

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA VICTOR CIVITA – FATEC TATUAPÉ

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM CONTROLE DE OBRAS

Bianca Mayumi Jodai
Rainaia Pires de Sousa

**FERRO PUDLADO: ESTUDO DA CORROSÃO NA
ESTRUTURA DA PONTE DOM PEDRO II POR MEIO DE
ANÁLISE FOTOGRÁFICA**

São Paulo
2025

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA FACULDADE DE TECNOLOGIA VICTOR CIVITA – FATEC
TATUAPÉ**

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM CONTROLE DE OBRAS

Bianca Mayumi Jodai
Rainaia Pires de Sousa

**FERRO PUDLADO: ESTUDO DA CORROSÃO NA
ESTRUTURA DA PONTE DOM PEDRO II POR MEIO DE
ANÁLISE FOTOGRÁFICA**

Trabalho de Graduação apresentado por Bianca Mayumi Jodai e Rainaia Pires de Sousa como pré-requisito para a conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Controle de Obras, da Faculdade Tecnologia do Victor Civita - Tatuapé, elaborado sob a orientação do Prof. Dr. Gilder Nader.

São Paulo

2025

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA VICTOR CIVITA – FATEC TATUAPÉ

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM CONTROLE DE OBRAS

Bianca Mayumi Jodai, Rainaia Pires de Sousa

**FERRO PUDLADO: ESTUDO DA CORROSÃO NA ESTRUTURA DA PONTE DOM
PEDRO II POR MEIO DE ANÁLISE FOTOGRÁFICA**

Aprovado em: 16 de dezembro de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Michelle Santos Rodrigues (Doutora) – Fatec Tatuapé

Samuel Castor Da Mata (Especialista) – Fatec Tatuapé

Gilder Nader (Doutor) – Fatec Tatuapé

FERRO PUDLADO: ESTUDO DA CORROSÃO NA ESTRUTURA DA PONTE DOM PEDRO II POR MEIO DE ANÁLISE FOTOGRÁFICA

Bianca Mayumi Jodai¹; Rainaia Pires de Sousa²; Gilder Nader³

Faculdade de Tecnologia Victor Civita – FATEC Tatuapé
Tecnologia em Controle de Obras

Resumo – A Ponte Dom Pedro II, localizada em Cachoeira-BA, foi construída em ferro pudlado em 1885. Esse é um material que entrou em desuso no início do século do XX, sendo gradativamente substituído pelo aço estrutural. Muitas estruturas construídas com o ferro pudlado não tiveram manutenção ao longo de década e apresentam avançado estado de corrosão. O objetivo principal deste trabalho foi realizar uma análise das manifestações patológicas relacionadas à corrosão presentes na estrutura e avaliar possíveis soluções a serem empregadas. A metodologia envolveu pesquisa bibliográfica e análise de registros fotográficos, visando identificar danos como perda de seção e corrosão superficial e profunda. Observou-se perda de seção em vigas e banzos, degradação dos rebites e corrosão generalizada em regiões de acúmulo de umidade. Conclui-se que a preservação de estruturas metálicas históricas depende da integração entre princípios da engenharia estrutural e a valorização do patrimônio histórico, sendo fundamental a adoção de estratégias de manutenção compatíveis com as particularidades do ferro pudlado. O estudo reforça a necessidade de intervenções imediatas e contribui para a conservação de estruturas metálicas históricas no Brasil.

Palavras-chave: Ferro Pudlado, Corrosão, Ponte Dom Pedro II, Estrutura Metálica.

1. Introdução

As pontes metálicas históricas representam não apenas marcos de engenharia, mas também patrimônios culturais. No entanto, devido ao tempo de exposição e às condições ambientais, essas estruturas estão suscetíveis a processos de degradação, sendo a corrosão um dos mais significativos.

A justificativa deste estudo baseia-se na necessidade de preservação da Ponte Dom Pedro II, localizada em Cachoeira, Bahia, sobre o Rio Paraguaçu, inaugurada em 1885 e construída em ferro pudlado, material amplamente utilizado no século XIX. A corrosão, associada à ausência de manutenção adequada, ameaça tanto a segurança estrutural quanto a longevidade deste patrimônio.

O objetivo geral deste trabalho é identificar, por meio de inspeção visual fotográfica e análise bibliográfica, as manifestações patológicas decorrentes da corrosão no ferro pudlado da Ponte Dom Pedro II. Como objetivos específicos, busca-se compreender as características do ferro pudlado e seu comportamento

¹ bianca.jodai@fatec.sp.gov.br

² rainaia.sousa@fatec.sp.gov.br

³ gilder.nader@fatec.sp.gov.br

frente à corrosão, analisar registros fotográficos e propor medidas preventivas e corretivas de conservação.

