

Como o BIM favorece o desenvolvimento dos projetos estruturais

REINALDO KAIZUKA – DIRETOR

THAIS CELEBRONI EVANGELISTA – GERENTE

FRANÇA & ASSOCIADOS PROJETOS ESTRUTURAIS

INTRODUÇÃO

A motivação para implantação do processo BIM em nosso escritório surgiu de forma indireta. Buscávamos uma nova forma de desenvolvimento dos projetos que integrasse o modelo de cálculo aos desenhos. No processo que tínhamos até então, os desenhos 2D eram “desconectados” do modelo estrutural, o que gerava retrabalho e possibilidade de erros nas revisões do projeto.

Inicialmente, não tínhamos como meta alterar a rotina de trabalho para implantar “o BIM”. Queríamos apenas agregar confiabilidade e um certo grau de automatização ao processo, com consequente ganho de produtividade. No entanto, o contato com a ferramenta despertou o desejo de explorar ainda mais seu potencial e recursos. Assim, a implantação do processo BIM aconteceu de forma natural.

O processo BIM foi incorporado por nós de maneira irreversível, devido aos seus inúmeros benefícios. Entre os principais, destacam-se: a facilidade de detecção de interferências entre as disciplinas e o entendimento da Estrutura como um todo.

Assuntos mais delicados, como análise de furações ou até mesmo detalhamento de peças mais complexas, ficam muito mais simples e rápidos. Os benefícios estendem-se ao planejamento, logística e orçamentação da obra, além de possibilitar o gerenciamento das manutenções do edifício ao longo da sua vida útil.

IMPLANTAÇÃO DO PROCESSO BIM

Foi necessário um esforço inicial significativo para a implantação do processo BIM. Criamos uma equipe interna que se dedicou à estruturação do processo. Esta equipe teve dedicação exclusiva, sem envolvimento com os projetos em andamento, de modo a garantir uma boa estruturação dos procedimentos e padrões. Foram investidas mais de duas mil horas nesse processo de implantação.

O processo de implantação foi dividido em duas partes: o estudo de viabilidade e a implantação de fato.

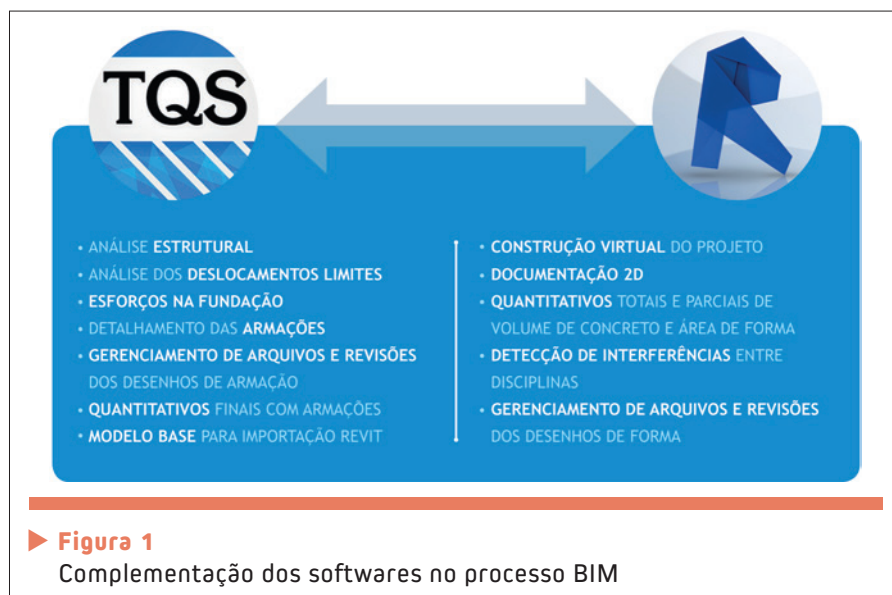
Na primeira etapa foram feitas inúmeras pesquisas, cursos e visitas a outros escritórios, além de simulações para entendermos o quanto

esse processo agregaria ou dificultaria no desenvolvimento dos projetos, tendo como objetivo a sinergia com a nossa plataforma principal de trabalho, o software TQS®.

Vencida esta primeira etapa, iniciamos a padronização do software de acordo com as nossas necessidades. Foram estabelecidas as configurações gráficas básicas, os padrões de visualização, os parâmetros de projetos, elaboração de plugins e desenvolvimento de famílias. Foram definidos processos e procedimentos de trabalho, assim como um plano de treinamento para os colaboradores.

