

# AVALIAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DA PONTE PÊNSEL PADRE MATHIAS MICHELIZZA LOCALIZADA ENTRE OS MUNICÍPIOS DE CAPINZAL E OURO, EM SANTA CATARINA

Ana Lara Formaio<sup>1</sup>  
Chaiana Bertusso Ferreira<sup>2</sup>  
Renata Fernanda Nora<sup>3</sup>  
Sabrina Gabrieli Flamea<sup>4</sup>  
Vitória Regina da Silva<sup>5</sup>  
Fabiano Alexandre Nienov<sup>6</sup>

## Resumo

As pontes são obras destinadas a vencer obstáculos de superfície líquida que impeçam a continuidade de uma via e são tecnicamente conhecidas como obras de arte especiais (OAE). Além disso, são elementos importantes de muitas cidades por beneficiarem a mobilidade e atraírem turistas pelo seu significado histórico e cultural. Contudo, a exposição ao meio em que estão inseridas torna as pontes suscetíveis a diversas manifestações patológicas que podem, ao longo do tempo, comprometer sua estrutura. Neste viés, o presente estudo visa avaliar as origens e características das manifestações patológicas presentes na ponte pênsil Padre Mathias Michelizza, localizada entre os municípios de Capinzal e Ouro, em Santa Catarina. Para tanto, realizou-se inspeção rotineira conforme NBR 9452 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019) cuja metodologia consiste em identificar anomalias na estrutura por meio de inspeções visuais e registros fotográficos e, após isso, avaliar as condições da ponte, associando notas aos parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade. Ademais, foram realizadas medições dos componentes da ponte a fim de verificar o atendimento às normativas vigentes e também foi realizado um levantamento histórico acerca das alterações e das manutenções ocorridas na estrutura ao longo dos anos. Verificou-se que a ponte, construída em 1934 com o objetivo de interligar os povoados de Capinzal e Ouro, passou por diversas modificações estruturais devido as mais diversas ações climáticas na região, sendo atualmente constituída de madeira, aço e concreto e utilizada apenas para passagem de pedestres. Constatou-se também que a OAE em questão apresenta manifestações patológicas tanto em sua estrutura de madeira como de concreto e metálica, sendo que as principais anomalias encontradas são fissuras, trincas, rachaduras, armaduras expostas, corrosão dos elementos metálicos, biodeterioração e ruptura dos cabos de aço de sustentação da estrutura. Diante disto, torna-se indispensável ações de recuperação das estruturas danificadas, como substituição dos elementos corroídos e rompidos.

<sup>1</sup> Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Unoesc, *campus* de Joaçaba, e-mail: analaraformaio@gmail.com.

<sup>2</sup> Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Unoesc, *campus* de Joaçaba, e-mail: chaibertusso@gmail.com.

<sup>3</sup> Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Unoesc, *campus* de Joaçaba, e-mail: renora.engcr@gmail.com.

<sup>4</sup> Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Unoesc, *campus* de Joaçaba, e-mail: sahflamea@gmail.com.

<sup>5</sup> Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Unoesc, *campus* de Joaçaba, e-mail: vi.regi2302@gmail.com.

<sup>6</sup> Professor Doutor, Universidade do Oeste de Santa Catarina, e-mail: fabiano.nienov@unoesc.edu.br.

Além disso, ressalta-se a importância da realização de manutenções preventivas no que tange à vida útil da estrutura e à segurança dos usuários.

Palavras-chave: Manifestações patológicas; Pontes; Recuperação.

## 1 INTRODUÇÃO

Em conformidade com a NBR 9452 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS; 2019), as pontes são intituladas como obras de arte especiais (OAE) cuja finalidade consiste em superar obstáculos formados por canal aquífero. Além de favorecerem a mobilidade, as pontes também podem possuir valor cultural e artístico em virtude da sua representatividade, história e arquitetura.

Entretanto, como são estruturas expostas ao tempo, as pontes estão sujeitas à contaminação do meio, sendo suscetíveis ao surgimento de manifestações patológicas que, se não prevenidas ou corrigidas, ocasionam deterioração, comprometendo assim a estrutura, funcionalidade e segurança da obra.

No Brasil, há carência de recursos públicos destinados a inspeções e manutenções periódicas de pontes, tendo em vista as precárias situações em que estas se encontram e as numerosas notícias acerca do risco de colapso parcial ou total destas estruturas.

Diante do exposto, a pesquisa visa contribuir para a melhoria da qualidade destas construções por meio do conhecimento dos seus principais agentes de degradação, propondo soluções e, principalmente, salientando a importância da realização de manutenções periódicas para os aspectos de durabilidade e segurança. Para isso, o objeto de estudo do presente artigo, definido para análise detalhada das principais manifestações patológicas, bem como para avaliação de suas condições estruturais, consiste na ponte pênsil Padre Mathias Michelizza, a qual é constituída de aço, madeira e concreto e é uma das pontes responsáveis por interligar os municípios de Capinzal (SC) e Ouro (SC).

Por conseguinte, este trabalho refere-se a uma pesquisa fundamentada em estudo de caso, vistorias, normativas e pesquisas bibliográficas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 PONTES

Consoante afirma Pfeil (1979), pontes são obras responsáveis por dar continuidade a uma via por meio da transposição de obstáculos, sejam eles rios, vales ou outras vias. Marchetti (2018) complementa que se denomina ponte quando o obstáculo superado é um rio e chama-se viaduto quando o obstáculo é um vale ou outra via.

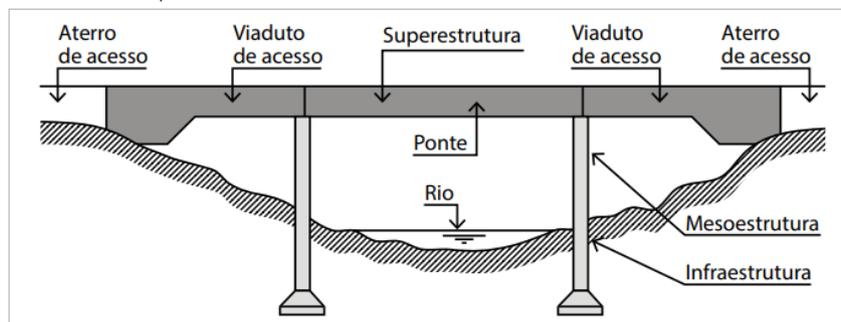
Ainda de acordo com os autores Pfeil (1979) e Marchetti (2018), sob o ponto de vista funcional, as pontes podem ser divididas em infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura, conforme demonstra a Figura 1.

A infraestrutura é formada por elementos responsáveis por transmitir ao terreno os esforços provenientes da mesoestrutura. A infraestrutura é constituída por blocos de estacas, sapatas e tubulões. Já a mesoestrutura, constituída por pilares, recebe os esforços da superestrutura e os transmite à infraestrutura. Por fim, a superestrutura, formada por vigas e lajes, é o suporte do estrado por onde se trafega (MARCHETTI, 2018).

As pontes podem ser classificadas segundo diversos critérios, dentre eles cita-se: comprimento, durabilidade, sistema estrutural, natureza do tráfego, material da superestrutura, posição do tabuleiro, altimetria, planimetria e solução construtiva (WINKEL, 2019).

Quanto ao critério estrutural, as pontes podem ser em laje, em vigas retas de alma cheia, em treliça, em quadros rígidos, em arcos ou abóbadas e pênses ou suspensas (PFEIL, 1979).

Figura 1 – Composição de uma ponte: infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura



Fonte: Marchetti (2018).

Já em relação à natureza do tráfego, as pontes dividem-se em rodoviárias, ferroviárias, passarelas, aeroviárias e canais. Ainda, há as pontes mistas, as quais permitem mais de um tipo de tráfego simultaneamente (SARTORTI, 2008).

