

PATOLOGIAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO COM APLICAÇÃO EM JUIZ DE FORA - MG

PATHOLOGIES IN REINFORCED CONCRETE BRIDGES APPLICATION IN JUIZ DE FORA -MG

Geraldo Aleixo da Silva¹

Liercio Feital Motta Junior²

RESUMO

As pontes desempenham um papel crucial, tanto na arquitetura quanto na economia, servindo como importantes elementos de integração entre regiões. Ao mesmo tempo, agregam valor arquitetônico às localidades onde se encontram. As Obras de Arte Especiais, como são conhecidas as pontes, constituem um patrimônio público valioso para o desenvolvimento econômico e social da nação. Contudo, a conservação dessas estruturas ainda carece de maior atenção e desenvolvimento. A falta de uma rotina eficaz de manutenção pode comprometer o funcionamento delas, resultando em gastos desnecessários para reparo ou até mesmo em novas construções. Muitas pontes não apresentam as informações necessárias sobre seu projeto e construção, a ausência de catalogação é um fator crítico, falta de registros adequados de manutenção das estruturas, incluindo dados sobre conservação. No Brasil, as pontes de concreto armado são predominantes, o que torna fundamental a avaliação de fatores que podem levar à deterioração dessas estruturas, visando garantir sua segurança e durabilidade. O objetivo deste trabalho é identificar as principais patologias em pontes de concreto armado em Juiz de Fora, com o intuito de apontar tais patologias que afetem as estruturas das pontes centrais sobre o Rio Paraibuna. A metodologia utilizada no presente trabalho inclui uma inspeção visual das pontes de concreto armado na região central de Juiz de Fora, especialmente aquelas sobre o rio Paraibuna, com registro fotográfico das patologias identificadas. A avaliação da parte inferior das pontes foi realizada de acordo com a acessibilidade.

Palavras - chave: Pontes. Inspeção. Patologias.

¹ Rede de Ensino Doctum – Campus Dom Orione – aluno.geraldo.aleixo@doctum.edu.br – graduando em Engenharia Civil

² Rede de Ensino Doctum – Campus Dom Orione – prof.liercio.junior@doctum.edu.br – professor orientador

ABSTRACT

Bridges play a crucial role in both architecture and the economy, serving as important elements of integration between regions. At the same time, they add architectural value to the locations where they are located. Special Works of Art, as bridges are known, constitute a valuable public heritage for the economic and social development of the nation. However, the conservation of these structures still requires greater attention and development. The lack of an effective maintenance routine can compromise their functioning, resulting in unnecessary expenses for repairs or even new constructions. Many bridges do not present the necessary information about their design and construction; the lack of cataloging is a critical factor, as is the lack of adequate maintenance records of the structures, including conservation data. In Brazil, reinforced concrete bridges are predominant, which makes it essential to evaluate the factors that can lead to the deterioration of these structures, in order to guarantee their safety and durability. The objective of this work is to identify the main pathologies in reinforced concrete bridges in Juiz de Fora, with the aim of pointing out such pathologies that affect the structures of the central bridges over the Paraibuna River. The methodology used in this study includes a visual inspection of reinforced concrete bridges in the central region of Juiz de Fora, especially those over the Paraibuna River, with photographic records of the pathologies identified. The evaluation of the lower part of the bridges was carried out according to accessibility.

Keywords: Bridges. Inspection. Pathologies.

1 – INTRODUÇÃO

As pontes têm grande importância para a arquitetura e economia, tendo como principal função a integração de regiões, além de proporcionarem um marco arquitetônico na região onde estão instaladas. (COUTO et al. 2013)

As Obras de Arte Especiais, como são conhecidas as pontes das rodovias federais, estaduais e municipais do Brasil, fazem parte de um acervo público de valor inigualável, devido à importância que têm para o desenvolvimento econômico e social da nação. A conservação destes bens no Brasil ainda é uma ideia a ser melhor desenvolvida; muita energia, tempo e recursos são gastos na construção de bens públicos, mas a consciência mais apurada acerca da necessidade de uma rotina de manutenção preventiva ainda é incipiente. (VITORIO, 2007)

De acordo com Mendes (2009), a maioria das pontes e da malha rodoviária federal brasileira são antigas - com mais de 40 anos - e as pontes de concreto armado muitas das vezes não contém informações que são relevantes, tais como: ano de construção, tipo de projeto (classe), tipo de estrutura etc.

Na visão de Guimarães et al (2020) a inexistência de informações das estruturas ocorre em virtude da ausência de catalogação adequada e de registros sobre quando ocorre a manutenção (substituição, restauração e reabilitação), a conservação e ajustamento ao volume de tráfego. Para obtenção sobre a época de projeto e a classe é necessário a utilização do Manual de Inspeções de Pontes Rodoviárias (DNIT, 2004), o qual indica as seções transversais

Para Vasconcelos (2018) as pontes de concreto armado predominam entre os tipos de pontes construídas no Brasil; tendo isto como premissa, torna-se importante avaliar os possíveis fatores de deterioração destes elementos, em prol de garantir a segurança necessária e a durabilidade de projeto dos empreendimentos construídos. O tráfego ocorre de forma natural nestas estruturas, não observando as condições de deterioração das mesmas, apenas o estado do pavimento, o que leva à necessidade de inspeções dos elementos estruturais componentes das pontes, a fim de determinar seus estados de utilização, mantendo os padrões de funcionalidade e segurança.

