelli (2007) a trinca em concreto armado é devido à corrosão das armaduras e são muito comuns em nossas edificações e precisam ser tratadas adequadamente, a fim de bloquear o processo e não as agravar como tem ocorrido em algumas obras, nas quais não se procura identificar, diagnosticar e corrigir as verdadeiras causas do problema.

Helene (1992) cita que as mais comuns causas da ocorrência da corrosão no concreto são: má execução das peças estruturais, concreto com resistência inadequada, ambiente agressivo, proteção insuficiente, manutenção inadequada ou inexistente e presença de cloretos.

A corrosão é um processo que evolui com o passar do tempo. Logo as medidas para combater esse tipo de patologia devem ser tomadas rapidamente, afim de não comprometer a segurança estrutural da edificação.

2.7.3 Deslocamento do concreto

A degradação do concreto acontece de diversas formas, para Lemos (2006) a degradação por deslocamento do concreto é um fenômeno que frequentemente pode ser observado nas estruturas de concreto, causado pelos mais diversos fatores, ocorrendo, na maioria dos casos, em conjunto com a fissuração.

A deterioração do concreto depende de vários fatores, como: meio onde se encontra a estrutura, a concentração de ácidos, sais e bases. Dentre eles as reações de expansão e a corrosão são as principais causas desse fenômeno.

Para Lucca (2010) as reações álcalis-agregados é dividida em reação álcali-sílica e álcali-silicato, que acontecem no interior do concreto e podem ser explicadas como reações químicas entre álcali, provenientes principalmente do cimento e alguns minerais reativos contidos no agregado (na presença de água). Souza e Ripper (1998) tem essas reações como expansivas, pela formação adicional de sólidos em meio confinado, provocando, de início, a fissuração na parte interna do concreto, conferindo à mesma o aspecto de um mosaico, para posteriormente vir a desagregar a estrutura.

Já as reações álcali-carbonato, ocorrem entre certos calcários dolomíticos onde estão presentes nos espaços vazios do concreto e Souza e Ripper (1998) definem essas reações dolomíticos e descreve como sendo uma expansão típica dos cristais de calcário dolomítico em solução de hidróxido de sódio, presente nos cimentos, que se caracteriza pela formação de novos sólidos sem que haja a dissolução do sólido primitivo, o que, necessariamente, implica expansão

2.7.4 Erosão

De acordo com Carvalho (2010), a erosão atinge principalmente as fundações executadas onde existam correntes de água. Bastante comum em pontes construídas sobre rios, onde o rebaixamento do nível da água deixa a fundação descoberta e a corrente de água arrasta o solo próximo às fundações, modificando a forma de aplicação de carga da fundação ao solo.

2.8 TÉCNICAS DE REPAROS DE ALGUMAS PATOLOGIAS PATOLÓGIAS

2.8.1 Recuperação de Fissuras

2.8.1.1 Técnica de injeção de fissuras

O tratamento das fissuras tem como objetivo impedir a penetração de agente agressores à estrutura, assim evitando a contaminação do concreto e sua armadura. Além de proporcionar ao usuário a sensação de segurança (GONÇALVES, 2015).

Essa técnica de injeção na concepção de Souza e Ripper (1988) é uma técnica que garante o perfeito enchimento do espaço formado entre as bordas de uma fenda, independentemente de se estar injetando para restabelecer fissuras passivas, casos em que são usados materiais rígidos, como epóxi ou grautes, ou para a vedação de fendas ativas, que são situações mais raras, em que se estarão a injetar resinas acrílicas ou poliuretânicas.

É normalmente utilizado resina epoxídica como preenchimento das fissuras inativas. A resina epoxídica é um integrante da família dos materiais poliméricos, no qual apresenta uma boa adesão a outros materiais, resistência química, boas propriedades mecânicas e isolante elétrico (GONÇALVES, 2015).

O processo de injeção de fissuras é descrito segundo Souza e Ripper (1998) da seguinte forma:

- a) Abertura de furos ao longo do desenvolvimento da fissura, com diâmetro da ordem dos 10 mm e não muito profundos (30mm), obedecendo a espaçamento que deve variar entre os 50 mm e os 300 mm, em função da abertura da fissura (tanto maior quanto mais aberta for), mas sempre respeitando um máximo de 1,5 vezes a profundidade da fissura;
- b) A limpeza do conjunto de fissuras pode ser realizado por ar comprimido, por aplicação de jatos, seguida aspiração, para remoção das partículas soltas, não só as originalmente existentes (sujeiras), mas também as derivadas da operação de furação;
- c) Nos furos, são fixados tubinhos plásticos, de diâmetro um pouco inferior ao da furação, com parede pouco espessa, através dos quais será injetado o produto. A fixação é feita através do próprio adesivo que selará o intervalo da fissura entre dois furos consecutivos;

- d) A selagem é feita pela aplicação de uma cola epoxídica bicomponente, em geral aplicada à espátula ou colher de pedreiro. Ao redor dos tubos plásticos, a concentração da cola deve ser ligeiramente maior, de forma a garantir a fixação deles;
- e) Antes de se iniciar a injeção, a eficiência do sistema deve ser comprovada, o que pode ser feito pela aplicação de ar comprimido, testando então a intercomunicação entre os furos e a efetividade da selagem. Se houver obstrução de um ou mais tubos, será indício que haverá necessidade de reduzir-se o espaçamento entre eles, inserindo-se outros a meio caminho;
- f) Testado o sistema e escolhido o material, a injeção pode então iniciar-se, tubo a tubo, sempre com pressão crescente, escolhendo-se normalmente como primeiros pontos aqueles situados em cotas mais baixas.