Parte-se da hipótese de que a degradação por corrosão no ferro pudlado na Ponte Dom Pedro II já se encontra em estágio avançado, comprometendo a estabilidade estrutural, mas que ações de intervenção e preservação ainda podem prolongar sua vida útil.

2. Referencial Teórico

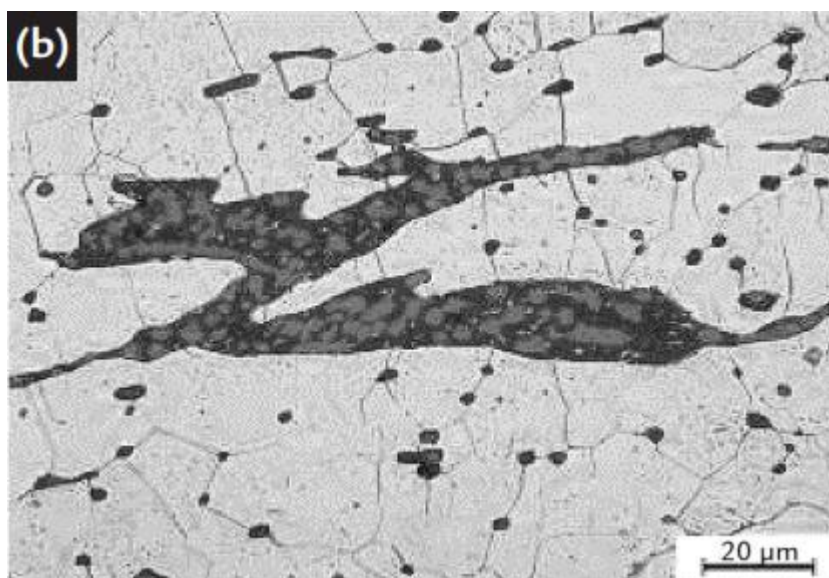
2.1 O Ferro Pudlado e suas Propriedades

Conforme mencionado por Oliveira (apud Drougas, 2009), foram iniciadas as produções de estruturas em ferro pudlado e se tornando populares no período de 1850 até 1890, durante a revolução industrial. Como um exemplo de sua utilização, o autor menciona a execução da Torre Eiffel, sendo um dos mais famosos exemplos de sua aplicação.

O material ferro pudlado tem como aplicabilidade na construção de pontes metálicas entre as décadas de 1801 e 1900, sendo progressivamente substituído pelo aço estrutural a partir da década de 1901, segundo Oliveira (2021).

O material é conhecido por suas propriedades únicas e pela sua complexidade microestrutural, marcado pela presença de uma microestrutura composta principalmente de ferrita e inclusões de escória⁴, conforme mostrado na Figura 1. Estas características não apenas influenciam suas propriedades mecânicas, mas também sua durabilidade em estruturas históricas (Oliveira, 2017; Cremona, 2007).

Figura 1 - Microestrutura das inclusões de escória (área mais escura) em uma amostra de ponte.



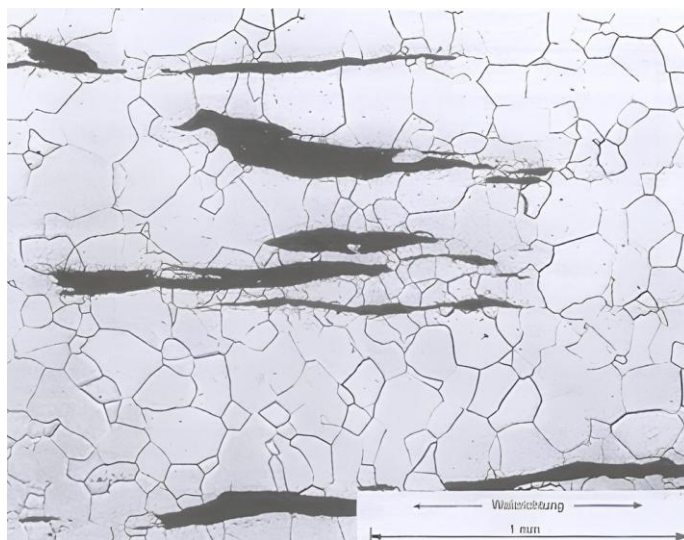
Fonte: MAMANI-CALCINA (2020)

⁴ Escória é um subproduto gerado durante processos metalúrgicos, especialmente na produção de ferro e aço, formado pela mistura de impurezas do minério com fundentes e resíduos da combustão.