Todos os processos e padrões foram reunidos num manual interno, criado para auxiliar a equipe durante o treinamento e desenvolvimento dos projetos. O manual apresenta conceitos e comandos do software (voltados ao projeto de Estruturas), exemplos de modelagens, importação do modelo gerado pelo TQS®, extração de dados do modelo, entre outros.

A implantação do processo BIM foi consolidada com um projeto piloto, cerca de 6 meses após o início das atividades. Mesmo tendo



que superar desafios inerentes a um projeto piloto, já foi possível colher bons frutos com a utilização da nova metodologia de trabalho.

PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETO

Hoje utilizamos basicamente dois softwares para o desenvolvimento de projetos estruturais: TQS® e Revit®, sendo que essas duas ferramentas interagem e se complementam

ao longo do processo. Além dessas duas plataformas, para estruturas mais complexas, utilizamos os softwares de análise estrutural ETABS® e STRAP®.

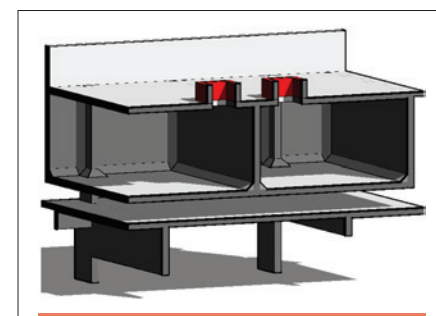
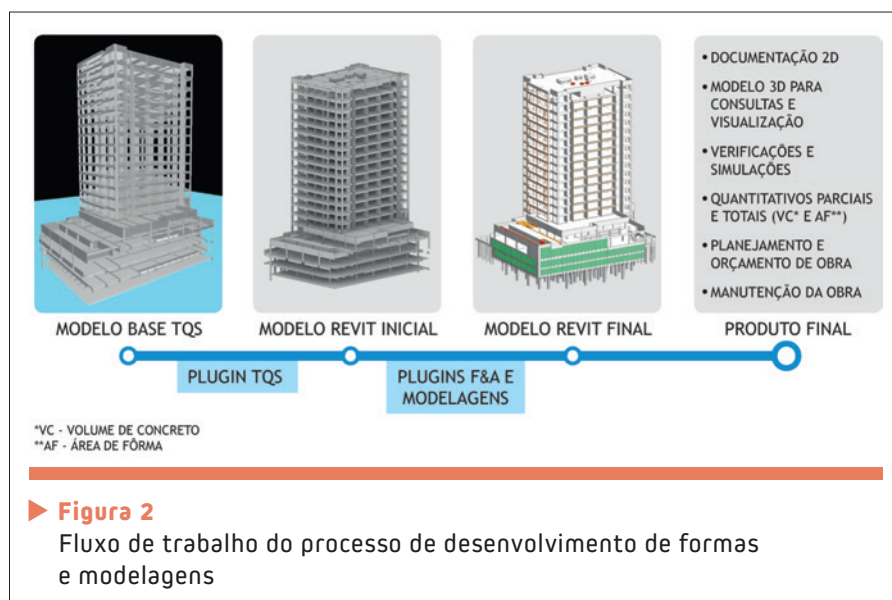
Os estudos iniciais de alternativas estruturais são feitos com auxílio do sistema TQS®. Presente há mais de trinta anos no mercado, é uma poderosa ferramenta de análise, dimensionamento e detalhamento de estruturas de concreto. Graças à agilidade proporcionada pelo

software, é possível obter muito rapidamente estimativas de consumos de materiais e esforços nas fundações. Com essas informações, o cliente tem condições de avaliar a viabilidade de cada alternativa, levando em conta também suas práticas construtivas e necessidades arquitetônicas.

Uma vez escolhido a alternativa estrutural mais adequada, o projeto prossegue com participação do software Revit®, em sinergia com o sistema TQS®. A participação de cada software ocorre da maneira indicada na Figura 1.

Uma vez gerada a base inicial da Estrutura no TQS®, utilizamos uma ferramenta nativa do software para exportar o modelo para o Revit®. Neste modelo fazemos ajustes finos e modelamos elementos especiais, que não foram exportados do TQS®. É neste momento que utilizamos alguns plugins desenvolvidos internamente, que proporcionam uma otimização no processo resultando em maior produtividade, sempre com o foco de garantirmos uma fidelização total entre o modelo 3D e a documentação 2D.

