

Exemplo de projeto, construção e coordenação de uma estação de metrô com estrutura metálica: Estação Santa Marina

Alessandra Barbetta¹, Pedro Rey Antón², Bruna Bezerra Vieira³, Bruna Gonçalves⁴, Mayara Palladino⁵, Mayara Lika Ozaki⁶, Abigail do Nascimento⁷, Isabela Marques⁸, Isabela Bombig Terreri⁹

¹ Acciona Construcción Brasil / abarbettalima@acciona.com
^{2,3,4,5,6,7,8,9} Acciona Construcción Brasil / pedro.rey.anton@acciona.com

Resumo

A construção da Linha 6-Laranja de Metrô de São Paulo é um dos projetos mais complexos atualmente no mundo, envolvendo 15 estações subterrâneas, 15,3 quilômetros de túneis, um pátio de manutenção e estacionamento e subestações. A execução simultânea de diversas frentes de trabalho enfrenta desafios significativos devido à sua localização em uma área densamente urbanizada, exigindo soluções inovadoras para espaços limitados e profundos. O projeto está sendo desenvolvido sob um contrato de parceria público-privada (PPP) do tipo *Build&Design&Operate*, com um cronograma rigoroso e metas ambiciosas de sustentabilidade e impacto social. Para garantir a eficiência da execução, foi adotada a metodologia *Fast Track*, permitindo o desenvolvimento paralelo das diversas disciplinas, como geotecnia, estruturas primárias e secundárias, arquitetura, sistemas prediais e ferroviários. Nesse contexto, a implementação do BIM (*Building Information Modeling*) desempenhou um papel essencial, permitindo a centralização das informações em um CDE (*Common Data Environment*). Essa abordagem facilitou a comunicação entre as equipes envolvidas no projeto, acelerou a tomada de decisões e garantiu que todas as partes envolvidas trabalhassem com dados atualizados e confiáveis. Este artigo apresenta a Estação Santa Marina como um exemplo prático da aplicação do BIM. Construída pelo sistema *Top-Down* e utilizando paredes diafragma, a estação possui três acessos interligados por uma passarela metálica de 200 metros, cruzando uma via principal. O artigo detalha o processo desde a geração inicial dos modelos BIM de arquitetura, passando pelo desenvolvimento feito pelos projetistas de estruturas e engenheiros de cálculo, até a fase em que serviram como base para a criação dos modelos da estrutura metálica, permitindo a fabricação digital desses elementos. Além disso, todas as disciplinas modeladas foram projetadas, coordenadas e continuamente ajustadas ao longo do processo, sendo integradas em um modelo federado, consolidado como a base e o principal canal de tomada de decisões do projeto.

Palavras-chave

BIM; Design&Built; Coordenação; Estação de metrô; Estrutura metálica; Fabricação digital.

1. Introdução

A Linha 6-Laranja de Metrô de São Paulo é um dos maiores projetos de mobilidade urbana em desenvolvimento no Brasil, com 15,3 quilômetros de túneis, 15 estações subterrâneas, 17 poços de ventilação e saída de emergência, 2 subestações e um pátio de operação e manutenção. Trata-se do maior projeto público-privado de infraestrutura da América Latina, com previsão de atender mais de 600 mil passageiros por dia. A linha foi projetada para conectar a zona noroeste ao centro da cidade, promovendo melhorias significativas no transporte público e na mobilidade urbana. A execução dessa obra em um ambiente urbano altamente denso apresenta desafios complexos, como os espaços urbanos limitados onde as obras são implementadas na superfície, garantir a segurança e eficiência durante as escavações e o desenvolvimento de soluções viáveis para um projeto tão completo como o de um metrô subterrâneo, especialmente nos níveis de profundidade em que está sendo executado. Além disso, projetos dessa magnitude e dificuldade exigem uma gestão multidisciplinar eficaz, coordenando e integrando diversas especialidades para garantir que todas as etapas sejam desenvolvidas de forma eficiente e sem conflitos. No caso explicado neste artigo, entre as disciplinas

envolvidas estão arquitetura, estrutura, sistemas de ventilação, hidráulica, elétrica e diversos sistemas ferroviários, todas em constante desenvolvimento e atualização ao longo do projeto.

É de conhecimento geral que a transformação digital na construção civil tem sido um fator determinante para o avanço de projetos dessa complexidade. Nos últimos anos, o setor de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) passou por grandes mudanças, impulsionadas pela adoção crescente do BIM em projetos de infraestrutura. O BIM se destaca como uma ferramenta essencial para gerenciar e integrar diferentes disciplinas, promovendo transparência na comunicação entre as equipes envolvidas e garantindo uma coordenação eficiente para evitar conflitos e retrabalhos. Cada disciplina do projeto é desenvolvida, atualizada e compartilhada em um CDE, permitindo que todas as equipes tenham acesso às informações necessárias em tempo real. Após o desenvolvimento individual de cada disciplina, elas são integradas em um modelo federado unificado, que passa a ser o principal canal de gestão e comunicação entre os envolvidos. Esse modelo centralizado possibilita uma visão unificada do projeto, garantindo maior controle, mitigação de riscos e eficiência na tomada de decisões (Castro, 2019).

