UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ALEXANDRE BUARQUE DE GUSMÃO FILHO

USO DA TECNOLOGIA BIM NA DIMENSÃO 5D PARA PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

RECIFE

2017

ALEXANDRE BUARQUE DE GUSMÃO FIHO

USO DA TECNOLOGIA BIM NA DIMENSÃO 5D PARA PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Monografia apresentada à Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.
Área de concentração: GESTÃO DE PROJETOS
Orientador: Prof. Dr. PAULO DE ARAÚJO REGIS

RECIFE

2017

Catalogação na fonte
Bibliotecária: Rosineide Mesquita Gonçalves Luz / CRB4-1361 (BCTG)

G982u Gusmão Filho, Alexandre Buarque de.
Uso da tecnologia BIM na dimensão 5d para planejamento e controle de projetos na construção civil/ Alexandre Buarque de Gusmão Filho – Recife, 2017.
52 f.: il., fig.

Orientador: Prof. Dr. Paulo de Araújo Regis.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Engenharia Civil, 2017.
Inclui Referências.

1. Engenharia Civil. 2. BIM. 3. 5D. 4. Gerenciamento de projetos. 5. Cronograma. 5. Custos. I. Regis, Paulo de Araújo (Orientador). II. Título.

624 CDD (22. Ed.) UFPE/BCTG/2017- 278

ATA DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO PARA CONCESSÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL

CANDIDATO(S): 1 – Alexandre Buarque de Gusmão Filho

BANCA EXAMINADORA:
Orientador: Prof. Dr. Paulo de Araújo Regis
Examinador 1: Priscilla Elisa de Azevedo Basto
Examinador 2: José Camillo Barbosa da Cunha

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Uso da tecnologia BIM na dimensão 5D para planejamento e controle de projetos na Engenharia Civil

LOCAL: Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco
DATA: 24/07/2017 HORÁRIO DE INÍCIO: 14:00.

Em sessão pública, após exposição de cerca de 30 minutos, o(s) candidato(s) foi (foram) arguido(s) oralmente pelos membros da banca com NOTA: 7,56(deixar 'Exame Final', quando for o caso).
1) ( ) aprovado(s) (nota > = 7,0), pois foi demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema da monografia e o texto do trabalho aceito.
As revisões observadas pela banca examinadora deverão ser corrigidas e verificadas pelo orientador no prazo máximo de 30 dias (o verso da folha da ata poderá ser utilizado para pontuar revisões).
O trabalho com nota no seguinte intervalo, **3,0 = < nota < 7,0,** será reapresentado, gerando-se uma nota ata; sendo o trabalho aprovado na reapresentação, o aluno será considerado **aprovado com exame final.**
2) ( ) reprovado(s). (nota <3,0)

Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da banca e pelo(s) candidato(s).

Recife, 24 de julho de 2017

Orientador: .....

Avaliador 1: .....

Avaliador 2: .....

Candidato 1: .....

Candidato 2: .....

DE GUSMÃO FILHO, Alexandre Buarque. (2017). Uso da Tecnologia Bim na Dimensão 5D para Planejamento e Controle de Projetos na Engenharia Civil. Trabalho de Conclusão do Curso, Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental (DECIV), Centro de Tecnologia e Geociências (CTG), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Recife/PE.

RESUMO

O gerenciamento de projetos sempre foi um grande desafio na indústria de construção civil. A deficiência no fluxo de informações, incompatibilidade de projetos e desperdício são problemas frequentes na indústria. É importante que as partes envolvidas estejam em constante comunicação e trabalhem em equipe desde a concepção, para que o trabalho seja entregue de maneira eficiente e precisa. A tecnologia BIM (*Building Information Modeling*, modelagem da informação da construção, em tradução livre) surge como uma ferramenta para revolucionar o modo como os projetos são concebidos e se relacionam entre si, através da modelagem por elementos parametrizados e a cooperação constante entre as equipes de projetistas. Como os projetos são vinculados entre si, qualquer mudança em um modelo é transmitida automaticamente para os demais, de forma que possa ser interpretada e caso seja necessário, os projetos são adaptados à nova realidade. A dimensão 5D em BIM significa a possibilidade de integrar o cronograma e o orçamento ao modelo, e o resultado é a visualização da interação entre o projeto, o tempo, e o custo. Pode-se dizer que o projeto é construído primeiro no ambiente virtual, para então ser construído no ambiente real. Esse trabalho tem como objetivo demonstrar o uso da Plataforma BIM na dimensão 5D e suas vantagens como ferramenta de concepção, gestão e compatibilização de projetos.

Palavras-chave: BIM. 5D. Gerenciamento de projetos. Cronograma. Custo.

DE GUSMÃO FILHO, Alexandre Buarque. (2017). Use of BIM Technology in Dimension 5D for Planning and Control of Projects in Civil Engineering. Final Course Work, Graduation in Civil Engineering, Department of Civil Engineering and Environmental (DECIV), Center of Technology and Geosciences (CTG), Federal University of Pernambuco (UFPE). Recife / PE.

ABSTRACT

The project management has always been a major challenge in the civil construction industry. An inefficient information flow, incompatibility of projects, waste of time and materials are common problems in the industry. It is important that all the parties involved in the project keep the communication flowing and work as team from the design, so the work can be delivered accurately and efficiently. The BIM technology emerges as a tool to take the way projects are designed and interrelated to another level, through parameterized elements design and cooperation among designers. Since the projects are linked, any change in one model automatically reflects on others, so it can be analyzed and the projects can be adapted. The 5D dimension in BIM means the integration of projects, schedule and costs, and the result is the visualization of the project as whole. It can be said that the project is first built on a virtual environment, and then on the real world. This study intends to demonstrate the use of BIM 5D and its advantages as a design and project management tool.

Keywords: BIM. 5D. Project management. Schedule. Costs.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – O que é Bim 10
Figura 2 – BIM 5D – Simulação evolução do projeto com o tempo 13
Figura 3 – Custo das mudanças de projeto 14
Figura 4 – Ambiente de Trabalho do Revit 15
Figura 5 – Elementos Parametrizados 16
Figura 6 – Interface do Microsoft Project 17
Figura 7 – NavisWorks 18
Figura 8 – Grid 20
Figura 9 – Níveis 20
Figura 10 – Vinculo Revit 21
Figura 11 – Parâmetros da Sapata isolada 22
Figura 12 – Modelo Estrutural 23
Figura 13 – Exemplo de incompatibilidade entre projeto de arquitetura e estrutural ... 24
Figura 14 – Tela de edição do elemento parede 25
Figura 15 – Editar Material 26
Figura 16 – Modelo Arquitetônico 27
Figura 17 – Modelo Arquitetônico e Modelo Estrutural 27
Figura 18 – Vinculo Arquitetura 28
Figura 19 – Bacia Sanitária Editável 29
Figura 20 – Propriedades da Família Tubo 30
Figura 21 – Corte projeto hidrossanitario 31
Figura 22 – Alterar Elevação 32
Figura 23 – Modelo Hidrossanitário 32
Figura 24 – Tabelas de Quantitativos 33
Figura 25– Informações de Tarefa 34
Figura 26 – Diagrama de Gantt 35
Figura 27 – Importar Arquivos Revit para NavisWorks 36
Figura 28 – Erro na locação do modelo hidrossanitario 37
Figura 29 – TimeLiner 37
Figura 30 – Field Selector 38
Figura 31 – Cronograma no NavisWorks 39

Figura 32 – Sets **40**
Figura 33 – Auto-Attach **40**
Figura 34 – Rules **41**
Figura 35 – Cronograma Físico Financeiro **42**
Figura 36 – Simulate **42**
Figura 37 – Simulação 25 dias corridos **43**
Figura 38 – Simulação 50 dias corridos **43**
Figura 39 – Simulação 68 dias corridos **43**
Figura 40 – Simulação 81 dias corridos **44**
Figura 41 – Simulação 118 dias corridos **44**
Figura 42 – Simulação 124 dias corridos **45**
Figura 43 – Detalhe Simulação **45**
Figura 44 - Clash Detective **46**
Figura 45 – Teste do Clash Detective **47**
Figura 46 – Conflito Tubulação e viga **48**
Figura 47 – Relatório de conflitos **49**

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 9
1.1 Justificativa e motivação 9
1.2 Objetivos gerais e específicos 9
2 REFERENCIAL TEÓRICO 10
2.1 O que é BIM? 10
2.2 BIM no mundo 11
2.3 IFC - Industry Foundation Classes 11
2.4 BIM versus CAD 12
2.5 BIM em 5D – tempo e custo 12
2.6 Integração de projeto – compatibilização 13
3 MATERIAIS E MÉTODOS 14
3.1 Autodesk Revit Architecture e Revit Structure 14
3.2 Microsoft Project 16
3.3 Autodesk Navisworks 17
4 RESULTADOS ESPERADOS 18
5 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO EXPOSITIVO 19
5.1 Concepção do projeto 19
5.2 Arquivo Guia 19
5.3 Estrutura 21
5.4 Arquitetura 23
5.5 Hidrossanitário 28
5.6 Quantitativos 33
5.7 Planejamento 5D 34
5.8 Navisworks - Compatibilização e BIM 5D 35
5.8.1 Importando projetos 36
5.8.2 BIM 5D 39
5.9 Simulação do acompanhamento 5D 42
5.10 Compatibilização de projetos 46
6 RESULTADO FINAL 50
REFERÊNCIAS 51

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil apresenta grandes problemas envolvendo sua gestão, controle e execução. O fluxo de informação nem sempre ocorre de maneira eficaz, resultando em desperdício de tempo e recursos. A plataforma BIM (Building Information Modeling, ou Modelagem da Informação da Construção) surge como uma solução para os problemas de gestão e acompanhamento de projetos da construção civil. Através da entrada de informações parametrizadas e interdisciplinares se pode entender e avaliar o projeto como um todo de forma eficiente antes mesmo do começo da construção, e realizar uma gestão efetiva durante a execução do projeto.

1.1 Justificativa e motivação

Nos anos de 2014 e 2015 o autor participou do programa Ciências sem Fronteiras na modalidade graduação sanduiche na California State University – Chico. Durante seus estudos nessa instituição, optou por matérias na área de gerenciamento de projetos e gestão da construção e teve contato com diversos métodos e softwares para tal fim, como o Revit, Primavera P6, Bluebeam Revu e OnScreen Take-off. Desde então criou ainda mais interesse nessa área e vê o uso da plataforma BIM como o futuro da gestão de projetos.

Mesmo sendo realidade em países da Europa e Estados Unidos, o uso da modelagem BIM ainda não foi adotado em larga escala da indústria brasileira, sofrendo com barreiras como falta de interesse e conhecimento por parte das empresas. Nesse trabalho de conclusão de curso se pretende fazer uma análise da implementação da modelagem em BIM e realizar um estudo de caso.

1.2 Objetivos gerais e específicos

Este trabalho tem como objetivo geral analisar o uso da tecnologia BIM durante todo o ciclo da construção civil, desde a elaboração do projeto ate o acompanhamento da execução da obra. Os objetivos específicos são: comparativo BIM versus CAD, listar os softwares mais utilizados no mercado, demonstrar as ferramentas e vantagens do uso da modelagem em 5D através do projeto de portaria de um clube residencial de dois pavimentos.

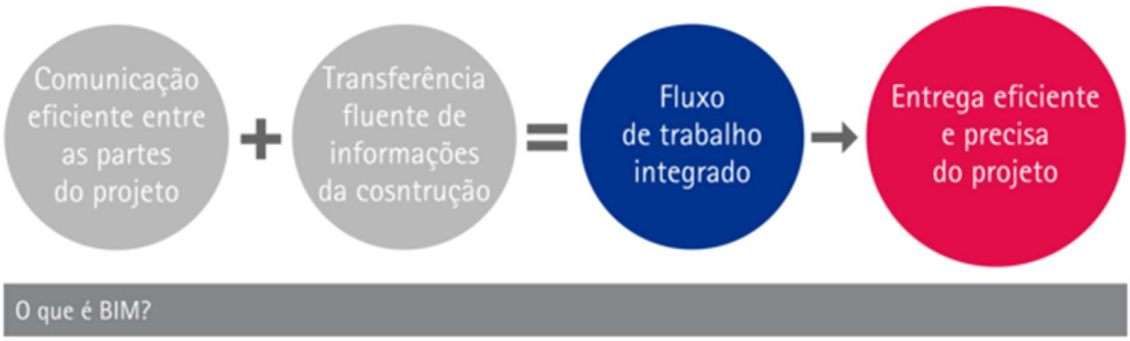
2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O que é BIM?

Em português BIM significa Modelagem da Informação da Construção, ou ainda Gerenciamento da Informação da Construção, uma vez que alguns autores já admitem que o M de BIM signifique Management. Segundo o Manual do BIM "Modelagem da Informação da Construção é um dos mais promissores desenvolvimentos na indústria relacionada à arquitetura, engenharia e construção. Com a tecnologia BIM, um modelo virtual preciso de uma edificação é construído de forma digital. Quando completo, o modelo gerado computacionalmente contem 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.".

A modelagem BIM vai muito além da representação gráfica do projeto, uma vez que a modelagem é baseada em elementos, suas informações e a interação entre eles (figura 1). Com a entrada das informações parametrizadas, pode-se entender o projeto por completo e as vantagens desse fato são inúmeras, desde a visualização de interferência entre diferentes disciplinas ate a quantificação de um determinado elemento ou material através da ferramenta "Schedule". Isso quer dizer que ao modelar um pilar, por exemplo, além das dimensões é possível especificar o tipo de material, fabricante, custos, entre outras informações.

Figura 1 – O que é Bim



Fonte: https://www.tekla.com/br/sobre/o-que-%C3%A9-bim

2.2 BIM no Mundo

- **Estados Unidos**

Em 2006 a General Services Administration (GSA) decretou a obrigatoriedade do uso de BIM na fase de projeto de edifícios públicos. Segundo a SmartMarket Report o uso de BIM nos EUA subiu de 40% em 2009 para 71% em 2012.