Segundo Oliveira (2017), o processo de fabricação do ferro pudlado o expõe a um alto grau de contaminação, e sua composição química e microestrutura, variavam consideravelmente de acordo com o país de origem e o período histórico da produção. Estas diferenças impactam diretamente nas propriedades mecânicas, que ficam sujeitas a grandes variações dependendo da distribuição de inclusões e seu fibramento na matriz ferrítica. Assim a durabilidade do ferro pudlado em condições ambientais adversas tem uma preocupação significativa, tais como, os fatores climáticos podem acelerar a corrosão do material, reduzindo sua longevidade.

De acordo com Madeira (2009, apud Ramos 2021), o ferro pudlado é um produto siderúrgico obtido a partir da fusão do ferro gusa com numerosas partículas de escória, formando finas lâminas, conforme apresentado na Figura 2. O processo de fabricação utiliza moldes vazados e depois pudlado, que significa agitado ao ar por barras para incorporação de oxigênio e redução de teor de carbono com a consequente formação do aço. Geralmente, a microestrutura do ferro pudlado é irregular, fazendo com que as melhores propriedades se manifestem segundo a direção da laminação e piores segundo a direção transversal à laminação e na espessura da peça (Ozaki, 2019).

Figura 2 - Microestrutura típica do ferro pudlado, com a presença de escórias em forma de lâminas.



Fonte: CREMONA (2007)

2.2 A Ponte Dom Pedro II: Aspectos Históricos e Estruturais

A estrutura analisada neste trabalho é a Ponte Dom Pedro II, localizada no município de Cachoeira, Bahia, e representada nas Figuras 3 e 4. A ponte que transpõe o Rio Paraguaçu e conecta as cidades de Cachoeira e São Félix, foi inaugurada em 7 de julho de 1885 pelo imperador brasileiro Dom Pedro II, destacando-se como uma das principais obras de engenharia do período (Osaki, 2019).

Figura 3 - Vista lateral da Ponte Imperial Dom Pedro II.



Fonte: Autoria própria (2025)

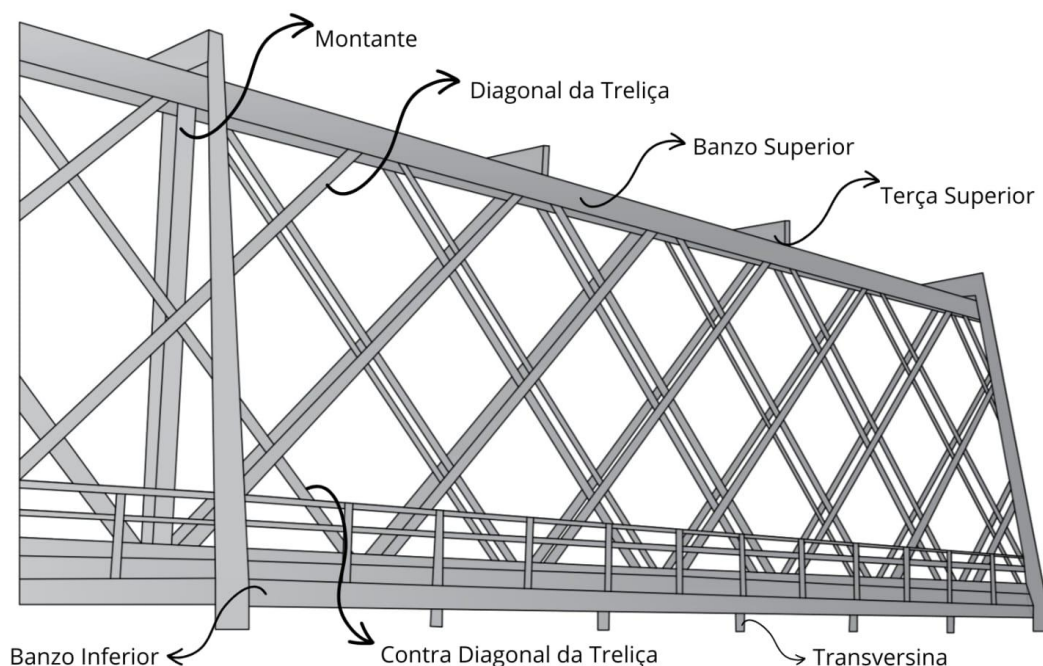
Figura 4 - Vista da via de pedestres.



