

Modelagem da Informação da Construção (BIM) em Infraestrutura Ferroviária: Estudo de Caso do Projeto Segregações

Aurenice Cruz Figueira¹

¹MRS Logística S.A.

RESUMO

A integração do BIM em projetos ferroviários traz diversas vantagens, como maior precisão no projeto, detecção antecipada de interferências, economia de tempo, otimização de custos e colaboração mais eficiente. Diante da complexidade do Projeto Segregações, da MRS Logística, que objetiva a segregação ferroviária de cargas e passageiros em áreas urbanas densamente ocupadas, o uso de BIM permitiu a simulação, coordenação e detecção antecipada de interferências entre disciplinas de infraestrutura e estações de passageiros. O projeto básico atingiu um nível de detalhamento superior ao exigido pelas normativas, proporcionando estimativas de custo mais precisas, redução de riscos e ganhos significativos para a fase de projeto executivo. A experiência reafirma que o BIM não é apenas uma ferramenta, mas um novo modelo de gestão integrada, com benefícios que se estendem à operação, manutenção e futura expansão dos ativos ferroviários.

ABSTRACT

The use of BIM to develop railway projects offers several advantages, including greater design accuracy, early detection of interference, time saving, cost optimization, and more efficient collaboration. Given MRS Logística's Segregações Project complexity, an initiative that aims to segregate freight and passenger rail in a densely populated urban area, the use of BIM was essential, enabling simulation, coordination and clash detection between infrastructure and passenger stations disciplines. The basic design phase of the Project achieved a level of detail that exceeded the standards required by regulations, providing more accurate cost estimates, risk reduction and significant gains for the executive design phase. This experience reaffirms that BIM is not just a tool, but an integrated management model, with benefits that extend to the operation, maintenance and future expansion railway projects.

SUMÁRIO

RESUMO	1
ABSTRACT	1
SUMÁRIO	1
INTRODUÇÃO.....	2
Contextualização Projeto Segregações.....	3
METODOLOGIA.....	4
DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS	6
CONCLUSÕES	9
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10

INTRODUÇÃO

No Brasil, a transformação digital continua sendo um tema central no setor ferroviário global, com destaque para tecnologias como manutenção preditiva e gêmeos digitais que permitem uma gestão mais eficiente e proativa dos ativos ferroviários, reduzindo custos e melhorando a disponibilidade e a confiabilidade dos sistemas (Boechat, 2025).

Dentro dessa transformação digital, a metodologia BIM (*Building Information Modeling*) tem se mostrado uma ferramenta poderosa quando aplicada à projetos em geral e tende a se expandir nos projetos de infraestrutura com a implementação de novas tecnologias e a evolução das ferramentas e softwares.

Building Information Modeling (BIM) é um processo abrangente que envolve a criação e o gerenciamento de uma representação digital de um projeto de construção ou infraestrutura ao longo de seu ciclo de vida. A integração e a coordenação de diversas disciplinas, incluindo arquitetura, engenharia, construção e gestão de instalações, constituem uma abordagem colaborativa para um modelo 3D centralizado e inteligente.

O núcleo do BIM é o próprio modelo digital, que é uma representação do projeto rica em dados, orientada a objetos e paramétrica. Este modelo é um recurso de conhecimento compartilhado que contém informações geométricas e dados abrangentes relacionados a materiais, especificações, cronogramas, custos e características de desempenho.

Nos países europeus a metodologia BIM aplicado à infraestrutura ferroviária está em constante crescimento (Alqatawna et al., 2023; Bensalah et al., 2018a; Biancardo et al., 2023; Matejov & Šestáková, 2021; Yilmaz, 2024). Essa abordagem ajuda a melhorar a entrega dos projetos, promovendo uma colaboração mais eficiente. Como resultado, os custos ficam mais bem controlados e a execução das obras se torna mais fácil e precisa

A integração do BIM em projetos ferroviários traz diversas vantagens, como maior precisão no projeto, detecção antecipada de interferências, economia de tempo, otimização de custos, colaboração mais eficiente, melhoria da qualidade das obras e pré-fabricação. Essas experiências também demonstraram que o uso do BIM não representa apenas uma transição tecnológica, mas uma revolução no processo de gerenciamento de projetos (Bensalah et al., 2018b).