- **Reino Unido**

O governo do Reino unido estabeleceu o uso do BIM em todo projeto de construção adquirido por esse. Essa medida tem como principal objetivo reduzir os custos dos projetos em ate 20% e reduzir a emissão de CO2.

- **União Europeia**

14 países da União Europeia se reuniram oficialmente em 2016 e formaram o Grupo de Trabalho EU BIM TASK GROUP, com intuito de incentivar o uso de BIM na administração publica.

- **Hong Kong**

Desde 2014 a Hong Kong Housing Authority exige o uso de BIM em todos os projetos.

- **Holanda**

O Dutch Ministry of the Interior (RGD) estabelece a obrigatoriedade do uso de BIM na manutenção de grandes projetos.

- **Chile**

Desde 2011 o Ministerio de obras publicas exige a modelagem em BIM para as licitações de hospitais.

2.3 IFC - Industry Foundation Classes

Os softwares BIM disponíveis no mercado desenvolveram seus modelos de dados de edifícios sobre suas plataformas originais, em formato proprietário, ou seja, não é possível o compartilhamento de informação entre softwares sem o uso de um “tradutor”. A concepção do IFC - Industry Foundation Classes surgiu com a ideia de se criar um banco de dados com protocolo aberto com intuito de possibilitar a troca de informação entre os diferentes softwares BIM, promovendo a interoperabilidade.

2.4 BIM versus CAD

O CAD 2D ou Computer Aided Design em duas dimensões é uma evolução em relação a representação gráfica manual, facilitando o trabalho de arquitetos e engenheiros. Apesar de ainda ser o método mais utilizado no Brasil para representação gráfica, o CAD não se diferencia conceitualmente do desenho mão, apresentando o projeto através de linhas sem informação, sendo necessária a consulta e interpretação de outros documentos para o entendimento do projeto, o que muitas vezes gera falha no fluxo de informação e na compatibilização das disciplinas do projeto. Com o uso da ferramenta BIM e das informações parametrizadas dessa plataforma, a integração entre os projetos é mais eficiente e os erros de interpretação são reduzidos.

2.5 BIM em 5D – Tempo e Custo

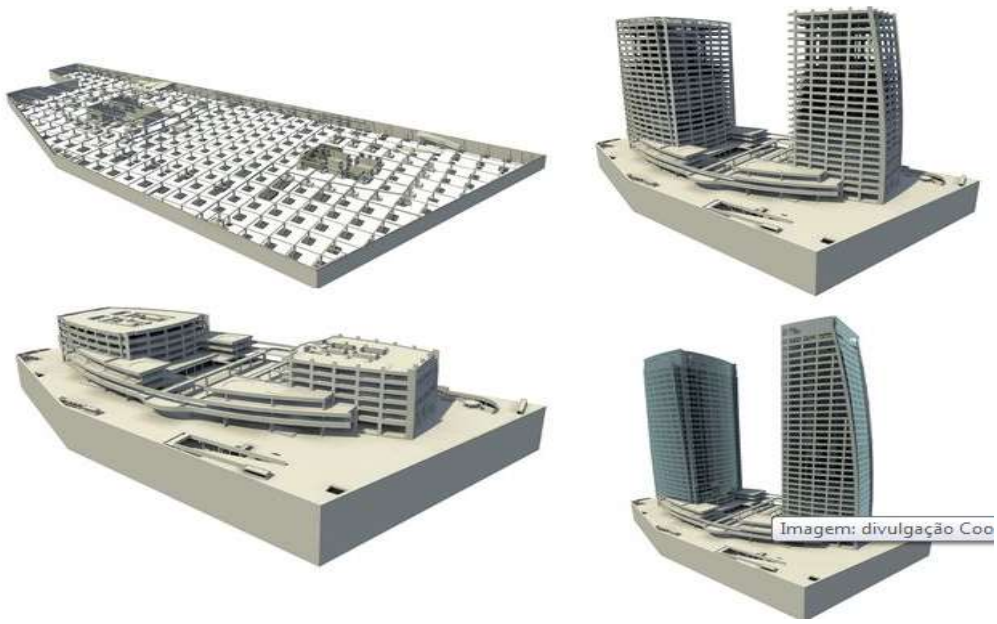
Na dimensão 5D se acrescenta o tempo (4D) e custo ao modelo. A partir da estimativa de duração das atividades, utilizando informações de produtividade e logística, é possível criar uma sequência lógica de execução das tarefas e elaborar um cronograma físico financeiro de projeto e a visualização em tempo real do desenvolvimento físico no modelo BIM (figura 2).

O gerenciamento de projeto consiste da utilização de conhecimento, técnicas, ferramentas e habilidades com intuito de controlar e entregar um projeto de forma eficiente, dentro de metas estabelecidas. Através da integração de um cronograma ao modelo, esse processo se torna mais eficaz, sendo possível acompanhar a evolução física da construção antes mesmo da execução, e o acompanhamento em tempo real da obra.

Entre as vantagens do uso do BIM em 5D pode-se citar:

- Melhor controle de produção
- Visualizar em tempo real o desenvolvimento da obra
- Identificar problemas e interferências antes e durante da execução
- Gerenciar as disciplinas de projeto
- Reduzir os custos
- Aumentar a produtividade

Figura 2 - BIM 5D – Simulação evolução do projeto com o tempo



Fonte: http://techne.pini.com.br/

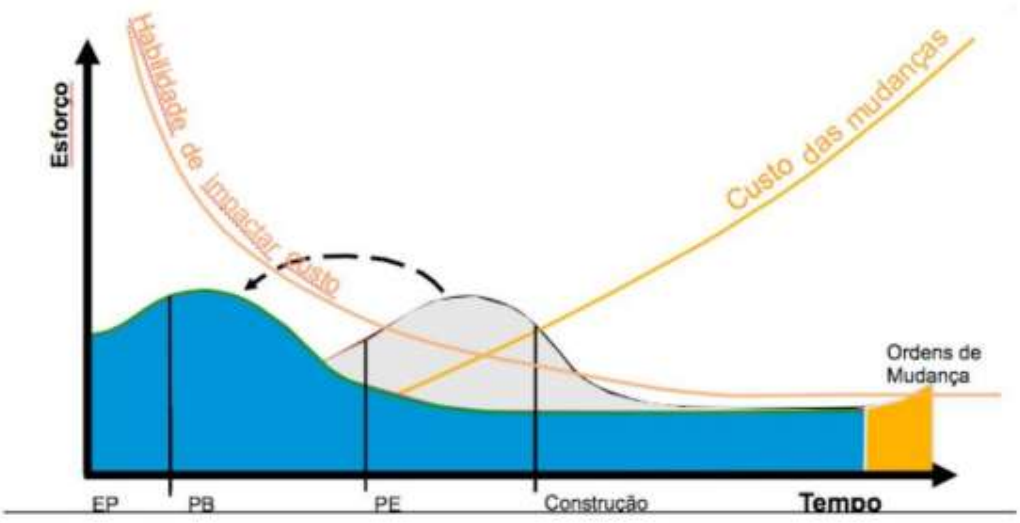
2.6 Integração de Projeto – Compatibilização

No método tradicional de desenvolvimento de projeto, via representação gráfica em CAD2D, os problemas de compatibilização muitas vezes só são percebidos apenas em campo, durante a fase de execução, causando atrasos e onerando os custos da construção. Segundo Farinha (2012), tempo e custo são os fatores que mais impactam na execução de um projeto.

Um dos pontos fortes da modelagem em BIM é a possibilidade de integrar os diversos projetos de uma construção na mesma plataforma de forma precisa e eficaz, entre eles o projeto arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico. A exibição do projeto em 3D, a entrada de informações parametrizadas dos elementos da construção e a possibilidade de criar um modelo virtual com todos os projetos integrados, permite a visualização de como o modelo funciona como um todo, deixando evidente a integração e as possíveis interferências de sistemas do projeto.

Segundo Justi (2008) os custos com erros de projeto chegam a 200 bilhões de dólares na indústria americana. Com a observação de erros e interferências antes de fase de construção, é possível reduzir custo e tempo de obra (figura 3), aumentando também a qualidade da execução do empreendimento.

Figura 3 - Custo das mudanças de projeto



Fonte: Delatorre, 2012

3 MATERIAIS E MÉTODOS

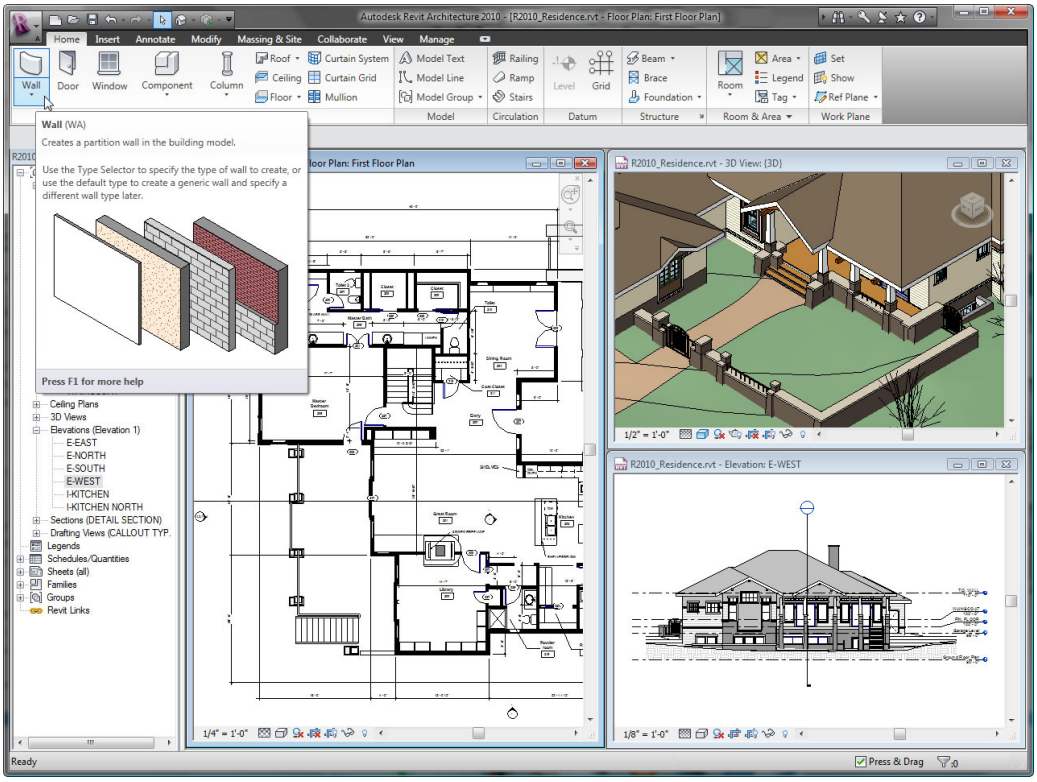
Para o desenvolvimento do projeto expositivo desse Trabalho de Conclusão de Curso serão utilizados os seguintes programas:

3.1 Autodesk Revit Architecture e Revit Structure

O *software* Revit é hoje o software BIM mais utilizado no mundo, principalmente devido a publicidade desenvolvida pela Autodesk, que também é a empresa responsável pelo AutoCAD. A escolha desse software também se deve ao autor ser familiar com o programa, pois conheceu e aprendeu a utiliza-lo durante seus estudos na *California State University*.

No Revit o modelo pode ser acessado por diversos usuários, e o desenvolvimento do projeto é feito de forma conjunta. O trabalho é realizado de maneira coordenada, e qualquer mudança é automaticamente atualizada no modelo central, alterando o projeto como um todo. Dessa maneira é possível visualizar conflitos e interações entre os projetos de forma eficiente, aumentando a produtividade e a qualidade do trabalho. Na figura 4 é mostrado o ambiente de trabalho do Revit.

Figura 4 – Ambiente de Trabalho do Revit

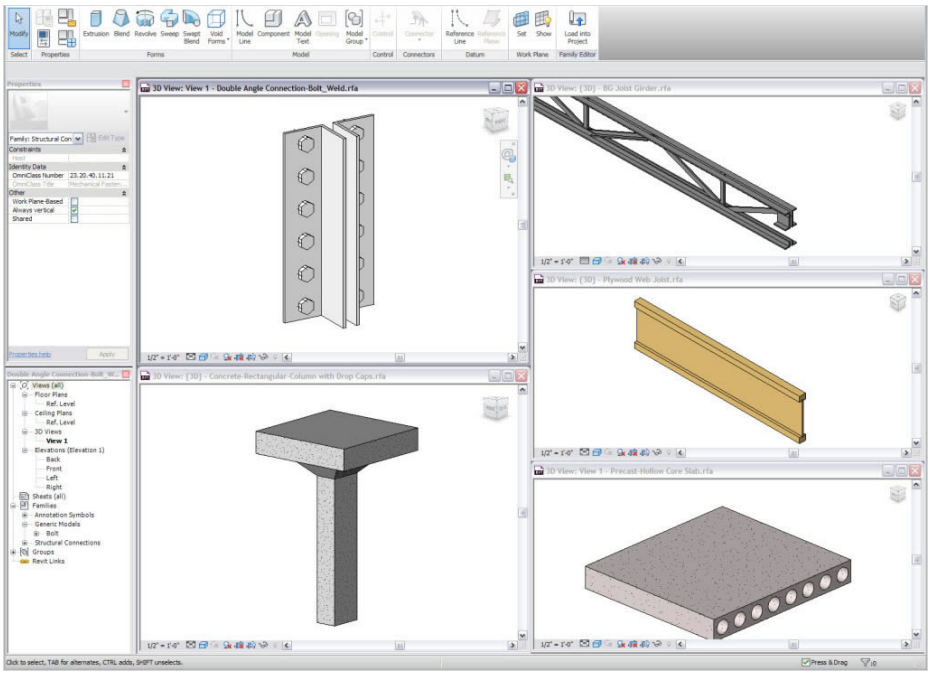


Fonte:http: //www.capitalteresina.com.br/

Uma das principais vantagens desse *software* é a facilidade de extração de elementos gráficos, como cortes, elevações e perspectivas e de documentos (quantitativos e especificações) instantaneamente. Essas ferramentas maximizam a produção de projeto, e são ainda mais necessárias em projetos de grande porte, onde há grande quantidade de informação.

