



INVESTIGAÇÃO E ANÁLISE DAS PATOLOGIAS EM SUAS FUNDAÇÕES: ESTUDO DE CASO DA PONTE OLGA AUGUSTA TEIXEIRA NO MUNICÍPIO DE CACHOEIRA DA PRATA - MG

**Adílio Ferreira de Andrade¹, Andreza Costa Lanza¹, Aurélio Soares Santos¹, Emanuel Batista
de Oliveira¹, Wesley de Castro Dias¹**

adilio.andrade04@gmail.com, andrezadepaulacosta@hotmail.com, aureliosoares37@yahoo.com.br,
emanuelb.oliveira@hotmail.com, cardoso029@yahoo.com.br

Professora orientadora: Mestra Sheila Leal Oliveira Loureiro

Coordenação de curso de Engenharia Civil

Resumo

As Pontes e Viadutos, intituladas pela Norma Brasileira Regulamentadora 9452:2016 como “Obras de Arte Especiais” OAE’s, são estruturas que necessitam de atenção desde sua concepção até o decorrer de sua vida útil, uma vez que qualquer fator externo e ambiental pode levar a sua ruína. Entretanto a realidade brasileira no que se refere às inspeções e as manutenções dessas obras de concreto é outra: um descaso com seu estado após estar finalizada, a expondo a riscos diversos sem uma estratégia explícita que facilite procedimentos de inspeção e manutenção preventiva da construção. O objetivo do estudo é analisar a Ponte Olga Augusta Teixeira em Cachoeira da Prata/MG, como um referencial dessa ocorrência, principalmente em obras públicas. Foram analisadas suas manifestações patológicas e causas. Para realização do mesmo foi utilizada a metodologia classificada como “pesquisa bibliográfica” e foi desenvolvida com base em materiais já existentes: documentos, imagens e matérias jornalísticas acerca da estrutura. A obra em geral possui sinais de Eflorescência, Fissuras, Corrosão e Erosão, sendo a última dessas o foco maior desse trabalho, uma vez que, se encontra na fundação da estrutura. Os problemas patológicos encontrados através de vistoria visual na ponte Olga Augusta Teixeira foram imprescindíveis uma intervenção imediata, com interdição parcial da via e a realização do reforço estrutural da fundação através da realização de tubulões pneumáticos e uma viga travessa.

¹ Graduação em Engenharia Civil – Centro Universitário UNA Sete Lagoas

1. INTRODUÇÃO

Grandes sociedades da antiguidade usaram de fluxos de água para fixar suas sociedades, como forma de auxiliar na produção de alimentos e fornecer a mesma para consumo, entretanto, se mostrava um grande obstáculo no que tange sua travessia, não permitia nenhuma opção além de se manter onde estava ou por a vida em risco. E assim, como um meio de transposição sobre áreas alagadas conjurou-se a ponte (VASCONCELOS, 2018).

Tais estruturas no Brasil, em sua maioria, são construídas de concreto armado. O elemento em questão chegou ao país no início do século XIX e em 1925 a grande maioria dos cálculos estruturais já eram baseados nesse material. E o motivo para popularização tão rápida foram seus benefícios (materiais de fácil acesso, mão de obra treinável e fácil moldagem), diminuía os custos de forma significativa, mas o maior impacto vinha depois a durabilidade (BASTOS, 2019).

Em contraponto, essa forma de estrutura gerou na construção civil nacional uma cultura em que a manutenção preventiva é esquecida e descartada e quando se trata de estruturas complexas como pontes e viadutos a fase preventiva não deve ser negligenciada. De modo que, considerando essa problemática e o grande aumento na demanda de tráfego urbano, pontes e viadutos tem chegado a sua degradação antes do seu limite de vida útil – 50 anos (NBR-5674:2019).

A ausência de manutenções periódicas pode gerar danos nomeados como Patologias do Concreto, que assim como na origem médica da palavra, têm diferentes fatores causadores, “sintomas” diversos e grandes consequências caso não haja uma intervenção. E se tratando de fundações ou elementos estruturais de uma ponte, uma patologia em seu decorrer pode comprometer sua resistência em grande escala, situação que é o objeto de estudo desse trabalho.

Assim, o objetivo do nosso trabalho será a análise do reforço estrutural e suas manifestações na ponte Olga Augusta Teixeira, situada no município de Cachoeira da Prata/MG.

2. DESENVOLVIMENTO

As pontes têm grande fator de importância na evolução da engenharia civil, visto que exigem tecnologias cada vez mais inovadoras e criativas para vencer os desafios impostos por condições climáticas, arquitetônicas, geológicas, logísticas etc. Além disso, relacionam-se diretamente ao grau de desenvolvimento de cidades, sendo indispensáveis economicamente

para diversas situações de transporte de pessoas e mercadorias (CAVALCANTE, GUSTAVO, 2019).

A transposição de um determinado obstáculo, em rodovias, ferrovias ou mesmo hidrovias, dá-se através de estruturas típicas de pontes (VALERIANO, 2021).

Apresenta-se a seguir a classificação das pontes de acordo com o material da sua superestrutura.

2.1.1. Pontes metálicas

As pontes metálicas surgiram no final do século XVIII, com as estruturas de ferro fundido. Com o início das ferrovias, tornaram-se necessárias grandes obras para suportar elevadas cargas. Tais pontes passaram a ser erguidas com os novos materiais de construção que eram então as novidades daquela época: o ferro forjado e o aço (VITÓRIO, 2022).

Segundo Giassi, a Ponte Eads na figura 1, foi um grande marco no aço, foi a primeira construção feita exclusivamente com o metal ao redor do mundo

Figura 1 – Ponte metálica



Fonte: <https://giassiferroeco.com.br/ponte-eads-um-marco-para-o-aco/>.

2.1.1.1. Pontes de madeira

Um estudo publicado em 2018 na revista "Engineering Structures" analisou a resistência e a rigidez de pontes de madeira com diferentes configurações estruturais. Os resultados mostraram que pontes com configurações mais complexas, como treliças, apresentaram maior resistência e rigidez do que pontes com configurações mais simples, como vigas simples.

Callir Junior, Lahr e Dias (2003) consideram a madeira um material adequado para a construção de pontes em estradas vicinais no meio rural para pequenos e médios vãos, não só pela frequente disponibilidade como também pelo seu potencial de resistência e durabilidade, o que a torna economicamente interessante.

Assim trazemos a ponte em São José dos Quatro Marcos na figura 2 da rodovia que liga o município aos municípios de Lambari D'Oeste, Salto do Céu e Rio Branco.

Figura 2 – Ponte em madeira



Fonte: <https://saojosedosquatromarcos.mt.gov.br/>.

2.1.2. Ponte de concreto armado

As pontes em concreto armado possuem uma geometria e um conjunto de peças muito parecido com a construção de residências comuns, isso porque elas são constituídas de vigas e pilares que em conjunto conseguem distribuir as cargas aplicadas de forma homogênea a fim de direcionar as tensões de forma coordenada para manter toda a estrutura capaz de resistir a todos os esforços (MARINHO, VINÍCIUS,2022).

Na figura 3 está a ponte da cidade de Francisco Dumont, em processo de construção, com escoramento para concretagem.

Figura 3 – Ponte em concreto armado



Fonte: <https://www.franciscodumont.mg.gov.br>.

2.1.3. Pontes de concreto protendido

O concreto protendido surgiu na Alemanha da década de 1930 e desenvolveu-se principalmente após a Segunda Guerra Mundial devido, em grande parte, ao trabalho do engenheiro francês Eugène Freyssinet (VITÓRIO, 2002).