Fonte: Autoria própria (2025)

Trata-se de uma ponte rodoferroviária, com estrutura treliçada, composta por 4 vãos isostáticos, com comprimento de 366 metros, largura de 10,20 metros e altura de 7,62 metros. O trilho ocupa a parte central da estrutura. O fluxo de carros é suspenso durante a travessia do trem, retomando em seguida. Segundo Pinho (2007, apud Oliveira, 2020) os principais componentes de uma ponte treliçada referem-se ao tabuleiro, apoiado em longarinas, que descarrega sua carga na transversina, que por sua vez, se apoia no nó da treliça. A treliça é formada por banzo superior, inferior, diagonal, contradiagonal e montante. E o contraventamento horizontal transmite as cargas para os contraventamentos verticais, de forma a garantir a estabilidade da estrutura, conforme Figura 5.

Figura 5 - Componentes da estrutura treliçada da Ponte Dom Pedro II.



Fonte: Autoria própria (2025)

2.3 Corrosão

A corrosão é o principal agente de deterioração do aço e de ligas metálicas empregadas em estruturas, como o ferro pudlado. Esse processo pode provocar uma “substancial redução na capacidade resistente dos elementos estruturais ou das conexões” (DNIT, 2004), o que compromete diretamente a segurança e a durabilidade da estrutura.

Segundo o Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias do DNIT (2004), a corrosão pode ocorrer sob diferentes formas, como uniforme, por placas, alveolar, puntiforme, intergranular, intragranular, filiforme e por esfoliação.

No caso do ferro pudlado, sua microestrutura fibrosa e heterogênea pode influenciar tanto na resistência à corrosão quanto na forma como ela se manifesta ao longo do tempo (Oliveira, 2017). Por isso, ao se estudar estruturas metálicas antigas, torna-se fundamental a caracterização do tipo de corrosão presente e de seus efeitos sobre o desempenho estrutural.

2.4 Manutenção e Monitoramento da Integridade Estrutural (SHM)

A manutenção de elementos metálicos de pontes em estado de corrosão é essencial para a preservação da capacidade estrutural e da vida útil da obra, sendo classificada em manutenção preventiva, corretiva e reabilitação estrutural. A manutenção preventiva envolve inspeções periódicas, limpeza e reaplicação de sistemas de proteção superficial antes do avanço significativo da corrosão, enquanto a corretiva é aplicada quando já há degradação do revestimento e perda localizada de material, exigindo preparo de superfície e repintura. A proteção anticorrosiva mais utilizada em pontes metálicas é a pintura, que deve ser precedida por preparo adequado da superfície, preferencialmente por jateamento

abrasivo, seguida da aplicação de sistemas multicamadas, normalmente compostos por primer rico em zinco, camada intermediária epóxi e acabamento poliuretano, proporcionando proteção por barreira e efeito eletroquímico (Gentil, 2011; Pannoni, 2004; Nieuwmeijer, 2005). Em casos mais severos, a reabilitação estrutural pode incluir reforço ou substituição de elementos comprometidos (DNIT, 2004; Lourenço et al., 2007; Ramos, 2019).

Segundo Deshmukh e Ghadage (2025) o sistema de Monitoramento da Integridade Estrutural (SHM) consiste no monitoramento contínuo do comportamento estrutural de pontes por meio da instalação de sensores capazes de registrar, em tempo real, parâmetros como deformações, vibrações, deslocamentos e variações ambientais. Esses dados permitem avaliar o desempenho da estrutura sob condições reais de operação, que nem sempre são perceptíveis em inspeções visuais convencionais. Diferentemente dos métodos tradicionais de inspeção periódica, o SHM possibilita uma abordagem preventiva e corretiva e baseada em dados do comportamento da estrutura frente a um esforço, auxiliando na tomada de decisões quanto à manutenção e à reabilitação estrutural.

3. Método

Este estudo adota uma abordagem qualitativa, com caráter descritivo e exploratório, centrada na análise do comportamento do ferro pudlado frente à corrosão na estrutura da Ponte Dom Pedro II, localizada em Cachoeira, Bahia.

A primeira etapa consiste em um levantamento teórico documental aprofundado sobre o uso do material, ferro pudlado, em obra de arte especial (OAE)⁵, as suas características físico-químicas, sua resistência mecânica, reações à corrosão e degradação, e estratégias para a conservação e restauração em estruturas metálicas. Foram consultados documentos técnicos, dissertações, artigos científicos e normas aplicáveis a este tipo de estrutura.

A segunda etapa baseou-se na análise de fotos e relatórios técnicos de inspeção realizados em estudos anteriores (Ramos, 2019; Colombo, 2019) e registros fotográficos atuais levantados para o presente artigo.

