

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
CAMPUS CAJAZEIRAS

VINNÍCIUS KLIVELLY DA SILVA SOARES

**ANÁLISE PATOLÓGICA NA PONTE SOBRE O RIO SANTO ANTÔNIO
LOCALIZADA NA BR-230 NO QUILÔMETRO 500 PRÓXIMA À CIDADE DE
CAJAZEIRAS-PB**

Cajazeiras-PB
2021

VINNÍCIUS KLIVELLY DA SILVA SOARES

**ANÁLISE PATOLÓGICA NA PONTE SOBRE O RIO SANTO ANTÔNIO
LOCALIZADA NA BR-230 NO QUILÔMETRO 500 PRÓXIMA À CIDADE DE
CAJAZEIRAS-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-*Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, sob Orientação do Prof. Cicero Joelson Vieira Silva.

Cajazeiras-PB
2021

IFPB
Campus Cajazeiras
Coordenação de Biblioteca
Biblioteca Prof. Ribamar da Silva
Catalogação na fonte: Daniel Andrade CRB-15/593

S676a

Soares, Vinnícius Klively da Silva

Análise patológica na ponte sobre o Rio Santo Antônio localizada na BR-230 no quilômetro 500 próxima à cidade de Cajazeiras-PB / Vinnícius Klively da Silva Soares; orientador Cicero Joelson Vieira Silva.- 2021.

44 f. : il.

Orientador: Cicero Joelson Vieira Silva.

TCC (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2021.

1. Pontes 2. Manutenção preventiva 3. Manifestações patológicas 4. Estruturas de concreto armado I. Título

CDU 624.2/.8(0.067)

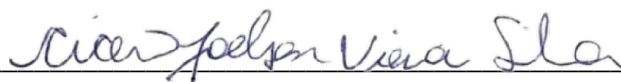
VINNÍCIUS KLIVELLY DA SILVA SOARES

**ANÁLISE PATOLÓGICA NA PONTE SOBRE O RIO SANTO ANTÔNIO
LOCALIZADA NA BR-230 NO QUILÔMETRO 500 PRÓXIMA À CIDADE DE
CAJAZEIRAS-PB**

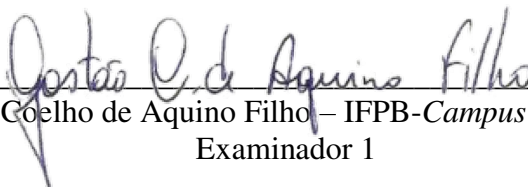
Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba,
Campus Cajazeiras, como parte dos
requisitos para a obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 24 de setembro de 2021.

BANCA EXAMINADORA



Cicero Joelson Vieira Silva – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Orientador



Gastão Coelho de Aquino Filho – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Examinador 1



Jefferson Heráclito Alves de Souza – Engenheiro Civil
Examinador 2

*“A possibilidade de realizarmos um sonho é o
que torna a vida interessante.”*

(Paulo Coelho)

AGRADECIMENTOS

À minha amada e guerreira mãe que é minha fonte de força e coragem. Ao meu pai que tem toda minha admiração e respeito, meu irmão Ravick que sempre me escuta e conversa em todos os momentos e ao meu pequeno irmão Nicolas, o qual tenho o carinho de um filho.

A todo restante da minha família, em especial minha avó Maria Vieira que tenho como minha segunda mãe, minha avó Helena que não se faz mais presente entre nós, mas sei que deve estar muito feliz, e ao meu tio Albino Veras, o qual me proporcionou os primeiros passos na engenharia e que o tenho como exemplo de profissional e homem a seguir.

Aos docentes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB *Campus* Cajazeiras, que me proporcionaram o maior presente de todos que é o conhecimento, em especial ao meu professor, orientador e amigo Cicero Joelson que me ajudou em todo esse trabalho de conclusão de curso com dedicação, paciência e atenção.

E a todos os amigos, colegas e pessoas que torceram e ajudaram na realização desse sonho.

RESUMO

As pontes são estruturas classificadas como Obra de Arte Especial (OAE), as quais possuem papel importante na sociedade proporcionando o transporte de mercadorias e pessoas influenciando diretamente na economia e relações sociais. Apesar de sua importância, as pontes podem apresentar anomalias ocasionadas muitas vezes por falhas de projeto ou execução e principalmente por falta de manutenção. Esses elementos, normalmente, estão inseridos em um meio que os sujeitam à diversas ações que acarretam o seu envelhecimento e deterioração e consequentemente, o comprometimento de sua estrutura e funcionalidade. Para explicar essas anomalias, o estudo sobre patologia das estruturas de concreto é fundamental, uma vez que ele descreve parâmetros necessários para se chegar a diagnósticos e tratamento de tais problemas. Contudo, o objetivo deste trabalho é apresentar uma análise das manifestações patológicas encontradas na ponte sobre o Rio Santo Antônio, localizada na BR-230 na Cidade de Cajazeiras-PB. Para isso, foram realizadas visitas rotineiras no local, a fim de fazer inspeções visuais, baseadas em uma ficha indicada pela NBR 9452/2019, juntamente com registros fotográficos. Os resultados apontaram diversas manifestações patológicas, destacando-se a corrosão das armaduras, devido a magnitude do problema e este aparecer por toda a estrutura (superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura). A ponte estudada necessita de intervenções para correção e reparos das manifestações patológicas encontradas a fim de evitar que elas se generalizem e se agravem, esse fato deve-se a inexistência de manutenções preventivas, fator importante para a manutenibilidade da vida útil dessa estrutura.

Palavras-chave: pontes; manutenção preventiva; manifestações patológicas; estruturas de concreto armado.

ABSTRACT

Bridges are structures classified as Special Engineering Structures (SAB), which play an important role in society by providing the transport of goods and people directly influencing the economy and social relations. Despite their importance, bridges can present anomalies often caused by flaws in design or execution and especially by lack of maintenance. These elements, normally, are inserted in an environment that subjects them to several actions that cause aging and deterioration, and consequently, the compromising of their structure and functionality. To explain these anomalies, the study on pathology of concrete structures is fundamental, since it describes the necessary parameters to reach the diagnosis and treatment of such problems. However, the objective of this paper is to present an analysis of the pathological manifestations found in the bridge over the Santo Antônio River, located on BR-230 in the City of Cajazeiras-PB. For this, routine visits were made to the site in order to make visual inspections, based on a form indicated by NBR 9452/2019, along with photographic records. The results showed several pathological manifestations, with reinforcement corrosion standing out due to the magnitude of the problem, which appears throughout the structure (superstructure, mesostructure, and infrastructure). The bridge studied requires interventions to correct and repair the pathological manifestations found in order to prevent them from becoming more widespread and worsening. This fact is due to the lack of preventive maintenance, an important factor for the maintainability of the useful life of this structure.

Keywords: bridges; preventive maintenance; pathological manifestations; reinforced concrete structures.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração de uma ponte	14
Figura 2: Ilustração de um viaduto	14
Figura 3: Componentes de uma ponte em viga	15
Figura 4: Tipos de pontes.....	16
Figura 5: Componentes de uma ponte.....	17
Figura 6: Fissurômetro.....	21
Figura 7: Ensaio de fenolftaleína.....	23
Figura 8: Ensaio de potencial de corrosão.....	24
Figura 9: Ensaio de resistividade elétrica	24
Figura 10: Localização da ponte sobre Rio Santo Antônio.....	25
Figura 11: Ponte sobre o Rio Santo Antônio	30
Figura 12: Croqui da ponte com as manifestações patológicas mais recorrentes.....	31
Figura 13: Fissura em uma das vigas da ponte	32
Figura 14: Eflorescências	33
Figura 15: Concreto deslocado com a conseqüente exposição da armadura	34
Figura 16: Armaduras expostas e em estado de corrosão	34
Figura 17: Ninho de concretagem entre viga e pilar	36
Figura 18: Bolores	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS.....	13
2.1	Objetivo Geral.....	13
2.2	Objetivos Específicos.....	13
3	REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1	Ponte.....	14
3.1.1	<i>Conceito</i>	14
3.1.2	<i>Classificação</i>	14
3.2	Elementos das Pontes.....	16
3.3	Inspeções para Pontes	17
3.3.1	<i>Inspeção Cadastral</i>	18
3.3.2	<i>Inspeção Rotineira</i>	18
3.3.3	<i>Inspeção Especial</i>	18
3.3.4	<i>Inspeção Extraordinária</i>	18
3.3.5	<i>Crterios de Classificação das OAE's</i>	18
3.3	Patologia.....	19
3.4	Desempenho das Estruturas	19
3.5	Vida Útil das Estruturas de Concreto.....	19
3.6	Causas de Patologias em Estruturas de Concreto Armado	20
3.7	Manifestações Patológicas em Pontes de Concreto Armado	20
3.7.1	<i>Fissuras</i>	20
3.7.2	<i>Lixiviação</i>	22
3.7.3	<i>Eflorescência</i>	22
3.7.4	<i>Carbonatação</i>	22
3.7.5	<i>Corrosão das Armaduras e Deslocamento do Concreto</i>	23
3.7.6	<i>Ninhos de Concretagem</i>	24
3.7.7	<i>Bolor</i>	24
4	METODOLOGIA.....	25
4.1	Caracterização da Área de Estudo.....	25
4.2	Caracterização da Pesquisa.....	25
4.2.1	<i>Levantamento Bibliográfico</i>	26
4.2.2	<i>Elaboração do Roteiro de Visitas</i>	26
4.2.3	<i>Elaboração do Relatório de Inspeção e Classificação da Ponte</i>	26

4.2.4	<i>Vistorias</i>	28
4.2.5	<i>Diagnóstico das Manifestações e Sugestões de Terapias</i>	29
5	RESULTADOS E ANÁLISES	30
5.1	Anamnese do Objeto de Estudo.....	30
5.2	Manifestações Patológicas.....	31
5.2.1	<i>Fissuras</i>	31
5.2.2	<i>Eflorescências</i>	32
5.2.3	<i>Carbonatação, Corrosão e Deslocamento do Concreto Armado</i>	34
5.2.4	<i>Ninhos de concretagem</i>	36
5.2.5	<i>Bolores</i>	36
5.3	Classificação da Ponte.....	37
6	CONCLUSÃO	38
	REFERÊNCIAS	40
	ANEXO A	43

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das áreas de maior importância para o setor socioeconômico mundial. Segundo projeções divulgadas pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), em dezembro de 2020, o Produto Interno Bruto (PIB) deste setor no Brasil deve avançar cerca de 4% no ano de 2021 (MÁXIMO, 2020).