A modelagem é feita com base nos componentes paramétricos (figura 5), que são organizados em famílias. As famílias são um grupo de elementos com um conjunto de propriedades, ou parâmetros, e com representação gráfica. O Revit já vem com um conjunto de famílias, mas é possível a alteração e criação de novos grupos. Alguns fabricantes oferecem famílias de seus produtos para download, como a Tigre e a Amanco.

Figura 5 – Elementos Parametrizados



Fonte: www.autodesk.com.br

O Revit ainda fornece quantitativos precisos dos elementos da construção de maneira simples e eficiente, o que representa uma redução significante de tempo e gastos com essa tarefa. Como exemplo pode-se citar os cálculos de volumes de concreto, de escavação, quantidade de telhas e tijolos, comprimento de tubulação, ferragem, etc. Esses dados são usados para a elaboração de orçamentos e para o planejamento da obra ainda na fase da pré-execução.

3.2 Microsoft Project

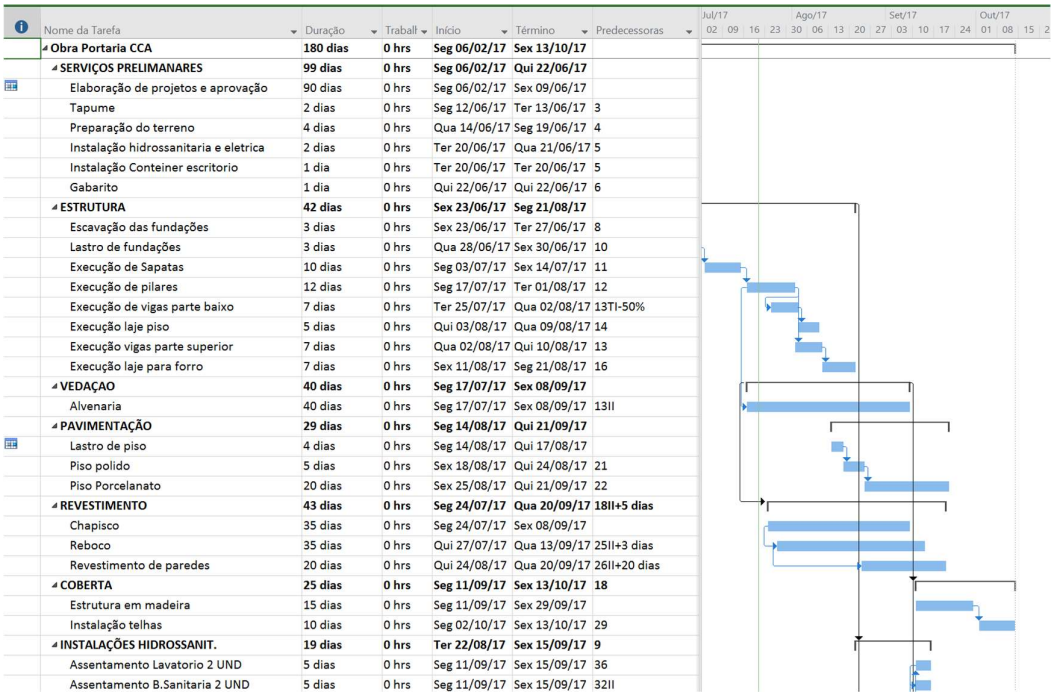
O Microsoft Project (figura 6) é a ferramenta muito potente, fácil de usar e acessível para o gerenciamento, avaliação e controle de projetos. O programa oferece uma solução única para gerenciar projetos de qualquer porte com ilimitada entrada de recursos e de objetivos.

Entre as funcionalidades do *software* estão:

- Balancear os recursos disponíveis;
- Planejar, fazer cronogramas e coordenar os projetos;
- Alocar os recursos de maneira efetiva;

- Rastrear o progresso da obra;
- Monitorar e visualizar o desempenho de execução em relação ao planejado.
- Conduzir analise de simulação e de planos alternativos.

Figura 6– Interface *do Microsoft Project*



Nome da Tarefa	Duração	Trabalh	Início	Término	Predecessoras
Obra Portaria CCA	**180 dias**	**0 hrs**	**Seg 06/02/17**	**Sex 13/10/17**	
SERVIÇOS PRELIMANARES	**99 dias**	**0 hrs**	**Seg 06/02/17**	**Qui 22/06/17**	
Elaboração de projetos e aprovação	90 dias	0 hrs	Seg 06/02/17	Sex 09/06/17	
Tapume	2 dias	0 hrs	Seg 12/06/17	Ter 13/06/17	3
Preparação do terreno	4 dias	0 hrs	Qua 14/06/17	Seg 19/06/17	4
Instalação hidrossanitaria e eletrica	2 dias	0 hrs	Ter 20/06/17	Qua 21/06/17	5
Instalação Conteiner escritorio	1 dia	0 hrs	Ter 20/06/17	Ter 20/06/17	5
Gabarito	1 dia	0 hrs	Qui 22/06/17	Qui 22/06/17	6
ESTRUTURA	**42 dias**	**0 hrs**	**Sex 23/06/17**	**Seg 21/08/17**	
Escavação das fundações	3 dias	0 hrs	Sex 23/06/17	Ter 27/06/17	8
Lastro de fundações	3 dias	0 hrs	Qua 28/06/17	Sex 30/06/17	10
Execução de Sapatas	10 dias	0 hrs	Seg 03/07/17	Sex 14/07/17	11
Execução de pilares	12 dias	0 hrs	Seg 17/07/17	Ter 01/08/17	12
Execução de vigas parte baixo	7 dias	0 hrs	Ter 25/07/17	Qua 02/08/17	13TI-50%
Execução laje piso	5 dias	0 hrs	Qui 03/08/17	Qua 09/08/17	14
Execução vigas parte superior	7 dias	0 hrs	Qua 02/08/17	Qui 10/08/17	13
Execução laje para forro	7 dias	0 hrs	Sex 11/08/17	Seg 21/08/17	16
VEDAÇAO	**40 dias**	**0 hrs**	**Seg 17/07/17**	**Sex 08/09/17**	
Alvenaria	40 dias	0 hrs	Seg 17/07/17	Sex 08/09/17	13II
PAVIMENTAÇÃO	**29 dias**	**0 hrs**	**Seg 14/08/17**	**Qui 21/09/17**	
Lastro de piso	4 dias	0 hrs	Seg 14/08/17	Qui 17/08/17	
Piso polido	5 dias	0 hrs	Sex 18/08/17	Qui 24/08/17	21
Piso Porcelanato	20 dias	0 hrs	Sex 25/08/17	Qui 21/09/17	22
REVESTIMENTO	**43 dias**	**0 hrs**	**Seg 24/07/17**	**Qua 20/09/17**	**18II+5 dias**
Chapisco	35 dias	0 hrs	Seg 24/07/17	Sex 08/09/17	
Reboco	35 dias	0 hrs	Qui 27/07/17	Qua 13/09/17	25II+3 dias
Revestimento de paredes	20 dias	0 hrs	Qui 24/08/17	Qua 20/09/17	26II+20 dias
COBERTA	**25 dias**	**0 hrs**	**Seg 11/09/17**	**Sex 13/10/17**	**18**
Estrutura em madeira	15 dias	0 hrs	Seg 11/09/17	Sex 29/09/17	
Instalação telhas	10 dias	0 hrs	Seg 02/10/17	Sex 13/10/17	29
INSTALAÇÕES HIDROSSANIT.	**19 dias**	**0 hrs**	**Ter 22/08/17**	**Sex 15/09/17**	**9**
Assentamento Lavatorio 2 UND	5 dias	0 hrs	Seg 11/09/17	Sex 15/09/17	36
Assentamento B.Sanitaria 2 UND	5 dias	0 hrs	Seg 11/09/17	Sex 15/09/17	32II

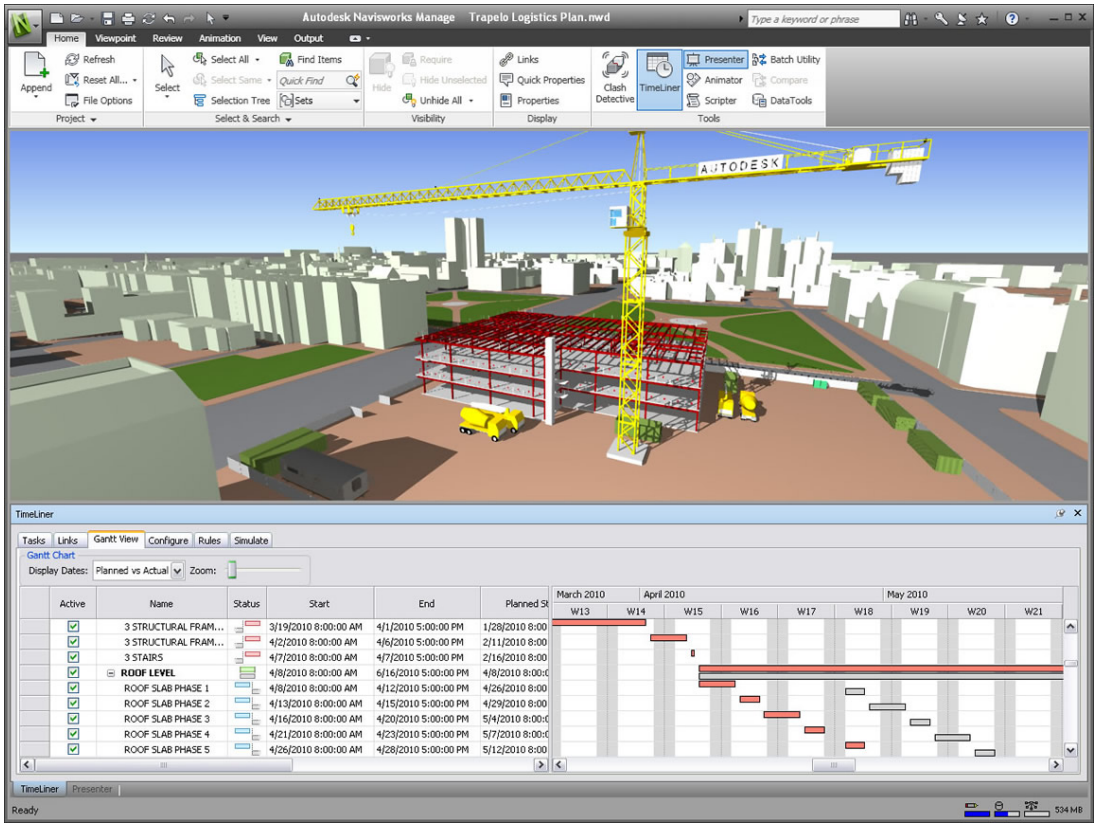
Fonte: O autor (2017)

3.3 AutoDesk NavisWorks

Segundo a AutoDesk "O software de análise de projetos Navisworks® permite que profissionais de arquitetura, engenharia e construção possam rever de forma holística os modelos e dados integrados com os interessados para obter um melhor controle sobre os resultados dos projetos."

O NavisWorks permite a integração do modelo e do cronograma a partir da importação do modelo gerado no Revit e do cronograma do Project. Depois de importados, os objetos parametrizados são relacionados a cada atividade do cronograma, tornando possível a visualização da sequência das etapas da construção (imagem 7).

Figura 7 - NavisWorks



Fonte: http://damassets.autodesk.net/

É possível gerar imagens e relatórios especificando datas no programa, gerar um *time-lapse* das etapas da construção, possibilitando o gerenciamento e controle do projeto durante mesmo antes da execução. A integração no NavisWorks oferece muitas possiblidades e analises importantes que fogem desse escopo de trabalho, sendo relevante para este apenas a analise 5D do projeto.

4 RESULTADOS ESPERADOS

Devido aos problemas enfrentados na indústria da construção civil por falhas na gestão e coordenação de projetos, esse trabalho tem como finalidade demonstrar as vantagens e dificuldades da implementação do BIM 5D, através da modelagem de um projeto em execução. Serão analisados as ferramentas e os recursos dos *softwares* citados, e como eles podem melhorar todo o ciclo de uma construção, desde a fase de concepção ate o fim da execução.

5 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO EXPOSITIVO

Com o objetivo de demonstrar as utilidades e o funcionamento do uso da tecnologia BIM foi desenvolvido um modelo de uma portaria de um condomínio, paralelamente a sua execução em Camaragibe, PE. A obra trata-se de uma construção de 307 m2 em dois pavimentos (térreo e primeiro andar).

O autor que trabalha como auxiliar de engenharia na obra, e participou de todas as etapas do projeto desde antes da liberação das licenças, foi responsável pelo gerenciamento da obra, elaboração de cronograma físico-financeiro, compras e execução. Dessa forma o autor pôde aplicar na prática o conceito BIM e identificar as vantagens e desvantagens de sua aplicação.