Esta análise visa mapear os danos visíveis atribuídos à corrosão, associá-los às propriedades do ferro pudlado, e apresentar soluções com base na literatura estudada.

4. Resultados e Discussão

O estudo fotográfico e bibliográfico realizado sobre a Ponte Dom Pedro II evidenciou um avançado estágio de degradação e anomalias em diversos elementos metálicos que compõem sua superestrutura.

Com o objetivo de compreender melhor a situação geral da ponte, a Figura 6 ilustra com tráfego atual da ponte, em funcionamento contínuo, a Figura 7 apresenta uma visão panorâmica da obra, enquanto a Figura 8 mostra a entrada da ponte, sentido São Félix.

⁵ Obras de Arte Especiais (OAE) são estruturas de grande porte, como por exemplo, pontes, viadutos, túneis, passarelas etc.

Figura 6 - Vista da entrada da Ponte com movimentação de veículos.



Fonte: Google Earth (Imagem de 2021, captura realizada em 2025)

Figura 7 - Vista geral da ponte.



Fonte: Google Earth (Imagem de 2021, captura realizada em 2025)

Figura 8 - Vista da entrada da ponte (Cachoeira – São Félix).



Fonte: Autoria própria (2025)

Como ponto de partida da revisão bibliográfica, a Figura 9 mostra uma área com corrosão significativa próxima à extremidade da ponte, possivelmente

agravada pelo acúmulo de umidade e agentes agressivos oriundos do ambiente externo. Nota-se a presença de escamação do metal e a desagregação da camada superficial, o que caracteriza corrosão avançada com potencial de perda estrutural.

Figura 9 - Corrosão significativa próximo ao fim da ponte.



Fonte: COLOMBO (2019)

Na Figura 10, observa-se a redução da seção na alma da treliça, evidenciando o efeito progressivo da corrosão ao longo do tempo.

Figura 10 - Perda de seção na parte inferior da treliça devido à corrosão.



Fonte: COLOMBO (2019)

A Figura 11 apresenta a ocorrência de corrosão superficial generalizada em vigas transversinas, contraventamentos inferiores e na chapa metálica do tabuleiro, indicando exposição prolongada à umidade e ausência de manutenção preventiva. Apesar de superficial, esse tipo de corrosão pode evoluir rapidamente para formas mais agressivas, reduzindo progressivamente a seção resistente dos elementos e comprometendo a estabilidade do sistema de travamento inferior.

Figura 11 - Corrosão superficial generalizada nas vigas transversinas, contraventamentos inferiores e chapa metálica do tabuleiro.



Fonte: RAMOS (2019)

Além disso, foram identificados acúmulos de detritos e água nos banzos inferiores como mostra a Figura 12, que está associado à inexistência do sistema de drenagem.

Figura 12 - Perfurações induzidas por corrosão na chapa inferior e acúmulo de detritos.



Fonte: COLOMBO (2019)

Para uma melhor compreensão da condição atual dos elementos estruturais, realizou-se um levantamento fotográfico da ponte, a fim de avaliar visualmente as manifestações patológicas e como elas se comportam na estrutura.

Na análise das fotos atuais, observa-se na Figura 13, a corrosão generalizada nas treliças e na transversina superior, indicativo de exposição prolongada a umidade e agentes atmosféricos agressivos. Esses elementos estruturais exercem função essencial na estabilidade global da estrutura, atuando na distribuição dos esforços horizontais e verticais.

Figura 13 - Corrosão generalizada nas treliças e na transversina superior.



Fonte: Autoria própria (2025)

A Figura 14 evidencia corrosão difusa nas terças superiores, responsáveis pela sustentação do sistema de cobertura e pela transmissão das cargas para os elementos principais. A formação de crostas e alteração de coloração superficial demonstram avanço do processo corrosivo.

Figura 14 - Corrosão difusa nas terças superiores.



Fonte: Autoria própria (2025)

Na Figura 15, observa-se corrosão abrangente em toda a estrutura inferior da ponte, incluindo longarinas e transversinas. Esses componentes têm a função de suportar as cargas provenientes do tabuleiro e transferi-las para os apoios. A degradação observada sugere perda progressiva de espessura, o que pode resultar em deformação excessivas e redistribuição indesejada de esforços.