Com o crescimento deste mercado tão amplo e indispensável para o desenvolvimento humano é necessário que haja, um compasso com o crescimento das tecnologias, a melhoria de mão-de-obra, materiais e técnicas desse segmento. Um tema específico que vem sendo bastante impactante no aprimoramento desse avanço é o estudo das patologias que envolvem as obras de edificações, como tratá-las e de maior importância: como evitar a ocorrência destes problemas, tendo em vista de que nada evolui de forma positiva em uma edificação quando se engloba apenas a qualidade e se exclui o conceito de durabilidade expressa no prazo de utilização qualitativa, e até mesmo nos conceitos arquitetônicos e estéticos (SANTANA, 2017).

Para que se possa proporcionar uma significativa evolução da durabilidade das obras de engenharia, faz-se necessária a pesquisa e desenvolvimento do tema acerca das patologias resultantes nestas obras, incisivamente, naquelas relacionadas às estruturas de concreto.

A durabilidade é uma propriedade condicionada pela interação da estrutura de concreto com o ambiente e as condições de uso, operação e manutenção e não pelos materiais e ou técnicas utilizadas (MEDEIROS; ANDRADE; HELENE, 2011).

As pontes, consideradas Obra de Arte Especial (OAE), são elementos importantes para o sistema viário de qualquer país, podendo ser constituídas de vários materiais, como madeira, aço, concreto protendido e concreto armado, este último sendo o tipo mais comum no Brasil. Segundo Winkel (2019), a avaliação dos agentes degradadores dessas estruturas é fundamental para garantia da sua segurança e durabilidade. O estudo das manifestações patológicas proporciona a identificação dos problemas, definindo a melhor terapia para a reabilitação estrutural.

De acordo com Vitório (2015) a falta de manutenção, principalmente a preventiva, é algo cultural, que faz com que empresas ou órgãos responsáveis por obras públicas, se preocupem somente com a execução, sem pensar na conservação das pontes. A maioria desses elementos, infelizmente apresentam problemas patológicos avançados, que colocam em risco a segurança dos usuários, além de gerar prejuízos econômicos devido ao seu estado de abandono.

Saber as causas e origens dos problemas patológicos é fundamental para que de forma assertiva tenhamos um diagnóstico adequado para a melhor solução de intervenção

(manutenção) ou recuperação das estruturas degradadas.

Tutikian e Pacheco (2013) relatam que para se ter o diagnóstico correto das anomalias patológicas, é necessária uma inspeção visual, dados da estrutura, os sintomas observados, além da sua localização e intensidade. Segundo eles, dependendo da experiência do profissional, apenas a inspeção visual é suficiente para se chegar ao diagnóstico do problema, porém em alguns casos é necessário a realização de ensaios específicos e análise do projeto.

Falta de projeto, estudos e considerações equivocadas, são fatores que desencadeiam diversos sistemas patológicos, já que, ocasionam falhas de execução, mão de obra desqualificada, utilização de materiais inadequados, erros no dimensionamento das cargas e até mesmo na utilização da estrutura que foi projetada para outros fins.

O principal desafio do sistema rodoviário do Brasil atualmente, é lidar com a inexistência de políticas públicas que criem programas voltados à manutenção de pontes, onde muitas destas necessitam urgentemente de ações para prolongar suas vidas úteis. (CARDOSO; QUARESMA, 2019).

O estudo em questão parte da observação de uma ponte de concreto armado chamada Ponte sobre o Rio Santo Antônio, localizada na BR 230 no quilômetro 500 na Cidade de Cajazeiras-PB. A justificativa para a escolha dessa obra de arte especial, é o evidente aparecimento de diversas manifestações patológicas nas suas estruturas.

Dito isso, o presente Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), propõe analisar as manifestações patológicas da ponte supracitada, identificando suas origens, causas, mecanismos, além de sugerir terapias e ensaios específicos para resolução de tais problemas.

2 OBJETIVOS

Neste capítulo estão apresentados os objetivos que possibilitaram a obtenção dos resultados e nortearam o desenvolvimento da pesquisa.

2.1 Objetivo Geral

Analisar os fenômenos acerca das manifestações patológicas da ponte sobre o Rio Santo Antônio localizada no quilômetro 500 da BR-230 próxima à Cidade de Cajazeiras-PB.

2.2 Objetivos Específicos

Para anteder os resultados da pesquisa e contribuindo para o alcance do objetivo geral, os objetivos específicos seguiram as seguintes etapas:

- realizar inspeções rotineiras, com a finalidade de levantar dados a respeito das manifestações patológicas das estruturas;
- associar os problemas encontrados as suas causas e origens;
- propor métodos de ensaios para caracterização de tais anomalias;
- propor possíveis soluções para os determinados problemas patológicos;
- classificar a ponte segundo suas condições estruturais, funcionais e durabilidade.

3 REVISÃO DE LITERATURA

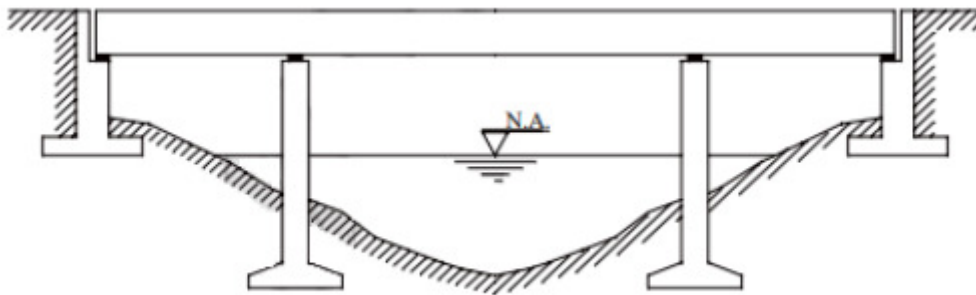
No referido capítulo serão apresentados os conceitos, as fontes de pesquisa, necessários para o entendimento do assunto tratado nesta pesquisa.

3.1 Ponte

3.1.1 Conceito

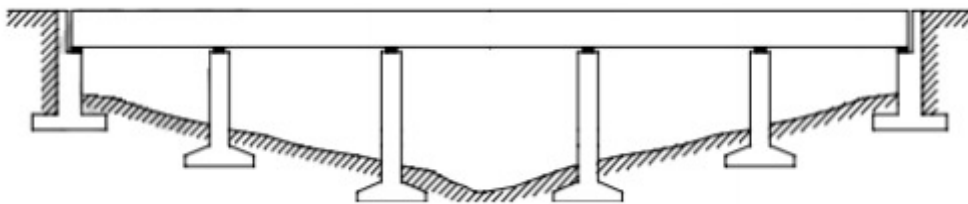
Por terem estruturas semelhantes, ainda há confusão nos conceitos de ponte e viaduto. A ponte é uma estrutura projetada para vencer um obstáculo, o qual pode ser um curso de água ou uma extensão líquida como um lago (EL DEBS; TAKEYA, 2009). Já o viaduto é caracterizado quando o obstáculo a ser transposto é um vale ou outra via (MARCHETTI, 2008). As Figuras 1 e 2 ilustram, respectivamente, uma ponte e viaduto.

