

UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
FACULDADE DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

THAYNÁ CHRISTINE PONTES

**USO DA PLATAFORMA BIM EM PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO
ARMADO**

Santos-SP

maio/2019

UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
FACULDADE DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

THAYNÁ CHRISTINE PONTES

**USO DA PLATAFORMA BIM EM PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO
ARMADO**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como exigência parcial para
obtenção do título de graduando à Faculdade
de Engenharia Civil da Universidade Santa
Cecília, sob orientação do Professor SÉRGIO
MASSAO ADATI**

Santos-SP

maio/2019

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que permitiu que tudo isso acontecesse.

Ao meu orientador prof. Sergio Massao Adati, pelo suporte e disponibilidade durante todo o ano de elaboração deste trabalho.

Aos meus pais, por todo incentivo, amor e apoio incondicional. Sem vocês, a realização deste sonho não seria possível.

Ao meu namorado e grande incentivador, pela atenção, cumplicidade e ajuda durante a elaboração deste trabalho.

Aos amigos, familiares, professores e todas as pessoas que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, meu sincero agradecimento.

“A persistência é o caminho do êxito”.

(Charles Chaplin)

RESUMO

O projeto estrutural é o responsável por garantir a sustentabilidade e segurança de uma edificação e, é nesta etapa que os elementos estruturais são dimensionados para suportar todos os carregamentos impostos à estrutura, em todo seu tempo de vida útil. Para se obter uma boa execução, o projeto deve conter informações minuciosamente detalhadas, de modo que a compreensão e visualização em campo sejam de fácil entendimento. Softwares que utilizam o conceito BIM (*Building Information Modeling*) podem trazer resultados altamente satisfatórios, pois são considerados os mais promissores na construção civil. A tecnologia BIM surge como um modo inteligente de projetar e permite a criação de um modelo real de uma estrutura, de forma integrada e colaborativa, facilitando a visualização completa de todas as etapas da obra em um único modelo, a extração de informações detalhadas sobre materiais, técnicas executivas de cada etapa da construção, quantitativos, levantamentos orçamentários e tornando possível a realização de análises de possíveis erros e incompatibilidades na estrutura antes de sua execução. A presente monografia aborda a aplicabilidade desta tecnologia, realizando na prática a modelagem de uma estrutura de concreto armado utilizando o software Revit, a fim de buscar melhorias no processo de execução e melhorar o processo de comunicação entre os diversos profissionais que fazem parte das obras de engenharia.

Palavras-chaves: BIM; projeto estrutural; modelagem; fôrmas; Revit.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Identificação dos elementos estruturais	12
Figura 2- sistema de fôrmas de madeira	14
Figura 3 - Utilização da plataforma de BIM na cadeia produtiva da construção civil.	18
Figura 4- Estrutura modelada no software Revit	26
Figura 5- Representação dos modelos geométrico e analítico de uma estrutura.....	27
Figura 6- Interface do modelo genérico métrico	29
Figura 7- Criação de família para compensados de madeira.....	30
Figura 8- Criação de família para escoras.....	30
Figura 9- Criação de família para fôrmas de pilares.....	31
Figura 10- Fôrmas de madeira para vigas baldrame.....	31
Figura 11- Plano de corte de uma viga	32
Figura 12- Encontro de pilar e vigas.....	33
Figura 13- Armaduras posicionadas em viga	33
Figura 14- Simulação da execução de uma estrutura.	38

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Levantamento de plataformas BIM.....	24
TABELA 2- Levantamento quantitativo de pilares.....	35
TABELA 3- Levantamento quantitativo de lajes.....	35
TABELA 4- Levantamento quantitativo de vigas.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS

2D- Duas dimensões

3D- Três dimensões

4D- 3D+ tempo/ etapas

5D- 4D+ custos/ orçamento

6D- 5D+ Uso da estrutura

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas

AEC- Arquitetura, Engenharia e Construção

BIM - *Building Information Modeling*

CAD- *Computer Aided Design*

CE-BIM- Comitê Estratégico BIM

DWG- *Drawing*

DNG- *Design*

IFC- *Industry Foundation Classes*

RFA- *REVIT Family*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
1.1. OBJETIVOS	9
1.1.1. Geral	9
1.1.2. Específicos	9
1.2. HIPÓTESE	10
2. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO	11
2.1. PROJETOS ESTRUTURAIS	11
2.1.1. Fôrmas	13
2.1.2. Armaduras	15
2.2. EVOLUÇÃO DA TECNOLOGIA NA INDUSTRIA AEC.....	16
2.3. BUILDING INFORMATION MODELING	17
2.3.1. Cenário atual no país	19
2.3.2. Características BIM	21
2.3.2.1. <i>Elementos parametrizados e famílias</i>	22
2.3.2.2. <i>Interoperabilidade</i>	23
2.3.3. Softwares integrados ao BIM	24
2.4. REVIT	25
3. FERRAMENTA BIM APLICADA A PROJETO DE ESTRUTURA	26
3.1. CONCEPÇÃO GEOMÉTRICA DA ESTRUTURA.....	26
3.2. MODELO ANALÍTICO	27
3.3. PLANTA DE FÔRMAS	28

3.3.1. Criação de família para sistemas de fôrmas	28
3.4. ARMADURAS.....	32
3.5. MEDIÇÕES, QUANTITATIVOS E CUSTOS	34
4. RESULTADOS.....	37
5. CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

1. INTRODUÇÃO

Na construção civil, atualmente, a elaboração de um projeto é dividida em diversas fases: concepção de projetos, planejamento e orçamento, construção, operação, demolição, etc., e depende da contribuição de profissionais especializados para cada etapa distinta (arquitetos, construtores, engenheiros, fabricantes, entre outros), de modo que cada um trabalhe de forma desconectada dos demais. Por se tratar de uma implementação fragmentada, é comum ocorrer falhas associadas a má comunicação, que resultam em erros na execução dos projetos, atrasos na obra e aumentos significativos no orçamento.

Building Information Modeling (BIM), ou modelagem da informação da construção, surge como um conceito avançado de tecnologia aplicada à área da construção civil, que permite a integração de informações que cobrem todo o ciclo de vida de um projeto, desde a sua fase de concepção arquitetônica, até o acompanhamento pós obra.

BIM é um dos mais promissores desenvolvimentos na indústria relacionada à arquitetura, engenharia e construção (AEC). Com a tecnologia BIM, um modelo virtual preciso de uma edificação é construído de forma digital. Quando completo, o modelo gerado computacionalmente contém a geometria exata e os dados relevantes, necessários para dar suporte à construção, à fabricação e ao fornecimento de insumos necessários para a realização da construção. (EASTMAN et al., 2014, p. 1)

As características físicas de um projeto são representadas através da geometria, enquanto as informações funcionais são agregadas a essa edificação de modo colaborativo ao longo do processo. O BIM faz a integração dessas informações em um banco de dados, de modo que possam ser acessadas a qualquer momento por profissionais envolvidos no mesmo projeto, possibilitando a contribuição de disciplinas, impactando não somente a fase de concepção, mas também a execução, implantação, manutenção e gerenciamento.

Embora seja um conceito antigo, o uso da plataforma BIM no Brasil ainda está em fase de adaptação e desenvolvimento. O ex-presidente da república, Michel Temer, assinou o Decreto Nº 9.377, de 17 de maio de 2018, que institui a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM, com a finalidade de promover um ambiente adequado ao investimento em BIM e incentivar sua difusão no País. Por se tratar de um assunto em constante desenvolvimento, houve o interesse em explorar a fundo os conceitos desta tecnologia, visando aplicá-la em projetos futuros.

O projeto estrutural foi escolhido devido a sua grande importância, sendo esta quem vai sustentar a edificação ao longo de sua vida útil. E para garantir uma boa execução, deve conter o máximo de informações minuciosamente detalhadas, como dimensões, materiais, etc.

O intuito deste trabalho é aliar a modelagem da informação com o detalhamento do processo construtivo de uma edificação, especificamente, nas etapas para execução do projeto estrutural, utilizando ferramentas com suporte BIM para demonstrar os conceitos aplicados na prática.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Geral

Apresentar a plataforma BIM e possíveis aplicabilidades para os projetos de engenharia, especificamente ao projeto estrutural de concreto armado.

1.1.2. Específicos

- a) Desenvolvimento teórico pertinente ao tema.
- b) Modelação de uma estrutura completa (pilares, vigas e lajes), utilizando o software Revit, para simulação das etapas necessárias de execução.

- c) Criação de um sistema parametrizado de fôrmas para aplicação no projeto.
- d) Modelação das armaduras.
- e) Levantamento quantitativo dos materiais utilizados.
- f) Análise das vantagens gerais do uso da plataforma.

1.2. HIPÓTESE

- a) Como podemos empregar o conceito BIM em um projeto estrutural?
- b) Quais as vantagens obtidas com a aplicação da metodologia BIM no projeto estrutural?

2. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

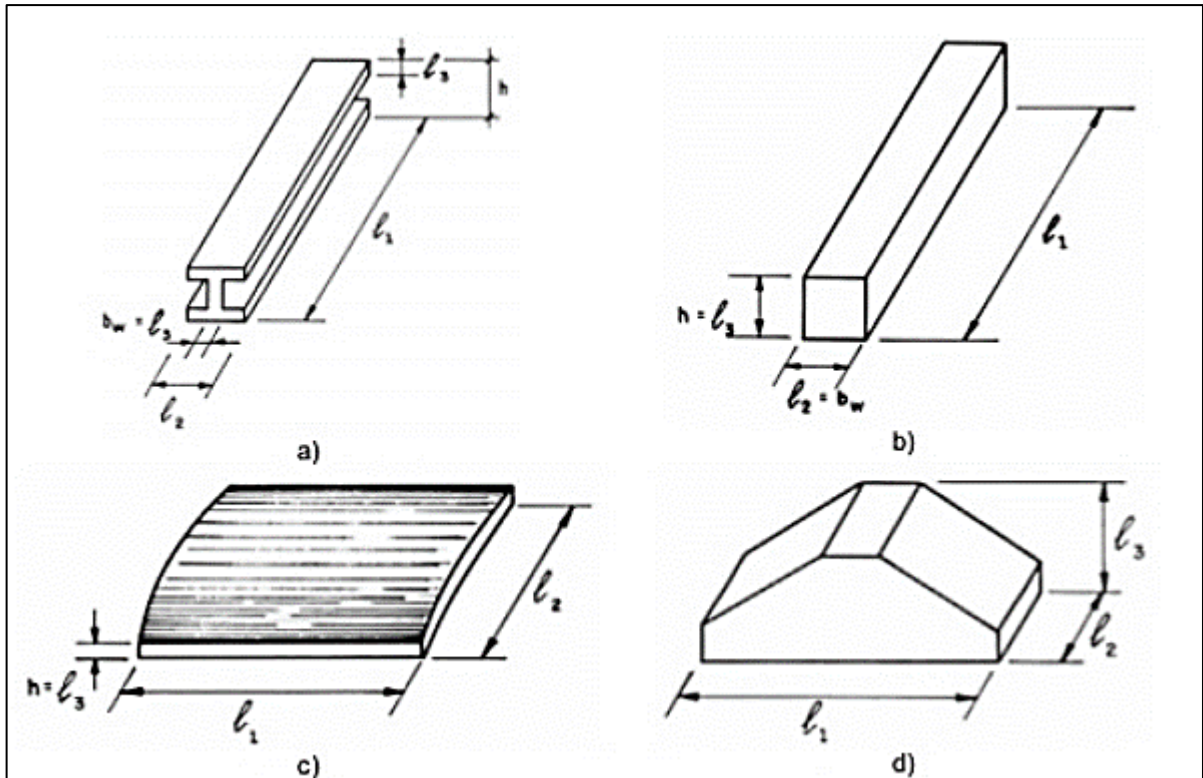
2.1. PROJETOS ESTRUTURAIS

O projeto estrutural é desenvolvido pelo engenheiro de estruturas e consiste no dimensionamento de elementos estruturais que sustentarão a construção ao longo de sua vida útil. O projetista define os elementos e suas dimensões de acordo com o material empregado e os esforços que a estrutura será submetida, de modo a assegurar a viabilidade econômica, compatibilidade com o projeto arquitetônico, durabilidade, segurança e conforto dos usuários, além de atender os parâmetros impostos pela norma ABNT NBR 6118:2014- Projeto de estruturas de concreto- Procedimentos.

Nas construções usuais de concreto armado, os elementos principais que compõem o sistema estrutural (pilares, vigas e lajes), são classificados de acordo com sua geometria. VLASSOV (1962 apud GIONGO) “indica uma classificação dos elementos estruturais fundamentais seguindo critério geométrico, ao qual pode ser associado o comportamento do elemento em função de sua posição na estrutura”. São elas:

- Elementos lineares: São os elementos chamados “barras”. Possuem a espessura da mesma ordem de grandeza da altura, mas ambas menores que o comprimento. Ex. pilares, vigas etc.
- Elementos bidimensionais: São os elementos chamados “superfícies”. Possuem comprimento e largura na mesma ordem de grandeza, porém maiores que a espessura. Ex. lajes, viga-parede etc.
- Elementos tridimensionais: São chamados de “volume”. Possuem as três dimensões na mesma ordem de grandeza. Ex: Blocos de fundação, sapatas etc.

Figura 1 - Identificação dos elementos estruturais



(Fonte: Fusco, 1976)

As lajes são elementos planos bidimensionais, denominados placas, que são dimensionados para receber as ações verticais, permanentes e acidentais, e descarregá-las nas vigas ou diretamente nos pilares. Vigas são elementos lineares, normalmente retos e horizontais, e são dimensionadas para receber os carregamentos impostos pelas lajes, outras vigas etc., e descarregá-los nos pilares.

Pilares são colunas de eixo reto dimensionados para resistir os esforços de vigas ou lajes e transmiti-los para a fundação, além de fazer parte do sistema de contraventamento responsável por garantir a estabilidade global da estrutura.

Segundo GIONGO (2007, p. 17) “Os elementos estruturais devem ter resistência mecânica, estabilidade, rigidez e resistência a fissuração e deslocamentos excessivos para poderem contribuir de modo efetivo na resistência global do edifício”.

Além do dimensionamento correto, o projeto estrutural deve conter informações detalhadas de forma clara e específica, de modo a assegurar o bom entendimento em campo e a qualidade da execução da estrutura.

2.1.1. Fôrmas

Fôrmas são elementos necessários para a execução de uma estrutura e são utilizadas para garantir a geometria e dimensões dos elementos de concreto. São consideradas peças provisórias, sendo retiradas após os elementos de concreto garantir resistência suficiente para suportar os carregamentos que estão sendo submetidos

As fôrmas podem ser fabricadas em diversos tipos de materiais, porém o mais utilizado é a madeira, geralmente como chapas compensadas. O material tem como vantagens o seu baixo custo e sua disponibilidade e, segundo BOIN (1993 apud NEIVA NETO, 2014) é o material que possui a melhor trabalhabilidade para moldagem das estruturas de concreto na forma desejada.

Os sistemas de fôrmas são divididos em subsistemas que variam de acordo com os elementos (vigas, pilares e lajes), basicamente compostos por molde, estrutura do molde, escoramento e acessórios (fôrma e cimbramento). De maneira sucinta, podemos definir:

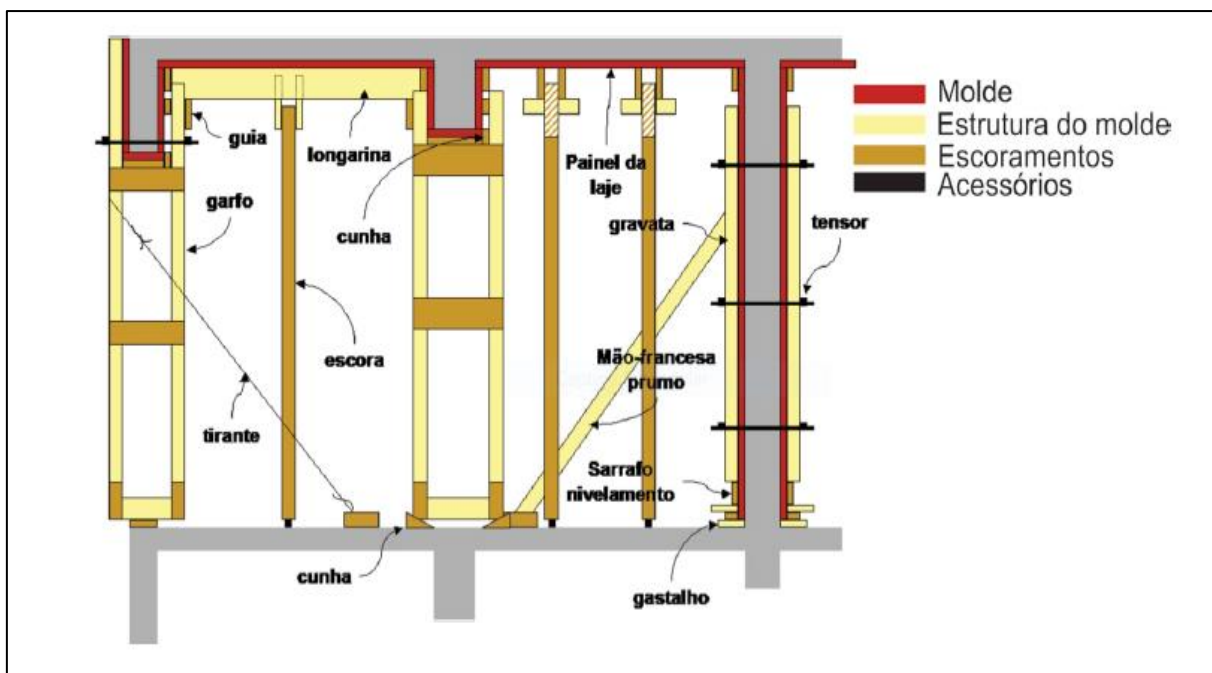
- Molde: painéis em contato direto com o concreto, responsáveis por garantir a geometria dos elementos estruturais.
- Estrutura do molde: peças que servem de sustentação e travamento para o molde. Ex: gravata, gualho, garfo, etc.
- Escoramento: Peças verticalmente posicionadas, que transmitem os esforços aplicados ao solo e garantem o apoio da estrutura. Ex: escora, pontaletes, torre, etc.

- Acessórios: peças que unem, nivelam e posicionam as anteriores. Ex: cunhas, apuradores, etc.

Um sistema de fôrmas deve possuir resistência para suportar cargas provenientes do seu peso próprio, do peso do concreto durante seu lançamento, do aço da estrutura de concreto armado e das cargas acidentais de tráfego de pessoas durante a sua concretagem. (CRISTIANI,1995 apud NEIVA NETO, 2014).

A figura 2 exemplifica os elementos que compõe o sistema de fôrmas de madeira:

Figura 2- sistema de fôrmas de madeira



(Fonte: Neiva neto, pg 13)

As formas e os escoramentos são elementos fundamentais nas obras de concreto armado, pois são considerados os primeiros passos para a execução da estrutura. O desempenho das fôrmas influencia diretamente na estética, qualidade,

segurança, custo e prazo do empreendimento. Portanto, é de extrema importância a atenção à escolha e uso deste conjunto.

O projeto deve indicar de forma clara todos os detalhes para uma execução precisa e seu dimensionamento deve respeitar as diretrizes das normas ABNT NBR 7190:1997- estruturas de madeira e a NBR 15696:2009- fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto.

A associação Brasileira de cimento Portland definiu um sistema com as seguintes diretrizes:

1. Seguir rigorosamente as dimensões indicadas no projeto, contemplando as resistências necessárias, sem que haja deformações excessivas oriundas dos carregamentos (...)
2. Ser estanque, no propósito de evitar a perda de cimento do concreto arrastado pela água (...)
3. Possibilitar a desforma da forma a se evitar choques. Para tal, o escoramento deve ser apoiado sobre cunhas ou outros dispositivos facilmente removíveis.
4. Possibilitar o maior número possível de reutilizações das peças.
5. Empregar madeira aparelhada, nos moldes em que a estrutura de concreto será aparente.

(Associação Brasileira de Cimento Portland apud Neiva Neto, 2014, pg. 8).

2.1.2. Armaduras

As armaduras são peças fundamentais nos elementos estruturais de concreto armado. O conceito desse tipo de estrutura visa aproveitar a resistência à compressão e durabilidade do concreto, aliada à resistência a tração e a trabalhabilidade das barras de aço. Ou seja, as armaduras têm como objetivo resistir a esforços que, sozinho, o concreto não resistiria.

O dimensionamento das barras de aço varia de acordo com o tipo de estrutura e elemento estrutural, a geometria da seção aplicada, a resistência do concreto utilizado e os esforços solicitantes na peça em estudo, e, deve respeitar as exigências da norma NBR 6118:2014.

A fabricação e fornecimento do aço destinado a esse tipo de estrutura deve obedecer aos requisitos exigidos pela norma NBR 7480: 2007- Aço destinado a armaduras para estrutura de concreto armado- Especificação.