A aplicação desta metodologia ainda na fase de projeto básico torna o processo de planejamento e execução mais eficiente, reduzindo erros e retrabalhos, e proporcionando maior transparência e controle e com ganhos significativos para a fase de projeto executivo. E após a conclusão, o BIM será transformado em uma representação precisa dos ativos realizados, permitindo que os clientes entendam e gerenciem os requisitos de suporte ou atualização necessários para alcançar a melhor funcionalidade (Wang, 2025).

Contextualização Projeto Segregações

Em 2022, a MRS Logística assinou o contrato da renovação da concessão junto ao governo federal, que garantiu investimentos significativos na ampliação da capacidade de volumes transportados pela empresa. Dentre os principais investimentos está o Projeto Segregações, que é um empreendimento de grande magnitude com aproximadamente 100 km de extensão no estado de São Paulo.

A proposta fundamental deste projeto é permitir a separação das operações de transporte ferroviário de cargas e passageiros, que atualmente compartilham a mesma via férrea. Para separar o transporte de passageiros e de carga, minimizando os impactos para a CPTM e para a MRS, surgiram os projetos das Segregações Noroeste e Sudeste (Figura 1), que têm como proposta reduzir ao máximo o compartilhamento de trechos. O transporte de cargas realizado pela MRS passará a ser realizado em nova via exclusiva, nos trechos compreendidos entre as estações Rio Grande da Serra e Brás (Sudeste) e entre as estações Barra Funda e Jundiaí (Noroeste). Desta forma, a MRS reduzirá o compartilhamento com trens de passageiros para apenas 8 km no trecho entre as estações de Brás e Barra Funda, no centro de São Paulo.

A principal motivação do projeto é possibilitar a ampliação do transporte de passageiros sobre trilhos na região metropolitana de São Paulo, inclusive, viabilizando espaço para construção de linha exclusiva para o projeto do Trem Intercidades (TIC) que ligará São Paulo à Campinas (dentro do trecho da Segregação Noroeste).

O projeto Segregações contribuirá para uma matriz de transportes mais equilibrada e melhorias na mobilidade urbana, uma vez que permite também acesso ferroviário mais amplo à região central da cidade de São Paulo, viabilizando a implantação de plataformas logísticas para operação de carga geral diretamente pelo modal ferroviário e reduzindo o fluxo de caminhões que acessam a cidade para este atendimento.

A Segregação Noroeste compreende o trecho localizado entre as Estações Barra Funda e Jundiaí, ao longo da Linha 7 - Rubi da CPTM, com extensão total de 56 km, em regiões montanhosas e com traçado sinuoso. O projeto neste trecho contempla a adequação de algumas das estações existentes da CPTM e a construção de um túnel de quase 1,5 km na região de Campo Limpo Paulista.

A Segregação Sudeste é compreendida pelo segmento localizado entre a Estação de Rio Grande da Serra e Brás, ao longo da Linha 10 - Turquesa da CPTM, com extensão total de 35 km, em uma região densamente urbanizada e com diversas interferências potenciais já mapeadas. Além disso, por meio do projeto da Segregação Sudeste, será garantido aos usuários da Linha 10 a acessibilidade universal a todas as estações da CPTM.

Entre as Segregações Noroeste e Sudeste, há um trecho onde os trens de carga continuarão compartilhando as vias com os trens de passageiros da CPTM na região central da cidade de São Paulo, no segmento entre as estações Brás e Barra Funda, resultando num segmento de aproximadamente 8,5 km de compartilhamento de trilhos entre carga e passageiros.