### 2.1.1 Pontes Pênses ou Suspensas

Em conformidade com Martins *et al.* (2022), as pontes pênses são constituídas por cabos pendurais verticais conectados a dois cabos principais de formato parabólico, os quais, por sua vez, conectam-se a torres de sustentação, comprimindo-as. As torres de sustentação, conseqüentemente, transferem os esforços de compressão para as fundações.

As pontes pênses geralmente possuem cabos e tirantes em aço e torres de sustentação em concreto armado, possibilitando assim a transposição de vãos significativos (NUNES, 2017). Consoante Sartorti (2008), "estas estruturas superam facilmente vãos maiores que 1.000 metros".

Devido a esses grandes vãos suspensos, Vasconcelos (2018) alerta que o tabuleiro dessas pontes deve possuir máxima rigidez à torção, evitando assim grandes desconfortos em virtude da movimentação da estrutura oriunda das ações do vento.

## 2.1.2 Passarelas

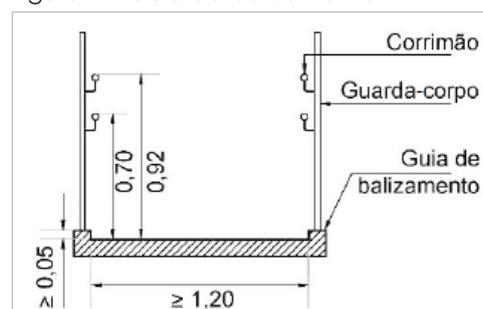
A NBR 7188 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013) define passarela como “estrutura longilínea, destinada a transpor obstáculos naturais e/ou artificiais exclusivamente para pedestres e/ou ciclistas.”.

A NBR 9050 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020) dispõe que, em áreas de circulação com deslocamento em linha reta, a largura necessária para passagem de um pedestre e uma pessoa de cadeira de rodas é de 1,20 a 1,50 metros e a largura necessária para passagem de duas pessoas em cadeira de rodas é de 1,50 a 1,80 metros. Já Brasil (1996) informa que uma largura total de 2,50 metros é suficiente para passarelas de pedestres.

Ademais, Brasil (1996) também estabelece que os guarda-corpos das passarelas podem ser de concreto, metálicos ou mistos e devem possuir altura entre 90 e 100 centímetros. Não obstante, analisando normativas mais atuais, a IN 09 (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA, 2020) expõe que essas estruturas devem possuir guarda-corpo com 1,30 metros de altura em relação ao piso. É importante ressaltar que essa instrução normativa do CBMSC se refere a passarelas que permitem a transposição de pessoas de uma edificação a outra e não é específica para transposição em rios, porém, independentemente do seu uso, vale-se desse conceito para possibilitar segurança neste tipo de obra.

Quanto ao acesso, a NBR 9050 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020) impõe que as passarelas devem possuir rampas, ou rampas e escadas, ou rampas e elevadores, ou escadas e elevadores. De acordo com a referida norma, a inclinação das rampas deve ser de acordo com o desnível máximo existente, sendo que, para um desnível máximo de 1,50 metros, a inclinação admissível é de 5,00%; para um desnível máximo de 1,00 metro, admite-se inclinações entre 5,00% e 6,25% e, para um desnível máximo de 0,80 metros, inclinações entre 6,25% e 8,33% são permitidas. Ainda, a NBR 9050 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020) indica que a largura livre mínima recomendável para as rampas é de 1,50 metros, sendo o mínimo admissível de 1,20 metros. A referida norma também estabelece que, em casos de ausência de fechamentos laterais, as rampas devem possuir elementos de segurança, como guarda-corpo, corrimãos e guias de balizamento de altura mínima igual a 0,05 metros, conforme demonstra a Figura 2.

Figura 2 – Guia de balizamento



Fonte: NBR 9050 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020).

Consoante IN 09 (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA, 2020), os guarda-corpos de rampas devem possuir altura mínima de 1,10 metros do piso do patamar até a parte superior do guarda-corpo e, quando forem compostos por materiais vazados, devem impedir a passagem de uma esfera de diâmetro 11 centímetros nas aberturas. Ainda, a IN 09 do CBMSC (2020) esclarece que os guarda-corpos não podem ser constituídos por elementos que permitam a escalada por crianças, como longarinas, grades e barras horizontais.

Quanto aos corrimãos, estes devem ser instalados em ambos os lados das rampas, a 0,92 metros e a 0,70 metros do piso, medidos da face superior até o patamar, acompanhando a inclinação das rampas. Além disso, esses elementos podem ser projetados dentro da largura da rampa em até 10 centímetros de cada lado e devem estender-se por no mínimo 30 centímetros nas extremidades da rampa (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020).

Por fim, a NBR 9050 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020) indica que os pisos das rampas devem possuir revestimento e acabamento com superfície regular, firme, estável e não trepidante, sob qualquer condição.

## 2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Segundo Souza e Ripper (1998 apud VASCONCELOS, 2018), a patologia se caracteriza pelo estudo das origens, formas de manifestações, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas.

Por serem obras que estão constantemente expostas, as pontes possuem grande probabilidade de os contaminantes do meio ambiente agirem na sua estrutura, provocando as manifestações patológicas (MARTINS *et al.*, 2022).

Pereira (2018) afirma que incidências de agentes agressivos associadas ao inadequado uso das estruturas e à falta de manutenção periódica, resultam em defeitos nos elementos estruturais, comprometendo assim a vida útil da estrutura e resultando até no seu colapso parcial ou total. Ainda, Vasconcelos (2018) complementa que é indispensável a minimização das manifestações patológicas que possam surgir ao longo do tempo, tendo em vista a garantia de segurança e os altos orçamentos relacionados à recuperação estrutural.

### 2.2.1 Principais causas das manifestações patológicas em estruturas de madeira

Brito (2014) simplificadamente atribui a origem da deterioração das estruturas de madeira a dois agentes principais, sendo eles bióticos (vivos) e abióticos (não vivos). Segundo o autor, fazem parte dos agentes bióticos as bactérias, fungos, insetos e perfuradores marinhos. Quanto aos agentes abióticos, tem-se os agentes físicos (como deformações, deslocamentos

e flechas), agentes químicos (como corrosão em ligações), agentes atmosféricos ou meteorológicos (como intemperismo e ações de vento) e danos devido ao fogo.

Calil (2006 apud MILANI; KRIPKA, 2012) comenta que os agentes bióticos necessitam de temperatura, oxigênio, umidade e fonte adequada de alimento (madeira) para a sua sobrevivência. Além disso, o autor também relata que os agentes abióticos podem agir expondo a madeira ao ataque de agentes bióticos.

Ainda, Worrall (2013 apud BRITO, 2014) afirma que o apodrecimento das estruturas devido às atividades enzimáticas de microorganismos é o grande vilão entre as causas de deteriorações da madeira.

## 2.2.2 Principais causas das manifestações patológicas em estruturas metálicas

Sartorti (2008 apud WINKEL, 2019) declara que:

Os elementos metálicos em uma ponte de madeira são responsáveis por fazerem a ligação e ancoragem dos materiais. Normalmente nestas pontes são utilizados pregos, cabos de aço, parafusos e outros tipos de componentes metálicos. Estes elementos estão suscetíveis à corrosão por estarem em constante contato com o ar e umidade. Ainda, a madeira pode vir a ser degradada por corrosão das peças metálicas, pois o produto da corrosão afeta as células da madeira, escurecendo-as e tornando a resistência consideravelmente menor. [...].

## 2.2.3 Principais causas das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado

Consoante Vasconcelos (2018), em pontes, o contato direto do concreto com a água contribui para o processo de degradação, principalmente em pilares submersos. Cánovas (1988 apud VASCONCELOS, 2018) explica que a variação de nível de água sobre as estruturas de concreto acarreta a variação entre estados de saturação e ressecamento, o que implica “na deterioração do concreto por conta da cristalização dos sais que ficam retidos nos poros que se unem ao processo de expansão causando tensões sobre o material.”.