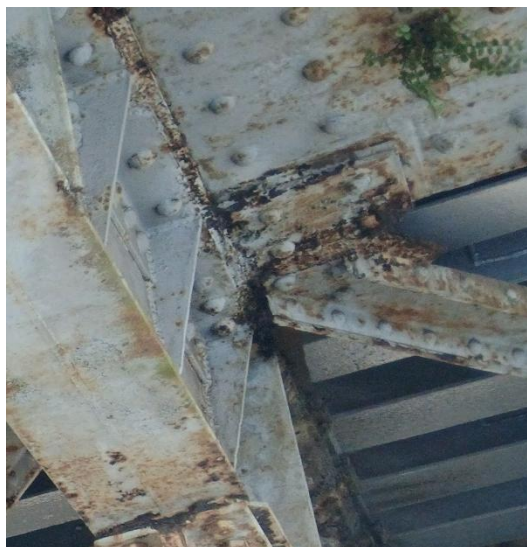
Figura 15 - Corrosão abrangente na estrutura inferior da ponte.



Fonte: Autoria própria (2025)

Como demonstrado na Figura 16, há corrosão localizada na chapa de ligação entre o contraventamento e a mesa inferior da banzo inferior. A ligação é responsável pela transmissão de esforços de compressão e tração entre os elementos estruturais, garantindo a estabilidade global do sistema. O desgaste da superfície de contato pode comprometer a eficiência da transferência de esforços e favorecer o aparecimento de folgas nas conexões.

Figura 16 - Corrosão localizada na chapa de ligação.



Fonte: Autoria própria (2025)

Na Figura 17, identifica-se perda de seção na mesa inferior da transversina, elemento responsável pela sustentação transversal e pelo apoio direto do piso. A redução da espessura metálica altera o comportamento da peça sob cargas verticais.

Figura 17 - Perda de seção na mesa inferior da transversina.



Fonte: Autoria própria (2025)

Na Figura 18, observa-se que a alma da longarina central apresenta corrosão significativa, com desagregação superficial e pontos de deterioração concentrada. A longarina central é elemento de grande importância na distribuição de esforços longitudinais; assim, a perda de material pode afetar diretamente sua capacidade de resistir a tensões normais e cisalhantes.

Figura 18 - Corrosão generalizada na alma da longarina central.



Fonte: Autoria própria (2025)

Na Figura 19, é notório a degradação dos rebites na parte inferior do pórtico. Esses elementos de fixação asseguram a continuidade entre as peças estruturais. A oxidação das cabeças e possíveis folgas nas conexões comprometem o comportamento conjunto das ligações.

Figura 19 - Degradação de rebites do pórtico.



Fonte: Autoria própria (2025)

A Figura 20 evidencia a corrosão avançada e a perda da chapa de proteção lateral do pórtico, o processo corrosivo atingiu o estágio crítico, provocando a perfuração e o destacamento da camada metálica. Essa chapa tem função secundária, atuando na proteção das superfícies estruturais, o comprometimento desse componente pode permitir maior incidência de umidade e contaminantes sobre os elementos estruturais internos do pórtico.

Figura 20 - Perda parcial da chapa de proteção lateral do pórtico.



Fonte: Autoria própria (2025)

As Figuras 21 e 22 evidenciam a perda de seção na parte inferior do pórtico, causada por uma corrosão avançada. A deterioração observada afeta diretamente a continuidade estrutural do sistema.

Figura 21 - Perda de seção no pórtico.



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 22 - Perda de seção no pórtico.



Fonte: Autoria própria (2025)

Por fim, observa-se nas Figuras 23 , 24 e 25 - , a corrosão avançada no banzo inferior, região submetida predominantemente a esforços de tração. A perda de seção e a presença de oxidação aderidos à superfície pode indicar enfraquecimento da estrutura do componente.

Figura 23 - Perda de seção no banzo inferior.



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 24 - Perda de seção no banzo inferior.



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 25 - Perda de seção no banzo inferior.



Fonte: Autoria própria (2025)

Nos registros fotográficos, observou-se que os pontos de corrosão mais severos correspondem às zonas onde há maior presença de umidade e acúmulo de detritos, condições que somadas à microestrutura fibrosa do ferro pudlado, aceleram a degradação do material. Lesiuk (2016) e Mamani-Calcina (2020) mencionam que as inclusões de escória funcionam como iniciadores de corrosão, pois criam descontinuidades no filme passivo protetor. Além disso, a orientação da laminação determina a direção preferencial de propagação da corrosão, influenciando a perda de seção e o comportamento estrutural global.