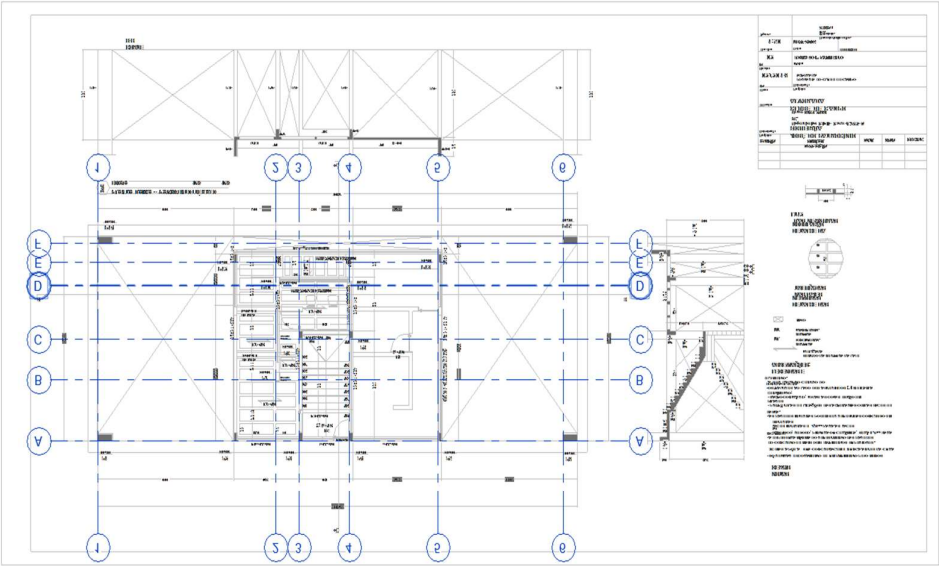
5.1 Concepção do projeto

As plantas de projeto desse empreendimento foram elaboradas em AutoCAD 2D e nessa simulação foi feita a transcrição e modelagem para o formato rvt no software Autodesk Revit. Apesar do ideal ser a concepção de todos os projetos desde do início de forma integrada utilizando a tecnologia BIM, a transcrição dos projetos a partir de plantas 2D é o que mais se observa na prática atual no Brasil.

5.2 Arquivo Guia

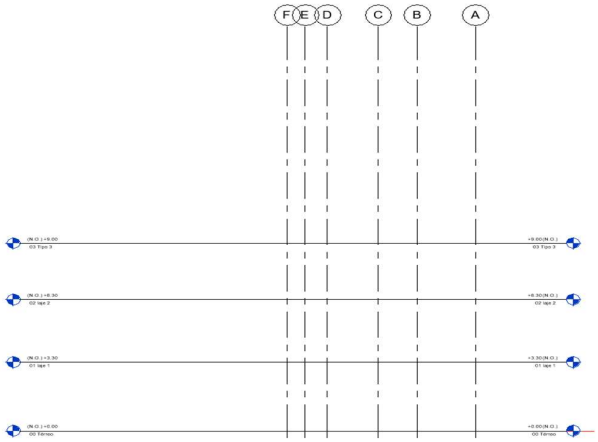
Primeiramente foi criado um Arquivo Guia no Revit, que serviu de referência para a demais modelagens. Foi definido que o projeto estrutural serviria de base para a transcrição dos demais projetos, uma vez que se fossem necessários ajustes na obra, esses seriam nos projetos arquitetônicos e complementares. Portanto, a planta de forma do primeiro pavimento foi importada e a partir dela foram trançados os níveis e eixos (grids) de referência nos pilares do projeto (figuras 8 e 9).

Figura 8 - Grid



Fonte: O autor (2017)

Figura 9 - Níveis

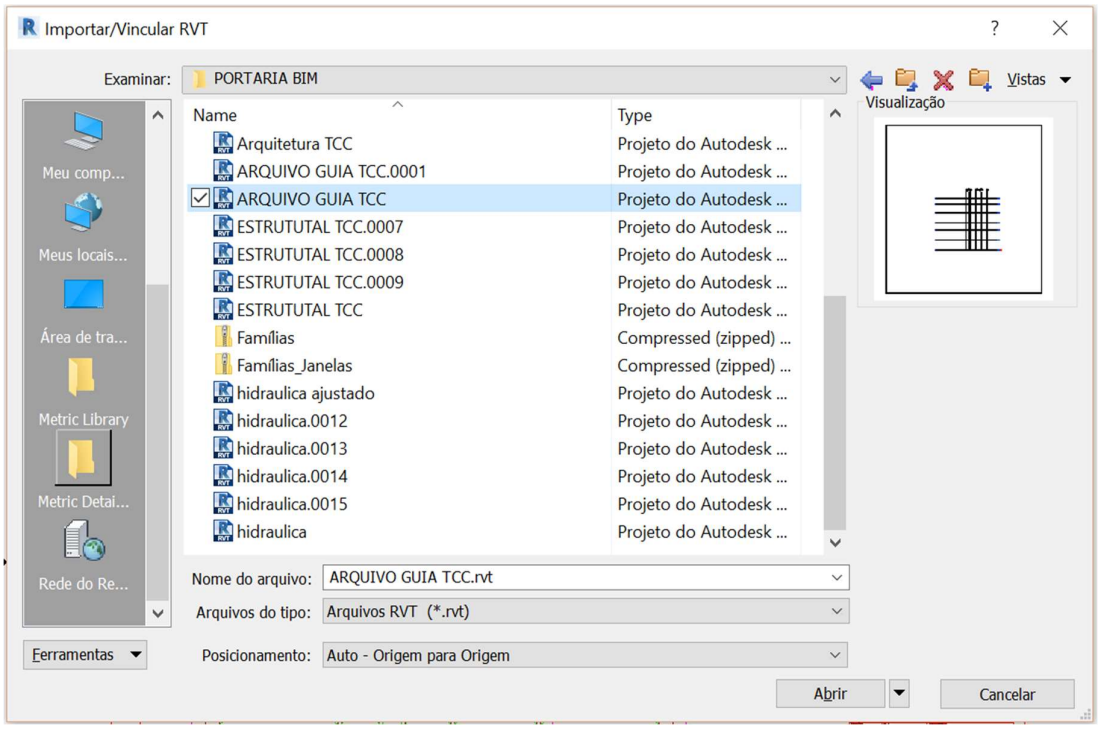


Fonte: O autor (2017)

5.3 Estrutura

Para a modelagem da estrutura um novo arquivo foi criado utilizando um template estrutural já configurado. Nesse novo projeto importou-se o Arquivo Guia como vinculo (figura 10), de forma que qualquer mudança no arquivo vinculado é transmitida automaticamente para o modelo.

Figura 10 – Vinculo Revit



Fonte: O autor (2017)

Não é possível modificar vínculo no projeto hospedeiro, apenas move-lo como um todo. Para que se possa trazer as referências para o arquivo que se está trabalhando é necessário que se copie os elementos através da opção “copiar e monitorar”. Dessa forma se copia os níveis e são criadas as plantas correspondentes no modelo.

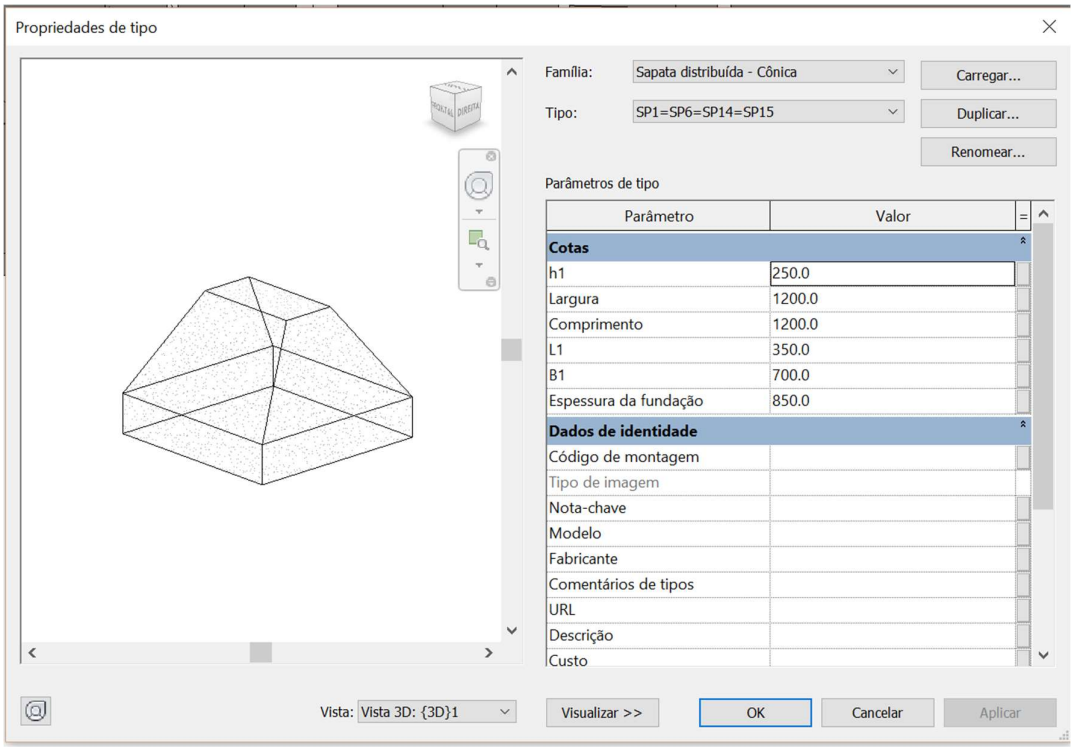
Definidas as cotas e os eixos do projeto, as plantas estruturais foram importadas nos níveis correspondentes e locadas de acordo com o grid de referência. Depois as sapatas, os pilares, as vigas e as lajes foram modeladas e nomeadas, de acordo com a respectiva descrição.

No Revit cada parâmetro possui sua própria identidade e propriedades associadas, e a interação entre os elementos modelados se dá automaticamente. Em outras palavras, é como se a execução da obra acontecesse primeiro no ambiente virtual.

Ao modificar um elemento é necessário duplicá-lo antes, caso contrário toda família será alterada. Esse procedimento vale para todos elementos, como esquadrias, paredes, pisos, pilares, vigas, tubulações, etc.

Para a modelagem das sapatas, por exemplo, foi definido as dimensões, a cota de base e topo, o material e o nome. Primeiro a família de sapatas cônicas foi carregada no projeto (1), a opção editar tipo selecionada (2), duplica-se a entidade e a nomeia (3), e então as propriedades foram modificadas (figura 11). Pode-se ainda fazer o detalhamento das armaduras, mas no caso desse trablho, como o quadro resumo já consta nas plantas, o autor optou por não modelar.

Figura 11 –Parâmetros da Sapata isolada



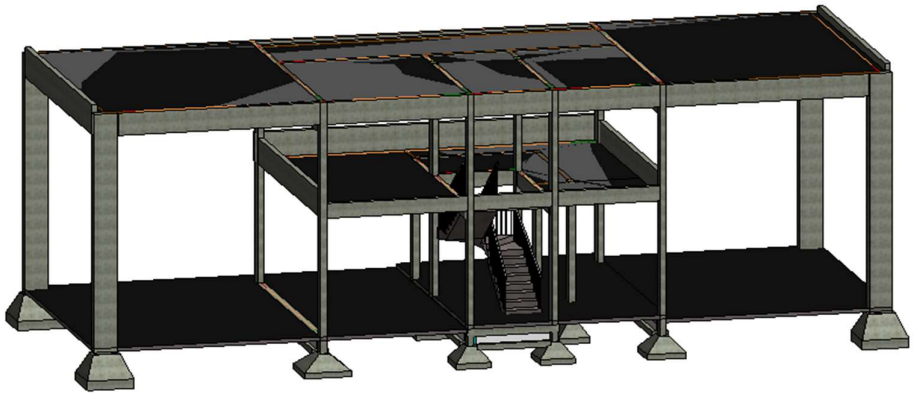
Fonte: O autor (2017)

Os demais elementos estruturais também foram criados e nomeados de acordo com o projeto de estruturas. Como resultado é possível identificar cada elemento e a interação deles com os demais.

Apesar de no projeto original as lajes serem do tipo nervurada, o autor optou por modela-las como maciças com intuito de facilitar a modelagem. É possível encontrar *templates* com essas lajes já configuradas ou usuário pode criá-las ele mesmo. A possibilidade de criação de elementos no Revit é praticamente ilimitada, e depende basicamente das habilidades do usuário.

Na figura 12, é apresentado o projeto estrutural modelado no Revit.

Figura 12 –Modelo Estrutural



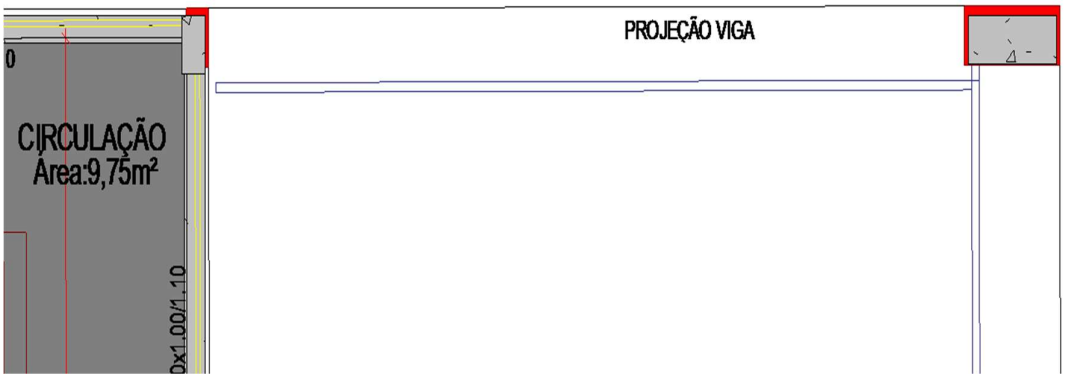
Fonte: O autor (2017)

5.4 Arquitetura

Como os projetos já tinham sido elaborados de forma separada, em campo se deu prioridade ao projeto estrutural e o arquitetônico seria modificado se houvesse a necessidade. Para a modelagem dos projetos a mesma lógica foi respeitada.

Com o arquivo do modelo de arquitetura criado, foi feito um vínculo com o modelo estrutural e as plantas de arquitetura foram importadas para os níveis correspondentes e alinhadas com os pilares. Dessa forma observou-se que os projetos arquitetônico e estrutural não correspondiam perfeitamente (figura 13), e adaptou-se a arquitetura.

