UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JOSÉ ERMANO ELIAS PEDROSA JÚNIOR

UTILIZAÇÃO DO BIM 5D PARA ESTUDO DE VIABILIDADE DE UM EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL

MOSSORÓ
2018

JOSÉ ERMANO ELIAS PEDROSA JÚNIOR

UTILIZAÇÃO DO BIM 5D PARA ESTUDO DE VIABILIDADE DE UM EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.º Jesse Wille Gondim Pinto

MOSSORÓ

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei n° 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei n° 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

P372u Pedrosa Júnior, José Ermano Elias.
UTILIZAÇÃO DO BIM 5D PARA ESTUDO DE VIABILIDADE DE UM EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL / José Ermano Elias Pedrosa Júnior. - 2018.
60 f. : il.

Orientador: Jesse Wille Gondim Pinto.
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil, 2018.

1. BIM. 2. 5D. 3. Navisworks. 4. Revit. I. Pinto, Jesse Wille Gondim, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC´s) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

JOSÉ ERMANO ELIAS PEDROSA JÚNIOR

UTILIZAÇÃO DO BIM 5D PARA ESTUDO DE VIABILIDADE DE UM EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: 12 / 09 / 18.

Jesse Wille Gondim Pinto

Prof.º Jesse Wille Gondim Pinto – UFERSA.

Presidente

Francisco Rosendo Sobrinho

Prof.º Francisco Rosendo Sobrinho – UFERSA.

Membro Examinador

Arthuro Munay Dantas da Silveira

Prof.º Arthuro Munay Dantas da Silveira – UFERSA.

Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Francisca Lúcia de Araújo Costa e José Ermano Elias Pedrosa pela confiança que foi depositada em mim e pelo apoio necessário para estudar o curso que eu pretendia. Esse título é nosso.

Aos meus amigos do Time RN, que estiveram presentes durante todo o meu período de faculdade e que pretendo levar para toda a vida. Tenho certeza que esses 5 anos não teriam sido tão bons sem a companhia de vocês.

Aos amigos que fiz na ALPE Engenharia – Empresa Júnior de Engenharia Civil pelo apoio e pelo compartilhamento do conhecimento nesses últimos semestres. Espero que esse laço não se quebre e que continuemos amigos e companheiros de profissão.

A todos os professores que de alguma forma contribuíram para a minha formação, seja transmitindo conhecimento em sala de aula, dando suporte em monitorias ou em projetos de extensão. Principalmente aos que me inspiraram e incentivam a ser um profissional cada vez mais dedicado.

“A Grande Conquista é o resultado de
pequenas vitorias que passam despercebidas.”
Paulo Coelho

RESUMO

O *Building Information Modeling* (BIM) permite analisar informações de uma edificação para diversos fins em todo o seu ciclo de vida com a finalidade de aumentar a produtividade e simular processos. As análises que podem ser realizadas através dessa tecnologia são inúmeras e reduzem os custos com eventuais incompatibilidades que passariam despercebidas em plataforma CAD. Através de artigos, revistas, sites, livros, teses, dissertações e monografias, foi realizada uma pesquisa a fim de caracterizar o BIM e suas funcionalidades, além de obter informações necessárias para realizar o estudo de caso, onde empregou-se os *softwares* Revit e Navisworks, atualmente as ferramentas mais popularizadas para desenvolver atividades relativas a tecnologia BIM. A modelagem de todos os projetos foi realizada no Revit, elaborando o orçamento de forma simultânea através da atribuição de composições da base de dados SINAPI aos elementos do modelo e da extração automática de quantitativos que o software possibilita. O planejamento da obra foi realizado no *software* MS Project da Microsoft, e, em seguida, o modelo foi exportado para o Navisworks, onde foram verificadas as interferências entre os projetos complementares e a análise de custos. Com o modelo *linkado* ao cronograma dentro do Navisworks foi possível realizar análises de metodologias construtivas através da simulação da construção, estudando a melhor sequência de execução dos serviços e o melhor posicionamento dos equipamentos. O uso do *software* Navisworks se mostrou muito eficaz para a verificação automática de interferência em projetos de grande porte, possibilitando que os projetos de diferentes disciplinas possam ser elaborados por diferentes profissionais sem comprometer a coerência do modelo. A documentação do projeto pode ser obtida de diferentes maneiras em *softwares* BIM, possibilitando a obtenção de detalhes construtivos específicos que podem evitar erros durante a etapa de execução. A simulação da construção abre espaço para estudos mais dinâmicos de canteiro de obras, reduzindo os gastos com atrasos e retrabalhos durante a etapa de execução, além disso, o Navisworks possibilita a obtenção de visualizações gráficas do modelo em qualquer etapa da obra, facilitando o acompanhamento e o controle da execução dos serviços.

Palavras-chave: BIM, 5D, Revit, Navisworks

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Desenho CAD das instalações de ar condicionado de uma edificação.....20
Figura 2 - Imagem 3D renderizada de um projeto de instalações de ar condicionado.....20
Figura 3 - Modelo BIM 4D no Navisworks 21
Figura 4 - Representação gráfica do avanço de obra.....22
Figura 5 - Softwares baseados em tecnologia BIM da Autodesk.....23
Figura 6 - Softwares baseados em tecnologia BIM da Nemetschek 24
Figura 7 - Interoperabilidade através do formado IFC.....25
Figura 8 - Interoperabilidade através de plugin Revit/TQS 26
Figura 9 - Vista 3D da edificação em estudo 28
Figura 10 - Fachada frontal da edificação em estudo.....29
Figura 11 - Imagem renderizada do pavimento térreo 30
Figura 12 - Vista 3D do apartamento 30
Figura 13 - Propriedades de tipo de alvenaria 31
Figura 14 - Tabela de quantitativo de alvenaria 31
Figura 15 - Modulação da alvenaria estrutural.....32
Figura 16 - Modelagem dos pisos 33
Figura 17 - Modelagem dos revestimentos.....34
Figura 18 - Tabela de quantidades para revestimento 34
Figura 19 - Quantitativo de portas.....35
Figura 20 - Fórmula utilizada para calcular área de janela.....36
Figura 21 - Quantitativo de janelas.....36
Figura 22 - Modelagem da cobertura 37
Figura 23 - Quantitativo de telhados 37
Figura 24 - Quantitativo de telhas de fibrocimento.....38
Figura 25 - Lançamento das tubulações do projeto hidrossanitário 39
Figura 26 - Vista em planta para posicionamento dos furos 40
Figura 27 - Posicionamento das tubulações em relação ao forro 40
Figura 28 - Detalhe da fossa séptica.....41
Figura 29 - Detalhe das caixas de inspeção.....41
Figura 30 - Detalhe da implantação geral de esgoto 42
Figura 31 - Detalhe construtivo do conjunto de bombas.....42
Figura 32 - Detalhe construtivo do projeto elétrico.....43
Figura 33 - Orçamento dividido por etapas.....44

Figura 34 - Análise das composições através do *software* Arquimedes.....45
Figura 35 - Recursos criados no MS Project.....45
Figura 36 - Atividades no MS Project.....46
Figura 37 - Atribuição de recursos às atividades.....47
Figura 38 - Cálculo de duração das atividades.....48
Figura 39 - Sequenciamento de execução das atividades.....48
Figura 40 - Verificação de interferência ELE x HIDR.....50
Figura 41 - Interferência encontrada entre projeto elétrico e hidráulico.....50
Figura 42 - Verificação de interferência entre projeto hidráulico e sanitário.....51
Figura 43 - Verificação de interferência entre todos os projetos complementares.....51
Figura 44 - Modelo e cronograma linkados no Revit.....53
Figura 45 - *Selection tree* para seleção de elementos do modelo.....53
Figura 46 - Atribuição de "*sets*" de seleção no Navisworks.....54
Figura 47 - Vista renderizada da montagem dos andaimes.....55
Figura 48 - Simulação da construção em dia de concretagem.....55
Figura 49 - Andamento da obra no dia 30 após o início.....56
Figura 50 - Andamento da obra no dia 166 após o início.....56
Figura 51 - Representação de elementos em atraso.....57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer Aided Design
IFC	Industry Foundation Classes
NBR	Norma Brasileira
RN	Rio Grande do Norte
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semiárido
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
NBIMS	National Building Information Modeling Standards
PIB	Produto Interno Bruto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 15
2 OBJETIVOS 17
2.1 OBJETIVO GERAL 17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 17
3 REFERENCIAL TEÓRICO 18
3.1 PRINCIPIOS E FUNCIONALIDADES BIM 18
3.1.1 A evolução do BIM no Brasil 18
3.1.2 Dimensões do modelo BIM 19
3.1.3 Softwares BIM 22
3.1.4 Interoperabilidade 24
4 METODOLOGIA 27
5 ESTUDO DE CASO 28
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO 28
5.2 ELABORAÇÃO DOS PROJETOS 29
5.3 ELABORAÇÃO DO CRONOGRAMA 43
6 RESULTADO E DISCUSSÕES 49
6.1 VERIFICAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS 49
6.2 ELABORAÇÃO DA SIMULAÇÃO DA CONSTRUÇÃO 52
7 CONCLUSÃO 58
REFERÊNCIAS 59

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos principais gargalos no setor da construção civil brasileira é a falta de qualidade dos projetos, que tem impacto direto no tempo de execução e na qualidade da construção. A maioria dos problemas de obra provém de projetos inadequados que quase sempre contribuem para o surgimento de patologias construtivas, retrabalho, aumento dos custos e principalmente a necessidade de resolver problemas durante a execução da obra, o que pode resultar em soluções não analisadas em projeto e, consequentemente, em graves problemas na edificação. Dessa forma, a cadeia produtiva da construção necessita incorporar tecnologias e processos mais eficazes na sua atividade, objetivando ampliar a qualidade de seus projetos e otimizar sua produtividade (CATELANI, 2016)

A tecnologia predominante dos dias atuais é o uso de programas CAD (*Computer Aided Design*) que significa "Desenho assistido por computador". Essa tecnologia é baseada em plantas de projeto 2D, desde o projeto arquitetônico até o projeto executivo, passando pelos projetos da instalação hidráulica, instalação elétrica, estrutural, etc. Um dos principais problemas dessa tecnologia é que as diferentes vistas de um projeto são realizadas de forma independente, ou seja, qualquer alteração no modelo, será necessária a atualização individual em cada uma das vistas, o que resulta em ineficiência na elaboração dos projetos. Outro problema é que, na elaboração de projetos complementares por profissionais diferentes, não há ferramentas que facilitem a verificação de interferências, tornando árduo e minucioso o trabalho de compatibilizar os projetos. Além disso, é necessário muito empenho das equipes de orçamento e planejamento para quantificar e aplicar uma metodologia construtiva através da visualização de desenhos 2D. Com o objetivo de resolver os problemas citados, entre muitos outros, durante a construção, foram desenvolvidas novas tecnologias, entre elas o conceito BIM ("*Building Information Modeling*").

O *National Building Information Modeling Standards* – NBIMS define BIM como:

> Uma representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação. Um modelo BIM é um recurso para o compartilhamento de informações sobre uma instalação ou edificação, constituindo uma base de informações organizada e confiável que pode suportar tomada de decisão durante o seu ciclo de vida; definido como o período desde as fases mais iniciais de sua concepção até a sua demolição. Uma das premissas básicas do BIM é a colaboração entre os diferentes agentes envolvidos nas diferentes fases do ciclo de vida de uma instalação ou edificação, para inserir, extrair, atualizar ou modificar informações de um modelo BIM para auxiliar e refletir os papéis de cada um destes agentes envolvidos (Catelani 2016, p 23)

O BIM também contempla muitas das funções necessárias para modelar o ciclo de vida de uma construção, fornecendo a base para novas capacidades de projeto, construção e mudanças dos papéis e relacionamentos entre as pessoas de uma equipe de projeto. Quando bem adotado, o BIM facilita um projeto e processos de construção mais integrados, que resultam numa melhor qualidade das edificações e num menor custo, bem como na redução da duração do projeto (BAIA, 2015).

A aplicação do BIM está condicionada a utilização de softwares específicos para esse fim. É necessária a elaboração do modelo 3D (que representa a geometria) em que cada elemento do projeto (porta, viga, piso, etc.) possua os parâmetros necessários para descrevê-lo. Além disso, todos os elementos devem estar dispostos espacialmente com o mesmo sistema de coordenadas, para que o modelo possa ser exportado para outras plataformas para verificação de interferências. Outro fator importante é a padronização na organização dos parâmetros utilizados (custo, descrição, etc.) para facilitar o entendimento e a extração de quantitativos e custos.

Com o modelo BIM elaborado é possível vincular à um cronograma, podendo obter uma simulação virtual das etapas de construção, obtendo um modelo BIM 4D e a atribuição de custos a cada elemento construído ao longo do cronograma, obtendo o custo em função do tempo, que representa o modelo BIM 5D. Através de parâmetros de propriedades físicas, diferentes análises (térmica, acústica, estrutural) poderão ser realizadas, produzindo o modelo BIM 6D. Por fim, através de parâmetros diversos (vendedor, garantia, manual de utilização, links) poderão ser obtidas informações necessárias para utilização e manutenção dos elementos, obtendo o modelo BIM 7D (BAIA, 2015).

Considerando os pontos mencionados anteriormente, esse trabalho irá focar na utilização das ferramentas BIM no planejamento e custos da construção (BIM 5D). Para esse estudo foram utilizados os softwares Revit e Navisworks da Autodesk e o MS Project da Microsoft.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar o potencial de um modelo BIM 5D para otimizar a compatibilização, o planejamento e o orçamento de projetos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar o BIM e suas funcionalidades;
- Desenvolver projetos arquitetônico, estrutural e complementares em um software da plataforma BIM;
- Verificar interferências entre os projetos através de software da plataforma BIM;
- Elaborar o orçamento e cronograma da obra utilizando os softwares Arquimedes e MS Project;
- Elaborar a simulação da construção através de um modelo BIM 5D.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 PRINCIPIOS E FUNCIONALIDADES BIM

3.1.1 A evolução do BIM no Brasil

Durante os anos 80, o ramo da construção civil passou por grandes mudanças, substituindo os desenhos técnicos manuais por softwares CAD, que ofereciam maior agilidade e precisão na elaboração de projetos. Esses softwares ainda são utilizados em larga escala no Brasil, mas começam a perder espaço para softwares da tecnologia BIM (BAIA, 2015).

O *Building Information Modeling* (BIM) é um modelo digital que permite agregar informações de uma edificação para diversas finalidades em todo o seu ciclo de vida com o intuito de aumentar a produtividade, racionalizar e simular processos, planejar a execução, gerar o orçamento de obras e outros (BAIA, 2015).

Construtores arriscam cada vez mais no BIM ou Modelagem da Informação da Construção, uma poderosa metodologia de modelagem da edificação tridimensional que vai além da simples maquete eletrônica. A ideia por trás do BIM é ser uma plataforma em que se carreguem todas as informações para a gestão do projeto, da obra e de toda a vida útil do prédio ou instalação (MATTOS, 2014).

Segundo Baia (2015), houve um impulso de implementação do BIM na construção civil brasileira no ano de 2015, decorrente da forte demanda do mercado em relação a cumprimento de prazos, orçamentos detalhados e rigorosos acompanhamentos físico-financeiro da obra.

Em 2018, O Governo Federal criou a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM, a qual exigirá o uso desta tecnologia a partir de 2021 em construções nacionais. Esta decisão faz parte do planejamento governamental e tem o objetivo de promover um ambiente adequado para o investimento da tecnologia, incentivando também o seu uso no território nacional. (CAMPESTRINI, 2018)

Segundo o professor Sergio Scheer, especialista participante do Comitê Estratégico de Implementação do BIM, “Os projetos serão melhor desenvolvidos e as construções terão mais qualidade. O setor sofrerá com menos desperdício e retrabalho, o que vai fazer com que o uso do recurso público envolvido seja melhor aproveitado (CAMPESTRINI 2018).”

Segundo Campestrini (2017), há uma expectativa de um aumento de 10% na produtividade do setor e uma redução de custo de até 20%, é o que aponta um estudo realizado pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). Ainda segundo este mesmo estudo, somente 5% das empresas utilizam BIM em seus projetos. Caso metade da cadeia de construção (em faturamento) adote esta ferramenta até 2028, o PIB deste setor ganhará um aumento de 7 pontos percentuais.

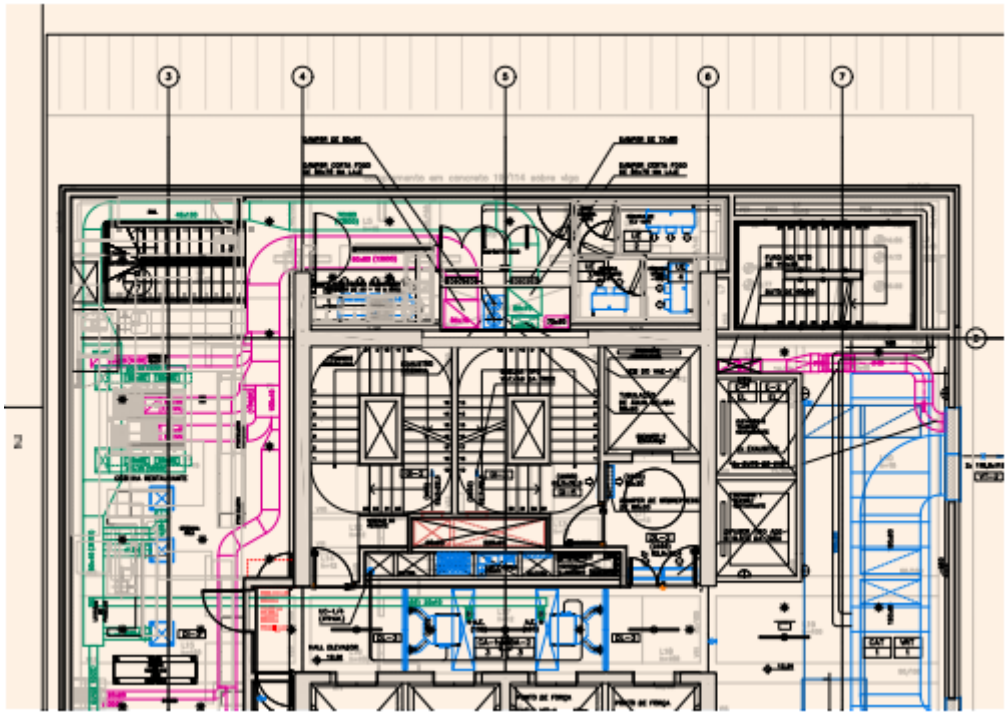
3.1.2 Dimensões do modelo BIM

Uma das características do modelo BIM é a sua disponibilidade e a conexão de informações que se tornam parte do projeto, conhecidos como dimensões do modelo BIM. Quanto mais dimensões tiver o modelo, maiores serão os tipos de informações possíveis de serem modeladas a partir deles, tornando as tomadas de decisão mais complexas e acertadas (CAMPESTRINI et al.,2015).

O BIM 3D é um modelo computacional contendo as informações espaciais e informações dos elementos do projeto (pilares, vigas, lajes, paredes, portas, janelas, tubulações etc.). Dele será possível extrair informações sobre a compatibilização espacial do projeto, as especificações de materiais e acabamentos, quantitativo de materiais, geração de pranchas 2D automáticas e passeios virtuais (CAMPESTRINI et al.,2015).

Essa é a dimensão do BIM que é atualmente a mais conhecida e que mais atrai os novos usuários. A visualização do projeto se torna bem mais intuitiva, agradando tanto o responsável por executar o projeto como o cliente que, como leigo, não teria facilidade em visualizar o projeto em pranchas 2D. As Figuras 1 e 2 representam a diferença na visualização de um projeto de instalações de ar condicionado.