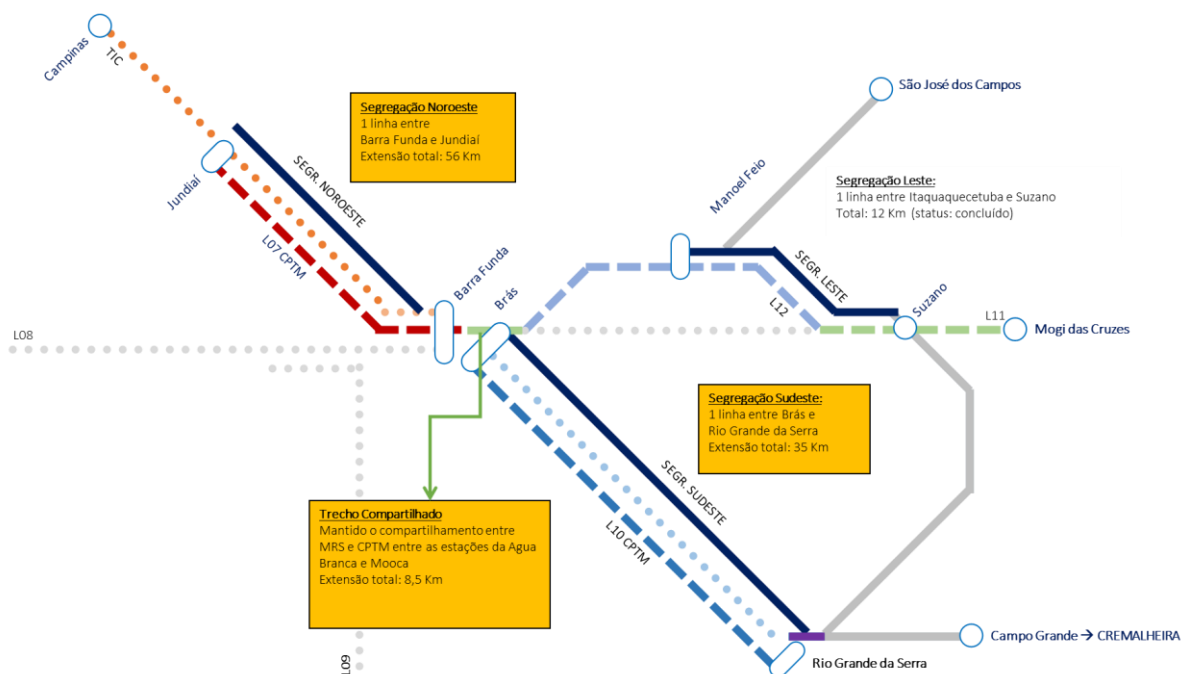


Figura 1 - Mapa de localização – Segregações Noroeste e Sudeste MRS Logística.

A limitação do espaço físico disponível para a implantação do empreendimento exige alta precisão desde a elaboração do projeto básico até a fase de execução das obras, devido à inserção em área urbana densamente ocupada e à necessidade de mitigar ao máximo as interferências com as vias CPTM e estruturas existentes.

Diante do desafio de conduzir um empreendimento de grande porte no contexto de concessão ferroviária, a MRS Logística adotou, de forma estratégica, a metodologia BIM desde a fase de projeto básico, atualmente em fase de conclusão. Este trabalho tem como objetivo apresentar a aplicação da metodologia BIM no projeto ferroviário Segregações apresentando os processos adotados e as lições aprendidas sob a perspectiva do proprietário do empreendimento.

METODOLOGIA

A MRS Logística por se tratar de uma empresa privada, sem histórico na elaboração de projetos de grande porte, e considerando a relevância estratégica deste empreendimento, optou pela realização de investimentos substanciais em um planejamento estruturado e na execução rigorosa de todas as etapas deste projeto.

A primeira medida adotada foi a contratação de consultoria especializada, com o objetivo de garantir embasamento técnico, metodológico e estratégico ao planejamento do termo de referência (TR) para licitação e contratação das projetistas. O Termo de Referência (TR) elaborado pela equipe delimitou os escopos das disciplinas em BIM para o projeto básico, especificando os níveis de detalhamento requeridos, os entregáveis obrigatórios, os softwares a serem utilizados e os critérios de medição adotados.

De maneira estratégica, o projeto básico Segregações foi dividido em dois lotes – Sudeste (SSE) e Noroeste (SNO) - para fins de licitação e contratação, com o objetivo de otimizar os prazos e assegurar a entrega do projeto no menor tempo possível.

A MRS realizou o alinhamento dos fluxos de trabalho com as empresas projetistas, preservando os processos e protocolos já consolidados por essas organizações. Essa abordagem visou eliminar a necessidade de adaptação operacional por parte das equipes envolvidas, reduzindo a curva de aprendizagem e contribuindo para a otimização dos prazos de execução do projeto. As empresas projetistas responsáveis apresentaram os Planos de Execução BIM (PEB) com as diretrizes e processos para a implementação da metodologia de acordo com o termo de referência de contratação.