2.2. EVOLUÇÃO DA TECNOLOGIA NA INDUSTRIA AEC

Desde a invenção dos computadores, as tecnologias informáticas estão em constante evolução. No setor da construção civil, manter-se atualizado às mudanças e buscar formas para inovações de projetos, otimização de tempo, custos e aumento de produtividade são de extrema importância.

“...A cada dia surgem novas soluções em métodos, ferramentas, processos, conceitos, entre outros, e cabe às construtoras utilizá-las à medida do possível para conseguirem se manter competitivas” (CAMPESTRINI,2015, p.5).

Este desenvolvimento tecnológico proporcionou para a indústria AEC várias plataformas de trabalho, e uma das mais utilizadas até os dias de hoje é o desenho assistido por computador (CAD- Computer-Aided Design). CAD consiste em uma tecnologia que permite ao usuário criar objetos através de linhas e formas geométricas simples em 2D e 3D.

“Com o aumento da complexidade dos edifícios na atualidade, as técnicas de modelagem tradicionais CAD, embora fundamentais, tornaram-se insuficientes para atender às novas demandas de precisão e rapidez no ciclo de vida do edifício”. (FLÓRIO, 2009).

O BIM surge como um novo paradigma para o desenvolvimento de projetos, de forma a melhorar os métodos de trabalho empregados atualmente. Embora a

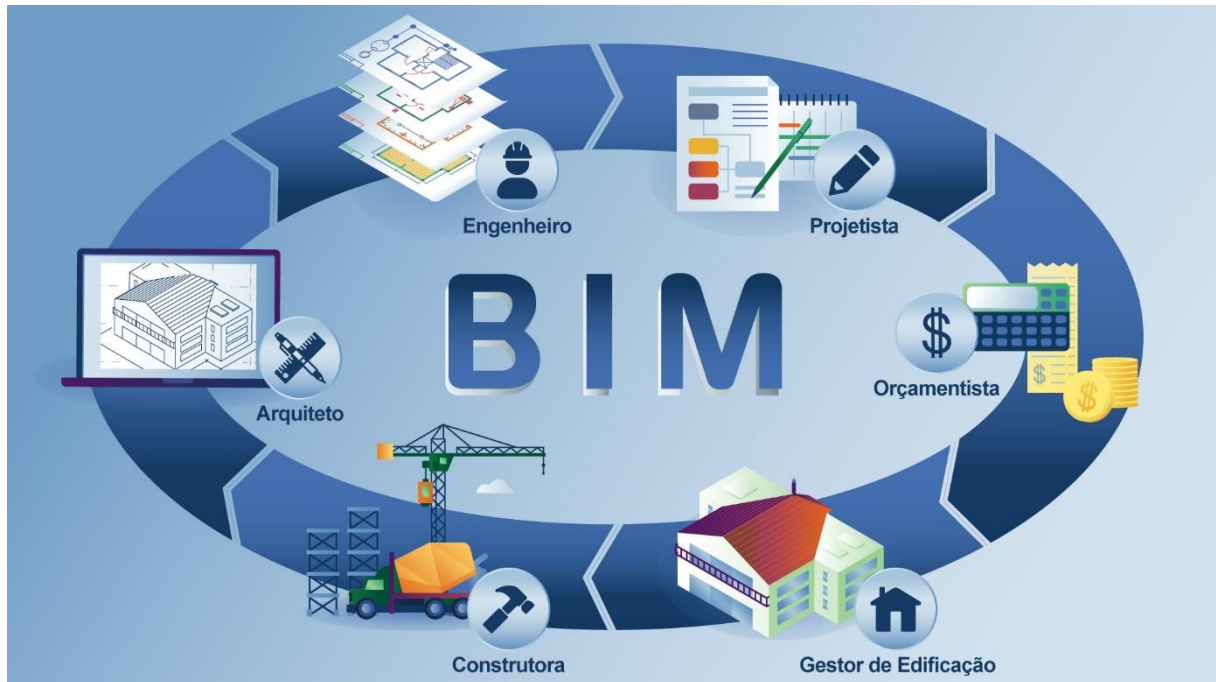
terminologia BIM esteja em circulação a menos tempo, os conceitos e metodologias que hoje são identificados como pertencentes ao BIM podem ser datados há décadas. O exemplo mais antigo documentado sobre o conceito BIM foi publicado em 1975 no Jornal AIA, e escrito por Charles M. “Chuck” Eastman, chamado “Building Description System”. O trabalho de Chuck incluiu noções BIM, como:

(...) Definir elementos de forma interativa... deriva[ndo] seções, planos isométricos ou perspectivas de uma mesma descrição de elementos... Qualquer mudança no arranjo teria que ser feita apenas uma vez para todos os desenhos futuros. Todos os desenhos derivados da mesma disposição de elementos seriam automaticamente consistentes... qualquer tipo de análise quantitativa poderia ser ligada diretamente à descrição... estimativas de custos ou quantidades de material poderiam ser facilmente geradas... fornecendo um único banco de dados integrado para análises visuais e quantitativas.... verificação de códigos de edificações automatizado na prefeitura ou no escritório do arquiteto... (EASTMAN, 1975).

2.3. BUILDING INFORMATION MODELING

BIM é uma metodologia aplicada a projetos na área da construção civil que permite a criação, utilização e atualização de modelos digitais reais de modo que colaboradores de diversas áreas trabalhem de forma simultânea e compartilhada, utilizando um único banco de dados. A figura 3 mostra a cadeia produtiva da construção civil englobada à plataforma BIM:

Figura 3 - Utilização da plataforma de BIM na cadeia produtiva da construção civil.



Plataformas integradas ao conceito BIM dão suporte para o usuário realizar um modelo virtual real de sua construção que vai muito além de ser apenas um visualizador de projetos em 3D. Os elementos gráficos podem ser vinculados com o planejamento e cronograma da obra (modelo 4D), o orçamento (modelo 5D) e o gerenciamento do uso e ciclo de vida da obra (modelo 6D).

Também permite a extração de informações sobre quantidades, materiais, estimativas de custos e a realização de diversas análises, como por exemplo as de carregamentos de estruturas, compatibilidade entre projetos etc., antes mesmo da sua execução.

Desenvolver um modelo esquemático antes de gerar o modelo detalhado da construção permite uma avaliação mais cuidadosa do esquema proposto para determinar se ele cumpre os requisitos funcionais e de sustentabilidade da construção" (EASTMAN et al., 2014, pg. 16).

O projeto pode ser desenvolvido de modo coordenado e colaborativo e todos os profissionais envolvidos compartilham um modelo único, onde as informações são transmitidas à outras disciplinas a cada atualização dos dados. Esta forma simultânea de trabalho proporciona melhor comunicação entre os colaboradores, diminui erros de compatibilidades que são comuns de ocorrer, dando maior confiabilidade ao projeto.

2.3.1. Cenário atual no país

Apesar de ser muito utilizado no exterior, o conceito BIM vem se desenvolvendo aos poucos no Brasil. Algumas entidades como o exército Brasileiro e o BNDS já trabalham com os modelos BIM, porém, a implementação dos modelos BIM ainda é um desafio.

A fim de incentivar o uso do BIM na construção civil, o Governo Federal criou em junho de 2017 o Comitê Estratégico de Implementação do BIM- (CE-BIM) para formular um plano de diretrizes para propor a implementação do BIM no país e em 17 de maio de 2018, foi assinado pelo Presidente da República Michel Temer, o decreto de nº9.337, que institui a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM no Brasil- Estratégia BIM BR.

A estratégia BIM-BR tem por finalidade promover um ambiente adequado ao investimento em BIM e incentivar sua difusão no país e visa tornar exigência o uso do mesmo para licitações de obras públicas até 2021. Espera-se aumentar em 10 vezes a adoção do BIM por parte das empresas, aumentar a produtividade das mesmas em 10% e reduzir custos de produção em 9,7%.

A Estratégia BIM BR tem nove objetivos, os quais buscam orientar as ações, as iniciativas e os projetos necessários para o alcance dos resultados esperados.

-Difundir o BIM e seus benefícios;

-Coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM;

- Criar condições favoráveis para o investimento, público e privado, em BIM;
 - Estimular a capacitação em BIM;
 - Propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e contratações públicas com o uso do BIM;
 - Desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para a adoção do BIM;
 - Desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional em BIM;
 - Estimular o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM;
 - Incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM.
- (CE-BIM, 2017).

Para atingir as metas traçadas, a estratégia será escalonada em três fases: a primeira fase, até 2021, é focada em projetos de arquitetura e engenharia e tornará obrigatório o uso para construções novas, reformas e ampliações de grande relevância, aplicadas às disciplinas de estrutura, instalações hidráulica, AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado) e elétrica, na detecção de interferências e na revisão dos modelos de arquitetura e de engenharia, na extração de quantitativos e na geração de documentação gráfica a partir desses modelos; A segunda fase, a partir de 2024, deverá implementar outras etapas que envolvem a obra: planejamento de execução e orçamentação; A terceira fase, em 2028, abrangerá todo o ciclo de vida da obra, desde os projetos até as atividades do pós-obra.

O gerenciamento da estratégia BIM-BR será realizado pelo comitê gestor (CG-BIM). Estes ficam responsáveis por implementar a estratégia e gerenciar o progresso, o desempenho, o cumprimento das metas e, se necessário, a correção ou aprimoramento dela.

No que se refere à normatização, a Associação Brasileira de Normas Técnicas criou a NBR 15965, a primeira norma brasileira sobre BIM, desenvolvida pela Comissão de Estudos Especiais (CEE-134).

Das sete partes da NBR 15965, foram publicadas até o momento: parte 1 (2011) – Classificação e Terminologia; parte 2 (2012) – Características dos Objetos da Construção; parte 3 (2014) – Processos da Construção; e a parte 7 (2015) – Informação da Construção. As demais estão em desenvolvimento pelos membros da CEE-134. Quando finalizada, a norma terá 13 tabelas, abrangendo itens da indústria da construção civil (edificações e infraestrutura) e de setores como mineração e óleo e gás.

2.3.2. Características BIM

Embora muitos confundam, BIM não é um software. BIM consiste em uma metodologia que permite a trabalhabilidade integrada de diversos softwares, denominados plataformas, em um banco de dados compartilhados.

Classificar o BIM apenas como uma ferramenta de modelagem 3D que torna o projeto realista visivelmente é o erro mais frequente. Embora possua capacidade de representação digital, a representação dos modelos BIM vai além e engloba parâmetros físicos e funcionais de toda a vida útil de uma construção.

“BIM é uma filosofia de trabalho que integra arquitetos, engenheiros e construtores (AEC) na elaboração de um modelo virtual preciso, que gera uma base de dados que contém tanto informações topológicas como os subsídios necessários para orçamento, cálculo energético e previsão de insumos e ações em todas as fases da construção” (Eastman, 2008).