2.8.1.2 Técnica de selagem de fissuras

É uma técnica que é utilizada para vedar os bordos de fissuras ativas, no qual utiliza um material que seja aderente, boa resistência mecânica e química, e que tenha boa flexibilidade para adaptar as deformações da fissura (GONÇALVES, 2015).

Para fissuras com aberturas entre 10 mm e 30mm, deve seguir os mesmos procedimentos descritos no item 5.2.1.1. (SOUZA E RIPPER, 1998).

Já para fissuras com aberturas maiores que 30 mm o tratamento deve ser como se fosse uma junta de dilatação e deve-se proceder da seguinte forma:

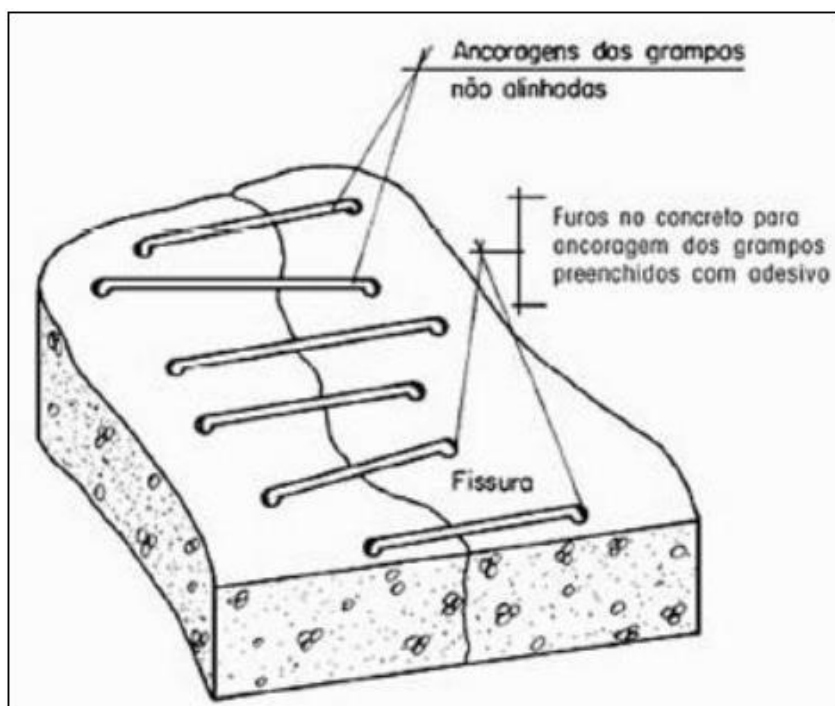
Abertura de um sulco como descrito para aberturas entre 10 e 30 mm e posterior limpeza;

Inserção de um cordão em poliestireno extrudado, ou de uma mangueira plástica, que terá como função além de um limitador da quantidade de selante a ser utilizado impedirá que o mastique venha a aderir ao fundo da fissura, o que comprometeria não só a durabilidade, mas o seu próprio trabalho.

2.8.1.3 Método do grampeamento

Para Souza e Ripper (1998), essa técnica é de aplicação contestável, já que ela aumenta a rigidez da peça localizadamente, e se o esforço gerador da fenda continuar, com certeza produzirá uma nova fissura em região adjacente.

Figura 18 – Detalhe do posicionamento dos grampos.



Fonte: Souza e Ripper, 1988

Esse processo inicia-se com o descarregamento da estrutura, já que o processo é tido como um reforço estrutural. Em seguida são feitos furos no qual os grampos de aço são colocados e em seguida preenchidos com adesivo apropriado (GONÇALVES, 2015).

2.8.2 Recuperação de danos profundos no concreto

Segundo Souza e Ripper (1998) os problemas encontrados no concreto podem ser classificados entre danos superficiais, danos semiprofundos e danos profundos. Danos superficiais são aqueles de até 2,0cm de profundidade, danos profundos são aqueles de até 5,0 cm de profundidade, e a partir deste valor são os danos considerados profundos.

2.8.2.1 Reparo com graute

Conforme Souza e Ropper (1998) o reparo com o graute é bastante difundido quando se precisa deformar rapidamente o local reparado para utilização da estrutura. Como o graute atinge alta resistência muito rápido, as formas podem ser retiradas depois de 24 horas de

executado. Além de ter boa fluidez, compacidade, uniformidade e não apresenta retração, ser auto adensável (MARCELLI, 2007).