Durante o avanço da complexidade das estruturas e dos projetos, construtores em geral começaram a identificar a necessidade de novos métodos construtivos que possibilitassem alcançar grandes medidas e suportar grandes esforços, como em construções de pontes, viadutos e etc. Com isso, tem-se o chamado concreto protendido, que nada mais é do que o concreto que possui cabos de aço por toda a sua extensão que irão ser alongados por meio de macacos hidráulicos para tornar a peça estrutural muito mais resistente (MARINHO, VINÍCIUS, 2022).

Na figura 4 podemos visualizar a aplicação da protensão.

Figura 4 – Ponte em concreto protendido



Fonte: <https://www.ntcbrasil.com.br/blog/entenda-o-concreto-protendido/>.

Segundo Mascarenhas, Fernando Júnior Resende et al (2019). Conhecendo os tipos de pontes e seus materiais constituintes, sabemos que estão sujeitas aos agentes causadores dos problemas patológicos que podem ser vários: cargas, variação da umidade, variação térmicas intrínsecas e extrínsecas ao concreto, agentes biológicos, incompatibilidades de materiais, agentes atmosféricos e outros.

2.2. Tipos de patologias em concreto armado

Patologia é uma área de estudo, uma ciência assim como medicina, matemática, geologia entre outros, além disso, é importante ressaltar que patologia é diferente de manifestação patológica, na construção civil, por exemplo, uma fissura em uma viga é uma manifestação patológica, já o estudo da patologia se refere a buscar a explicação, a origem e ou

os fatores que estão atingindo determinado sistema construtivo e assim encontrar a forma mais correta de corrigi-lo (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019).

Vitório (2003) conceitua a patologia utilizando uma analogia entre uma edificação e um ser humano, da mesma forma o que ser humano adoece uma edificação também pode adoecer, seja por fatores internos, externos ou pela natureza.

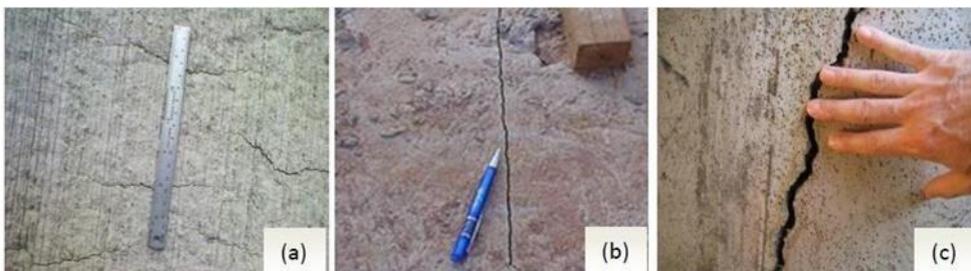
Assim esse estudo irá abordar as patologias mais comuns em estruturas de concreto, sendo eles: Fissuras, eflorescência, corrosão e erosão.

2.2.1. Fissuras, trincas e rachaduras

Os autores Berti et al (2019), comentam que as fissuras são constantemente notadas em uma edificação pelos usuários, elas indicam que algum fenômeno está acontecendo e prejudicando a estrutura, em que se demonstra que a estrutura precisa ser analisada para descobrir a causa da situação.

Fioriti (2016) atenta para o conflito entre os conceitos de “fissura”, “trinca” e “rachadura”, onde as primeiras possuem procedimentos de tratamento semelhantes, mas se diferem em sua dimensão. Trincas possuem abertura superior a 0,5mm. Já as rachaduras possuem características diferentes das outras, principalmente sua abertura mais acentuada e profunda, sendo superior a 1mm. Aberturas superiores a 1,5mm já podem ser caracterizadas como fendas. A figura 5 mostra a diferença entre as fissuras, trincas e rachaduras.

Figura 5 – Diferença de dimensão entre uma fissura (a), uma trinca (b) e uma rachadura (c)



Fonte: Fioriti, 2016.

2.2.2. Eflorescência

Conforme a figura 6 a eflorescência é caracterizada pela formação de depósitos de sais na superfície do concreto, que se acumula devido à lixiviação causada por água de infiltração ou intempéries. Além de proporcionar um aspecto visual indesejado, o fenômeno pode ser

prejudicial à integridade do concreto, sendo que o acúmulo de sais pode ser agressivo e provocar uma profunda desagregação (BERTI; JÚNIOR; AKASAKI, 2019, p.45).

Figura 6 – Eflorescência



Fonte: <https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-eflorescencia.html>

2.2.3. Corrosão

A corrosão de armadura pode ser considerada o resultado do contato da armadura da peça com o meio ambiente, causando reações de natureza química ou eletroquímica, que podem ser associadas ou não a ações físicas ou mecânicas, resultando perda da seção. Esse contato da armadura com o meio ambiente pode acontecer pelos seguintes motivos: alta capilaridade, fissuras, alta porosidade, pouco cobrimento de armadura, causando assim a corrosão da armadura (SANTOS; SILVA, 2017).

GENTIL (2021) reforça dizendo, oxidação-redução as reações químicas que ocorrem no processo de corrosão, que podem ocorrer conforme sua morfologia, mecanismos e causas diferentes, fatores mecânicos e pelo meio corrosivo onde se encontram.

Como descrito no texto acima, a figura 7 retrata uma corrosão na armadura.

Figura 7 – Corrosão de armadura em pilar de concreto



Fonte: <http://speranzaengenharia.ning.com/page/corrosao-nas-armaduras-de-concreto-armado>

2.2.4. Erosão

A erosão do solo, como se vê na figura 8, é considerada um dos maiores problemas ambientais em escala global, pois, além de proporcionar perdas de solo e nutrientes, está associada a inundações, assoreamento e poluição de corpos hídricos (Wang et al, 2016).

Figura 8 – Erosão do solo em pilar de concreto



Fonte: https://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Danos_Estruturais_Erosao_Cheias_Fundacoes_Aterros_Acesso_Pontes_Rodoviaras.pdf

2.3. Correções patológicas

A manutenção corretiva é aquela intervenção que visa corrigir um elemento ou sistema no qual se observa a incidência de falha ou desempenho menor que o esperado. Busca-se realizar reparo ou substituição do elemento deficiente, com o objetivo de restabelecer a plena funcionalidade e segurança que lhe fora admitido em projeto (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019).

As correções patológicas em estruturas de concreto incluem a injeção de resina ou argamassa, reparo e reforço das armaduras, reparo do concreto, reforço estrutural e a substituição de elementos danificados.

2.3.1. Injeção de resina ou argamassa

Uma das técnicas utilizadas para a correção de fissuras em estrutura de concreto é a aplicação de injeção de resina epóxi ou argamassa através de orifícios perfurados na estrutura. Criando assim uma barreira contra a entrada de água e outras substância na fissura. Segundo um estudo conduzido por L. G. Medeiros et al. (2018), a injeção de resina epóxi é uma técnica eficiente para reparar fissuras em estruturas de concreto armado.

2.3.2. Reparo e reforço das armaduras

Quando as armaduras de uma estrutura se encontram corroídas uma das técnicas utilizadas para a correção é o reforço com barras adicionais. Conforme estudo publicado por Y. Wang et al (2018) onde mostrou que o reforço das armaduras com barras de aço inoxidável é uma técnica eficiente para aumentar a capacidade de carga de vigas de concreto armado.

2.3.3. Reforço estrutural

O reforço estrutural é uma técnica de aumentar a capacidade de carga de uma estrutura, para suportar cargas maiores do que as originais. Um estudo conduzido por K. Zhou et al (2018) mostrou que o reforço de pilares de concreto com varetas de fibra de carbono é uma técnica eficiente para aumentar a capacidade de carga de pilares de concreto.