Figura 13 – Exemplo de incompatibilidade entre projeto de arquitetura e estrutural



Fonte: O autor (2017)

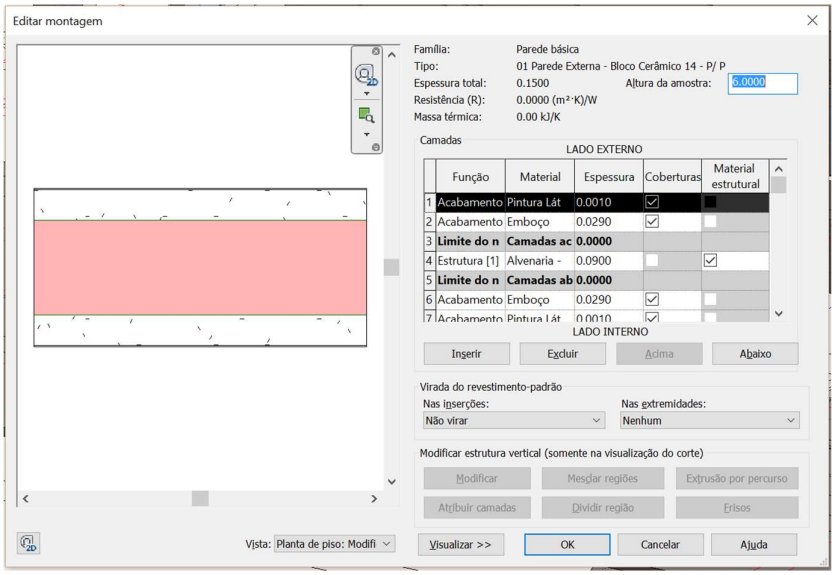
Antes de importar um arquivo CAD para o Revit, é importante conferir as escalas e o posicionamento da planta no modelo. É possível ainda definir quais camadas serão importadas, a orientação na vista, e o nível que a planta será locada.

A modelagem foi feita nível a nível, transcrevendo a planta baixa. Os parâmetros no Revit são editáveis e carregáveis, o que dá ao usuário a possibilidade de criar e adaptar os itens de acordo com a sua necessidade, podendo ainda escolher entro os elementos nativos do programa ou de bibliotecas externas. O grau de detalhamento dos itens fica a critério das necessidades do usuário.

Com o arquivo já configurado e planta locada, foram lançadas as alvenarias. Foi escolhida uma família nativa para ser duplicada e configurada de acordo com o projeto, respeitando a espessura e materiais. A parede é modelada em cima de um nível base seguindo um eixo, e é definida a altura ou restrição superior (conexão com outro nível).

As paredes são divididas em núcleo, lado externo e lado interno (figura 14). Para cada uma dessas partes é definido o tipo de material e espessura correspondente. No caso do elemento parede externa, o núcleo é constituído de alvenaria 0,09 cm e os lados internos e externos de uma camada de emboço e uma camada de pintura látex.

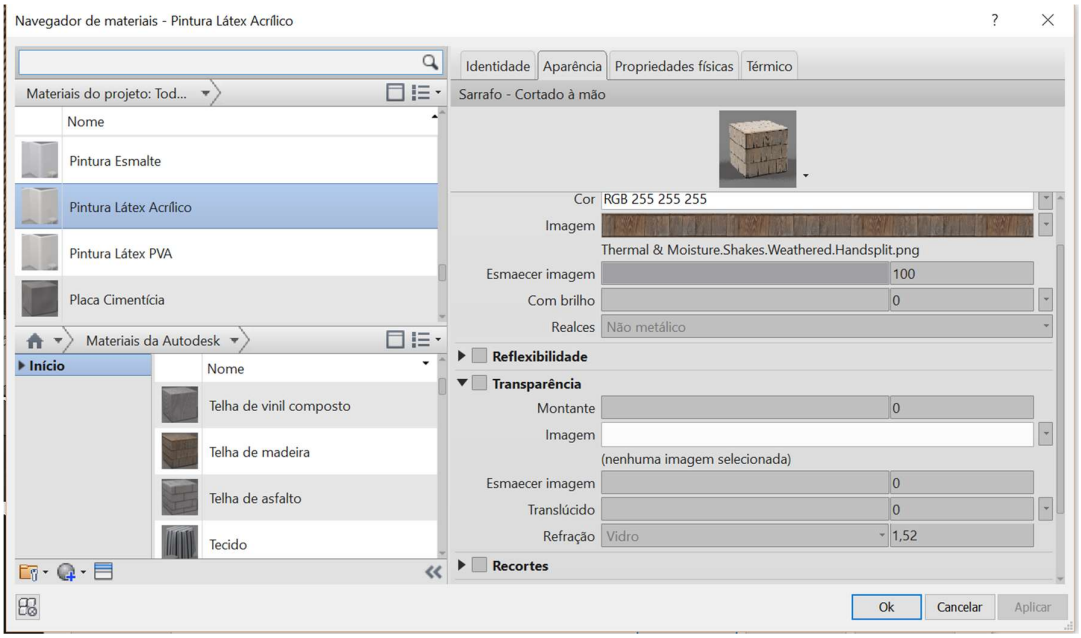
Figura 14– Tela de edição do elemento parede



Fonte: O autor (2017)

É possível ainda editar o tipo de material e os parâmetros associados como características físicas, cor, aparência, entre outras tantas propriedades dos materiais (figura 15). A riqueza de detalhes e possibilidades da tecnologia BIM reflete numa modelagem fiel a realidade.

Figura 15 – Editar Material



Fonte: O autor (2017)

Os painéis de vidro não são modelados como janela, e a solução encontrada pelo autor foi a utilização da família de paredes Parede Cortina. Foi criada uma nova família chamada Vidro Blindado, e os painéis de vidro foram modelados recortando e ajustando as paredes de alvenaria. Esse método demonstrou-se ser bastante trabalhoso, e só foi utilizado porque não foi localizada nenhuma família de janela que servisse a esse propósito.

Depois das paredes modeladas, foram lançadas as portas. O Revit dispõe de famílias de esquadrias para janelas e portas, e essas se conectam automaticamente ao hospedeiro parede, bastando apenas aproximar o cursor do mouse do elemento. Assim como outros itens, é possível encontrar esquadrias configuradas pelos próprios fabricantes ou terceiros para download.

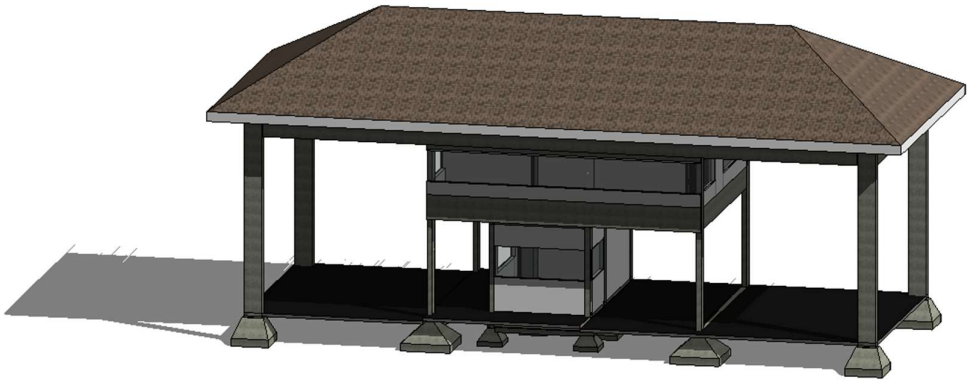
Para inserção do telhado, o template utilizado já apresentava uma família de coberta com telhas cerâmicas. É recomendado que antes de começar qualquer projeto se configure o template ou utilize algum já configurado que atenda as necessidades do usuário. O método de

modelagem do telhado foi o de perímetro e foi definido o beiral de um metro. O madeiramento do telhado não foi modelado.

Para a modelagem dos pisos em porcelanato foi utilizada a ferramenta Piso Arquitetônico, na aba Arquitetura. Essa família foi modelada traçando polígonos linha a linha ou selecionado linhas já existentes.

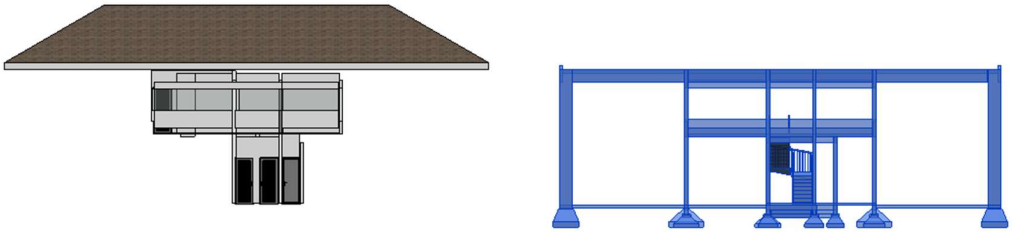
Por último foram lançados os acessórios sanitários em suas devidas posições para posterior modelagem do sistema hidrossanitario. Dessa forma, o modelo de arquitetura foi concluído (figuras 16 e 17).

Figura 16 - Modelo Arquitetônico



Fonte: O autor (2017)

Figura 17 – Modelo Arquitetônico e Modelo Estrutural



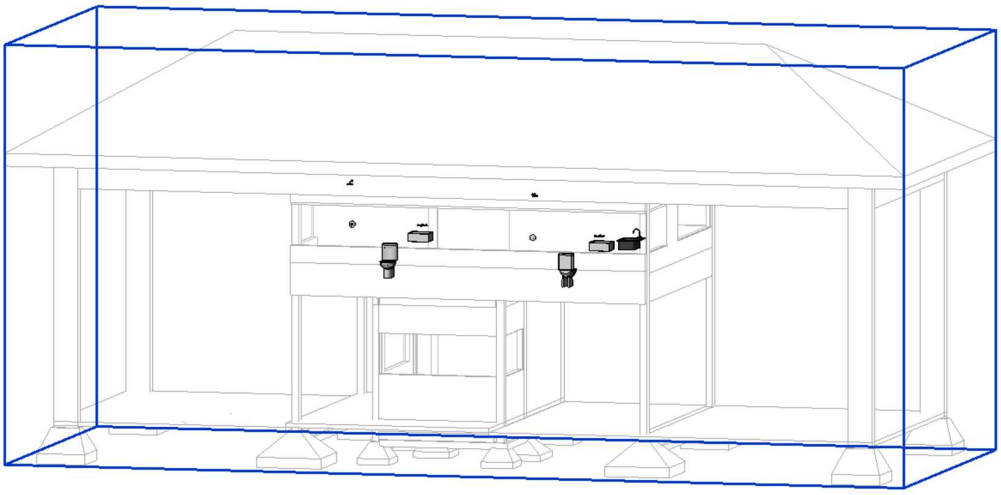
Fonte: O autor (2017)

5.5 Hidrossanitário

Para exemplificar a modelagem dos projetos complementares, foi escolhido o projeto hidrossanitário. De forma similar ao que foi realizado anteriormente, primeiramente foi criado um novo projeto, dessa vez utilizando um template hidrossanitario, e foi inserido um vínculo com o projeto arquitetônico, as plantas da disciplina foram importadas e locadas tomando como referência o vínculo.

Como observado na Figura 18, os aparelhos sanitários aparecem em destaque no arquivo vinculado. No Revit MEP, que é a extensão utilizada para modelagem de sistemas prediais, esses elementos apresentam a propriedade de se conectar as tubulações correspondentes de água e esgoto.

Figura 18 - Vinculo Arquitetura

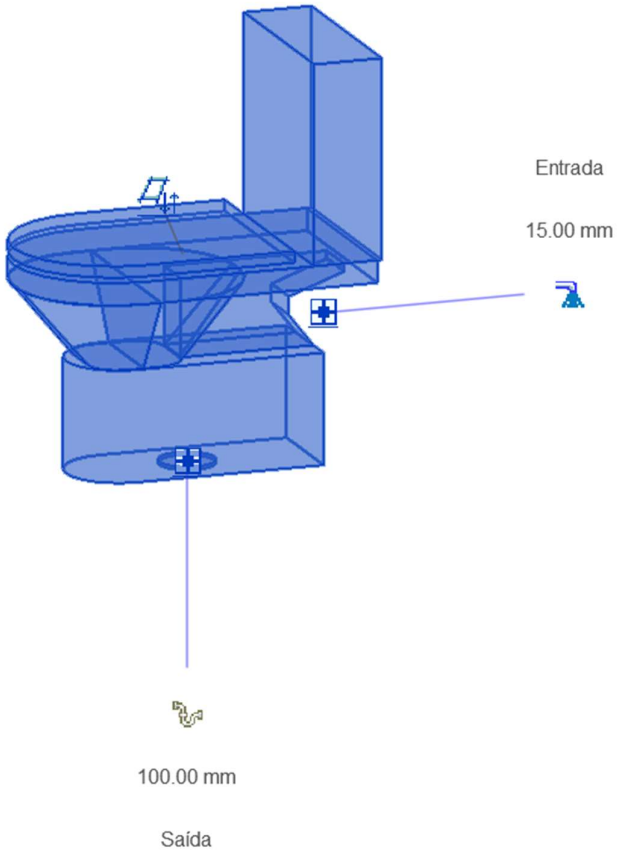


Fonte: O autor (2017)

Entretanto antes de iniciar o traçado é necessário trazer os elementos do vínculo para o modelo. Isso se faz utilizando a opção Copiar/Monitorar no menu Colaborar, o que torna os elementos selecionados no vinculo editáveis no projeto hospedeiro.

Depois de inseridos todos os aparelhos sanitários, torneiras, etc., se inicia o traçado das tubulações a partir desses. Quando se clica no equipamento aparecem as opções de saída e entrada de água (figura 19) então se clica na saída ou entrada de agua e a tubulação correspondente é selecionada automaticamente e para se iniciar o traçado.