Após finalizado o modelo no Revit (Figura 2), temos uma base completa



► **Figura 3**
Edifício Vision Capote Valente (Gafisa) – modelagem RESERVATÓRIOS e MÍSULAS

para extração de inúmeras informações. São disponibilizados a partir deste momento o modelo virtual, as

plantas 2D e demais informações pertinentes a fase de projeto.

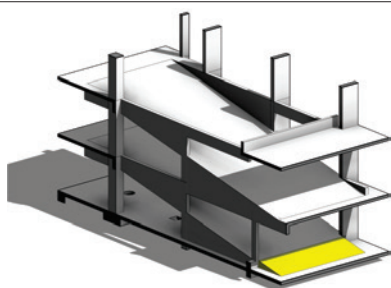
O BIM NO PROJETO DE ESTRUTURAS

Para o desenvolvimento do projeto de Estruturas, todos os elementos estruturais e não estruturais são modelados na construção virtual do edifício. Modelamos desde elementos estruturais básicos (lajes, vigas, pilares, elementos de fundação, etc.) até alvenarias para apoio de lajes pré-moldadas e enchimentos. Ou seja, todos os elementos que pertencem, ou que de

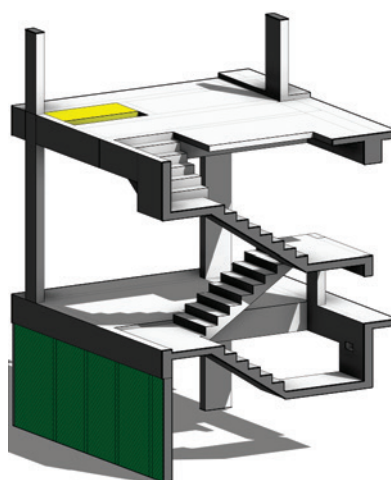
alguma forma possam interagir, com a Estrutura são inseridos no modelo BIM, independente do material que os compõem (Figuras 3 a 10).

O interessante é que, durante o processo de modelagem dos elementos, acontece naturalmente uma pré-análise da Estrutura com a detecção de incompatibilidades e possíveis dificuldades de execução. Isso nos impulsiona a antecipar a solução desses problemas, resolvendo assuntos que, muitas vezes, só eram tratados em fases mais avançadas do projeto.

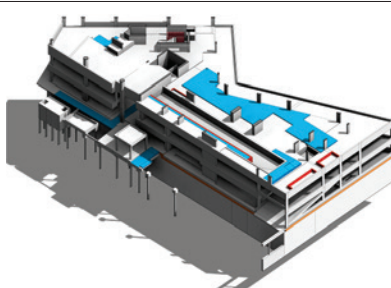
Podemos dizer que, ao final de todas as modelagens, o nosso modelo BIM é classificado como LOD¹ (*Level of Development*) 400, estando todos os elementos modelados de



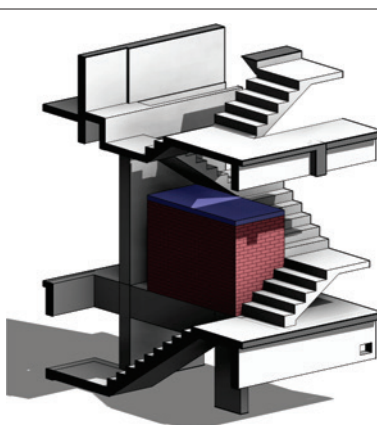
► **Figura 4**
Edifício Vision Capote Valente (Gafisa) – modelagem RAMPAS e VIGAS-RAMPA



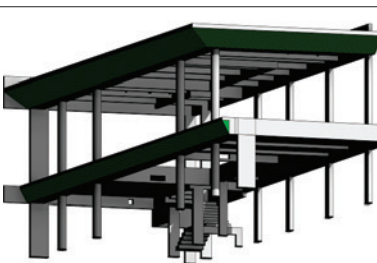
► **Figura 5**
Edifício Vision Capote Valente (Gafisa) – modelagem ESCADAS



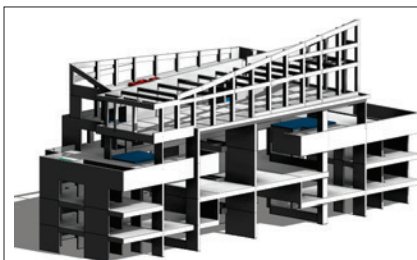
► **Figura 6**
Edifício 067 Hermann Júnior (Gafisa) - modelagem ELEMENTOS NÃO ESTRUTURAIS