2.3.4. Reparo do concreto

Quando o concreto se encontra danificado com algum tipo de patologia, uma opção de terapia consiste em remover o concreto danificado e preencher o espaço com uma nova camada de concreto. Segundo um estudo conduzido por M. Almaguer et al (2019), o reparo do concreto com concreto de alta resistência é uma técnica eficiente para corrigir danos em lajes de concreto

2.3.5. Substituição de elementos

Essa técnica é utilizada quando um elemento estrutural está tão danificado que não pode ser reparado ou reforçado. Consiste na remoção do elemento danificado e na substituição por um novo elemento. Segundo um estudo conduzido por H. H. Bui et al (2019), a substituição de lajes de concreto pré-moldado com vigotas pré-fabricadas é uma técnica eficiente para corrigir danos em lajes de concreto pré-moldado.

2.4. Fundações profundas

Elemento de fundação que transmite a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, sendo sua ponta ou base apoiada em uma profundidade superior a oito vezes a sua menor dimensão em planta e no mínimo 3,0 m; quando não for atingido o limite de oito vezes, a denominação é justificada. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas e os tubulões (NBR-6122: 2019).

2.5. Tubulão

Elemento de fundação profunda em que, pelo menos na etapa final da escavação do terreno, faz-se necessário o trabalho manual em profundidade para executar o alargamento de base ou pelo menos para a limpeza do fundo da escavação, uma vez que neste tipo de fundação as cargas são resistidas preponderantemente pela ponta (NBR-6122: 2019).

Segundo NBR-6122: 2019, os tubulões dividem-se em dois tipos básicos: a céu aberto (normalmente sem revestimento) e a ar comprimido (ou pneumático).

Tubulão a céu aberto consiste em uma fundação profunda, onde é realizado a escavação de um poço no terreno, formando-se primeiramente o fuste. Em seguida, ocorre um possível alargamento da base do tubulão. Conseqüentemente, há a inserção da armadura seguida da concretagem. Em condições favoráveis, este tipo de fundação é executado acima do nível da água ou, em situações adversas, onde o solo mostra-se estável, sem risco algum de desmoronamento, para que com isso seja permitido controlar a água do interior do tubulão (PEREIRA, 2016).

Tubulões ar comprimido são constituídos por aberturas a grandes profundidades acompanhadas de camisas de tubos pré-moldados de concreto armado ou metálicas, mais o equipamento que compõe o sistema a ar comprimido responsável pela manutenção da pressão

do ar no interior da campânula e elo tubulão para contrabalançar o peso da coluna d'água no terreno, a fim de impedir sua entrada no interior da câmara de trabalho (MENDES,2017).

3. METODOLOGIA

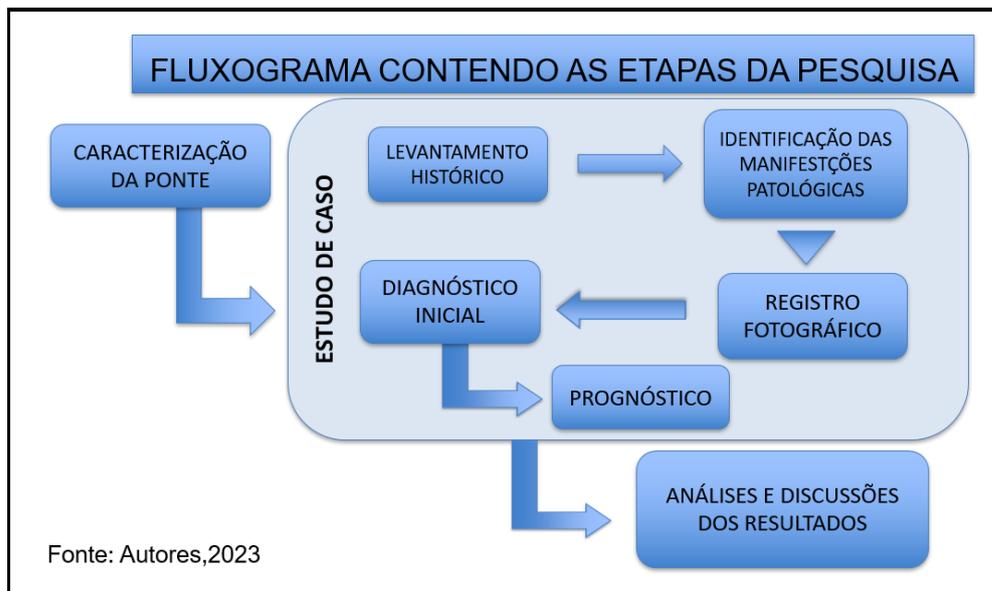
Serão apresentados, a seguir, a metodologia utilizada no trabalho, bem como a escolha dos critérios de análise a fim de cumprir os objetivos de estudo. Esta pesquisa busca entender e analisar patologias presentes na fundação da Ponte Olga Augusta Teixeira, localizada na cidade de Cachoeira da Prata, de modo a traçar suas causas e indicar soluções. Segundo Cooper e Schndler (2016), para pesquisas focadas em resolução de problemas a “pesquisa aplicada” é o método correto para alcançar tal objetivo, uma vez que, para alcançar o resultado esperado, utiliza de conhecimentos já adquiridos para compreender o objeto de estudo e processar seus fatos.

Quanto à natureza dessa pesquisa classifica-se como qualitativa, e busca cumprir com o objetivo a partir de análises indutivas de outros documentos, sem a busca por uma análise numérica e minuciosa (GERHARDT; SILVEIRA,2009).

A finalidade do estudo é firmada em determinar as causas de um fenômeno patológico em concreto armado, identificando o local de suas ocorrências e as consequências para a estrutura, se caracterizando, portanto, em uma pesquisa com fins explicativos. Segundo Gil (2007), a pesquisa com fins explicativos cria um ciclo, no qual para sua concretização completa é necessário utilizar como base documentos descritivos, e por outro lado, esses mesmos documentos necessitam de trabalhos explicativos para sua concretização.

Quanto aos meios, para obtenção das informações esclarecidas neste estudo e consequentemente sua conclusão, foi utilizado um estudo de caso com base em pesquisas bibliográficas. Para o mesmo foi utilizado base científica, fncada em livros e artigos que se aprofundam no tema. Seguindo a estruturação da figura 9, que demonstra o fluxograma de como foi realizada a coleta e análise dos dados.

Figura 9 – Fluxograma das etapas da pesquisa



Uma pesquisa científica é composta por inúmeras camadas e para que seja compreendida e trabalhada de forma a alcançar seu objetivo, é primordial a divisão de seus elementos: Universo e Amostra. Sendo, universo a população geral de dados, unificados por elementos em comum e sejam ordenadas para que sirva como base das propriedades que serão investigadas posteriormente. Tais propriedades serão subdivididas de forma representativa para o estudo, e esses subgrupos são denominados “amostras” (GIL, 2007).

O universo de pesquisa são as estruturas especiais em concreto armado e a amostra se trata da Ponte Olga Augusta Teixeira. Tal método de divisão foi utilizado a fim de facilitar o diagnóstico do Universo segundo a Norma de Investigação de Pontes e Viadutos (NBR-9452:2016).

Quanto a análise e coleta de dados, a pesquisa se classifica como uma observação sistemática a partir de análise documental (já citados anteriormente). Segundo Gil (2007) a observação sistemática é passiva e o pesquisador permanece olhando o problema “de fora” e é utilizado quando há a necessidade de uma descrição mais detalhada. Nessa lógica, para a obtenção das informações para essa observação, foi realizada uma reunião com o responsável pela Defesa Civil (ou o Engenheiro Civil) da Prefeitura Municipal de Cachoeira da Prata, na qual foi esclarecidas dúvidas sobre a situação da ponte e sua reforma, na ocasião, foi solicitado autorizações para o uso de documentos vinculados ao projeto como sondagem, imagens e projeto estrutural também utilizados na análise, ademais foi retirado dados e informações divulgadas no site oficial do Município.

