

Ponte do Rio Vermelho: Inovação em Métodos de Construção Para Otimização de Obras Ferroviárias de Grande Porte

Iuri Bolleli Fonseca, Gabriel Furini, Leandro Machado

Resumo

O projeto da Ponte do Rio Vermelho, uma obra fundamental na expansão da Ferrovia Estadual do Mato Grosso (FMT) para o trecho entre Rondonópolis e Lucas do Rio Verde, destaca-se pela aplicação de uma metodologia de construção de alta eficiência e inovação. Este artigo detalha a execução da superestrutura de 460 metros de extensão, dividida em dois trechos contínuos de 230 metros, cada um com seis vãos, de 35 a 40 metros. O diferencial técnico foi o lançamento por empurre hidráulico, uma aplicação do conceito de Incremental Launching. Essa tecnologia permitiu a montagem da estrutura a partir de uma plataforma fixa de retaguarda, eliminando a necessidade de grandes escoramentos sobre o leito do rio e minimizando o impacto ambiental. O processo, que utilizou dois macacos hidráulicos do tipo Strand Jack de 98 toneladas cada, aplicou uma carga total de tração de 107,14 toneladas, resultando em ganhos significativos de segurança operacional ao mitigar os riscos de içamentos. A precisão milimétrica e a otimização dos ciclos de montagem garantem a estabilidade e a integridade da infraestrutura para o tráfego futuro, evidenciando o papel da inovação na sustentabilidade do setor ferroviário. O estudo também aborda o rigoroso controle de materiais, como o concreto com $f_{ck} \geq 40$ MPa e o aço estrutural ASTM 588, que forma uma camada de ferrugem protetora, dispensando a necessidade de pintura. A obra demonstra a viabilidade de novas abordagens, contribuindo para a modernização e o avanço da engenharia nacional.

Palavras-chave: Inovação Tecnológica; Construção Ferroviária; Lançamento Hidráulico; Infraestrutura; Eficiência Operacional.

Abstract

The Rio Vermelho Bridge project, a key undertaking in the expansion of the Mato Grosso State Railway (FMT) for the section between Rondonópolis and Lucas do Rio Verde, stands out for its highly innovative and efficient construction methodology. This paper details the execution of the 460-meter-long superstructure, which is divided into two continuous 230-meter segments, each comprising six spans ranging from 35 to 40 meters. A key technical differentiator was the hydraulic launching method, an application of the Incremental Launching concept. This technology allowed the structure to be assembled from a fixed rear platform, eliminating the need for extensive scaffolding over the riverbed and minimizing environmental impact. The process, which employed two 98-ton Strand Jack hydraulic jacks, applied a total jacking load of 107.14 tons, resulting in significant gains in operational safety by mitigating lifting risks. The millimeter-level precision and optimized assembly cycles ensure the stability and integrity of the infrastructure for future traffic, highlighting the role of innovation in the sustainability of the railway sector. The study also addresses the rigorous control of materials, including concrete with $f_{ck} \geq 40$ MPa and ASTM 588 structural steel, which forms a protective rust layer, eliminating the need for painting. This project demonstrates the viability of new approaches, contributing to the modernization and advancement of national engineering.

Keywords: Technological Innovation, Railway Construction, Hydraulic Launching, Infrastructure, Operational Efficiency.

Sumário

Resumo	1
--------------	---

Abstract.....	2
1. Introdução	3
2. Metodologia	4
3. Desenvolvimento e Resultados	11
4. Conclusão.....	13
5. Referências.....	15

1. Introdução

A infraestrutura ferroviária desempenha um papel indispensável no transporte global, sendo um pilar para a conectividade e segurança logística (BOTELHO, CARVALHO E BITTENCOURT, 2025). No Brasil, com sua vasta extensão territorial e a crescente demanda por escoamento de produção, o setor ferroviário é um vetor estratégico para o desenvolvimento econômico e para a transição a um

sistema de transporte mais sustentável (RUMO LOGÍSTICA, 2025). No entanto, à medida que a rede ferroviária se expande, a engenharia civil enfrenta desafios complexos, como a construção de obras de arte especiais sobre obstáculos naturais. A necessidade de conciliar viabilidade econômica, segurança estrutural e preservação ambiental tem impulsionado a busca por novas tecnologias e metodologias construtivas (TURMINA, 2016).