O objetivo deste trabalho é identificar as principais patologias em pontes de concreto armado em Juiz de Fora, com o intuito de apontar tais patologias que afetem as estruturas das pontes centrais sobre o Rio Paraibuna.

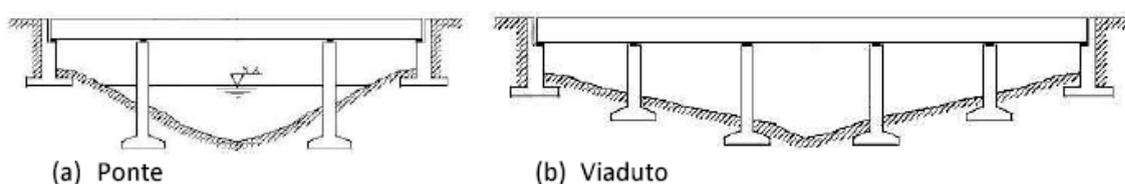
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica aborda o tema pontes e posteriormente patologias com suas principais manifestações.

2.1 - PONTES

Pontes ou viadutos são elementos rodoviários e ferroviários utilizados para transpor obstáculos naturais ou até aqueles criados pelo homem, com o objetivo de dar continuidade a esta via de comunicação. Quando o obstáculo a ser transposto é um rio, chama-se ponte; se for um vale ou outra via, denomina-se viaduto, conforme ilustrado (Figura 1) (GAMA, 2014; MARCHETTI, 2008).

Figura 1 - Esquema ilustrativo de pontes e viadutos



Fonte: EL DEBS E TAKEYA (2007)

As Obras de Arte Especiais são definidas como construções de grande porte e com infraestrutura designada a dar robustez às redes viárias, seja para circulação de pessoas, produtos ou veículos. Segundo a ABNT NBR 9452 (2016), as pontes e os viadutos, assim como os pontilhões e as passarelas, se enquadram nessa classificação.

A ponte mais antiga do mundo – Ponte de Monier, na França - foi construída em 1875, utilizando a técnica e o material do cimento armado (Figura 2). Segundo Magalhães (2017), a técnica do cimento armado foi patenteada pelo francês Joseph Monier (1823-1906). Esta técnica unia armações de ferro, cerâmicas e pedras à argamassa composta por cimento. Anos depois, a partir de 1892, surgiu a nomenclatura “concreto armado”, que foi difundida no século XX.

Figura 2 – Ponte de Monier (França)



Fonte: (CARDOSO, 2022)

As pontes de laje maciça ou vazada, são as que não possuem vigas, podendo ser dotadas de um sistema estrutural simplesmente apoiado ou contínuo, tendo como característica resistência satisfatória à torção e boa distribuição de esforços. Estas pontes em lajes são usadas normalmente para pequenos vãos em torno de 20m, e 30m para as contínuas, adotando mísulas neste caso (SANCHEZ;2017)

De acordo com Vasconcelos (2018) as pontes de concreto em vigas são um dos tipos mais simples de estrutura, sendo apropriadas para uma faixa de vãos que varia entre 10 a 100 metros, ou mais; sendo, para o menor, os pontilhões de concreto armado; para os de mais de 100 metros, em vigas protendidas de altura variável. Para o caso de vãos maiores, a metodologia de construção atende a necessidade que estas estruturas têm de grande rigidez à torção e os valores altos que os momentos negativos requerem; para os vãos extensos é necessária a admissão de estruturas celulares. Para vãos limitados a 50 metros com moldagem no local e cimbramento

(escoramento) convencionam-se a utilização de estruturas em vigas, e até cerca de 40 metros para estruturas pré-moldadas, lançadas por treliça.

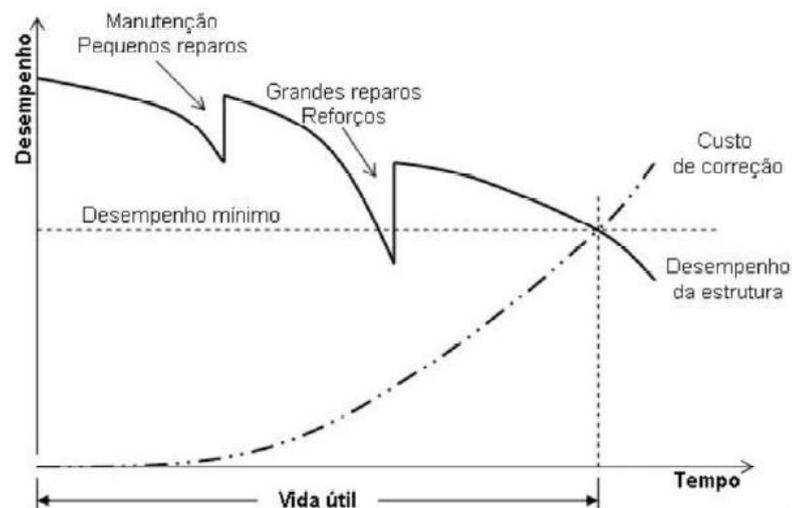
2.2 - PATOLOGIAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO

A terminologia de patologia advém das palavras gregas *pathos* (sofrimento, doença) e *logia* (ciência, estudo), que têm como significado o “estudo das doenças”; no entanto pode ser compreendido como o que desvia da condição de normalidade ou o esperado de algo, ou, até mesmo, o que confronta com a integridade ou o comportamento comum do elemento (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019).