Figura 1: Ilustração de uma ponte



Fonte: El Debs e Takeya (2009)

Figura 2: Ilustração de um viaduto



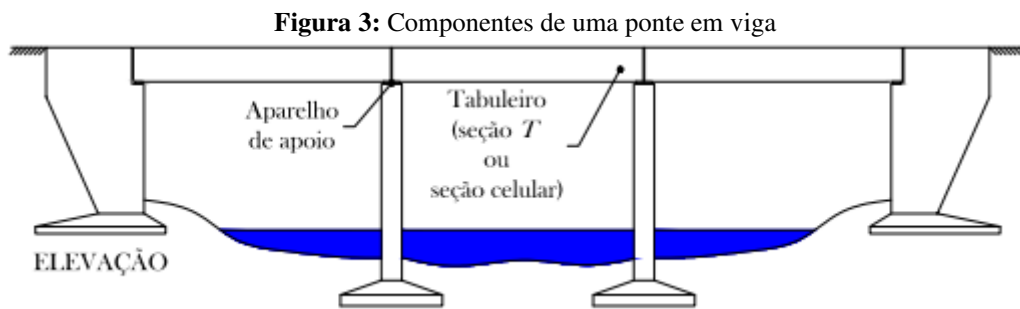
Fonte: El Debs e Takeya (2009)

3.1.2 Classificação

As pontes que são caracterizadas como uma Obra de Arte Especial (OAE), podem ser classificadas de acordo com os seguintes critérios:

- *Comprimento:* Marchetti (2008) classifica as pontes de acordo com o comprimento do vão em bueiros, aquelas estruturas com vãos de até 2 metros, pontilhões para vãos de 2 a 10 metros e pontes, as quais possuem vãos acima de 10 metros;

- *Natureza do Tráfego*: segundo Curcio (2008), de acordo com o tipo de tráfego as pontes podem ser: rodoviárias, ferroviárias, passarelas, aviárias, aquedutos ou mistas (quando antederem dois tipos de tráfego);
- *Sistema Estrutural*: Vitório (2015) expõe diversos sistemas estruturais que podem ser empregados na construção de OAE's, sendo os principais: vigas, pórticos, em arcos, pênseis, estaiadas, laje, tabuleiro celular, balanços sucessivos, etc. Dentre os apresentados, destacaremos a viga, que é o tipo da ponte, objeto da pesquisa, além de ser o sistema mais utilizado na região. A Figura 3 exhibe os componentes de uma ponte em viga.



As pontes em vigas são sistemas estruturais, onde o tabuleiro é formado por longarinas (vigas longitudinais ou principais) com ou sem transversinas (vigas transversais) que servem de suporte para laje, na qual situam-se as pistas de rolamento, responsáveis de receber os carregamentos diretamente (CAVALCANTE, 2019).

- *Materiais*: para a escolha dos materiais a ser empregado na ponte, deve-se ter uma análise criteriosa, pois os mesmos irão influenciar diretamente no desempenho da estrutura. Dentre os materiais mais recorrentes, de acordo com Pfeil (1979) destacam-se: madeira, alvenaria (tijolos, pedras), concreto armado, concreto protendido, pré-moldadas, metálicas e mistas, conforme a Figura 4.

Figura 4: Tipos de Pontes

Ponte de madeira



Ponte de alvenaria



Ponte de concreto armado



Ponte de aço



Ponte de concreto protendendo

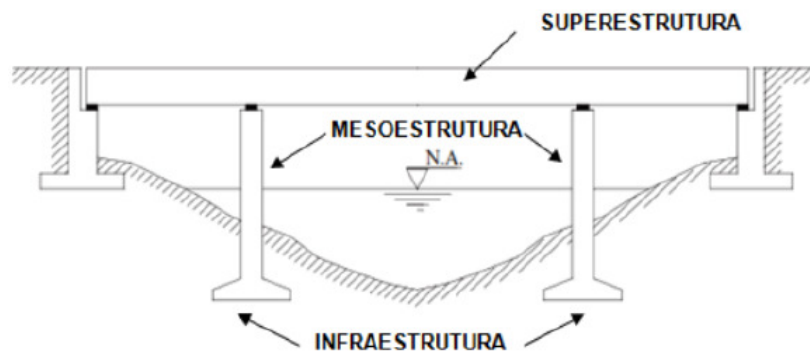
Fonte: Nobre (2019)

- *Posição do Tabuleiro, Altimetria e Planimetria:* são fatores que têm fator de interferência diretamente na arquitetura da obra de arte. Conforme Curcio (2008), o tabuleiro pode ser classificado conforme sua localização na ponte, podendo ser locado na parte superior, intermediária ou inferior da estrutura. Em relação à altimetria, o autor classifica em pontes retas (horizontais ou rampas) e curvas (tabuleiro convexo ou côncavo). No que concerne a planimetria, ele classifica as pontes em retas (ortogonais e esconsas) e curvas;

- *Solução Construtiva:* segundo Pfeil (1985), o método construtivo a ser adotado depende diretamente do obstáculo a ser vencido. Desse modo, as soluções construtivas mais utilizadas são: moldada *in loco*, pré-moldada, em balanços sucessivos, deslocamento progressivos e em aduelas ou segmentos.

3.2 Elementos das Pontes

Do ponto de vista estrutural, El Debs e Takeya (2009), consideram que as pontes são compostas pela infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura, ilustradas na Figura 5.

Figura 5: Componentes da ponte

Fonte: Pereira e Scolaro, 2017

A superestrutura, é o conjunto de elementos destinados a receber as cargas (permanentes e acidentais) que trafegam sobre a ponte e transmiti-las à mesoestrutura ou diretamente à infraestrutura. A superestrutura abrange elementos principais como vigas longitudinais (longarinas), e secundários, lajes ou tabuleiros. Ela é responsável por vencer o vão (PEREIRA; SCOLARO, 2017).

A mesoestrutura, de acordo Vasconcelos (2018), é grupo de elementos encarregados de conduzir todas as cargas advindas da superestrutura e direcioná-las para a infraestrutura. Sendo constituída dos seguintes elementos: vigas travessas, pilares, aparelhos de apoio; vigas de travamento e contraventamento.

A infraestrutura ou fundação, é o elemento que recebe os esforços da mesoestrutura transmitidos para o solo (rocha ou solo firme) através dos aparelhos de apoio. É constituída de viga de travamento de blocos de fundação, viga-alavancada, tubulão, sapata, estaca, bloco sobre estacas (PFEIL, 1985).

3.3 Inspeções para Pontes

Infelizmente as pontes que compõe o sistema viário brasileiro são conhecidas pelo seu aspecto de má conservação, advindo por falhas na sua concepção. Os órgãos responsáveis por essas obras, preocupam-se somente no seu processo construtivo sem pensar em políticas públicas para a manutenção das mesmas.

A norma NBR 9452 (ABNT, 2019), Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento, foi criada para quebrar esse tabu, definindo critérios para inspeções de OAE's, com intuito de identificar aspectos falhos que possam comprometer a sua estrutura. A referida norma define quatro tipos de inspeções: a cadastral, rotineira, especial e extraordinária.

3.3.1 Inspeção Cadastral

Esse tipo de inspeção tem uma periodicidade de cinco anos, trata-se de uma vistoria de referência, realizada logo após a construção da ponte, caracteriza-se por ser bastante documentada, sendo levantada dados do projeto e execução com fotos e identificação. Nessa vistoria são anotados os principais elementos relacionados à segurança e durabilidade da estrutura (SOUZA, 2019).

3.3.2 Inspeção Rotineira

A vistoria é realizada de forma periódica, no intervalo de um a dois anos, podendo haver avaliações visuais com ou sem a utilização de equipamentos e/ou recursos especiais. É destinada a observar problemas no comportamento da estrutura e manter o cadastro da obra atualizado (VITÓRIO, 2015).

3.3.3 Inspeção Especial

Esse tipo de inspeção possui periodicidade de cinco anos, realizada em pontes de grande porte e com histórico elevado de problemas, é uma vistoria mais profunda e detalhada, executada por um engenheiro especialista, com o maior número de informações, documentos, possíveis, objetivando formular o diagnóstico e prognóstico da estrutura (CURCIO, 2008).

3.3.4 Inspeção Extraordinária

É a vistoria gerada por uma demanda não programada, sendo realizada quando se há danos repentinos na estrutura, devido a interferências humanas ou ambientais (SOUZA, 2019).

3.3.5 Critérios de Classificação das OAE's

A NBR 9462 (ABNT, 2019), indica que após as inspeções realizadas seja feita uma avaliação da condição das pontes, referentes aos parâmetros estruturais, funcionais e durabilidade, para uma intervenção mais rápida, segura e eficiente.

Para os critérios estruturais são analisados aqueles relacionados à segurança, como por exemplo a estabilidade portante. Os critérios funcionais estão associados aos fins que as pontes se destinam, devem assegurar o conforto e segurança dos seus usuários, apresentando, guarda corpo, sinalização, pista de rolamento, etc. Já os critérios de durabilidade estão diretamente ligados à sua vida útil, como por exemplo o tempo estimado para que a ponte cumpra suas

funções.

Entendido os parâmetros supracitados, são dadas notas para a condições das pontes, que podem ser de 1 a 5, respectivamente, crítica, ruim, regular, bom e excelente, refletindo na maior ou menor gravidade das manifestações patológicas encontradas.

3.3 Patologia

No ramo da saúde as patologias referem-se ao estudo das doenças, buscando suas causas e sintomas como também propor o tratamento adequado. na engenharia civil o contexto é o mesmo, porém o objeto de estudo são as edificações, estruturas e o setor é o de construção civil.

As patologias são deficiências funcionais ou estruturais que causam degradação do material ou de suas propriedades físicas. a patologia nas concepções de Bolina, Tutikian e Helene (2019), é entendida como uma anormalidade que confronta a integridade ou comportamento habitual do elemento. os termos estabelecidos para o estudo das patologias descrevem processos evolutivos, mecanismos dos fenômenos deletérios e os sistemas que descaracterizam o elemento, investigando as causas e sintomas incidentes sobre o mesmo.

De uma outra forma, Souza e Ripper (1998) definem as patologias das construções como, campo da engenharia que se ocupa a explicar todo o processo de degradação das suas estruturas, inferindo suas origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas.