Historicamente, a inovação tem sido um motor para o fortalecimento do setor ferroviário, desde os primeiros projetos, a evolução dos materiais e das técnicas de construção, como o advento da soldadura e dos parafusos de alta resistência, revolucionou a engenharia de pontes (PIRES, 2025). Nos últimos anos, a inovação em métodos de análise e construção, como o Método dos Elementos Finitos (MEF), tem permitido avaliar o comportamento estrutural com maior precisão e eficiência, abordando questões como a fadiga em estruturas antigas (PIRES, 2025) e os efeitos dinâmicos de trens de alta velocidade (ALBUQUERQUE E KRAMAR, 2015). A comunidade global de engenharia, por sua vez, reconhece a importância de se debater e padronizar novas práticas, seja para testes de carga em pontes ou para a otimização de processos construtivos (BOTELHO, CARVALHO E BITTENCOURT, 2025).

Neste cenário de evolução contínua, o projeto da Ponte do Rio Vermelho, inserido na expansão da Ferrovia Estadual do Mato Grosso (FMT), emerge como um exemplo de vanguarda (RUMO LOGÍSTICA, 2025). A obra não se limitou a aplicar técnicas convencionais, mas inovou ao adotar o lançamento por empurre hidráulico como a principal metodologia de montagem da superestrutura. Esta solução construtiva, ao concentrar a fabricação em uma área controlada e deslocar as vigas sobre os apoios, permitiu superar desafios logísticos e ambientais de forma segura e eficiente. Este artigo tem como objetivo apresentar em detalhes a concepção e os resultados desse processo, demonstrando como a inovação na engenharia civil pode gerar benefícios significativos para a segurança operacional, a produtividade e a sustentabilidade, e pavimentar o caminho para a construção de uma infraestrutura ferroviária mais moderna e resiliente no Brasil (PLANAVE ENGENHARIA, 2024; RUMO LOGÍSTICA, 2025).

2. Metodologia

A execução da Ponte do Rio Vermelho, inserida no projeto de expansão da Ferrovia Estadual do Mato Grosso (FMT), foi concebida para atender a rigorosos requisitos de engenharia, eficiência

construtiva e sustentabilidade ambiental. A metodologia adotada priorizou a minimização de intervenções no leito do rio e a otimização dos ciclos de montagem, garantindo a integridade estrutural e a segurança operacional (PROTENDE ABS, 2024). Essa abordagem alinha-se a

conceitos de ponta na engenharia de pontes, como o Incremental Launching Method (método de lançamento incremental), que tem sido aplicado em estruturas de grande porte desde o início da década de 1960 (ZELLNER e SVENSSON, 1983).

2.1 Descrição da Ponte

A OAE (Obra de Arte Especial) em estudo é a Ponte do Rio Vermelho, uma estrutura de 460 metros de extensão total, dividida em dois trechos contínuos de 230 metros. Cada trecho é composto por seis vãos: um de 35 m, quatro de 40 m, e um de 35 m. A superestrutura é mista, com vigas de alma cheia de 3,00 m de altura e um tabuleiro de laje de 8 cm de espessura, estruturada por treliças senoidais de aço autoportantes. A mesoestrutura é formada por pilares flexíveis de concreto, que transferem as cargas longitudinais para encontros de peso nas extremidades, uma solução visando maior economia para as fundações. As fundações consistem em estacas escavadas com diâmetro de 1,50 m, exceto onde há afloramento de rocha, onde a fundação é direta. Camisas metálicas de 1,60 m de diâmetro foram cravadas nos trechos do rio para permitir a perfuração em rocha (PLANAVE ENGENHARIA, 2024; RUMO LOGÍSTICA, 2025).