Para que uma ferramenta seja considerada BIM, deve conter os conceitos citados por EASTMAN et al. (2011, apud NEIVA NETO, 2014): orientação por objetos, parametrização e a interoperabilidade do modelo entre diferentes ferramentas.

2.3.2.1. *Elementos parametrizados e famílias*

Entender o que são objetos paramétricos é de fundamental importância para o entendimento do BIM e sua diferenciação dos objetos 2D e 3D tradicionais.

Diferente da plataforma CAD, onde os desenhos são representados por linhas, na modelagem paramétrica os objetos são compostos por parâmetros e regras que definem sua forma e comportamento em relação a outros objetos, e permitem atualizações automáticas a partir de cada mudança imposta pelo usuário. Segundo COELHO (2015, pg.12), “qualquer elemento desenhado é interpretado e, imediatamente, carrega todas as suas informações, isto é, dimensões, materiais, quantitativos e orçamento”.

A necessidade de criar um modelo representativo dos processos de construção levou a que se percebesse a importância em abandonar a simples representação de elementos através de linhas, formas e texto (técnicas tradicionais de CAD) e se passasse a representar um modelo como uma associação de elementos individuais, através de uma modelação orientada por objetos.(TARRAFA, 2015, pg. 4)

“(…) entidades paramétricas facilitam o processo de alteração, pois carregam seus atributos e propriedades dentro de sua representação, que lhes permitem ser manipuladas e transformadas de acordo com essas características.” FLORIO (2007 apud 2009).

Segundo EASTMAN et al. (2014), não são consideradas ferramentas BIM:

- Modelos que apenas contém dados 3D, sem atributos de objetos;
- Modelos sem suporte para comportamentos;
- Modelos que são compostos de múltiplas referências a arquivos CAD 2D que devem ser combinados para definir a construção;
- Modelos que permitem modificações de dimensões em uma vista que não são automaticamente refletidas em outras vistas.

2.3.2.2. *Interoperabilidade*

Atualmente na indústria AEC, a elaboração de um projeto se dá de forma fragmentada, onde profissionais de diferentes áreas ficam responsáveis por desenvolver o projeto de sua especialidade. Por se tratar de um modo desconectado de trabalho, é comum ocorrer falhas de projetos acarretadas pela falta de comunicação entre esses profissionais.

Outro diferencial da tecnologia BIM é o uso da interoperabilidade como aliada. Interoperabilidade consiste na capacidade de um sistema comunicar-se com outro, sendo este semelhante ou não, sem que haja perdas de informações, de modo que colaboradores de um mesmo projeto trabalhem de forma conjunta e simultânea.

O principal modelo de dados de produtos da construção, para extensão de arquivos que permite a interoperabilidade é o Industry Foundation Classes (IFC), criado pela buildingSMART para compartilhar e trocar dados BIM em diferentes softwares. A buildingSMART, antes conhecida como aliança internacional para interoperabilidade (AIA), formada por uma aliança entre empresas ligadas à tecnologia, é uma organização sem fins lucrativos que coordena o desenvolvimento de padrões internacionais dos arquivos de interoperabilidade.

Para fomentar a interoperabilidade entre aplicações BIM das várias empresas foi criado o Industry Foundation Classes (IFC), um formato de ficheiro aberto e independente não detido pelos fabricantes. Este formato é baseado em objetos com um modelo de dados desenvolvido pela buildingSMART, organização internacional que visa melhorar o intercâmbio de informações entre aplicações informáticas utilizadas na indústria AEC, para facilitar a sua interoperabilidade. (BuildingSMART,2012 apud TARRAFA, 2015).

2.3.3. Softwares integrados ao BIM

Uma plataforma BIM cria modelos de informações para diferentes usos. EASTMAN (2014) definiu que “cada plataforma BIM apresenta uma organização corporativa de acordo com o seu uso e oferece aos usuários uma família de produtos da qual faz parte...”.

As plataformas BIM possuem um conjunto de objetos predefinidos denominados famílias.” Família é definida como um grupo de elementos com um conjunto de propriedades comum, chamado de parâmetros, e uma representação gráfica relacionada” AUTODESK (2010 apud NEIVA NETO, 2014).

Existe uma variedade de softwares integrados com a plataforma BIM, dando suporte a todos os tipos de projetos. Na tabela 1, mostra-se um breve levantamento das plataformas mais comuns e suas atividades:

TABELA 1 - Ferramentas consideradas BIM

Vendor	Ferramenta	Atividades
Autodesk Inc.	<i>REVIT</i>	<i>Projeto arquitetônico, estrutural e de sistemas prediais</i>
Bentley Systems, Inc.	<i>Bentley Systems</i>	<i>Projeto arquitetônico, estrutural e de sistemas prediais</i>
Graphisoft	<i>ArchiCAD</i>	<i>Projeto arquitetônico</i>
Dassault's CATIA	<i>Digital Project</i>	<i>Projeto arquitetônico, estrutural e de sistemas prediais</i>
Diehl Graphisoft	<i>Vectorworks</i>	<i>Projeto arquitetônico</i>
Tekla Corp.	<i>Tekla Structures</i>	<i>Projeto estrutural</i>
Beck Technologies	<i>DProfiler</i>	<i>Estimativa de custo</i>

(Fonte: Adaptado de Eastman apud Neiva Neto, pg 27)

2.4. REVIT

O Revit é uma ferramenta desenvolvida pela empresa Autodesk e a mais conhecida do mercado para o uso do BIM, e foi escolhida para o estudo deste trabalho.

A plataforma inclui recursos para desenvolvimento de modelagem de projetos arquitetônicos, estruturais e de instalações e oferece suporte ao usuário para que ele trabalhe com membros de uma equipe em uma central compartilhada de maneira eficaz. Também permite que o usuário exporte e vincule seus dados com outros tipos de formatos de arquivos (ex: DWG, DNG, etc.).

O Revit possui um conjunto de famílias predefinidas e estas são classificadas em três conjuntos distintos: famílias de sistema, famílias carregáveis e famílias moldadas no local.

As famílias do sistema definem elementos como paredes, pisos, telhados etc., e não permitem que arquivos como estes sejam importados de uma outra biblioteca. Porém, é possível editá-los, duplicando o tipo de família do sistema já existente no projeto. “As Famílias menos flexíveis para a manipulação de seus parâmetros, mas em compensação são Famílias mais “inteligentes” dentro do ambiente de projeto”. (AUTODESK, 2010 apud NEIVA NETO, 2014).

As famílias carregáveis definem elementos como portas, janelas, moveis etc. São arquivos no formato. RFA e que podem ser salvos e importados de arquivos fora do projeto. “As famílias carregáveis definem elementos que possibilitam uma maior parametrização de componentes com funcionalidades e comportamentos específicos de cada Categoria de Família a qual pertence, dependendo de seu template de origem (...)” (AUTODESK, 2010 apud NEIVA NETO, 2014).

As famílias moldadas no local definem elementos únicos, criados diretamente nas vistas do projeto, exclusivamente para um determinado uso. Não possuem arquivos externos ao projeto, e diferente das carregáveis, não são reutilizáveis.

Além dos objetos já existentes, é possível criar ou adaptar novos modelos de acordo com a necessidade de cada projeto.

3. FERRAMENTA BIM APLICADA A PROJETO DE ESTRUTURA

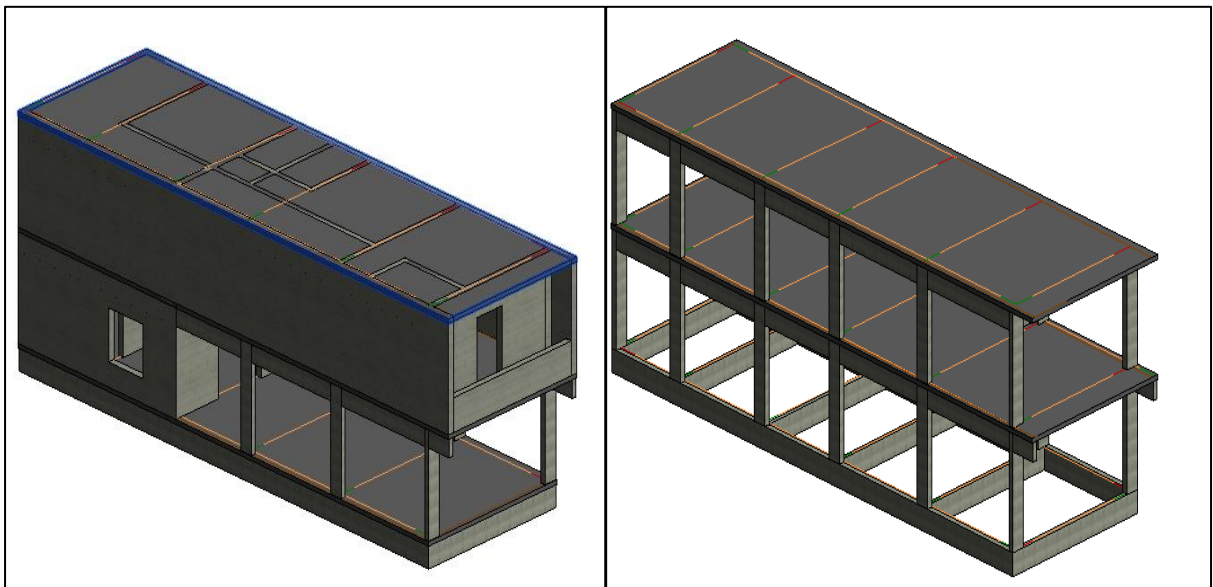
3.1. CONCEPÇÃO GEOMÉTRICA DA ESTRUTURA

A modelação da estrutura foi feita seguindo parâmetros definidos em um projeto disponibilizado para estudo, utilizando o software Revit versão 2017 para estudantes, apresentado na seção 2.4. desta monografia.

Foram utilizados elementos do template Structure, disponível no Revit, onde todos os elementos criados são entendidos como estruturais. Templates são modelos que contêm dados e configurações predefinidas de acordo com o tipo de projeto desenvolvido: bibliotecas de componentes e famílias, planos de visibilidade, etc.

O modelo consiste em um prédio comercial de dois pavimentos, composto por pilares de dimensão 19cm x 50cm, vigas externas de dimensão 19cm x 60 cm, vigas internas de 14cm x 60 cm, laje de piso de 12cm de altura e laje de cobertura de 10cm de altura. A figura 4 demonstra a estrutura modelada:

Figura 4- Estrutura modelada no software Revit



(Fonte: Autor)

3.2. MODELO ANALÍTICO

Nos programas de cálculo estrutural, geralmente, os elementos estruturais são representados por linhas e planos e as suas ligações como pontos (modelação de uma concepção analítica).