Esse processo resulta em um trabalho colaborativo e iterativo em torno de um modelo de dados amplo, unificado e compartilhável, otimizando a integração e a organização entre as diversas disciplinas envolvidas no projeto (Succar, 2008). O BIM possibilita a integração de ferramentas para análises estruturais, custos, fluxo de pedestres e outras variáveis, enriquecendo as atividades de projeto. Essa integração cria uma dinâmica que permite ajustes no projeto arquitetônico para atender, de maneira mais eficaz, a combinações complexas de objetivos (Eastman, 2006).

Este artigo tem como objetivo apresentar os benefícios e desafios da implementação do BIM na Linha 6-Laranja de Metrô de São Paulo, usando como estudo de caso a Estação Santa Marina. A estação foi construída pelo método Vala a Céu Aberto (VCA) no sistema *Top-Down*, onde a escavação é realizada de cima para baixo, iniciando-se pela remoção do solo na parte superior, e como sequência construtiva à medida que a escavação avança, as lajes e estruturas principais do nível escavado são realizadas. A parte superior da Estação Santa Marina, ao nível do solo, é coroada por uma cobertura metálica de mais de 2100 metros quadrados, que constitui o acesso principal. Conta também com uma passarela metálica de aproximadamente 200 metros, que atravessa uma via principal de tráfego intenso e conecta os três acessos da estação. O complexo projeto da passarela envolve diversas disciplinas, incluindo arquitetura, estrutura de concreto e metálica, sistemas hidráulicos, elétricos, combate a incêndio, iluminação, comunicação visual e cabeamento.

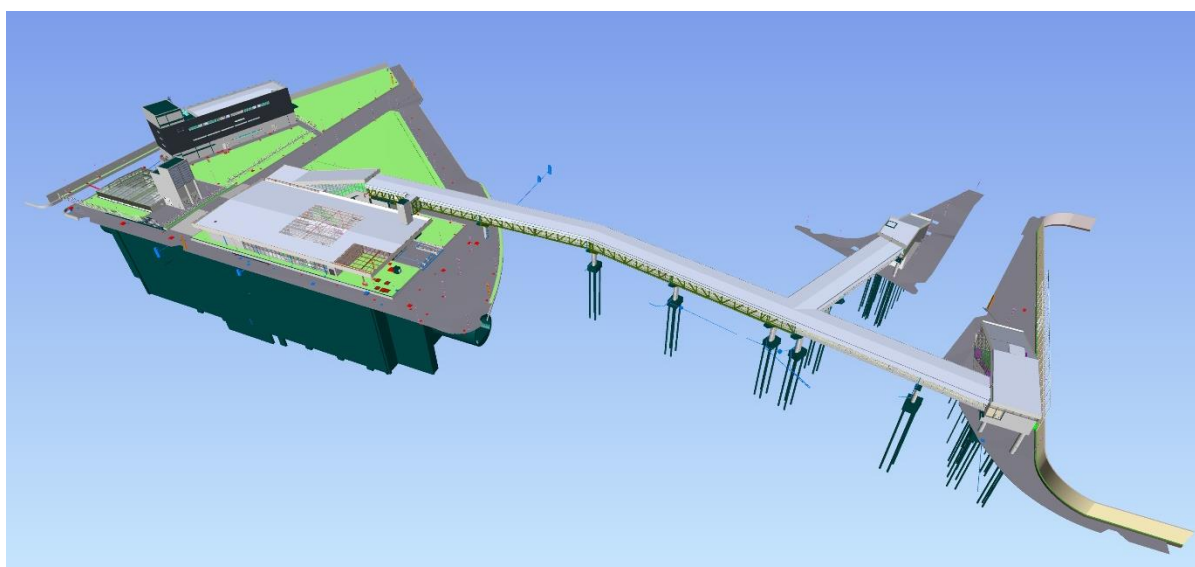


Figura 1 - Modelo federado Estação Santa Marina. Fonte: Elaborado pelo autor

Por meio deste exemplo, pretende-se abordar aspectos do desenvolvimento de modelos BIM em todo o projeto da Linha-6, da integração entre as disciplinas e da utilização de modelos preliminares para fabricação digital e construção no canteiro de obras, além das estratégias adotadas e das lições aprendidas ao longo do processo. Pretende-se também aprofundar a discussão sobre a importância do BIM na gestão integrada de projetos de infraestrutura no Brasil, evidenciando os benefícios em eficiência, qualidade e redução de retrabalho. A análise

do caso da Estação Santa Marina reforça a relevância da modelagem digital na otimização do planejamento e execução de grandes obras, demonstrando como o uso do BIM contribui para a transformação e modernização do setor da construção civil.

2. Metodologia *Fast Track* na Linha 6

Devido ao cronograma restrito e à complexidade do projeto da Linha-6 de metrô de São Paulo, a metodologia *fast-track* foi adotada para o desenvolvimento, concepção e construção do projeto. Esse método envolve sobrepor as fases de projeto e construção com o objetivo de reduzir o tempo total de desenvolvimento. Ele se caracteriza pela emissão de pacotes de trabalho em intervalos distintos ao longo do período de construção. Para encurtar a duração do projeto, os pacotes críticos são disponibilizados aos contratados assim que estão prontos para a execução. Nesta abordagem, a equipe de arquitetura responsável pelo projeto desenvolve desenhos esquemáticos e especificações preliminares, utilizados imediatamente para estimar o orçamento e iniciar a construção. Conforme a construção dos pacotes anteriores avança, o próximo pacote de trabalho é liberado, com o projeto correspondente sendo finalizado em paralelo à construção.