A escolha deste tema de estudo se deu em razão das manifestações patológicas identificadas na fundação da ponte, as quais resultaram em sua interdição parcial. A manutenção

do concreto e aço, com uma intervenção de tal magnitude gera inúmeros gastos para administração vigente e grande impacto em toda rede viária (NBR-5674:2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a caracterização completa da Obra De Arte Especial em estudo, foram explorados aspectos relacionados a informações gerais (localização e levantamento histórico) e análise de sua estrutura.

Na figura 10 podemos observar como era a primeira construção da ponte em ênfase, utilizada apenas para passagem dos moradores.

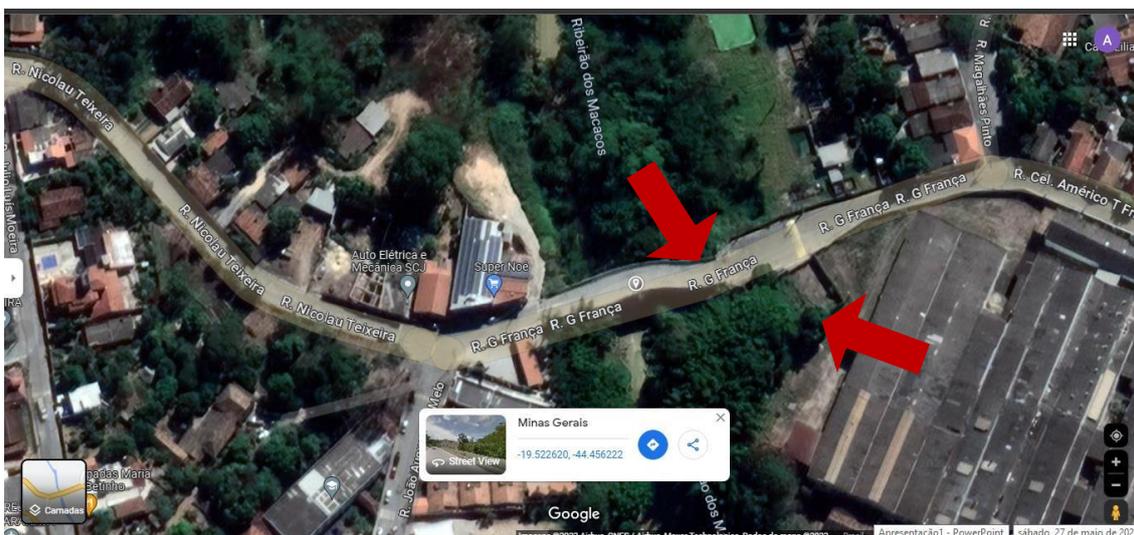
Figura 10 – Primeira ponte da cidade de Cachoeira da Prata - MG



Fonte: Museu Coronel Américo Teixeira Guimarães

A ponte Olga Augusta Teixeira está localizada na MG-238, perímetro urbano da cidade de Cachoeira da Prata/MG, a estrutura foi realizada em concreto armado e se encontra sobre o Ribeirão dos Macacos, conforme figura 11.

Figura 11 – Foto via satélite da ponte



Fonte: Google Earth.

A construção segue o projeto estrutural datado de 1985, e teve como objetivo a interligação de dois lados da cidade, localização planejada visando facilitar o acesso de veículos e pessoas a fábrica têxtil - principal fonte econômica municipal da época.

Os riscos estruturais foram identificados pelo corpo de bombeiros após a enchente causada pelo rompimento da barragem em 2011 e como medida emergencial foi completamente interdita. Após vistorias a ponte foi liberada para veículos de pequeno porte e de modo a conter o fluxo de veículos, foram instaladas duas barras de ferro paralelas, conforme figura 12.

Figura 12 – Interdição de Fluxo de Veículos



Fonte: MegaCidade, 2017.

Em 2019, foi elaborado um projeto básico pelo Departamento de Edificações e Estradas de Rodagens de Minas Gerais DER-MG e a partir das diretrizes estabelecidas, a administração vigente substituiu as barras de ferro por limitadores de altura e velocidade, como pode ser observado na figura 13 e 14.

Figura 13 – Limitadores de Altura e Velocidade segundo Diretrizes da DER-MG (Sentido Sete Lagoas)



Captura da imagem: fev. 2019 © 2023 Google

Fonte: Google Earth.

Figura 14 – Limitadores de Altura e Velocidade segundo Diretrizes da DER-MG (sentido Pará de Minas)



Fonte: Google Earth.

As pontes são estruturas sujeitas a grandes solicitações provocadas pelas cargas trans-tipo, devido à intensidade das cargas concentradas e a mobilidades das mesmas (NBR-7188:2013). A ponte Olga Augusta Teixeira foi construída em concreto armado constituída por dois balanços e três apoios compostos por três pares de pilares de concreto armado. O apoio central é ligado ao bloco de concreto armado apoiado em estacas, constituindo o principal elemento da fundação.

A superestrutura mede 60,0 metros de comprimento total e largura total de 6,80 metros. Sabe-se que o comprimento total se subdivide no comprimento em dois balanços e dois vãos, sendo aquele na medida de 5 metros cada, enquanto este na medida de 25 metros cada. A estrutura conta também com dois passeios, inclusos na largura, com guarda-corpo bilateral de 0,10 metros de largura e 0,90 metros de altura. As vigas têm inércia, larguras e alturas variáveis, sendo aproximadamente 1,65 metros de altura nos extremos e 1,95 metros nos apoios, conforme a figura 15.

Figura 15 – Vista lateral da Superestrutura



Fonte: Prefeitura Municipal de Cachoeira da Prata.

A Mesoestrutura é constituída por dois pares de pilares, construídos em concreto armado, tem 0,85 metros de seção circular constante. Na parte visível dos pilares da extremidade apresentam uma transversina de 25cmx90cm, na parte central, por sua vez, existem duas transversinas formando os contraventamentos, uma no topo e outra na seção média.

As fundações dos apoios extremos são variáveis, no lado de Sete Lagoas a parte visível é formada por blocos de concreto armado sobre estacas de metal, enquanto a parte central é composta por um bloco de concreto com seção poligonal, a qual está apoiada sobre 12 estacas metálicas trilho tipo TR57 soldadas em 3 unidades, conforme a figura 16.

Figura 16 – Estacas da fundação



Fonte: Autores, 2023

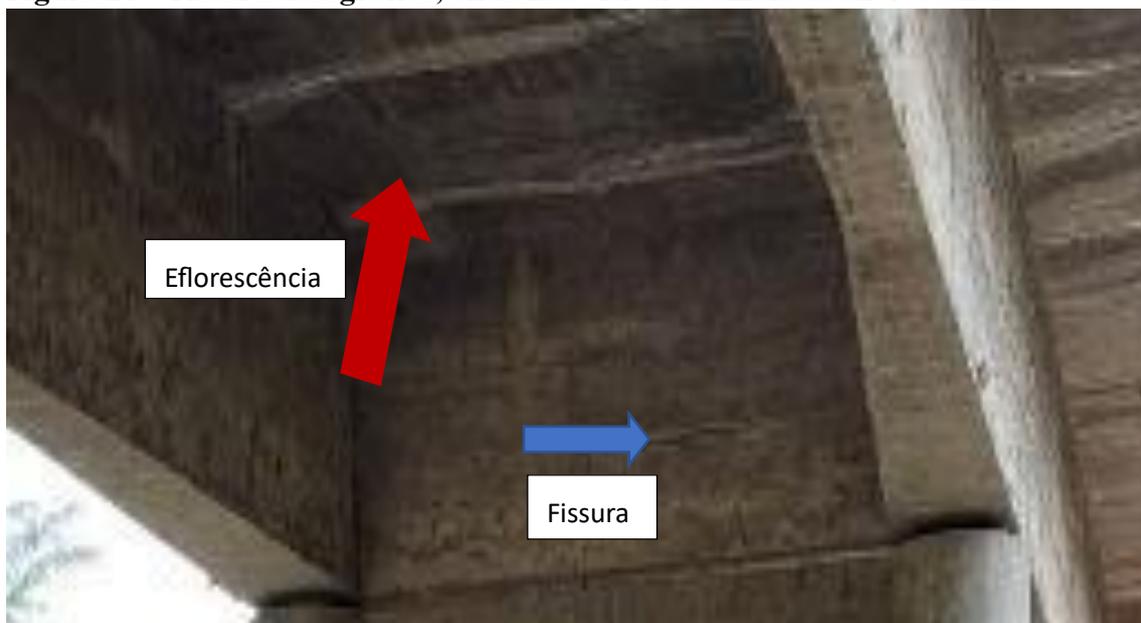
Foram realizados levantamentos fotográficos e vistorias visuais, foram identificadas as manifestações patológicas em sua estrutura. A seguir, são apresentadas as manifestações patológicas através de análise visual, a descrição das possíveis causas e a proposta da terapia.