A ausência de pintura adequada e de manutenção periódica favoreceu a intensificação dos processos corrosivos, levando ao estado avançado de deterioração atualmente verificado. Esses resultados estão em consonância com estudos nacionais, que apontam a pintura anticorrosiva como a solução mais viável para estruturas metálicas expostas, desde que acompanhada de inspeções regulares e reaplicações nos intervalos recomendados (Oliveira et al., 2024). Observa-se, ainda, que a eficiência desses sistemas está diretamente relacionada à correta preparação da superfície e à continuidade das ações de manutenção, conforme discutido por Gentil (2011).

Diante do nível de corrosão identificado, a adoção de medidas corretivas mostra-se indispensável, devendo ser precedida por inspeções complementares que ultrapassem a avaliação visual. O emprego de ensaios não destrutivos possibilita a quantificação da perda de seção metálica, enquanto a implementação de sistemas de monitoramento da integridade estrutural (SHM) permite o acompanhamento contínuo do comportamento da ponte, contribuindo para diagnósticos mais precisos e para a definição das intervenções corretivas mais adequadas (Marques et al., 2024; Oliveira, 2023).

As intervenções corretivas devem ser definidas com base em diagnóstico técnico e estudos de carga estática e dinâmica. Quando a perda de seção for moderada, e a estrutura ainda oferecer segurança ao tráfego, recomenda-se a adoção de procedimentos de limpeza e preparo da superfície, seguidos da

aplicação de revestimentos anticorrosivos compatíveis com o substrato existente (Gentil, 2011; Oliveira et al., 2024).

Nos casos em que a deterioração estrutural seja mais severa, a literatura indica que a substituição controlada de elementos metálicos ou o uso de reforços estruturais independentes (como pórticos ou vigas auxiliares) podem restabelecer a estabilidade sem descaracterizar a ponte (Ramos, 2021; Carvalho, 2018).

Independentemente do método, as decisões devem ser baseadas em ensaios técnicos, cálculos estruturais e avaliação metalúrgica, uma vez que a análise visual isolada não é suficiente para definir a extensão das intervenções (Marques et al., 2024; Queiroz, 2025).

5. Considerações finais

O ferro pudlado é relevante como material histórico pois foi amplamente empregado em pontes metálicas brasileiras no século XIX. Sua durabilidade está diretamente associada às práticas de proteção e conservação adotadas ao longo do tempo. A ausência de ações contínuas de manutenção compromete o desempenho dessas estruturas, independentemente de suas qualidades mecânicas originais.

A partir do estudo realizado se torna evidente que a preservação de pontes metálicas históricas não depende apenas de intervenções pontuais, mas de uma gestão técnica planejada, baseada em inspeções periódicas, monitoramento contínuo, manutenção preventiva e estratégias de conservação compatíveis com as características do material e com o ambiente de exposição. Nesse sentido, o emprego de métodos modernos de avaliação estrutural e de monitoramento apresenta-se como um importante aliado na tomada de decisões e na extensão da vida útil dessas estruturas.

Dentre os métodos podem ser empregados ensaios não destrutivos para a quantificação da perda de seção metálica e o monitoramento da integridade estrutural para o acompanhamento contínuo do comportamento da ponte. Como intervenções corretivas, quando a perda de seção for moderada, podem ser realizadas limpeza e preparo da superfície, seguidos da aplicação de revestimentos anticorrosivos. Para deteriorações estruturais severa devem ser realizadas substituições controladas de elementos metálicos ou o uso de reforços estruturais independentes.

Conclui-se, portanto, que a conservação do patrimônio histórico exige uma abordagem integrada e contínua, conciliando planejamento de manutenção e valorização histórica.

Referências

CARVALHO, Hermes; RODRIGUES, Francisco Carlos. Desafios da reabilitação de estruturas metálicas antigas: A Ponte Hercílio Luz. São Paulo: ABCEM – Associação Brasileira da Construção Metálica, 2018.

COLOMBO, Alberto B. *Inspection and Short, Medium and Long-Term Monitoring of a Historic Brazilian Bridge*. Portugal: IABSE Symposium 2019 Guimarães, 2019. (Relatórios de Pesquisa)

CREMONA, C.; PATRON, A.; JOHANSSON, B.; LARSSON, T.; EICHLER, B.; HÖHLER, S.; KÜHN, B. Improved Assessment Methods for Static and Fatigue Resistance of Old Steel Railway Bridges, Background document D4. Sustainable Bridges - Assessment for Future Traffic Demands and Longer Lives, 6th Framework Programme, 2007.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. *Manual de inspeção de pontes rodoviárias*. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/709_manual_de_inspecao_de_pontes_rodoviaras.pdf>. Acesso em: 17 mai. 2025.