Figura 1 - Desenho CAD das instalações de ar condicionado de uma edificação



Fonte: Catelani (2016)

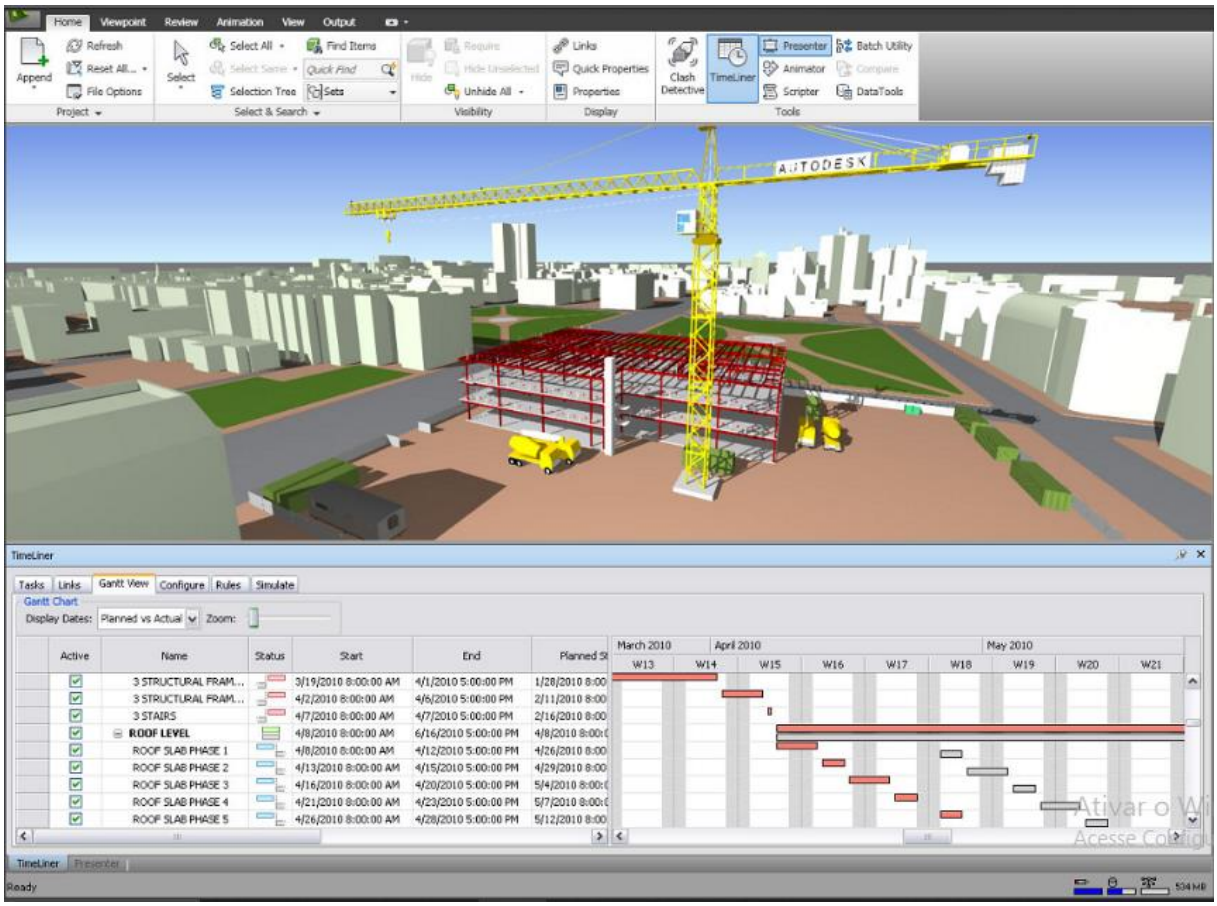
Figura 2 - Imagem 3D renderizada de um projeto de instalações de ar condicionado

Fonte: Catelani (2016)

O BIM 4D é a integração das informações do BIM 3D com o cronograma das obras. BIM 4D fornece uma capacidade interativa para visualizar, informar e ensaiar as sequências

de construção possibilitando maior eficiência no processo de construção. Nessa fase é possível simular a construção da edificação. Com isso, os erros podem ser descobertos antes da construção como, por exemplo, espaço insuficiente para a passagem de equipamentos necessário para a construção em alguma etapa da obra. Além disso, o modelo virtual pode ser associado às ferramentas clássicas de planejamento como o MS Project, que já é largamente utilizado na construção civil, tornando mais fácil a transição de um modelo 3D para um modelo 4D. As atividades do cronograma da obra podem ser vinculadas a cada elemento do modelo virtual, possibilitando a simulação da construção de acordo com o tempo estimado para a execução dos elementos. A Figura 3 ilustra a utilização de um modelo BIM 4D (BAIA, 2015).

Figura 3 - Modelo BIM 4D no Navisworks



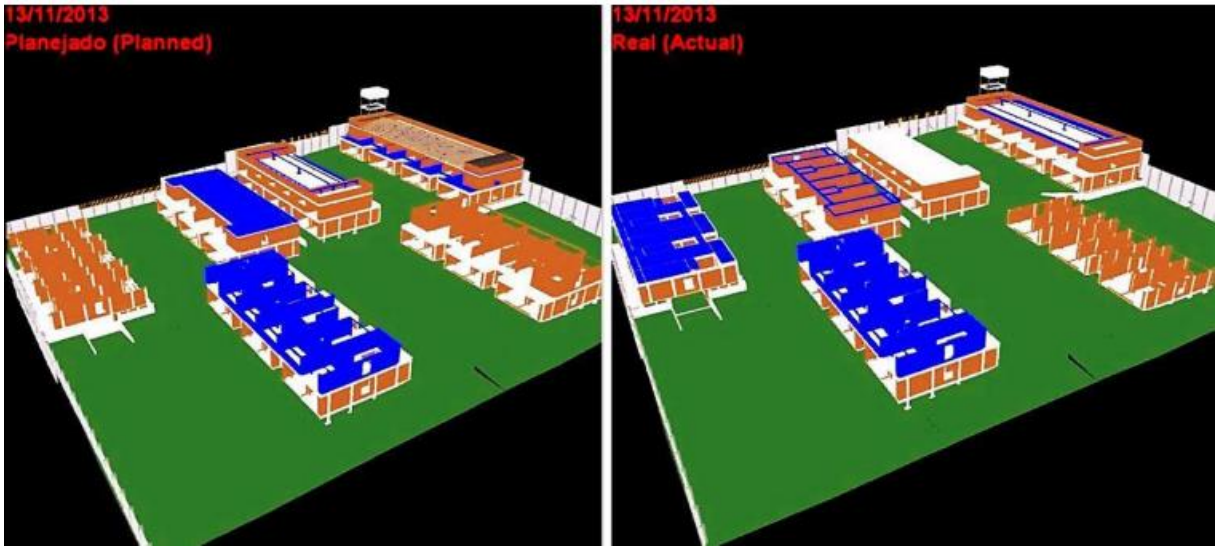
Fonte: Autodesk (2018)

Associando os dados de custo ao modelo BIM 4D tem-se o BIM 5D, que permite a emissão de relatórios dos custos subsequentes em qualquer ponto específico no tempo. A criação de modelos 5D permite que os vários participantes (de arquitetos, engenheiros,

designers, etc.) de um projeto de construção visualize o andamento das atividades de construção e os custos relacionados com o tempo.

Com o modelo BIM 5D vinculado à um cronograma de obras no MS Project, as alterações realizadas no cronograma, irão refletir diretamente no modelo virtual, que irá representar de maneira gráfica todas as informações cadastradas no cronograma. Um bom exemplo deste fato é a representação de cores para os elementos do modelo. Por exemplo, se de acordo com o cronograma um elemento está em atraso, ele pode ser representado com a cor vermelha, facilitando sua localização. Outro exemplo é a visualização no modelo virtual do que já deveria ter sido construído de acordo com o cronograma, facilitando a verificação do andamento geral da obra, como ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Representação gráfica do avanço de obra.



Fonte: Autodesk (2018)

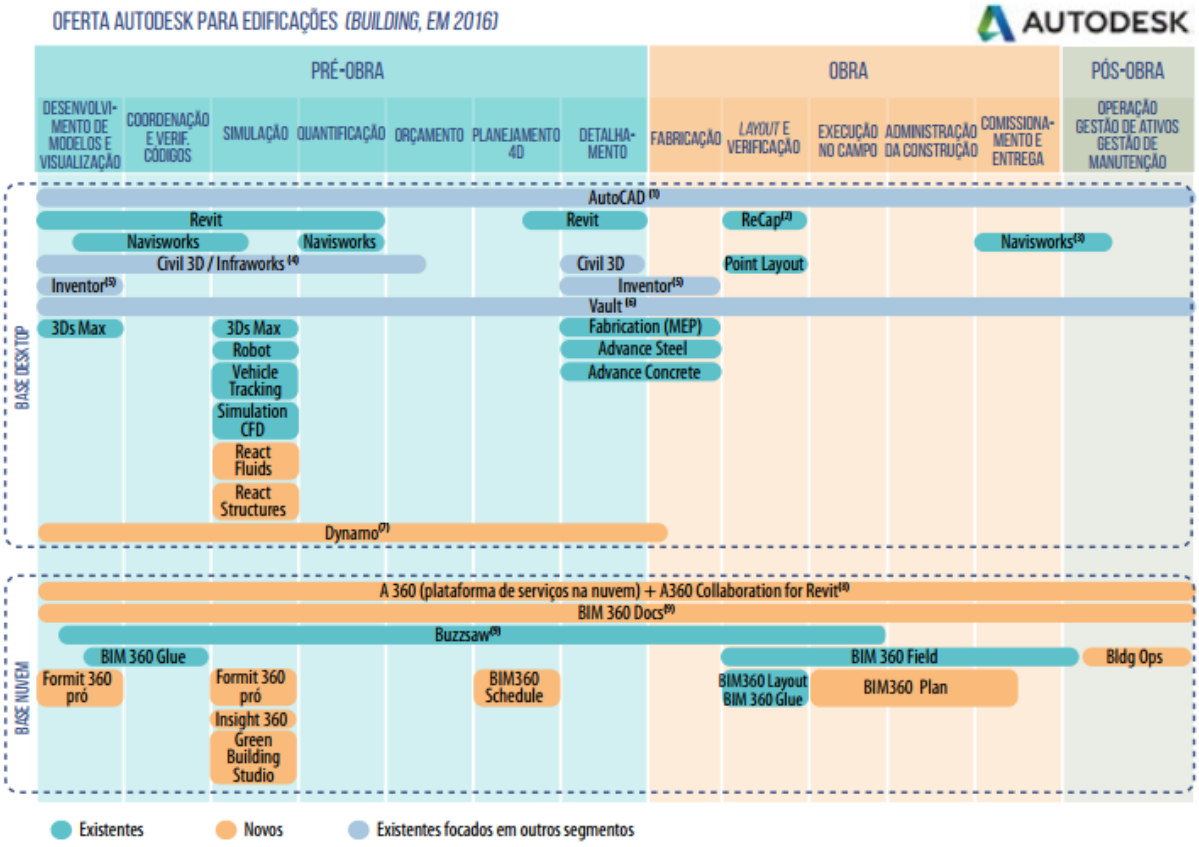
3.1.3 Softwares BIM

A medida que o BIM começa a ganhar mais importância e relevância no mercado, surgem também iniciativas que poderiam ser descritas como BIM *wash*, ou seja, iniciativas falsas e oportunistas que se descrevem como BIM, mas que não atendem as propostas da tecnologia. Um bom exemplo disso são softwares que utilizam múltiplas referências 2D para emular modelos tridimensionais, esses tipos de softwares não permitem a extração automática de quantidades, não realizam atualizações automáticas, nem tampouco possibilitam a realização de simulações e análises (CATELANI, 2016)

Existem também soluções que são capazes de desenvolver modelos tridimensionais de edificações e instalações, mas que não utilizam objetos paramétricos e inteligentes, tornando as alterações no projeto um trabalho manual e minucioso.

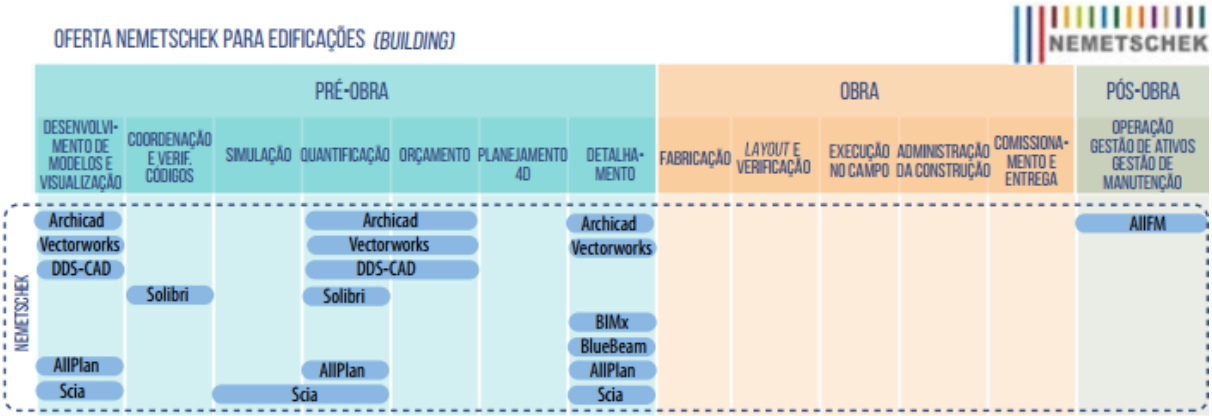
Com isso, é importante entender o conceito da tecnologia BIM para não ser enganado por esses softwares. As Figuras 5 e 6 listam os softwares oferecidos pelas principais empresas do ramo atualmente, sendo elas, Autodesk e Nemestschek (que adquiriu Graphisoft e Solibri), respectivamente. Importante observar que Autocad está na lista como ferramenta de suporte, não como solução BIM propriamente dita.

Figura 5 - Softwares baseados em tecnologia BIM da Autodesk



Fonte: Catelani (2016)

Figura 6 - Softwares baseados em tecnologia BIM da Nemetschek



Fonte: Catelani (2016)

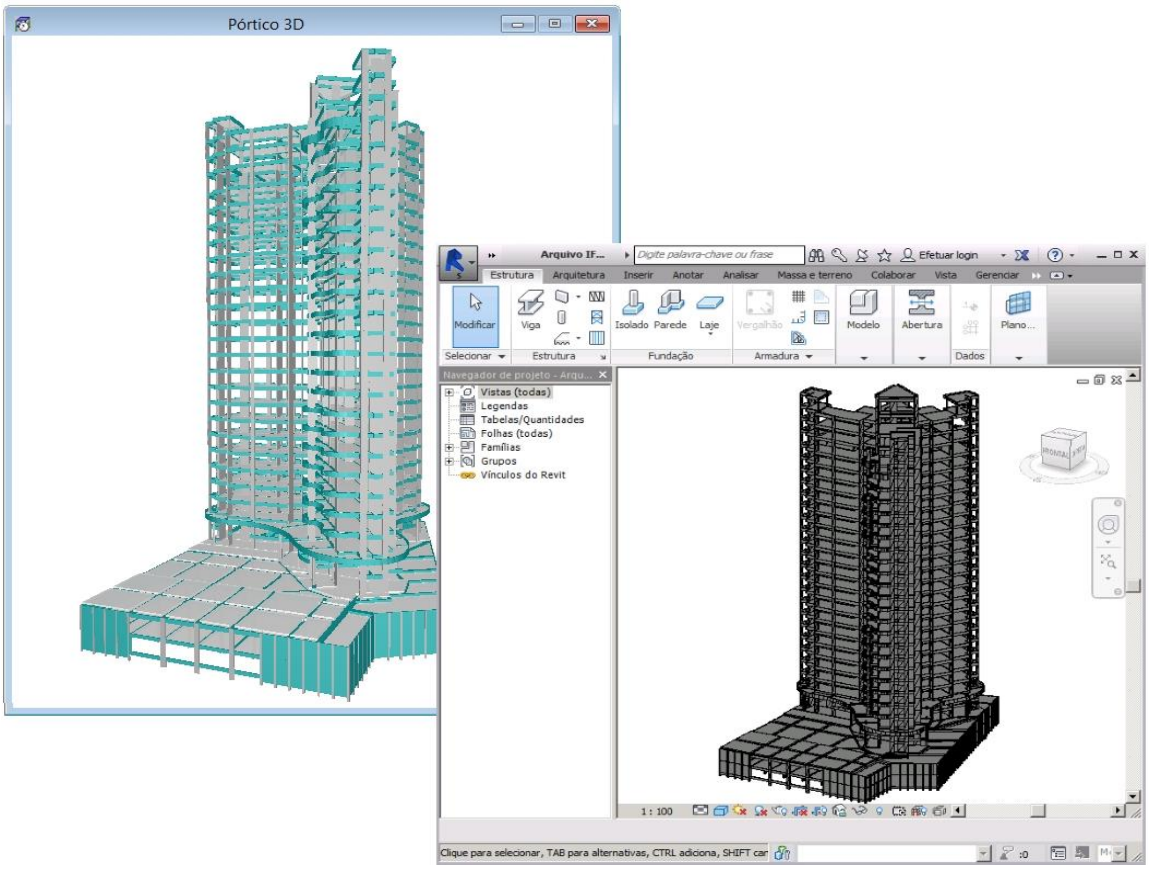
3.1.4 Interoperabilidade

Para entender o conceito de interoperabilidade é possível citar uma analogia relacionada à comunicação de pessoas de diferentes países com diferentes línguas nativas. Duas pessoas não conseguem se comunicar verbalmente se não tiverem uma linguagem em comum. Duas pessoas de diferentes nacionalidades provavelmente não conseguirão se comunicar em suas línguas nativas, mas talvez, possam se comunicar utilizando uma terceira língua que seja conhecida por ambos, provavelmente a língua inglesa.

Essa analogia com as nacionalidades e correspondentes línguas nativas e mesmo a possibilidade da utilização de uma linguagem neutra e comum que possa resolver a questão da comunicação entre ambos é bastante parecida com o que ocorre quando analisamos a questão da intercomunicação entre dois softwares diferentes, que foram desenvolvidos por empresas diferentes, possuem formatos nativos distintos e não necessariamente compatíveis entre si, embora lidem com questões semelhantes e executem um grande número de funções correspondentes. (CATELANI, 2016).

Ainda segundo Catelani (2016), Interoperabilidade é a capacidade de um sistema ou um produto (softwares e aplicativos) possui de trabalhar com outros sistemas ou produtos sem a necessidade de nenhum esforço adicional por parte dos usuários. É necessário que o modelo elaborado em um software possa ser exportado para outros softwares sem perder informações, para isso, é necessário que o software tenha a capacidade de importar e exportar o modelo em formatos públicos, como o IFC (*Industry Foundation Classes*), como ilustrado na Figura 7.

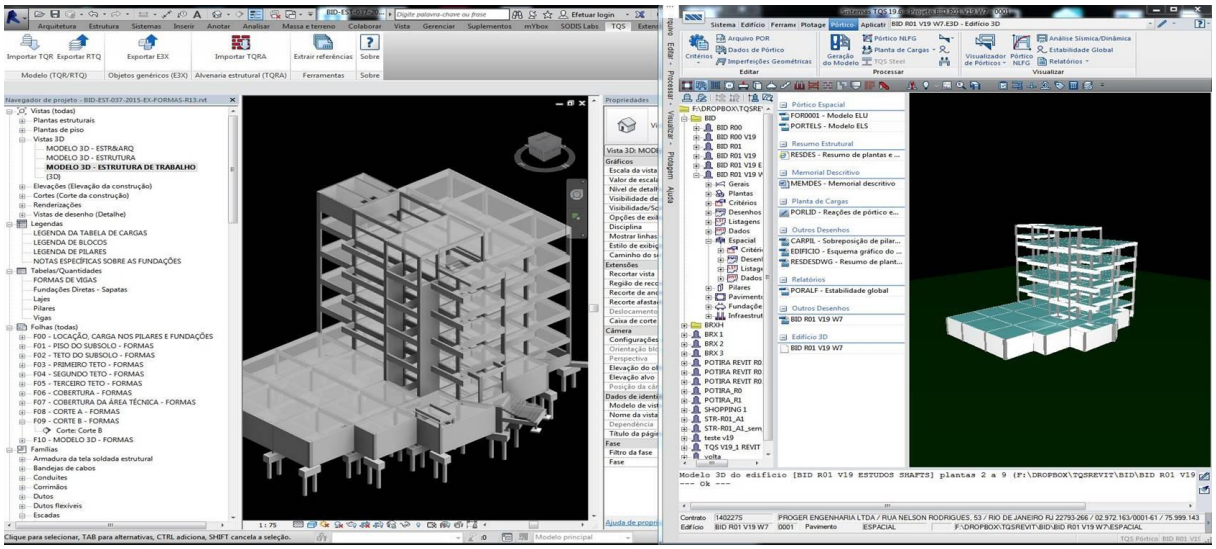
Figura 7 - Interoperabilidade através do formado IFC



Fonte: AltoQI (2018)

Outra possibilidade é através de *plugins*, que são ferramentas de comunicação direta entre dois softwares diferentes, que se comunicam de forma mais rápida e direta, atualizando de forma automática as modificações efetuadas em cada software. A Figura 8 ilustra a integração entre o software Revit e TQS para projetos estruturais.