Para implementar essa estratégia com eficácia na Linha-6, que envolve o projeto e a construção simultâneos das diversas unidades, foi essencial racionalizar as etapas construtivas e delimitar os limites de construção, especialmente devido à densidade urbana onde o projeto está inserido. Essa abordagem não apenas otimiza o fluxo de trabalho, mas também garante que as operações se ajustem às restrições e especificidades do ambiente urbano, minimizando impactos e maximizando a eficiência no desenvolvimento do projeto. Diferentemente da metodologia sequencial tradicional, onde cada fase se inicia apenas após a conclusão da anterior, a abordagem *fast-track* permite a execução simultânea de atividades, exigindo uma gestão rigorosa e comunicação efetiva entre todos os envolvidos. Essa correta sincronização é essencial para acelerar o cronograma.

Buscando reduzir os desafios comuns associados ao *fast-track*, como inconsistências nos desenhos e aumento dos custos, o projeto da Linha-6 utiliza o BIM, que promove a precisão, colaboração e controle necessários para minimizar os riscos associados à rapidez das obras, além de apoiar a tomada de decisões em todas as fases do projeto. A combinação dessas duas metodologias otimiza o tempo de entrega, garantindo qualidade e controle rigoroso durante o desenvolvimento do projeto e da construção. As mudanças e melhorias no projeto ocorrem ao longo das diversas fases do projeto e construção do projeto: modelos de construção e fabricação detalhados, como detalhamento de metálica e modelos de fabricação de dutos, substituem gradualmente os modelos de *design* estrutural e mecânico mais genéricos utilizados nas fases iniciais (Succar, 2008).

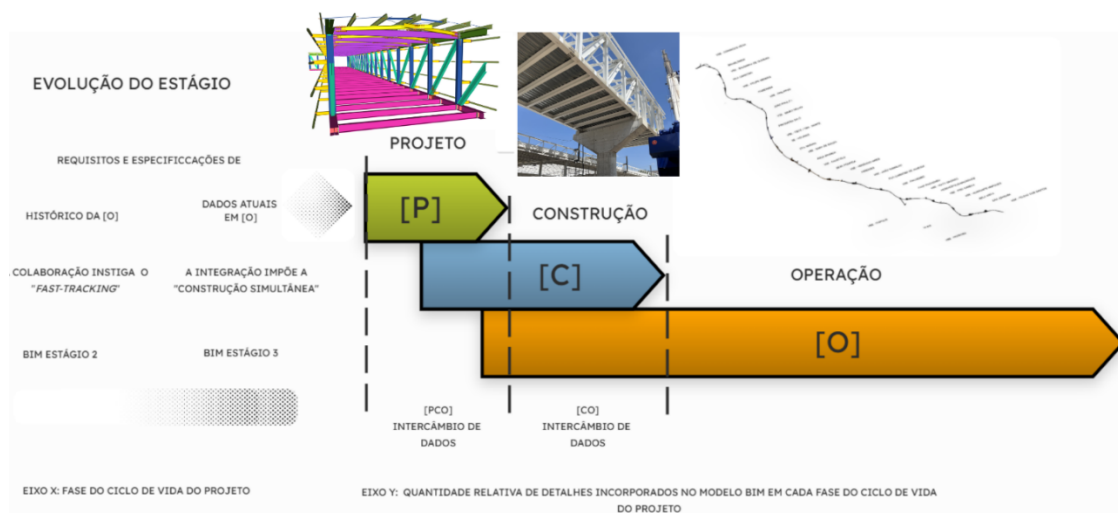


Figura 2 - Estágio de evolução *fast-tracking* para simultâneo. Fonte: Adaptado de Succar (2008).

3. Fabricação Digital

A fabricação digital refere-se ao uso de tecnologias avançadas para transformar projetos digitais em produtos físicos com alta precisão. Esse processo envolve a aplicação de softwares de modelagem 3D, simulação e análise, garantindo maior controle sobre a produção e a execução. No contexto da construção civil e infraestrutura, a fabricação digital desempenha um papel essencial na pré-fabricação de componentes estruturais, na otimização de processos construtivos e na redução de desperdícios. O uso do BIM na fabricação digital permite a criação de modelos extremamente detalhados, utilizados para extração dos *shop drawings*, essenciais para os processos de fabricação e construção. Com os componentes previamente definidos em 3D, é possível realizar uma pré-fabricação automatizada, promovendo uma integração eficaz entre o *design* digital e a produção física. Essa abordagem não apenas acelera os processos de construção, mas também permite a identificação e correção de falhas antes da fabricação, garantindo maior eficiência, precisão e qualidade na execução da obra. Além disso, os componentes podem ser fabricados fora do canteiro de obras e posteriormente montados no local, reduzindo o tempo de execução e os impactos logísticos (Eastman, 2011). Esse conceito somado com a metodologia *fast-track*, foi aplicado no projeto das coberturas metálicas e da passarela da Estação Santa Marina, demonstrando os benefícios dessa metodologia na compatibilização interdisciplinar e na eficiência da execução.