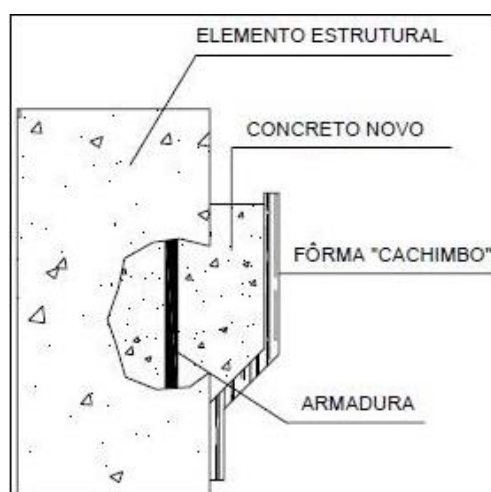
Os reparos com graute pode ser classificado em: grautes minerais (constituído a base de cimento) e grautes poliméricos ou orgânicos (constituído a base de resina) (TULA 2002).

De acordo com Tula (2002) os grautes a base de minerais recebe uma classificação de acordo com a utilização preponderante. Assim, encontram-se no mercado denominações do tipo: de uso geral, de construção, de uso industrial, para injeção, de reparo, de uso submerso, para altas temperaturas, entre outras. Alguns fabricantes ainda sugerem pequenas variações à classificação descrita para ressaltar alguma característica particular de um determinado produto ou, ainda, a adição de algum elemento particular. Já os grautes de base orgânica são materiais de características e usos mais específicos, recomendados para situações especiais em que se exige alta aderência e resistência a cargas cíclicas e dinâmicas, pois não sofrem o efeito de fadiga comum aos grautes à base de cimento.

2.8.2.2 Reparo com concreto

Para Souza e Ripper (1998), esse método de execução exige um alto conhecimento do concreto, para que sejam feitas dosagens adequadas e que garanta um baixo valor do fator água/cimento. Deve-se observar que na execução desta técnica, deve ser feito a concretagem um nível acima do reparo, como indicado na figura XX.

Figura XX – Detalhe da forma tipo “cachimbo”.



Fonte: Rigazzo, 2003.

É muito importante lembrar que para uma boa recuperação por esse método, utilizando o reparo com concreto, é garantindo uma boa cura.

2.8.2.3 Reparo com argamassa de cimento e areia

Segundo Relvas (2004), a cura vai depender das condições climáticas e tem duração de 1 a 3 dias. E não deve ser feito mais do que 1,0cm de camada por vez. Ou seja, apenas deve-se proceder à próxima camada quando a anterior já estiver curada e resistente, a fim de minimizar os efeitos da retração.

Normalmente é executado com o traço de 1:3 com um fator de água/cimento de 0,45 de acordo com Shehata (1998).

2.8.2.4. Outros métodos de reparo

Além desses métodos de reparos descritas, podem ser utilizados outros métodos, como: reparo com concreto projetado, reparo com argamassa, reparo com argamassa com polímeros, reparo com argamassa epoxídica.

2.8.3 Tratamento das armaduras oxidadas

Primeiramente, deve-se efetuar uma limpeza das armaduras para a retirada das ferragens oxidadas, retirar os óleos e qualquer outro material que possa atrapalhar no tratamento.

Antes de mais nada, deve-se ser avaliada a necessidade de substituição de alguma ferragem afetada, ou ainda, a complementação de armadura na área afetada, devido à possível redução na seção da mesma. Um engenheiro estrutural deve ser consultado (MARCELLI, 2002).

2.8.3.1 Reforço das armaduras

O reforço das armaduras se dão quando se tem algum erro de projeto ou execução da estrutura, fortalecer a estrutura a sua capacidade de carga inicial ou quando muda o tipo de utilização da estrutura.

De acordo com Souza e Ripper (1998) tem-se que considerar a complementação de armaduras quando a parte corroída atingir 15% do total da seção original. Deverá sempre levar

em consideração para o conjunto como um todo, ou seja, as áreas totais de armadura, e não apenas barras isoladas.

Para os pilares deve-se ter cautela na adição das barras de reforço para não causar um acréscimo de excentricidade na estrutura. Souza e Ripper (1998) adverte que devesse ser julgado criteriosamente o que é mais conveniente: não colocar barra; adicionar uma; ou, ao invés disto, adicionar duas ou quatro (números pares).

Granato (2002) padroniza de maneira clara as etapas utilizadas na restauração de armaduras:

- a) Inicia-se com o corte da parte danificada;
- b) A troca da parte danificada, através de soldas ou amarradas por um arame, respeitando o transpasse;
- c) Limpeza adequada do local;
- d) Aplicação de resina epóxi para ligar o reforço ao concreto e servir de barreira impermeável da armadura;
- e) Por último a reconstrução com concreto, argamassa ou argamassa epóxi.