Figura 8 - Interoperabilidade através de plugin Revit/TQS



Fonte: TQS (2018)

4 METODOLOGIA

Inicialmente realizou-se uma revisão bibliográfica sobre a caracterização do BIM. A pesquisa envolveu artigos, sites, livros, dissertações e monografias sobre o tema, buscando as referências mais recentes sobre as ferramentas e as contribuições da mesma para a construção civil.

Em seguida foi realizada a modelagem virtual dos projetos de uma edificação de um bloco residencial de 4 pavimentos através do software Revit 2018 da Autodesk. A modelagem virtual consiste em transferir o projeto de pranchas 2D para uma plataforma BIM, tornando possível os estudos colaborativos entre os projetos. Durante a modelagem foram encontradas algumas inconsistências no projeto, por exemplo, distância insuficiente entre tubulações para as conexões necessárias. As incompatibilidades encontradas dentro de um mesmo projeto foram resolvidas durante a modelagem, deixando a verificação de interferências entre diferentes projetos a cargo do software Navisworks 2018 da Autodesk.

Antes da modelagem virtual, foram criados parâmetros dentro do Revit para que fosse possível relacionar os diversos elementos com suas respectivas composições orçamentárias. Por exemplo, antes de modelar os pisos, é possível atribuir uma composição especifica de uma base de dados (SINAPI no projeto em questão), sua unidade de medida e seu custo unitário, tornando mais precisas as quantidades extraídas do modelo.

Com as composições já atribuídas e as quantidades extraídas por pavimento, o orçamento foi exportado para o software Arquimedes para um estudo mais aprofundado das composições utilizadas.

Para a elaboração do planejamento foram utilizados os índices de produtividade de mão de obra disponíveis nas composições do SINAPI. Com o índice de produtividade e a quantidade necessária, foram calculados os prazos necessários para a execução dos serviços. O sequenciamento da execução das atividades foi elaborado no software MS Project da Microsoft.

Com o modelo BIM 5D e o planejamento elaborado com o MS Project, foi possível elaborar a simulação da construção através do software Navisworks 2018 da Autodesk, verificando se a metodologia construtiva adotada é adequada.

5 ESTUDO DE CASO

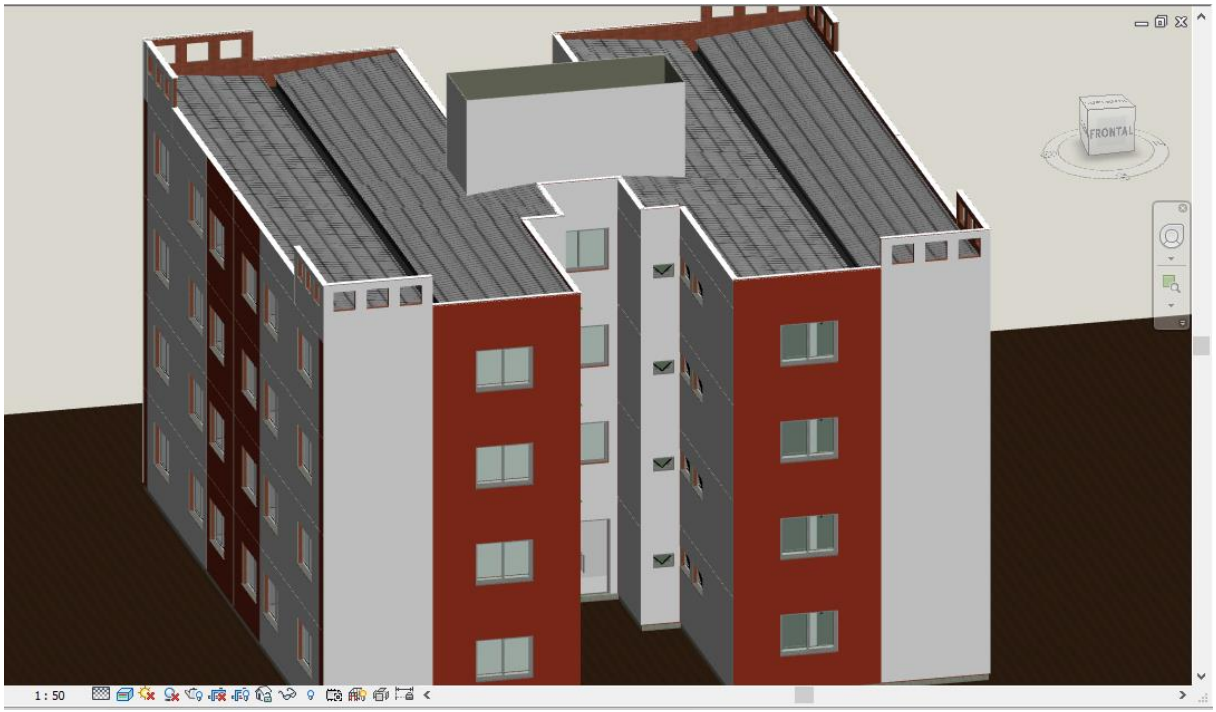
O estudo de caso teve como alvo realizar o desenvolvimento de todos os projetos (arquitetônico, estrutural, elétrico e hidrossanitário) e a compatibilização destes utilizando uma ferramenta BIM como procedimento, simulando o processo de construção de um modelo virtual de arquitetura, estrutura e instalações. Para isso utilizou-se um projeto disponibilizado na ferramenta Autodesk AutoCAD e realizou-se a elaboração destes no Autodesk Revit.

Todos os projetos utilizados neste trabalho foram cedidos e apenas reproduzidos no *software* em estudo (Autodesk Revit 2018), os nomes de seus autores (arquitetos e engenheiros responsáveis) foram preservados.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

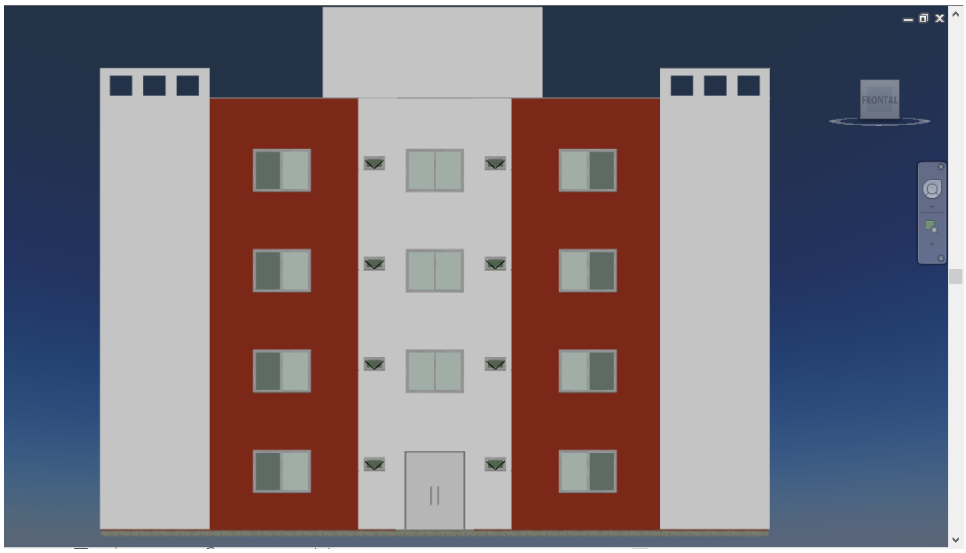
A edificação em estudo consiste em um bloco residencial de 4 pavimentos, com 4 apartamentos por pavimento. Cada apartamento é constituído por 2 quartos, sendo uma suíte, uma cozinha, uma sala de estar e um banheiro social. A área construída total da edificação é de 1200 m² e está localizada em Mossoró-RN. As Figuras 9 e 10 ilustram uma vista 3D e a fachada da edificação, respectivamente.

Figura 9 - Vista 3D da edificação em estudo



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 10 - Fachada frontal da edificação em estudo

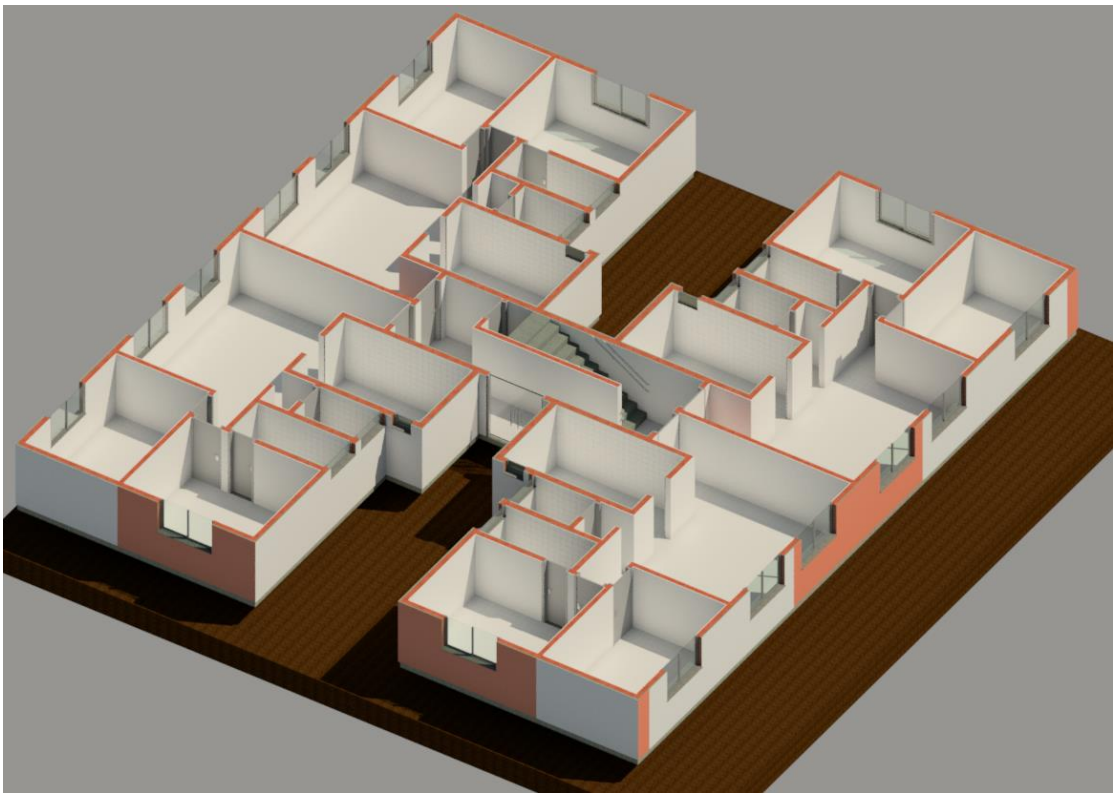


Fonte: Autoria própria (2018)

5.2 ELABORAÇÃO DOS PROJETOS

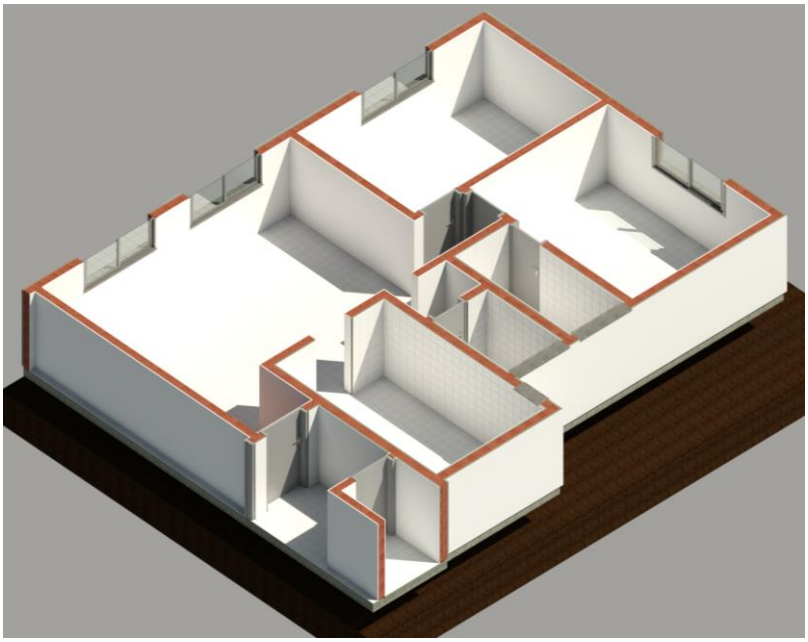
Os projetos disponibilizados estavam em pranchas 2D no Autocad. Através de vistas de plantas, cortes e fachadas, foi possível elaborar o modelo arquitetônico através do *software* Revit 2018 da Autodesk. Foi necessário também consultar algumas informações técnicas no memorial descritivo da edificação, como revestimentos e pisos adotados. Importante ressaltar que mesmo com o acesso ao projeto arquitetônico e ao memorial descritivo, algumas informações necessárias para a construção não estavam disponíveis nos arquivos, por exemplo, material utilizado para soleiras e peitoris. As Figuras 11 e 12 ilustram vistas 3D do pavimento térreo e do apartamento, respectivamente.

Figura 11 - Imagem renderizada do pavimento térreo



Fonte: Autoria própria (2018)

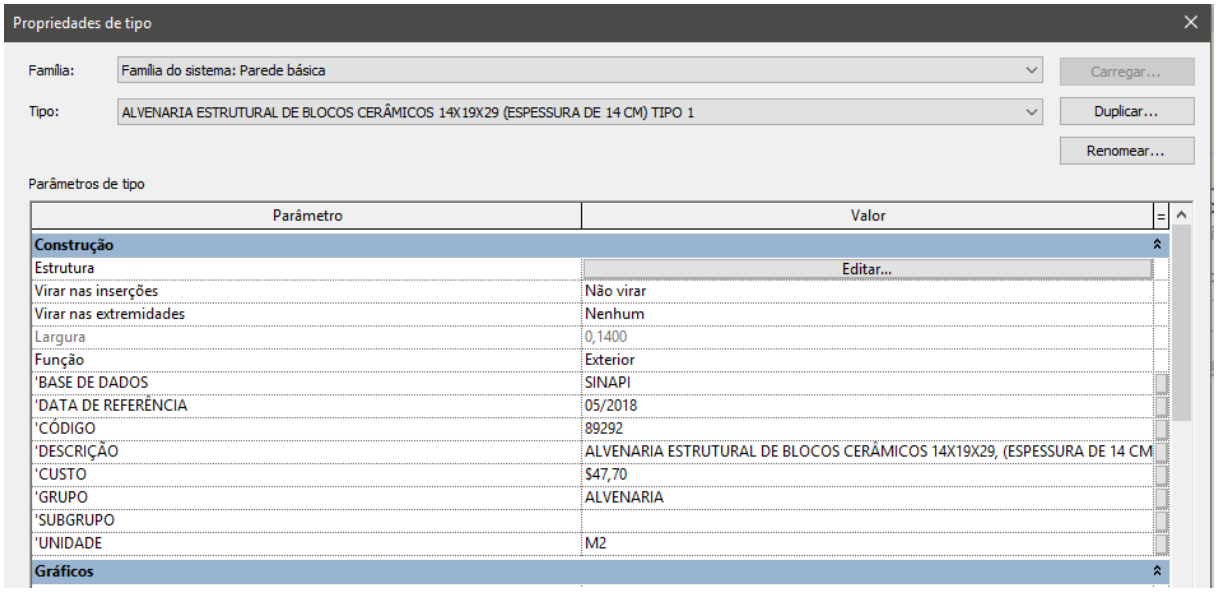
Figura 12 - Vista 3D do apartamento



Fonte: Autoria própria (2018)

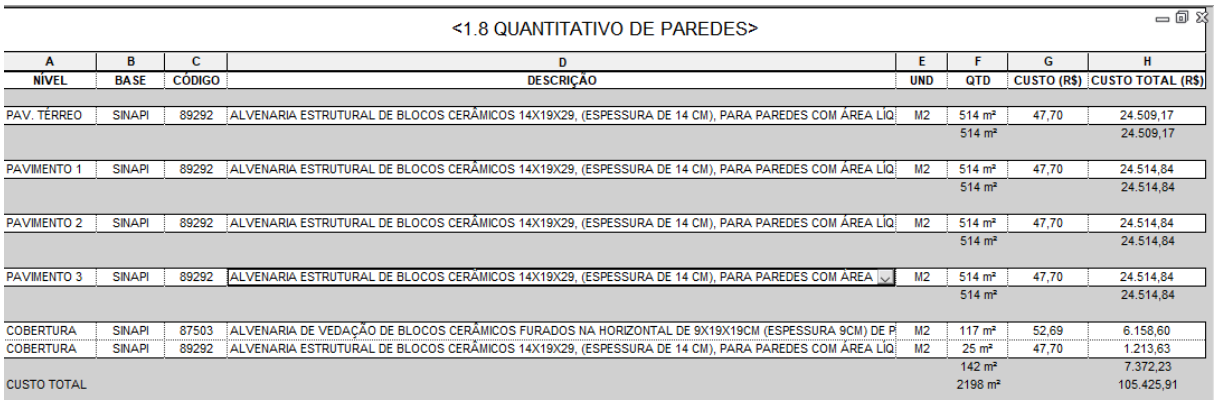
As composições para o orçamento foram definidas à medida que a modelagem do projeto arquitetônico era realizada. Essa metodologia faz com que logo durante a modelagem sejam definidas as unidades de medida que serão utilizadas para a quantificação. Por exemplo, antes de modelar a alvenaria foi escolhida a composição que seria utilizada, como ilustrado na Figura 13. Para essa composição, é necessário extrair o quantitativo de área de alvenaria, logo, foi elaborada uma tabela para tal finalidade, como ilustra a Figura 14.

Figura 13 - Propriedades de tipo de alvenaria



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 14 - Tabela de quantitativo de alvenaria



<1.8 QUANTITATIVO DE PAREDES>

A	B	C	D	E	F	G	H
NÍVEL	BASE	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UND	QTD	CUSTO (R$)	CUSTO TOTAL (R$)
PAV. TÉRREO	SINAPI	89292	ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS 14X19X29, (ESPESSURA DE 14 CM), PARA PAREDES COM ÁREA LÍQ	M2	514 m²	47,70	24.509,17
					514 m²		24.509,17
PAVIMENTO 1	SINAPI	89292	ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS 14X19X29, (ESPESSURA DE 14 CM), PARA PAREDES COM ÁREA LÍQ	M2	514 m²	47,70	24.514,84
					514 m²		24.514,84
PAVIMENTO 2	SINAPI	89292	ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS 14X19X29, (ESPESSURA DE 14 CM), PARA PAREDES COM ÁREA LÍQ	M2	514 m²	47,70	24.514,84
					514 m²		24.514,84
PAVIMENTO 3	SINAPI	89292	ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS 14X19X29, (ESPESSURA DE 14 CM), PARA PAREDES COM ÁREA	M2	514 m²	47,70	24.514,84
					514 m²		24.514,84
COBERTURA	SINAPI	87503	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE P	M2	117 m²	52,69	6.158,60
COBERTURA	SINAPI	89292	ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS 14X19X29, (ESPESSURA DE 14 CM), PARA PAREDES COM ÁREA LÍQ	M2	25 m²	47,70	1.213,63
					142 m²		7.372,23
CUSTO TOTAL					2198 m²		105.425,91

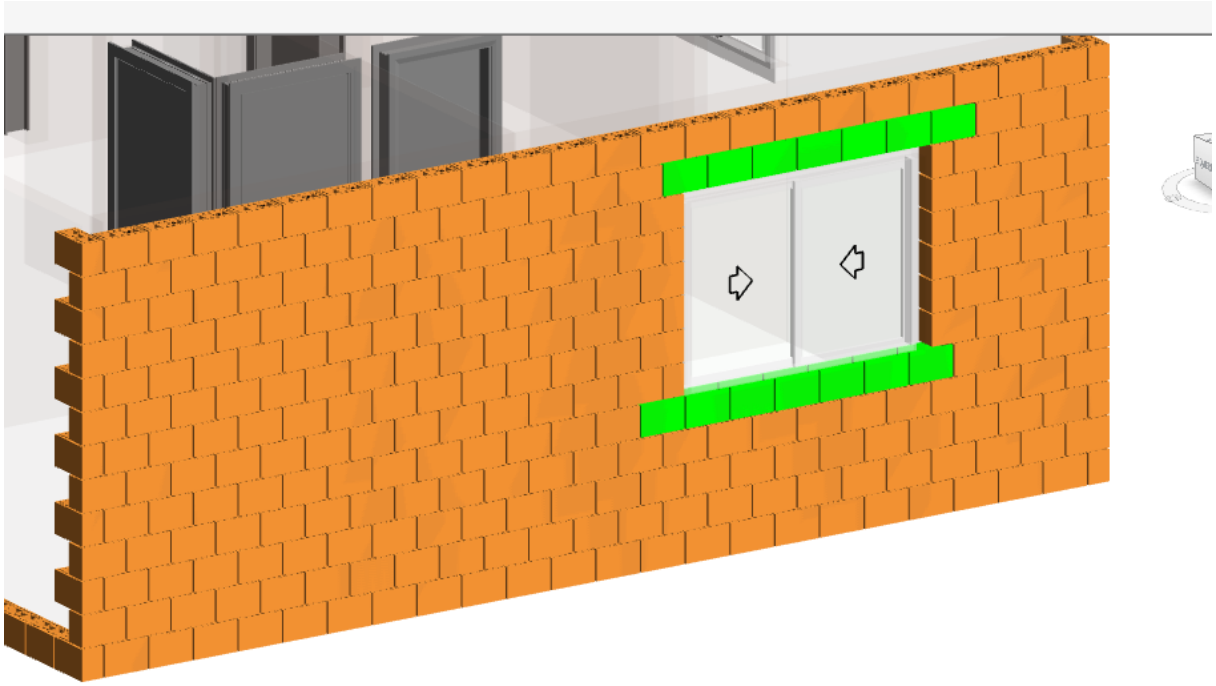
Fonte: Autoria própria (2018)

Outra característica importante dessa metodologia é que é necessário conhecer o que a composição inclui ou não no seu custo. Por exemplo, para a alvenaria estrutural foi escolhida a composição com o código 89292 do SINAPI. Através do caderno técnico de

composições analíticas do SINAPI é definido que as canaletas estruturais para vergas, contravergas e cintas já estão incluídas na composição, logo, a alvenaria deve ser modelada incluindo esses elementos e não os modelando separadamente. Esse conhecimento do que as composições incluem no seu custo é essencial para evitar uma modelagem equivocada, que considere os elementos repetidamente.