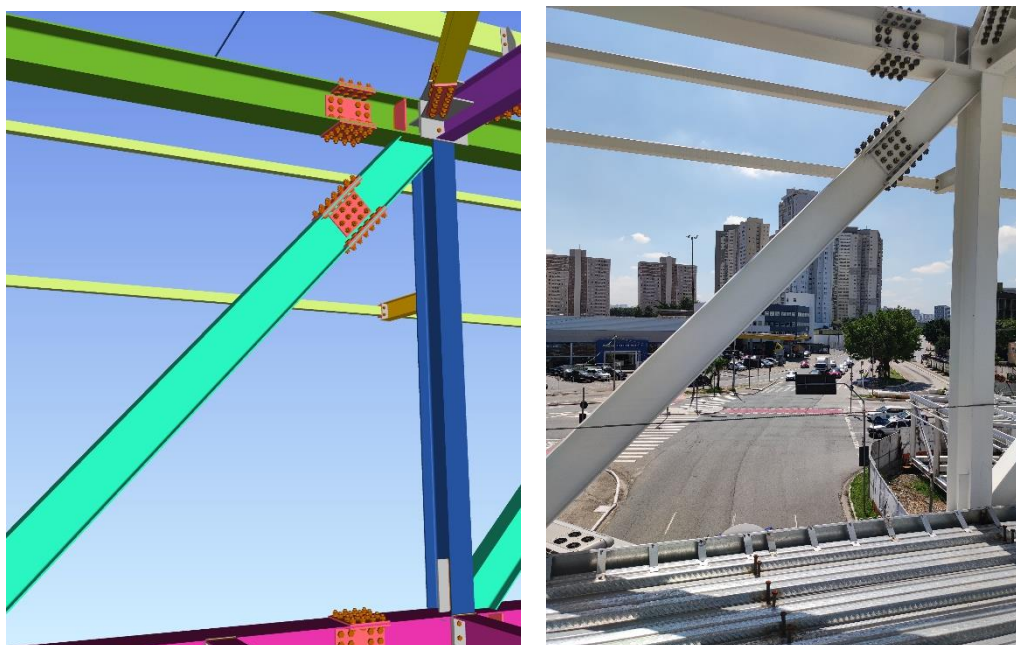


Figura 3 e 4 - Modelo BIM fabricação estrutura metálica e obra. Fonte: Elaborado pelo autor.

À medida que o projeto evoluiu, diferentes subcontratados e fornecedores desenvolvem seus respectivos modelos, tornando a fabricação digital essencial para uma integração eficiente entre as disciplinas. Esse processo possibilitou a criação de modelos detalhados, dos quais foram extraídos documentos técnicos para fabricação e montagem, garantindo conformidade e precisão na produção. O desenvolvimento desses modelos seguiu um fluxo estruturado, iniciando pelo modelo BIM de arquitetura, que continha informações validadas de fluxos e *spaceproofing* necessários para as demais disciplinas. A partir desse modelo, as demais disciplinas, como estrutura e sistemas prediais e ferroviários, desenvolveram seus próprios modelos, assegurando que os elementos fossem compatibilizados desde as fases iniciais (Pentilla, 2006).

Além da concepção dos modelos de pré-construção, foram realizadas análises detalhadas para identificar possíveis interferências entre as disciplinas, permitindo ajustes antes do envio dos modelos para fabricação. Ao finalizar esse processo, o modelo estrutural estava consolidado com as informações geométricas e paramétricas finais, prontas para serem enviadas aos fabricantes. Esses modelos construtivos foram concebidos em um *software* específico para estruturas metálicas, exigindo a utilização de formatos abertos (*OpenBIM*) para garantir a compatibilização com os modelos das demais disciplinas, e garantir que as

informações pudessem ser utilizadas como base para o desenvolvimento destas. A partir do modelo BIM desenvolvido pelo fabricante, foram extraídos os documentos técnicos necessários para a fabricação e a montagem dos componentes, possibilitando que a produção ocorresse com precisão e qualidade.