2.8.3.2 Emendas por transpasse

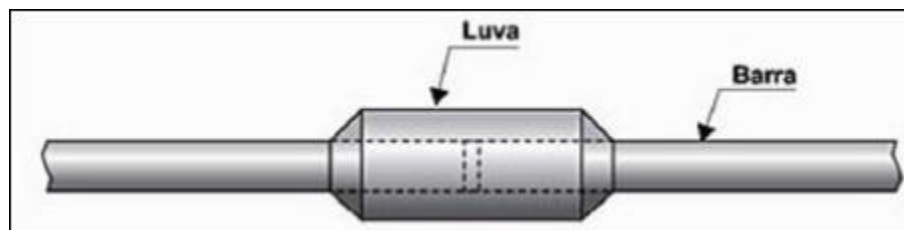
Quando tem a necessidade e estrutura permite a possibilidade de colocação de novas barras de reforço, essas novas barras, poderá ser locada com a utilização de emendas por transpasse. Esse tipo de emenda é mais barato e de fácil execução (GONÇALVES, 2015).

Segundo a NBR 6118 (2014) as emendas por transpasse só é permitida para barras de diâmetro até 32 mm. As barras a serem emendadas devem ficar próximas entre si, numa distância não superior a 4 vezes o diâmetro.

2.8.3.3 Emendas com luvas

Marcelli (2007) utiliza um outro sistema de emendas de barras, é o emprego de luvas de pressão, em que as extremidades das barras são unidas através de luvas prensadas de tal forma que garantem a ligação das barras (Figura xx).

Figura xx – Emenda com luva.



Fonte: Marcelli, 2007.

2.8.3.4 Emendas com soldas

De acordo com a NBR 14931 (2004) apenas barras de aço possuem características de soldabilidade. E a NBR 8965 estabelece a composição limites que a peça de aço tenha para que seja considerada soldável.

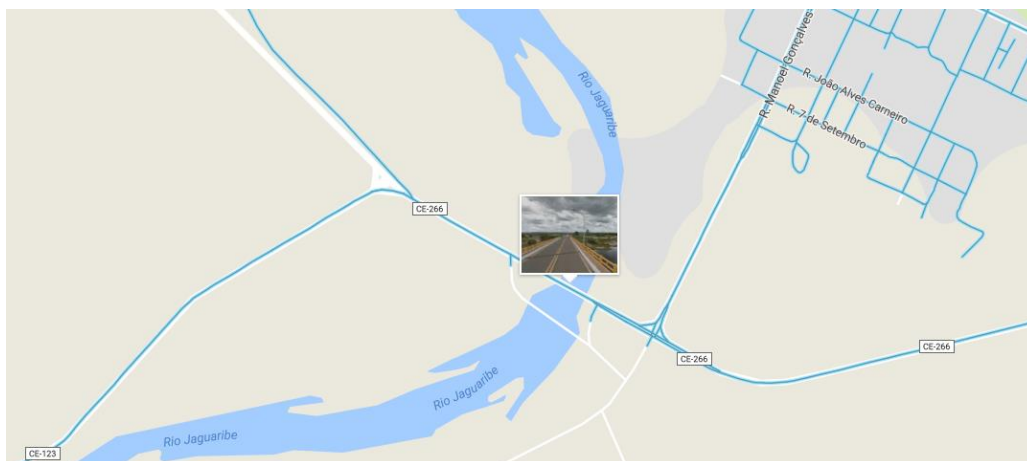
De acordo com Souza e Ripper (1998) nem todo tipo de barras permite a possibilidade de soldagem, que vai depender do tipo de armaduras existentes.

A emenda por solda é bem mais fácil de execução, embora exija mão de obra especializada. Uma das preocupações dessa técnica é o calor gerado no processo, no qual esse calor gerado possa alterar as propriedades do aço e reduzir sua resistência (GONÇALVES, 2015).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho visa a identificação das patologias em uma ponte de concreto armado devido ao seu tempo de utilização, mão de obra não qualificada e falhas na execução do projeto. Para isso será realizado um estudo de caso na ponte ilustrada na Figura 2 e 3, inaugurada em Abril de 1982, localizada na cidade de Quixeré/CE.

Figura 2 – Localização do estudo de caso.



Fonte: Google Maps, 2017.

Figura 3 – Vista de cima da ponte sobre o Rio Jaguaribe.



Fonte: Google Maps, 2017.

Tal construção tem 35 anos, e ao longo desse tempo não houve uma manutenção em suas estruturas ou reparos em suas patologias aparentes, conforme relatos de populares que residem próximo a edificação. Os responsáveis pela execução deixaram algumas falhas como

as armaduras expostas como mostra a Figura 4 e uma grande quantidade de ninhos (bicheiras). Diante disso, as armaduras foram apresentando oxidação e se agravando ao longo dos anos.

Figura 4 – Armaduras da fundação exposta.



Fonte: Autor, 2017.

Nesse trabalho, foi necessária inspeção *in loco* para a verificação das patologias na ponte e acompanhar sua evolução, além de suas origens.

Depois dessa etapa, será realizado o diagnóstico dos elementos que apresentaram patologias. Em seguida realizar os prognósticos para determinar a intervenção a ser tomada, que pode ser a erradicação, o impedimento ou controle da sua evolução.

Para finalizar, com auxílio das pesquisas e referências na revisão bibliográfica, pode-se apontar os tratamentos necessários para a recuperação de tais estruturas danificadas

4 ESTUDO DE CASO

Esse estudo de caso tem como função avaliar danos patológicos devido as etapas de execução, assim como o fator tempo e patologias devido a sua utilização. Para a identificação das patologias foram feitas visitas no local da construção.