Devido a falta de programas preventivos de manutenção, aliada ao stress causado na estrutura pela utilização das pontes de concreto armado, tais elementos estão sujeitos à ação de diversas patologias, que, se não forem tratadas de forma precoce, podem ocasionar o envelhecimento e deterioração, comprometendo a sua utilização e a vida útil. (CARDOSO, 2022).

Por entender que os procedimentos de manutenção são de alto custo, eles são deixados de lado e não são aplicados em pontes e edificações, tendo como consequência a deterioração prematura das estruturas e o surgimento de patologias (MASCARENHAS et al., 2019; SARTORTI, 2008). Quando realizados em intervalos de tempo adequados, os procedimentos de manutenção podem garantir o desempenho mínimo da estrutura durante a sua vida útil, conforme demonstrado na Figura 3.

Figura 3 - Efeitos dos procedimentos de manutenção no desempenho da estrutura ao longo de sua vida útil.

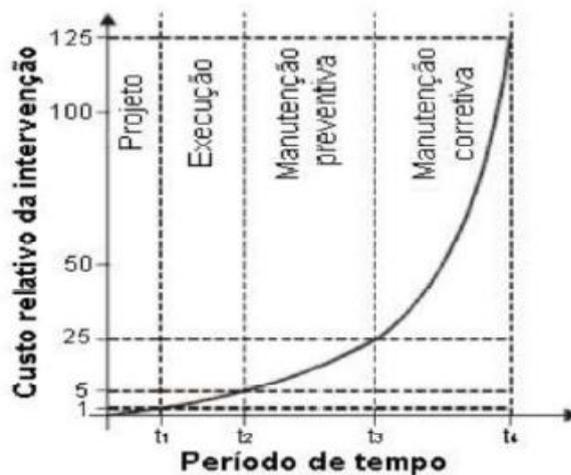


Fonte: (CARDOSO, 2022)

Observa-se que intervenções na manutenção promovem um prolongamento da vida útil e da segurança da estrutura da ponte

A Lei de Sitter ou Lei dos 5 (Figura 4) evidencia que os custos de manutenção evoluem de forma progressiva; se previstos na etapa de projeto os prejuízos podem ser minimizados. Os custos, como demonstrado na figura 4, quando detectados de forma tardia, tendem a se tornar cada vez maiores, seja pela falta ou mesmo por manutenções arrastadas. (CAVALLI; DOTAF, 2008; HELENE, 1992).

Figura 4 - Lei de Sitter ou Lei dos 5



Fonte: (CARDOSO, 2022)

A seguir serão apresentadas as principais patologias de pontes de concreto armado.

2.3 - PRINCIPAIS PATOLOGIAS EM PONTES E VIADUTOS DE CONCRETO ARMADO

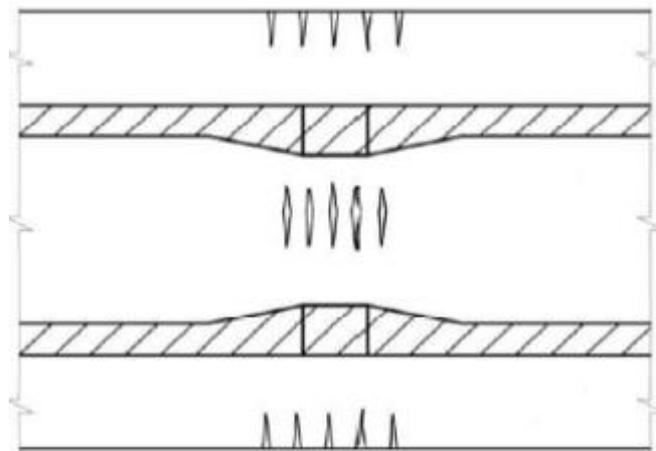
2.3.1 – Fissuração

As fissuras indiciam que a estrutura está reduzindo sua durabilidade e nível de segurança, comprometendo sua utilização tanto na redução da vida útil quanto no prejuízo ao seu funcionamento e estética, podendo ocasionar a corrosão das armaduras em ambientes agressivos. A fissuração do concreto é um fenômeno que ocorre praticamente nas zonas submetidas aos esforços de tração devido à baixa resistência à tração do concreto e cujo panorama de fissuração sofre influência da taxa de armadura existente na região. (CARDOSO, 2022)

Algumas estruturas de pontes apresentam fissuras nas lajes nas regiões do engrossamento das longarinas (região de mudança de rigidez da seção do tabuleiro,

passando de uma seção mais rígida para uma menos rígida) devido à falta de armadura longitudinal nas lajes ou à erros nos processos de concretagem, conforme a Figura 5. Associando-se essa descontinuidade com o grande comprimento do tabuleiro e, em alguns casos, com a ausência de aparelhos de apoios móveis, tem-se que a possível causa do surgimento dessas fissuras seria a variação de temperatura no tabuleiro, o qual não possui juntas de dilatação. (CARDOSO, 2022)