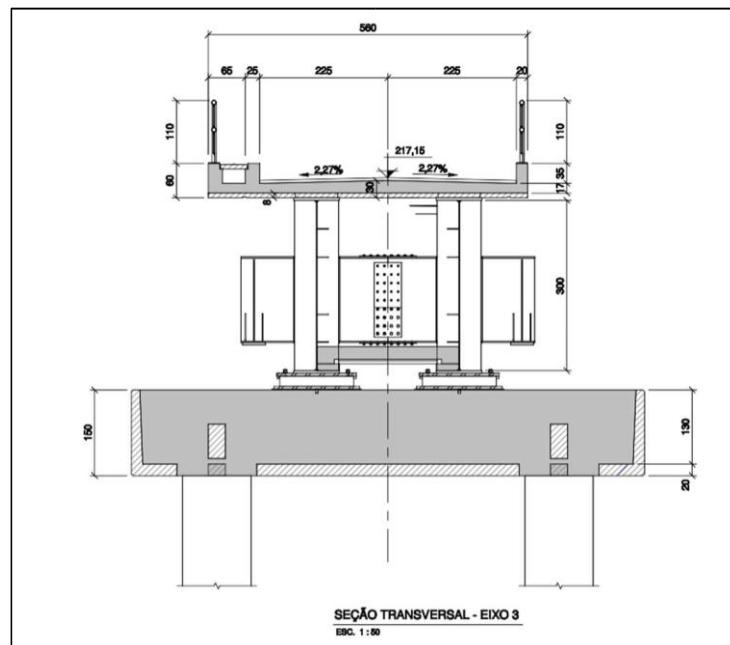


Figura 1: Seção Transversal Típica

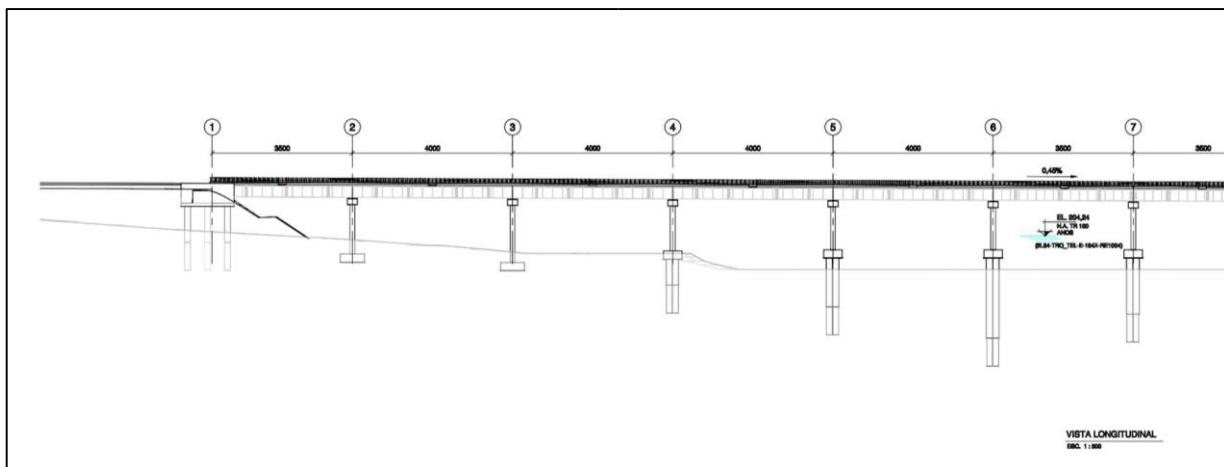


Figura 2: Vista Longitudinal

A figura 1 (Seção Transversal Típica) e a figura 2 (Vista Longitudinal) ilustram o arranjo geral e os principais componentes da ponte. A figura 3 a seguir, evidencia uma vista geral da ponte finalizada.