As patologias mais comuns de serem encontradas em construções de concreto armado são infiltrações, manchas, bolor ou mofo e eflorescência (MIOTO, 2010).

Linhares (2012) afirma que a umidade ascensional acontece no concreto, por possuir canais capilares que permitem que a água atinja o interior das estruturas, essa condição de umidade bem como a umidade higroscópica ou residual, fazem parte das causas da eflorescência.

São encontradas na ponte Olga Augusta Teixeira no tabuleiro inferior próximo ao apoio central eflorescências, como indicado na figura 17 pela seta vermelha.

Figura 17 – Recorte fotográfico, onde fica visível os sinais de eflorescência



Fonte: Prefeitura Municipal de Cachoeira da Prata.

Como demonstrado na figura 17 acima pela seta azul, as fissuras têm maior destaque, devido a sua fácil identificação e a falsa sensação de alarde causada (SOUZA E RIPPER, 1998).

De acordo com Olivari (2003). As fissuras que são causadas por agentes mecânicos, é o ponto onde os esforços ultrapassam o cálculo da estrutura, sendo a fissura a forma de liberar essa tensão. Pode ser causado por elementos internos ou externos.

No que tange a estrutura, as fissuras podem demonstrar uma deficiência na armadura longitudinal negativa, por sobrecargas acima do previsto no cálculo estrutural, porém sem riscos estruturais severos, logo surge a necessidade de um acompanhamento recorrente para que não evolua com o tempo (SOUZA, 2019).

O tratamento mais utilizado para fissura ou trinca na estrutura é a injeção, essa técnica consiste em injetar um material adesivo de baixa viscosidade, que após estar endurecido permite recuperar as propriedades originais da estrutura (QUESADA, 2003). Conforme o projeto estrutural na figura 21, está previsto a aplicação da resina sikadur 52, para correção das patologias fissura e eflorescência

Já a corrosão é uma patologia causada por uma interação destrutiva do concreto com o meio ambiente, causando a perda parcial ou total das capacidades resistentes de um elemento. A corrosão pode ser causada por um processo físico (erosão, cavitação) ou químico (expansão e lixiviação) (HELENO, 1993).

Na ponte Olga Augusta Teixeira em questão, a corrosão se encontra nas estacas metálicas TR57 da infraestrutura devido ao acareamento do solo e os mesmos encontra-se expostos ao intemperismo, conforme a figura 18 a seguir.

Figura 18 – Fotografia das estacas em processo de corrosão



Fonte: Autores, 2023

Como uma proposta de terapia seriam necessários retirar todo o concreto deteriorado ao envolto a estrutura metálica, e aplicar um inibidor de corrosão, voltar a cobrir com camadas de concreto. Entretanto, no caso apresentado, por se tratar de uma área de difícil acesso e que sobrepõe a um rio, não é um tratamento possível.

Como já alegado, de forma genérica, anteriormente, a represa responsável pela contenção da água advinda dos afluentes do Ribeirão dos Macacos sofreu um aumento abrupto

de nível, resultando no rompimento da barragem. Com a quebra, a água se estendeu pelo percurso com alta pressão, submetendo os solos presentes em seu percurso ao processo de erosão, carregando todos os detritos compostos nos mesmos, conforme a figura 19. A falta de manutenção da ponte a tornou incapaz de suportar a tragédia ambiental, expondo suas estacas e submetendo as mesmas a um lento processo de auto consumação.

Figura 19 – Fotos da enchente de 21 de dezembro de 2011 em Cachoeira da Prata



Fonte: <https://cachoeiradaprata.blogspot.com>

Na análise visual da figura 20 do terreno pode-se notar a carreamento do solo e confinamento das fundações devido a erosão.

Figura 20 – Carreamento do solo e confinamento das fundações devido a erosão



Fonte: Prefeitura Municipal de Cachoeira da Prata

Erosão é o processo de desprendimento e arraste das partículas do solo causado pela água e pelo vento; entre os fatores que influenciam a magnitude do processo erosivo estão as chuvas, a infiltração, a topografia do terreno, a cobertura vegetal e a natureza do solo (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2005).

Na figura 20 foi possível analisar o processo erosivo que provocou o carreamento do solo e confinamento das fundações, onde apresentou problemas na linha de apoio central da

fundação, constituída por um par de pilares aporricados de concreto armado, apoiados sobre estacas metálicas. Estas estacas encontram-se expostas, com seus perfis metálicos aparentes em cerca de 2,00 m de altura.

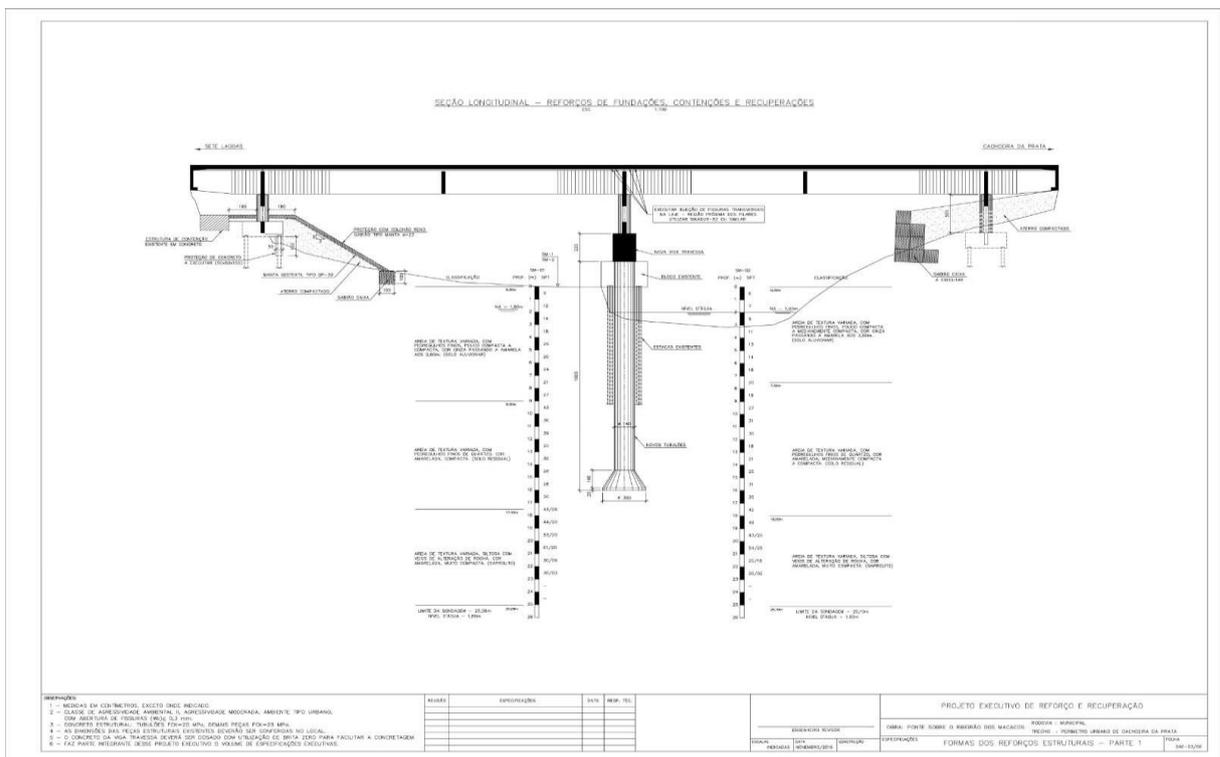
Próximo as estacas se encontram uma camada de concreto “novo” executado visando confina-las de modo a diminuir ou erradicar os riscos, entretanto, as medidas não surtiram o efeito desejado.