Figura 5 - Fissuras na laje próxima aos apoios



Fonte: VITORIO (2007)

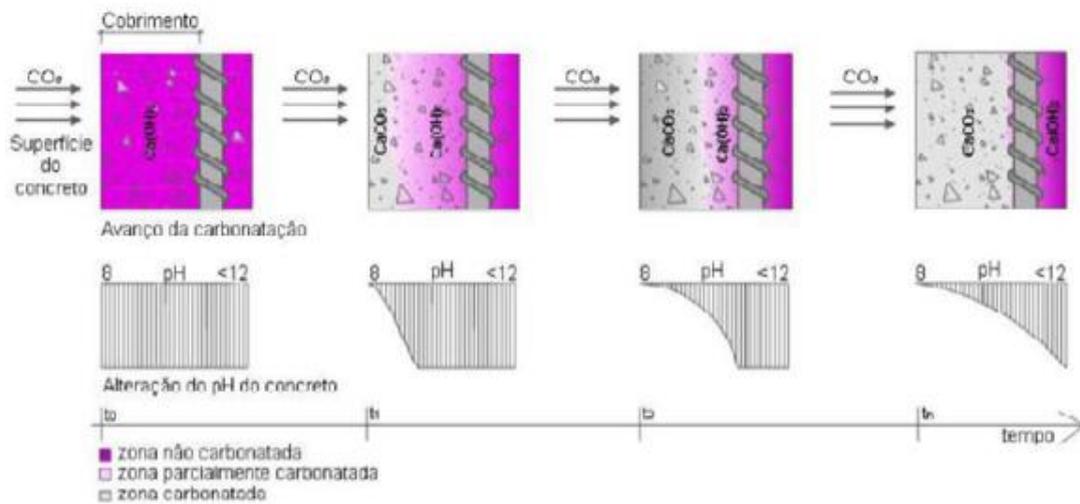
2.3.2 – Carbonatação

O processo de carbonatação tem incidência com maior rapidez em estruturas de concretos com baixa qualidade, também em ambientes com umidade relativa variando de 50 a 70% (HELENE, 2008)

De acordo com Yazigi (2008), a carbonatação do concreto trata-se de um processo de redução de alcalinidade causado pela presença de CO_2 durante a hidratação do cimento; este processo aumenta pela temperatura e pelas condições de umidade internas e superficiais no concreto.

A carbonatação ocorre naturalmente nas estruturas de concreto, promovendo mudanças na microestrutura e uma redução da alcalinidade (Figura 6), o que pode levar à despassivação das armaduras, deixando-as propensas à corrosão. Consiste em um fenômeno físico-químico entre o gás carbônico (CO_2) presente na atmosfera e os produtos da hidratação do cimento, resultando, principalmente na precipitação do carbonato de cálcio (CaCO_3) (CARDOSO, 2022).

Figura 6 Avanço da frente de carbonatação e alteração do pH do concreto.



Fonte: POSSAN (2010)

2.3.3 – Corrosão das armaduras

A corrosão das armaduras (Figura 7) é o principal responsável pela deterioração precoce das estruturas de concreto armado, pois tem como consequência direta a redução da seção das armaduras e, conseqüentemente, da resistência mecânica dos elementos. Os produtos da corrosão geram tensões internas e podem promover a perda de aderência entre o aço e o concreto e a fissuração e deslocamento do concreto de cobrimento (CARDOSO, 2022)

Figura 7 - Armadura exposta e corroída



Fonte: (CARDOSO, 2022)

Lapa (2008) afirma que a corrosão pode ser definida como sendo a deterioração do material da estrutura através de reações químicas ou eletroquímicas, oriundas do ambiente a qual está exposta, aliada ou não a esforços mecânicos. No concreto armado, o estudo e o tratamento desta patologia são importantes tanto para o aço quanto para o concreto, de forma que as ações do tipo químico são as maiores causadoras de prejuízo.

Segundo Silva (2007), a carbonatação é uma das causas que contribuem para o surgimento da corrosão, a qual reduz o pH do concreto e desloca a armadura, desencadeando o processo de corrosão juntamente com ambiente com umidade, com isso comprometendo a segurança e a durabilidade da estrutura.

2.3.4 – Lixiviação e eflorescência

A lixiviação consiste na dissolução e transporte do hidróxido de cálcio $[Ca(OH)_2]$, produto de hidratação da pasta de cimento endurecida, acarretando a diminuição do pH do concreto e na decomposição de outros hidratos. Conseqüentemente, ocorre o aumento da porosidade do concreto que, com o tempo, se desintegra. Esse processo ocorre devido ao ataque de águas puras ou com poucas impurezas, águas pantanosas, subterrâneas, profundas ou ácidas, sempre que puderem circular e renovar-se (CARDOSO, 2022).