Considerando as recorrentes incompatibilidades observadas entre diferentes plataformas BIM, especialmente em projetos de maior complexidade, a contratante optou pela adoção do pacote AEC da Autodesk, visando assegurar maior interoperabilidade, padronização dos fluxos de trabalho, redução de perdas de informação e erros de comunicação entre disciplinas e eficiência na coordenação multidisciplinar. De forma complementar, foi utilizado o Autodesk Docs (ACC Docs) para repositório e gerenciamento dos arquivos do projeto, permitindo a definição fluxos de aprovação para os entregáveis, com controle de rastreabilidade e histórico de versões.

Em paralelo, foi formada a equipe de especialistas MRS composta por profissionais com experiência na elaboração de projetos em BIM. A interação adotada, entre empresa contratante e empresas projetistas, foi uma abordagem colaborativa, buscando auxiliar na tomada de decisão quanto às melhores soluções de engenharia, tornando-se o diferencial no processo de elaboração deste projeto. Ademais, cabe à equipe de especialistas da MRS a responsabilidade pela validação e aprovação dos entregáveis produzidos.

Infraestruturas ferroviárias são predominantemente lineares, estendendo-se por quilômetros, enquanto edificações são verticais e compactas (Seo & Lee, 2020). Diferentemente do BIM tradicional aplicado a edificações, o BIM ferroviário (também conhecido como I-BIM - *Infrastructure BIM*) deve lidar com características únicas das infraestruturas lineares, como extensões quilométricas, múltiplas disciplinas técnicas e complexidade de sistemas integrados (Leone et al., 2017).

No âmbito do Projeto Segregações, a metodologia BIM foi aplicada em duas frentes distintas: a infraestrutura linear e as estações. A infraestrutura linear contempla a modelagem BIM das disciplinas técnicas associadas à geometria da via, terraplenagem, drenagem, contenções, entre outras. Por sua vez, os modelos BIM das estações englobam as disciplinas relacionadas às intervenções nas áreas edificadas, como arquitetura, estruturas, paisagismo, instalações hidráulicas etc.

A Figura 2 apresenta o fluxograma resumido das fases apresentadas para aplicação da metodologia BIM no projeto Segregações.

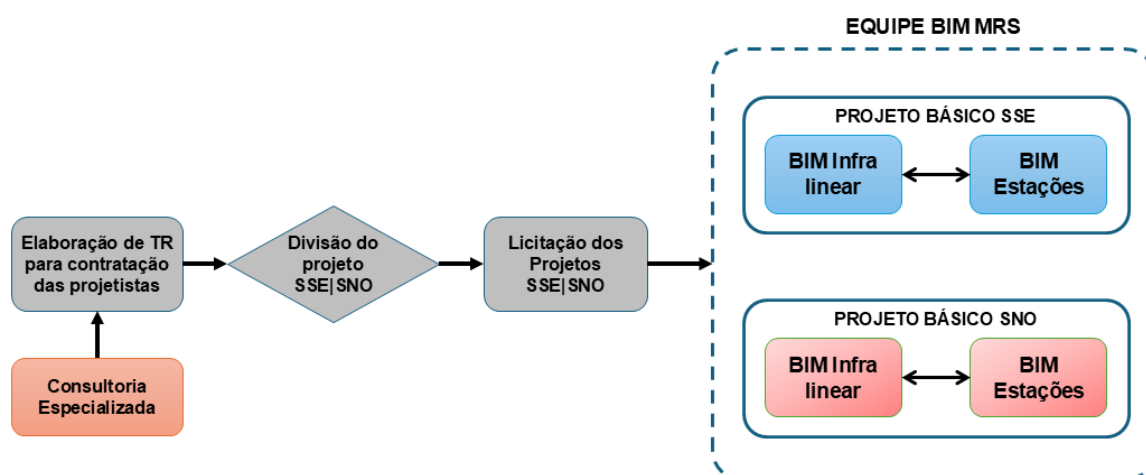


Figura 2 – Estrutura de implantação da metodologia BIM no projeto Segregações.

DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

A aquisição de dados espaciais é uma etapa estratégica no ciclo de vida de projetos de infraestrutura, especialmente aqueles que demandam alto grau de precisão e integração entre disciplinas. Sendo assim, a MRS assumiu a responsabilidade desta etapa afim de garantir da qualidade e confiabilidade das informações base do projeto.