Figura 19 - Bacia Sanitária Editável

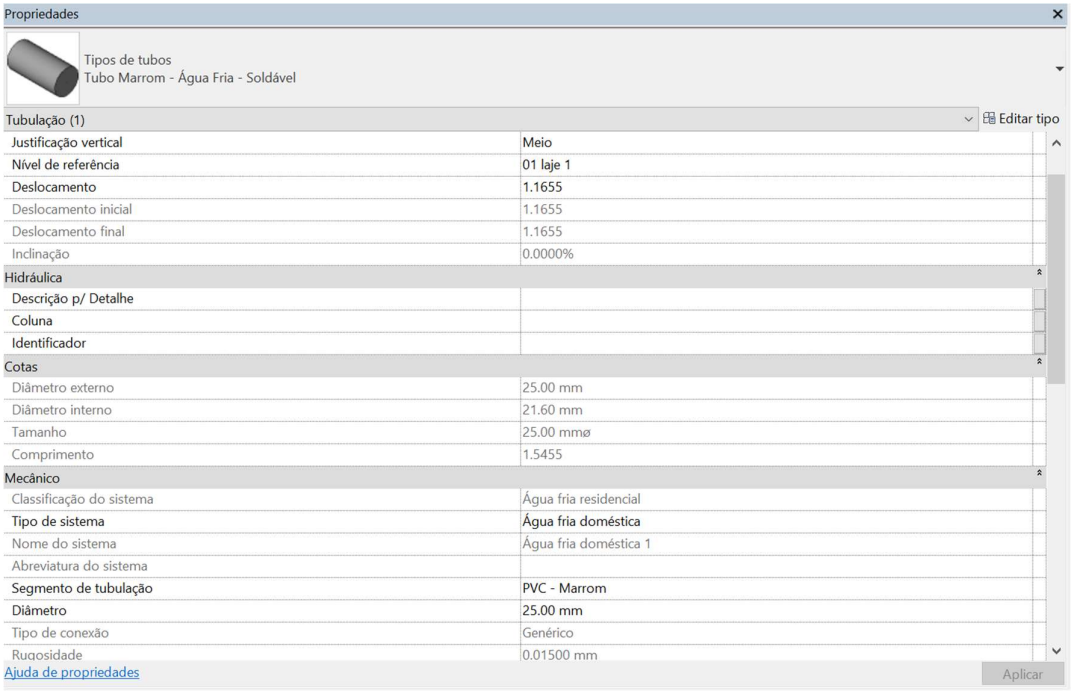


Fonte: O autor (2017)

A modelagem dos projetos de água e esgoto foi feita no mesmo arquivo, de forma que os sistemas se relacionem no mesmo projeto e seja feita a devida compatibilização entre eles, uma vez que eles são inter-relacionados.

Apesar do Revit já apresentar famílias de tubulação nativas, empresas como a Tigre possuem bibliotecas de famílias e permitem seu download. O *template* utilizado já apresentava essas famílias carregadas (Figura 20).

Figura 20 - Propriedades da Família Tubo

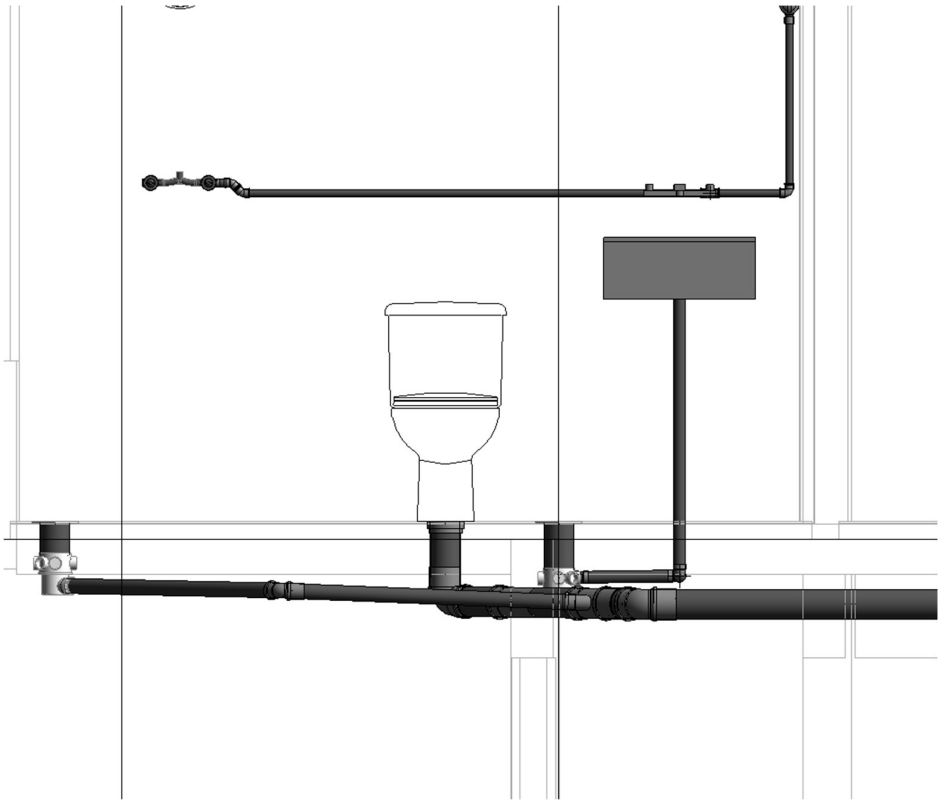


Fonte: O autor (2017)

Ao se traçar a tubulação, os conectores são inseridos automaticamente a medida que há mudança de direção ou conexão com peças. Apesar de automatizar parte do processo, ainda é necessário a revisão e correção por parte do usuário.

O traçado do projeto de esgoto é notavelmente mais trabalhoso do que o de água fria e quente. Diferente do modelo em 2D, a informação sobre inclinação dos tubos não é apenas um detalhe escrito, e influencia diretamente o traçado e conexões, como pode ser observado na Figura 21. Quando se define a declividade de um tubo, é pouco provável que é ele vai chegar na conexão ou peça sanitária com a cota exata.

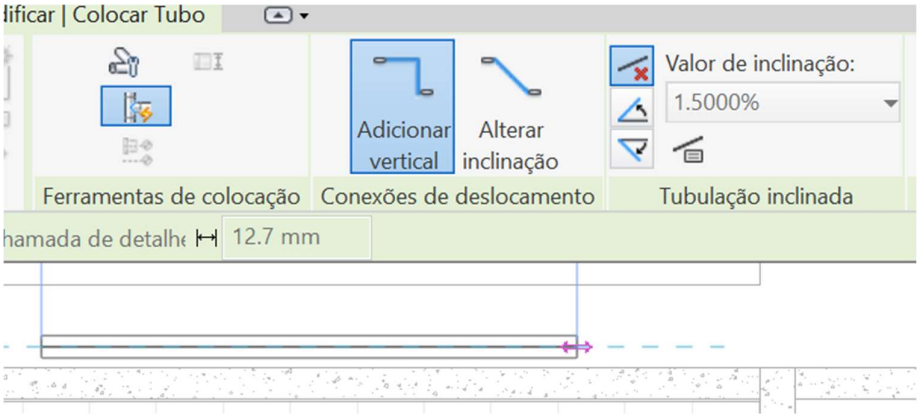
Figura 21 - Corte projeto hidrossanitario



Fonte: O autor (2017)

Para que o encaixe ocorra é necessário deixar a opção alterar a inclinação ativada (Figura 22) e tentar o encaixe algumas vezes ou até mesmo mudar o traçado da tubulação.

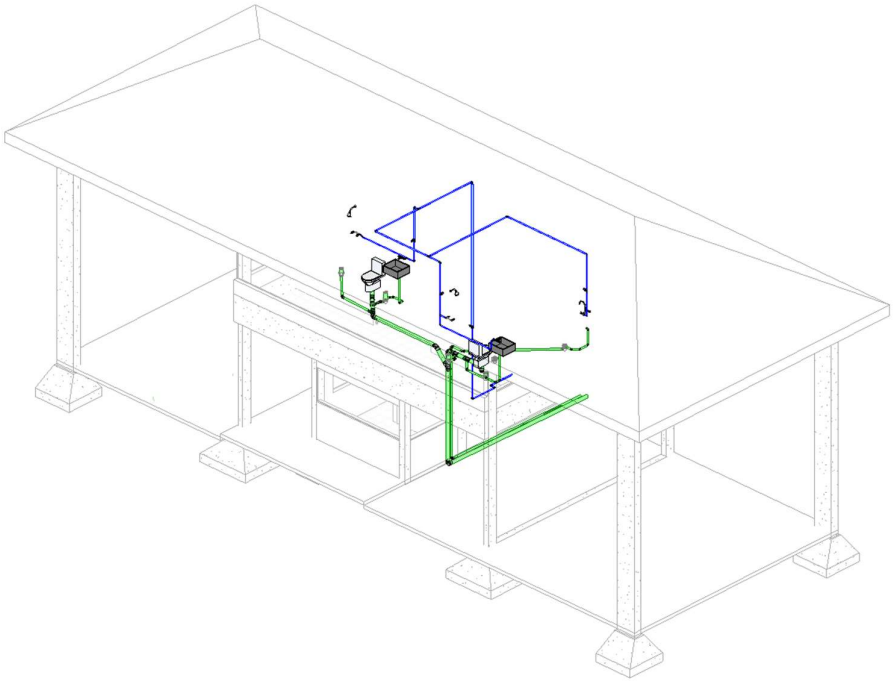
Figura 22 – Alterar Elevação



Fonte: O autor (2017)

A Figura 23 mostra o modelo hidrossanitário e sua relação com os modelos de arquitetura e estrutura vinculados.

Figura 23 – Modelo Hidrossanitário



Fonte: O autor (2017)

5.6 Quantitativos

A extração de quantitativos de materiais, cálculos de volume e área, pode ser feita tanto no Revit quanto no NavisWorks de maneira simples e rápida. Para exemplificar, o levantamento de material foi feito utilizando o programa Revit, como pode ser observado na Figura 24.

Figura 24– Tabelas de Quantitativos

Tabela: Conexões para Esgoto - hidraulica ajustado

<Conexões para Esgoto>

A	B	C	D
Quantidade	Sistema	Descrição	Linha
2	Esgoto	Adaptador para Saída de Vaso Sanitário 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal
5	Esgoto	Joelho 45º 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal
5	Esgoto	Joelho 45º 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal
3	Esgoto	Joelho 45º 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal
6	Esgoto	Joelho 90º 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal
2	Esgoto	Joelho 90º 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal
4	Esgoto	Joelho 90º 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal
4	Esgoto	Junção Simples 100 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal
1	Esgoto	Junção Simples 100 x 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal
5	Esgoto	Luva Simples 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal

Tabela: Conexões para Água Fria - hidraulica ajustado

<Conexões para Água Fria>

A	B	C
Quantidade	Descrição	Linha
1	Bucha de Redução Soldável Curta 25x20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável
6	Bucha de Redução Soldável Curta 32x25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável
2	Joelho 45º Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável
1	Joelho 90º Soldável 20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável
5	Joelho 90º Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável
8	Joelho 90º Soldável 32mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável
3	Produto Inexistente	Soldável
2	Tê Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável
2	Tê Soldável 32mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável

Fonte: O autor (2017)

No Revit a extração de quantitativos está apenas a alguns cliques. Há *templates* em que as tabelas de quantitativo já estão configuradas, como é o caso do template de instalações Hidrossanitarias usadas nesse trabalho.

5.7 Planejamento 5D

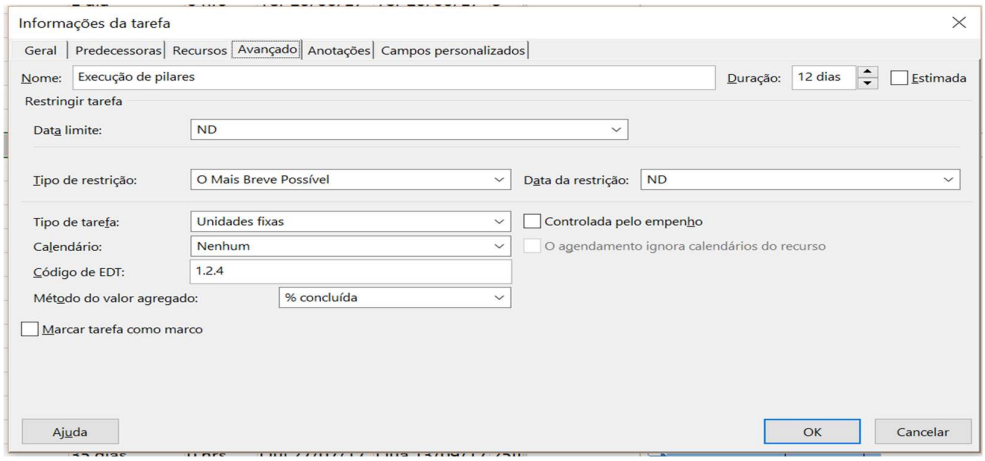
Com base no escopo e determinação das atividades do projeto foi elaborada uma Estrutura Analítica de Projeto (EAP) que relaciona todas as tarefas a serem executadas, define os tempos de duração de cada uma das atividades e a relação de dependência entre elas. Com base nessa EAP se constrói o Diagrama de Gantt do projeto.

O cronograma foi feito utilizando o *software* Microsoft Project. No programa é possível inserir diversas colunas de utilidades, como entrada de horas de trabalho, tarefas rotineiras (visita técnica, por exemplo), mas nesse trabalho será explorado apenas a elaboração de cronograma físico e digrama de Gantt com base nas tarefas levantadas na EAP.

As atividades da EAP são lançadas uma a uma, mas se o usuário preferir ele pode fazer uma planilha no Excel e exportar para o Project. Depois de entrar com as atividades é possível agrupa-las em categorias/disciplinas para melhor organização e visualização.

Ao clicar duas vezes em cima de uma atividade a janela “Informações da tarefa” é aberta (Figura 25). Nessa janela é possível inserir e editar dados, definir vínculos, duração, recursos, etc.