Segundo Vasconcelos (2018), em pontes de concreto, a lixiviação ocorre com frequência por causa do contato direto da estrutura com a água em ambientes agressivos, desta forma este processo é caracterizado pela dissolução e arraste do hidróxido de cálcio $Ca(OH)_2$, presente na pasta de cimento portland endurecido (liberado na hidratação), que vai rumo a superfície externa do elemento através da passagem de água pela estrutura. Esta ação faz com que haja reação química de remoção destes compostos hidratados, com isso, há redução do pH do concreto.

As eflorescências (Figura 8), produto da lixiviação, são depósitos salinos com aparência esbranquiçada, formados na superfície da estrutura, podendo causar prejuízos estéticos e o surgimento de manifestações patológicas mais sérias.

Figura 8 – Eflorescências



Fonte: Vasconcelos (2018)

2.3.5 – Desagregação do concreto

A desagregação ocorre quando o cimento perde o caráter de aglomerante, fazendo com isso que parte dos agregados fiquem livres da união que a pasta de cimento proporciona. Este fenômeno inicia na superfície dos elementos de concreto gerando mudança de cor, fissuração e desarranjo das camadas externas, por causa da variação de volume, o que desintegra a massa da estrutura, trazendo deficiência na coesão e, conseqüentemente, queda na resistência. A melhor forma para prevenir este tipo de problema é, durante a fase de execução, utilizar um concreto muito compacto, com traço bem elaborado, cimento adequado e um bom processo de vibração do concreto. VASCONCELOS (2018)

Desagregação (Figura 9) também pode ser definida como a separação física de placas ou fatias de concreto e, na maioria das vezes, perda também da capacidade ligante entre os agregados e a pasta de cimento. Conseqüentemente, o elemento que apresenta essa patologia perde, localizadamente ou globalmente, a capacidade de resistir aos esforços que solicitam (CARDOSO, 2022).

Figura 9 - Desagregação do concreto em pilar de sustentação de uma ponte.



Fonte: (CARDOSO, 2022)

3 – METODOLOGIA

A presente pesquisa possui natureza aplicada, de acordo com a abordagem do problema ela é qualitativa, mas do ponto de vista de seus objetivos será exploratória; já dos procedimentos técnicos de obtenção de dados enquadra em pesquisa bibliográfica e em estudo de caso.

Para a revisão de literatura foram pesquisados artigos no Google acadêmico, e selecionados 15 artigos com temas associados a patologias em pontes de concreto armado.

Para o trabalho de campo foi realizada uma inspeção visual, com registro fotográfico, nas pontes de concreto armado da região central de Juiz de Fora sobre o rio Paraibuna; a avaliação da parte inferior foi realizada de acordo com as condições de acesso.

4 – INSPEÇÃO DAS PONTES EM JUIZ DE FORA - MG

Juiz de Fora é uma cidade no interior do estado de Minas Gerais. Localiza-se na Zona da Mata Mineira, distante da capital Belo Horizonte cerca de 283 km. Sua

população foi estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano de 2024 em 565.764 habitantes, tendo como principal rio que corta a cidade o rio Paraibuna. (WIKIPEDIA)

Uma característica da urbanização de Juiz de Fora é que teve início às margens do rio Paraibuna, que atravessa a cidade. Este possui 18 elementos que são utilizados para fazer a transposição entre suas margens, dentre elas as pontes de concreto armado que foram objetos de inspeção e definidos de acordo com a classificação apresentada por Figueiredo e Santos, 2024.

Abaixo, no quadro 1, listadas as pontes selecionadas para inspeção:

Quadro1 – Classificação das pontes

Ponte	Comprimento (m)	Material
Remonta	45,00	Concreto armado
Krambeck	47,50	Concreto armado
Engenheiro Daniel Alberto Rigoli Botta	47,50	Concreto armado
Pedro Marques	64,53	Concreto armado
Elson Duarte	49,95	Concreto armado
Jose Marcio de Paula Souza	49,11	Concreto armado
Arthur Bernardes	47,51	Concreto armado
Antônio Carlos Otto	47,57	Concreto armado
Empav	59,00	Concreto armado

Fonte: adaptado de Figueiredo e Santos, (2024)

4.1 - Ponte da Remonta

A figura 10 ilustra a ponte da Remonta, situada no bairro Barbosa Lage, que dá acesso à represa João Penido, Remonta e campo de instrução do exército.

Figura 10 – Ponte da Remonta



Fonte: Figueiredo e Santos, 2024

É uma ponte em viga de concreto armado e sua construção foi realizada com cimbramento fixo por moldagem in loco. É considerada reto ortogonal quanto ao seu desenvolvimento planimétrico e horizontal quanto ao seu desenvolvimento altimétrico.

4.2 - Ponte do Krambeck

A figura 11 ilustra a ponte do Krambeck situada em frente à estação rodoviária, que permite o acesso à mata do Krambeck; possui restrição de acesso.

Figura 11 – Ponte do Krambeck



Fonte: Figueiredo e Santos, 2024

É uma ponte em viga de concreto armado e sua construção foi realizada com cimbramento fixo por moldagem no local, tendo sua planimetria como reta ortogonal e sua altimetria sendo horizontal.