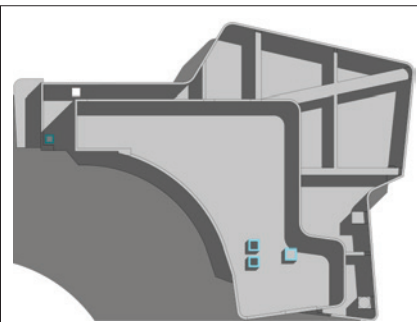
► **Figura 7**
Edifício 067 Hermann Júnior (Gafisa) - modelagem LAJE PRÉ-MOLDADA apoiada sobre alvenaria



► **Figura 8**
Edifício One Sixty (Cyrela) – modelagem de ELEMENTOS ARQUITETÔNICOS



► **Figura 9**
Edifício One Sixty (Cyrela) – modelagem de ELEMENTOS INCLINADOS da fachada



► **Figura 10**
Edifício Heritage (Cyrela) – modelagem ELEMENTOS CURVOS

¹ LOD (*LEVEL OF DEVELOPMENT*) É O TERMO QUE VEM SENDO UTILIZADO NOS PROCESSOS BIM PARA DESCREVER, EM NÍVEIS, O QUANTO O MODELO ESTÁ DESENVOLVIDO E COMPLETO. ESTES NÍVEIS, ESTÃO GRADUADOS NORMALMENTE ENTRE 100 E 500, SENDO QUE O LOD 500 REPRESENTA A FASE AS-BUILT



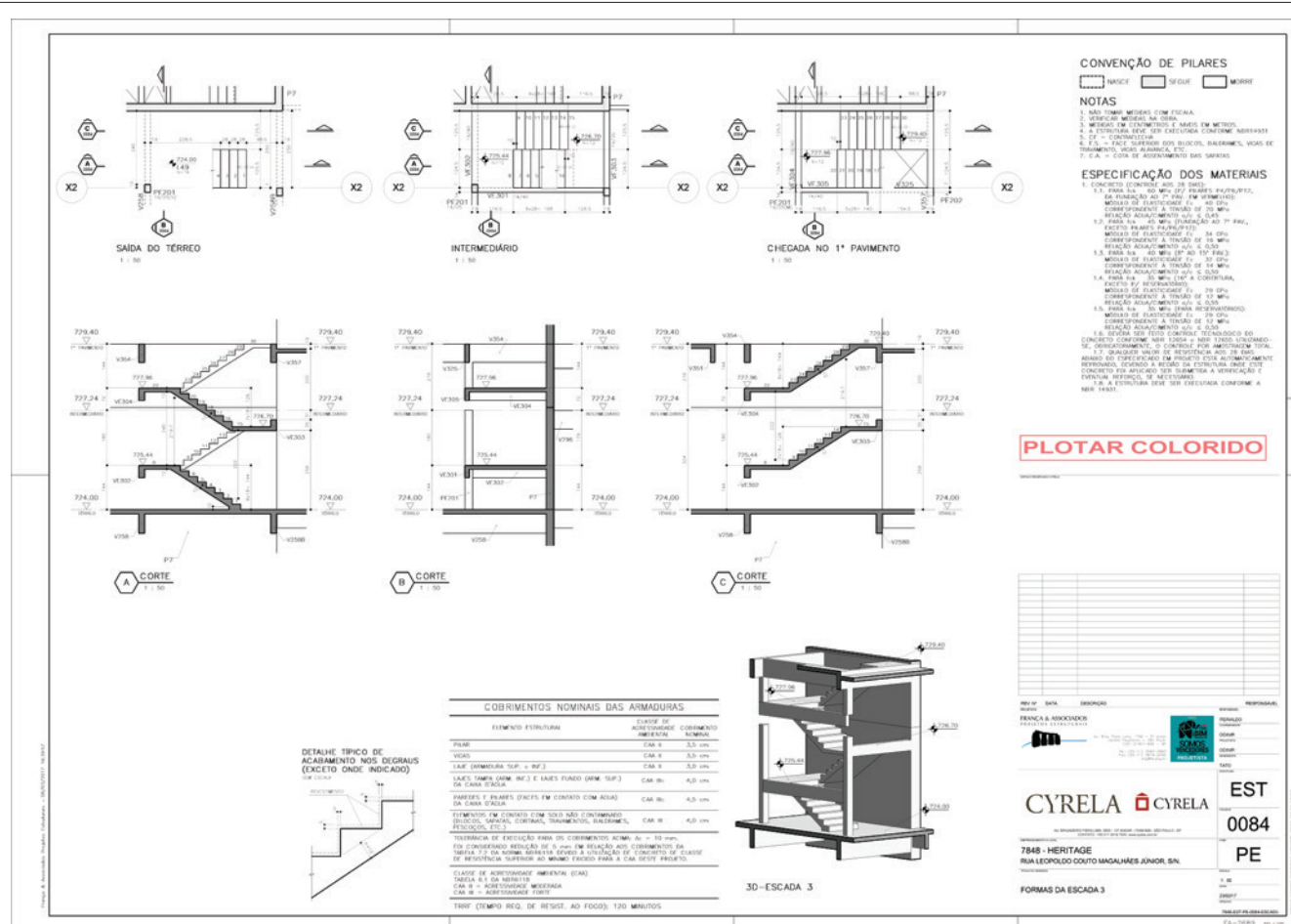
► **Figura 11**
Edifício Vision Capote Valente (Gafisa) – composição da fachada