As estacas se encontram a 23m de profundidade do solo, e segundo a Defesa Civil Municipal não apresentava real risco de queda da estrutura, entretanto a manifestação patológica apresentava alta influência na resistência e, principalmente, durabilidade da obra.

Sendo assim houve a necessidade do reparo estrutural, para aumentar a capacidade de cargas e suportar maiores esforços conforme o projeto estrutural, figuras 21 a 26, feito pelo Engenheiro da prefeitura Municipal de Cachoeira da Prata – MG.

Na figura 21, mostra a seção longitudinal dos reforços de fundações, contenções e recuperações.

Figura 21 – Projeto do reforço estrutural (folha 1).



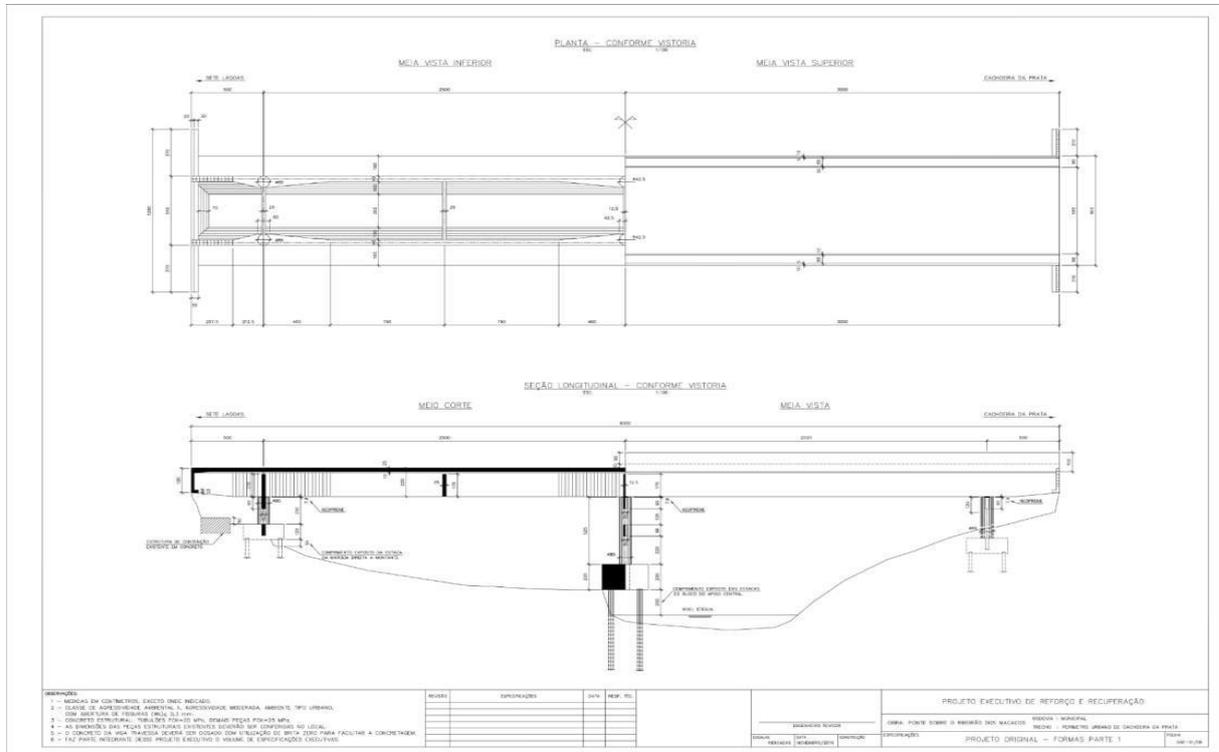
Fonte: Prefeitura Municipal de Cachoeira da Prata

Na figura 21 é demonstrado o projeto da seção longitudinal, reforço de fundação onde foi realizado dois tubulões pneumáticos que são elementos estruturais que proporcionam maior capacidade de carga e estabilidade para as fundações, especialmente em solos de baixa resistência. Esta técnica foi utilizada como uma solução eficaz para reforçar as fundações

existentes conforme autor Pereira (2016). Para a execução dos tubulões foram utilizados revestimentos de aço para a sua moldagem.

Na figura 22, mostra a seção longitudinal do projeto estrutural.

Figura 22 – Projeto do reforço estrutural (folha 2).

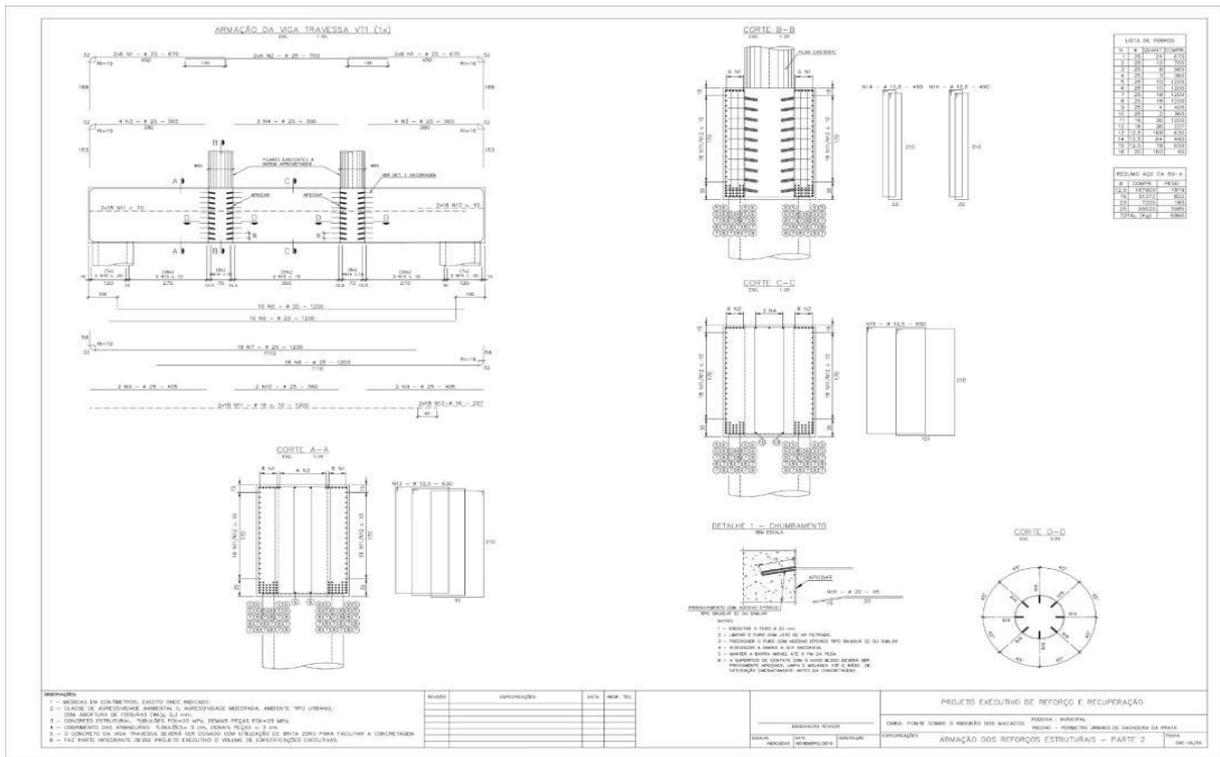


Fonte: Prefeitura Municipal de Cachoeira da Prata

Na figura 22 é apresentada a seção longitudinal do projeto, onde a armação foi projetada de acordo com o carregamento atuante e as normas e diretrizes técnicas da NBR -6118:2014. A necessidade de reforço de estrutura está geralmente associada a trabalhos sob uma construção existente ou na sua contiguidade imediata, que são as alterações nas condições de fronteira ou de vizinhança do terreno de fundação de um edifício, ou causada pela degradação no tempo das condições de fundação de uma estrutura já existente conforme A. J. Beber (2003).