No Revit Structure, o modelo analítico é criado de modo automático a partir da modelação geométrica da estrutura e pode ser exportado para servir de base para análises e dimensionamentos em softwares específicos de cálculos estruturais. O BIM, ao proporcionar o rigor na representação física da estrutura, proporciona ao modelo analítico, de forma real e precisa, o posicionamento dos elementos estruturais a construir.

Na figura 5 encontra-se parte do projeto de estruturas, onde são visíveis seu modelo geométrico (lado esquerdo) e o correspondente modelo analítico (lado direito):

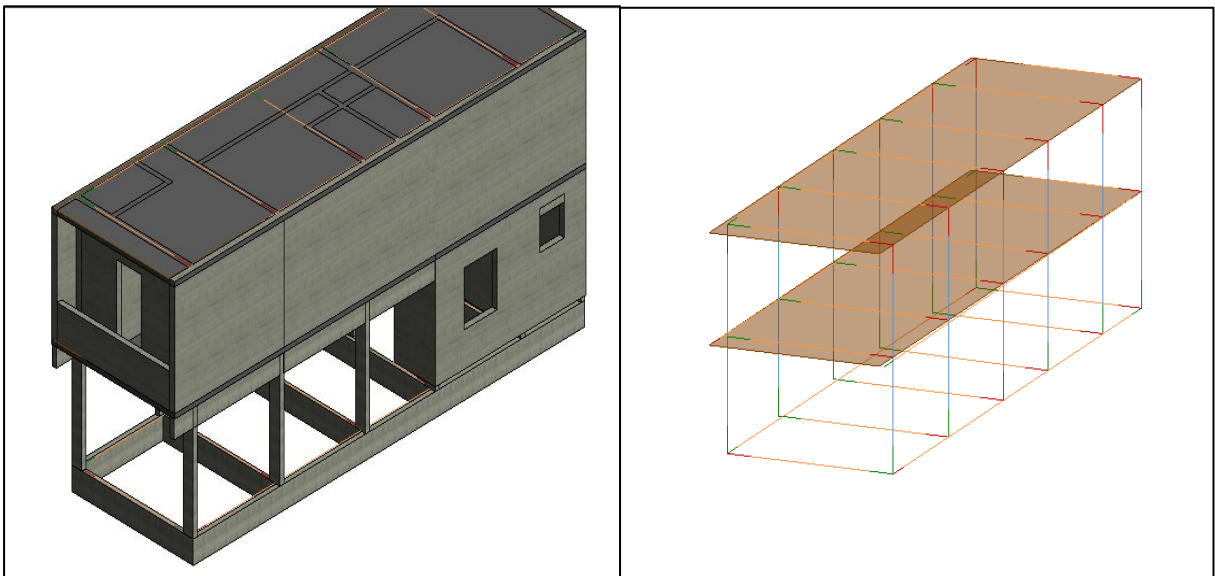


Figura 5- Representação dos modelos geométrico e analítico de uma estrutura.

(Fonte: autor)

Vale ressaltar que o intuito do trabalho é mostrar as possíveis aplicações da plataforma BIM para a visualização do projeto de estruturas e o projeto foi disponibilizado para estudo contendo todas as informações predefinidas. Portanto, não abordará análises estruturais, bem como a importação do modelo analítico a qualquer software de cálculo.

3.3. PLANTA DE FÔRMAS

3.3.1. Criação de família para sistemas de fôrmas

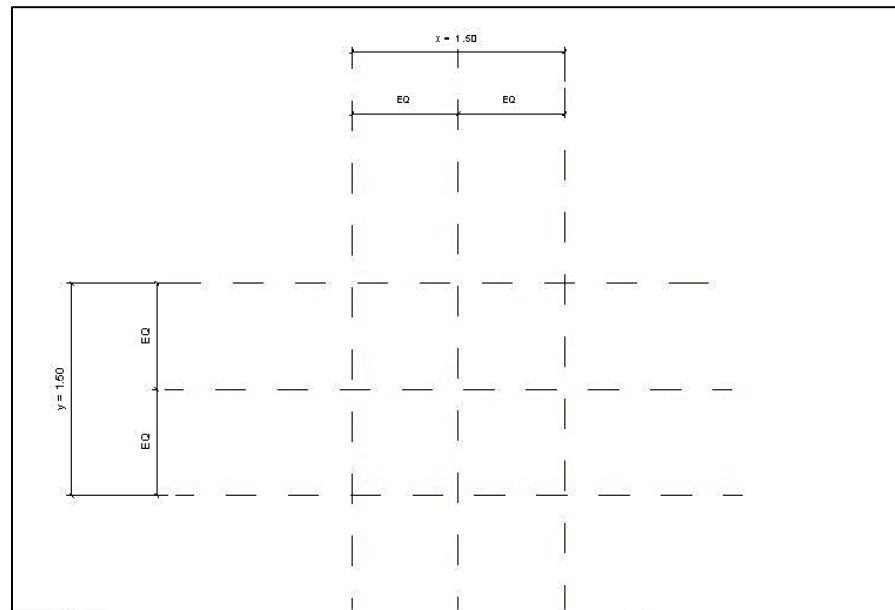
Como fora descrito na subseção 2.4., o Revit disponibiliza aos usuários uma biblioteca de elementos denominados famílias. São elementos geométricos e não geométricos com propriedades já definidas pelo software: dimensões, materiais, etc. Quando esses elementos não atendem a necessidade do projeto, é possível adaptá-los ou criar elementos de acordo com os parâmetros necessários.

A modelação do sistema de fôrmas possui um nível maior de dificuldade por não conter uma biblioteca predefinida pelo Revit. Será necessário criar um componente de família, com parâmetros próprios e que se adequem ao projeto estudado.

O processo de criação de famílias inicia-se pela adoção de um arquivo novo de famílias de template, em formato .RVT. Por se tratar de elementos simples, usou-se o template “modelo genérico métrico”, carregado da biblioteca do software através dos comandos Novo> família> family templates> modelo genérico métrico.

Após a seleção, o template será carregado para a janela de vistas e comandos do software, como mostra a figura 6. As unidades de medidas devem ser alteradas para “metro” através do comando “UN”.

FIGURA 6- Interface do modelo genérico métrico



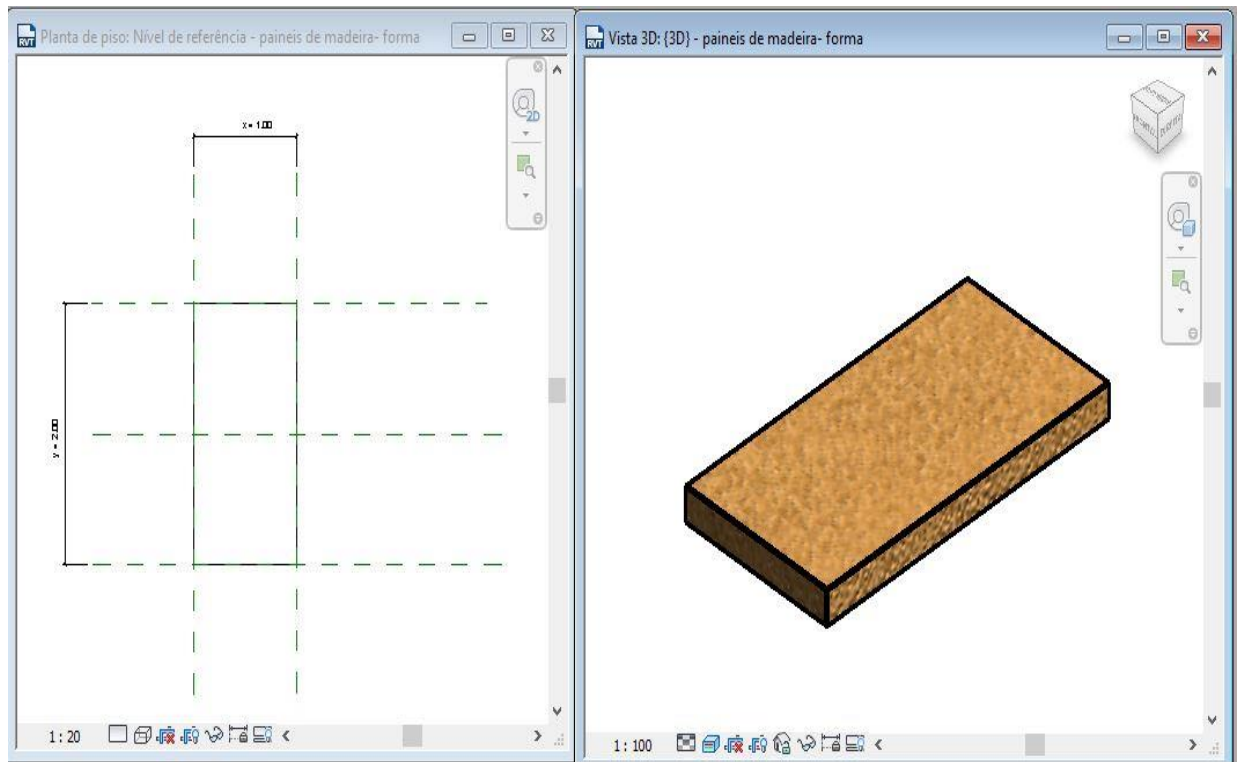
(Fonte: autor)

A partir do modelo acima, foram desenvolvidos os elementos principais que compõe os sistemas de fôrmas: painéis de madeira (moldes para pilares, vigas e lajes) e escoras metálicas. Os elementos foram modelados de forma simples, separados e, para cada item, foram definidos parâmetros de acordo com a sua necessidade.

Basicamente, o processo consiste na criação de uma extrusão para dar forma ao elemento e a utilização de cotas alinhadas como parâmetros que restringem o seu comportamento.