3.4 Desempenho das Estruturas

Uma edificação deve sempre satisfazer às condições de utilização dos usuários através de um desempenho satisfatório. Segundo Souza e Ripper (1998), desempenho é o período no qual, durante toda a vida útil de um produto, seu comportamento de serviço possui resultado ligado diretamente às etapas de planejamento, execução e manutenção.

Mesmo com a existência de bons resultados relativos ao seu desempenho, as estruturas e seus materiais ainda podem sofrer com possíveis deteriorações. Os níveis de desempenho insatisfatórios que uma estrutura atinge depende do tipo da mesma, onde algumas já iniciam suas vidas de forma insatisfatória devido a falhas de projeto, enquanto outras chegam ao limite de suas vidas úteis mostrando um bom desempenho.

3.5 Vida Útil das Estruturas de Concreto

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), a vida útil é período de tempo no qual a estrutura de concreto mantém suas características sem haver intervenções, mantendo condições

favoráveis, sem quaisquer alterações, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção estabelecidos pelo projetista e construtor. Já Helene (1993), classifica a vida útil em três categorias sendo voltadas à corrosão das armaduras, que são:

- *Vida Útil de Projeto*: nessa etapa os agentes agressivos externos não atuaram na armadura de forma agressiva;
- *Vida Útil de Serviço*: ocorrência dos agentes agressivos através de fissuras ou manchas devido à corrosão da armadura;
- *Vida Útil Total*: estágio de ruptura ou colapso parcial da estrutura.

3.6 Causas de Patologias em Estruturas de Concreto Armado

As patologias nas estruturas de concreto armado, segundo Souza e Ripper (1998), são classificadas em:

- *falhas humanas durante a construção da estrutura*: transporte, cura, falta de adensamento, lançamento, inadequação das formas, má interpretação de projetos, cobrimento do concreto insuficiente, deficiências nas emendas e nas ancoragens, mau posicionamento das armaduras;
- *causas naturais*: causas químicas, como reações internas do concreto, expansibilidade de certos constituintes do concreto, presença de cloretos, presença de ácidos e sais, presença de anidrido carbônico, presença da água, elevação da temperatura interna do concreto; e causas físicas sendo a variação de temperatura, insolação, vento, água.

3.7 Manifestações Patológicas em Pontes de Concreto Armado

As principais manifestações que acometem as pontes de concreto armado são: fissuras, lixiviação, eflorescência, carbonatação, corrosão, deslocamento, ninhos de concretagem e bolores.

3.7.1 Fissuras

São as patologias mais recorrentes nas estruturas de concreto, devido à baixa resistência à tração do concreto, cerca de 10% da resistência à compressão. São caracterizadas por pequenas fendas que aparecem por diversos fatores, como: assentamento plástico, retração térmica, sobrecargas, cura deficiente, ataques químicos, falhas de execução, recalque diferencial, etc. (NEVILLE; BROOKS, 2013).

Segundo Souza (2019), a análise das fissuras pode ser realizada verificando suas inclinações, trajetória, posição e o mais importante sua abertura. Para isso o uso de

fissurômetros, Figura 6, são essenciais.

Figura 6: Fissurômetro



Fonte: Guerra (2016)

As fissuras podem ser ativas, são produzidas por ações de magnitude variáveis conforme as mudanças de tensões que provocam o aumento da abertura tanto na largura como no seu comprimento longitudinal, ou passivas, que se estabilizam, não variam ao longo do tempo (VITÓRIO, 2015).

As aberturas podem apresentar-se com denominações diferente de acordo com a definição das armaduras, conforme o Quadro 1.

Quadro 1: Denominações das fissuras

Anomalias	Aberturas (mm)
Fissura	até 0,5
Trinca	de 0,5 a 1,5
Rachadura	de 1,5 a 5,0
Fenda	de 5,0 a 10,0
Brecha	acima de 10,0

FONTE: OLIVEIRA (2012)

De acordo com Mascarenhas *et al.* (2019), as fissuras em uma estrutura de concreto podem possuir diferentes formas de origem que se manifestam em pontos distintos na estrutura, fazendo com que possa classificá-las de acordo com sua causa, destacando-se: fissuras de tração pelo esforço de flexão, fissuras de compressão pelo esforço de flexão, fissuras de esforço cortante, fissuras por torção, fissuras causadas pela fluência, fissuras causadas pela retração e fissuras causadas por deformações térmicas e higroscópicas.

3.7.2 Lixiviação

A lixiviação, bastante comum em pontes de concreto armado, é provocada pela dissolução e carregamento de produtos contendo hidróxido de cálcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ para o meio externo, que ao reagir com a pasta de cimento, remove tais compostos hidratados, reduzindo o seu pH, potencial hidrogeniônico (LANER, 2001).

3.7.3 Eflorescência

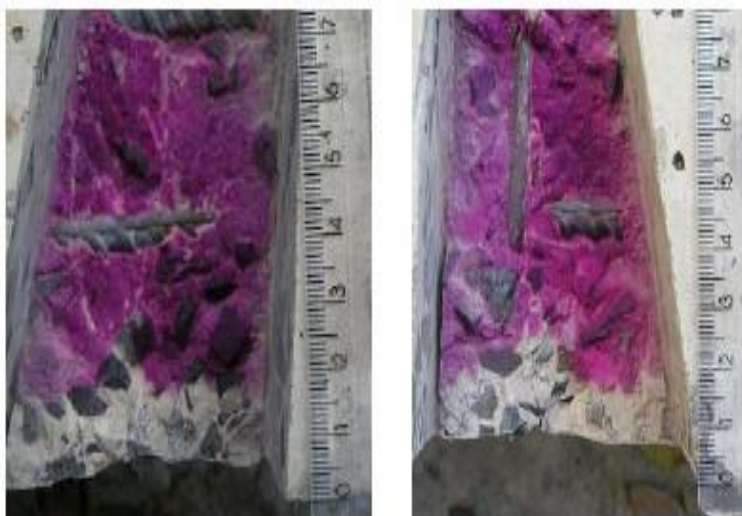
Devido a interação entre os produtos lixiviados e o dióxido de carbono (CO_2) presente na atmosfera, são formados carbonatos que aparecem na forma de manchas brancas e estalactites na superfície da estrutura, que provocam a perda da resistência e agressões estéticas (SENA *et al.*, 2020).

3.7.4 Carbonatação

Por ser uma das causas mais frequentes na corrosão das estruturas de concreto armado, a carbonatação, Segundo Bauer (2019), é o processo de diminuição da alcalinidade do cimento, em que transforma o hidróxido de cálcio, de alto pH, em carbonato de cálcio, que possui pH mais neutro. Para Mendes *et al.* (2010), por ser um material poroso, o concreto permite a entrada do dióxido de carbono (CO_2) presente na atmosfera, que por sua vez reage com elementos do cimento hidratado, reduzindo seu pH que geralmente é de 12,5 para 9,5, condição esta fundamental para corrosão das armaduras.

Baseado em Yazigi (2008), o processo de carbonatação é potencializado pelas condições de temperatura e umidade em que se encontra a estrutura. Para o autor o problema da carbonatação inicia-se quando ela avança a camada passivadora do concreto (camada de cobrimento, chamada de filme de óxido) e atinge a armadura, iniciando o processo de corrosão.

Um ensaio específico para determinação da profundidade de carbonatação, é o de aspensão de fenolftaleína na estrutura, conforme Figura 7.

Figura 7: Ensaio de fenolftaleína

Fonte: Tokudome (2009)

É um teste prático, rápido e de baixo custo, com medidores colorimétricos de pH, em que após a aspersão do produto na estrutura analisa-se sua coloração, caso se apresente rosa, magenta, não está sofrendo carbonatação, se não houver alteração de cor indica-se que o processo de carbonatação já iniciou na região correspondente.

3.7.5 Corrosão das Armaduras e Deslocamento do Concreto

O processo de corrosão está relacionado à deterioração do material por meio da ação química ou eletroquímica do meio ambiente, aliada ou não a esforços mecânicos, resultando na perda da massa do material. Segundo Helene (2005) ambientes agressivos, porosidade e permeabilidade altas, a presença de trincas e deficiências no revestimento, são mecanismos que ocasionam o ataque de elementos agressivos à armação, provocando sua oxidação. O óxido de ferro, que é parte oxidada passa a ocupar um espaço de até 8 vezes o seu volume, e essa força de expansão gera tensões de tração que “empurra” o concreto do revestimento deixando a armadura exposta ao meio agressivo, que se não for tratada de forma eficaz, ocasionará em sua total destruição.

O deslocamento do concreto é resultante dessa expansão, em que muitas vezes é potencializado devido a um revestimento da armadura inadequado, menor que o permitido por norma.

Dentre os ensaios para verificação da corrosão das armaduras, segundo Vêras *et al.* (2020) destacam-se: o potencial de corrosão, Figura 8, e resistividade elétrica, Figura 9. O primeiro é utilizado para verificar se a armadura está ou não em estado de corrosão, realizando medições localizadas. A técnica permitirá elaborar o mapa de potencial, que indicará as regiões

de maior preocupação. Já o segundo método utiliza-se para avaliar a probabilidade de corrosão da armadura, tomando por base a capacidade de trânsito de corrente elétrica através do concreto.