Na figura 23, mostra as armações dos tubulões de reforços do pilar central.

Figura 26 – Projeto do reforço estrutural (folha 6).



Fonte: Prefeitura Municipal de Cachoeira da Prata

Na figura 26 demonstra o projeto de armação em aço da viga travessa detalhando a ferragem usada para combater as cargas axiais, sendo barras retas, curvas e estribos ancoradas a estrutura já existente através de grampos também em aço conforme a NBR-6118:2014.

Conforme o projeto estrutural foi previsto a recuperação e reforço da estrutura do pilar central através da implantação de uma nova viga travessa acima do bloco existente.

Esta nova viga travessa foi apoiada sobre uma nova fundação executada em tubulões a ar comprimido até uma profundidade estimada de 18,0 m.

Esta nova viga travessa foi ancorada nos pilares existentes através de chumbadores de forma que ao final da obra todos os esforços oriundos das solicitações de tráfego da ponte sejam suportados pela nova estrutura.

A seguir serão apresentadas as figuras 27 a 33 de todo o processo realizado do reforço estrutural.

A figura 27, representa o início da concretagem com o tubulão pneumático.

Figura 27 – Vista da fundação com os tubulões pneumáticos sendo executado.



Fonte: Prefeitura Municipal de Cachoeira da Prata.

A figura 28, mostra o tubulão pneumático com a camisa de aço, concretado.

Figura 28 – Vista da fundação com os tubulão pneumáticos sendo executado.



Fonte: Prefeitura Municipal de Cachoeira da Prata.

A figura 29, mostra a concretagem do centro do pilar da fundação.

Figura 29 – Vista da fundação com os tubulão pneumáticos sendo executado.



Fonte: Prefeitura Municipal de Cachoeira da Prata.

A figura 30 mostra os operários montando a armação da viga travessa.

Figura 30 – Vista da viga travessa sendo executada



Fonte: Prefeitura Municipal de Cachoeira da Prata.

A figura 31 mostra os operários, montando a forma para concretagem da viga travessa.

Figura 31 – Vista da viga travessa sendo executada



Fonte: Prefeitura Municipal de Cachoeira da Prata.

A figura 32 mostra a viga travessa já concretada.

Figura 32 – Vista da viga travessa sendo executada



Fonte: Prefeitura Municipal de Cachoeira da Prata.

A figura 33 a seguir mostra o reforço estrutural finalizado, no apoio central da ponte Olga Augusta Teixeira.

Figura 33 – Vista do reforço estrutural finalizado.



Fonte: Autores, 2023.

As figuras de 27 a 33 exibem evidências de que a execução do reforço estrutural está em conformidade com as diretrizes estabelecidas pela norma técnica brasileira NBR-6118:2014. Essas figuras demonstram que foram realizadas análises estruturais abrangendo a geometria dos elementos, como dimensões, configurações e posições, levando em conta os esforços atuantes na estrutura.

5. CONCLUSÃO

Uma Obra de Arte Especial necessita de manutenções constantes para que sua vida útil seja estendida e não apresente riscos de deformações que levam a estrutura ao estado limite útil de serviço para os indivíduos em contato com a construção. A partir disto, esse trabalho teve como objetivo central analisar causas e descrever patologias envolvidas na Ponte Olga Augusta Teixeira, localizada na cidade de Cachoeira da Prata/MG, principalmente no que tange os motivos de sua interdição parcial.

Diante dos levantamentos fotográficos e documentais foi diagnosticado a presença das patológicas: Eflorescência, Fissuras, Corrosão e Erosão.

Devido a erosão que provocou o carreamento do solo ocasionando o reforço estrutural na fundação, a qual sofreu grande piora após a falta de manutenção e a exposição das estacas.

A ponte Olga Augusta Teixeira passou por um reforço estrutural em suas fundações. Especificamente, o reforço da fundação na linha do pilar central foi realizado através da construção de dois tubulões pneumáticos interligados por uma viga travessa. Essa viga é conectada à estrutura existente por meio de conectores fixados nos pilares.

Os tubulões pneumáticos têm um diâmetro de 1,40 m e foram revestidos por uma camisa de concreto armado. Essa camisa tem duas funções principais: em primeiro lugar, proteger a escavação contra deslizamentos de terra; em segundo lugar, resistir aos esforços gerados pelo uso de ar comprimido durante a fase pneumática de construção, que ocorreu abaixo do nível do lençol freático.

O reforço estrutural da fundação foi executado conforme a NBR-6118:2014, proporcionando uma garantia de estabilidade e segurança tanto durante a fase da execução quanto para o uso futuro da ponte. Essas intervenções visam assegurar a integridade da estrutura, fortalecendo suas fundações para enfrentar os desafios impostos pelos intemperismos e pelas demandas de carga. Com o reforço estrutural adequado, a ponte Olga Augusto Teixeira está preparada para enfrentar com confiança as condições adversas e servir como um importante elo de transporte.

6. AGRADECIMENTOS

Ao final deste estudo, tomados por uma gratidão imensurável, nos alunos de Engenharia Civil desta instituição de ensino, agradecemos, primeiramente a Deus por nos conceder saúde e sabedoria para que conseguíssemos alcançar todos objetivos almejados durante nossa trajetória acadêmica.

Agradecemos a instituição Una de Sete lagoas, assim como todos os funcionários que direta ou indiretamente contribuíram para nossa formação profissional, em especial agradecemos a todo corpo docente, pelo amor a profissão que fez com que pudessem transmitir de maneira agradável e amorosa os seus valiosos conhecimentos. Dessa maneira nos proporcionando um grande crescimento pessoal e profissional.

Agradecemos a prefeitura de Cachoeira da Prata/ MG pela disponibilização do material necessário ao desenvolvimento desse trabalho.

À nossa orientadora Mestra Sheila Leal, somos gratos infimamente por todo ensinamento, orientação, dedicação, e paciência com o grupo no desenvolver desse trabalho.

Por fim, agradecemos aqueles que sempre tiveram segurando nossas mãos, e sonhando os nossos sonhos, aos nossos pais, avôs, filhos, cônjuges, amigos e companheiros de salas que fizemos ao longo dos cinco anos, sem vocês nada disso seria possível.

Miguel de Cervantes em Dom Quixote, já dizia “Quando se sonha sozinho é apenas um sonho, quando se sonha junto é o começo da realidade”, a todos o nosso “MUITO OBRIGADO” por nos ajudar a transformar nossos sonhos em realidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. J. BEBER, "**Comportamento estrutural de vigas de concreto armado reforçadas com compósitos de fibra de carbono,**" 2003.