DESHMUKH, Arpan A.; GHADAGE, Priyanka Pandurang. Structural health monitoring of bridges. *International Journal of Engineering Technology Research & Management*, v. 9, n. 5, p. 176–181, 2025. ISSN 2456-9348.

DROUGAS, A. Investigation of the Use of Iron in Construction from Antiquity to the Technical Revolution. 2009. 135 f. Dissertação (Mestrado em análise estrutural de monumentos e construções históricas) - Universitat Politècnica de Catalunya.

GENTIL, Vicente. Corrosão. 6. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011. 322 p. Disponível em: <https://www.academia.edu/44302703/Corros%C3%A3o_Vicente_Gentil>. Acesso em: 02 out. 2025.

GOOGLE. Google Earth Pro. Disponível em: <<https://earth.google.com/>>. Acesso em: 02 out. 2025.

LESIUK, Grzegorz. Fatigue crack propagation behavior of old puddle iron including crack closure effects. *Engineering Failure Analysis*, v. 69, p. 16–31, 2016. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2016.06.006.

LOURENÇO, L. C. Análise da corrosão em estruturas de pontes metálicas e de concreto armado. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro Tecnológico, UFF, Niterói, 2007.

MADEIRA, A. R. Estrutura em Aço para Pavilhão Industrial: Comparação Entre Soluções com Elementos Treliçados e de Alma Cheia. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

MAMANI-CALCINA, Edgar A. *Microstructural and mechanical characterisation of the Simon Bolivar's iron bridge structure, 19th century, Arequipa, Peru*. São Paulo, 2020.

MARQUES, Ulclas Fernandes; KUNST, Sandra Raquel; OLIVEIRA, Cláudia Trindade; METZ ARNOLD, Daiana Cristina. Identificação da corrosão em estruturas metálicas através da análise de imagens termográficas. *Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração*, v. 21, e2877, 2024. DOI: 10.4322/2176-1523.20242877.

NIEUWMEIJER, G. G. The Maintenance of Historic Iron and Steel Structures: Coping with Corrosion. *WIT Transactions on The Built Environment*, v. 83, p. 10, 2005. DOI: 10.2495/STR050521.

OLIVEIRA, Arthur Wilson Martins. *Ponte metálica treliçada, uma alternativa competitiva para vãos médios e grandes - elaboração de um exemplo para um vão de 90 metros*. 2020. 17 f. Projeto final (Graduação em Engenharia Civil) - UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Rio de Janeiro, 2020.

OLIVEIRA, Camila Melo de. *Uma abordagem das propriedades mecânicas e microestruturais do ferro pudlado empregado em estruturas centenárias*. 2017. 63 f. Projeto final (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2017.

OLIVEIRA, Iara Gripp. *Caracterização das propriedades mecânicas e microestruturais do ferro pudlado*. 2021. 118 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2021.

OLIVEIRA, Jhonathan Wellington Gonçalves; SZEREDA, Lucas Henrique; FRANQUETO, Rafaela; NASCIMENTO, Matheus Gonçalves. Estratégias eficazes na prevenção da corrosão em estruturas metálicas de pontes: uma análise de caso. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 16, n. 1, 2024.

OLIVEIRA, Victor Henrique Procópio de. *Análise comparativa dos Smart Sensors em sistemas de monitoramento estrutural de pontes de concreto armado e protendido em relação aos métodos tradicionais*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), 2023.

OZAKI, Rodolfo Akira. *Análise comparativa de técnicas de quantificação de fração volumétrica de inclusões em ponte de ferro pudlado*. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em: <<https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/faf38443-0eda-41da-944e-53fa82c5f71e/RodolfoAkiraOzaki%20-%20TF.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2026.

PANNONI, F. D. *Princípios da proteção de estruturas metálicas em situação de corrosão e incêndios*. Gerdau Açominas, São Paulo, 2ª ed., 2004.

PINHO, Fernando Ottoboni; Bellei, Ildony Hélio. *Pontes e viadutos em viga mistas*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Siderurgia, 2007.

QUEIROZ, Wanderley Fernandes de. *Estudos sobre os impactos econômicos provocados pela corrosão nas estruturas de pontes*. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

RAMOS, Fernanda Silveira. *Contribuição para norma brasileira: patologias e metodologia de inspeção para pontes metálicas*. Fortaleza: IBRACON, 2019. (Relatórios de Pesquisa, n. 61/2019).

RAMOS, Fernanda Silveira. *Modelagem computacional do reforço estrutural em obra de arte especial: Ponte Imperial Dom Pedro II*. 2021. 205 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.