Figura 8: Ensaio de pontencial de corrosão



Fonte: Engracon engenharia e arquitetura ([s.d.])

Figura 9: Ensaio de resistividade elétrica



Fonte: Solução engenharia, consultoria e tecnologia ([s.d.])

3.7.6 Ninhos de Concretagem

A segregação no concreto, também conhecida como bicheira ou ninho, são vazios indesejáveis entre os agregados graúdos na estrutura do concreto, ocorridos por falhas no preenchimento das formas, que torna o concreto mais poroso, facilitando ataques químicos. São comuns em locais em que o espaçamento da armadura é insuficiente, sendo potencializado quando o adensamento do concreto não é realizado de forma eficiente (SANTOS, 2014).

3.7.7 Bolor

De acordo com Sena *et al.* (2020), os bolores são fungos, geralmente de cor escura, que se desenvolvem nos poros do concreto que ficam circulando no ar. Possuem como mecanismos, infiltração, ambientes úmidos e de pouca ventilação, etc.

4 METODOLOGIA

O referido capítulo apresentará os materiais e métodos necessários para atender os objetivos da pesquisa, apresentando todo o caminho percorrido desde o início até a conclusão do trabalho.

4.1 Caracterização da Área de Estudo

A ponte sobre o Rio Santo Antônio, objeto de estudo, está localizada na zona rural da Cidade de Cajazeiras-PB, na BR-230 km 500, conforme a Figura 10.

Figura 10: Localização da ponte Rio Santo Antônio



Fonte: Adaptado do IBGE, 2021

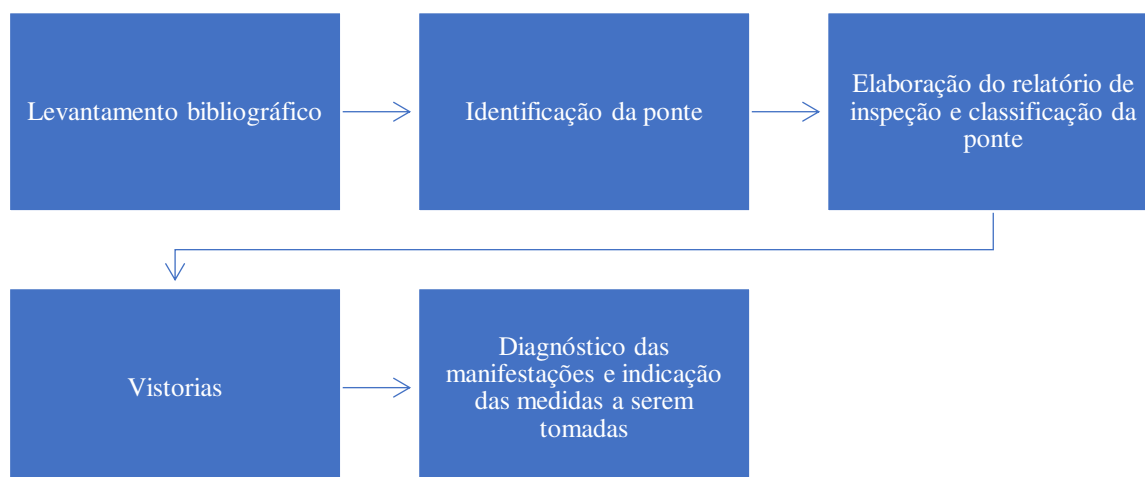
A escolha desta se deu pela possibilidade de acesso e inspeção, bem como a proximidade do *campus* universitário. Essa rodovia é superimportante para o comércio regional uma vez que possibilita de forma satisfatória o tráfego local.

4.2 Caracterização da Pesquisa

O referido estudo aborda três diferentes tipos de pesquisa: a explicativa, uma vez que busca identificar fatores e relacioná-los com seus fenômenos, propondo explicações fundamentadas para tais; qualitativa, pois o pesquisador vai em campo procurar entender o fenômeno em seu contexto natural, a partir da perspectiva das pessoas envolvidas, imagens, análise documental etc.; e descritiva, já que será realizada uma análise minuciosa do objeto de estudo, buscando através de outras referências aprofundamento do assunto, observando e registrando novos acontecidos (GIL, 2017).

O percurso metodológico do trabalho está representado no Fluxograma 1.

Fluxograma 1: Percurso metodológico do trabalho



Fonte: Autor, 2021

4.2.1 Levantamento Bibliográfico

Para obter o embasamento necessário para entendimento do tema, foi realizado o levantamento de diversas bibliografias como livros, normas, artigos científicos, monografias, dissertações, teses etc. Para isso foram realizadas buscas em plataformas de pesquisas com Scielo, Google acadêmico, portal da CAPES entre outras.

4.2.2 Elaboração do Roteiro de Visitas

Foi realizado uma visita preliminar para localização e identificação da ponte de modo a verificar a viabilidade de seu acesso para realização do estudo proposto e obter algumas informações. Durante esse momento foi observado a passagem dos veículos para observação de vibrações ou deformações excessivas nas estruturas que possam causar problemas patológicos.

4.2.3 Elaboração do Relatório de Inspeção e Classificação da Ponte

Os critérios que serão analisados acerca das patologias da ponte, serão baseados na ficha de inspeção rotineira indicado pela norma NBR 9452 (ABNT, 2019), conforme o Quadro 2.

Nela serão cadastradas as anomalias existentes, bem como as sugestões de terapia. Esse documento também será utilizado para classificação da ponte, de acordo com os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade de acordo com o Quadro 3.

Quadro 2: Ficha de inspeção rotineira

Inspeção rotineira (ano):		Código da obra de arte:
Jurisdição (Órgão, Concessão ou outro):		Data da inspeção
PARTE I – Informações gerais		
A – Identificação e localização		
Via e município:	Sentido:	
Obra:	Localização (km e coordenadas geográficas)	
B – Histórico das inspeções		
Inicial:	Última rotineira:	
Especial:		
C – Descrição das intervenções executadas ou em andamento		
Reparos:		
Alargamentos:		
Reforços:		
PARTE II – Registro de manifestações patológicas		
A – Elementos estruturais		
Superestrutura:		
Mesoestrutura:		
Infraestrutura:		
Aparelhos de apoio:		
Juntas de dilatação:		
Encontros:		
Outros elementos:		
B – Elementos da pista ou funcionais		
Pavimento:		
Acostamento:		
Drenagem:		
Impermeabilização:		
Guarda-corpos:		
Barreira de concreto/ Defesa metálica:		
C – Outros elementos		
Taludes:		
Iluminação:		
Sinalização:		
Gabaritos:		
Proteção de pilares:		
D – Informações complementares		
E – Recomendações de terapia		
PARTE III – Classificação da obra de arte		
Estrutural:	Funcional:	Durabilidade:
Justificativas		

Fonte: NBR 9452 (ABNT, 2019)

Quadro 3: Classificação da condição de OAE, segundo os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade

Nota	Condição	Caracterização Estrutural	Caracterização Funcional	Caracterização de Durabilidade
5	Excelente	A estrutura apresenta-se em condições satisfatórias, apresentando defeitos irrelevantes e isolados.	A OAE apresenta segurança e conforto aos usuários.	A OAE apresenta-se em perfeitas condições, devendo ser prevista manutenção de rotina.
4	Boa	A estrutura apresenta danos pequenos e em áreas, sem comprometer a segurança estrutural.	A OAE apresenta pequenos danos que não chegam a causar desconforto ou insegurança ao usuário.	A OAE apresenta pequenas e poucas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental.
3	Regular	Há danos que podem vir a gerar alguma deficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra. Recomenda-se acompanhamento dos problemas. Intervenções podem ser necessárias a médio prazo.	A OAE apresenta desconforto ao usuário, com defeitos que requerem ações de médio prazo.	A OAE apresenta pequenas e poucas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de moderada a alta agressividade ambiental ou a OAE apresenta moderadas a muitas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental.
2	Ruim	Há danos que comprometem a segurança estrutural da OAE, sem risco iminente. Sua evolução pode levar ao colapso estrutural. A OAE necessita de intervenções significativas a curto prazo.	OAE com funcionalidade visivelmente comprometida, com riscos de segurança ao usuário, requerendo intervenções de curto prazo.	A OAE apresenta anomalias moderadas a abundantes, que comprometam sua vida útil, em região de alta agressividade ambiental.
1	Crítica	Há danos que geram grave insciência estrutural na OAE. Há elementos estruturais em estado crítico, com risco tangível de colapso estrutural. A OAE necessita intervenção imediata, podendo ser necessária restrição de carga, interdição total ou parcial ao tráfego, escoramento provisório e associada instrumentação, ou não.	A OAE não apresenta condições funcionais de utilização.	A OAE encontra-se em elevado grau de deterioração, apontando problema já de risco estrutural e/ou funcional.

Fonte: NBR 9452 (ABNT, 2019)

4.2.4 Vistorias

Com a ficha de inspeção pronta, foram realizadas vistorias durante duas semanas consecutivas. Por questões de segurança e ajuda nas medições, caso fosse necessário, a visita foi realizada com um auxiliar. Na ocasião foram feitas verificações visuais, com registro fotográfico que ilustrem com qualidade as manifestações patológicas encontradas.

As visitas foram realizadas de forma organizada e sistemática para que todos os elementos da ponte (superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura) fossem inspecionados.