É importante ressaltar que a edificação é em alvenaria estrutural, logo, durante a modelagem da arquitetura, foram realizadas verificações inerentes ao projeto estrutural, como, por exemplo, estudo de primeira e segunda fiadas dos blocos estruturais e modulação das alvenarias, como ilustra a Figura 15. O estudo em vistas 3D da modulação dos blocos permite uma visualização bem melhor e facilita a identificação de possíveis incompatibilidades logo durante o projeto.

Figura 15 - Modulação da alvenaria estrutural

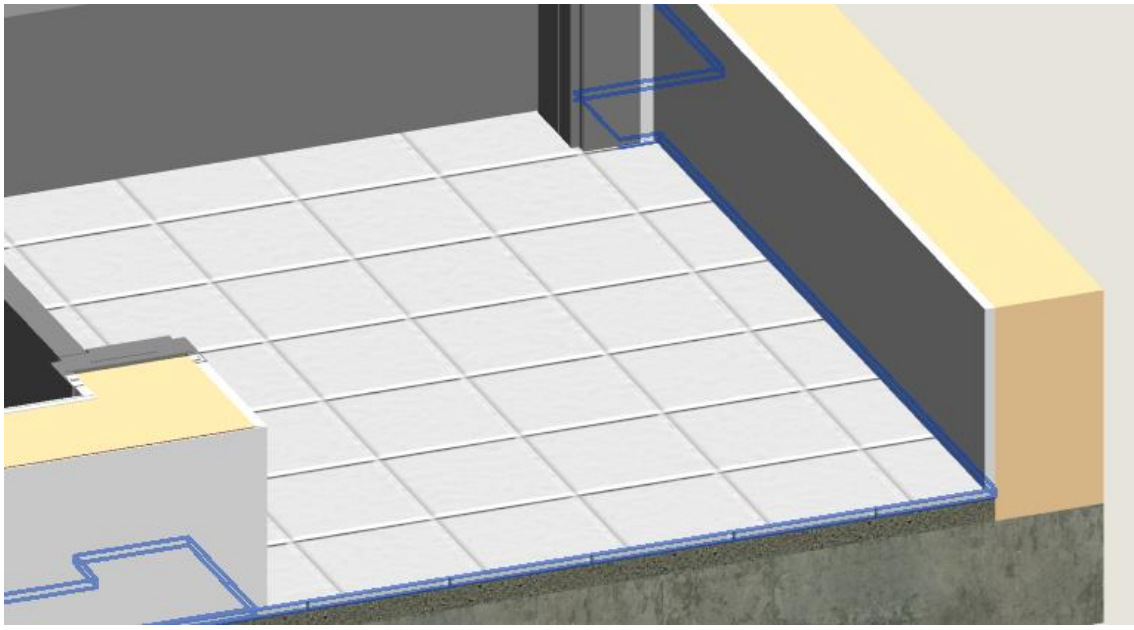


Fonte: Autoria própria (2018)

Em seguida foram modelados os pisos utilizando as informações técnicas do memorial descritivo. A edificação é composta por contrapiso sobre laje, seguido de revestimento cerâmico em toda sua área. Essa sequência de modelagem foi adotada, pois, é assim que é executado na prática. Uma boa sequência de modelagem facilita o entendimento do que deve ser quantificado no modelo. Por exemplo, a alvenaria é apoiada sobre a laje,

logo, para a quantificação da área de pisos, o espaço ocupado pelas paredes não deve ser considerado, como ilustra a Figura 16.

Figura 16 - Modelagem dos pisos

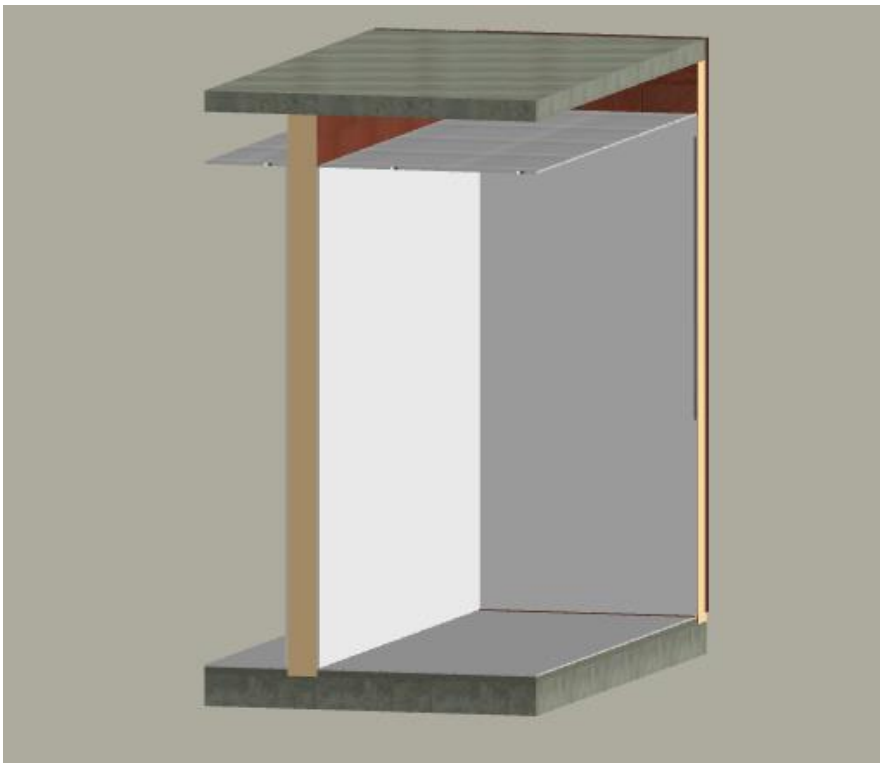


Fonte: Autoria própria (2018)

Para quantificar os revestimentos também foi necessário consultar o memorial descritivo. Nos ambientes molhados, como cozinha e banheiro, as alvenarias são revestidas por emboço seguido de cerâmica. Já nos ambientes secos, como sala e quartos, foi utilizado revestimento em gesso seguido de pintura látex.

É importante ressaltar que em empreendimentos residenciais, principalmente habitações populares, como é o caso da edificação em estudo, há certas metodologias construtivas que são adotadas visando reduzir os custos. Por exemplo, o acabamento final das alvenarias só é executado até a altura do forro, que é a região visível, economizando em revestimento. Para quantificar o revestimento de maneira adequada, é necessário ter conhecimento dessas metodologias construtivas, pois, essa informação não consta no memorial descritivo. Com isso, o revestimento foi modelado da maneira adequada, resultando em quantitativo mais fiel a realidade, como ilustrado nas Figuras 17 e 18, respectivamente.

Figura 17 - Modelagem dos revestimentos



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 18 - Tabela de quantidades para revestimento

<1.3 QUANTITATIVO DE REVESTIMENTOS>							
A	B	C	D	E	F	G	H
NÍVEL	BASE	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UND	QTD	CUSTO (R$)	CUSTO TOTAL (R$
PAV. TÉRREO	SINAPI	88495	APLICAÇÃO E LIXAMENTO DE MASSA LÁTEX EM PAREDES, UMA DEMÃO. AF_06/	M2	443,81	8,14	3.612,61
PAV. TÉRREO	SINAPI	87423	APLICAÇÃO MANUAL DE GESSO SARRAFEADO (COM TALISCAS) EM PAREDES D	M2	401,84	25,16	10.110,40
PAV. TÉRREO	SINAPI	88420	APLICAÇÃO MANUAL DE PINTURA COM TINTA TEXTURIZADA ACRÍLICA EM SUPER	M2	255,93	16,53	4.230,44
PAV. TÉRREO	SINAPI	87879	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO INTERNAS,	M2	239,74	3,20	767,16
PAV. TÉRREO	SINAPI	87815	EMBOÇO OU MASSA ÚNICA EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MANUAL,	M2	255,51	80,64	20.604,71
PAV. TÉRREO	SINAPI	87827	EMBOÇO OU MASSA ÚNICA EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MANUAL,	M2	246,60	58,98	14.544,43
PAV. TÉRREO	SINAPI	87275	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PAREDES INTERNAS COM PLACAS TIPO ESMAL	M2	207,35	48,77	10.112,54
					2.050,78		63.982,28

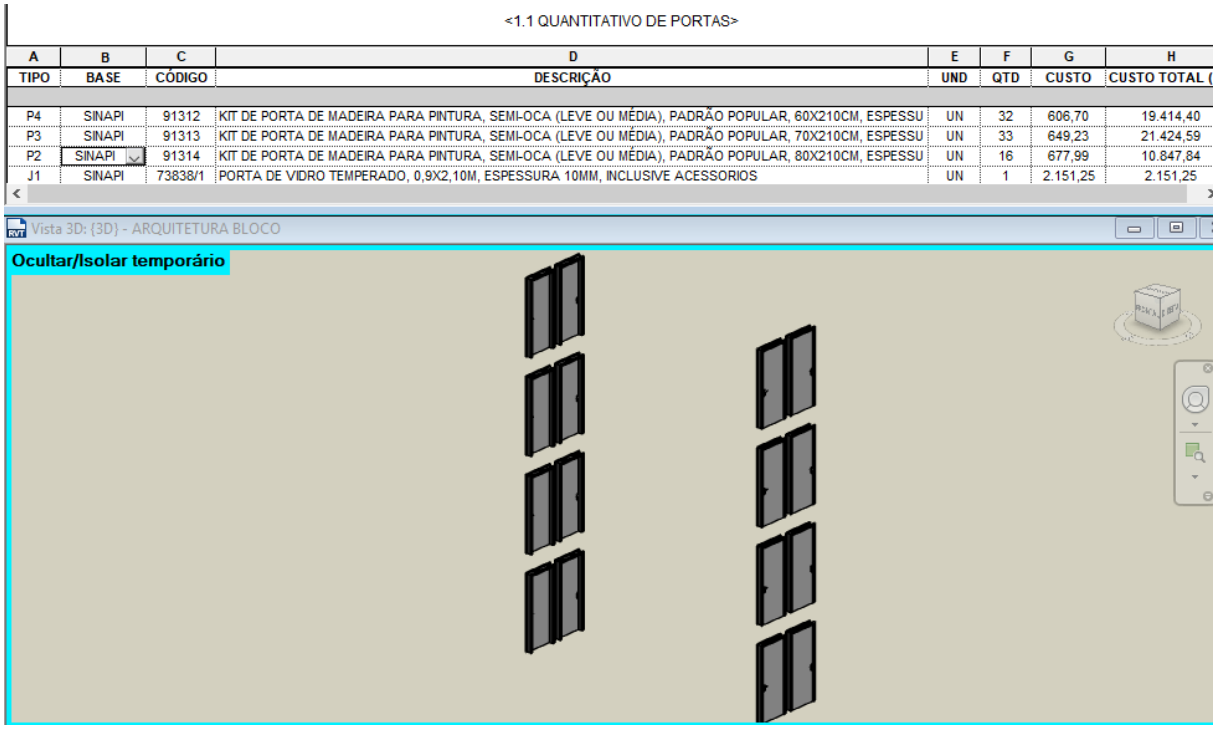
Fonte: Autoria própria (2018)

As esquadrias também são quantificadas facilmente pelo software. É importante ressaltar que janelas e portas são inseridas no modelo como famílias que podem ser importadas para o modelo. Logo, é necessário encontrar a família de porta que se adeque à arquitetura idealizada.

Atualmente, há empresas no mercado que possuem setor especifico voltado para a modelagem de famílias BIM dos seus produtos, logo, famílias de portas e janelas são facilmente encontradas na internet.

Através da composição do SINAPI para portas, foi observado que as mesmas são orçadas por quantidade com dimensões especificadas. Com isso, foi gerada tabela quantificando as portas na unidade adequada, como ilustra a Figura 19.

Figura 19 - Quantitativo de portas



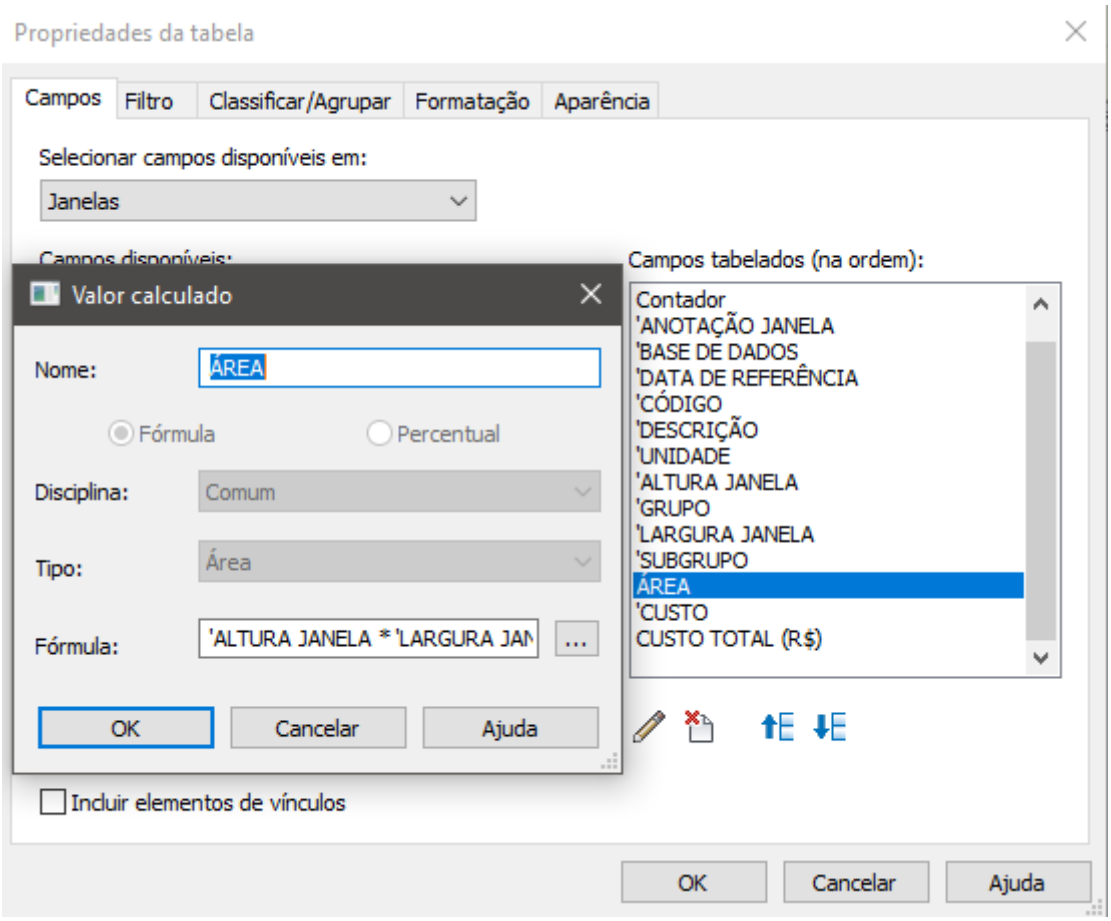
<1.1 QUANTITATIVO DE PORTAS>

A	B	C	D	E	F	G	H
TIPO	BASE	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UND	QTD	CUSTO	CUSTO TOTAL (
P4	SINAPI	91312	KIT DE PORTA DE MADEIRA PARA PINTURA, SEMI-OCA (LEVE OU MÉDIA), PADRÃO POPULAR, 60X210CM, ESPESSU	UN	32	606,70	19.414,40
P3	SINAPI	91313	KIT DE PORTA DE MADEIRA PARA PINTURA, SEMI-OCA (LEVE OU MÉDIA), PADRÃO POPULAR, 70X210CM, ESPESSU	UN	33	649,23	21.424,59
P2	SINAPI	91314	KIT DE PORTA DE MADEIRA PARA PINTURA, SEMI-OCA (LEVE OU MÉDIA), PADRÃO POPULAR, 80X210CM, ESPESSU	UN	16	677,99	10.847,84
J1	SINAPI	73838/1	PORTA DE VIDRO TEMPERADO, 0,9X2,10M, ESPESSURA 10MM, INCLUSIVE ACESSORIOS	UN	1	2.151,25	2.151,25

Fonte: Autoria própria (2018)

Em seguida foram orçadas as janelas, onde houve uma variação na unidade de medida utilizada pelas composições do SINAPI. Para o SINAPI, as janelas são quantificadas em função da sua área, atributo esse que não é extraído de forma nativa pelo software. Para resolver esse problema, foi necessário criar parâmetros específicos para as famílias de janelas, sendo eles largura e altura da janela. Com esses valores atribuídos, a área é obtida através de fórmula inserida na tabela de quantidades, como ilustra a Figura 20, extraindo o quantitativo na unidade desejada, como ilustra a Figura 21. Essa é uma das vantagens da tecnologia BIM, a possibilidade de criar parâmetros específicos e utiliza-los de acordo com a necessidade.