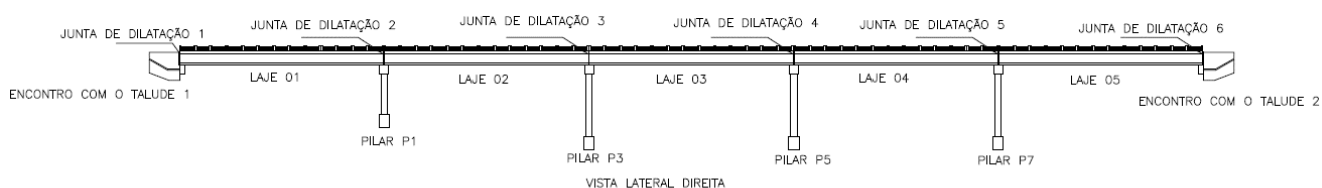
Foi verificado junta a Prefeitura municipal de Quixeré que a edificação não possuía qualquer documentação, tais como o projeto e relatórios técnicos, porém por relatos sabe-se que tal edificação não passou por qualquer manutenção de recuperação das patologias. As únicas modificações realizadas foram as pinturas do guarda corpo e o recobrimento da pavimentação.

4.1 DISCRETIZAÇÃO DA ESTRUTURA

A ponte em questão, trata-se de uma obra elaborada em concreto armado, com aproximadamente 200 metros de comprimento, 8 pilares e 5 conjuntos de lajes maciça (pavimentos).

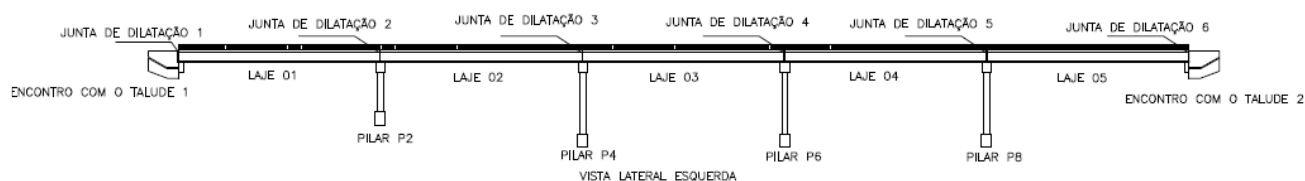
Para facilitar a exposição dos casos patológicos e suas descrições foi elaborado figuras representativas (Figura 5 e 6), compreende-se as vistas lateral esquerda e lateral direita da ponte do estudo de caso em questão.

Figura 5– Vista lateral direita.



Fonte: Adaptada pelo autor, 2017.

Figura 6 – Vista lateral esquerda.



Fonte: Adaptada pelo autor, 2017.

4.2 LEVANTAMENTO DOS CASOS

Nessa etapa procurou-se elaborar um conjunto de informações sobre as patologias obtidos através das inspeções visuais.

4.2.1 Encontro com os taludes 1 e 2

Nos elementos dessa estrutura foram encontradas em vários locais um número considerável de problemas como o deslocamento do concreto. Esse problema tem como fatores de surgimento duas causas, que foi constatado através da inspeção visual, a primeira causa é devido ao desgaste do concreto e a segunda é devido a oxidação das armaduras no interior da estrutura. Na Figura 7 podemos visualizar tal patologia.

Figura 7 – Estrutura de encontro do talude.



Fonte: Autor, 2017.

Um outro problema bastante comum nesses elementos da estrutura é a presença de bicheiras deixadas na etapa de execução da obra. Foi detectado nas vistorias a presença de um grande número de armadura amostra, devido a esses problemas de execução (bicheira). Na figura 8 pode-se verificar uma bicheira com parte da armadura a vista e exposta as agressividades do meio.

Figura 8 – Bicheira com armadura amostra.



Fonte: Autor, 2017.

Outro problema identificado nessa parte da edificação é a erosão dos taludes no qual sustenta parte da estrutura, esse problema vem se agravando com o tempo devidos os períodos de chuvas, épocas de cheias e a falta de uma cobertura protetora (vegetal ou concreto). Na Figura 9 tem-se parte da estrutura já suspensa devida a excessiva perda de solo da sua base.

Figura 9 – Estrutura suspensa devido a erosão.



Fonte: Autor, 2017.

Todas essas patologias identificadas estão presentes nos dois lados da estrutura.

4.2.2 Patologias encontradas nos pilares

Em todos as fundações dos pilares dessa ponte foi verificada a falta de compromisso, já que foi executada deixando uma ponta da armadura expostas as agressividades do meio. Com o tempo as armaduras foram oxidando e causando o deslocamento do concreto. Para todos os pilares foram identificadas essas mesmas patologias. Imagina-se que a falta de conhecimento na execução da estrutura levou a esse problema ou pela falta de acompanhamento de um profissional qualificado, já que esse problema percorre por todos os pilares. Na Figura 10 vê-se pontas da armadura com o nível mais alto que o concreto e parte já deslocada.