Dentre os tipos de inspeções indicados pela NBR 9452 (ABNT, 2019), foi escolhida a inspeção rotineira, por se enquadrar mais na proposta do estudo, uma vez que as análises serão realizadas de forma visual, sem a utilização de equipamentos e ou recursos necessários para análise e acesso.

Vale salientar que não foram realizados testes ou ensaios específicos para análise das patologias devido à falta de recursos e equipamentos.

4.2.5 Diagnóstico das Manifestações e Sugestões de Terapias

Após a inspeção visual e análise das imagens fotográficas obtidas na visita, baseado no referencial bibliográfico estudado, foram diagnosticadas as possíveis origens e causas dos problemas patológicos encontrados, bem como as medidas corretivas para tais.

5 RESULTADOS E ANÁLISES

Neste tópico serão apresentados, interpretados e discutidos os dados da pesquisa, segundo as informações coletadas durante a vistoria.

5.1 Anamnese do Objeto de Estudo

É sabido que a qualidade do concreto está diretamente ligada à resistência mecânica do material e ao cobrimento das armaduras. O primeiro está associado ao ambiente de exposição em que a estrutura está inserida e o segundo relaciona-se com o fator água/cimento e a classe de resistência do concreto.

Localizada na zona rural da Cidade de Cajazeiras-PB, mais especificamente na BR-230 km 500, a ponte sobre o Rio Santo Antônio, Figura 11, enquadra-se na Classe de Agressividade I, considerada fraca, com risco de deterioração insignificante, conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014).

Figura 11: Ponte sobre o Rio Santo Antônio



Fonte: Autor, 2021

Observando a estrutura da obra, verifica-se que a ponte é do tipo rodoviária, de concreto do tipo viga, com laje maciça e vigamento cruzado de transversais e longarinas.

A referida ponte foi inaugurada em meados da década de 70, com dimensões, 7,20 m de largura e 50 m de comprimento, passando somente por intervenções como recapeamento, pintura e sinalização pela administração municipal.

Diariamente ela possui um elevado volume de tráfego, com veículos médios e pesados, recebendo constantemente cargas intensas.

As patologias encontradas estão associadas a idade elevada da ponte e possível inexistência de manutenção periódica. Além disso, na maioria do ano, a estrutura está situada em região de grande amplitude térmica, tráfego intenso e arborização nas proximidades que intensifica sua degradação.

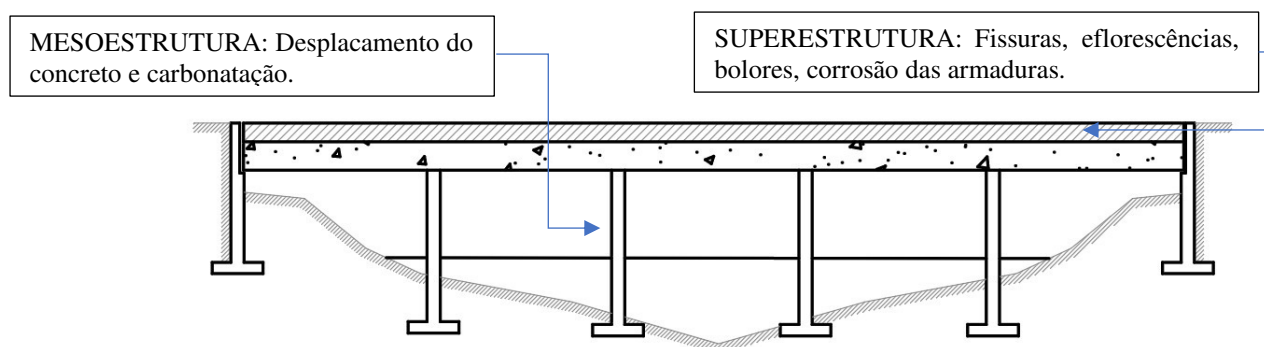
5.2 Manifestações Patológicas

As causas das manifestações patológicas podem estar associadas a falhas de projeto e execução das estruturas, ação de agentes agressivos presentes na atmosfera, ação das águas, inexistência ou falha de sistemas de impermeabilização, e deficiência ou inexistência de programas de manutenção.

De acordo com a ficha de inspeção, ANEXO A, as principais patologias encontradas foram: fissuras, eflorescências, carbonatação, corrosão, deslocamento, ninhos de concretagem e bolor.

Ao todo foram encontradas 20 manifestações patológicas, sendo 5% fissuras, 30% eflorescências, 5% carbonatação, 10% corrosão, 15% deslocamento, 5% ninhos de concretagem e 30% sendo bolores. A Figura 12 apresenta as anomalias verificadas nos respectivos elementos da ponte.

Figura 12: Croqui da ponte com as manifestações patológicas mais recorrentes



Fonte: Autor, 2021

5.2.1 Fissuras

O aparecimento das fissuras, Figura 13, pode estar relacionado a atuação de sobrecargas, devido a esforços solicitantes excessivos ou não previstos no projeto; retração ou expansão do concreto, gerados pela variação de temperatura; e pela ação expansiva da armadura em estágio de corrosão. Esse problema patológico diminui a resistência do concreto, facilitando o ataque

químico de agente agressivos, intensificando a incidência dessa anomalia e conseqüentemente a deterioração da estrutura.

Figura 13: Fissura em uma das vigas da ponte



Fonte: Autor, 2021

Para caracterizar se a fissura é ou não um problema estrutural é importante identificar suas causas, origens e intensidade. Como ela pode ser originada por de diversas causas, torna-se imprescindível que o projeto e a técnica construtiva sigam restritamente os critérios estabelecidos pelas normas vigentes, a fim de mitigar as possibilidades do surgimento de tal anomalia.

O tratamento das fissuras está diretamente ligado à movimentação da abertura. Se ela for ativa, ainda estiver sujeita a movimentação e variação de tamanho, dependendo da magnitude, sugere-se injetar produtos flexíveis (que acompanhem a movimentação da abertura), podendo ser utilizado mástiques de poliuretano. Caso seja passiva e não possua variação de tamanho, não oferecendo risco a estrutura, indica-se escovar o local do reparo e preenchê-lo com material rígido, como argamassa estrutural polimérica ou resina epóxi injetável.

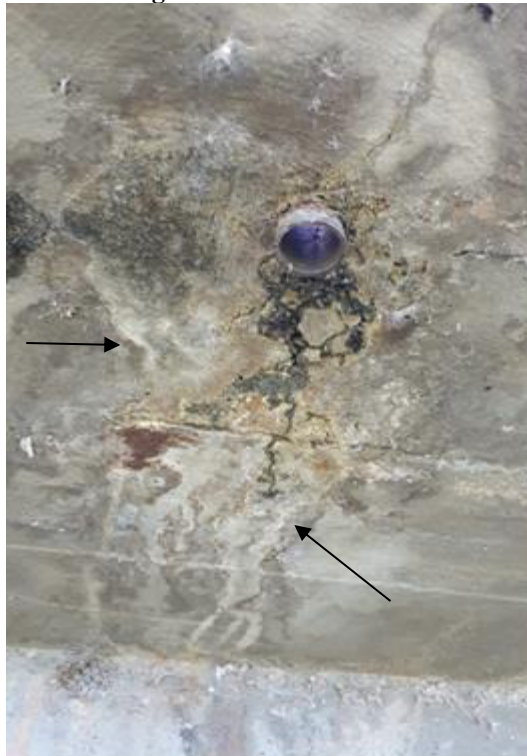
Para medição ou avaliação das aberturas, os fissurômetros são uma ótima solução para esse fim.

5.2.2 Eflorescências

As eflorescências, Figura 14, encontradas na estrutura, são fenômenos oriundos da

lixiviação, que é caracterizado pela dissolução ou hidrólise e carregamento do hidróxido de cálcio (CaOH)₂, presente na pasta de cimento Portland para o meio externo do elemento através da passagem da água pela estrutura, que provavelmente não foi impermeabilizada, sendo considerada uma falha de execução ou inexistência de um projeto para esse tipo de serviço, não possui o caimento necessário para escoamento ou até mesmo pequenos buracos devido à falta de manutenção.

Figura 14: Eflorescências



Fonte: Autor, 2021

Esse processo é totalmente nocivo para o concreto armado, uma vez que, desencadeia uma reação química que remove tais compostos hidratados, tornando-o mais poroso, por dar espaço para a decomposição de outros hidratos presentes na sua composição, reduzindo o seu pH, gerando o seu enfraquecimento e suscetibilidade da armadura perante o processo corrosivo, além de agressões estéticas.

O tratamento em casos superficiais é bem simples, propõe-se a remoção dos depósitos salinos com uma limpeza utilizando-se ácido acético. Dependendo da intensidade do problema é necessário recompor a estrutura com a utilização de impermeabilizantes sobre os substratos, como argamassa polimérica.

5.2.3 Carbonatação, Corrosão e Desplacamento do Concreto Armado

O deslocamento do concreto, Figura 15, resulta do processo de corrosão das armaduras, que produz produtos (óxidos e hidróxidos de ferro) de maior volume que o original, devido as reações de oxidação e redução, gerando tensões de tração no cobrimento do concreto, comprometendo sua aderência ao aço. Observou-se através da inspeção visual que o cobrimento mínimo da armadura não era o adequado, sendo caracterizado por falhas ou inexistência de projeto e execução, potencializando o processo de degradação da estrutura através do processo de corrosão.