Figura 20 - Fórmula utilizada para calcular área de janela



Fonte: Autoria própria (2018)

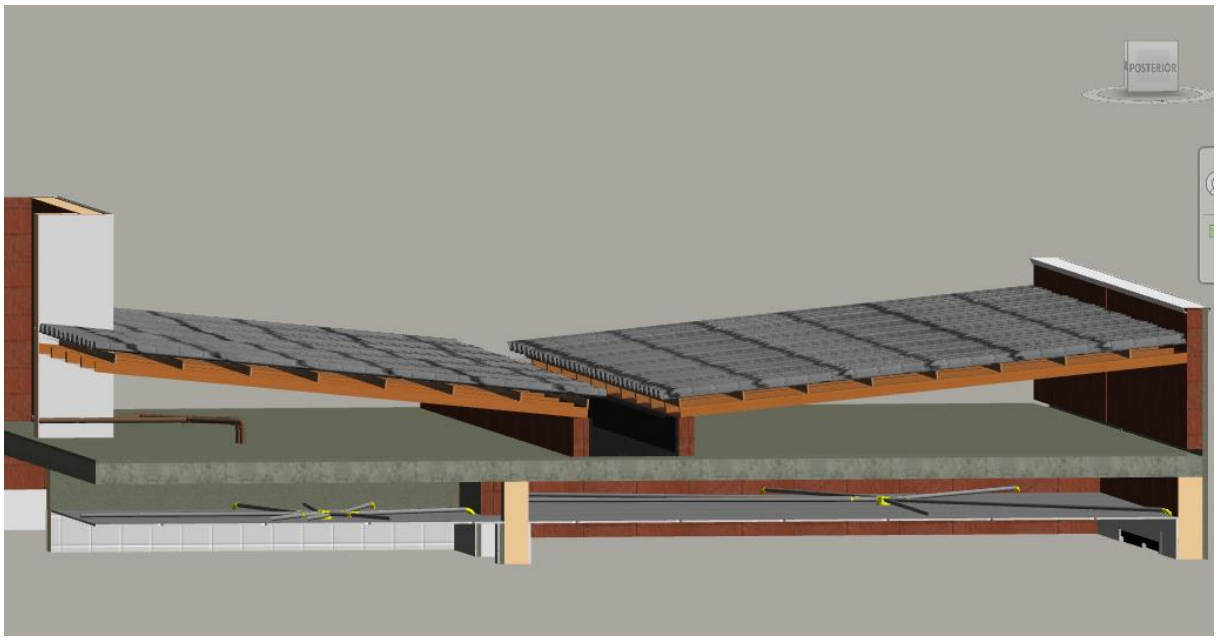
Figura 21 - Quantitativo de janelas

<1.2 QUANTITATIVO DE JANELAS>						
A	B	C	D	E	F	G
BASE	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UND	QTD	CUSTO (R$)	CUSTO TOTAL (R$)
SINAPI	94582	JANELA DE ALUMÍNIO DE CORRER, 2 FOLHAS, FIXAÇÃO COM ARG	M2	26,40	141,89	3.745,90
SINAPI	94581	JANELA DE ALUMÍNIO MAXIM-AR, FIXAÇÃO COM ARGAMASSA, C	M2	6,30	265,95	1.675,49
				32,70		5.421,38
SINAPI	94582	JANELA DE ALUMÍNIO DE CORRER, 2 FOLHAS, FIXAÇÃO COM ARG	M2	28,05	141,89	3.980,01
SINAPI	94581	JANELA DE ALUMÍNIO MAXIM-AR, FIXAÇÃO COM ARGAMASSA, C	M2	6,30	265,95	1.675,49
				34,35		5.655,50
SINAPI	94582	JANELA DE ALUMÍNIO DE CORRER, 2 FOLHAS, FIXAÇÃO COM ARG	M2	28,05	141,89	3.980,01
SINAPI	94581	JANELA DE ALUMÍNIO MAXIM-AR, FIXAÇÃO COM ARGAMASSA, C	M2	6,30	265,95	1.675,49
				34,35		5.655,50
SINAPI	94582	JANELA DE ALUMÍNIO DE CORRER, 2 FOLHAS, FIXAÇÃO COM ARG	M2	28,05	141,89	3.980,01
SINAPI	94581	JANELA DE ALUMÍNIO MAXIM-AR, FIXAÇÃO COM ARGAMASSA, C	M2	6,30	265,95	1.675,49
				34,35		5.655,50
CUSTO TOTAL				135,75		22.387,88

Fonte: Autoria própria (2018)

Em seguida, foi realizada a modelagem da cobertura, que é constituída por telhado embutido em platibanda, formado por estrutura de madeira e telhas de fibrocimento, como ilustra a figura 22. Nesse tópico, é importante ressaltar que o quantitativo pode ser obtido da maneira que for necessário. Por exemplo, para as composições do SINAPI é necessário extrair o madeiramento e o telhamento em área, como ilustra a figura 23, mas, é possível também extrair em unidade de peças utilizadas, como ilustra a Figura 24.

Figura 22 - Modelagem da cobertura



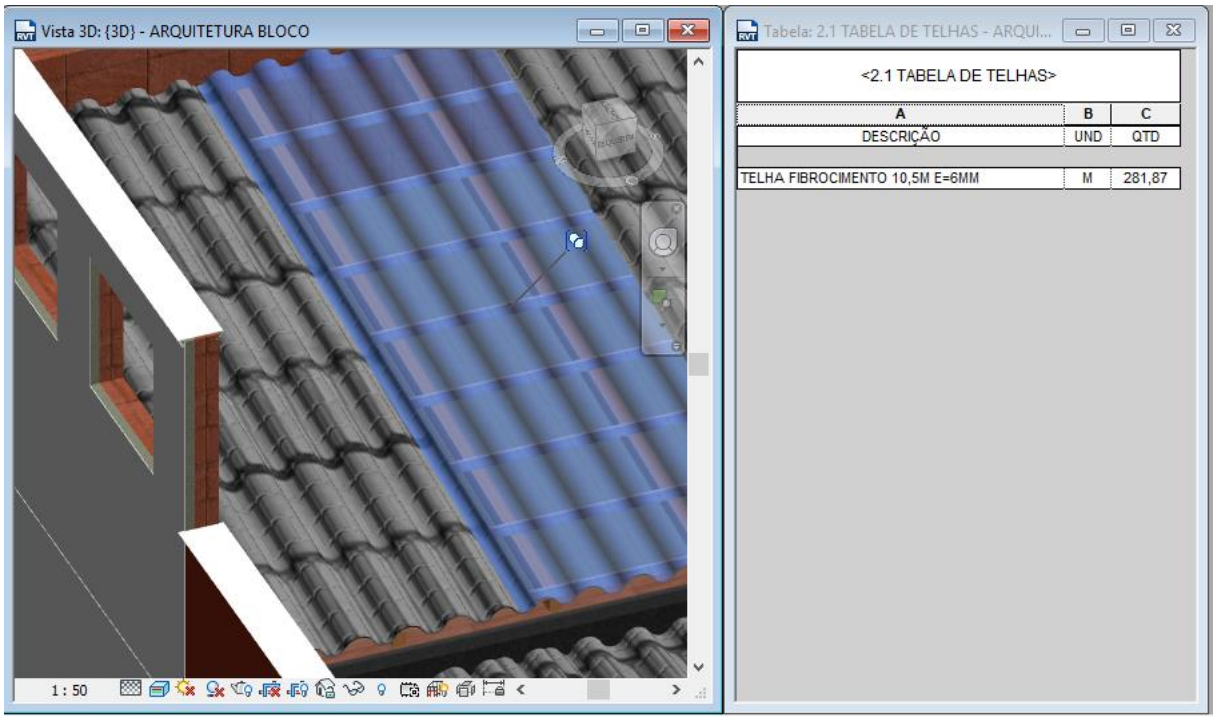
Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 23 - Quantitativo de telhados

<1.10 QUANTITATIVO DE TELHADOS>						
A	B	C	D	E	F	G
BASE	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UND	QTD	CUSTO (R$)	CUSTO TOTAL (R$
SINAPI	94210	TELHAMENTO COM TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO E = 6 M	M2	254,49	39,44	10.037,03
SINAPI	92539	TRAMA DE MADEIRA COMPOSTA POR RIPAS, CAIBROS E TERÇAS	M2	254,49	59,87	15.236,23
CUSTO TOTAL				508,98		25.273,25

Fonte: Autoria própria (2018)

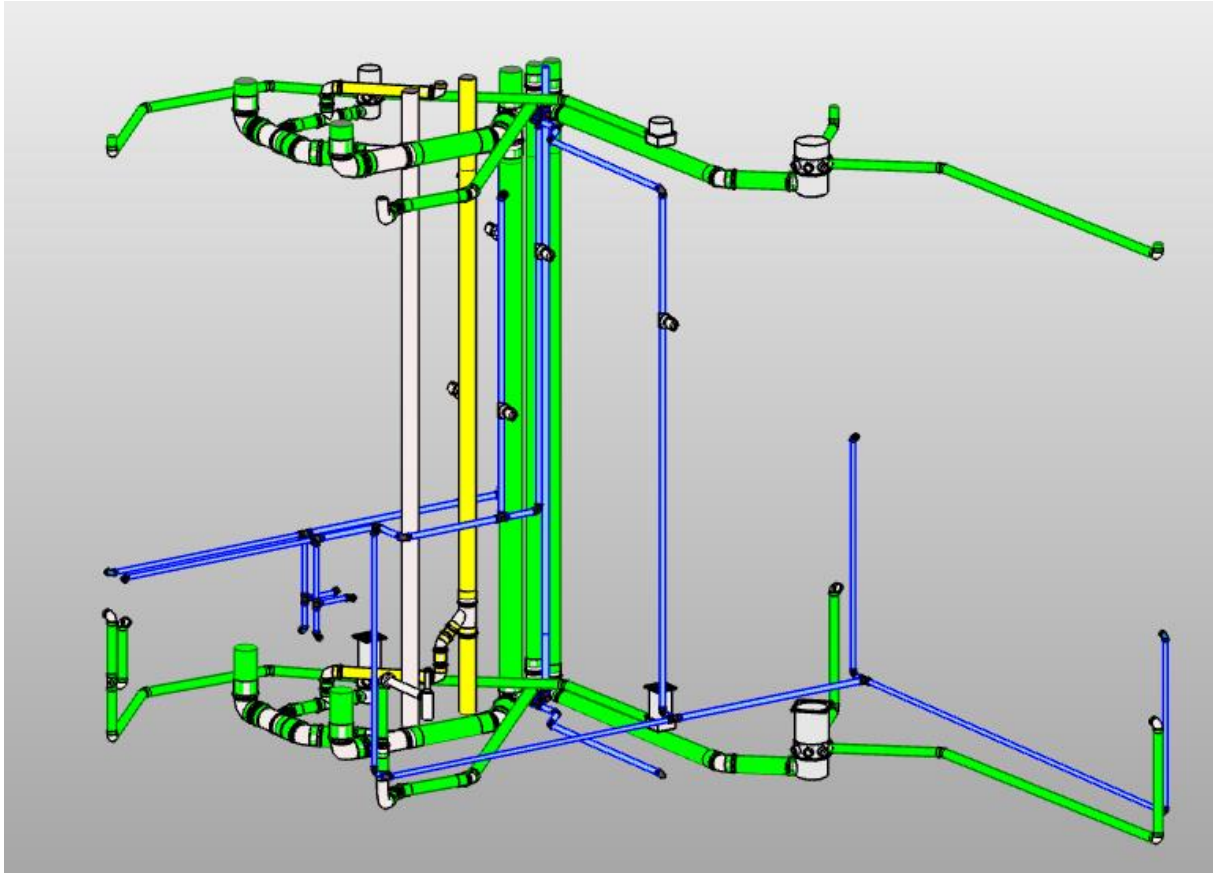
Figura 24 - Quantitativo de telhas de fibrocimento



Fonte: Autoria própria (2018)

Após finalizada modelagem do projeto arquitetônico, o modelo pode ser *linkado* para outro projeto para ser tomado como referência. Com isso, o projeto hidrossanitário foi modelado utilizando o projeto arquitetônico como base para evitar possíveis interferências. Essa é uma das principais vantagens da tecnologia BIM para projetos de instalações prediais, pois, simultaneamente com o lançamento das tubulações, é possível visualizar em vistas 3D se os elementos estão interferindo em elementos de outros projetos. Outra vantagem, é a possibilidade de configurar filtros para facilitar a visualização dos elementos. Por exemplo, na Figura 25 é possível visualizar as tubulações de esgoto com a cor verde, ventilação com cor amarela e água fria com cor azul. Essa diferenciação em cores pode ser configurada da maneira que o usuário achar conveniente.

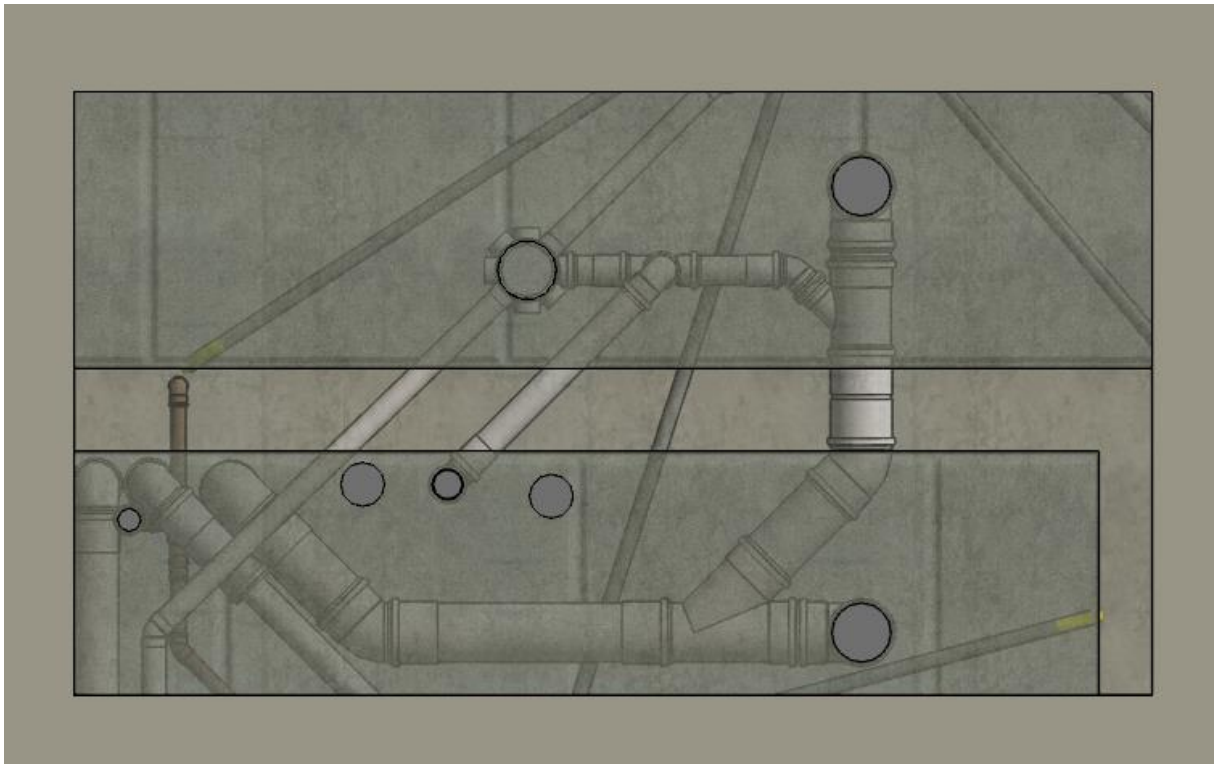
Figura 25 - Lançamento das tubulações do projeto hidrossanitário



Fonte: Autoria própria (2018)

A elaboração de projetos de instalações no Revit torna possível a obtenção de diversos detalhes construtivos que podem enriquecer o projeto e facilitar a execução dos serviços. A Figura 26 ilustra uma vista obtida no *software* que pode ser utilizada para posicionamento dos furos na laje, que pode ser enviado para o projetista estrutural para ser considerado nas análises e enviada ao encarregado da obra para posicionar os furos na execução da obra.

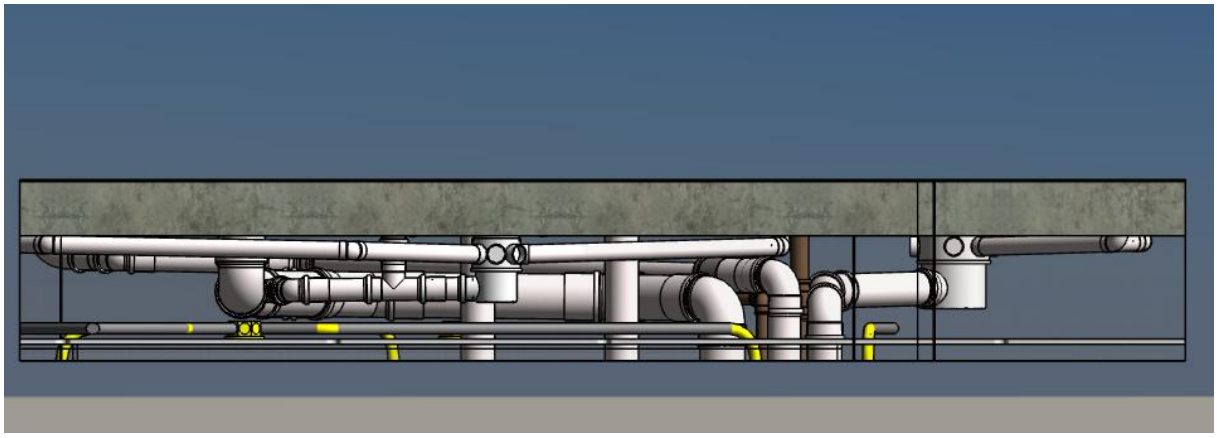
Figura 26 - Vista em planta para posicionamento dos furos



Fonte: Autoria própria (2018)

Outra vista que também pode ser retirada do software é a que ilustra o posicionamento das tubulações sanitárias em relação ao forro, como ilustra a Figura 27. Essa é uma das falhas de *softwares* CAD em projeto de instalações, pois, neles não é possível realizar uma análise de viabilidade do traçado das tubulações, o que pode gerar incompatibilidades e problemas durante a execução da obra.

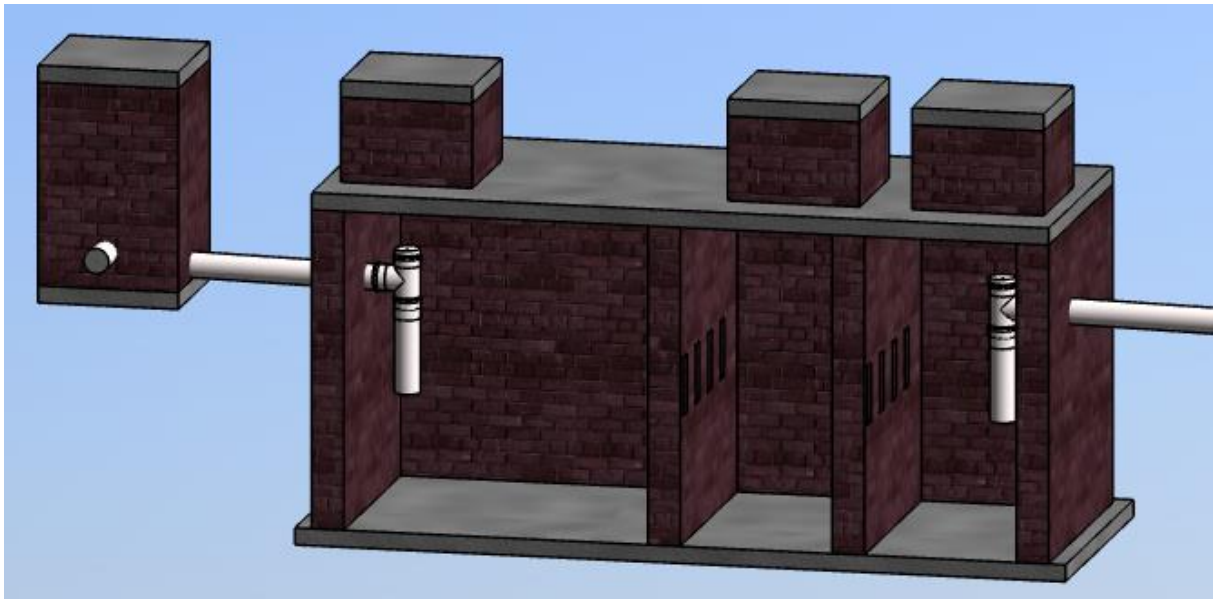
Figura 27 - Posicionamento das tubulações em relação ao forro



Fonte: Autoria própria (2018)

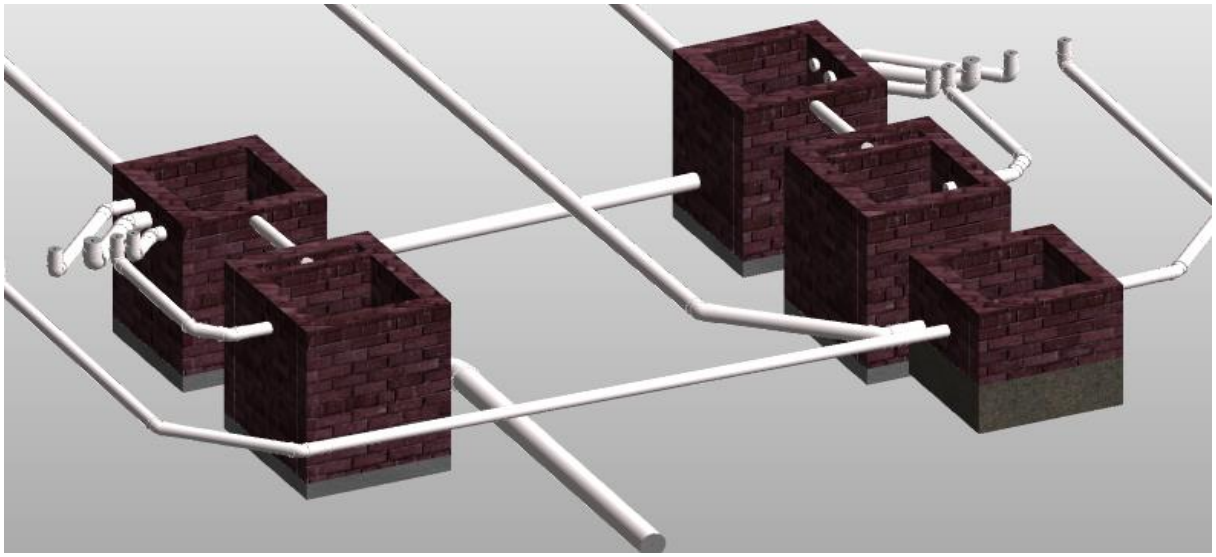
Outro ponto forte de software BIM para projeto de instalações, é que todos os detalhes construtivos considerados importantes podem ser elaborados pelo projetista. Por exemplo, os detalhes dos elementos de esgotamento sanitário, como fossa séptica, sumidouro, caixas de inspeção e caixas de gordura. O posicionamento desses elementos, os declives e cotas das tubulações para que o funcionamento seja adequado também podem ser representados. As Figuras 28, 29 e 30 ilustram detalhes da fossa séptica, caixas de inspeção e implantação geral de esgoto, respectivamente.