Figura 10 – Pilar com a armadura da fundação exposta.



Fonte: Autor, 2017.

Uma outra patologia encontrada nos pilares, que é de ocorrência comum nos oitos elementos, é a presença de bicheiras no qual apresenta armaduras a amostra. A falta de cuidado na etapa de execução, fez com que essa patologia fosse encontrada em todos os pilares. Na Figura 11 vê-se um exemplo dessa patologia.

Figura 11 – Bicheira em pilar.



Fonte: Autor, 2017.

Apenas o pilar 4 Figura 12 apresentou uma pequena fissura, no qual não pode-se identificar se é uma fissura ativa ou passiva, devido ao tempo para se obter esse resultado. Pela falta de equipamentos para a realização de ensaio e pelo formato da fissura não teve-se como identificar a possível causa.

Figura 12 – Fissura no pilar P4.



Fonte: Autor, 2017.

4.2.3 Lajes com os pavimentos

Assim como nos outros elementos desta estrutura, as lajes também apresentaram problemas de execução (bicheiras). Nas cinco lajes que sustentam o pavimento, por onde os veículos pequenos e pesados passam, foram identificados essa patologia. Com o tempo as

armaduras expostas vão se oxidando e causando a expansão do aço, com a expansão o concreto vai deslocando e cada vez mais vai se agravando. A Figura 13 mostra como essa patologia normalmente se encontra nas lajes subsequentes.

Figura 13 – Bicheira nas lajes.



Fonte: Autor, 2017.

4.2.4 Juntas de dilatação

Em todas as juntas de dilatações foram encontradas fissuras, grandes pedaços de concreto deslocado e em outras juntas algumas manchas provocadas pela ação da água.

Na junta de dilatação 2 pode-se verificar visualmente que um pedaço do concreto foi deslocado, deixando sua armadura exposta e dando possibilidades para os agentes agressivos entrarem em ação nas armaduras. Na Figura 14 vê-se o estado desse elemento da estrutura.

Figura 14 – Junta de dilatação 2.



Fonte: Autor, 2017.

Assim como na junta de dilatação 2 a 5 apresentou a mesma patologia, sendo que a parte de concreto deslocado é bem maior que na junta 5. Além de apresentar uma fissura no decorrer do elemento estrutural. Nesse elemento pode visualizar que a ação da água causou manchas ao redor da estrutura. A Figura 15 pode-se verificar tais patologias.

Figura 15 – Junta de dilatação 5.



Fonte: Autor, 2017.

Na junta de dilatação 6, no qual fica junto ao talude foi verificado a presença de uma fissura no qual separa parte da estrutura. Na Figura 15 pode-se verificar a gravidade de tal patologia.

Nas outras juntas de dilatações foram encontradas as mesmas patologias, no qual pode-se verificar que tais problemas é causado pelas vibrações que os veículos pesados causam. O longo tempo de utilização da estrutura e a falta de manutenção periódica vem tornando essa patologia cada vez mais grave.

Um outro fator que pode ser considerado para o aparecimento das fissuras nas juntas de dilatação é devido a mudança da rodovia municipal para rodovia estadual. Por falta de informações de projeto não sabe-se se a estrutura foi projetada para um tráfego mais intenso e para quantos anos a ponte foi projetada. Logo esses fatores podem tem bastante influencia para o surgimento dessas fissuras tão grave, nesses elementos dessa estrutura.

Figura 16 – Junta de dilatação 6.



Fonte: Autor, 2017.

A durabilidade das estruturas de concreto armado é diretamente afetada pela água, enquanto agente deteriorante e veículo de transporte de substâncias agressivas. A presença de um grande número de bicheiras em toda estrutura e armadura exposta propícia a infiltração da água causando assim o deslocamento do concreto e ao longo dos anos, cada vez mais esses problemas se agravam.

Na Quadros 1, 2, 3, 4 e 5 tem-se um resumo das patologias em cada elemento da ponte estudada e suas possíveis causas, verificadas através das inspeções visuais.

Quadro 1 – Juntas de dilatação com fissuras.

DADOS DAS INSPEÇÕES		
Localização	Patologias	Fatores de influência
E as outras juntas de dilatação apresentaram um única patologia em comum	Fissura	Possivelmente essa patologia foi causada pela tempo de utilização da estrutura

Fonte: Autor, 2017.

Quadro 2 – Encontro dos taludes.

DADOS DAS INSPEÇÕES		
Localização	Patologias	Fatores de influência
Encontros com os taludes 1 e 2	Desplacamento do concreto	O deslocamento nessa região é causada pelo processo corrosivo das armaduras, durante a expansão do aço.
	Armadura exposta / oxidada	Possivelmente essa patologia foi causada pela deteriorização do concreto durante os anos e por um cobrimento ineficiente.
	Bicheira	As bicheiras verificadas nessa região são devidos as falhas de execução.
	Erosão do talude	A água da chuva em contato com o solo foi causando erosão do talude.

Fonte: Autor, 2017.

Quadro 3 – Pilares da ponte.