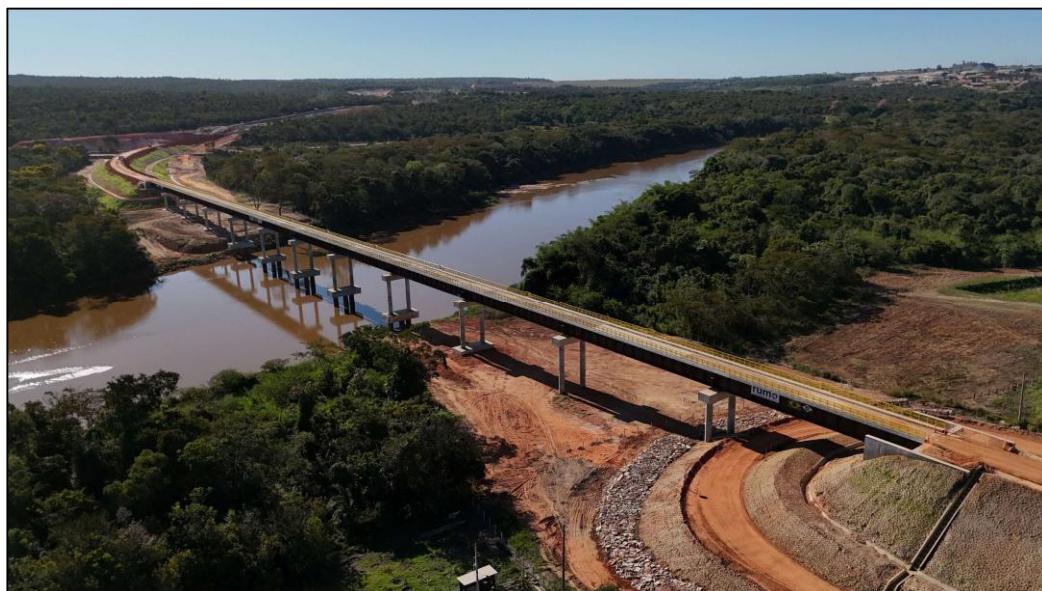


Figura 3: Vista Geral OAE Ponte do Rio Vermelho

2.2 Lançamento da Superestrutura: Metodologia e Equipamentos

A construção da superestrutura foi realizada por meio do método de lançamentos progressivos, a partir do encontro (E1) (PROTENDE ABS, 2024). Os módulos metálicos foram construídos em um pátio de montagem, solidarizados e, em seguida, empurrados por um sistema de tração através de um sistema hidráulico.

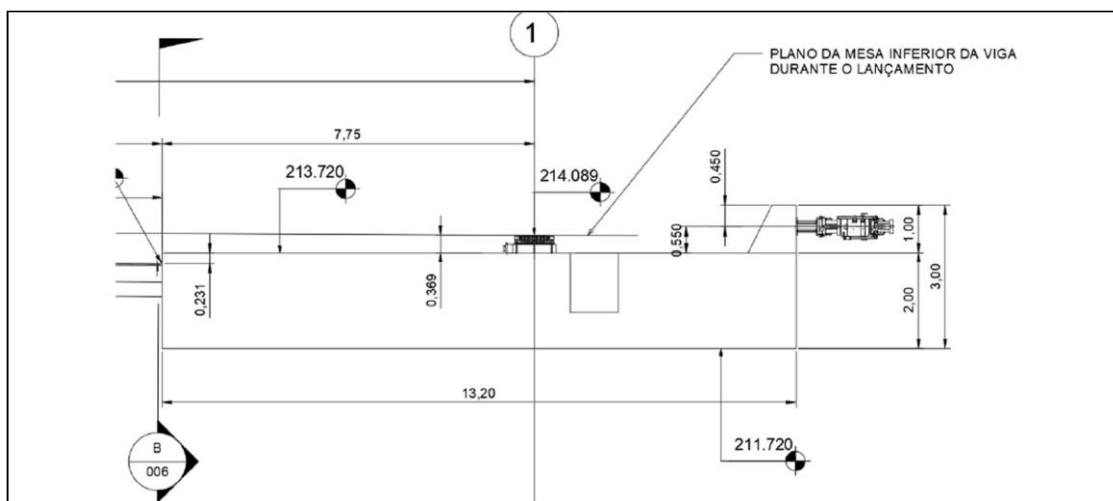


Figura 4 : Posicionamento dos Strand Jack's (Esquemático)

2.2.1 Componentes do Sistema de Lançamento

O sistema para a tração foi dimensionado para uma carga total das vigas, pre-lajes e armação. A força de empurre foi calculada considerando o peso próprio da estrutura e os coeficientes de atrito (10% no pátio e 5% nos apoios), além da declividade favorável de -0,257 graus (PROTENDE ABS, 2024). Os principais componentes foram:

- Macacos Hidráulicos (Strand Jacks): Foram utilizadas duas unidades do modelo DLS98, cada uma com capacidade nominal de 98 toneladas (PROTENDE ABS, 2024). O sistema opera com cordoalhas tracionadas, em um movimento linear contínuo, e é controlado por um software supervisório que garante o avanço uniforme, mesmo com centros de gravidade descentralizados (PROTENDE ABS, 2024).
- Cordoalhas: Utilizadas para o tracionamento, são do tipo CP 190 RB, com diâmetro nominal de 15,2 mm e carga de utilização de 12,25 toneladas por unidade (PROTENDE ABS, 2024).
- Patins e Roletes de Deslizamento: Os patins, em material mais rígido na face de contato, foram instalados ao longo do pátio de montagem para suportar a carga e servir como dispositivos de deslizamento (PROTENDE ABS, 2024). Roletes metálicos, com alta capacidade de carga e baixa necessidade de supervisão, foram posicionados em cada eixo da ponte para facilitar o avanço da superestrutura (PROTENDE ABS, 2024).