Figura 28 - Detalhe da fossa séptica



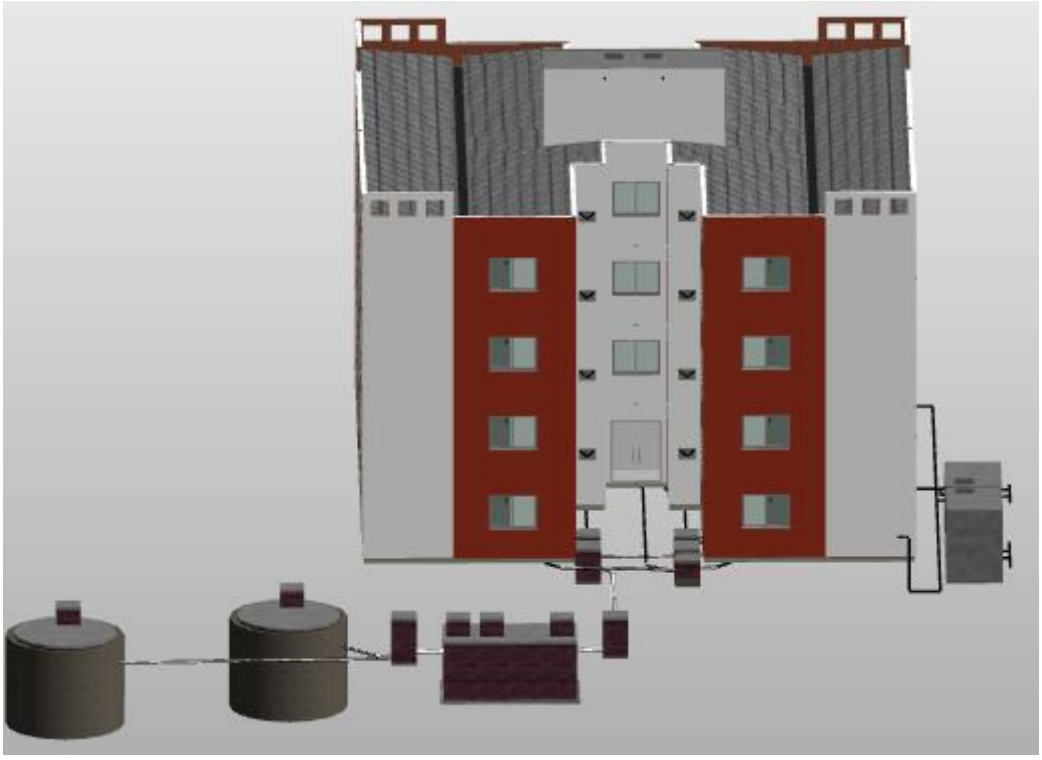
Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 29 - Detalhe das caixas de inspeção



Fonte: Autoria própria (2018)

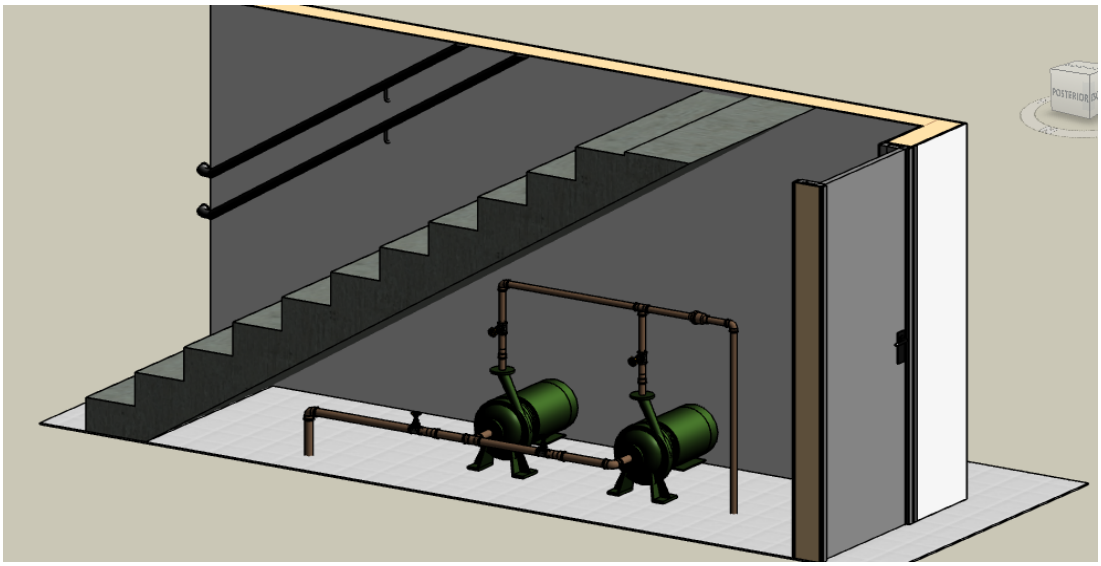
Figura 30 - Detalhe da implantação geral de esgoto



Fonte: Autoria própria (2018)

Para o projeto hidráulico, alguns detalhes construtivos considerados importantes também puderam ser gerados. O posicionamento do conjunto de motores para recalque logo abaixo da escada pôde ser verificado logo durante a modelagem, avaliando a possibilidade de interferências, como ilustra a Figura 31.

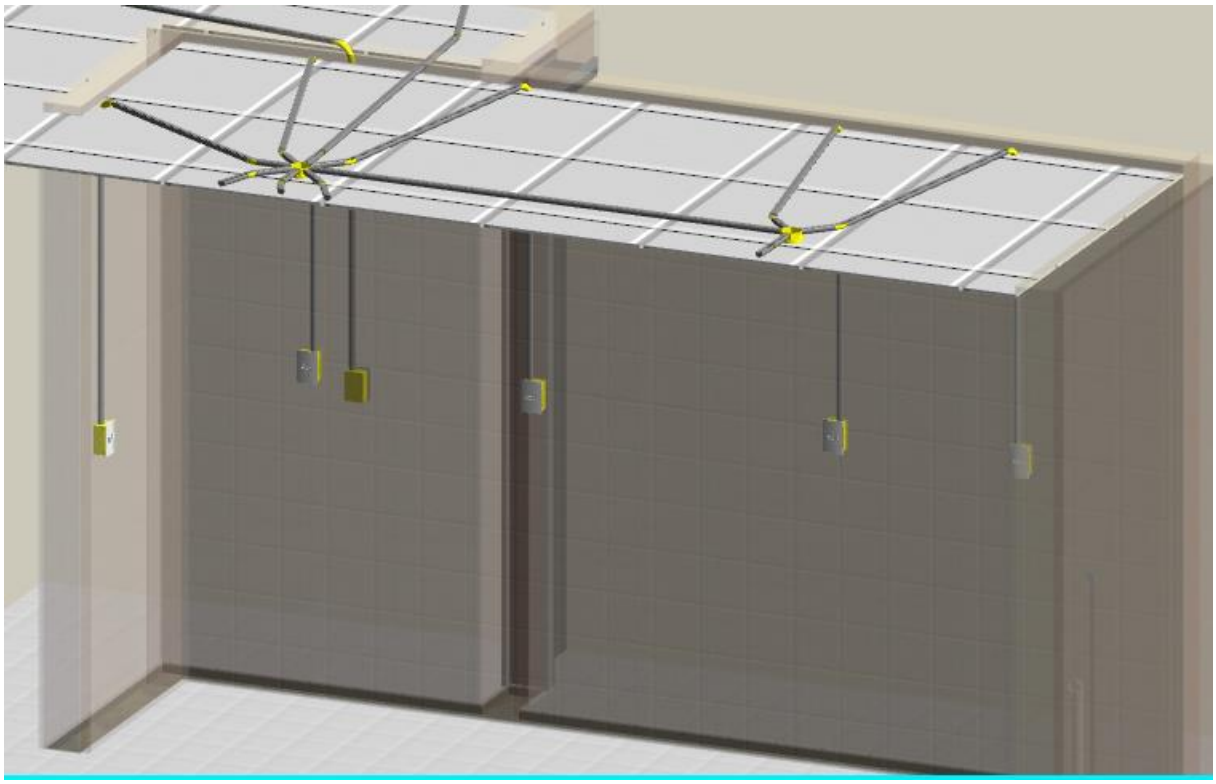
Figura 31 - Detalhe construtivo do conjunto de bombas



Fonte: Autoria própria (2018)

Em seguida foi elaborada a modelagem do projeto elétrico. Alguns detalhes construtivos também foram gerados e poderiam facilitar a execução dos serviços, como ilustra a Figura 32.

Figura 32 - Detalhe construtivo do projeto elétrico



Fonte: Autoria própria (2018)

Com isso, os projetos foram elaborados e, no decorrer da modelagem, alguns dos problemas de interferência foram solucionados no próprio desenvolvimento do modelo. Em projetos de grande porte e realizado por diferentes projetistas não é possível visualizar as interferências durante a modelagem, visto que os modelos são elaborados simultaneamente. Logo, torna-se necessário a utilização de *software* que integre todos os modelos e realize a verificação das interferências de forma automática, como veremos adiante.

5.3 ELABORAÇÃO DO CRONOGRAMA

Após a obtenção dos quantitativos com suas respectivas composições através do modelo elaborado no Revit, foi possível elaborar o orçamento da construção. Todas as

composições utilizadas foram da base de dados SINAPI, que é uma base de dados de composições nacional e de livre acesso para usuários, facilitando o estudo.

É importante ressaltar que para que o cronograma tenha seus custos divididos por etapas, é preciso dividir o orçamento em tópicos que agrupem os serviços, facilitando a elaboração do planejamento, como ilustra a Figura 33. O Revit, como *software* BIM, permite extrair o quantitativo dividido por grupos de diversas maneiras, dependendo dos parâmetros criados. Para a edificação em questão, o orçamento foi dividido por pavimento, mas, poderia ser dividido em níveis menores, como, por exemplo, por apartamento.

Figura 33 - Orçamento dividido por etapas

Código	Doc.	Co	GR	Ud	Resumo	Quant	Custo	Importância
ORÇAME						1,000	589.702,35	589.702,35
A101					APARTAMENTOS - TÉRREO	1,000	141.450,90	141.450,90
A101.1					ALVENARIAS	1,000	22.137,98	22.137,98
89292				M2	ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS	514,000	43,07	22.137,98
A101.2					ESTRUTURA	1,000	12.347,46	12.347,46
A101.3					REVESTIMENTOS	1,000	52.050,16	52.050,16
A101.4					PISOS	1,000	14.064,16	14.064,16
A101.5					FORROS	1,000	5.893,47	5.893,47
A101.6					ESQUADRIAS	1,000	23.167,50	23.167,50
A101.7					SOLEIRAS E PEITORIS	1,000	3.726,71	3.726,71
A101.8					ESCADA	1,000	2.994,46	2.994,46
A101.9					INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS	1,000	5.069,00	5.069,00
A101.10					INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	1,000		
A102					APARTAMENTOS - PAVIMENTO TIPO 1	1,000	140.643,09	140.643,09
A103					APARTAMENTOS - PAVIMENTO TIPO 2	1,000	140.643,09	140.643,09
A104					APARTAMENTOS - PAVIMENTO TIPO 3	1,000	140.643,09	140.643,09
C01					COBERTURA	1,000	26.322,18	26.322,18

Fonte: Autoria própria (2018)

Para facilitar a análise das composições, foi necessário a utilização de *software* especifico para orçamentos, no estudo em questão, foi utilizado o Arquimedes, *software* da Cype.

Com o orçamento dividido por etapas, foi possível dar início ao planejamento da execução dos serviços, que foi elaborada no *software* MS Project da Microsoft. Essa etapa do estudo, foi realizada utilizando os dois *softwares* em conjunto, pois, para a elaboração do planejamento foi necessário o estudo da produtividade da mão de obra em cada composição, que é facilitado pelo Arquimedes, como ilustra a Figura 34.

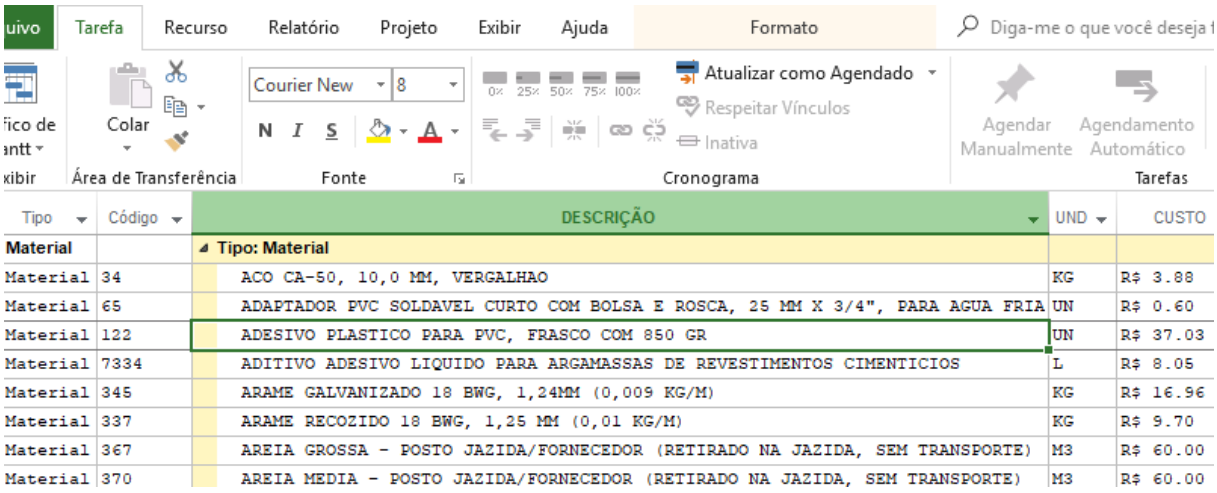
Figura 34 - Análise das composições através do *software* Arquimedes

Código	Doc.	Co	GR	Ud	Resumo	Quant	Custo	Importância
ORÇAME						1,000	589.702,35	589.702,35
A101					APARTAMENTOS - TÉRREO	1,000	141.450,90	141.450,90
A101.1					ALVENARIAS	1,000	22.137,98	22.137,98
89292				M2	ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS 14X19X29, (ESPE	514,000	43,07	22.137,98
34547				M	TELA DE ACO SOLDADA GALVANIZADA/ZINCADA PARA ALVENARIA, FI(	0,395	2,490	0,98
34586				UN	BLOCO ESTRUTURAL CERAMICO 14 X 19 X 29 CM, 6,0 MPA (NBR 15:	15,600	1,140	17,78
34649				UN	CANALETA ESTRUTURAL CERAMICA, 14 X 19 X 29 CM, 6,0 MPA (NBR	1,300	1,540	2,00
34788				UN	MEIO BLOCO ESTRUTURAL CERAMICO 14 X 19 X 14 CM, 6,0 MPA (NE	0,710	0,700	0,50
87286				M3	ARGAMASSA TRAÇO 1:1:6 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA) PARA EMB	0,014	243,750	3,41
88309				H	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	0,810	16,148	13,08
88316				H	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	0,410	12,985	5,32

Fonte: Autoria própria (2018)

O primeiro passo para dar início ao planejamento, foi a exportação dos materiais utilizados para o MS Project. O Arquimedes permite que sejam exportadas listas de insumos e de mão de obra utilizada, com seus respectivos códigos de composição e custos. Logo após, com a utilização das listas, foram criados os recursos no MS Project, como ilustra a Figura 35.

Figura 35 - Recursos criados no MS Project



Tipo	Código	DESCRIÇÃO	UND	CUSTO
Material		Tipo: Material		
Material	34	ACO CA-50, 10,0 MM, VERGALHAO	KG	R$ 3.88
Material	65	ADAPTADOR PVC SOLDAVEL CURTO COM BOLSA E ROSCA, 25 MM X 3/4", PARA AGUA FRIA	UN	R$ 0.60
Material	122	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR	UN	R$ 37.03
Material	7334	ADITIVO ADESIVO LIQUIDO PARA ARGAMASSAS DE REVESTIMENTOS CIMENTICIOS	L	R$ 8.05
Material	345	ARAME GALVANIZADO 18 BWG, 1,24MM (0,009 KG/M)	KG	R$ 16.96
Material	337	ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	R$ 9.70
Material	367	AREIA GROSSA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	M3	R$ 60.00
Material	370	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	M3	R$ 60.00

Fonte: Autoria própria (2018)

É importante ressaltar que o MS Project divide os recursos em 3 categorias, sendo elas: material, trabalho e custo, que correspondem aos insumos, mão de obra e custos pontuais, respectivamente.

O próximo passo foi criar as atividades no MS Project. As atividades foram elaboradas agrupando os serviços com os mesmos critérios do orçamento, facilitando a elaboração do planejamento, como ilustra a Figura 36.

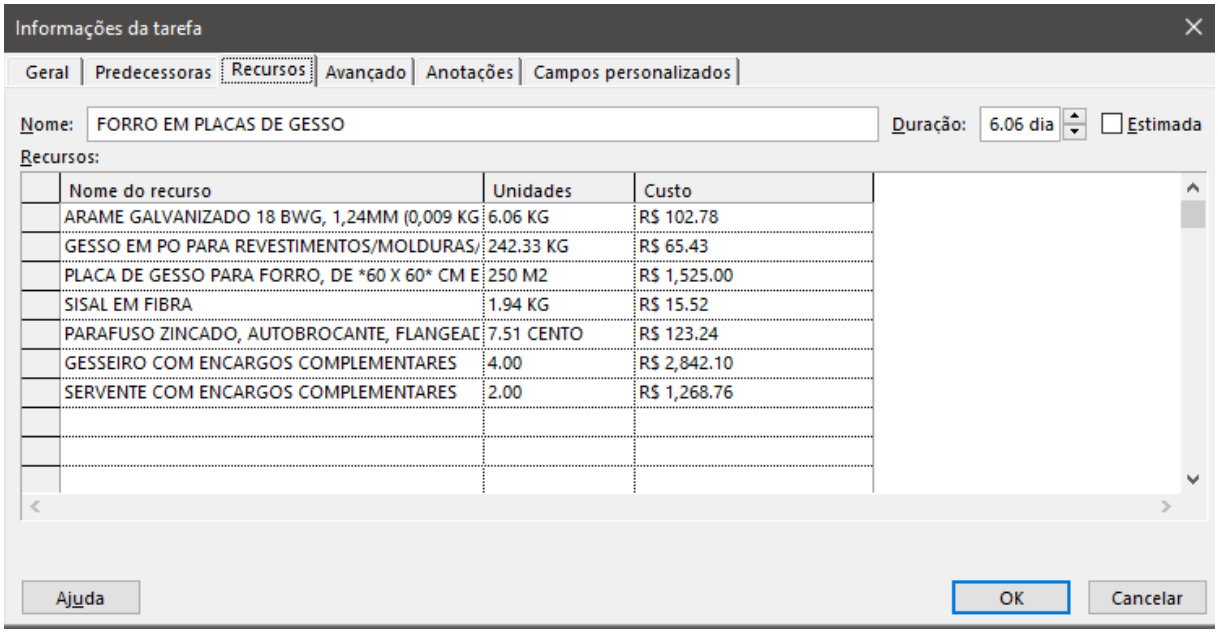
Figura 36 - Atividades no MS Project

Nome	QTD	UND
ORÇAMENTO TFG BIM 5D		
APARTAMENTOS - TÉRREO		
ALVENARIAS		
ESTRUTURA		
REVESTIMENTOS		
PISOS		
CONTRAPISO EM ARGAMASSA PARA AMBIENTES	21.63	M2
CONTRAPISO EM ARGAMASSA PARA AMBIENTES SECOS	252.05	M2
REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO	262.84	M2
FORROS		
ESQUADRIAS		
SOLEIRAS E PEITORIS		
ESCADA		
INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS		
APARTAMENTOS - PAVIMENTO TIPO 1		
ALVENARIAS		

Fonte: Autoria própria (2018)

Logo após, foi possível atribuir recursos às atividades. Cada atividade necessita de insumos e mão de obra para que seja executada. Através das composições do SINAPI, é possível obter a quantidade de insumos e de trabalho que é necessária para executar uma unidade padrão de cada serviço, como representado na figura 34. Com os recursos e quantidade de serviço necessários por unidade, é possível obter a quantidade de recursos requerida para cada atividade, como ilustra a Figura 37. O custo é calculado automaticamente pelo *software* através da quantidade necessária e do custo unitário atribuído ao recurso.