Para isto foram adotados protocolos rigorosos para a coleta de dados, utilizando diferentes tecnologias como aerolevanteamento, drones e *laser scanning*, sendo fundamental para a obtenção de informações espaciais de alta precisão, que subsidiaram as fases de projeto básico e executivo, contribuindo diretamente para o aumento da acurácia e da confiabilidade dos modelos desenvolvidos em BIM.

Os levantamentos de dados espaciais estão apoiados em uma Rede Geodésica Tridimensional (RGT) de alta acurácia, implantada e monumentalizada especificamente para este projeto (Figueira et al., 2024). Além de garantir a confiabilidade e a consistência dos dados coletados, a RGT está dimensionada para atender a demandas futuras, viabilizando sua integração em projetos de expansão.

O projeto BIM de infraestrutura foi subdividido em subtrechos como estratégia para viabilizar sua modelagem no software Civil 3D. As equipes responsáveis pela geometria (MRS e Projetistas) colaboraram de forma integrada para definir o traçado inicial, que foi pautada em premissas técnicas previamente estabelecidas, considerando as particularidades do terreno, as exigências normativas e os condicionantes ambientais e operacionais da região.

O projeto BIM de infraestrutura foi dividido em subtrechos devido a extensão do empreendimento e limitações do software Civil 3D. As equipes de geometria trabalharam em conjunto para definir o traçado inicial com base em premissas e particularidades a serem seguidas. A partir da definição do traçado geométrico inicial, as demais disciplinas foram modeladas de forma alinhada às diretrizes técnicas e espaciais estabelecidas. Essa abordagem permitiu que todas as áreas de projeto compartilhassem uma base comum de informações, garantindo coerência na implantação dos elementos de infraestrutura.

Posteriormente, os modelos individuais de cada disciplina foram integrados por meio de um modelo federado, utilizando o software Navisworks como ferramenta de coordenação e compatibilização. O modelo federado consiste na agregação de modelos provenientes de diferentes disciplinas em um ambiente unificado de visualização e análise, sem que haja alteração nos arquivos originais. Essa prática permitiu a detecção antecipada de conflitos (*clash detection*), a verificação da interferência entre sistemas e revisões técnicas mais eficientes e colaborativas.

Paralelamente, os projetos BIM das Estações foram conduzidos a partir de um processo estruturado de *design review* — uma prática que visa a revisão e validação conjunta dos modelos e documentos de projeto por diferentes equipes técnicas, promovendo uma tomada de decisão integrada.

A realização do *design review* de forma colaborativa permitiu uma análise crítica e simultânea dos requisitos técnicos e operacionais que cada estação deveria atender, considerando aspectos como integração com o entorno urbano e viabilidade construtiva. Como estratégia adicional, foram utilizados projetos-tipo, classificados conforme o tipo de intervenção planejada em cada estação, podendo ser: adequação da estação, passarela pública, e estação nova.

A adoção de projetos-tipo trouxe benefícios significativos, como a padronização de soluções técnicas e a redução de custos com modelagem e revisão. Ao mesmo tempo, cada projeto-tipo manteve margem de flexibilidade para ajustes conforme as especificidades de cada localidade, garantindo que as soluções fossem técnicas e contextualmente adequadas.

Os modelos BIM das estações (Figura 3) foram compatibilizados por meio de um modelo federado, que integrou as diferentes disciplinas envolvidas no projeto. A arquitetura, considerada a disciplina principal, foi compatibilizada com o eixo da via férrea, assegurando que as cotas das plataformas estivessem corretamente alinhadas com o traçado e o nível da via projetada.

A adoção da abordagem colaborativa garantiu a interação entre empresa contratante e projetistas de forma mais dinâmica e contínua, favorecendo a tomada de decisões mais assertiva e precoce, reduzindo retrabalhos e otimizando prazos e custos.

A utilização da metodologia BIM permitiu a visualização, simulação e coordenação integrada das disciplinas, viabilizando a identificação e eliminação de interferências geométricas e funcionais — a exemplo de desalinhamentos entre o eixo ferroviário e as plataformas, ou conflitos entre os sistemas prediais e os elementos da infraestrutura ferroviária.