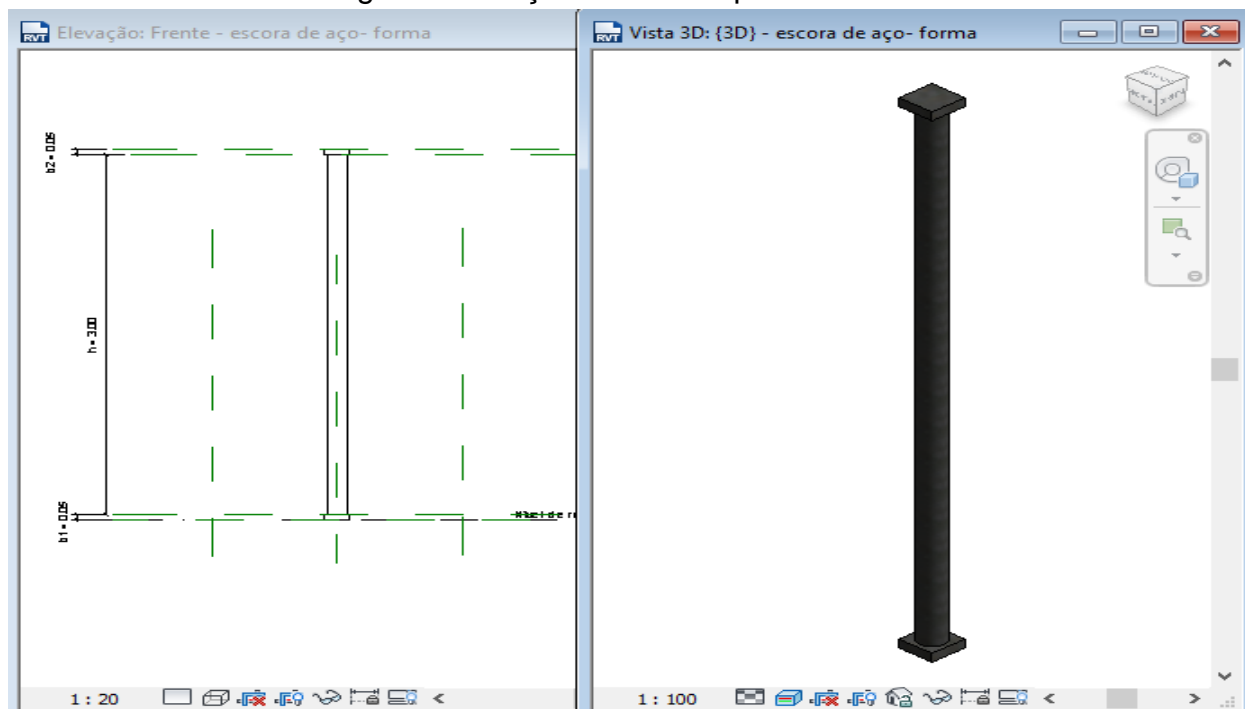
Para as escoras, foi criada uma extrusão cilíndrica com cotas de limitações apenas para altura. Já para os painéis compensados de madeira, foi criada uma extrusão retangular com parâmetros de limitações de base, altura e espessura. Os dois casos estão exemplificados nas figuras 7,8 e 9:

Figura 7- Criação de família para compensados de madeira.



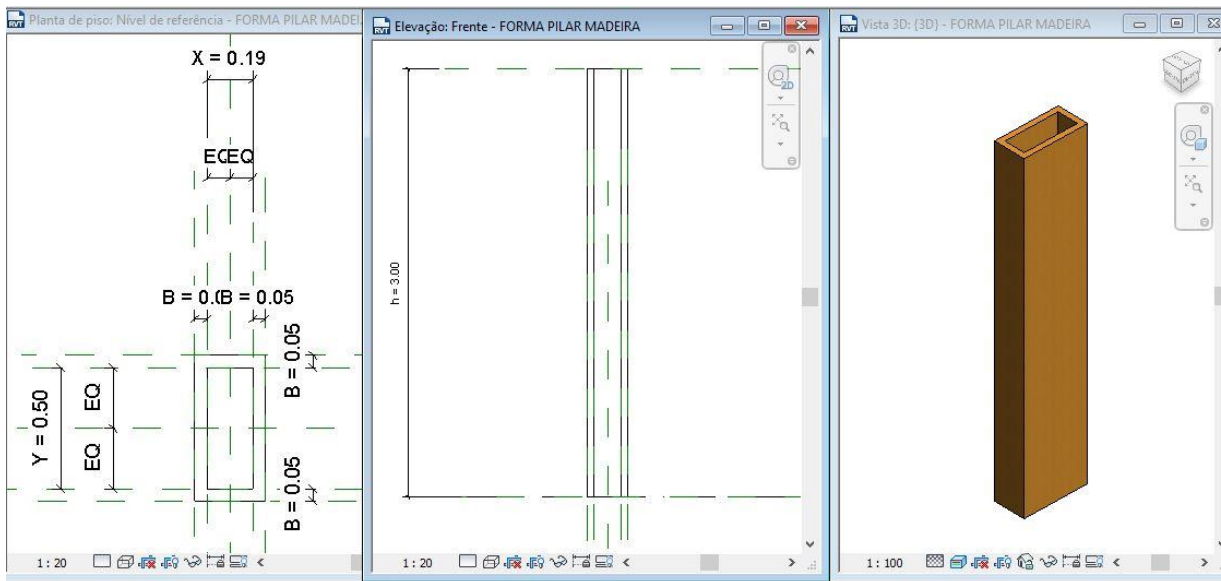
(Fonte: Autor)

Figura 8- Criação de família para escoras.



(Fonte: Autor)

Figura 9- Criação de família para fôrmas de pilares

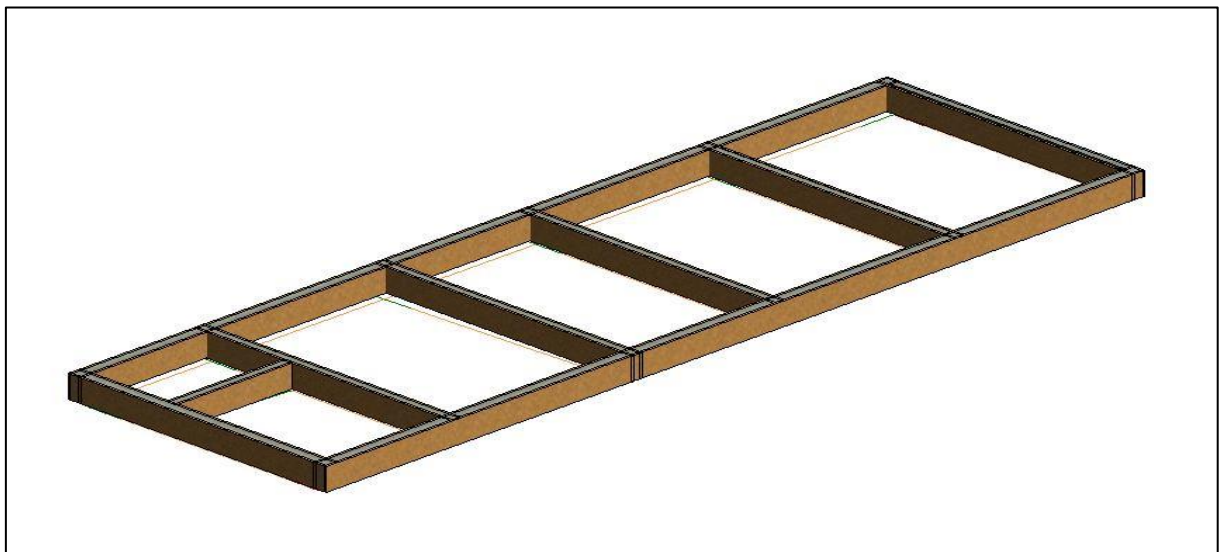


(Fonte: Autor)

Após a modelação dos principais elementos, as famílias foram carregadas no projeto e montadas simulando o processo de execução dos elementos de concreto, que será mostrado na conclusão deste trabalho.

A figura 10 mostra o exemplo de um dos sistema de fôrmas aplicado ao elemento de fundação do projeto.

Figura 10- Fôrmas de madeira para vigas baldrame



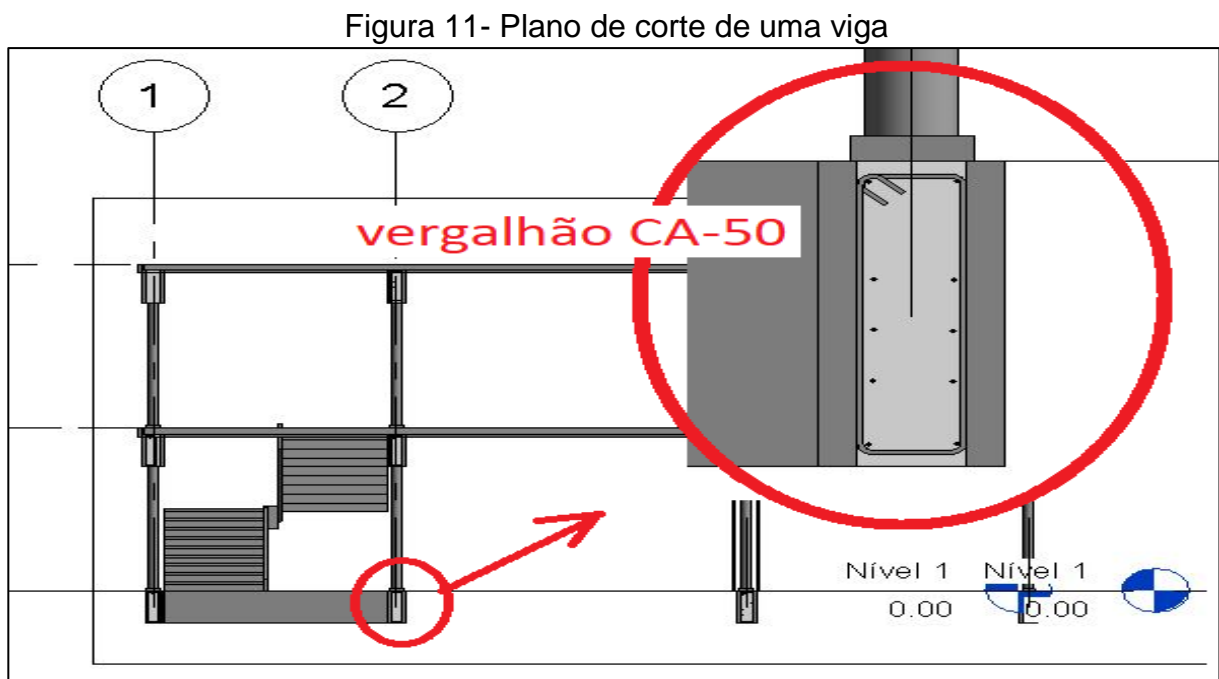
(Fonte: Autor)

3.4. ARMADURAS

As armaduras foram inseridas após a modelação de todos os elementos estruturais em concreto. Foram utilizados vergalhões de aço CA-50 de diâmetros distintos disponíveis na biblioteca do Revit, definidos em projeto específico e respeitando os parâmetros impostos por norma.