Além disso, conforme explanam Souza e Ripper (1998 apud SARTORTI, 2008) as causas de patologias em estruturas de concreto podem ser divididas em causas intrínsecas e extrínsecas. As causas intrínsecas são geradas por falhas humanas na fase de execução e/ou utilização (como deficiências de concretagem, má interpretação dos projetos e cobrimento de concreto insuficiente) e também por agentes naturais externos (como ataques químicos e biológicos). Já as causas extrínsecas são entendidas como fatores que interferem nas estruturas “de fora para dentro”, como sobrecargas exageradas, recalque de fundações e acidentes (SOUZA; RIPPER, 1998 apud SARTORTI, 2008).

### 3 MÉTODOS

As vistorias realizadas na ponte pênsil Padre Mathias Michelizza seguiram as diretrizes de inspeção rotineira descritas na NBR 9452 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019). Respeitando as recomendações da referida norma, foram realizadas visitas *in loco* para a execução de inspeções visuais, elaboração de registros fotográficos por meio de celulares e drone e preenchimento de ficha rotineira. Nessa ficha rotineira, cujo modelo está indicado na NBR 9452 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019), anotaram-se informações gerais de identificação da ponte, descreveram-se as manifestações patológicas observadas juntamente com suas respectivas terapias e classificou-se a ponte segundo critérios da norma.

A metodologia de classificação da NBR 9452 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019) consiste em estabelecer notas de forma a representar numericamente as condições da ponte. Essas notas, as quais variam de 1 a 5 (da condição crítica à excelente, respectivamente), são atribuídas aos parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade. São considerados como parâmetros estruturais os aspectos relacionados à estabilidade da obra, enquanto que os parâmetros funcionais relacionam-se com o conforto e a segurança dos usuários e, por fim, os parâmetros de durabilidade referem-se às anomalias que impactam diretamente na vida útil da estrutura. Assim, seguindo a metodologia supracitada, foi designada uma nota para a superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura tendo em vista os três parâmetros, sendo que a nota final de classificação da ponte foi a menor nota dentre os elementos, segundo cada parâmetro.

Além disso, a NBR 9452 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019) esclarece que, na inspeção rotineira, devem ser verificadas as recuperações e/ou os reparos já efetuados anteriormente na estrutura. Assim sendo, realizou-se também um levantamento histórico da ponte em estudo por meio de pesquisas bibliográficas junto às administrações dos municípios de Capinzal e Ouro, sendo possível a coleta de informações acerca das alterações estruturais e das manutenções ocorridas ao longo do tempo, bem como da possível existência de projetos. Vale ressaltar que as prefeituras de Capinzal e Ouro foram contatadas para obtenção de permissão para a realização do estudo.

Por fim, para verificar o atendimento aos critérios de acessibilidade e de segurança das normativas vigentes, foi realizada a medição dos componentes da ponte, tais como largura da passarela, altura dos guarda-corpos, largura e inclinação das rampas.

## 4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 INFORMAÇÕES SOBRE A PONTE

A ponte Padre Mathias Michelizza, construída sobre as águas do Rio do Peixe, é atualmente utilizada para a travessia de pedestres e ciclistas que se deslocam entre os

municípios de Capinzal e Ouro – SC, sendo, portanto, classificada como passarela. Ademais, a sua estrutura é constituída por cabos de aço conectados a torres de sustentação em concreto armado (pilastras), o que a torna pênsil. Além desses componentes, a ponte também é formada por pilares e fundações em concreto armado, tabuleiro, vigas transversinas e longarinas em madeira e elementos de ligação metálicos (pregos e parafusos).

De acordo com relatos das administrações públicas de Capinzal e Ouro, existiam projetos da ponte junto aos arquivos, porém, estes foram perdidos após reformas nos prédios das prefeituras, não sendo possível, portanto, localizá-los. De mais a mais, não se pôde obter informações acerca do tipo de fundação sobre a qual a ponte em estudo se apoia, tendo em vista a ausência dos projetos e, por se tratar de uma obra antiga, as administrações atuais dos municípios não souberam esclarecer quesitos a respeito da infraestrutura. Entretanto, considerando os recursos disponíveis na época de construção da ponte e a geologia local com afloramento de rocha, pode-se inferir que provavelmente a fundação seja superficial, do tipo sapata ou bloco.

Com o total de 142 metros de comprimento, a referida obra promove a interligação da rua Governador Jorge Lacerda, no município de Ouro com a rua Ernesto Hachmann, no município de Capinzal, conforme demonstra a Figura 3.

Figura 3 – Localização da ponte definida para estudo



Fonte: Adaptado do Google Earth (2022).

No que tange à importância da construção para as municipalidades, a ponte favorece a mobilidade ao separar o tráfego de veículos e o de pessoas, uma vez que os veículos trafegam exclusivamente pela ponte de concreto armado Irineu Bornhausen para o deslocamento entre as cidades. Além disso, a obra também possui valor cultural, sendo que a Lei 3.225 de 18 de outubro de 2016 tornou a ponte pênsil Padre Mathias Michelizza integrante do patrimônio artístico e cultural do município de Capinzal, passando a ser o cartão postal do município. A Figura 4 fornece a vista aérea dessa obra de arte.

Figura 4 – Vista aérea da Ponte Pênsil Padre Mathias Michelizza, cartão postal do município de Capinzal



Fonte: os autores (2022).

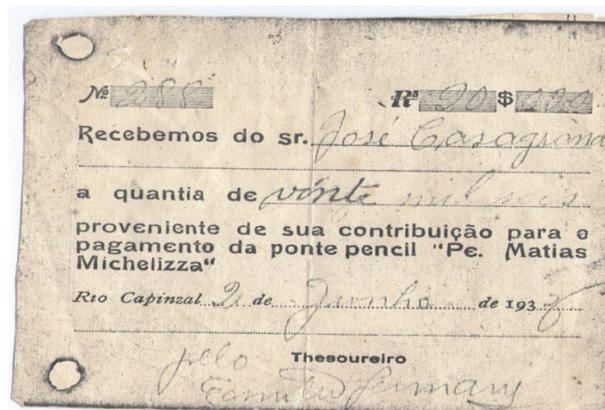
#### 4.1.1 Histórico de intervenções

De acordo com pesquisas bibliográficas, na terceira década do século XX, os distritos de Capinzal e Ouro, em Santa Catarina, pertenciam ao município de Campos Novos, de vasto território envolvendo o Planalto Catarinense e o Vale do Rio do Peixe. A falta de conexão segura entre as duas cidades dificultava a vida da população local, principalmente dos moradores da margem do Rio do Peixe, já que apenas balsas e botes realizavam o transporte de pessoas e produtos de uma margem à outra.

Em 1932, devido ao crescimento populacional e o desenvolvimento econômico, houve a necessidade de se construir uma ligação fixa entre os dois povoados. De acordo com Almeida (2005), os projetos foram elaborados de imediato e o trabalho de carpintaria foi delegado aos irmãos Aníbal e Otávio Ferro, considerando que a obra seria construída inteiramente de madeira, exceto os cabos de sustentação do vão central, que seriam de aço.

Com ausência total de apoio dos poderes estaduais e municipais, o povo propôs-se a financiar o saldo necessário para a realização da obra, como mostra o recibo da Figura 5.

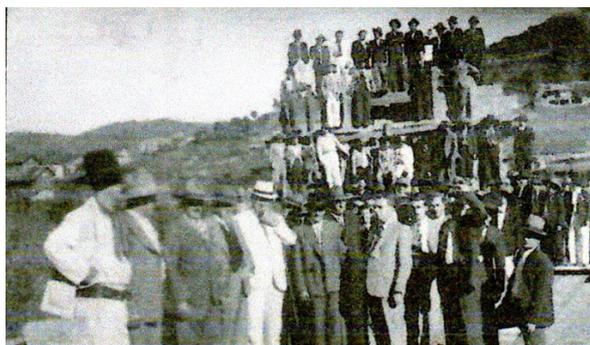
Figura 5 - Recibo de doação de vinte mil reais para a construção da Ponte Pênsil com data de 2 de junho de 1933



Fonte: Acervo pessoal Marcia Dambroz Peixer.