ALMAGUER, M., GRANADOS, I., & PAREDES, C. **High-strength concrete repair of reinforced concrete slabs. International Journal of Concrete Structures and Materials.** 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674:2019 - Manutenção de edificações – procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto - procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-6122: 2019 - Norma de fundação.** Disponível em:<<https://docentes.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios>>. Acesso em 20 jun. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7188:2013 - Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas.** Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9452:2016 - Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

BASTOS, P. S. **Fundamentos do Concreto Armado.** Disponível em: < www.feb.unesp.br/pbastos >. Bauru, 2019.

B. B. L. SILVA, "**Recuperação e Reforço de Estruturas em Concreto: Estudo de caso do reforço estrutural realizado no Hotel Café Royal em Varginha/MG,**" 2017.

BERTI, J. V.; JÚNIOR, G. P. D. S.; AKASAKI, J. L. **Estudo da origem, sintomas e incidências de manifestações patológicas do concreto.** Revista Científica ANAP Brasil, v. 12, p. 26, 2019.

BERTONI, J.; LOMBARDI, N. F. **Conservação do solo**. 5. ed. São Paulo: Ícone, 2005.

BOLINA, F.; TUTIKIAN, B; HELENE, P. **Patologia de Estruturas**, Editora Oficina de Textos, 2019. Disponível em: <https://www.google.com.br/books/edition/Patologia_de_estruturas/gbEDwAAQBAJhl=ptBR&gbpv=1&dq=BOLINA,+DE.%3B+TUTIKIAN,+B.%3B+HELENE,+P.+PATOLOGI+DE+ESTRUTURAS,+2019&printsec=frontcover>. Acesso em 20 jun. 2023.

BUI, H. H. et al. **Uma investigação micromecânica para os efeitos do tamanho dos poros e sua distribuição em concreto de espuma geopolímero sob compressão uniaxial**. 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013794418310774>>. Acesso em 20 jun. 2023.

Bui, H. H., Nguyen, D. T., & Tran, T. N. L. **Replacement of damaged precast concrete floor slabs with precast prestressed concrete beam**. *Journal of Civil Engineering and Management*, 2019.

CALVACANTE, G. H. F. **Pontes Em Concreto Armado: Análise E Dimensionamento**. São Paulo: Blucher, 2019.

COOPER, D. R.; SCHNDLER, P. S. **Métodos de Pesquisa em Administração**. 2016. Disponível em:< [https://books.google.com.br/https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=3wdDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=Cooper+e+Schindler+\(2016\)&ots=X6sFAP0c3z&sig=FdsC0fwo2ISL9ZFTXILd9cP1vEg#v=onepage&q=Cooper%20e%20Schindler%20\(2016\)&f=false](https://books.google.com.br/https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=3wdDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=Cooper+e+Schindler+(2016)&ots=X6sFAP0c3z&sig=FdsC0fwo2ISL9ZFTXILd9cP1vEg#v=onepage&q=Cooper%20e%20Schindler%20(2016)&f=false)>. Acesso em 20 jun. 2023.

“ENGINEERING STRUCTURES” 2018. **Structural Health Monitoring of Large Civil Engineering Structures**. Disponível em:<<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=8IVKDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR13&dq=%22Engineering+Structures%22+2018&ots>>

=MMURbAb4xz&sig=HzhKoqOoyFP8JGN2sQ6keNfO8#v=onepage&q=%22Engineering%20Structures%22%202018&f=false>. Acesso 20 jun. 2023.

Fioriti (2016). **Avaliação De Manifestações Patológicas Identificadas Nas Estruturas Em Madeira Do Centro De Eventos Ibc (Instituto Brasileiro Do Café)**. Disponível em:<<https://revistas.ufg.br/reec/article/view/39267/pdf>>. Acesso 20 jun. 2023.

GENTIL, V. **Corrosão**. 7º Edição, Rio de Janeiro: GEN, 2021.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de Pesquisa** – Porto Alegre: Editora UFRGS, 2009.

GIASSI FERRO E AÇO. **Ponte metálica [Fotografia]**. Recuperado de <<https://giassiferroeaco.com.br/ponte-eads-um-marco-para-o-aco/>>. Acesso 20 jun. 2023.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

HELENO, P. R. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**, 1993.

LINHARES, B. et al. **Umidade em Edifícios Intervenções**. 28 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 2012.

MARINHO, V. **Diferenças na aplicação de concretos armados e protendidos na construção de pontes, 2022**. Disponível em:< <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/25484/1/TCC%20%20VERS%C3%83O%20FINAL.pdf>>. Acesso 20 jun. 2023.

Mascarenhas, Fernando Júnior Resende et al. **“Patologias e Inspeção de Pontes em Concreto Armado: Estudo de Caso da Ponte Governador Magalhães Pinto.”** (2019).

Medeiros, L. G., Silva, G. O., & Vasconcelos, W. L. **Epoxy injection technique to repair cracks in reinforced concrete structures**. Concrete Technology, 2018.

MENDES,2017. **A Análise De Conteúdo Como Uma Metodologia**. Disponível em: <https://publicacoes.fcc.org.br/cp/article/view/3988/pdf>. Acesso em 20 jun. 2023.

MIOTO, D. **Estudo de caso de patologias observadas em edificação escolar estadual no Município de Pato Branco-PR**. 2010. Disponível em:<<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/34353/MIOTTO,%20DANIELA.pdf?sequence=1> >. Acesso 20 jun. 2023.

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

PEREIRA, C. **Fundações Profundas**. Escola Engenharia, 2016. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/fundacoes-profundas/>>. Acesso 20 jun. 2023.

PEREIRA, C. **Tubulão a ar comprimido**. Escola Engenharia, 2015. Disponível em:<<https://www.escolaengenharia.com.br/tubulao-a-ar-comprimido/>>. Acesso 20 jun. 2023.

QUESADA, G., **Procedimento de Reparo**. Em: Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto. Red Rehabilitar editores. São Paulo, 2003.

SOUZA, J.C, "**O que as rachaduras nas estruturas de concreto querem dizer?**" 2019. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/879222/o-que-as-rachaduras-nas-estruturas-de-concreto-querem-dizer>> ISSN 0719-8906> Acesso 20 jun. 2023.

SOUZA; RIPPER. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**, 1998.

VALERIANO. **Pontes**. 2021. Disponível em:< ofitexto.arquivos.s3.amazonaws.com/degustação/pontes_deg.pdf>. Acesso em 20 jun. 2023.

VASCONCELOS, Eduardo Alves. 2018. Disponível em:<periodicos.unifap.br/index.php/linguasindigenas/article/view/5962/pdf> Acesso em 20 jun. 2023.

VITORIO, J. **Pontes E Passarelas Metálicas E Mistas Fundamentos E Tópicos De Conservação, Recuperação E Reforço Estrutural.** 2022. Disponível em: <https://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Apostila_Pontes_Passarelas_Metalicas_e_Mistas.pdf>. Acesso em 20 jun. 2023.

VITORIO, A. **Fundamentos Da Patologia Das Estruturas Nas Perícias De Engenharia.** Disponível em:<http://www.vitorioemelo.com.br/publicacoes/Fundamentos_Estruturas_Pericias_Engenharia.pdf> Acesso em 20 jun. 2023.

WANG, Y. *et al.* **Reconstruções geológicas dos blocos do Leste Asiático: do desmembramento de Rodínia à montagem da Pangeia.** 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0012825218305701>. Acesso em 20 jun. 2023.

Wang, Y., Wang, A., Liu, C., & Liu, X. **Experimental and numerical analysis of stainless steel fiber-reinforced polymer (SSFRP) reinforced concrete beams.** *Construction and Building Materials*, 2018.

ZHOU, K., LI, Y., LI, B., GAO, Y., & ZHAO, X. **Experimental investigation on concretefilled steel tubular columns reinforced with carbon fiber-reinforced polymer no sheets.** *Thin-Walled Structures*, 2018.