Figura 25– Informações de Tarefa

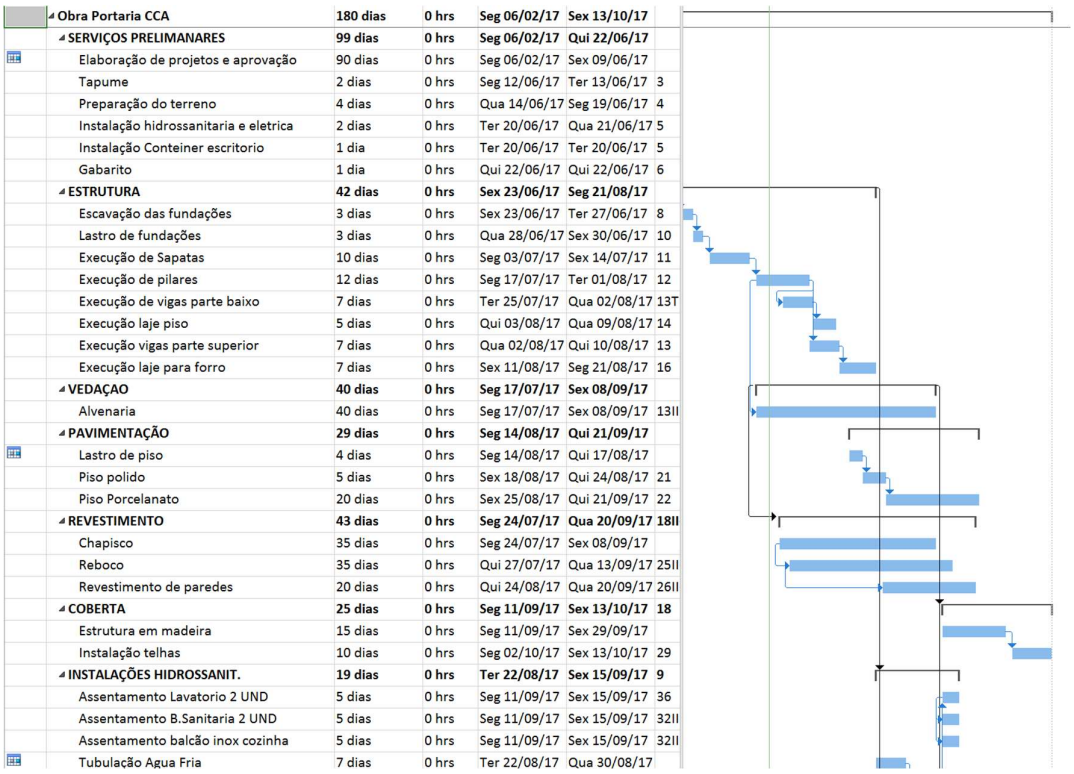


Fonte: O autor (2017)

É possível construir o cronograma diretamente no NavisWorks, mas a ferramenta é inferior se comparada ao Project. Contudo, para exemplificar, o lançamento dos custos será feito diretamente no NavisWorks.

Com as atividades introduzidas, foram inseridas as durações de cada tarefa e a relação entre elas. A relação entre atividades mais usual é a do tipo Término-Início, que determina que uma tarefa tem que terminar antes da próxima iniciar. Na pratica o planejamento pode ser alterado no decorrer da execução do projeto, e essas mudanças podem ser informadas no software. Na Figura 26 o digrama de Gantt produzido no Microsoft Project pode ser observado.

Figura 26 – Diagrama de Gantt



	Obra Portaria CCA	**180 dias**	**0 hrs**	**Seg 06/02/17**	**Sex 13/10/17**	
	SERVIÇOS PRELIMANARES	**99 dias**	**0 hrs**	**Seg 06/02/17**	**Qui 22/06/17**	
	Elaboração de projetos e aprovação	90 dias	0 hrs	Seg 06/02/17	Sex 09/06/17	
	Tapume	2 dias	0 hrs	Seg 12/06/17	Ter 13/06/17	3
	Preparação do terreno	4 dias	0 hrs	Qua 14/06/17	Seg 19/06/17	4
	Instalação hidrossanitaria e eletrica	2 dias	0 hrs	Ter 20/06/17	Qua 21/06/17	5
	Instalação Conteiner escritorio	1 dia	0 hrs	Ter 20/06/17	Ter 20/06/17	5
	Gabarito	1 dia	0 hrs	Qui 22/06/17	Qui 22/06/17	6
	ESTRUTURA	**42 dias**	**0 hrs**	**Sex 23/06/17**	**Seg 21/08/17**	
	Escavação das fundações	3 dias	0 hrs	Sex 23/06/17	Ter 27/06/17	8
	Lastro de fundações	3 dias	0 hrs	Qua 28/06/17	Sex 30/06/17	10
	Execução de Sapatas	10 dias	0 hrs	Seg 03/07/17	Sex 14/07/17	11
	Execução de pilares	12 dias	0 hrs	Seg 17/07/17	Ter 01/08/17	12
	Execução de vigas parte baixo	7 dias	0 hrs	Ter 25/07/17	Qua 02/08/17	13T
	Execução laje piso	5 dias	0 hrs	Qui 03/08/17	Qua 09/08/17	14
	Execução vigas parte superior	7 dias	0 hrs	Qua 02/08/17	Qui 10/08/17	13
	Execução laje para forro	7 dias	0 hrs	Sex 11/08/17	Seg 21/08/17	16
	VEDAÇAO	**40 dias**	**0 hrs**	**Seg 17/07/17**	**Sex 08/09/17**	
	Alvenaria	40 dias	0 hrs	Seg 17/07/17	Sex 08/09/17	13II
	PAVIMENTAÇÃO	**29 dias**	**0 hrs**	**Seg 14/08/17**	**Qui 21/09/17**	
	Lastro de piso	4 dias	0 hrs	Seg 14/08/17	Qui 17/08/17	
	Piso polido	5 dias	0 hrs	Sex 18/08/17	Qui 24/08/17	21
	Piso Porcelanato	20 dias	0 hrs	Sex 25/08/17	Qui 21/09/17	22
	REVESTIMENTO	**43 dias**	**0 hrs**	**Seg 24/07/17**	**Qua 20/09/17**	**18II**
	Chapisco	35 dias	0 hrs	Seg 24/07/17	Sex 08/09/17	
	Reboco	35 dias	0 hrs	Qui 27/07/17	Qua 13/09/17	25II
	Revestimento de paredes	20 dias	0 hrs	Qui 24/08/17	Qua 20/09/17	26II
	COBERTA	**25 dias**	**0 hrs**	**Seg 11/09/17**	**Sex 13/10/17**	**18**
	Estrutura em madeira	15 dias	0 hrs	Seg 11/09/17	Sex 29/09/17	
	Instalação telhas	10 dias	0 hrs	Seg 02/10/17	Sex 13/10/17	29
	INSTALAÇÕES HIDROSSANIT.	**19 dias**	**0 hrs**	**Ter 22/08/17**	**Sex 15/09/17**	**9**
	Assentamento Lavatorio 2 UND	5 dias	0 hrs	Seg 11/09/17	Sex 15/09/17	36
	Assentamento B.Sanitaria 2 UND	5 dias	0 hrs	Seg 11/09/17	Sex 15/09/17	32II
	Assentamento balcão inox cozinha	5 dias	0 hrs	Seg 11/09/17	Sex 15/09/17	32II
	Tubulação Agua Fria	7 dias	0 hrs	Ter 22/08/17	Qua 30/08/17	

Fonte: O autor (2017)

5.8 NavisWorks - Compatibilização e BIM 5D

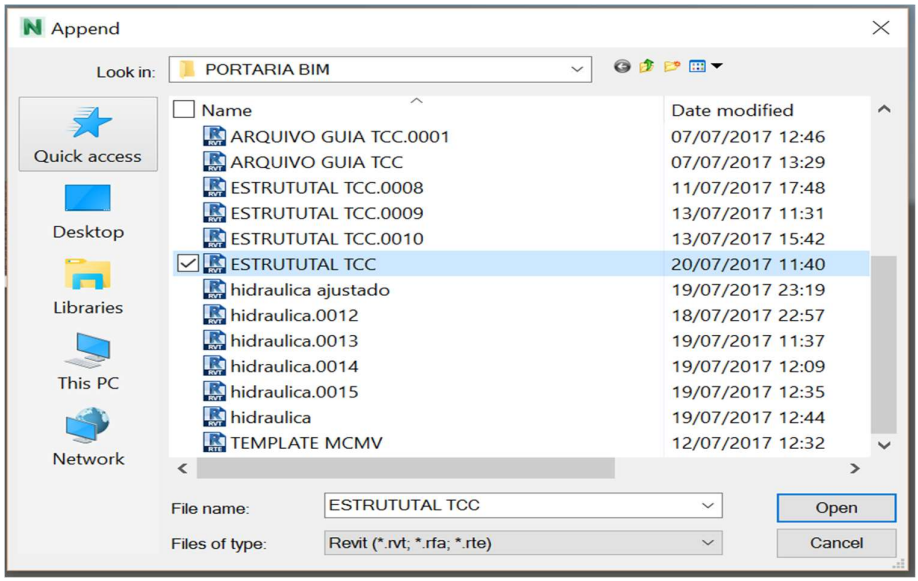
Com o projeto 3D modelado no Revit e o cronograma concluído no Microsoft Project é chegada a hora de integra-los. O software utilizado nesse estudo foi o Autodesk NavisWorks

Manage que se encarrega da função de realizar a integração entre os arquivos e realizar as análises necessárias, através da importação dos arquivos.

5.8.1 Importando projetos

Para visualizar os arquivos do Revit para o NavisWorks pode-se exportar os arquivos do Revit em formato “NWC” ou abrir os arquivos “Rvt” diretamente no NavisWorks. Apesar de mais demorada, pois atualiza o projeto todas as vezes que é aberto, ao abrir diretamente o “Rvt” no NavisWorks (Figura 27), qualquer mudança nos arquivos Revit são refletidas automaticamente dentro do programa.

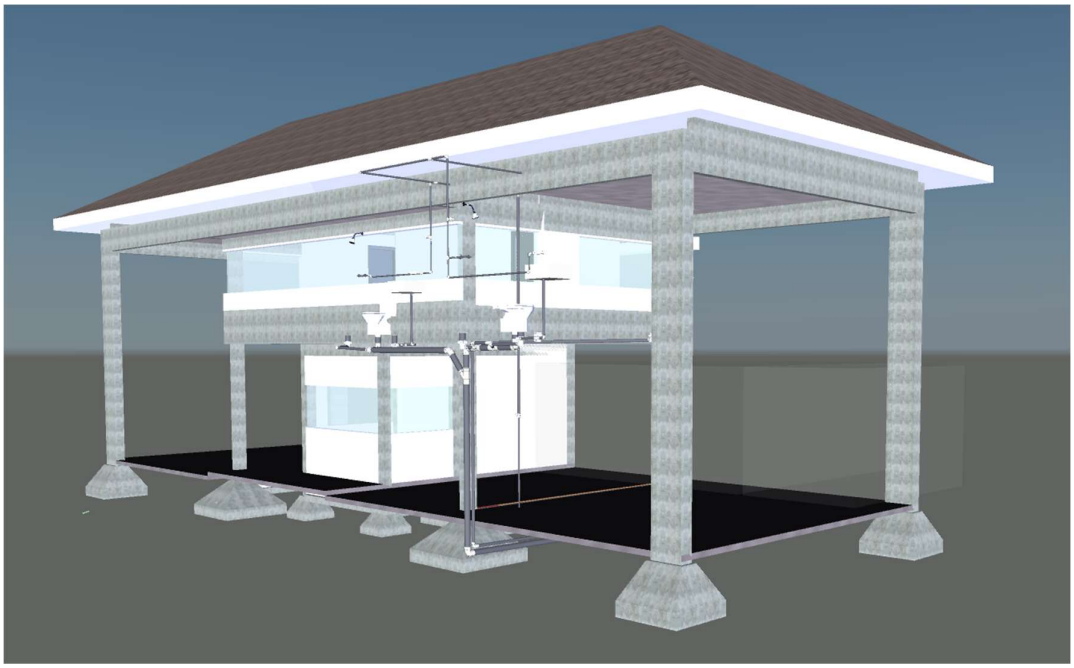
Figura 27 - Importar Arquivos Revit para NavisWorks



Fonte: O autor (2017)

Quando o projeto de Instalações Hidrossanitárias foi aberto notou-se que houve um erro de referência em relação aos demais projetos, a locação não estava no mesmo ponto, como apresentado na Figura 28. Diante do ocorrido, o autor tentou mover as tubulações no projeto do Revit mas não obteve sucesso, pois quando deslocava o conjunto de tubulação o software exibia uma mensagem de erro, dizendo que não era possível realizar a ação, e quando conseguia mover as tubulações, o sistema deformava porque o software entendia que estava arrastando parte da tubulação para outro ponto. A problema foi resolvido vinculando novamente o projeto arquitetônico na origem de referência e alinhando o conjunto vínculo antigo e tubulação à esse.

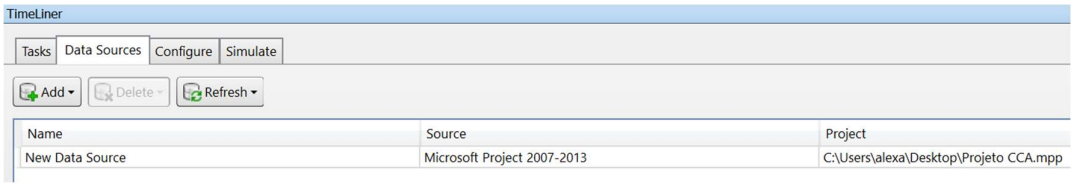
Figura 28 - Erro na locação do modelo hidrossanitario



Fonte: O autor (2017)

O processo para importação do arquivo Project é bastante simples e é feito através da ferramenta TimeLiner. Ao clicar em TimeLiner, seleciona-se a aba Data Source para adicionar o cronograma Project no projeto, como se observa na figura 29.