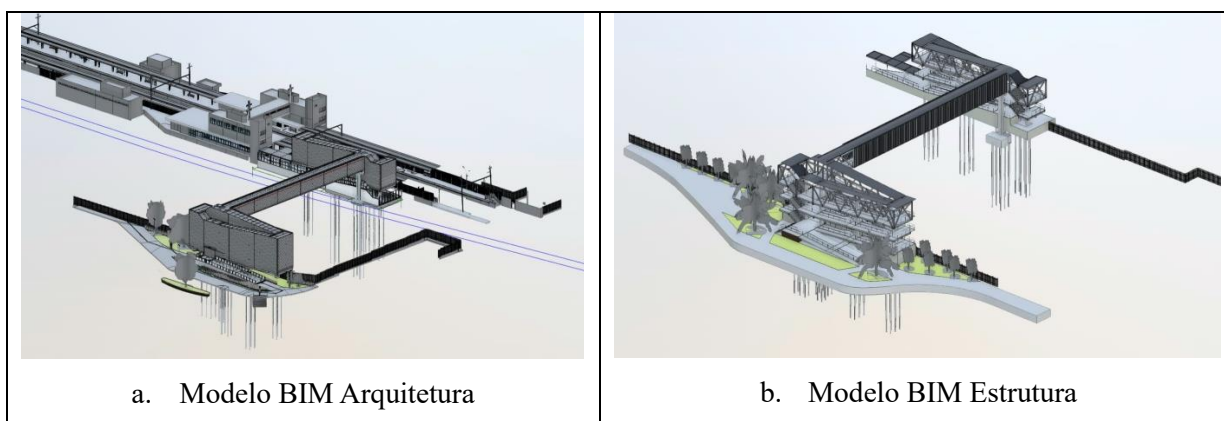


Figura 3 – Modelos BIM de Estação.

Ainda como escopo do projeto, foram elaborados modelos no Autodesk Infraworks que contribuiu significativamente para a comunicação do projeto Segregações com municípios e demais partes interessadas. A visualização tridimensional realista (Figura 4) facilitou a compreensão por públicos não técnicos, fortalecendo o poder de convencimento da equipe técnica e favorecendo a aceitação do projeto por parte das autoridades locais e da comunidade. Além disso, a plataforma proporcionou um ambiente interativo e de fácil navegação para discussão de alternativas, ajustes e soluções técnicas durante as fases de apresentação e validação institucional.



Figura 4 – Renderização do projeto da Passarela na Estação Capuava (Segregação Sudeste).

Ao analisar os procedimentos empregados durante a fase de projeto básico — incluindo metodologias de trabalho, fluxos de informação, ferramentas de modelagem e formas de comunicação entre os envolvidos — tornou-se possível identificar falhas, gargalos e oportunidades de melhoria. Essas observações, muitas vezes resultantes de situações práticas enfrentadas no dia a dia do desenvolvimento, constituem o que se convencionou chamar de “lições aprendidas”.

As lições aprendidas foram atividades valiosas realizadas em conjunto com a equipe técnica e coordenação MRS para o redesenho de processos. Essas adequações serão utilizadas para a redefinição e adequação dos protocolos de projeto executivo, promovendo maior eficiência, clareza de responsabilidades e mitigação de riscos. A adoção de fluxos mais otimizados, alinhados com os objetivos técnicos e operacionais do empreendimento, contribuirá para a melhoria da qualidade dos entregáveis, para o aumento da previsibilidade e para a redução de retrabalhos.

CONCLUSÕES

A aplicação da metodologia BIM foi primordial para a fase de projeto básico do projeto Segregações permitindo aos stakeholders e projetistas visualizar e simular os projetos em ambiente virtual antes mesmo da construção começar. Isso possibilitou identificar possíveis problemas e otimizar soluções de forma antecipada, promovendo uma maior eficiência e precisão nas etapas subsequentes.

A elaboração do Projeto Básico Segregações, com a aplicação da metodologia BIM, resultou em um nível de detalhamento superior ao exigido pelas normativas vigentes, proporcionando ganhos significativos em termos de qualidade e confiabilidade técnica. Esse maior grau de aprofundamento permitiu a identificação antecipada de interferências e riscos, conferindo mais segurança à tomada de decisões e reduzindo incertezas para a fase de projeto executivo.