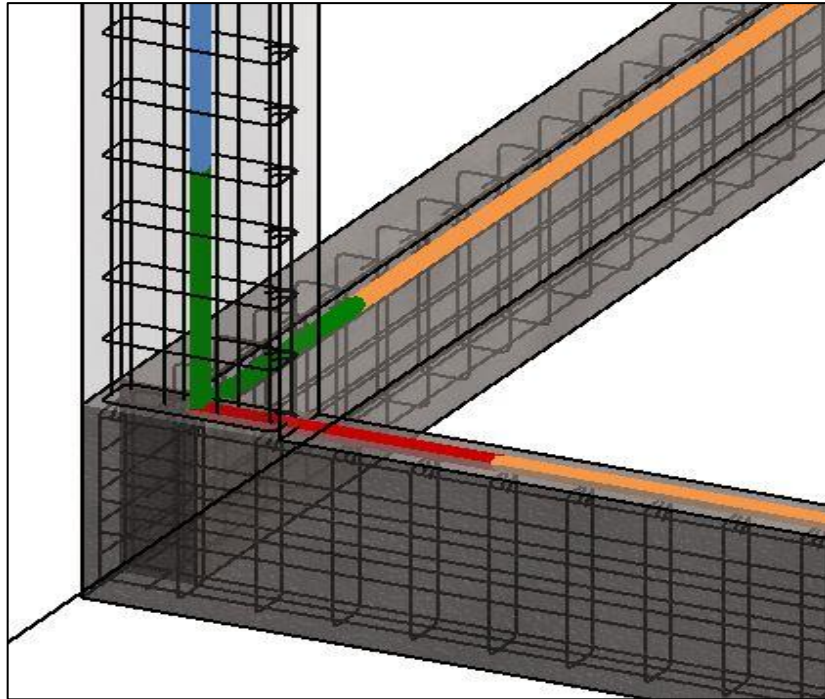
Para a implementação das armaduras, primeiramente, foram criados planos de referência para cada tipo de elemento (pilares, vigas e lajes), de modo que estes ficassem visíveis como vista em corte no plano de trabalho atual, para que a face do elemento possa ser selecionada e os vergalhões sejam devidamente posicionados.

É importante que seja definida a orientação de inserção dos vergalhões quanto ao plano de trabalho. As armaduras transversais (estribos) devem ser locadas “paralela ao plano de trabalho” e as armaduras longitudinais devem ser locadas com origem “perpendicular ao recobrimento”. As figuras 11, 12 e 13 exemplificam os conceitos aplicados na prática:



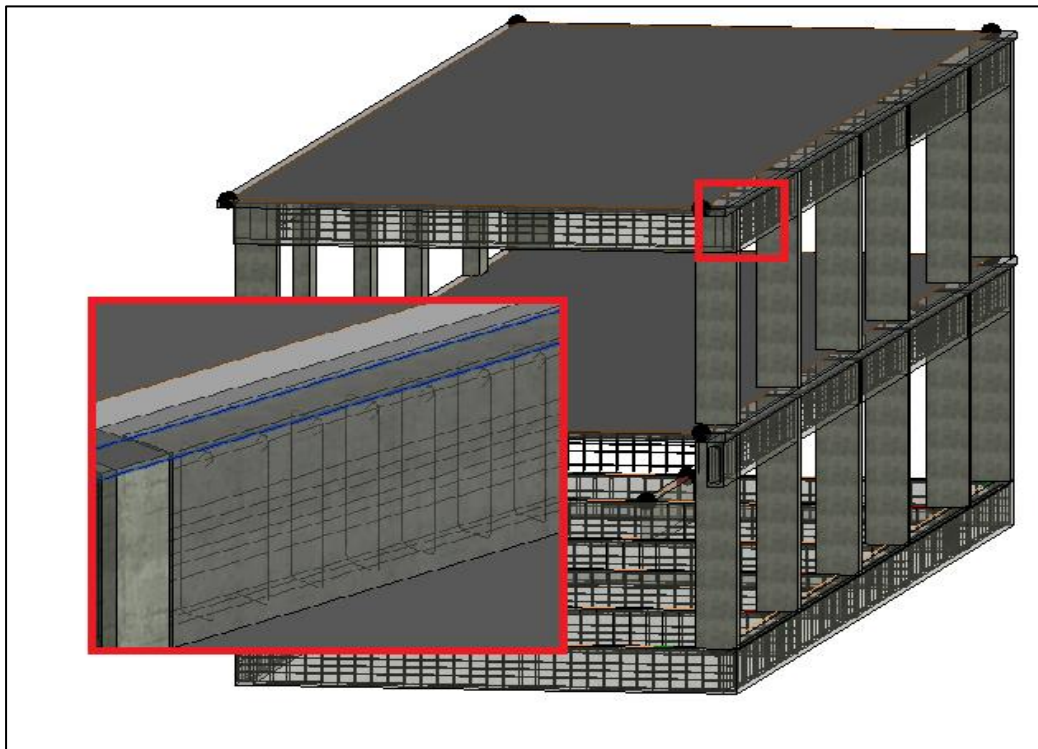
(Fonte: Autor)

Figura 12- Encontro de pilar e vigas



(Fonte: Autor)

Figura 13- Armaduras posicionadas em viga



(Fonte: Autor)

3.5. MEDIÇÕES, QUANTITATIVOS E CUSTOS

A tecnologia BIM dispõe aos usuários a obtenção de dados automatizados relativos a quantidades. Portanto, o Revit permite a criação de tabelas com informações que facilitam o processo de orçamentação e planejamento de uma obra.

A extração dos quantitativos foi realizada quando todos os componentes do projeto foram devidamente modelados, sendo esta a última etapa elaborada.

As tabelas são implantadas na aba Analisar> Tabela/ Quantidades. Podem ser divididas em categorias e parâmetros quantitativos (área, volume, custo, etc.) e qualitativos (tipo de material, classificação da família, etc). Neste caso, as tabelas foram elaboradas levando em conta os elementos estruturais e divididas em categorias de família e tipo, e ao fim conseguiu-se os levantamentos de quantidades de elementos por tipo e a quantidade volumétrica dos materiais.

As tabelas 2,3 e 4 exemplificam a extração dos quantitativos dos elementos estruturais:

TABELA 2- Levantamento quantitativo de pilares

<Tabela de pilar estrutural>				
A	B	C	D	E
Contador	Família e tipo	Material estrutural	Tipo	Volume
190x500 mm				
Concreto - Moldado in loco - C25				
1	Concreto-Retangul	Concreto - Moldado in loco - C25	190x500 mm	0.46 m ³
1	Concreto-Retangul	Concreto - Moldado in loco - C25	190x500 mm	0.46 m ³
1	Concreto-Retangul	Concreto - Moldado in loco - C25	190x500 mm	0.46 m ³
1	Concreto-Retangul	Concreto - Moldado in loco - C25	190x500 mm	0.46 m ³
1	Concreto-Retangul	Concreto - Moldado in loco - C25	190x500 mm	0.55 m ³
1	Concreto-Retangul	Concreto - Moldado in loco - C25	190x500 mm	0.51 m ³
1	Concreto-Retangul	Concreto - Moldado in loco - C25	190x500 mm	0.51 m ³
1	Concreto-Retangul	Concreto - Moldado in loco - C25	190x500 mm	0.51 m ³
1	Concreto-Retangul	Concreto - Moldado in loco - C25	190x500 mm	0.51 m ³
1	Concreto-Retangul	Concreto - Moldado in loco - C25	190x500 mm	0.53 m ³
1	Concreto-Retangul	Concreto - Moldado in loco - C25	190x500 mm	0.53 m ³
1	Concreto-Retangul	Concreto - Moldado in loco - C25	190x500 mm	0.55 m ³
Concreto - Moldado in loco - C25: 12				
190x500 mm: 12				
Total geral: 12				

(Fonte: Autor)

TABELA 3- Levantamento quantitativo de lajes

<Tabela de piso>					
A	B	C	D	E	F
Contador	Família e tipo	Material estrutural	Tipo	Área	Volume
Piso: Genérico 100 mm					
Genérico 100 mm					
<Por categoria>					
1	Piso: Genérico 100 mm	<Por categoria>	Genérico 100 mm	114 m ²	11.37 m ³
<Por categoria>: 1					
Genérico 100 mm: 1					
Piso: Genérico 100 mm: 1					
Piso: Genérico 120 mm					
Genérico 120 mm					
<Por categoria>					
1	Piso: Genérico 120 mm	<Por categoria>	Genérico 120 mm	120 m ²	14.39 m ³
<Por categoria>: 1					
Genérico 120 mm: 1					
Piso: Genérico 120 mm: 1					
Total geral: 2					

(Fonte: Autor)

TABELA 4- Levantamento quantitativo de vigas

A	B	C	D	E
Contador	Familia e tipo	Material estrutural	Tipo	Volume
Concreto-Viga Retangular: 140 x 600mm Concreto - Moldado in loco - C25 140 x 600mm				
1	Concreto-Viga Ret	Concreto - Moldado in loco - C25	140 x 600mm	0.47 m ³
1	Concreto-Viga Ret	Concreto - Moldado in loco - C25	140 x 600mm	0.47 m ³
1	Concreto-Viga Ret	Concreto - Moldado in loco - C25	140 x 600mm	0.47 m ³
1	Concreto-Viga Ret	Concreto - Moldado in loco - C25	140 x 600mm	0.47 m ³
1	Concreto-Viga Ret	Concreto - Moldado in loco - C25	140 x 600mm	0.35 m ³
1	Concreto-Viga Ret	Concreto - Moldado in loco - C25	140 x 600mm	0.35 m ³
1	Concreto-Viga Ret	Concreto - Moldado in loco - C25	140 x 600mm	0.35 m ³
1	Concreto-Viga Ret	Concreto - Moldado in loco - C25	140 x 600mm	0.35 m ³
1	Concreto-Viga Ret	Concreto - Moldado in loco - C25	140 x 600mm	0.37 m ³
1	Concreto-Viga Ret	Concreto - Moldado in loco - C25	140 x 600mm	0.37 m ³
1	Concreto-Viga Ret	Concreto - Moldado in loco - C25	140 x 600mm	0.37 m ³
1	Concreto-Viga Ret	Concreto - Moldado in loco - C25	140 x 600mm	0.37 m ³
140 x 600mm: 12 Concreto - Moldado in loco - C25: 12 Concreto-Viga Retangular: 140 x 600mm: 12 Concreto-Viga Retangular: 190 x 500mm Concreto - Moldado in loco - C25 190 x 500mm				
1	Concreto-Viga Ret	Concreto - Moldado in loco - C25	190 x 500mm	0.26 m ³
190 x 500mm: 1 Concreto - Moldado in loco - C25: 1 Concreto - Moldado in loco - Cinza 190 x 500mm Concreto-Viga Retangular: 190 x 600mm Concreto - Moldado in loco - C25 190 x 600mm				
1	Concreto-Viga Ret	Concreto - Moldado in loco - C25	190 x 600mm	0.68 m ³
1	Concreto-Viga Ret	Concreto - Moldado in loco - C25	190 x 600mm	2.16 m ³
1	Concreto-Viga Ret	Concreto - Moldado in loco - C25	190 x 600mm	0.66 m ³
1	Concreto-Viga Ret	Concreto - Moldado in loco - C25	190 x 600mm	2.14 m ³
1	Concreto-Viga Ret	Concreto - Moldado in loco - C25	190 x 600mm	0.45 m ³
1	Concreto-Viga Ret	Concreto - Moldado in loco - C25	190 x 600mm	0.46 m ³
1	Concreto-Viga Ret	Concreto - Moldado in loco - C25	190 x 600mm	1.83 m ³
1	Concreto-Viga Ret	Concreto - Moldado in loco - C25	190 x 600mm	1.82 m ³
1	Concreto-Viga Ret	Concreto - Moldado in loco - C25	190 x 600mm	0.47 m ³
1	Concreto-Viga Ret	Concreto - Moldado in loco - C25	190 x 600mm	0.47 m ³
1	Concreto-Viga Ret	Concreto - Moldado in loco - C25	190 x 600mm	1.78 m ³
1	Concreto-Viga Ret	Concreto - Moldado in loco - C25	190 x 600mm	1.78 m ³
190 x 600mm: 12 Concreto - Moldado in loco - C25: 12 Concreto-Viga Retangular: 190 x 600mm: 12				