Em 1934, após quase dois anos desde a concepção do projeto, a obra foi finalizada, ocorrendo neste ano uma grande solenidade de inauguração, conforme indica a Figura 6. Neste ato, o Padre Mathias Michelizza, um dos grandes incentivadores da obra, atravessou a ponte a cavalo e, como forma de homenageá-lo, a ponte foi então denominada Ponte Padre Mathias Michelizza. Consoante evidencia a Figura 7, a ponte possuía uma casa de pedágios, localizada no lado de Capinzal, antigamente denominado Rio Capinzal. Nesta casa de pedágios, os usuários pagavam para passar de uma margem à outra.

Figura 6 - Solenidade de inauguração da Ponte Padre Mathias Michelizza



Fonte: Acervo pessoal Marcia Dambroz Peixer.

Figura 7 - Casa de pedágio localizada no Rio Capinzal



Fonte: Acervo pessoal Marcia Dambroz Peixer.

Em 21 de junho de 1939, com a grande enchente que ocasionou alagamento nas áreas centrais de Capinzal, a ponte veio a ruir com a força das águas do Rio do Peixe. A comunidade então novamente se uniu e contratou o engenheiro austríaco Máximo Azinel, o qual, com o auxílio do prático austríaco Antônio Holzmann, conseguiu reconstruí-la, agora com pilastras de concreto e com um vão central de 80,50 metros.

Almeida (2004) declara que "a segunda ponte exigiu um investimento de Cr\$ 200.000,00 (duzentos mil cruzeiros), e houve a participação do estado com Cr\$ 90.000,00. Os Cr\$ 110.000,00 faltantes e ainda muitos serviços, foram bancados pelos moradores dos distritos de Capinzal e Ouro." A ponte foi reinaugurada em 1945.

Os benfeitores guardam, até hoje, plaquetas metálicas como a da Figura 8, em que consta serem "sócios" do empreendimento. Na época, a construção era considerada a terceira ponte do gênero no mundo. Com largura de 3,5 metros, ela possibilitava a passagem

de carroças com tração animal e de pequenos caminhões, os quais transportavam artigos de consumos de Capinzal para o Ouro, e também suínos para serem abatidos no Frigorífico Ouro. A Figura 9 aponta a travessia de carroças com tração animal.

Figura 8 - Plaqueta de contribuinte da Ponte Pênsil Padre Mathias Michelizza



Fonte: Acervo pessoal Marcia Dambroz Peixer.

Figura 9 - Passagem de carroças de tração animal



Fonte: Acervo pessoal Marcia Dambroz Peixer.

A partir de 06 de janeiro de 1955, com a inauguração da Ponte Irineu Bornhausen, a chamada "Ponte Nova" de ligação entre os dois municípios, a largura do tabuleiro da ponte pênsil foi reduzida, ficando na largura atual de 1,76 metros e apenas permitindo a passagem de pedestres, conforme elucida Figura 10. Segundo Almeida (2004), em 07 de julho de 1983, a ponte pênsil foi mais uma vez parcialmente destruída pela enchente, como demonstrado na Figura 11, sendo reconstruída pela ação dos prefeitos de Capinzal e Ouro da época.

Figura 10 - Ponte Pênsil Padre Mathias Michelizza para passagem de pedestres



Fonte: Acervo pessoal Marcia Dambroz Peixer.

Figura 11 - Enchente de 1983 destruiu parcialmente a Ponte Pênsil



Fonte: Acervo pessoal Marcia Dambroz Peixer.

Contudo, na segunda metade do ano de 1984, pouco tempo após a sua reconstrução, um violento vendaval seguido de ciclone atingiu a área central de Ouro e Capinzal. Com o represamento do vento, a força exercida fez com que as pilastras de concreto quebrassem ao meio, na altura das plataformas, como revela a Figura 12.

Figura 12 - Ponte Pênsil destruída pelo ciclone de 1984



Fonte: Acervo pessoal Marcia Dambroz Peixer.

No ano de 1985, a ponte pênsil foi novamente reconstruída, com o aproveitamento das bases dos pilares e a fixação dos pórticos de sustentação dos cabos de aço sobre essas. Foram realizadas perfurações verticais nas pilastras restantes para fixação das colunas sobre elas.

Desde então, houve substituição do madeiramento do tabuleiro por três vezes, sendo em 1991, 2005 e em 2018, ano em que consta a última grande reforma da ponte. De acordo com a prefeitura de Capinzal (2018), as administrações dos municípios de Capinzal e Ouro investiram, em 2018, R\$ 84.000,00 para a revitalização da obra, sendo que, além da substituição da madeira do tabuleiro, foram também substituídas as vigas de apoio da estrutura. O tipo de madeira utilizada para a revitalização foi a itaúba, conhecida por possuir alta resistência e durabilidade. As Figuras 13 e 14 demonstram, respectivamente, o processo de modificação do tabuleiro e a ponte Padre Mathias Michelizza atualmente.

Figura 13 – Substituição do tabuleiro da ponte por madeira itaúba



Fonte: Prefeitura Municipal de Capinzal (2018).

Figura 14 – Atual ponte Padre Mathias Michelizza



Fonte: os autores (2022).

É importante ressaltar que as municipalidades de Capinzal e Ouro relataram não possuir plano de recuperação para a ponte, isto é, a obra não recebe manutenções periódicas e seus componentes são substituídos ou restaurados quando apresentam problemas patológicos avançados.

#### 4.1.2 Elementos constituintes

No que tange à área de circulação, a passarela em estudo possui largura de 1,76 metros ao longo de seu comprimento e possui guarda-corpo metálico do tipo tela alambrado, conforme demonstra Figura 15. Além disso, o guarda-corpo não possui elemento de fixação superior, fator que acarreta abaulamentos da estrutura e oscilações na sua altura, a qual varia entre 1,32 e 1,38 metros.

Quanto aos acessos à ponte, há duas rampas de concreto: uma de entrada pelo município de Ouro e outra de acesso pelo município de Capinzal. Em Ouro, a rampa possui altura de 1,48 metros, comprimento de 6,69 metros e, conseqüentemente, inclinação de 22,12%. Já em Capinzal, a rampa possui desnível de 1,14 metros e comprimento de 6,15 metros, resultando, portanto, em uma inclinação de aproximadamente 18,54%. As rampas de ambos os municípios possuem largura de 1,76 metros, seguindo a largura da passarela. A Figura 16 mostra as características da rampa de acesso pelo município de Ouro.

Figura 15 – Guarda-corpo metálico ao longo da passarela



Fonte: os autores (2022).

Figura 16 – Rampa de acesso à ponte pelo município de Ouro



Fonte: os autores (2022).

Em ambas as cidades, os guarda-corpos das rampas são constituídos por madeira, apresentando altura de aproximadamente 1,00 metro, do piso do patamar até a parte superior do guarda-corpo. Ademais, constata-se que a estrutura de proteção contra quedas é formada por tábuas horizontais cuja distância entre elas é de 10 centímetros. Não há presença de corrimãos e guias de balizamento. Por fim, percebe-se a existência de irregularidades nos pisos das rampas.

## 4.2 INSPEÇÃO VISUAL DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

### 4.2.1 Patologias nas estruturas de concreto

#### 4.2.1.1 Fissura

A fissura é o tipo mais comum de patologia em concreto e interfere diretamente na estética, na durabilidade e na característica estrutural da obra. A manifestação de fissuras em estruturas de concreto armado é identificada por aberturas de até 0,5 mm e pode indicar não só problemas estruturais, como também, problemas no seu estado de conservação. As

Figuras 17 e 18 indicam a presença dessas anomalias nas rampas da ponte em estudo nos municípios de Ouro e Capinzal, respectivamente.

Figura 17 – Fissuras presentes na rampa de Ouro



Fonte: os autores (2022).