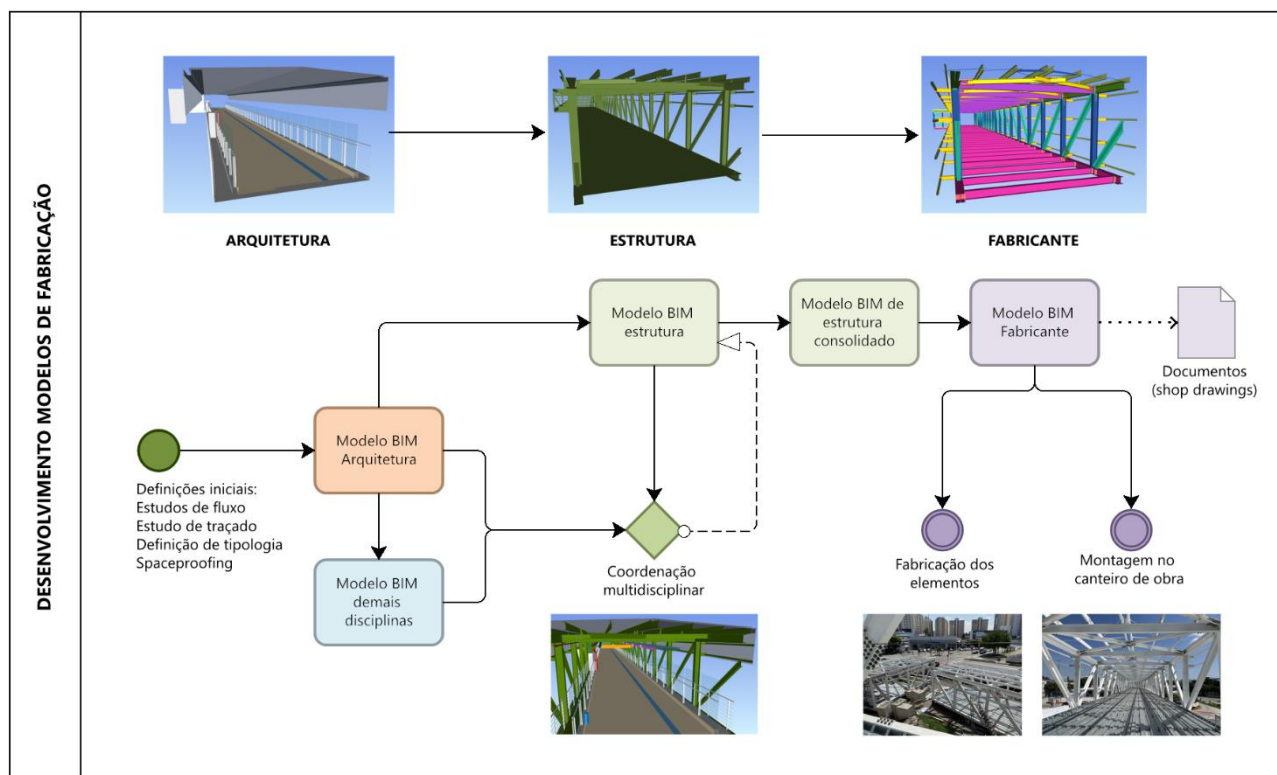


Figura 5 - Desenvolvimento modelos BIM de fabricação. Fonte: Elaborado pelo autor

A fabricação digital integrada ao BIM representa um avanço significativo para o setor da construção civil, proporcionando maior precisão na produção de componentes, otimização do tempo de execução e redução de desperdícios. No projeto da Estação Santa Marina, essa metodologia demonstrou como a pré-fabricação associada ao BIM pode aumentar a eficiência, melhorar a compatibilização entre disciplinas e minimizar falhas ao longo do processo construtivo. Esse avanço reforça a importância da transformação digital na construção civil, tornando os projetos mais sustentáveis, ágeis e eficientes.

4. Desenvolvimento modelos

O desenvolvimento dos modelos seguiu um fluxo estruturado para garantir a integração eficiente entre as disciplinas e a compatibilização dos elementos ao longo do projeto. O desenvolvimento dos modelos envolveu a coleta e análise de informações essenciais, entre elas estão: o estudo de fluxo de passageiros, estudo de traçado, definição da tipologia, *spaceproofing* das disciplinas, entre outros. A partir desses dados, foi iniciada uma modelagem pelo projetista de arquitetura, que desenvolveu um modelo base contendo a volumetria da estação, fluxos internos e demais condicionantes espaciais.

Com a criação desse modelo, a disciplina de estruturas desenvolveu um pré-dimensionamento estrutural realizado longitudinalmente às necessidades espaciais e funcionais da estação. Esse processo iterativo possibilitou ajustes contínuos, garantindo coerência entre os elementos importantes e os requisitos estruturais. A relação entre os modelos de arquitetura e estruturas evoluiu progressivamente. Na sua fase inicial, a modelagem estrutural focou na definição dos sistemas principais, levando em consideração o método construtivo *Top-Down*, adotado para a execução da estação. A modelagem avançou para o detalhamento progressivo dos elementos estruturais, incluindo vigas, pilares, lajes e fundações, enquanto análises estruturais foram realizadas para avaliar esforços, deformações e estabilidade. Durante as reuniões multidisciplinares estabelecidas, os modelos foram revisados e atualizados conforme as definições dos projetos avançados. Essas

atualizações foram incorporadas ao modelo federado, que integrava as diferentes especialidades para visualização conjunta e detecção de interferências.