forma precisa em termos de quantidade, dimensão e localização, com informações suficientes para planejamento, orçamentação, fabricação, montagem e construção.

Um dos primeiros projetos que desenvolvemos nesta nova plataforma foi o edifício Vision Capote Valente, da Gafisa. Uma particularidade desse edifício é a sua fachada

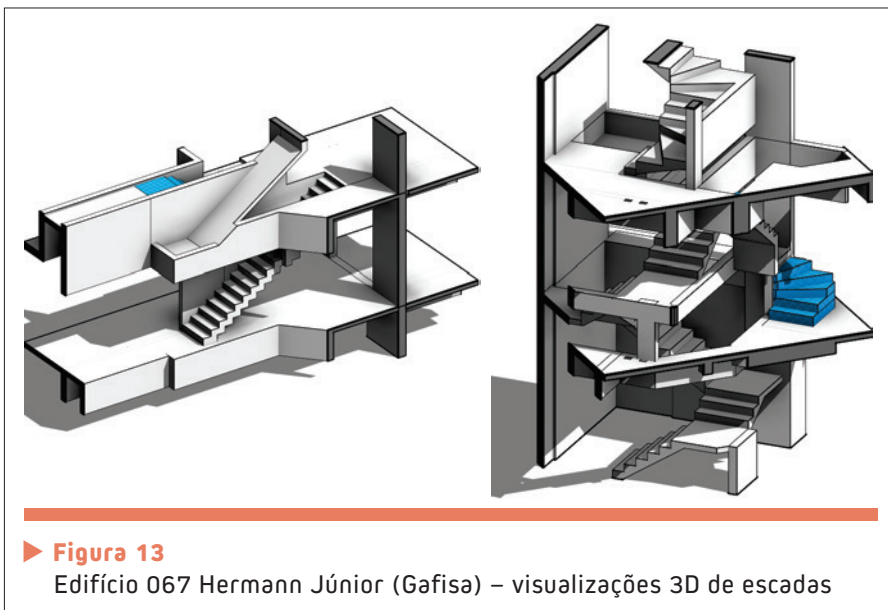
marcante e cuja assimetria resulta da composição de diversos componentes estruturais. A utilização da modelagem BIM foi de extrema importância, tanto no desenvolvimento do projeto quanto para a geração dos desenhos executivos.

A modelagem BIM proporcionou grandes ganhos na geração da documentação 2D. A partir do modelo virtual, junto com os padrões definidos na fase de implantação do processo BIM, a documentação 2D é gerada automaticamente, sem a necessidade de qualquer edição ou complementação gráfica. Todas as atualizações ou revisões do modelo são transmitidas de forma automática.



► **Figura 12**
Edifício Heritage (Cyrela) – forma da escada com vistas 3D





► **Figura 13**
Edifício 067 Hermann Júnior (Gafisa) – visualizações 3D de escadas

tica para todas as plantas relacionadas, agregando confiabilidade e produtividade ao processo. Podemos afirmar que o objetivo inicial, que era a busca da fidelização entre o modelo virtual e a documentação 2D, foi plenamente atingido.