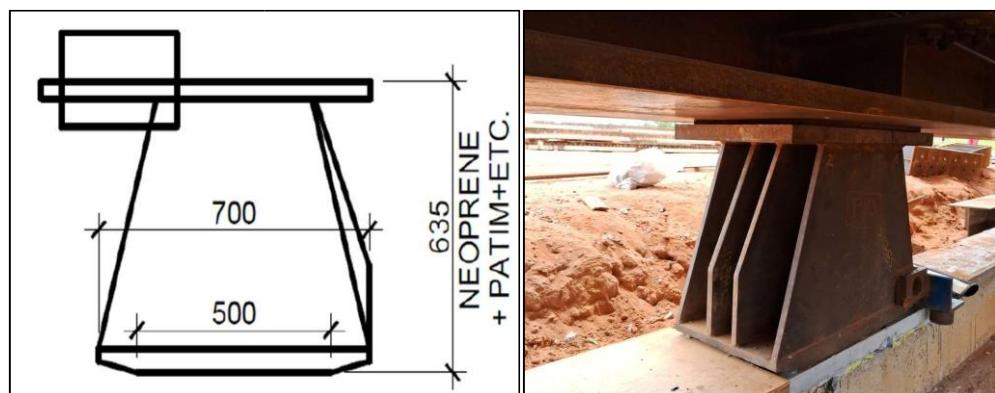


Figura 5: Patins Sobre a Pista de Rolamento

- Sistema de Correção de Flecha: Para corrigir a deformação da extremidade frontal da estrutura, que chega aos apoios ligeiramente abaixo da cota, foi previsto um sistema de

elevação com macacos hidráulicos de 500 mm de curso, instalados na diagonal (PROTENDE ABS, 2024).