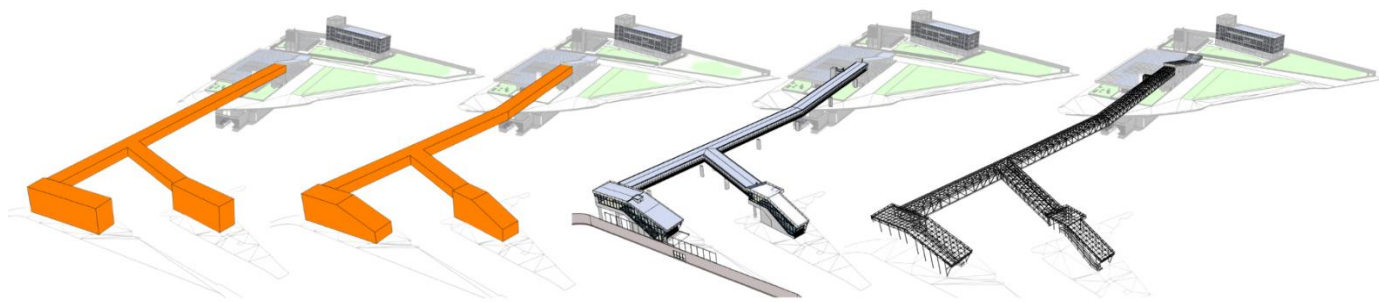


Figura 6 - Desenvolvimento de modelos BIM. Fonte: Elaborado pelo autor

Após um avanço mais detalhado destes modelos, as demais disciplinas e fornecedores iniciam o desenvolvimento de seus próprios modelos especializados. Essa etapa requer um alto grau de coordenação para garantir que os sistemas específicos sejam compatíveis com as premissas já estabelecidas e para minimizar a necessidade de retrabalho. Os modelos de instalações, como elétricas, hidráulicas, ar-condicionado e sistemas ferroviários, começam a ser incorporados ao processo a partir das versões mais recentes dos modelos de arquitetura e estrutura. Esse planejamento prévio é essencial para evitar interferências físicas e para garantir que a distribuição dos elementos atenda tanto aos requisitos espaciais quanto às normas técnicas e operacionais. Isso inclui, por exemplo, a verificação da passagem de dutos e tubulações por aberturas estruturais previamente dimensionadas, a reserva de espaços para equipamentos mecânicos e a definição de áreas técnicas sem comprometer a funcionalidade da estação. Esta metodologia permitiu igualmente coordenar desde o início, o ambiente urbano, os serviços públicos e demais elementos do conjunto urbano onde se situa o projeto.



Figura 7 - Passarela e cobertura metálica. Fonte: Elaborado pelo autor

Além disso, fornecedores de elementos pré-fabricados utilizam os modelos BIM como referência para a fabricação digital. O nível de detalhamento desses modelos vai além da concepção geométrica, integrando informações sobre materiais, tolerâncias de fabricação e sequência de montagem. Essa abordagem permite a extração de listas de materiais, identificação de pontos críticos na montagem e antecipação de possíveis ajustes antes mesmo da produção. Outro aspecto fundamental desse processo é a compatibilização contínua e dinâmica dentro do modelo federado, em que cada novo modelo desenvolvido é compartilhado no CDE, e passa por verificações rigorosas de forma colaborativa. Além disso, permite o acesso, a qualquer momento e a partir de qualquer parte do mundo, às informações corretas e mais recentes necessárias. Dessa forma, o

desenvolvimento dos modelos não ocorre de maneira linear ou isolada, mas sim em um fluxo iterativo e colaborativo, no qual a constante troca de informações entre as disciplinas permite ajustes progressivos e um refinamento contínuo do projeto.

5. Coordenação Multidisciplinar

A gestão integrada de diferentes disciplinas é um dos pilares fundamentais para o sucesso de projetos de infraestrutura, especialmente em projetos complexos como a Linha 6-Laranja de metrô de São Paulo. A integração de diversas disciplinas exige uma organização e comunicação entre as equipes, e o BIM se destaca como uma ferramenta essencial para garantir a compatibilização eficiente dos projetos, buscando como resultado minimizar erros e retrabalhos. Cada disciplina desenvolve o seu modelo BIM e o compartilha no CDE para que os demais envolvidos tenham acesso. Para gerenciar esses modelos, eles são federados com as demais disciplinas envolvidas no projeto e submetidos a análises de interferências, garantindo que todas as especialidades envolvidas estejam alinhadas e compatíveis.

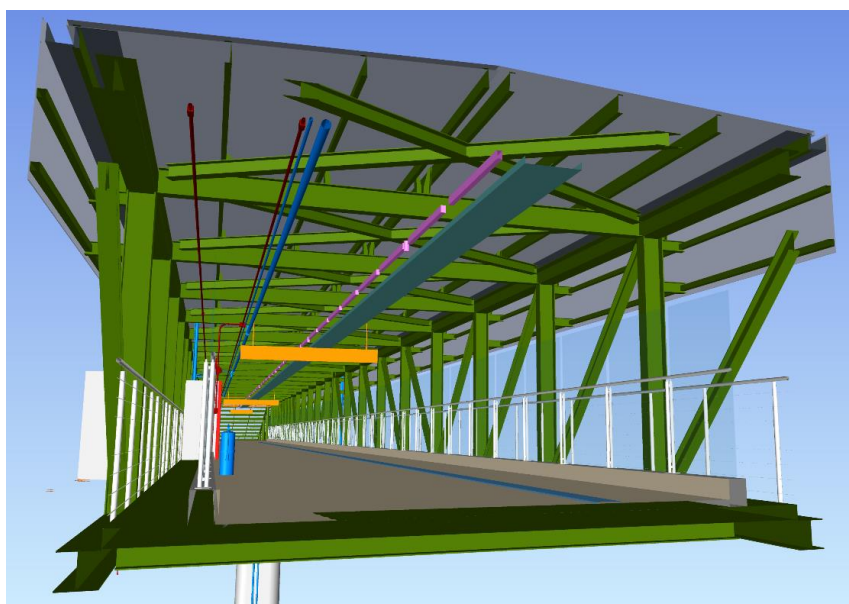


Figura 8 - Modelo federado passarela metálica. Fonte: Elaborado pelo autor

Após a identificação de interferências e divergências, as questões detectadas são avaliadas de forma colaborativa por todos os envolvidos no projeto, incluindo projetistas, coordenadores, fabricantes e equipes de obra. Esse processo permite que soluções conjuntas sejam definidas e implementadas, garantindo que o modelo seja atualizado de maneira coordenada e eficiente. A adoção de um CDE permite a criação de um ambiente colaborativo onde os projetistas, engenheiros, construtores e fabricantes trabalhem de forma integrada, proporcionando maior alinhamento entre as disciplinas e reduzindo falhas de comunicação.