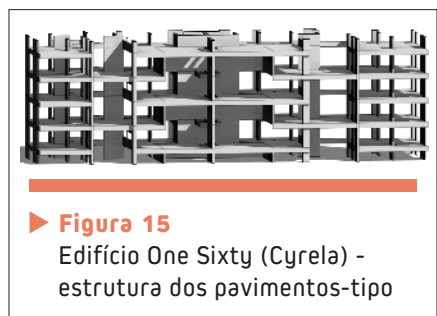
Foram criadas diversas vistas 2D

e 3D, de modo que a equipe da obra tivesse máxima clareza na interpretação do projeto, evitando erros de execução. Apesar do elevado número de folhas, se comparado ao processo convencional, os recursos do software permitiram gerenciar os arquivos e revisões com facilidade e produtividade, sem transtornos ou retrabalhos. Outra vantagem foi a total fidelidade entre plantas, cortes e elevações, uma vez que todos têm origem no mesmo modelo 3D (Figura 11).

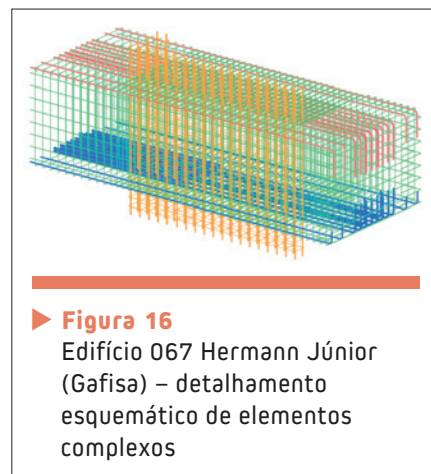
A plataforma BIM viabilizou recursos que foram essenciais para o enriquecimento do nosso projeto,



► **Figura 14**
Edifício 067 Hermann Júnior (Gafisa) – visualizações 3D das rampas



► **Figura 15**
Edifício One Sixty (Cyrela) – estrutura dos pavimentos-tipo

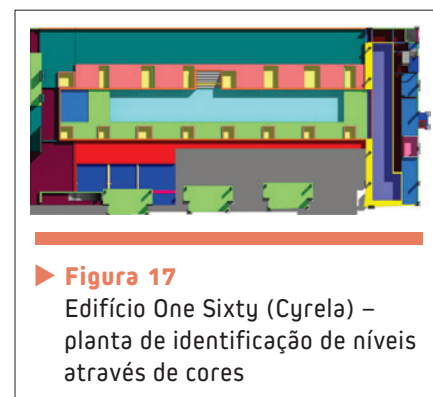


► **Figura 16**
Edifício 067 Hermann Júnior (Gafisa) – detalhamento esquemático de elementos complexos

como, por exemplo, a possibilidade de gerar facilmente vistas 3D. Inseridas nas plantas, as vistas 3D auxiliavam no entendimento da Estrutura como um todo e visualização de peças especiais. Um caso típico são as escadas, onde a vista 3D junto às plantas proporciona uma melhor compreensão do elemento. Além disso, podem ser gerados todos os cortes e elevações que forem necessários para a compreensão do projeto, com total fidelidade em relação às plantas (Figura 12).

Segundo o engenheiro Tiago dos Santos Rodrigues, responsável pela obra na Gafisa, “as plantas utilizadas na obra 067 Hermann Júnior, comparadas às plantas feitas em CAD, onde não tínhamos as visualizações 3D, são muito mais completas e auxiliam o pessoal de campo com a leitura do projeto, principalmente nas escadas e rampas. Além disso, ajudam a visualizarmos como a estrutura ficará após pronta e entendermos os níveis na região das escadas onde a paginação sofre alteração” (Figuras 13 e 14).

De acordo com o arquiteto Thiago Malho Feliciano, da equipe de projetos da Cyrela, “no edifício One Sixty, utilizamos o modelo estrutural BIM que nos auxiliou em todas as fases do projeto, principalmente nas



► **Figura 17**
Edifício One Sixty (Cyrela) – planta de identificação de níveis através de cores

etapas de compatibilização das interfaces entre a arquitetura e instalações. O modelo nos permitiu ainda um melhor entendimento da Estrutura dos pavimentos-tipo, onde temos uma alternância dos pés-direitos duplos. Além disso, esta plataforma nos proporcionou um grande ganho técnico e gráfico, pois a qualidade da documentação 2D, liberada para a obra, é muito mais rica e completa” (Figura 15).

Outra possibilidade da modelagem BIM é a representação de elementos complexos, como a armação de vigas de transição. Modelamos toda a armação do elemento, construindo virtualmente o conjunto completo a fim de verificar e resolver as interferências entre as barras. É possível definir e mostrar a sequência de montagem dessas armaduras, evitando problemas que surgiriam na obra (Figura 16).