Adicionalmente, possibilitou estimativas de custos mais precisas, com quantificações mais aderentes à realidade do empreendimento, favorecendo a elaboração de orçamentos mais realistas e o aprimoramento do controle financeiro. Observou-se também uma melhoria expressiva na integração entre disciplinas, viabilizando uma coordenação mais eficiente e a mitigação de conflitos ainda na etapa de projeto. Embora exija um investimento inicial mais elevado, esse nível de desenvolvimento tende a reduzir significativamente o custo global do empreendimento, ao minimizar retrabalhos, atrasos e ajustes corretivos nas fases subsequentes.

Outro aspecto relevante foi o potencial da metodologia BIM em fomentar uma cultura de colaboração e inovação. Ao incentivar a troca constante de informações e a resolução conjunta de problemas, a relação entre empresa e projetista deixa de ser meramente contratual e passa a ser mais parceira, baseada em confiança mútua e objetivos compartilhados.

Em relação a escolha estratégica por softwares de um mesmo fornecedor assegurou alta interoperabilidade, minimizou falhas de comunicação entre disciplinas e contribuiu significativamente para o aumento da eficiência nos processos. A utilização de um ecossistema unificado proporcionou uma base mais estável, integrada e colaborativa, especialmente em empreendimentos de grande porte e elevada complexidade, como os projetos de infraestrutura ferroviária.

A adoção da abordagem colaborativa foi muito eficaz, pois permitiu que a contratante conseguisse acompanhar de forma mais efetiva o desenvolvimento do projeto, alinhando os resultados técnicos às suas diretrizes de negócio e aos requisitos operacionais. Isso se traduziu em maior previsibilidade, mitigação de riscos e ganhos em produtividade.

Por fim, as lições aprendidas durante a fase de projeto básico contribuíram para o aprimoramento dos processos na etapa de projeto executivo, fortalecendo a qualidade técnica da equipe de projetos e promovendo o avanço da maturidade organizacional. Além disso, ampliaram a capacidade da equipe em termos de inovação e adaptação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alqatawna, A., Sánchez-Cambronero, S., Gallego, I., & Rivas, A. (2023). BIM-centered high-speed railway line design for full infrastructure lifecycle. *Automation in Construction*, 156, 105114. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105114>

Bensalah, M., Elouadi, A., & Mharzi, H. (2018a). Overview: the opportunity of BIM in railway. *Smart and Sustainable Built Environment*, 8(2), 103–116. <https://doi.org/10.1108/SASBE-11-2017-0060>

Bensalah, M., Elouadi, A., & Mharzi, H. (2018b). Overview: the opportunity of BIM in railway. *Smart and Sustainable Built Environment*, 8(2), 103–116. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/SASBE-11-2017-0060>

Biancardo, S. A., Palazzo, S., Intignano, M., & Dell'Acqua, G. (2023). BIM for railway infrastructure: the case study of the Ogliastro–Sapri High-Speed rail. <https://doi.org/10.3846/enviro.2023.916>

Boechat, V. (2025, January 13). Ferrovias no Brasil: resumo de 2024 e tendências para 2025. <https://www.dnv.com.br/news/2025/rail2025/#:~:text=A%20integra%C3%A7%C3%A3o%20de%20sistemas%20de,ferrovi%C3%A1rio%20mais%20seguro%20e%20interoper%C3%A1vel.>

Figueira, A. C., Torres, A. L., & Russo, L. (2024). Aplicação de Rede Geodésica para o Projeto Segregações - MRS Logística. 30a Semana de Tecnologia Metroferroviária.

Leone, M., Antonio, D., Loprencipe, G., Malavasi, G., & Luca, B. (2017, August). Building Information Modeling (BIM): prospects for the development of Railway Infrastructure industry. *Railway Engineering*.

Matejov, A., & Šestáková, J. (2021). The Experiences with utilization of BIM in railway infrastructure in Slovak Republic and Czech Republic. *Transportation Research Procedia*, 55, 1139–1146. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.07.084>

Seo, M. B., & Lee, D. (2020). Development of railway infrastructure bim prototype libraries. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(22), 1–13. <https://doi.org/10.3390/app10228118>

Wang, W. (2025). Research on Engineering Optimization Based on BIM Technology. *Procedia Computer Science*, 262, 411–420. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.05.069>

Yilmaz, G. (2024). BIM capability assessment for improving the efficiency of design in railway projects. *Infrastructure Asset Management*, 12(2), 82–93. <https://doi.org/https://doi.org/10.1680/jinam.24.00033>