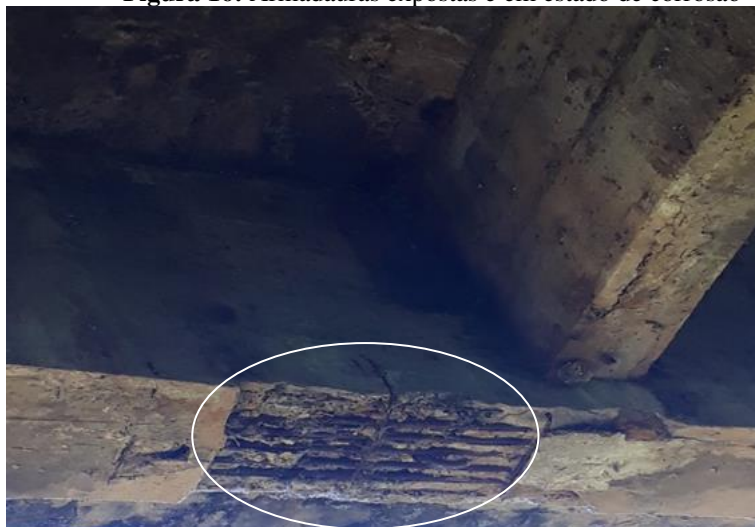
Figura 15: Concreto deslocado com a consequente exposição da armadura



Fonte: Autor, 2021

O fenômeno da corrosão, Figura 16, é consequência da penetração da carbonatação à superfície da armadura, que por sua vez destrói sua camada passivadora.

Figura 16: Armaduras expostas e em estado de corrosão



Fonte: Autor, 2021

As possíveis causas da carbonatação do concreto estão associadas a moderadas concentrações de CO_2 (dióxido de carbono), visto que a ponte está situada em uma via de intenso fluxo de veículos, sendo intensificada pela porosidade do concreto ocasionada pelo desgaste da sua superfície, por falta de manutenção, fissuras e eflorescências, além de ninhos de concretagem, oriundos de falhas no processo construtivo, que facilitam a passagem de água (umidade) e a penetração de agentes atmosféricos agressivos para seu interior. O microclima da região, elevada temperatura e umidade são outros fatores que potencializam tal fenômeno.

A carbonatação reduz a alcalinidade (pH) do concreto, devido a reações químicas entre o dióxido de carbono (CO_2), presente na atmosfera, e o hidróxido de cálcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$, presente no cimento Portland hidratado, formando o carbonato de cálcio (CaCO_3), que possui pH baixo, favorecendo a corrosão.

Um ensaio bem simples de ser realizado para verificação da existência da carbonatação, é um teste colorimétrico que consiste na aspensão de uma solução alcoólica de fenolftaleína, que em caso afirmativo, deve-se ser medida a sua profundidade perante o concreto.

Com relação a área carbonatada sugere-se como tratamento a remoção e a troca do concreto comprometido, aplicando-se um fundo preparador de forma a proteger a armadura e preencher com material de reparo.

Para a corrosão das armaduras, a terapia é realizada segundo a perda de seção das armaduras, que pode ser determinada através de ensaio específico, como potencial de corrosão, que permitirá fazer um mapeamento das regiões de maior intensidade, indicando as de maior preocupação, permitindo uma ação de forma mais rápida e eficiente, minimizando os custos de manutenção da estrutura. Em alguns casos pode ser necessário um processo de reabilitação com um reforço estrutural, seguindo as recomendações de um novo projeto, não é o caso da estrutura analisada, ou a realização da recuperação, reparo da região comprometida, seguindo as seguintes etapas:

- delimitar e escarificação das áreas deterioradas para remoção do concreto;
- remover os produtos de corrosão incrustados na armadura, bem como resíduos que possam atrapalhar na aderência do novo reparo;
- aplicar inibidores de corrosão na região que envolve a armadura;
- aplicar argamassa tixotrópica ou graute, produtos compostos de cimento especiais, de alta aderência ao substrato e resistência inicial, observando o cobrimento mínimo da armadura segundo o projeto;
- por fim, fazer a cura controlada para evitar problemas como fissuras.

5.2.4 Ninhos de concretagem

Ocasionados possivelmente por falhas no processo de produção, execução, do concreto como transporte, lançamento e adensamento inadequados, os ninhos de concretagem, Figura 17, são descontinuidades, vazios, deixados na sua massa. Podem ser originados também por erros na dosagem dos elementos constituintes do concreto, provocando baixa trabalhabilidade devido ao baixo fator água/cimento e quantidade excessiva de armadura ou agregados de grande granulometria.

Figura 17: Ninho de concretagem entre a viga e o pilar



Fonte: Autor, 2021

A correção para esses problemas depende da complexidade e dimensão das bicheiras, em caso menos complexos que é caso da estrutura estudada, é feita a remoção da área afetada, sendo realizada em seguida uma limpeza da região para pôr fim, aplicar o material de reparo. No caso de segregações menores que 5 cm se indica aplicação de argamassa polimérica, para profundidades maiores sugere-se graute cimentício.

Dependendo do grau de complexidade é necessário o escoramento do local e a aplicação de uma ponte de aderência, material utilizado para garantir a eficiência da ligação entre o substrato e o material de reparo.

5.2.5 Bolores

Na estrutura foram encontrados bolores, Figura 18, fungos de coloração preta,

provavelmente ocasionados pelas elevadas taxas de temperatura e umidade em que se encontra a ponte, além de infiltrações, ambiente com baixa ventilação e incidência solar.

Figura 18: Bolores



Fonte: Autor, 2021

A terapia para correção de tal anomalia baseia-se na limpeza da superfície com produtos fungicidas. Um mecanismo que agrava essa patologia é a presença de infiltração, sendo necessária a impermeabilização da superfície da estrutura, criando uma película protetora capaz de eliminar a absorção de água.

5.3 Classificação da Ponte

A classificação da ponte em relação as características estruturais, funcionais e de durabilidade é muito importante para analisar suas condições perante esses critérios para que a intervenção, caso seja necessário, aconteça de forma ágil, eficiente e segura. Após as observações das condições da ponte, baseado na inspeção rotineira e nas imagens obtidas, a estrutura em questão se classifica, segundo o critério funcional, com nota 4, sendo considerada com boas condições, apresentando pequenos danos que não colocam em risco o conforto e a segurança do usuário. O parâmetro estrutural, classifica-se com nota 3, sendo considerada com condições regulares, já que a estrutura possui danos que possam causar alguma deficiência estrutural, mas sem sinais que venham comprometer a estabilidade da obra, recomendando o monitoramento de tais problemas, onde as intervenções poderão ocorrer de médio prazo. No quesito de durabilidade a estrutura analisada classifica-se com nota 2, cujas condições são ruins, uma vez que, ela apresenta anomalias moderadas e abundantes, que comprometam sua vida útil.

6 CONCLUSÃO

Foram levantadas diversas patologias na ponte estudada, como fissuras, corrosão das armaduras, deslocamento do concreto, eflorescências, etc. Esse fato se dá, devido a estrutura ser muito antiga e não possuir um programa de monitoramento, capaz de acompanhar a evolução destes problemas, intervindo de forma rápida e eficaz no tratamento de tais anomalias. Outro fator agravante para o número alarmante de problemas na estrutura, é a inexistência de manutenção corretiva e preventiva da sua estrutura. Sendo realizado somente uma pintura do local, além de pequenos reparos, muitas vezes com técnicas e materiais inadequados, somente para disfarçar as anomalias, que com o passar do tempo reaparecem, podendo causar até problemas mais graves.

Dentre as patologias levantadas, a de maior destaque é a exposição da armadura por se repetir em diversos elementos da ponte, o que é alarmante uma vez que esse fenômeno diminui a resistência da estrutura de concreto, influenciando diretamente no seu desempenho e consequentemente na redução da sua vida útil.

Considerando que o objetivo deste trabalho foi analisar os principais problemas patológicos acerca da ponte, foi possível observar que em relação a durabilidade, sua estrutura encontra-se em condições ruins devendo haver uma intervenção a curto prazo, para que não haja o agravamento das anomalias encontradas e o comprometimento total da construção. No parâmetro estrutural, sugere-se o monitoramento da ponte, uma vez que foram identificadas diversas manifestações patológicas que comprometam o seu desempenho. Já no quesito funcional a ponte encontra-se em boas condições, sendo necessário pequenos reparos para melhorar da estética do ambiente.

A melhor alternativa para evitar o surgimento das patologias nas estruturas de concreto, sejam elas em pontes ou qualquer outro elemento construtivo é a prevenção, que deve ser feita desde a etapa de projeto até a execução, sendo realizada por profissionais capacitados, seguindo as recomendações normativas de qualidade, materiais adequados e principalmente a elaboração de um programa de manutenção e inspeção estrutural rotineiro, para verificar de forma mais efetiva o estado em que se encontra a estrutura, conseguindo assim, até reduzir gastos com tratamentos futuros, em comparação com aquelas pontes que não passam por nenhum tipo de vistoria.

Enfatiza-se que políticas públicas, sejam elas municipais, estaduais ou federais, são fundamentais para que as pontes, estruturas tão importantes para o desenvolvimento da sociedade, não fiquem no estado de abandono como se encontram hoje a grande maioria do

país.