DADOS DAS INSPEÇÕES		
Localização	Patologias	Fatores de influência
Todas os pilares foram encontrados as mesmas patologias	Armadura exposta / oxidada	Possivelmente essa patologia foi causada pela deteriorização do concreto durante os anos e por um cobrimento ineficiente
	Bicheira	As bicheiras verificadas nessa região são devidos as falhas de execução.

Fonte: Autor, 2017.

Quadro 4 – Juntas de dilatação.

DADOS DAS INSPEÇÕES		
Localização	Patologias	Fatores de influência
Das 6 juntas de dilatações 3 apresentaram as mesmas patologias	Desplacamento do concreto	O deslocamento nessa região é causada pelo processo corrosivo das armaduras, durante a expansão do aço.
	Armadura exposta / oxidada	Possivelmente essa patologia foi causada pela deteriorização do concreto durante os anos e por um cobrimento ineficiente.
	Eflorescência	Eflorescências são depósitos cristalinos de cor branca que surgem na superfície do concreto.

Fonte: Autor, 2017.

5 SOLUÇÕES DAS PATOLOGIAS

5.1 POSSÍVEIS SOLUÇÕES PARA AS BICHEIRAS

Essa patologia é a mais encontrada por toda a estrutura e no caso a mesma teria o maior custo, por ter uma grande quantidade.

Para solucionar esses problemas tem que inicialmente verifica se as armaduras estão expostas ou não, se essas apresentam corrosão e se será preciso fazer sua substituição. Em seguida é feito toda a retirada do concreto ao redor da patologia que obtenha sinais de deterioração, para depois começar a limpeza e em posteriormente o preenchimento do local com argamassas ou outros materiais para a correção seguindo requisitos do item 2.8.1.

5.2 POSSÍVEIS SOLUÇÕES PARA FISSURAS

Um dos problemas mais comum nessa edificação é as fissuras devido à expansão da armadura de aço, assim causando o aparecimento dessa patologia. Para a correção desse problema será utilizado martelo, ponteira, máquina de jateamento, máquina de corte, escova e as argamassas (de preenchimento e de inibidor de corrosão).

Com o martelo procura-se as zonas afetadas por essa patologia, assim identificando as áreas onde o concreto perdeu aderência. Depois de localizados todos os locais afetados deve-se fazer a retirada de toda a camada de concreto danificado até encontra sua parte sadia.

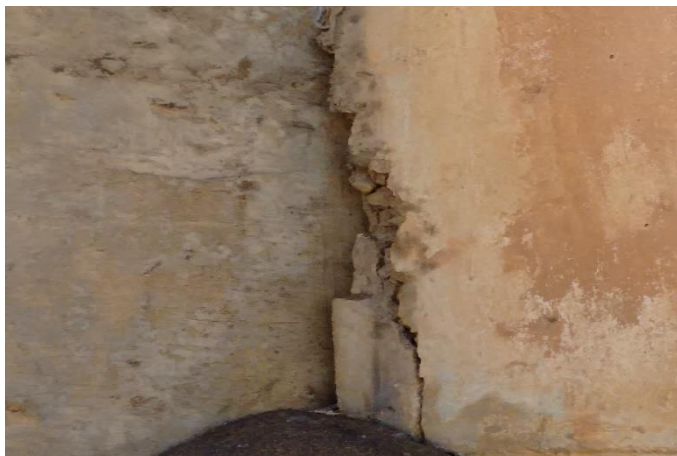
Nessa outra etapa efetua-se a limpeza do aço corroído, com a utilização do jateamento das barras expostas, caso as armaduras de aço estejam inadequados para utilização deve-se fazer o reparo de acordo com o item 2.8.3. Após isso, deve-se realizar a limpeza com uma escova de aço. Em seguida deve-se preparar a argamassa de preenchimento de acordo com as especificações do fabricante e aplicar.

Para a solução das fissuras encontradas nas juntas de dilatação será necessário a remoção do concreto danificado e posteriormente a regularização das bordas. Logo em seguida faze-se o apicoamento da região. Como no processo anterior verifica-se se as barras de aço tiveram uma redução de 20% de sua seção, caso isso tenha ocorrido será necessária a troca conforme os métodos citados neste trabalho.

Na Figura 17 observa-se uma parte do concreto com uma fissura e parte do concreto bastante danificado, nessa região é necessário a retirada completa de todo o concreto danificado como descrito anteriormente.

Para se obter a solução do pilar 4 é necessário um estudo mais detalhando para descobrir as causas do aparecimento de tal patologia. Só então com o diagnostico exato do sintoma pode-se adotar uma solução mais precisa para combater essa patologia.

Figura 17 – Degradação do concreto.



Fonte: Autor, 2017.

5.3 SOLUÇÕES PARA A EROSÃO DOS TALUDES

Uma solução viável para esse problema, seria a recolocação do solo perdido durante as épocas de invernos e durante as cheias, compactando e fazendo uma proteção com cobertura vegetal. Outras soluções para evitar essa erosão seria a criação de muros de arrimo para a retenção do solo ou revestir a camada se solo com concreto.