(Fonte: Autor)

4. RESULTADOS

O intuito deste trabalho é aliar a modelagem da informação com o detalhamento do processo construtivo de uma estrutura de concreto armado.

Com a utilização do Revit, obteve-se a modelação dos elementos: pilares, vigas, lajes, sistema das fôrmas de madeira (moldes, acessórios, escoras) e armaduras. E por fim, com o modelo pronto, obteve-se a quantificação dos elementos e materiais de forma prática e automatizada.

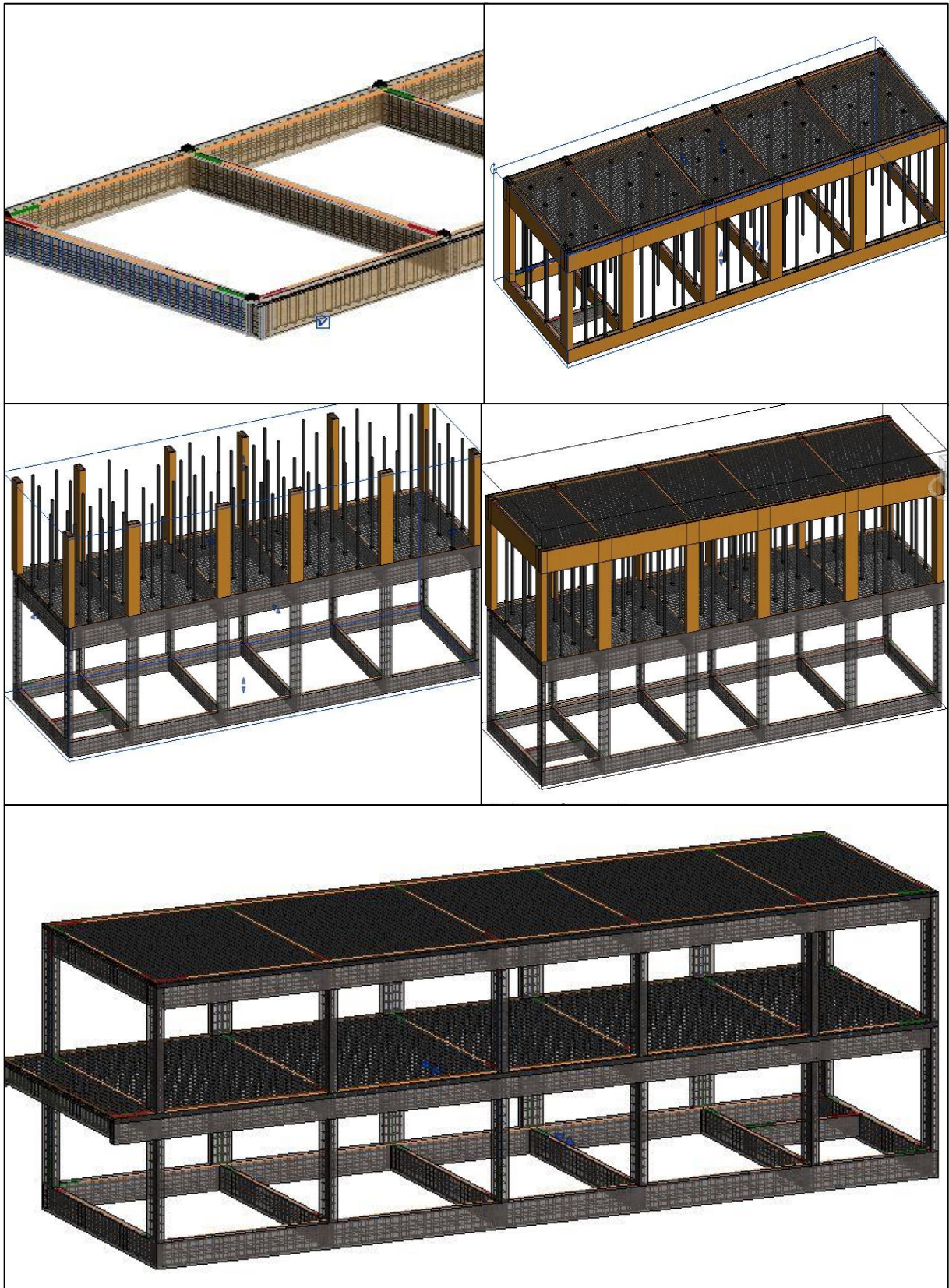
A primeira análise a ser comentada é a utilização de objetos paramétricos para a concepção de projetos. O uso deste conceito possibilita a criação de um protótipo virtual e a visualização da estrutura como um todo, possibilitando a análise de imperfeições e interferências entre os elementos e, assim, buscar soluções para a execução correta do projeto. Estes elementos também possuem parâmetros predefinidos, como tipo de objeto e material, que poderão ser utilizados para as próximas etapas da concepção da edificação, como: planejamento, orçamento, operação, etc.

A segunda análise a ser comentada é a necessidade da criação de famílias para o sistema de fôrmas. Como foi citado na seção 2.4., o Revit possui uma biblioteca de elementos prontos para uso, com variações de materiais, características e dimensões. Porém, mesmo com sua importância, o sistema de fôrmas não faz parte desta biblioteca. A criação destes elementos foi realizada com êxito, suprimindo as necessidades do projeto.

A terceira análise é sobre a extração de quantitativos automatizados a partir dos elementos que possuem dados capazes de conceber composições de itens e insumos. Este conceito possibilita a obtenção de custos mais controlados e precisos.

Como resultado, foi possível simular e visualizar com clareza as etapas necessárias para a execução da estrutura, desde a montagem das formas, até a concretagem do último piso, como mostra a figura 14:

Figura 14- Simulação da execução de uma estrutura.



(Fonte: Autor)

5. CONCLUSÃO

O intuito deste trabalho consiste em avaliar a aplicabilidade dos conceitos BIM a um projeto de estruturas de concreto armado. Avaliando de um modo geral, obteve-se um resultado satisfatório quanto à ferramenta utilizada.

No que se refere a modelagem, ferramentas BIM mostram-se mais eficientes por se tratar de elementos parametrizados, diferentemente dos modelos criados em ferramentas CAD onde os elementos são representados por linhas.

Outro ponto chave da ferramenta é a possibilidade de extrair quantitativos de modo automatizado, obter dados sobre o volume dos materiais utilizados e a quantidade de elementos unitários e, assim, contribuir para o processo de orçamentação da obra.

A obtenção do modelo virtual real pode influenciar diretamente no resultado e desempenho da obra. Ele possibilita que a visualização em campo seja precisa e detalhada, melhorando assim, a comunicação entre as partes envolvidas.

De modo geral, o uso da plataforma BIM traz benefícios não apenas para os profissionais projetistas envolvidos na fase de projetos, mas também os envolvidos no processo de planejamento e execução.

Vale ressaltar que os processos desenvolvidos nesta monografia foram apenas para demonstrar a aplicabilidade da plataforma BIM referente a modelagem e detalhamento em um projeto de estruturas sem ênfase aos cálculos estruturais. Portanto, para futuras monografias, sugiro a exploração afundo da possibilidade de importação do sistema analítico para softwares de cálculos, a fim de realizar o processo completo de modelagem, dimensionamento e detalhamento da estrutura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto NBR 15696:2009.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistema de classificação da informação da construção- classificação e terminologia NBR 15965- parte 1.** 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistema de classificação da informação da construção- características do objeto da construção NBR 15965- parte 2.** 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistema de classificação da informação da construção- processos da construção NBR 15965- parte 3.** 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistema de classificação da informação da construção- informação da construção NBR 15965- parte 7.** 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto- Procedimentos NBR 6118.** 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Estruturas de madeira NBR 7190.** 1997.

CAMPESTRINI, T. F. et al. **Entendendo BIM- uma visão do projeto de construção sob o foco da informação**, 1.ed., Curitiba: [s.n.], 2015.

Comitê Estratégico de Implementação do Building Information Modelling (CE-BIM). **Livreto Estratégia BIM BR.** Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/ce-bim>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

Diário Oficial da União- DOU. **Decreto nº 9.337**. Seção 1, p. 3. Brasília, 2018. Disponível em < <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/191102073/dou-secao-1-18-05-2018-pg-3?ref=goto>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

EASTMAN, Charles M. et al. **Manual de BIM- um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. 1.ed. [S.I]: Bookman, 2014.

FLORIO, Wilson. **Modelagem paramétrica no processo de projeto em arquitetura**. Anais do IX Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, SBQP 2009, São Carlos.

GIONGO, José S. **Concreto Armado: Projeto estrutural de edifícios**, 2007. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

NEIVA NETO, Romeu S. **O projeto da produção de formas para estrutura de concreto armado incorporando BIM**, 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

TARRAFA, Diogo G.P. **Aplicabilidade prática do conceito BIM em projeto de estruturas**, 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.

Utilização da plataforma de BIM na cadeia produtiva da construção civil. [s,d.]. Disponível em < <http://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/tudo-o-que-voce-precisa-saber/>> Acesso em: 19 fev. 2019.