Figura 37 - Atribuição de recursos às atividades



Nome do recurso	Unidades	Custo
ARAME GALVANIZADO 18 BWG, 1,24MM (0,009 KG	6.06 KG	R$ 102.78
GESSO EM PO PARA REVESTIMENTOS/MOLDURAS/	242.33 KG	R$ 65.43
PLACA DE GESSO PARA FORRO, DE *60 X 60* CM E	250 M2	R$ 1,525.00
SISAL EM FIBRA	1.94 KG	R$ 15.52
PARAFUSO ZINCADO, AUTOBROCANTE, FLANGEAD	7.51 CENTO	R$ 123.24
GESSEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	4.00	R$ 2,842.10
SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	2.00	R$ 1,268.76

Fonte: Autoria própria (2018)

Com os recursos de trabalho atribuídos às atividades, foi possível calcular a duração das atividades. É importante ressaltar que para a mão de obra, as composições do SINAPI possuem um valor de índice para cada recurso de trabalho (pedreiro, servente) atribuído à composição. Na composição ilustrada na Figura 34 é possível perceber que são necessárias 0.81 horas de trabalho de pedreiro e 0.41 horas de servente para executar 1 m² de alvenaria estrutural, logo, é necessário mais trabalho de pedreiro do que de servente.

Com isso, para uma maior eficiência na execução dos serviços, torna-se necessária a atribuição de equipes em proporções adequadas para evitar desperdício de mão de obra. No exemplo anterior, é possível notar que a equipe para tornar a execução do serviço eficiente seria formada por 2 pedreiros e 1 servente, ou equipes formadas com essa proporção.

Para as atividades da construção em estudo foram definidas as equipes básicas de cada atividade e calculado o tempo necessário para execução dos serviços, como ilustra a Figura 38.

Figura 38 - Cálculo de duração das atividades

Nome	QTD	UNI	EQUIPE BÁSICA	ÍNDICE	QTD EQUIPES	Duração
ORÇAMENTO TFG BIM 5D				**0**	**0**	**330.13 hrs?**
APARTAMENTOS - TÉRREO				**0**	**0**	**330.13 hrs?**
ALVENARIAS				**0**	**0**	**70 hrs**
ESTRUTURA				**0**	**0**	**6.81 hrs**
REVESTIMENTOS				**0**	**0**	**330.13 hrs**
PISOS				**0**	**0**	**72.51 hrs**
CONTRAPISO EM ARGAMASSA PARA	21.63	M2	2PEDR/1SERV	0.3	1	0.8 dias
CONTRAPISO EM ARGAMASSA PARA	252.05	M2	2PEDR/1SERV	0.16	2	2.6 dias
REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO	262.84	M2	2AZUL/1SERV	0.15	2	2.46 dias

Fonte: Autoria própria (2018)

Após o cálculo de duração das atividades foi elaborado o sequenciamento da execução dos serviços. As etapas da construção, possuem uma lógica de execução, alguns serviços só podem ser iniciados após o término de outros, e, em alguns casos, deve ser incluído um intervalo de espera entre os serviços. Por exemplo, o emboço só pode ser aplicado após 2 dias do término do chapisco, em média.

O MS Project apresenta ferramentas que facilitam a implementação do sequenciamento de atividades, elaborando de forma automática o gráfico de Gantt para visualização do cronograma, como ilustra a Figura 39.

Figura 39 - Sequenciamento de execução das atividades

Nome da tarefa	Duração	Predecessor
ORÇAMENTO TFG BIM 5D	330.13 hrs?	
APARTAMENTOS - TÉRREO	330.13 hrs?	
ALVENARIAS	70 hrs	
ALVENARIA ESTRUTURAL EM BLOCOS CERÂMICOS	70 hrs	6TI+5 dias
ESTRUTURA	6.81 hrs	
CONCRETAGEM DE LAJE	6.81 hrs	
REVESTIMENTOS	330.13 hrs	
APLICAÇÃO DE LÁTEX EM ALVENARIA	25.52 hrs	9
APLICAÇÃO DE GESSO	8 dias	4;17TI+5 dias
PINTURA TEXTURIZADA ACRILICA PARA ALVENARIAS EX	26.45 hrs	
CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIAS	5.6 hrs	4
EMOBOÇO PARA ALVENARIAS EXTERNAS	104 hrs	11TI+2 dias
EMBOÇO PARA ALVENARIAS INTERNAS	8.41 dias	11TI+2 dias;17T
REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PAREDES	5.96 dias	13TI+5 dias
PISOS	72.51 hrs	
CONTRAPISO EM ARGAMASSA PARA AMBIENTES MOLHADOS	0.8 dias	4;11
CONTRAPISO EM ARGAMASSA PARA AMBIENTES SECOS	2.6 dias	4;11
REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO	2.46 dias	16TI+4 dias;17T

Fonte: Autoria própria (2018)

6 RESULTADO E DISCUSSÕES

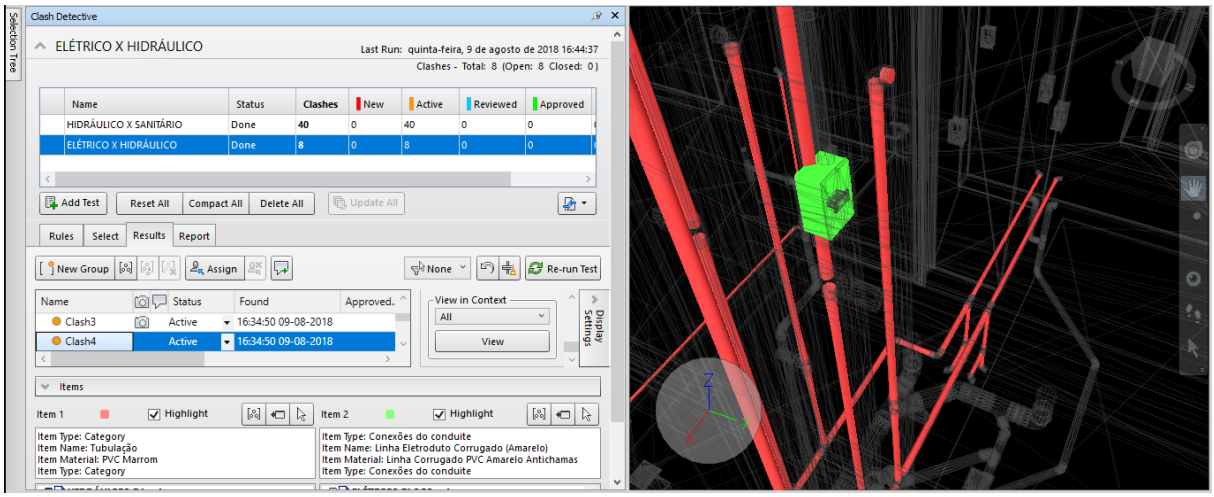
6.1 VERIFICAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS

Uma das principais vantagens da tecnologia BIM é a possibilidade de trabalhar de maneira colaborativa por profissionais de diferentes áreas através de ferramentas que possibilitem a integração entre os modelos gerados. Uma dessas ferramentas é o *software* Navisworks da Autodesk, ele permite que modelos de diferentes formatos sejam visualizados dentro do *software*, possibilitando a importação dos elementos com todos os seus parâmetros que foram atribuídos.

Com os modelos importados, algumas verificações podem ser realizadas, a principal delas é a verificação de interferências, que pode ser realizada de diversas maneiras dentro do *software*. Além disso, algumas regras podem ser criadas para tornar a verificação de interferências apropriada. Por exemplo, pode ser adotada uma margem de tolerância para distância entre os elementos, logo, só será considerada interferência quando os elementos estiverem distantes de um valor igual ou inferior à margem que foi atribuída. Também podem ser incluídos critérios de exclusão de interferências, por exemplo, é possível indicar que interferência entre alvenaria e tubulações devem ser desconsideradas.

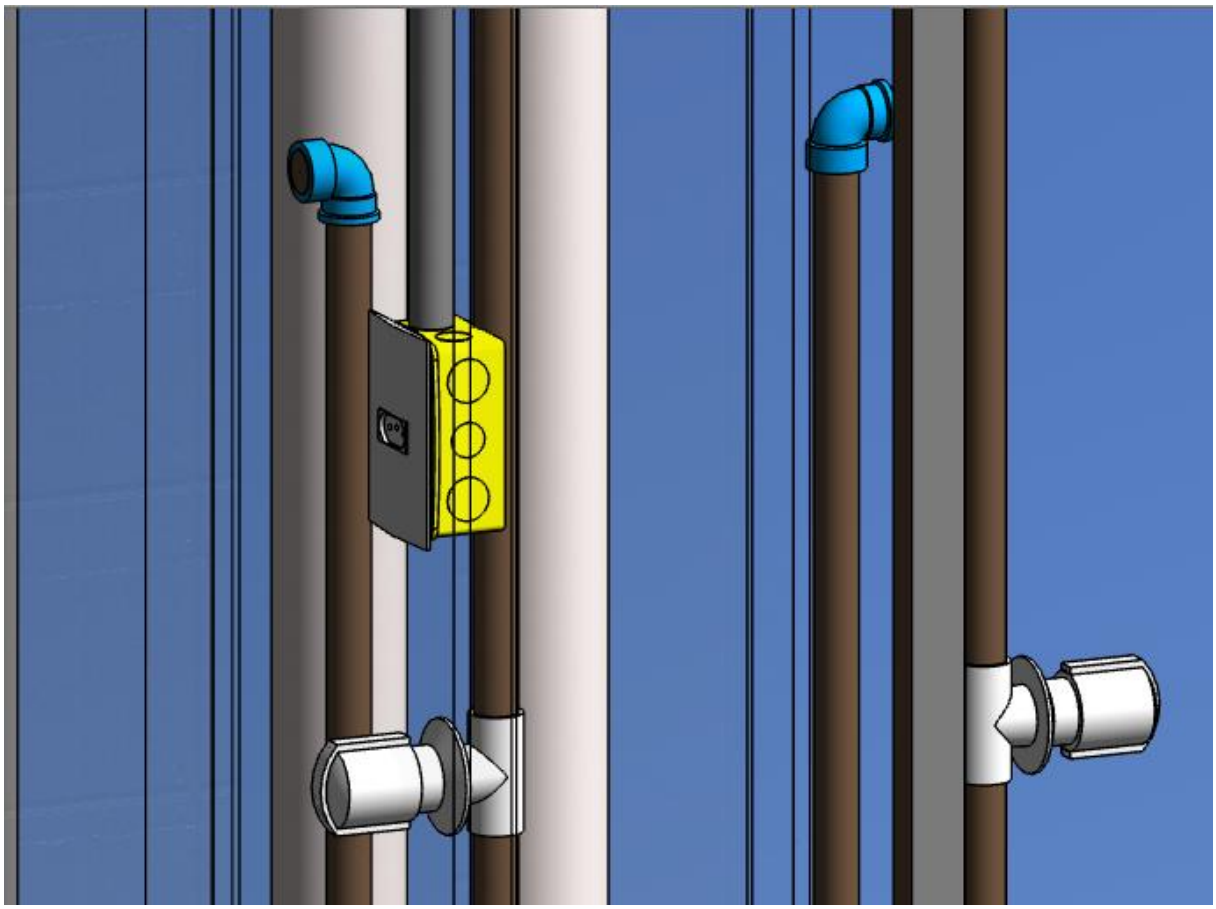
Para a edificação em estudo, foram realizadas verificações de interferência entre os projetos complementares de diversas formas. A Figura 40 ilustra a verificação de interferência entre o projeto elétrico e o projeto hidráulico. Nessa verificação foram encontradas 8 interferências entre os projetos que se resumem à mesma interferência que se repete nos blocos. Através de uma análise visual pelo modelo é possível identificar que a interferência está no banheiro, entre a coluna de água fria e a tomada do chuveiro elétrico. Para representar melhor essa interferência, a Figura 41 a ilustra em outro modo de visualização.

Figura 40 - Verificação de interferência ELE x HIDR



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 41 - Interferência encontrada entre projeto elétrico e hidráulico

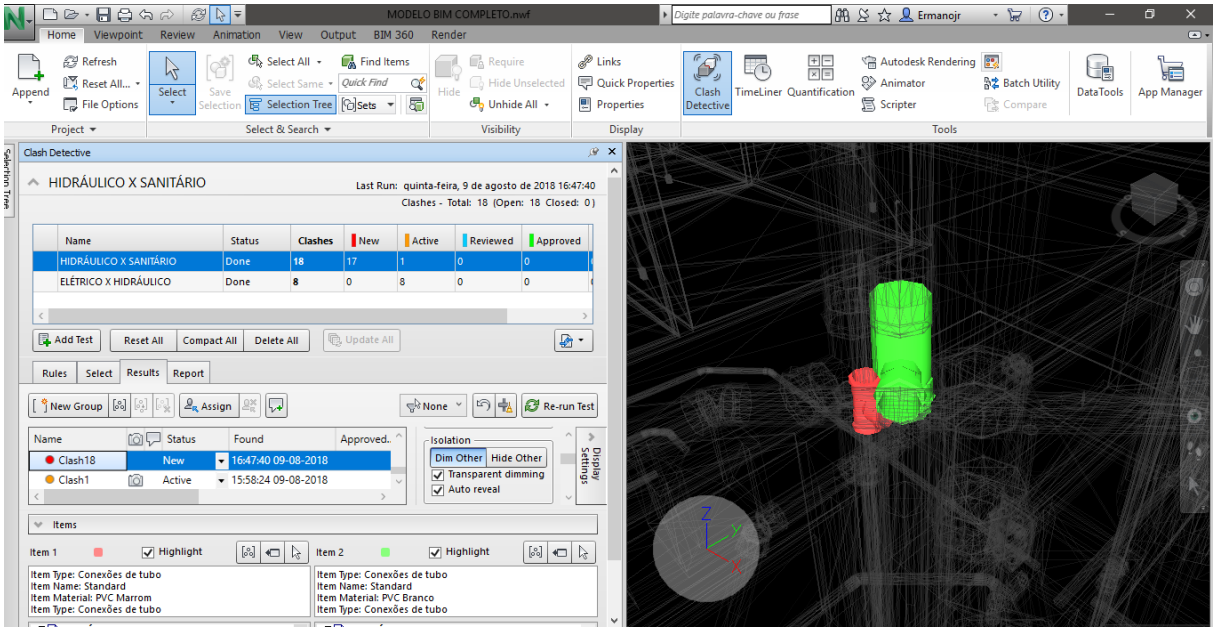


Fonte: Autoria própria (2018)

Foi realizada também a verificação de interferência entre o projeto hidráulico e sanitário, como ilustra a Figura 42. Nela é possível verificar que o espaço ocupado pelas

conexões pode gerar interferência no modelo. Esse tipo de interferência dificilmente seria encontrado em projetos em plataforma CAD, visto que os projetos sanitários só são detalhados em planta.

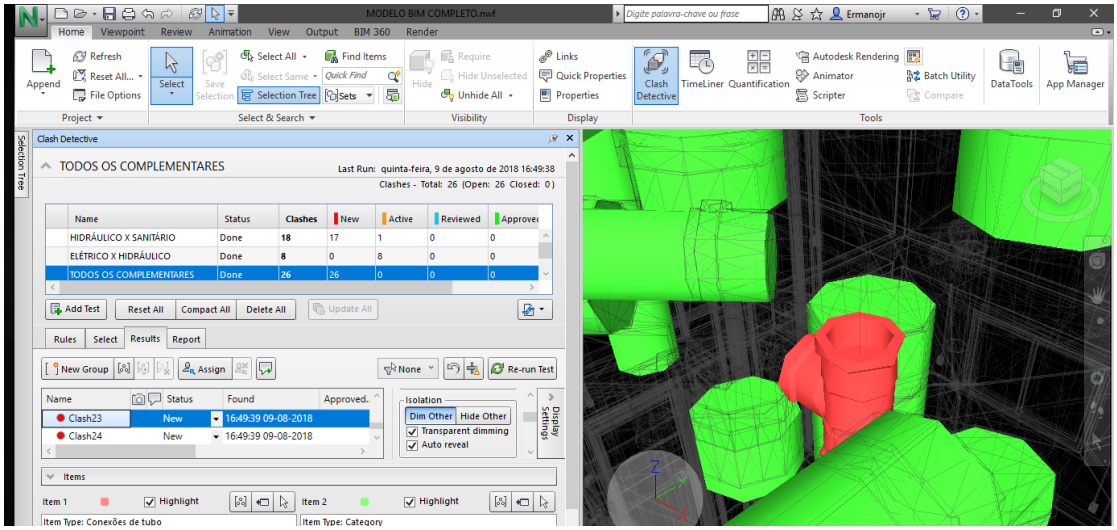
Figura 42 - Verificação de interferência entre projeto hidráulico e sanitário



Fonte: Autoria própria (2018)

Em seguida foi realizada a verificação de interferência entre todos os projetos complementares, resultando no mesmo número de interferências que a soma das outras duas verificações, como ilustra a Figura 43.

Figura 43 - Verificação de interferência entre todos os projetos complementares



Fonte: Autoria própria (2018)

Após realizadas as verificações de interferências, é possível gerar relatórios e enviá-los para os projetistas responsáveis pelos projetos que apresentaram interferências para que elas possam ser solucionadas.

Essa nova metodologia de gestão de projetos torna necessária a presença de um profissional responsável por gerenciar os modelos BIM até que eles estejam adequados e compatíveis, o BIM *Manager*.

É importante ressaltar que os projetos estão *linkados* ao modelo do Navisworks que integra todos os modelos, logo, a medida que os profissionais alteram os seus respectivos projetos, o modelo é automaticamente atualizado, o que torna a verificação de interferências dinâmica e colaborativa.