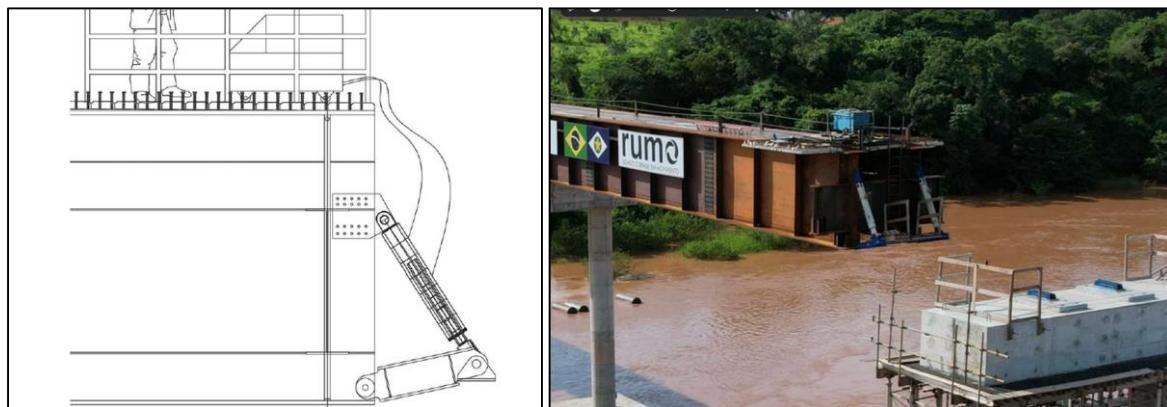


Figura 6: Sistema de Correção de Flecha

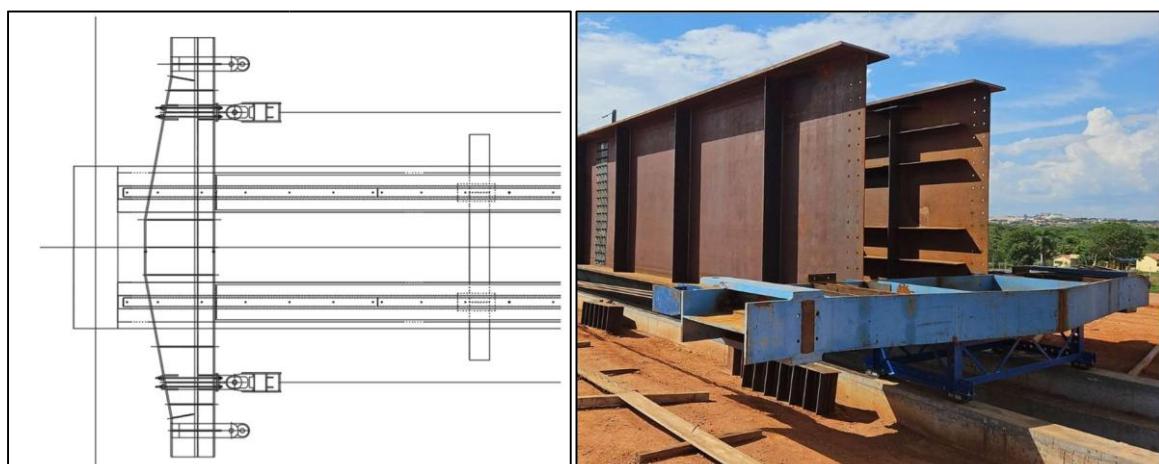


Figura 7: Viga de Reação

A figura 4 (Setorização dos Módulos) a seguir ilustra a sequência de atividades da etapa de lançamento por empurre hidráulico.

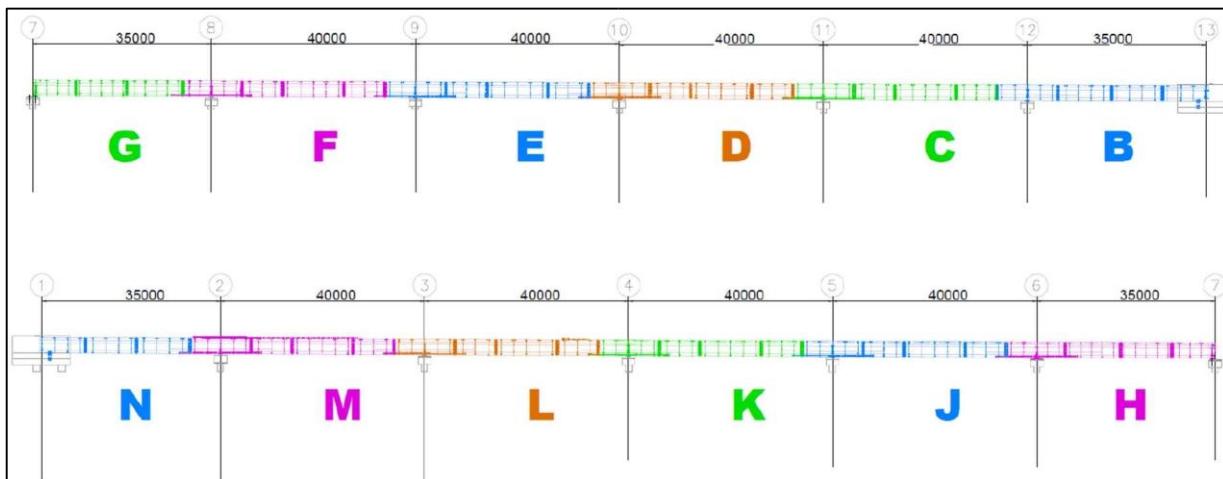


Figura 8: Setorização dos Módulos

2.3 Propriedades dos Materiais

Para garantir a qualidade e a durabilidade da ponte, foram especificados e controlados rigorosamente os materiais utilizados.

- Concreto: O concreto da superestrutura foi projetado com $f_{ck} \geq 40$ MPa e adições de sílica ativa. O módulo de elasticidade do concreto foi determinado de acordo com a NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014).
- Aço: O aço estrutural para as vigas e o aço de reforço para as armaduras foram selecionados em conformidade com as normas técnicas pertinentes, como a NBR 8800 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008). O aço estrutural utilizado é do tipo ASTM 588, que, devido à sua composição, cria uma camada de ferrugem protetora, eliminando a necessidade de pintura e manutenção subsequente

As propriedades detalhadas dos materiais são apresentadas na tabela 1.