4.3 - Ponte Engenheiro Daniel Alberto Rigoli Botta

A figura 12 ilustra a ponte Engenheiro Daniel Alberto Rigoli Botta, situada em Santa Terezinha, na avenida Rui Barbosa, que permite o acesso para cidades de Ubá, Viçosa, aeroporto Presidente Itamar Franco

Figura 12 – Ponte Engenheiro Daniel Alberto Rigoli Botta



Fonte: Figueiredo e Santos, 2024

O método de construção desta ponte de concreto armado foi por cimbramento com moldagem no local, com planimetria reta ortogonal e altimetria horizontal.

4.4 - Ponte Pedro Marques

A figura 13 ilustra a ponte Pedro Marques, situada no bairro Manoel Honorio, localizada na principal avenida da cidade - a Rio Branco - que viabiliza o acesso para as cidades de Ubá, Viçosa, Goianá e aeroporto Presidente Itamar Franco

Figura 13 – Ponte Pedro Marques



Fonte: Figueiredo e Santos, 2024

É uma ponte rodoviária, feita em concreto armado com cimbramento fixo moldado no local, seu desenvolvimento planimétrico sendo reta esconsa e o altimétrico horizontal.

4.5 - Ponte Elson Duarte

A figura 14 ilustra a ponte Elson Duarte, situada no bairro Ladeira, localizada na Avenida Brasil.

Figura 14 – Ponte Elson Duarte



Fonte: Figueiredo e Santos, 2024

É uma ponte rodoviária, construída em concreto armado com cimbramento fixo moldado no local, seu desenvolvimento planimétrico sendo reta ortogonal e o altimétrico horizontal.

4.6 - Ponte Jose Marcio de Paula Souza

A figura 15 ilustra a ponte Jose Marcio de Paula Souza, situada no bairro Vitorino Braga, localizada na rua Benjamim Constant.

Figura 15 – Ponte Jose Marcio de Paula Souza



Fonte: Figueiredo e Santos, 2024

Essa ponte é classificada como rodoviária, fabricada em viga de concreto armado; sua construção foi com cimbramento fixo moldado no local, quanto a sua planimetria é reta esconsa e altimetria considerada horizontal

4.7 - Ponte Arthur Bernardes

A figura 16 ilustra a ponte Arthur Bernardes, localizada na rua Halfeld com Avenida Brasil.

Figura 16 – Ponte Arthur Bernardes



Fonte: Figueiredo e Santos, 2024

Essa ponte possui natureza de tráfego como rodoviário, material da sua superestrutura é em concreto armado e seu método construtivo por cimbramento fixo moldado no local, seu desenvolvimento planimétrico é em reta ortogonal e altimétrico horizontal.

4.8 - Ponte Antônio Carlos Otto

A figura 17 ilustra a ponte Antônio Carlos Otto situada no centro de Juiz de Fora

Figura 17 – Ponte Antônio Carlos Otto



Fonte: Figueiredo e Santos, 2024

Esta ponte possui tráfego rodoviário, sendo sua superestrutura de concreto armado executado com cimbramento fixo moldado no local, quanto a altimetria é horizontal e a planimetria considerada reta esconsa.

4.9 - Ponte em frente a Empav

A figura 18 ilustra a ponte em frente a Empav situada no bairro Poço Rico, localizada na Avenida Brasil.

Figura 18 – Ponte em frente a Empav



Fonte: Figueiredo e Santos, 2024

É uma ponte com tráfego rodoviário com seu sistema estrutural em viga de concreto armado, construído por cimbramento fixo moldado no local; quanto ao seu desenvolvimento altimétrico é horizontal e planimétrico é curva.

5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para realização da parte prática foram seguidos os procedimentos descritos na norma DNIT 010/2004, em alguns pontos das pontes não foi possível realizar a inspeção devido à falta de recursos e equipamentos especiais; principalmente a parte sob o leito do rio. Na parte em que o acesso foi possível, foram identificadas patologias em vários elementos, tais como: vigas longarinas e transversinas, lajes e pilares, como pode ser visto a seguir

5.1 – Ponte da Remonta

Nesta ponte, na parte superior, foi identificado o guarda corpo avariado (figura 19); já na região inferior, ou seja, por baixo da ponte, foi possível identificar algumas patologias: fissuras, corrosão de armadura e desagregação do concreto.

Figura 19 – Guarda corpo avariado



Fonte: do Autor(2024)

Observa-se na figura avaria causada por possível colisão veicular. Na figura 20 é possível observar fissuras na parte lateral da estrutura

Figura 20 – Fissuras



Fonte: do Autor(2024)

A figura acima ilustra as fissuras na estrutura da viga; são várias fissuras, algumas fazendo o contorno da viga.

A figura 21 mostra desagregação do concreto na parte inferior da viga.

Figura 21 – Desagregação do concreto



Fonte: do Autor(2024)

A figura 21 ilustra a patologia de desagregação do concreto tornando aparente a armadura de aço.

Figura 22 mostra a corrosão das armaduras na parte inferior da laje

Figura 22 – Corrosão das armaduras



Fonte: do Autor(2024)

A figura 22 demonstra a corrosão das armaduras, fato que pode ter sido provocado pela falta de cobertura pela camada de concreto e falta de drenos, uma vez que não apresenta desagregação do concreto.