A partir do modelo BIM foi possível, também, criar plantas de identificação dos níveis (de forma automática) de pavimentos complexos. Esses desenhos auxiliam a compreensão

da Estrutura para todos os envolvidos no processo: demais projetistas, equipe responsável pelo detalhamento das armações e, sobretudo, a equipe de obra (Figura 17).

O trabalho colaborativo em rede proporcionou grandes ganhos para o fluxo de informações no escritório. Todos os colaboradores internos envolvidos no projeto trabalham ao mesmo tempo num único modelo. É possível ter várias pessoas trabalhando em diferentes partes do projeto, com sincronização gerenciada pelo Revit®. Além da grande agilidade proporcionada pelo trabalho em paralelo, elimina-se qualquer possibilidade dos integrantes da equipe trabalharem com material de revisão desatualizada, além de facilitar o gerenciamento dos arquivos utilizados.

A facilidade em gerenciar as plantas e revisões é uma vantagem importante dessa nova plataforma. Conseguimos controlar facilmente todos os arquivos em desenvolvimento e suas respectivas revisões. Geramos listagens que são atualizadas automaticamente à medida

que as plantas são revisadas.

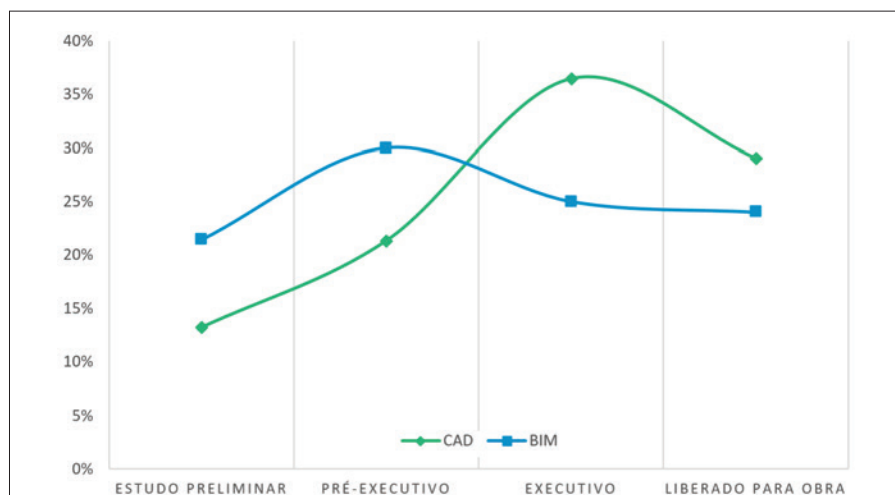
Devido à qualidade de representação gráfica, abundância de detalhes, cortes, vistas 3D e fidelidade entre desenhos, observamos uma grande redução no número de solicitações de revisões por parte da equipe da obra. Essas solicitações, no geral, ocorriam devido à falha de compatibilização durante o desenvolvimento do projeto ou por equívocos na representação gráfica das plantas. Comparando as obras em BIM com algumas obras similares desenvolvidas em CAD 2D, pudemos apurar uma redução dessas solicitações em cerca de 95%.

Acreditamos que, com o desenvolvimento do projeto estrutural em BIM, os imprevistos da obra, seja por falta de informação ou pela qualidade da informação, sejam significativamente reduzidos, gerando benefícios para toda a cadeia produtiva.

INDICADORES DE DESEMPENHO

Alguns indicadores de desempenho foram levantados ao final dos projetos com o intuito de medir o desempenho com a nova plataforma. Como base de comparação, utilizamos a média levantada de obras similares desenvolvidas na plataforma anterior (CAD 2D).

O indicador de produtividade por fase de projeto mostrou que, para as obras em BIM, a curva de produtividade se assemelha à curva esperada para os processos BIM, onde há uma maior concentração de horas trabalhadas nas fases iniciais do projeto. O principal motivo dessa curva não atender 100% às expectativas de um processo BIM é pelo fato das demais disciplinas terem sido desenvolvidas em CAD.