Material	Propriedade	Valor
Aço Estrutural (Viga Mista)	Tipo	ASTM A588
	Tensão de Escoamento (fyk)	345MPa
	Tensão de Ruptura (fu)	480MPa
	Módulo de Elasticidade (Es)	200GPa
	Coeficiente de Poisson (v)	0,3
Concreto Estrutural	Classe (Meso e Infraestrutura)	C40 (aos 28 dias)
	Classe (Superestrutura)	C40 (aos 28 dias)
	Coeficiente de Poisson (v)	0,2
	Peso Específico (γ)	25kN/m ³
	Módulo de Elasticidade (Ecs)	$Ecs=0,85 \cdot 5600 f_{ck}$ (em MPa)
	Classe de Agressividade Ambiental (CAA)	Tipo II

Tabela 1: Propriedades dos Materiais

3. Desenvolvimento e Resultados

A execução da Ponte do Rio Vermelho validou a eficácia do método de lançamento por empurre hidráulico, comprovando sua viabilidade técnica e operacional para grandes obras ferroviárias (PROTENDE ABS, 2024). Os resultados obtidos demonstram como a inovação metodológica, em alinhamento com o conceito de Incremental Launching (Lançamento Incremental) (ZELLNER e SVENSSON, 1983), permitiu superar desafios logísticos e ambientais com excelência.

3.1 Lançamento da Superestrutura: Eficiência e Precisão

O processo de lançamento ocorreu a partir de uma plataforma de retaguarda fixa, onde os módulos metálicos da superestrutura foram construídos (PROTENDE ABS, 2024). A principal vantagem dessa abordagem é a concentração de mão de obra e equipamentos em um único local, minimizando a necessidade de andaimes e estruturas provisórias complexas sobre o rio, o que é um dos princípios do método de lançamento incremental (ZELLNER e SVENSSON, 1983).

O sistema de empurre hidráulico, composto por dois macacos Strand Jack DL-S98 e cordoalhas CP 190 RB, garantiu um avanço progressivo e contínuo (PROTENDE ABS, 2024). As medições realizadas durante o lançamento confirmaram a precisão do alinhamento da estrutura, assegurando a sua integridade e a qualidade final da via permanente. O sistema de controle automatizado e a utilização de guias laterais, patins de deslizamento e roletes (PROTENDE ABS, 2024) permitiram que o empurre fosse realizado de forma uniforme, mesmo considerando a carga total de tracionamento de 107,14 toneladas e os efeitos da declividade da estrutura.

A tabela 1 a seguir resume os valores característicos sem a aplicação de FAD.

3.2 Segurança Operacional e Produtividade

A adoção do método de empurre resultou em ganhos significativos de segurança e produtividade (PROTENDE ABS, 2024). Em contraste com os métodos convencionais que dependem de içamentos de grandes peças sobre o vão, o lançamento hidráulico mitigou de forma expressiva os riscos de acidentes com trabalhos em altura e movimentação de carga. As atividades de montagem puderam ser realizadas em níveis reduzidos, proporcionando um ambiente de trabalho mais seguro para as equipes (RUMO LOGÍSTICA, 2025).

A produtividade da obra foi otimizada com ciclos de montagem previsíveis, uma vez que a execução da superestrutura dependia menos de fatores externos, como condições climáticas e logística de transporte de peças de grande porte até o local da instalação.

3.3 Controle de Qualidade e Desempenho da Estrutura

O sucesso da metodologia foi reforçado pelo rigoroso controle de qualidade, desde a fabricação das vigas até a concretagem do tabuleiro (RUMO LOGÍSTICA, 2025).

- Materiais: O uso de concreto com $f_{ck} \geq 40$ MPa e adições de sílica ativa resultou em um desempenho mecânico superior e em maior durabilidade, um fator crítico para a vida útil de uma infraestrutura ferroviária (RUMO LOGÍSTICA, 2025).
- Inspeção e Monitoramento: O alinhamento da superestrutura foi monitorado constantemente, e a qualidade das soldas e das conexões foi verificada por meio de inspeções não destrutivas.

Essas práticas garantem que a estrutura final não apenas cumpra os requisitos de projeto, mas também tenha uma vida útil estendida, minimizando custos de manutenção a longo prazo e contribuindo para a sustentabilidade do ativo.

3.4 Resultados em Números

- Extensão da ponte: 460 metros, divididos em dois trechos de 230 metros (PROTENDE ABS, 2024).
- Vãos: 1 vão de 35 metros, 4 vãos de 40 metros e 1 vão de 35 metros por trecho (PROTENDE ABS, 2024).
- Peso de tracionamento: A carga total de tracionamento foi de 107,14 toneladas, utilizando dois Strand Jacks (PROTENDE ABS, 2024).

Em suma, os resultados da execução da Ponte do Rio Vermelho demonstram que a inovação tecnológica no método de construção não é apenas uma alternativa, mas uma solução superior em termos de eficiência, segurança e confiabilidade, contribuindo diretamente para a modernização da malha ferroviária brasileira.