Em um projeto dessa magnitude, a gestão multidisciplinar não é um fluxo fechado ou estático, mas sim um processo dinâmico e iterativo. À medida que novos modelos são desenvolvidos e disponibilizados, eles são gradualmente federados e submetidos a novas verificações, possibilitando ajustes contínuos e refinamento das soluções adotadas. Esse ciclo progressivo assegura que a obra evolua com maior previsibilidade, minimizando erros e retrabalhos, otimizando prazos e garantindo que a execução ocorra conforme o planejamento.

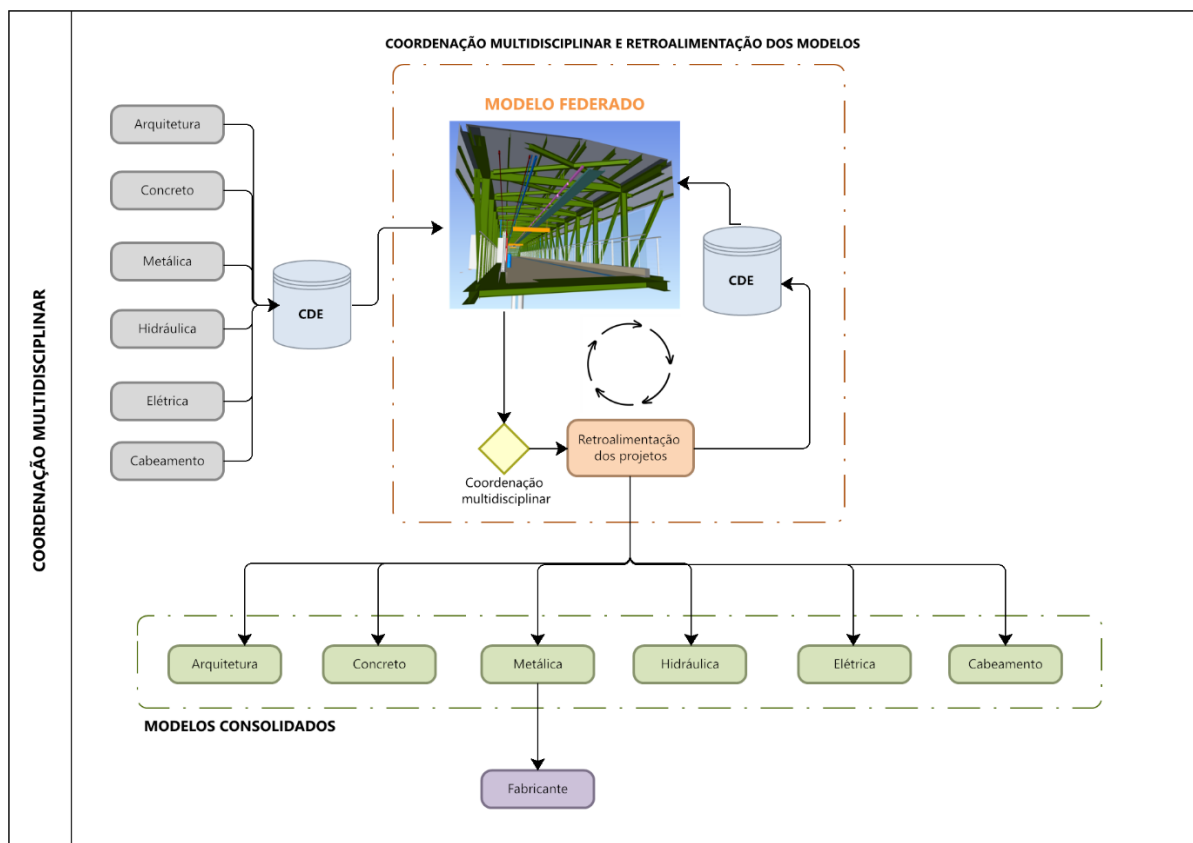


Figura 9 - Fluxo coordenação. Fonte: Elaborado pelo autor.

Além disso, a utilização do BIM integrada a um CDE permite que todas as versões dos modelos sejam rastreadas e acessíveis a todas as equipes envolvidas, proporcionando transparência, integração e eficiência na comunicação, uma vez que o controle de versões dos modelos assegura que as alterações sejam documentadas e rastreadas, o que facilita a tomada de decisões baseadas em informações confiáveis. Dessa forma, o processo de coordenação se consolida como um dos principais pilares para a gestão integrada do projeto, garantindo maior controle sobre cada fase da obra e possibilitando tomadas de decisão mais ágeis e assertivas.



Figura 10 - Controle de alterações nos modelos BIM. Fonte: Elaborado pelo autor.

6. Lições aprendidas

A implementação do BIM na fabricação digital trouxe avanços significativos para a execução do projeto, garantindo maior precisão, eficiência e redução de erros. Essa abordagem permitiu a integração das disciplinas desde as fases iniciais, minimizando retrabalhos e otimizando a produção.