6.2 ELABORAÇÃO DA SIMULAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

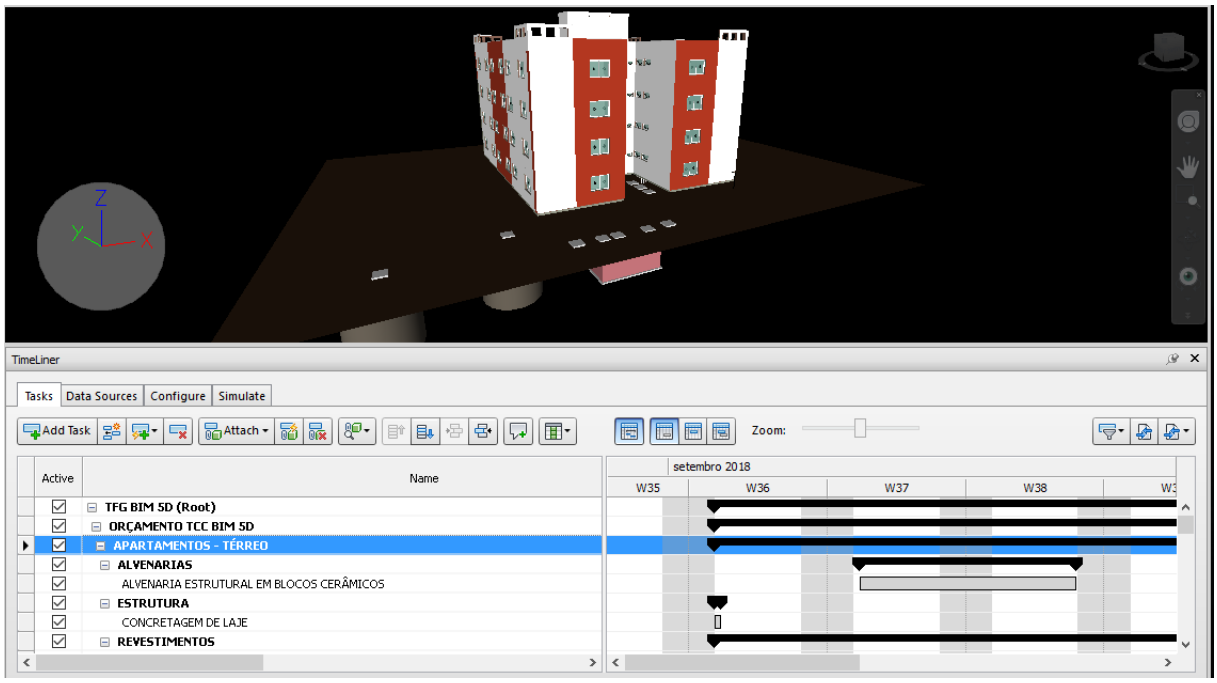
A simulação da construção tem como objetivo principal analisar diversas metodologias construtivas de forma visual e intuitiva para determinar qual a mais adequada. É nesta etapa que o modelo elaborado no Revit será linkado ao cronograma da obra.

O primeiro passo é abrir no Navisworks os modelos que foram elaborados no Revit. É importante ressaltar que diversos formatos são aceitos no software, inclusive o IFC, que é o formato público mais utilizado entre os *softwares*, o que permite que projetos elaborados em diversas ferramentas sejam utilizados.

O cronograma foi *linkado* ao modelo, o que possibilita que as atualizações realizadas no MS Project sejam atualizadas de forma direta no Navisworks, facilitando o controle da execução dos serviços durante a obra.

A seguir, é possível ter uma visão geral do projeto (modelagem 3D, cronograma e custos) num mesmo programa, gerando assim o planejamento 4D (referente ao cronograma de atividades) e o planejamento 5D (referente aos custos das tarefas). Com isso, é verificado o andamento da obra, por meio do programa de visualização gráfica, segundo um cronograma e os custos. Portanto, se tem uma visão mais abrangente das etapas da construção, como ilustra a Figura 44.

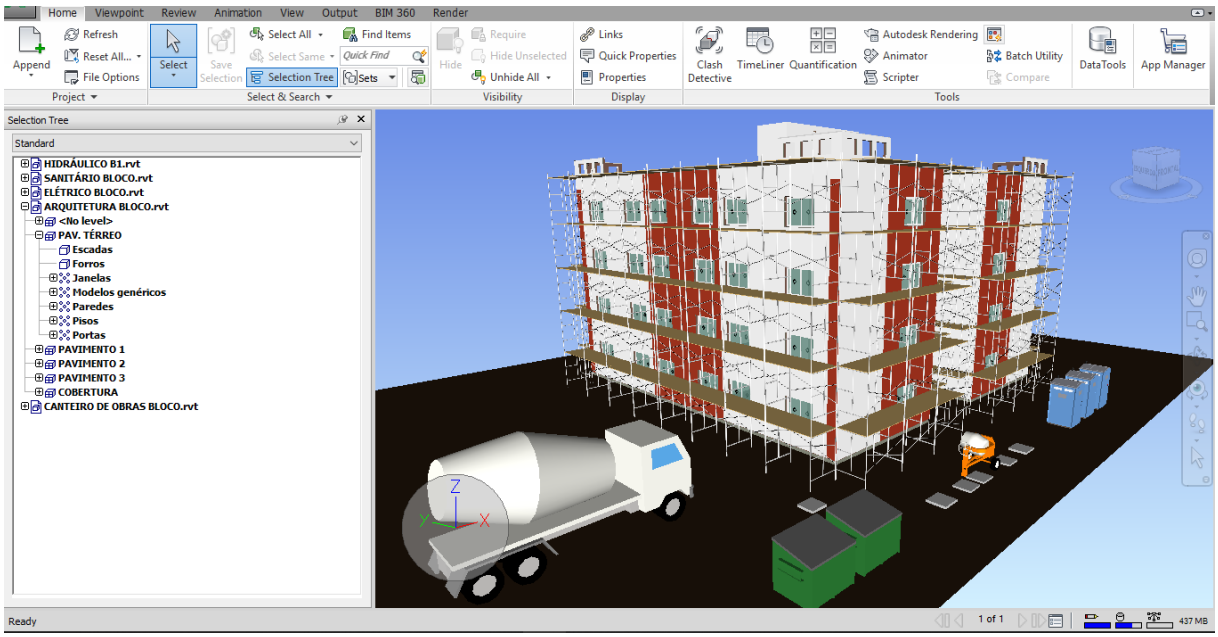
Figura 44 - Modelo e cronograma linkados no Revit



Fonte: Autoria própria (2018)

Para facilitar a seleção de elementos o *software* possui uma aba (*selection tree*) que agrupa os elementos de acordo com suas propriedades, facilitando a visualização dos elementos do modelo, como ilustra a Figura 45.

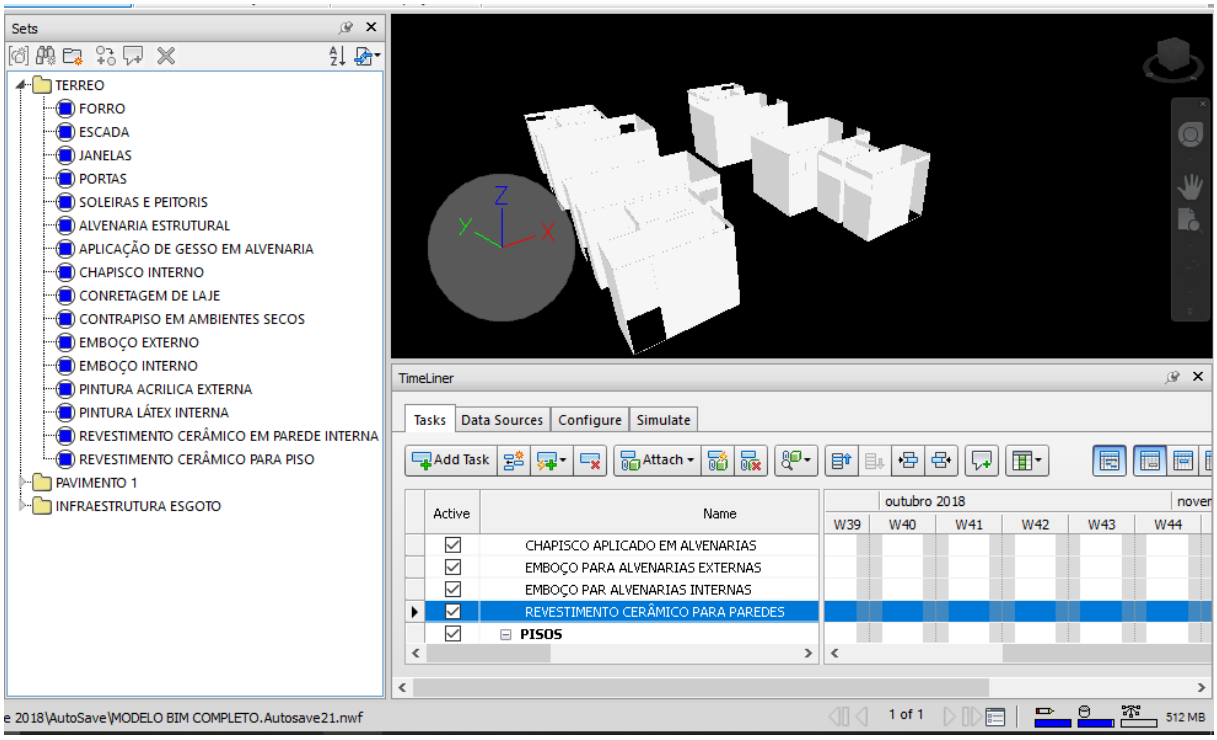
Figura 45 - *Selection tree* para seleção de elementos do modelo



Fonte: Autoria própria (2018)

O próximo passo para elaborar a simulação da construção foi agrupar os elementos em seleções no Navisworks para que fossem atribuídas as atividades do cronograma. Por exemplo, os elementos que representam o revestimento cerâmico das paredes internas foram agrupados em um "*set*" de seleção e atribuídos à atividade revestimento cerâmico para paredes do cronograma, como ilustrado na Figura 46. Esse é o primeiro passo para que a simulação possa ser realizada e deve ser feito para todas as atividades do cronograma.

Figura 46 - Atribuição de "*sets*" de seleção no Navisworks



Fonte: Autoria própria (2018)

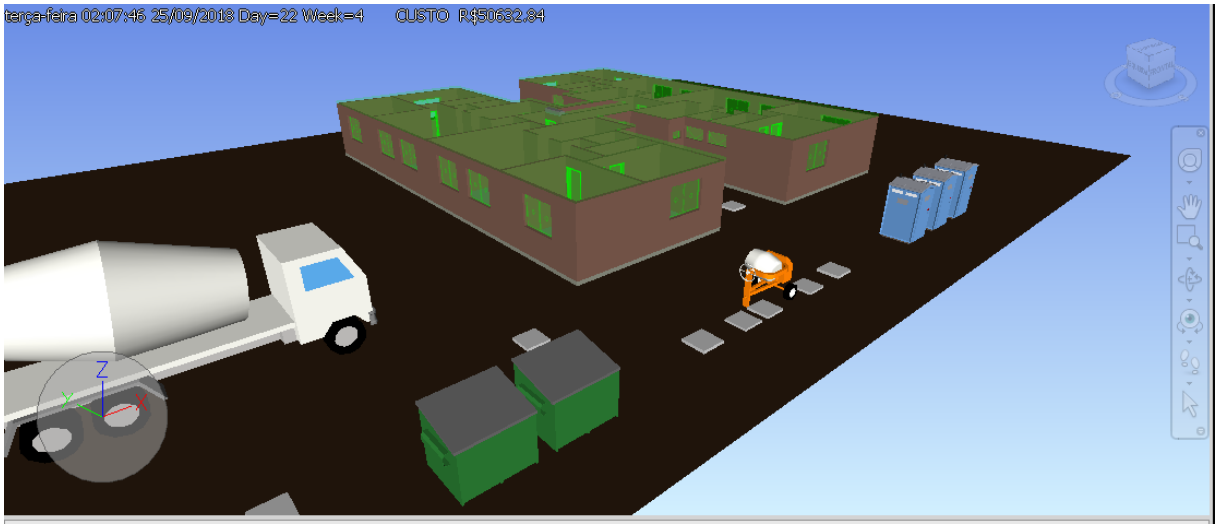
É importante ressaltar que o Navisworks divide as atividades em 3 tipos, sendo eles: *Construct, Demolish e Temporary*, representando uma atividade de construção, de demolição e um elemento temporário, respectivamente. Com isso, é possível também elaborar um estudo do posicionamento de elementos temporários, por exemplo, analisar a montagem dos andaimes para execução dos revestimentos externos, inclusive em vistas renderizadas, como ilustra a Figura 47. O estudo de elementos temporários abre espaço para análises de canteiro de obras, um tópico pouco abordado nos projetos atuais e que pode evitar problemas durante a execução da obra.

Figura 47 - Vista renderizada da montagem dos andaimes

Fonte: Autoria própria (2018)

Outro exemplo de estudo de canteiro através de elementos temporários é o ilustrado na Figura 48. No cronograma, está programado que o caminhão com concreto deve chegar 1h antes do início da concretagem das lajes e ficar até o final da execução. Com isso, no dia da concretagem o caminhão irá aparecer na simulação da construção gerada pelo *software*.

Figura 48 - Simulação da construção em dia de concretagem



Fonte: Autoria própria (2018)

É importante ressaltar também que é possível configurar a visibilidade dos elementos que estão sendo construídos, demolidos ou que são elementos temporários. No estudo em questão, os elementos em verde estão em seu processo de construção.

Assim, é possível visualizar o andamento da obra em qualquer data do seu cronograma de planejamento e acompanhar os custos da construção para qualquer período. A simulação é exibida em quadros e na tela na parte superior estão as datas e os custos para cada atividade que vai sendo realizada. Os botões permitem voltar um passo, ou para o início. Ao clicar na lista do calendário podemos clicar numa determinada data e visualizar a etapa da execução na data escolhida e seus respectivos custos. As Figuras 49 e 50 ilustram o andamento da obra nos dias 30 e 166 após o início da execução, respectivamente.

Figura 49 - Andamento da obra no dia 30 após o início

Fonte: Autoria própria (2018)

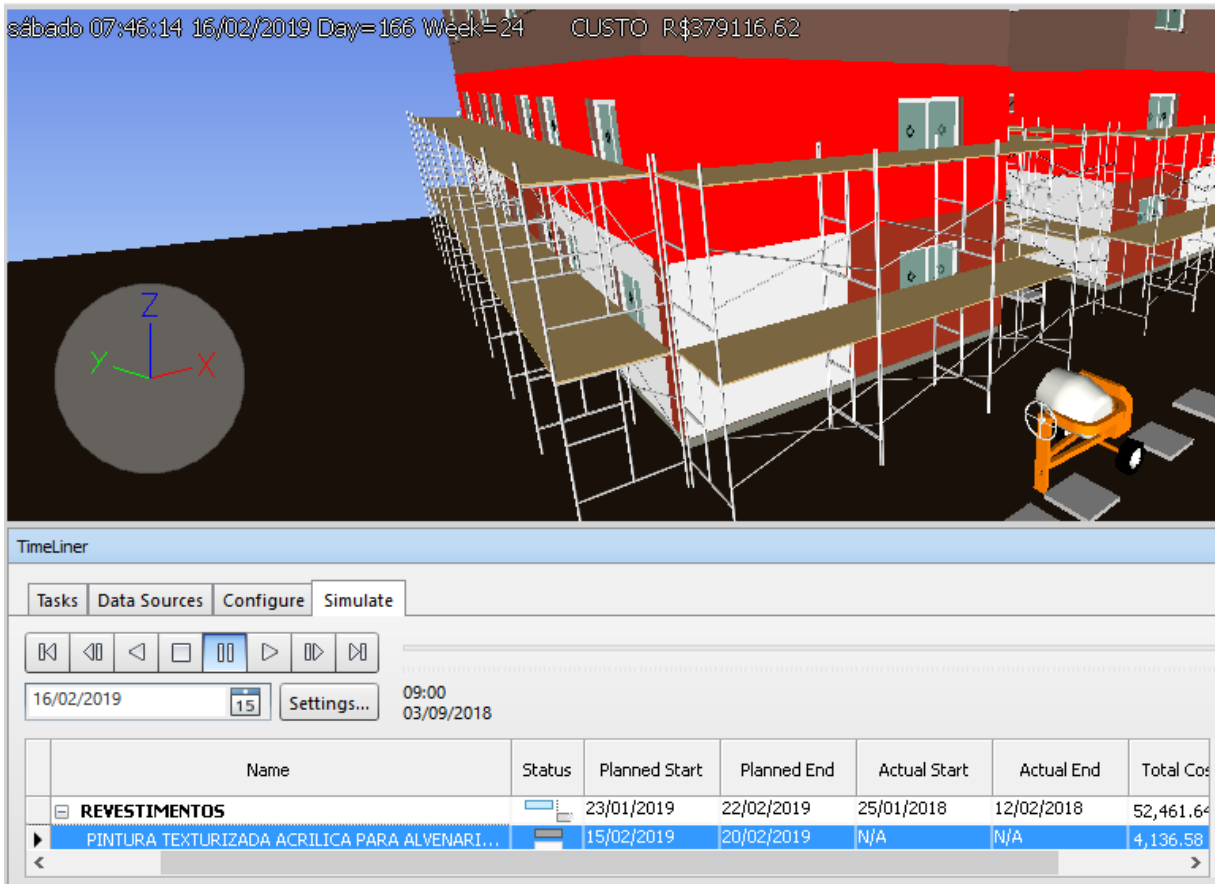
Figura 50 - Andamento da obra no dia 166 após o início

Fonte: Autoria própria (2018)

Outra importante função da simulação da construção é a visualização de itens que estão adiantados ou atrasados em relação ao planejamento. No MS Project deve ser realizado o controle da execução dos serviços, especificando a data de início e término real de cada atividade para que se possa ter controle de como os prazos estão sendo cumpridos no cronograma. Com o controle sendo realizado de forma correta no arquivo do MS Project *linkado* ao modelo, é possível visualizar de forma direta os elementos, tornando mais fácil a tomada de decisões para solucionar os atrasos.

No exemplo ilustrado na Figura 51, é possível visualizar que a atividade de Pintura externa do 1° pavimento foi planejada para iniciar no dia 15/02/2019 e finalizar no dia 20/02/2019. Supondo que no dia 16/02/2019 a atividade ainda não tenha sido iniciada na obra e não tenha sido cadastrada a sua data de início real, os elementos que representam essa atividade irão aparecer em vermelho na simulação da construção, representando que estão em atraso em relação ao planejado. Esse tipo de representação facilita a fiscalização para cumprimento de prazos em obras com várias atividades ocorrendo de forma simultânea.

Figura 51 - Representação de elementos em atraso



Fonte: Autoria própria (2018)

7 CONCLUSÃO

Através do desenvolvimento dos projetos no *software* Revit tomando como referência projetos elaborados em plataforma CAD foi possível verificar a quantidade de incompatibilidades que passaram despercebidas nas etapas de projeto e que teriam que ser resolvidas na etapa de execução. A utilização do *software* permitiu também a extração de quantitativos e composições de forma direta, tornando a etapa de orçamentação mais rápida e com resultados mais confiáveis.

Com o modelo virtual elaborado foi possível realizar diversas análises no *software* Navisworks da Autodesk, entre elas: verificação de interferências, análise de custos e de metodologias construtivas. A análise de interferências realizada de forma automática no *software* permite que projetos de grande porte sejam realizados de forma simultânea por diferentes projetistas, tornando mais eficiente a etapa de projeto. As análises de metodologias construtivas através da simulação da construção possibilitam um estudo mais dinâmico do canteiro de obras, evitando que sequenciamentos equivocados de construção sejam adotados.

No estudo de caso, obteve-se um total de 26 interferências entre os projetos complementares. A solução para essas interferências pode ser realizada facilmente no *software* Revit, sendo o modelo atualizado de forma simultânea no Navisworks para que a verificação possa ser realizada novamente.

O uso de ferramentas BIM tem se mostrado muito promissor e um caminho sem volta, pois, a partir de 2021, os projetos realizados para órgãos públicos no Brasil deverão ser elaborados em *softwares* BIM.

Com isso, é uma tendência que a etapa de projeto tenha um impacto maior nos empreendimentos realizados em BIM, resultando em redução de custos na etapa de execução, pois, há redução de desperdícios e de incoerências nas etapas da construção.

REFERÊNCIAS

AUTODESK. 2018. **NAVISWORKS.** Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/products/navisworks/overview>. Acesso em: 20 abr. 2018.

AUTODESK. ***Autodesk Revit 2018***. Disponível em: <http://www.autodesk.com.br> Acesso em 02 de julho de 2018

BAIA, D. V. S. **USO DE FERRAMENTAS BIM PARA O PLANEJAMENTO DE OBRAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.** 2015. Dissertação (Mestrado em Estruturas e em Construção Civil), Universidade de Brasília/DF, 117 p., 2015.

CAMPESTRINI, T. F. GARRIDO, M. C. MENDES Jr., R. SCHEER, S. FREITAS, M. do C. D. **Entendendo BIM:** uma visão do projeto de construção sob o foco da informação. 1 ed. Curitiba - PR, 2015.

CATELANI, W.S. **FUNDAMENTOS BIM - PARTE 1: IMPLEMENTAÇÃO DO BIM PARA CONSTRUTORAS E INCORPORADORAS.** Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras v.1. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Brasília, 2016.

MATTOS, Aldo Dórea. **BIM 3D, 4D, 5D e 6D.** Disponível em: <http://blogs.pini.com.br/posts/Engenharia-custos/bim-3d-4d-5d-e-6d-335300-1.aspx>. Acesso em: 12 de janeiro de 2018.
.