Figura 18 – Fissuras presentes na rampa de Capinzal



Fonte: os autores (2022).

De acordo com Souza e Ripper (1998), a fissura como deficiência estrutural dependerá sempre da sua origem, intensidade e magnitude, pois o concreto fissura por natureza devido à baixa resistência do concreto à tração e é por isso que é de uma importância determinar a causa correta para estabelecer os trabalhos de manutenção e recuperação.

Para que seja possível adotar o meio de tratamento mais adequado, é necessário obter informações sobre o estado atual das manifestações patológicas, ou seja, é de suma importância compreender se as fissuras estão ativas ou estáveis. As fissuras, quando ativas, são consideradas manifestações patológicas, porém, quando estas param sua movimentação, se tornam meios de acesso a outros agentes agressivos ao concreto, se tornando, assim, causas das manifestações patológicas. Portanto, faz-se necessário o monitoramento dessas anomalias presentes nas rampas da ponte, a fim de identificar se estão ainda em movimentação.

#### 4.2.1.2 Trincas

Conforme afirma Thomaz (1989), as trincas são patologias que apresentam aberturas de 0,5 mm a 1,0 mm, e que provocam a separação das partes, podendo ser indício de um problema mais grave. A Figura 19 demonstra a presença de trincas nas rampas da ponte.

Figura 19 – Trincas presentes nas rampas da ponte



Fonte: os autores (2022).

#### 4.2.1.3 Rachaduras

As rachaduras são o terceiro estágio das fissuras e possuem aberturas com significativas dimensões (de 1,0 a 1,5 mm). A Figura 20 refere-se ao aparecimento de rachaduras na rampa da ponte em estudo.

Figura 20 – Rachadura presente na rampa da ponte



Fonte: os autores (2022).

O aparecimento de fissuras, trincas e rachaduras nas rampas da ponte pênsil aponta que a estrutura está sofrendo com tensões não previstas em projeto. Essas tensões podem ser em virtude de variações de temperatura (dilatação e retração do material), perda de umidade no tempo de cura do concreto (retração) e excesso de cargas (sobrecarga).

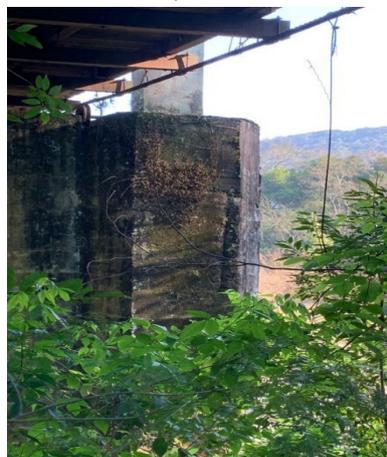
O principal problema associado ao surgimento dessas anomalias é a exposição das armaduras, sendo que estas, antes totalmente encobertas pelo concreto, por meio dessas aberturas, se encontram desprotegidas e, portanto, suscetíveis a penetração de agentes agressores que podem levar a sua corrosão. Como terapia e forma de vedar a entrada desses agentes, pode-se realizar a aplicação de material selante.

#### 4.2.1.4 Biodegradação do concreto

Os processos principais que causam a deterioração do concreto podem ser agrupados, de acordo com sua natureza, em mecânicos, físicos, químicos, biológicos e eletromagnéticos. A deterioração do concreto ocorre, muitas vezes, como resultado de uma combinação de diferentes fatores externos e internos. Os processos de degradação alteram a capacidade de o material desempenhar as suas funções, e nem sempre se manifestam visualmente, podendo ser pela penetração de substâncias na forma de gases, vapores e líquidos, por meio dos poros e fissuras. A umidade relativa, periodicidade das chuvas, orientação dos ventos, temperatura e concentrações de substâncias agressivas presentes no meio, além das características dos materiais constituintes do concreto e de seus poros, são fatores importantes na interação entre o meio ambiente e o concreto.

Para toda a causa da deterioração existe um ou mais agentes atuantes que, por meio de mecanismos de degradação, interagem com o concreto e o aço, reduzindo, gradativamente, o seu desempenho (ANDRADE, 2005). A água participa como agente da deterioração em quase todos os mecanismos de degradação do concreto. Evitar o contato da estrutura com a água, desde que possível, é uma forma eficiente de evitar sua deterioração (ANDRADE, 2005). A Figura 21 mostra a biodegradação ocorrida nos pilares da obra em análise. Como forma de terapia aos pilares biodegradados da ponte, cita-se a realização de reforços.

Figura 21 – Biodegradação do concreto nos pilares da ponte



Fonte: os autores (2022).

#### 4.2.1.5 Corrosão das armaduras no concreto armado

A corrosão das armaduras se trata de um fenômeno de degradação das armaduras do concreto expostas em meio corrosivo, ou seja, corresponde à deterioração do aço que acontece por uma associação de etapas químicas e eletroquímica quando este é exposto a agentes agressivos, ocorrendo geralmente na presença de água ou ambientes químicos.

Existem muitos fatores responsáveis pela corrosão, mas os mais comuns e que ocorrem com maior frequência são: a má execução das peças estruturais, o concreto possuir uma resistência inapropriada, a obra ser realizada num local onde o ambiente é agressivo, a não utilização de proteção suficiente nas peças, à manutenção desapropriada ou muitas vezes inexistente e a presença de cloretos (HELENE, 1992 apud GONÇALVES, 2010).

A agressividade ambiental é uma das principais responsáveis pela perda da qualidade do concreto e conseqüentemente, o aparecimento de problemas patológicos como a corrosão. A Figura 22 apresenta a corrosão de armaduras após a biodegradação do concreto nos pilares da ponte.

Importante ressaltar que não foi possível uma maior aproximação da estrutura a fim de melhor visualizar a patologia, tendo em vista as limitações do drone quanto à sensibilidade aos obstáculos.

O aço corroído resulta na diminuição da área do aço, podendo, em elevado estado de corrosão, levar a estrutura à ruína. A melhor maneira de combate à corrosão é o cuidado que deve ser tomado quando na fabricação do concreto, no respeito aos cobrimentos adequados e na manutenção de estruturas de concreto expostas a ambientes agressivos.

Figura 22 – Corrosão de armaduras após a biodegradação do concreto



Fonte: os autores (2022).

#### 4.2.1.6 Segregação do concreto

Os vazios de concretagem são defeitos encontrados nas estruturas que se manifestam por espaços não preenchidos no concreto e está relacionado aos erros no processo de lançamento e adensamento do concreto (SOUZA; RIPPER, 1998).

Os vazios de concretagem são causados por defeitos na hora da concretagem e são espaços vazios dentro da massa de concreto, devido a segregação do agregado graúdo, que se separa do agregado miúdo e da pasta de cimento. As causas dessa patologia são: concreto pouco coeso, excesso de agregado graúdo, formas não estanques com escoamento da nata de cimento, vibração excessiva ou insuficiente e lançamento inadequado (altura superior a 3 metros). As Figuras 23 e 24 apresentam, respectivamente, a segregação do concreto nos pilares da ponte e na rampa de acesso.

Os vazios de concretagem, conhecidos como bicheiras, tornam o concreto mais poroso e beneficiam ataques químicos. Como forma de evitar esses vazios indesejáveis deve-se realizar o controle de dosagem e concretagem do concreto.

Como nos pilares e na rampa de acesso da ponte não há exposição das armaduras, pode-se realizar o reparo com aplicação de argamassa de cimento e areia fina.

Figura 23 – Segregação do concreto nos pilares



Fonte: os autores (2022).

Figura 24 – Segregação do concreto na rampa



Fonte: os autores (2022).

#### 4.2.1.7 Biodeterioração

A biodeterioração, fenômeno que envolve interações indesejadas e destrutivas nas propriedades do material pela ação de microrganismos, interfere na estética, reduz a

durabilidade e ainda compromete a integridade da estrutura. Os principais organismos responsáveis pela deterioração são bactérias, fungos, líquens, algas e protozoários. No entanto, também existem agentes biológicos como insetos, pássaros e roedores.