As principais lições aprendidas incluem:

1. **Precisão e confiabilidade na Fabricação:** Ao extrair as informações diretamente dos modelos, eliminando erros de interpretação de desenhos, a integração do BIM com a fabricação digital garantiu que os componentes do projeto fossem produzidos com precisão, além de eliminar desperdício de material.
2. **Redução de erros e retrabalho:** O controle integrado das disciplinas envolvidas no projeto permitiu uma detecção precoce de interferências antes da fabricação dos elementos, o que reduziu retrabalhos e até mesmo ajustes no canteiro de obras. A integração feita nos modelos possibilitou que os elementos fabricados estivessem de acordo com o projeto e fossem montados sem ajustes inesperados.
3. **Maior eficiência na coordenação multidisciplinar:** Com o modelo federado sendo um modelo central de informações, as equipes envolvidas no projeto trabalharam de forma integrada com os mesmos dados, assegurando em todo momento que são os últimos e os corretos. Os modelos de fabricação tiveram como input esses modelos produzidos e coordenados previamente, o que garantiu que todas as disciplinas estivessem alinhadas antes da produção dos elementos, evitando incompatibilidades na obra.

7. Conclusão

A integração da fabricação digital ao BIM tem se mostrado uma estratégia essencial para aumentar a precisão, otimizar processos e reduzir desperdícios em projetos de infraestrutura. A partir da experiência adquirida na aplicação dessa metodologia dentro dos projetos da Linha 6-Laranja, e exemplificado na Estação Santa Marina neste artigo, ficou evidente que essa abordagem agrega valor significativo ao processo construtivo, tornando a produção mais precisa, eficiente e sustentável. A sinergia entre modelagem digital, fabricação e montagem planejada resultou em uma obra mais ágil, segura e previsível, garantindo maior controle sobre cada etapa do projeto. Essa integração possibilitou uma melhor gestão de recursos, redução de retrabalho e maior previsibilidade na execução, assegurando que os elementos fabricados fossem entregues no tempo certo e dentro das especificações exigidas.

Além disso, a automação de processos baseada no BIM permitiu melhor comunicação entre projetistas, fabricantes e equipes de obra, garantindo que as informações fossem atualizadas em tempo real e acessíveis a todos os envolvidos. Isso possibilitou uma resposta mais rápida a desafios e ajustes necessários, aumentando a eficiência e confiabilidade da construção. Dentro da experiência obtida, destacam-se algumas lições aprendidas, como a importância da gestão integrada e da compatibilização de diferentes disciplinas, antes da fabricação e da padronização dos fluxos de trabalho, garantindo maior integração e controle sobre a produção e montagem dos componentes.

8. Referências

- ANTÓN, Pedro Rey; BARBETTA, Alessandra; VIEIRA, Bruna Bezerra; GONÇALVES, Bruna; OZAKI, Mayara Lika; PALLADINO, Mayara; MARQUES, Isabela; CHUECA, Carlos Peña; FUENTES, Loreto. Fabricação digital no pátio de estacionamento e manutenção da Linha 6 de metrô de São Paulo. In: CONGRESSO AERABIM, 7., 2024, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: Sinaenco, 2024. p. 431-442. DOI: 10.5281/zenodo.14478010. Disponível em: <https://sinaenco.com.br/ANAIS-7-CONGRESSO-AERABIM.pdf>.
- ANTÓN, Pedro; TEIXEIRA, Ivo; BARBETTA, Alessandra; VIEIRA, Bruna; ABREU, Fernando. BIM Modelling & reality capture in underground drill and blast caverns. Tunnelling for a Better Life, Shenzhen, China, 28 maio 2024. Digital and Information Technology, p. 2825-2833. DOI: 10.1201/9781003495505-375.
- CASTRO, Li Chong Lee Bacelar de. Aplicação do Building Information Modeling (BIM) em projetos de infraestrutura nas fases pré-completion e/ou pós-completion. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Políticas de Infraestrutura) – Universidade XYZ, Brasília, 2019.
- EASTMAN, Charles M. Building product models: computer environments supporting design and construction. Boca Raton: CRC Press, 1999. ISBN 0-8493-0259-5.

- EASTMAN, Chuck. New opportunities for IT research in construction. In: SMITH, I. F. (Ed.). EG-ICE 2006. Berlin: Springer-Verlag, 2006. p. 163-174.
- EASTMAN, Charles; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. Indianapolis: John Wiley & Sons, 2011.
- ERSHADI, Mahmoud; JEFFERIES, Marcus; DAVIS, Peter; MOJTAHEDI, Mohammad. Implementation of Building Information Modelling in infrastructure construction projects: a study of dimensions and strategies. International Journal of Information Systems and Project Management, v. 9, n. 4, p. 43-59, 2021.
- FIÚZA, M.; DALTO, L. Light Steel Frame: Construção Industrializada a Seco para Habitação Popular – Práticas Sustentáveis. 2012.
- PENTTILÄ, H. Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression. ITcon, v. 11, Special issue The Effects of CAD on Building Form and Design Quality, p. 395-408, 2006.
- THE BIM ENGINEERS. Revolutionizing construction with 10D BIM: The future of building information modeling. 2023.