► **Figura 18**
Comparativo de produção média por fase de projeto (BIM x CAD)

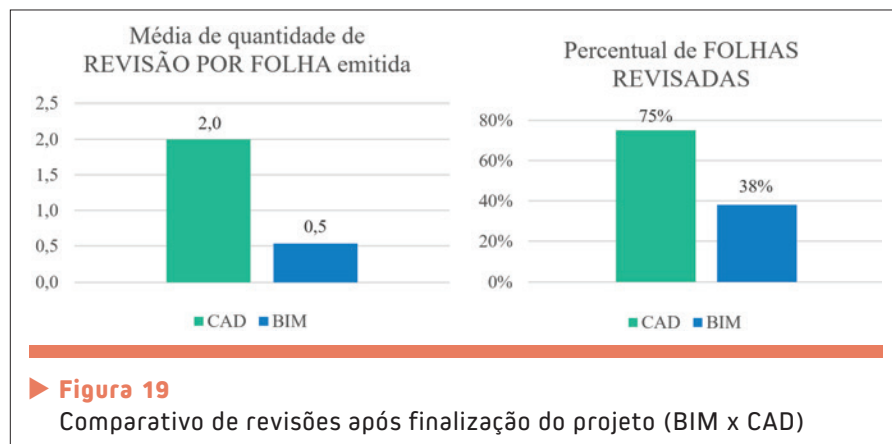
Isso gera retrabalhos e compatibilizações tardias nas fases mais adiantadas do projeto.

Outro levantamento foi em relação às revisões das plantas após a finalização do projeto. Chegamos em números surpreendentes, pois com a utilização do BIM apuramos uma redução de cerca de 50% do número de folhas revisadas após a finalização do projeto e uma redução de cerca de 75% no número de revisões por folha emitida. Lembrando que, para as obras analisadas, apenas o projeto de Estrutura foi concebido na plataforma BIM. Se as demais disciplinas tivessem utilizado a mesma plataforma, esses indicadores poderiam ser sensivelmente reduzidos.

DESAFIOS SUPERADOS

A partir do momento em que a direção da empresa se convenceu das vantagens do processo BIM, um dos desafios foi a adaptação dos demais colaboradores à nova maneira de elaborar os projetos. Foi necessário aprender a trabalhar num ambiente especial e colaborativo, com procedimentos e processos totalmente novos em relação ao habitual. A superação desse desafio foi facilitada pela experiência transmitida a todos pela equipe que implantou o processo BIM. A criação de um manual interno agilizou a difusão de boas práticas e a padronização do modo de trabalho.

Outro desafio, em fase de superação, é convencer o contratante sobre a necessidade de prazos maiores nas fases iniciais de projeto. Devido à modelagem em BIM, diversos detalhes devem ser pensados e resolvidos com maior antecedência,



► **Figura 19**

Comparativo de revisões após finalização do projeto (BIM x CAD)

em relação ao processo convencional. O fluxo de trabalho atual, baseado em projetos desenvolvidos em CAD, resulta em compatibilizações tardias pelas demais disciplinas. A fluidez do processo é prejudicada, sendo comum haver revisões quando o detalhamento das armações já foi iniciado, gerando um efeito cascata nas revisões do projeto estrutural.

CONCLUSÃO

Nos projetos que temos desenvolvido até este momento, apenas o projeto de Estrutura foi elaborado pelo processo BIM. Por isso, ainda não pudemos sentir os benefícios de um projeto realizado pelo processo BIM completo, envolvendo todas as disciplinas. Mesmo assim, os indicadores de qualidade, gerenciamento das informações, redução de retrabalho e retorno dos clientes tem sido bastante positivos.

Os desafios em fase de superação envolvem a reavaliação do fluxo de projetos em BIM, no qual diversas soluções devem ser analisadas com antecedência, em relação a projetos convencionais em CAD. Evita-se, assim, compatibilizações tardias e revisões desnecessárias. O tempo

investido na modelagem de informações nas fases iniciais do projeto é mais do que recompensado nas fases finais e, sobretudo, na qualidade do produto entregue ao cliente.

A experiência obtida nos permite prever significativos ganhos de produtividade, qualidade e compatibilidade entre os projetos e assertividade das informações, caso mais disciplinas decidam implantar o processo BIM. Os benefícios são sentidos por todos os envolvidos no processo: desde as equipes de projeto, planejamento, orçamento, obra, até o usuário final. Os retrabalhos são diminuídos significativamente, com impactos positivos sobre o custo e o prazo de execução dos empreendimentos.

AGRADECIMENTOS

Nosso agradecimento especial à equipe técnica da Gafisa, que lançou a semente “BIM” em nossas mentes há alguns anos, à equipe da Aflalo & Gasperini, sempre nos desafiando a trilhar este caminho, à TQS® Informática, que gentilmente realizou alterações em seu plugin e a outros tantos profissionais que, apesar das dificuldades do momento, nos incentivaram a seguir este caminho. ➡