Para que este fenômeno ocorra, alguns fatores referentes ao ambiente e à composição química do material são indispensáveis, como a presença de água e de nutrientes, pH (ácido para bactérias e básico para fungos), temperatura (20°C – 30°C), luminosidade, e a bioreceptividade do concreto, correspondente à sua porosidade, permeabilidade e composição química atraentes (FILLA; AUDIBERT; MORALES, 2010). As Figuras 25a, b e c apresentam os pilares da ponte com crescimento de plantas e raízes.

Figuras 25 - Biodeterioração dos pilares



Fonte: os autores (2022).

Para prevenir a ação desses microrganismos e preservar as estruturas de concreto é essencial que as peças sejam isoladas da água, o solo seja drenado, haja manutenção e limpeza da superfície e a poda de vegetação próxima.

#### 4.2.2 Patologias nas estruturas de madeira

A madeira é um material de origem orgânica e por este motivo está sujeito a deterioração por agentes bióticos (bactérias, fungos, insetos e perfuradores marinhos) e agentes abióticos (agentes físicos, químicos, atmosféricos e danos devido ao fogo). Os agentes bióticos são organismos, como fungos e insetos, capazes de utilizar a madeira como alimento ou abrigo, degradando o material. Vento, chuva, umidade, temperatura e fogo degradam a madeira isoladamente ou em conjunto e, juntamente com as falhas na elaboração e execução dos projetos, são os maiores causadores de patologias, quando se trata de agentes abióticos.

As manifestações patológicas estão relacionadas ao fator que as originam e dependem de algumas condições para sua ocorrência, sendo que os principais motivos são falhas de projeto, falta de conhecimento do material e falta de tratamento da madeira.

De acordo com Abdalla (2002), é um fato esperado e natural que a madeira apresente manifestações patológicas, pois, por ser um produto biodegradável, está sujeito

à ataque de fungos, insetos, entre outros agentes. Além disso, a madeira ainda sofre com os desgastes e fadigas.

#### 4.2.2.1 Escurecimento da madeira por corrosão dos elementos metálicos

Os elementos metálicos em uma ponte de madeira, como pregos e parafusos, são responsáveis por fazer a ligação dos materiais. Estes elementos estão sujeitos à corrosão em virtude do constante contato com o ar e umidade e, quando corroídos, podem afetar as células da madeira, escurecendo-as. A Figura 26 apresenta o escurecimento de uma viga transversina devido à corrosão de um parafuso de interligação dos elementos. Como forma de prevenção, deve-se proteger o parafuso contra a corrosão.

Figura 26 – Corrosão dos elementos metálicos de ligação



Fonte: os autores (2022).

#### 4.2.2.2 Desgaste físico

As condições climáticas podem provocar deterioração física em madeiras expostas. Radiação solar, ventos, chuvas e umidade, sejam de forma isolada ou em conjunto, podem provocar alterações na cor da madeira, bem como aspereza superficial, rachaduras e fissuras.

A peça de madeira exposta à luz absorve intensamente a radiação solar e sofre deterioração fotoquímica por causa da ação dos raios ultravioletas, que comprometem o seu aspecto geral, sujeito inicialmente à mudança de cor e depois à perda de suas propriedades mecânicas (GONÇALES *et al.*, 2010). As Figuras 27 e 28 apresentam fissuras encontradas na inspeção visual realizada na ponte pênsil.

Figura 27 – Fissuras na madeira



Fonte: os autores (2022).

Figura 28 – Fissuras na madeira



Fonte: os autores (2022).

#### 4.2.2.3 Ataque por bactérias e fungos

Agentes bióticos como os fungos, bactérias ou insetos que se instalam em alguma peça de madeira necessitam de algumas condições para que possam sobreviver, como a temperatura, oxigênio, umidade e fonte adequada de alimentação, que é a madeira. Os fungos mais comuns são os emboloradores, manchadores e os apodrecedores, que em todos os casos causam substancial diminuição na resistência da peça.

Pfeil e Pfeil (2000), destacam que vulnerabilidade da madeira ao ataque biológico é função da camada do tronco donde a peça foi extraída, da espécie da madeira e das condições climáticas e ambientais. Os fungos são um dos principais causadores de biodeterioração na madeira e propagam-se vegetativamente por meio de esporos. Uma vez que o esporo entra em contacto com a superfície da madeira, deparando-se com as condições ambiente favoráveis, germina, originando um filamento denominado hifa. As hifas alojam-se nas cavidades celulares e alimentam-se das substâncias de reserva e dos componentes das paredes celulares, ramificando-se. Nas Figuras 29 e 30 apresenta-se a existência a associação de fungos na estrutura de madeira da passarela em estudo.

Figura 29 – Fungos na estrutura de madeira



Fonte: os autores (2022).

Figura 30 – Fungos na estrutura de madeira



Fonte: os autores (2022).

### 4.2.3 Patologias nas estruturas metálicas

#### 4.2.3.1 Ferrugem e corrosão nas ligações parafusadas e polias

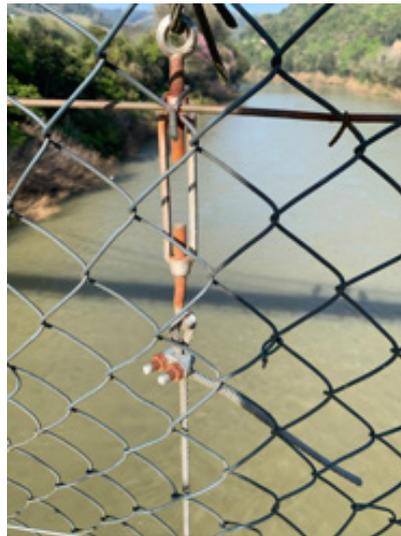
As ligações são responsáveis por unir elementos estruturais, transmitir esforços e conduzir cargas de uma peça a outra. Assim como outros elementos constituídos em aço, as ligações parafusadas podem desenvolver patologias ao longo da vida útil prejudicando, portanto, todo o conjunto (PEIXOTO, 2012).

Segundo Oliveira *et al.* (2018), a ferrugem passa por um processo de evolução, que é representado em três fases. Na primeira fase a ferrugem é originada através da conexão entre cátodos e ânodos ao substrato do aço, formando íons de ferro e hidroxilas. Posteriormente, na segunda fase, a ferrugem é exposta causando alterações entre as áreas anódicas e catódicas, e o anodo passa a ser catodo. Por último, a superfície corrói de forma uniforme, sendo esta a terceira fase.

A corrosão é definida como deterioração de elementos metálicos, e pode acontecer de forma química ou eletroquímica do meio ambiente, aliado ou não de esforços mecânicos (VIANA, 2015). Na ponte pênsil Padre Mathias Michelizza, as ligações parafusadas são

encontradas em grande escala visto que fazem a união entre cabos de sustentação e cabos complementares. Estas apresentam avançado estado de corrosão na superfície, assim como nas polias localizadas nas torres de sustentação. A corrosão neste caso é causada principalmente pela ação atmosférica devido a intempéries como umidade relativa, temperaturas e substâncias poluentes. A ponte não possui pintura anticorrosiva. A Figura 31, 32 e 33 demonstram a corrosão causada em ligações parafusadas e polias.

Figura 31 – Corrosão em ligação de cabos complementares



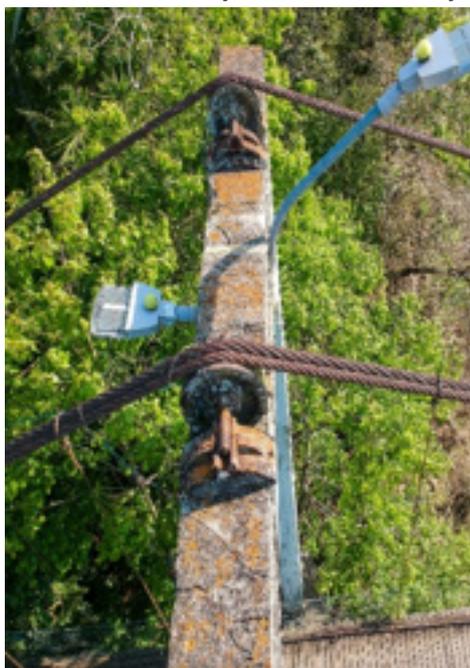
Fonte: os autores (2022).