5.2 – Ponte do Krambeck

Esta ponte apresenta bom estado de conservação, tanto na parte superior quanto na parte inferior, apresentando apenas corrosão de armadura na laje inferior conforme figura 23.

Figura 23 – corrosão de armadura



Fonte: do Autor(2024)

Esta patologia apresentada na figura 23 pode ter sido causada pela falta de cobertura pela camada de concreto ou mesmo pela falta de dreno, pois não está evidente a desagregação de concreto.

5.3 - Ponte Engenheiro Daniel Alberto Rigoli Botta

Ponte em bom estado de conservação apresentando uma avaria em uma das cabeceiras, como pode ser visto na figura 24, na parte inferior foi evidenciado apenas patologia tipo corrosão de armadura conforme figura 25.

Figura 24 – Avaria cabeceira da ponte



Fonte: do Autor(2024)

Este dano pode ter sido causado pela possível movimentação da estrutura por algum excesso de carga sobre a ponte.

Figura 25 – corrosão de armadura



Fonte: do Autor(2024)

Este tipo de patologia da figura acima foi evidenciado em vários pontos, que por não apresentar desagregação do concreto pode ter sido causado por falta de dreno e cobrimento pela camada de concreto.

5.4 - Ponte Pedro Marques

Na parte superior desta ponte não foi evidenciado nenhuma patologia, já na parte inferior foram constadas patologias tipo: corrosão de armadura e desagregação de concreto como pode ser visto na figura 26, sendo que a corrosão de armadura aparece em vários pontos da estrutura da laje.

Figura 26 – Corrosão de armadura e desagregação do concreto



Fonte: do Autor(2024)

Na figura observa se a desagregação do concreto e corrosão de armadura provavelmente provocada pela falta de cobrimento da armadura pela camada de concreto e a falta de dreno.

5.5 - Ponte Elson Duarte

Nesta ponte foi evidenciado várias patologias entre elas: desagregação do concreto, corrosão de armadura, fissuras.

Na figura 27 pode ser visto a corrosão de armaduras na viga lateral e na parte inferior da laje.

Figura 27 – Corrosão de armaduras



Fonte: do Autor(2024)

Na figura acima demonstra a corrosão de armadura que pode ter sido causada pela falta de cobrimento pela camada de concreto e dreno.

A figura 28 apresenta desagregação do concreto na parte inferior da viga

Figura 28 – Desagregação do concreto



Fonte: do Autor(2024)

Esta patologia apresentada na figura 28 pode ter sido causada pela falta de cobrimento pela camada de concreto.

Já a figura 29 apresenta fissuras na viga da ponte

Figura 29 – Fissuras



Fonte: do Autor(2024)

A patologia apresentada na figura 29 pode ser inerente a desagregação do concreto fragilizando a estrutura.

5.6 - Ponte Jose Marcio de Paula Souza

Ponte apresenta várias patologias dentre elas: desagregação do concreto, fissuras e corrosão de armaduras

Na figura 30 pode ser evidenciado fissuras e desagregação do concreto

Figura 30 – Fissuras e desagregação do concreto



Fonte: do Autor(2024)

Na figura acima pode ser evidenciado a ocorrência da patologia de fissuras e desagregação do concreto que pode ter sido causado por possível falha na execução.

Na figura 31 pode ser evidenciado a desagregação do concreto na parte inferior da viga

Figura 31 – Desagregação do concreto



Fonte: do Autor(2024)

Na figura 31 pode ser visto a desagregação do concreto que pode ser causado pela falha na execução causando falta de cobrimento pela camada de concreto

5.7 - Ponte Arthur Bernardes

Ponte muito bem conservada sendo evidenciado apenas a incidência de uma patologia, desagregação do concreto em apenas um ponto, conforme pode ser visto na figura 32.

Figura 32 – Desagregação do concreto



Fonte: do Autor(2024)

A figura acima demonstra a desagregação do concreto e corrosão da armadura causado provavelmente pela falha na execução, falta de cobrimento pela camada de concreto.

5.8 - Ponte Antônio Carlos Otto

Ponte apresenta várias patologias dentre elas: desagregação do concreto e corrosão de armaduras, como pode ser visto nas fotos 33 e 34

Foto 33 – Desagregação do concreto e corrosão de armadura



Fonte: do Autor(2024)

A figura 33 demonstra a desagregação do concreto e corrosão da armadura causado provavelmente pela falha na execução, falta de cobrimento pela camada de concreto.

Figura 34 – desagregação do concreto



Fonte: do Autor(2024)

A patologia de desagregação do concreto apresentado na figura 34 pode ser inerente a falha no adensamento do concreto.

5.9 - Ponte em frente da Empav

Ponte também muito bem conservada evidenciado apenas a patologia de corrosão de armadura, o que pode ser visto na figura 35

Figura 35 – Corrosão de armadura



Fonte: do Autor(2024)

Figura 35 apresenta corrosão de armadura que pode ter sido causado pela falta de cobertura pela camada de concreto e falta de dreno.