6 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que nesse tipo de estrutura a água influência bastante para a deterioração do concreto causando assim a erosão dos taludes, eflorescências e infiltrando-se no concreto, provocando assim a oxidação de suas armaduras e consequentemente fissuras e deslocamento do concreto.

Pode-se verificar pelas bibliografias que a corrosão das armaduras é um problema muito grave e que vai avançando durante o tempo. Na estrutura do trabalho, pode-se verificar que ela acontece em praticamente todas as partes e foi verificada que grande parte dessas armaduras que apresentam corrosão foi provocada pela falta de cuidado na execução ou falta de acompanhamento adequado da obra que provocou uma grande quantidade de bicheiras, deixando assim várias regiões com armadura expostas e provocando assim sua corrosão.

A grande maioria das fissuras encontradas na inspeção foram provocadas pela a corrosão das armaduras no interior do concreto. As outras fissuras nas estruturas são provocadas pela sua utilização e elas são presentes principalmente em suas juntas de dilatação.

As eflorescências aparecem em pequenas quantidades em sua totalidade, ficando quase que imperceptíveis. Essa patologia mostra que o concreto utilizado é de boa qualidade, já que esse não é um problema tão grave.

A obra inspecionada nunca passou por uma manutenção para a solução dessas patologias segundo relatos de moradores da região. E pela inspeção já ficou evidenciado que tal edificação necessita urgentemente de cuidados para o prolongamento de sua vida útil. Nesse trabalho foram dados vários métodos de soluções para essas patologias.

Sugestão de trabalhos futuros será a montagem de um plano corretivo das patologias identificadas na ponte, visando obter projeto e cronograma para a manutenção desta obra, com isso estimando um dado sobre a vida útil frente as futuras manutenções necessárias.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 6118. **Projeto de estruturas de concreto** – Procedimento, 2014.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 9575. **Impermeabilização - Seleção e projeto.** – Procedimento, 2010.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 14931. **Execução de estruturas de concreto** - Procedimento, 2004.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 8965. **Barras de aço CA 42 S com características de soldabilidade destinadas a armaduras para concreto armado** - Especificação, 1985.

ANDRADE, J. J. O. **Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado: Análise das Manifestações Patológicas nas Estruturas no Estado de Pernambuco.** Porto Alegre 1997.

APPLETON, J. (2002). **Estudos de Diagnóstico em Edifícios. Da Experiência à Ciência. A Intervenção no Património. Práticas de Conservação e Reabilitação.** Porto, FEUP.

AZEVEDO, Minos Trocoli de. **Patologia das Estruturas de Concreto. Concreto: Ciência e Tecnologia.** São Paulo: IBRACON – Apis Gráfica e Editora, 2008.

CABRITA, R., AGUIAR, J. (1998). **Monografia Portuguesa sobre Inovação e Reabilitação de Edifícios,** ITE 17. Lisboa, LNEC.

CARVALHO, D. M. D. C. D. **Patologia da fundações: fundações em depósito de vertente na cidade de Machico.** Tese de Mestrado. Funchal: Universidade da Madeira. 2010.

DAL MOLIN, D.C.C. **Fissuras em estruturas de concreto armado: análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no estado do Rio Grande do Sul.**

Tese de M. Sc. – Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

FREITAS, V., SOUSA, M. **Reabilitação de Edifícios - Do Diagnóstico à Conclusão da Obra [Apontamentos]**.

HELENE, P. R. L. **Introdução da vida útil no projeto das estruturas de concreto.** WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES. São José dos Campos, 2001.

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

LEMOS, S. P. P. **Avaliação do grau do dano das estruturas do subsolo de três edifícios situados na região metropolitana do Recife/PE.** Recife, 2006.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco.

LUCCA, A. C. K. **Reação Álcali-Agregado: efeito do uso de cinza volante.** Porto Alegre, 2010. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras** - São Paulo: Pini, 2007.

NEVILLE, A. **Consideration of durability of concrete structures: past, present and future. Materials and Structures.** Nova Iorque, 2001.

PRADO, Darci. **Planejamento e Controle de Projeto.** Belo Horizonte, MG: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998. Série Gerencia de Projetos, Vol. 2.

RELVAS, FERNANDO JOSÉ. **Curso de estruturas de concreto: projeto, execução e reparo.** Reforço de peças de concreto armado, com chapas de aço. Apostila. Dezembro 2004.

RIGAZZO, ALEXANDRE DE OLIVEIRA. Reforço em pilares de concreto armado por cintamento externo com mantas flexíveis de fibras de carbono, Tese M. Sc., Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2003.

ROSA, Celina C.; MARTINS, João G. **Reabilitação da Envolvente Vertical Opaca de Edifícios**. UFP. [S.l.], p. 87. 2005.

SARTORTI, A. L. **Identificação de patologias em pontes de vias urbanas e rurais no município de Campinas-SP. Campinas, 2008**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas.

SHEHATA, I. A. M., **Reparo e reforço de estruturas de concreto armado e protendido**. Notas de Aula, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1998.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 1998.

TULA, L. S. Contribuição ao estudo da resistência à corrosão de armaduras de aço inoxidável. Tese D. Sc. USP, São Paulo, 2000.