Figura 32 – Corrosão em ligação de cabos de sustentação



Fonte: os autores (2022).

Figura 33 – Corrosão em polias de sustentação dos cabos de aço



Fonte: os autores (2022).

Como forma de prevenção, Silva (2020) explica que a proteção catódica galvânica pode ser utilizada por ser um método simples, que consiste basicamente em um “metal de sacrifício” e devido ao seu potencial de oxidação ser maior do que o metal a ser protegido, acaba corroído no lugar da estrutura. Ainda, revestimentos orgânicos como pinturas, resinas e vernizes podem ser aplicados e variam conforme o tipo do ambiente de exposição, do tempo de vida pretendido para a estrutura e também do tipo de estrutura (PESTANA, 2018).

Como solução para as patologias já presentes, tendo em vista o estágio avançado de deterioração, deve-se substituir os elementos corroídos.

#### 4.2.3.2 Oxidação-redução e corrosão dos cabos de aço

De acordo com Viana (2015), as reações de redução-oxidação ou também chamadas de oxirredução são reações que acontecem de forma simultânea, ocorrendo a transferência de elétrons que apresentam conjuntos de espécies químicas, tal como uma forma reduzida e uma forma oxidada. O conceito de oxidação e redução respectivamente são um processo que resulta na perda de um ou mais elétrons pelas substâncias e um processo que resulta em ganho de um ou mais elétrons pelas substâncias. Ademais, as reações de oxidação, se não tratadas a tempo, podem evoluir para o processo de corrosão.

Os cabos de sustentação presentes na ponte, mostram em sua grande parte as reações de oxidação com exceção de alguns pontos onde já é possível observar o processo de corrosão. Assim como nas ligações e polias, não obtiveram tratamentos para recuperação e preservação, o que possivelmente em curto prazo originará novas áreas de corrosão. Para

evitar a evolução da oxidação e tratar a área já danificada é necessário fazer a limpeza com tratamentos químicos ou mecânicos, com posterior aplicação de pintura anticorrosiva. A Figura 34 apresentam os cabos de sustentação da ponte com presença de oxidação e corrosão.

Figura 34 – Cabos de sustentação com oxidação e corrosão



Fonte: os autores (2022).

#### 4.2.3.3 Ruptura dos cabos de aço

Os cabos de aço são compostos por um agrupamento de fios de alta resistência, entrelaçados por um padrão espiral. À medida que é realizado o estiramento dos fios por intermédio de moldes, há uma elevação do ponto de escoamento do aço, no entanto, diminui a sua maleabilidade (LEET *et al.*, 2010).

Nesse sentido, a ponte pênsil Padre Mathias Michelizza, possui alguns cabos de aço de sustentação rompidos, como elucida a Figura 35. A fim de solucionar a falha apresentada, recomenda-se a retirada e substituição dos cabos rompidos e a realização de inspeção periódica, para prevenir futuros problemas decorrentes da deterioração desses elementos.

Figura 35 – Ruptura dos cabos de aço



Fonte: os autores (2022).

## 4.3 AVALIAÇÃO DA PONTE INSPECIONADA

### 4.3.1 Acessibilidade e segurança dos elementos

Considerando as prescrições de Brasil (1996), está inadequada a largura de 1,76 metros da passarela em estudo, já que este órgão recomenda que esta medida seja de 2,50 metros. Entretanto, comparando-se a largura atual da ponte com as exigências da NBR 9050 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020), a área de circulação permite a passagem simultânea de um pedestre e uma pessoa de cadeira de rodas, cuja largura exigida é de 1,20 a 1,50 metros, e de duas pessoas em cadeira de rodas, cuja largura imposta é de 1,50 a 1,80 metros.

O guarda-corpo da passarela atende às exigências da IN 09, do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2020) quanto à altura, já que possui medida de aproximadamente 1,30 metros. Porém, quanto à segurança, o guarda-corpo apresenta características capazes de tornar a travessia periculosa, tendo em vista que a ausência de elemento de fixação superior gera abaulamentos e, por conseguinte, constante risco de queda.

Tanto a rampa de Capinzal quanto a de Ouro estão em desacordo com a NBR 9050 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020), pois ambas possuem inclinação superior à máxima permitida (8,33%). Além disso, os pisos das rampas desrespeitam os critérios de acessibilidade, já que possuem revestimento e acabamento com superfície irregular, dificultando a passagem de uma pessoa com mobilidade reduzida.

Outrossim, as rampas também estão em desacordo com os critérios de segurança, uma vez que, de acordo com a IN 09, do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2020), os guarda-corpos de rampas devem possuir altura mínima de 1,10 metros do piso do patamar até a parte superior do guarda-corpo e os guarda-corpos das rampas da ponte pênsil em estudo possuem altura de aproximadamente 1,00 metro. Ademais, as tábuas horizontais que constituem esses elementos de proteção se tornam inseguras ao permitir a escalada por crianças. Por fim, constata-se que as exigências da NBR 9050 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020) também não são cumpridas ao averiguar a ausência de corrimãos e guias de balizamento nas rampas da passarela.

### 4.3.2 Classificação da ponte

Tendo em vista as manifestações patológicas descritas neste artigo, pôde-se classificar a ponte segundo as diretrizes da NBR 9452 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019). Quanto ao parâmetro estrutural, atribuiu-se a nota 3 para a obra em estudo, já que se observa danos nos elementos estruturais, como corrosão das armaduras dos pilares e biodegradação do concreto dos pilares, porém, essas anomalias atualmente não comprometem a estabilidade da obra, isto é, não há risco evidente de colapso da estrutura. Em se tratando do parâmetro funcional, atribuiu-se também a nota 3, uma vez que os defeitos na construção causam desconforto aos usuários e prejudicam a sua funcionalidade. Por fim,

quanto ao aspecto de durabilidade, concedeu-se a nota 2, visto que a passarela em questão possui numerosas anomalias que comprometem a sua vida útil.

## 5 CONCLUSÃO

Com o levantamento de dados acerca dos elementos constituintes das pontes, constatou-se a necessidade de adequação desses elementos quanto à acessibilidade e à segurança. Sendo assim, deve-se fixar a parte superior do guarda-corpo da passarela, diminuir a inclinação das rampas de ambas as municipalidades por meio do aumento do seu comprimento e aumentar a altura dos guarda-corpos das rampas para 1,10 metros, substituindo as tábuas horizontais por elementos verticais que impeçam a escalada por crianças. Outrossim, os guarda-corpos das rampas também devem receber corrimãos e guias de balizamento, instalados de acordo com a NBR 9050 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020).

Por meio da análise visual realizada *in loco*, foi possível a observação de diversas patologias na ponte pênsil Padre Mathias Michelizza, as quais englobam, em sua maioria, fissuras, trincas, rachaduras, armaduras expostas, corrosão dos elementos metálicos, biodeterioração e ruptura dos cabos de aço de sustentação da estrutura. Essas anomalias comprometem os aspectos estruturais, funcionais e de durabilidade da obra, sendo que as notas atribuídas a esses parâmetros refletem a necessidade de ações de recuperação das estruturas danificadas, como substituição dos elementos metálicos corroídos, juntamente com a sua proteção, substituição dos cabos de aço rompidos, limpeza e reforço das estruturas de concreto. Embora haja diversas manifestações patológicas, não há risco eminente de colapso da estrutura.