Das pontes inspecionadas, oito delas apresentaram corrosão de armadura: Remonta, Krambeck, Eng Daniel Alberto Rigoli Botta, Pedro Marques, Edson Duarte, Jose Marcio de Paula Souza, Antônio Carlos Otto e Empav; em 6 delas foi evidenciado desagregação de concreto: Remonta, Pedro Marques, Elson Duarte, Jose Marcio de Paula Souza, Artur Bernardes, Antônio Carlos Otto; já a patologia fissuras foi identificado em apenas 3 pontes: Remonta, Elson Duarte, Jose Marcio de Paula Souza.

6 - CONCLUSÃO

Dada a relevância que a prevenção da ocorrência de patologias tem na vida útil das estruturas, as pontes novas precisam ter o processo de projeto e construção levando em consideração os significativos avanços conceituais no conhecimento sobre as estruturas, em especial as de concreto armado. As revisões das normas incorporaram recomendações relativas à durabilidade, agressividade ambiental, inspeção e manutenção.

Outro fator que deve ser levado em conta com relação a patologias é o grau de segurança das pontes, por isso uma rotina de inspeção destas obras se torna indispensável. A adoção de um cronograma de exames das estruturas pode permitir a observação precoce de problemas na estrutura, facilitando as intervenções necessárias, dependendo do caso. Pode ser levantado a questão de o custo econômico de uma ponte ser interditada, causando aumento de rotas ou mesmo interrupção do fluxo dependendo da localização desta.

Ficou evidente o cuidado com a parte superior das pontes avaliadas; todas estavam pintadas e em bom estado de conservação, principalmente na pista de rolamento e nas passarelas de pedestres; já na parte inferior não foi identificado a presença de tratamento das patologias já existentes, o estado de conservação sugere não haver uma rotina de inspeção destas pontes.

Das pontes inspecionadas a que apresenta mais incidência de patologias é a ponte Elson Duarte, com desagregação de concreto em vários pontos da estrutura, com a armação de aço toda exposta e já em estado de corrosão; vale ressaltar que a parte sob o leito do rio não pôde ser inspecionada, por isso está ponte merece uma atenção especial de profissionais capacitados.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ABNT NBR 9452 - Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro. 2019. Disponível em: <www.abnt.org.br>

CARDOSO, M. A. N., Metodologia de avaliação da segurança estrutural de pontes de concreto armado / Dissertação, Universidade Federal de Viçosa. – Viçosa, MG, 2022.

CAVALLI, A. F.; DOTAF, T. S. Avaliação da degradação do concreto devida à contaminação das águas por esgoto doméstico. 2008. Faculdade de Ciências Exatas, Universidade Tuiuti do Paraná, 2008.

COUTO, L. F. M., BESERRA, K. G., HIGUTSI, K., KAWANISHI, S., Análise Estrutural e Dimensionamento de Ponte Estaiada. Conic. Semes. 13nd Congresso Nacional de Iniciação Científica, São Paulo. 2013.

DNIT_010_2004 - Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento – Rio de Janeiro 2004

EL DEBS, M. K.; TAKEYA, T. Introdução às pontes de concreto. São Carlos. 2007

FIGUEIREDO, V. O. R; SANTOS, L. S. – Métodos de Classificação e de Construção de Pontes com Aplicação em Juiz de Fora – Minas Gerais – Curso de Engenharia Civil, Faculdade Doctum, Juiz de Fora, 2024

GAMA, J. A. B. Pontes de concreto armado. 2014. Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, 2014.

GUIMARÃES, R. da S.; PERLINGEIRO, M. S. P. L.; CARNEIRO, L. A. V.; JÚDICE, F. M. de S. Normas Técnicas Brasileiras sobre Projeto de Pontes em Concreto Armado: Considerações e Evolução. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 10, p. 77356 77369, 2020

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

Juiz de Fora – Wikipédia, a enciclopédia livre, disponível em:

https://pt.wikipedia.org/wiki/Juiz_de_Fora - acessado em 30/09/2024

LAPA, Jose Silva. PATOLOGIA, RECUPERAÇÃO E REPARO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO. 2008. 56 f. Monografia (Especialização) – Curso de Especialização em construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008

MENDES, P. de T. C. Contribuições para um modelo de gestão de pontes de concreto aplicado à rede de rodovias brasileiras. 2009. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2009.

SANCHEZ, Leandro Francisco Moretti. Contribuição aos Estudos dos Métodos de Ensaio das Reações Álcali-Agregado em Concretos. 2008. 170f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, 2008.

SILVA, V. M. Ação da carbonatação em vigas de concreto armado em serviço, construídas em escala natural e reduzida. 2007. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2007.

VASCONCELOS, F. de O. Análise das manifestações patológicas em pontes de concreto armado – Monografia (Engenharia Civil) Universidade Federal de Alagoas, 2018.

VITÓRIO, J. A. P. Acidentes estruturais em pontes rodoviárias: Causas, diagnósticos e soluções; II CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS. Rio de Janeiro, 12 a 14 de Outubro de 2007

YAZIGI, Ricardo. Avaliação de Carbonatação em Viadutos de Concreto Armado. 2008. 186 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia de Infraestrutura e Aeronáutica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São Jose dos Campos, 2008