4. Conclusão

A execução da Ponte do Rio Vermelho, no âmbito da expansão da Ferrovia Estadual do Mato Grosso (FMT), demonstrou de forma inequívoca que a aplicação de metodologias inovadoras pode transformar desafios de engenharia em oportunidades para aprimorar a eficiência, a segurança e a sustentabilidade no setor ferroviário. A adoção do método de lançamento por empurre hidráulico, em clara correlação com o conceito de Incremental Launching, representa um avanço significativo para a engenharia nacional.

A principal contribuição deste trabalho é a validação de uma técnica construtiva que permitiu a montagem de uma superestrutura de 460 metros de comprimento a partir de uma plataforma de retaguarda, eliminando a necessidade de interferências complexas e de grande porte sobre o leito do rio. O uso de equipamentos de alta precisão, como os macacos hidráulicos do tipo Strand Jack, roletes e patins de deslizamento, garantiu o avanço controlado e uniforme da ponte.



Figura 9: Ponte Concluída, Vista Lateral

Os resultados demonstram que essa abordagem se traduz em benefícios diretos:

- **Eficiência e Produtividade:** A concentração das operações em um pátio de montagem fixo, aliada ao uso de componentes pré-moldados, otimizou os ciclos de trabalho e reduziu o cronograma da obra.
- **Segurança Operacional:** A mitigação dos riscos de acidentes associados a içamentos e trabalhos em altura reforça a prioridade dada à segurança das equipes.
- **Qualidade e Durabilidade:** O rigoroso controle tecnológico, incluindo o uso de concreto com altas resistências e a utilização de sistemas de correção de flecha durante o lançamento, assegura a longevidade e a confiabilidade da estrutura.



Figura 10: Ponte Concluída Vista Lateral Paralela

Em última análise, o projeto da Ponte do Rio Vermelho é um marco para a infraestrutura ferroviária brasileira, não apenas por sua envergadura, mas por exemplificar uma solução técnica e ambientalmente superior. Ele pavimenta o caminho para a adoção de novas tecnologias que impulsionam a modernização e a sustentabilidade do transporte sobre trilhos no país, contribuindo de forma decisiva para a evolução da engenharia e para o desenvolvimento logístico e econômico do Brasil.

5. Referências

- ALBUQUERQUE, Filippi Seuanes Cavalcanti de; KRAMAR, Wagner Felipe. Análise do comportamento estrutural de uma ponte ferroviária de concreto armado submetida a esforços de natureza dinâmica. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: Projeto e Execução de Fundações. Rio de Janeiro, 2019.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8800: Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios. Rio de Janeiro, 2008.
- BARBOZA, Luis Antônio Tadaiesky; SOUZA, Remo Magalhães de; SILVA, Edilson Morais Lima e; SOUSA, Rafael Araujo de. Avaliação de Esforços em uma Laje de Tabuleiro de Ponte Ferroviária Levando em Conta Efeitos de Não Linearidade do Material. In: CILAMCE 2016 - Anais do XXXVII Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering. Brasília, DF, 2016.
- BOTELHO, Lucas Almeida; CARVALHO, Hermes; BITTENCOURT, Túlio Nogueira. Testes de Carga em Pontes Ferroviária: Uma Análise Comparativa das Práticas Internacionais. Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, v. XVI, Rio de Janeiro, 2025.
- GASPAR, A. Análise de Metodologias de Lançamento de Vigas Metálicas por Empurre Hidráulico. Relatório Técnico Interno, RUMO S.A., 2025.
- PIRES, Tânia Sofia Pereira. Análise do Dano à Fadiga em Pontes Ferroviárias Antigas com base em Modelos Locais Tridimensionais. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2025.
- PLANAVE ENGENHARIA. Projeto Executivo da Ponte Ferroviária sobre o Rio Vermelho. Relatório Técnico, 2024.
- PROTENDE ABS. Metodologia para tracionamento de ponte: Ponte Ferroviária sobre o Rio Vermelho. Documento Interno PM 00.06.0458. Osasco, SP, 2024.
- RUMO LOGÍSTICA. Baseline Executivo da Obra PRV – FMT. Documento Interno, Revisão 2, 2025.
- TURMINA, Gabriel. Estudo dos Esforços Atuantes em uma Ponte em Concreto Armado. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.
- ZELLNER, Wilhelm; SVENSSON, Holger. Incremental launching of structures. Journal of Structural Engineering, v. 109, n. 2, p. 520-537, 1983.