Ademais, por intermédio das informações obtidas com os órgãos responsáveis pela ponte, identificou-se a carência de inspeções e manutenções nos elementos estruturais, em discrepância com as diretrizes da NBR 9452 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019), a qual ressalta a execução de inspeções rotineiras em intervalos de tempo não superiores a 1 ano. Desta forma, é explícita a importância de inspeções e manutenções periódicas nestas estruturas, a fim de prevenir e corrigir as manifestações patológicas, prolongando a vida útil da obra e assegurando as condições de segurança e conforto aos usuários.

## REFERÊNCIAS

- ABDALLA A. C. P. B. **Utilização de madeira de eucalyptus em estruturas de pontes.** Dissertação (Mestrado em ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2002. 108p.
- ALMEIDA, Vitor. **Capinzal:** joias desta terra e desta gente. Joaçaba: Unoesc, 2004.
- ALMEIDA, Vitor; CORCETTI, Maria Lucinda. **Rio Capinzal:** a epopeia de um povo. Capinzal: [s.n.], 2005.
- ANDRADE, Tibério. Tópicos sobre Durabilidade do Concreto. *In:* ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). **Concreto: ensino, pesquisa e realizações.** São Paulo: IBRACON, 2005. 1v. Cap.25, p.753-792.

ANDRADE, T.; SILVA, A. J. C. Patologia das Estruturas. In: ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**. São Paulo: IBRACON, 2005. 2v. Cap.32, p.953-983.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050. Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9452. Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2019.

BRASIL. Ministério dos Transportes. DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Projeto de Obras-de-Arte Especiais**. IPR/DNIT. Rio de Janeiro, 1996.

BRITO, Leandro Dussarrat. **Patologia em estruturas de madeira: metodologia de inspeção e técnicas de reabilitação**. 2014. 502 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas)- Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-18122014-090958/publico/2014DO\\_LeandroDussarratBrito.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-18122014-090958/publico/2014DO_LeandroDussarratBrito.pdf). Acesso em: 10 set. 2022.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **IN 09. Saídas de Emergência**. Florianópolis, 2020.

FILLA, J. C.; AUDIBERT, J. L; MORALES, G. **Biodeterioração de concretos e argamassas**. *Techne: Revista de Tecnologia da Construção (São Paulo)*. Vol. 157, p. 52-55. 2010.

GONÇALVES, J. C. *et al.* **Efeito da radiação ultravioleta na cor da madeira de Frejó (*Cordia goeldiana* Huber) após receber produtos de acabamento**. *Ciência Florestal*, v.20, n.4, p.657-664, 2010.

LEET, K. M; UANG, C. M; GILBERT, A. M. **Fundamentos da análise estrutural**. 3ª edição. Tradução: João Eduardo Nóbrega Tortello. Porto Alegre: AMGH, 2010. Disponível em: <https://pdfcoffee.com/fundamentos-da-analise-estrutural-3-edkenneth-leet-chia-ming-anne-gilbert-pdf-free.html>. Acesso em: 23 nov. 2022.

MARCHETTI, Osvaldemar. **Pontes de concreto armado**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2018. Disponível em: [https://issuu.com/editorablucher/docs/issuu\\_e0995d38e4820d](https://issuu.com/editorablucher/docs/issuu_e0995d38e4820d). Acesso em: 12 set. 2022.

MARTINS, Ana Clara Pereira *et al.* **Patologia e inspeção de pontes em concreto armado: Estudo de caso da ponte sobre o Rio Sapucaí Grande**. Pouso Alegre. 2022. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/24584/1/Patologia%20e%20inspe%C3%A7%C3%A3o%20de%20pontes%20em%20concreto%20armado%20-%20Estudo%20de%20caso%20da%20ponte%20sobre%20o%20Rio%20Sapuca%C3%AD%20Grande.pdf>. Acesso em: 13 set. 2022.

MILANI, Cleovir José; KRIPKA, Moacir. A identificação de patologias em pontes de madeira: diagnóstico realizado no sistema viário do município de Pato Branco-Paraná. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiás: Universidade Federal de Goiás, v. 1, n. 4, p. 23-33, jul. 2012. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/reec/article/view/17726/11290>. Acesso em: 13 set. 2022.

NUNES, Jonathan de Souza. **Pontes de concreto armado: seção transversal com múltiplas vigas longarinas**. Palhoça, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)-Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/4745>. Acesso em: 12 set. 2022.

OLIVEIRA, Ana Laura Alves et al. **Fatores que influenciam a corrosão em pontes metálicas na presença de meio aquoso com alta concentração de NaCl.** São Paulo, 2018. Disponível em: [https://abraco.org.br/src/uploads/intercorr/2018/INTERCORR2018\\_211.pdf](https://abraco.org.br/src/uploads/intercorr/2018/INTERCORR2018_211.pdf). Acesso em: 24 nov. 2022.

PEIXOTO, Danielle de Souza Lelis. **Patologias em elementos de ligação de estruturas metálicas.** Belo Horizonte, 2012. 79 p. Monografia (Especialização) – Curso de Construção Civil, Escola da Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-9A4JH5/1/monografia\\_patologia\\_em\\_elementos\\_de\\_liga\\_o\\_em\\_estruturas\\_met\\_licas.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-9A4JH5/1/monografia_patologia_em_elementos_de_liga_o_em_estruturas_met_licas.pdf). Acesso em: 24 nov. 2022.

PEREIRA, Adilson Carmo. **Avaliação de manifestações patológicas em passarelas estruturadas em aço na cidade de Belo Horizonte-MG.** 2018. 184 p. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica)-Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/1017>. Acesso em: 7 set. 2022.

PESTANA, António Sérgio Pereira. **Tratamentos de Prevenção e Proteção Anticorrosivas para Estruturas Metálicas.** Funchal, 2018. 132 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade da Madeira. Funchal, 2018. Disponível em: <https://digituma.uma.pt/bitstream/10400.13/2207/1/MestradoAnt%C3%B3nioPestana.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2022.

PFEIL, W.; PFEIL, M. S. **Estruturas de madeira.** 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

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

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPINZAL. **Ponte Pênsil Padre Mathias Michelizza está sendo revitalizada.** Capinzal, 2018. Disponível em: <https://www.capinzal.sc.gov.br/noticias/ver/2018/10/ponte-pensil-padre-mathias-michellizza-esta-sendo-revitalizada>. Acesso em: 21 nov. 2022.

SARTORTI, Artur Lenz. **Identificação de patologias em pontes de vias urbanas e rurais no município de Campinas-SP.** 2008. 205 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/296849185.pdf>. Acesso em: 7 set. 2022.

SILVA, Jardel Freire. **Estudo sobre proteção contra corrosão do metal em ambiente salina.** Mossoró, 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2020. Disponível em: [https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/6935/1/JardelFS\\_MONO.pdf](https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/6935/1/JardelFS_MONO.pdf). Acesso em: 24 nov. 2022.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em Edifícios:** causas, prevenção e recuperação. São Paulo: Pini, 1989. 194 p.

VASCONCELOS, Flávio de Oliveira. **Análise das manifestações patológicas em pontes de concreto armado – estudo de caso.** Delmiro Gouveia, 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)-Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2018. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/jspui/bitstream/riufal/3747/1/An%c3%a1lise%20das%20manifesta%c3%a7%c3%b5es%20patol%c3%b3gicas%20em%20pontes%20de%20concreto%20armado:%20estudo%20de%20caso.pdf>. Acesso em: 13 set. 2022.

VIANA, Felismino de Brito. **Estudo de problemas de corrosão em cabos de aço zincado.** [s.n.], 2015. 104 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Instituto Superior de Engenharia do Porto. Porto, 2015. Disponível em: [https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/8143/1/DM\\_FelisminoViana\\_\\_MEM.pdf](https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/8143/1/DM_FelisminoViana__MEM.pdf). Acesso em: 24 nov. 2022.

WINKEL, Rodolfo Luis. **Análise das manifestações patológicas em pontes na cidade de Teutônia/RS.** Lajeado, 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)-Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2019. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/2760/1/2019RodolfoLuisWinkel.pdf>. Acesso em: 10 set. 2022.