Contudo, o objetivo do trabalho foi atingido uma vez que, as inspeções realizadas, mesmo que de forma visual, permitiram identificar e analisar os problemas patológicos da ponte estudada, apontando suas causas, mecanismos, intensidade, além de sugerir tratamentos para a manutenção de tais.

As inspeções rotineiras são fundamentais a qualquer tipo de obra e devem ser realizadas de forma cuidadosa, principalmente em estruturas como as pontes, que possuem diversos elementos, onde o acesso e visibilidade muitas vezes são limitados.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9452: Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2019.
- BAUER, F. **Materiais de construção**. V. 1, 6. ed. LTC. Rio de Janeiro, 2019.
- BOLINA, F. L.; TUTKIAN, B. F.; HELENE, P. R. L. **Patologia de estruturas**. São Paulo: Oficina de textos, 2019.
- CARDOSO, L. A.; QUARESMA, J. E. Análise de manifestações patológicas em pontes e viadutos de concreto armado na cidade de São Paulo- SP. **SEMANA ACADÊMICA**. Fortaleza-CE, 2019. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/artigo/analise-de-manifestacoes-patologicas-em-pontes-e-viadutos-de-concreto-armado-na-cidade-de-sao>. Acesso em: 20 de jul. 2021.
- CAVALCANTE, Gustavo Henrique Ferreira. **Pontes em concreto armado: análise e dimensionamento**. São Paulo: BLUCHER, 2019.
- CURCIO, Ronald Cristhian de Lima. **Pontes rodoviárias: levantamento das principais patologias estruturais**. 2008. 88 p. Monografia (Graduação) – Universidade São Francisco, Curso de Engenharia Civil, Itatiba-SP, 2008.
- EL DEBS, M. K.; TAKEYA, T. **Introdução às pontes de concreto armado**. São Carlos. 2009.
- GIL, Carlos, A. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo, Atlas, 2017.
- GUERRA, R. S. T. Ferramenta – Fissurômetro como operar. **Clube do concreto**, 2016. Disponível em: <http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/09/ferramenta-fissurometro-como-operar-xx.html>. Acesso em: 20 de jul. 2021.
- HELENE, P. **Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Red Rehabilitar, 2005.
- HELENE, P. R. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. São Paulo, 1993. Tese (Livre Docência) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2021. **Cidades e estados**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/lavras-da-mangabeira.html>. Acesso em 14 de setembro de 2021.
- LANER, F. J. **Manifestações patológicas nos viadutos, pontes e passarelas do município de Porto Alegre**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001. 157 p.
- MARCARENHAS, F. J. R. *et al.* **Patologias e inspeção de pontes em concreto armado:**

Estudo de caso da ponte Governador Magalhães Pinto. **ENGEVISTA**. 2019. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/engevista/search/authors/view?firstName=Paola%20Santos&middleName=&lastName=Viana&affiliation=PUC%20Minas&country=>. Acesso em: 30 de jul. 2021.

MARCHETTI, O. **Pontes de concreto armado**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2008.

MÁXIMO, W. PIB da construção civil deve crescer 4% em 2021. **Agência Brasil**, 2020. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2020-12/pib-da-construcao-civil-deve-crescer-4-em-2021>. Acesso em: 15 de jun. de 2021.

MEDEIROS, M.H.F.; ANDRADE, J.J.O; HELENE, P.R.L, Durabilidade e vida útil das estruturas de concreto. *In*: ISAIA, G.C. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. 1ª ed. São Paulo: IBRACON, 2011, v. 1, p. 773-808.

MENDES, L. C. *et al.* Pontes em concreto armado em meios de elevada agressividade ambiental. *In*: CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGÍA Y RECUPERACIÓN DE ESTRUCTURAS, 6., 2010. **Anais...** Córdoba. Disponível em: http://www.edutecne.utn.edu.ar/cinpar_2010/Topico%201/CINPAR%20073.pdf. Acesso em: 15 de jul. de 2021.

NEVILLE, A. M. BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. 2. ed. Bookman. 2013.

NOBRE, G. T. N. **Análise das manifestações patológicas em pontes da rodovia RN-233**. 2008. 88 p. Monografia (Graduação) – Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA, Curso de Engenharia Civil, Caraúbas-RN, 2019.

OLIVEIRA, Alexandre Magno de. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. 2012. 96 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Curso de Gestão em Avaliações e Perícias, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

PEREIRA, L. E.; SCOLARO, T, P. **Análise comparativa entre projetos de pontes de diferentes materiais com vistas à construção sustentável**. 2017. 95 p. Monografia (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco-PR, 2017.

PFEIL, W. **Pontes em concreto armado**: elementos de projeto, solicitações, dimensionamento. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979.

SANTANA, T. M. O. **Inspeção termográfica de patologias em estruturas**: estudo de caso pontes de concreto armado. 2017. 71 p. Monografia (Graduação) – Centro Universitário de Brasília – (UNICEUB), Curso de Engenharia Civil, Brasília-DF, 2017.

SANTOS, C.F. **Patologia de estruturas de concreto**. 2014. 91 p. Monografia (Graduação), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS. 2014.

SENA, G. O. *et al.* **Patologia das construções**. Bahia: 2B Educação, 2020.

SOLUÇÃO ENGENHARIA, CONSULTORIA E TECNOLOGIA. **Ensaio não destrutivo em concreto**, [s. d.]. Disponível em: <http://www.solucao.eng.br/novo/ensaios-nao-destrutivos-em-concreto.html>. Acesso em 26 de jul. 2021.

SOUZA, P. H. M. **Patologias em estruturas de concreto armado de pontes localizadas em**

Minas Gerais. 2019. 56 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019.

SOUZA, R. A. **Ensaio destrutivo e não destrutivo para estruturas em concreto estrutural**, [s. d.]. Disponível em: <http://www.engracon.com.br/artigos/11453910463.pdf/>. Acesso em: 26 de jul. 2021.

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

TOKUDOME, N. **Carbonatação do concreto**. 2009. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/carbonatacao-do-concreto/>. Acesso em: 28 de jul. 2021.

TUTIKIAN, B.; PACHECO, M. Inspeção, Diagnóstico e Prognóstico na Construção Civil. **Boletim Técnico nº 01**. México: ALCONPAT Internacional, 2013.

VASCONCELOS, F. O. **Análise das manifestações patológicas em pontes de concreto armado** – estudo de caso. 2018. 71 p. Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2018.

VÉRAS, D. *et al.* **Corrosão e degradação das estruturas em concreto**. Teoria, controle e técnicas de análise e intervenção. 2. ed. LTC. Rio de Janeiro, 2020.

VITÓRIO, J. A. P. **Pontes, conservação e gestão**. Recife, CREA-PB, 2015.

WINKEL, R. L. **Análise das manifestações patológicas em pontes na cidade de Teutônia/RS**. 2019. 87 p. Monografia (Graduação), Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES, Lajeado-RS. 2019.

YAZIGI, R. **Avaliação da carbonatação em viadutos de concreto**. 2008. 186 p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos. São Paulo, 2008.

ANEXO A

FICHA DE INSPEÇÃO ROTINEIRA

Inspeção rotineira (ano): 2021	Código da obra de arte:	
Jurisdição (Órgão, Concessão ou outro): DNIT	Data da inspeção: 18/06/21 a 11/09/21	
PARTE I – Informações gerais		
A – Identificação e localização		
Via e município: Cajazeiras - PB	Sentido: -	
Obra: Ponte	Localização: BR 230 (km 500)	
B – Histórico das inspeções		
Inicial:	Última rotineira: -	
Especial:		
C – Descrição das intervenções executadas ou em andamento		
Reparos: Recapeamento e pintura dos guarda-corpos		
Alargamentos:		
Reforços:		
PARTE II – Registro de manifestações patológicas		
A – Elementos estruturais		
Superestrutura: Fissuras, eflorescência, bolores, corrosão das armaduras		
Mesoestrutura: Deslocamento do concreto, lixiviação e carbonatação		
Infraestrutura: Dados não possíveis de coletar		
Aparelhos de apoio:		
Juntas de dilatação:		
Encontros: Ninhos de concretagem		
Outros elementos:		
B – Elementos da pista ou funcionais		
Pavimento: Em bom estado		
Acostamento: Não possui		
Drenagem: Estado regular		
Impermeabilização: Estado regular		
Guarda-corpos: Concreto deslocando		
Barreira de concreto/ Defesa metálica:		
C – Outros elementos		
Taludes:		
Iluminação: Não possui iluminação		
Sinalização: Em bom estado		
Gabaritos:		
Proteção de pilares:		
D – Informações complementares		
E – Recomendações de terapia		
PARTE III – Classificação da obra de arte		
Estrutural: Nota 3	Funcional: Nota 4	Durabilidade: Nota 2
Justificativas		

Fonte: NBR 9452 (ABNT, 2019)

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

Entrega de trabalho de conclusão de curso

Assunto: Entrega de trabalho de conclusão de curso
Assinado por: Vinnicius Klively
Tipo do Documento: Dissertação
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Vinnicius Klively da Silva Soares, ALUNO (201622200420) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL - CAJAZEIRAS**, em 19/10/2021 20:55:13.

Este documento foi armazenado no SUAP em 19/10/2021. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 351892

Código de Autenticação: aad6bf917a