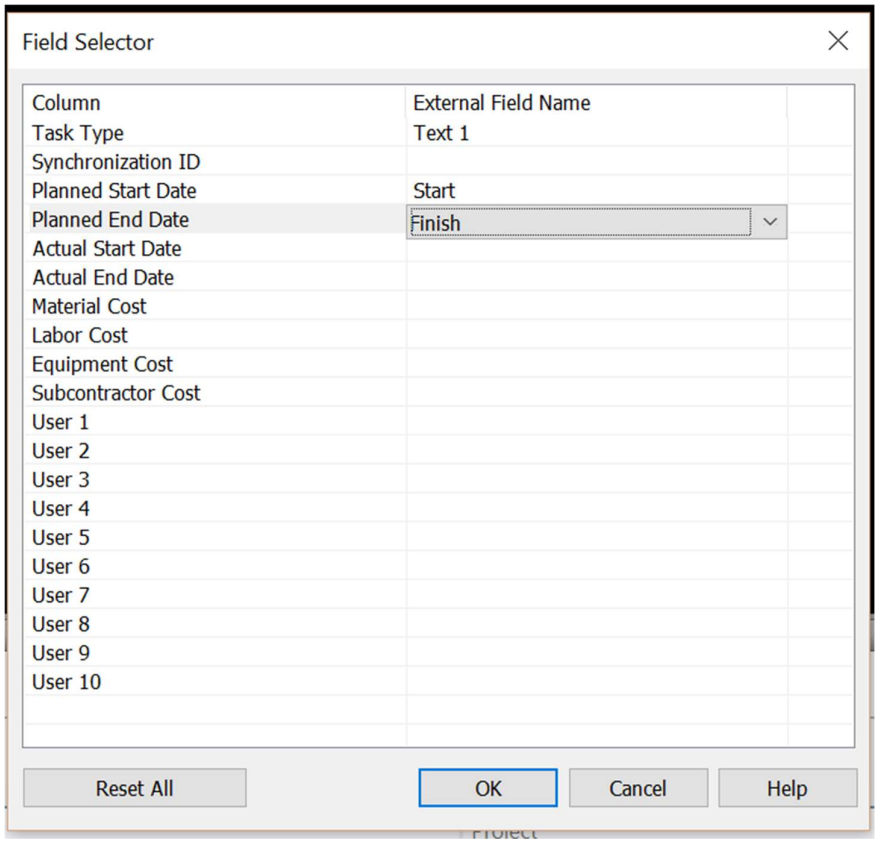
Figura 29- TimeLiner



Fonte: O autor (2017)

Quando o arquivo é selecionado é aberta a janela “Field Selector” (Figura 30) para se fazer a conexão entre as colunas do cronograma do NavisWorks e do Project.

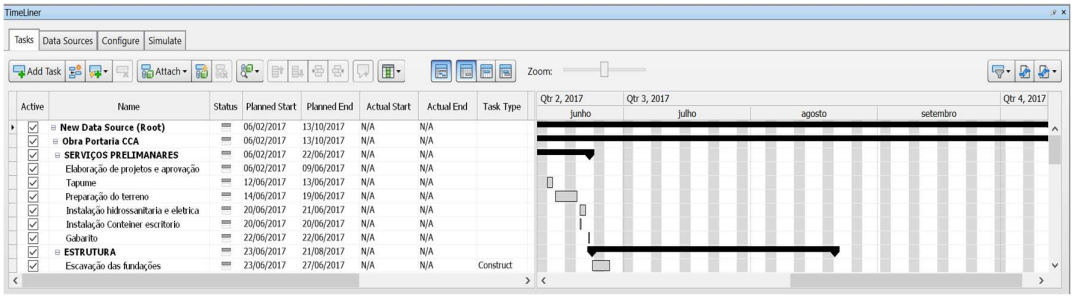
Figura 30 - Field Selector



Fonte: O autor (2017)

Por fim, na aba “Data Source” deve-se clicar com botão direito no nome do projeto do Project e selecionar “Rebuild Task Hierarchy”. Dessa forma todas as tarefas serão criadas de acordo com o planejamento original, como é apresentado na Figura 31.

Figura 31 - Cronograma no NavisWorks

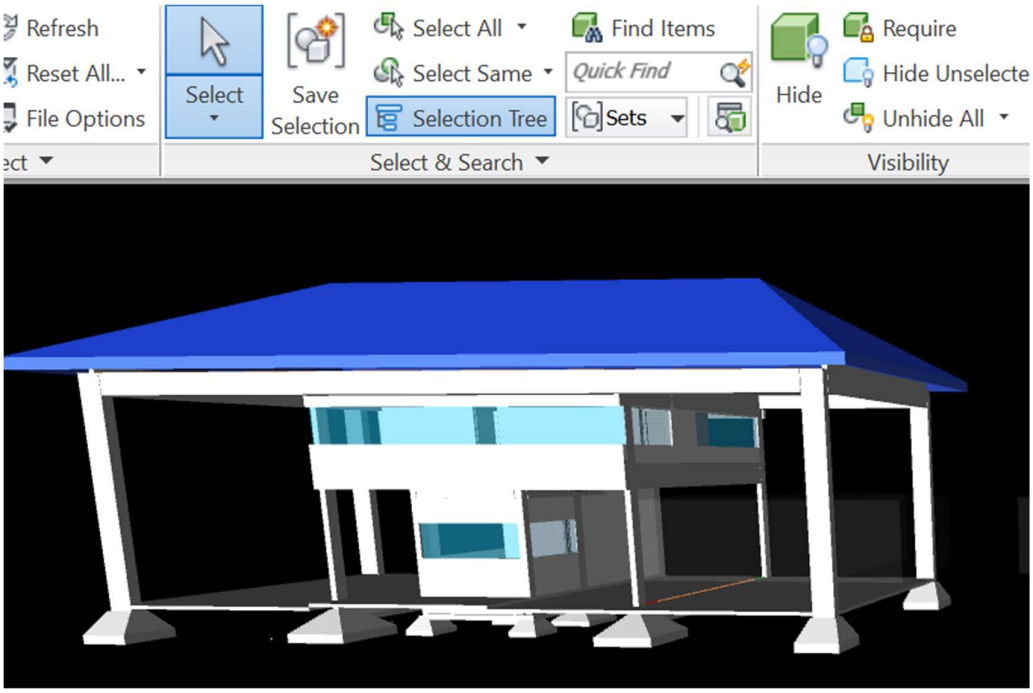


Fonte: O autor (2017)

5.8.2 BIM 5D

Com o modelo 3D e planejamentos inseridos no NavisWorks, é a hora de relacionar os arquivos. Para isso primeiro é necessário a criação de “Sets” de elementos, que nada mais são do que conjuntos de elementos selecionados e agrupados de acordo com a Estrutura Analítica de Projeto, como é o caso do telhado da Figura 32 (selecionado em azul). Para a criação desses conjuntos seleciona-se os elementos correspondentes e depois se clica em “Save Seletion”.

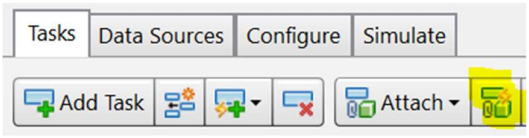
Figura 32 - Sets



Fonte: O autor (2017)

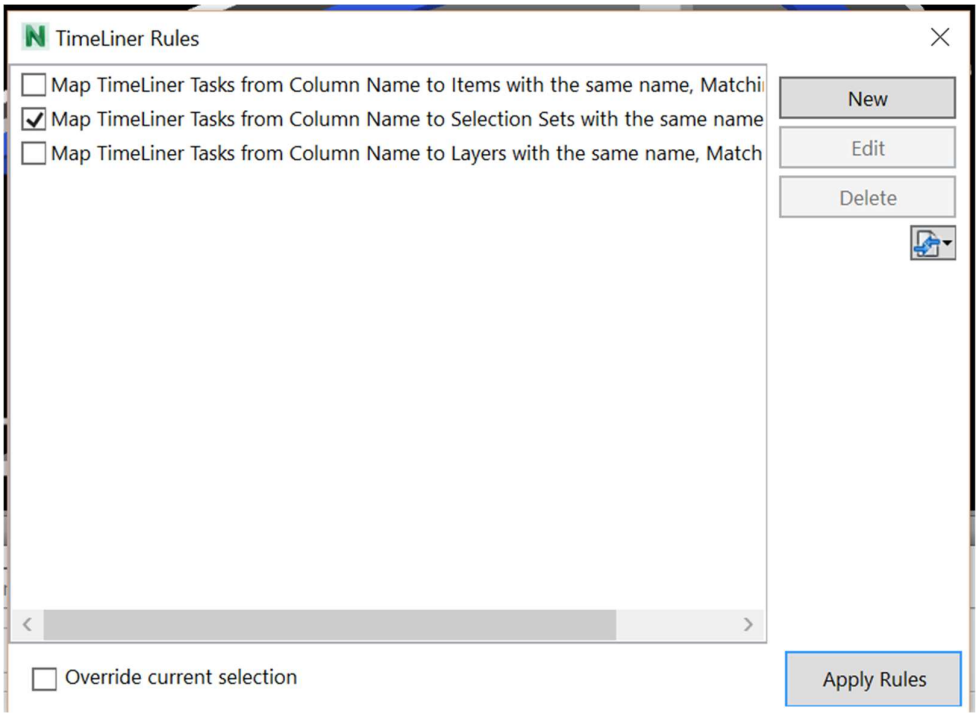
Com as Sets definidas de acordo com o planejamento, o próximo passo é associar as atividades aos seus respectivos conjuntos de elementos. Existem mais de uma maneira de fazer isso, mas a maneira mais pratica usada pelo autor foi definindo a associação automática de atividade com Set através do nome em comum. Para que essa configuração funcione, os Sets têm que estar com o mesmo nome das tarefas correspondentes, e se deve clicar na janela TimeLiner no item “Auto-Attach using Rules” (Figura 33) e selecionar a opção marcada na Figura 34.

Figura 33 – Auto-Attach



Fonte: O autor (2017)

Figura 34 -Rules



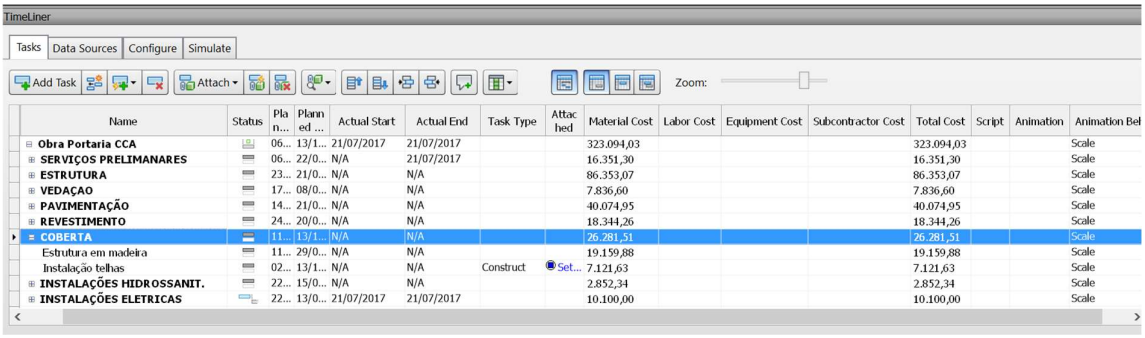
Fonte: O autor (2017)

O processo de relacionar os Sets de elementos com as respectivas atividades representa a integração do modelo 3D com a dimensão tempo, ou seja, já é possível fazer a análise 4D do projeto.

Como dito no item 5.7 o lançamento dos custos foi feito diretamente no NavisWorks. O levantamento de materiais e planilha orçamentaria foi elaborada para a execução da obra, portanto os custos foram retirados diretamente dessa planilha. O levantamento de quantitativos foi exemplificado no item 5.6, mas não há necessidade de elaboração de outra planilha de custos.

No orçamento da obra os custos estão como preços totais, agregando preço de material, mão de obra, e todos os demais custos incidentes sobre a atividade. Na ferramenta “TimerLiner” não é possível entrar com o custo total, pois a coluna “Total Cost” é a soma das outras colunas de custo. Por esse motivo, todos os custo foram inseridos na coluna “Material Cost”, conforme é apresentado na Figura 35.

Figura 35 - Cronograma Físico Financeiro



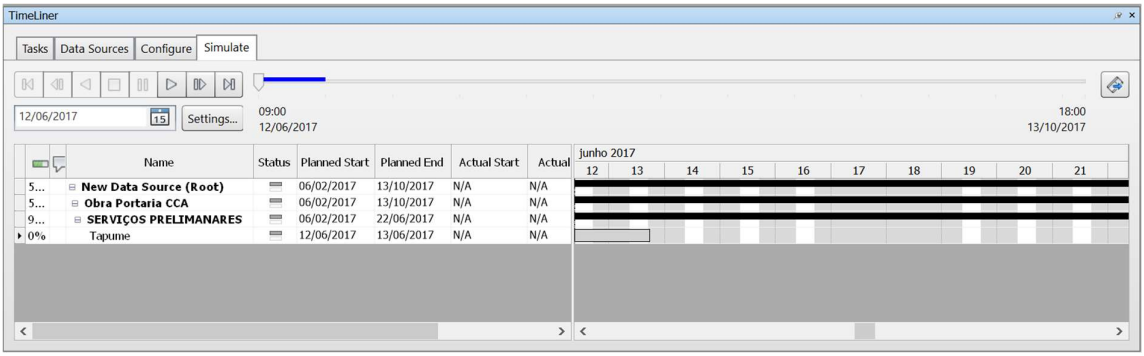
Name	Status	Pla n...	Plann ed ...	Actual Start	Actual End	Task Type	Attac hed	Material Cost	Labor Cost	Equipment Cost	Subcontractor Cost	Total Cost	Script	Animation	Animation Bel
Obra Portaria CCA		06...	13/1...	21/07/2017	21/07/2017			323.094,03				323.094,03			Scale
SERVIÇOS PRELIMANARES		06...	22/0...	N/A	21/07/2017			16.351,30				16.351,30			Scale
ESTRUTURA		23...	21/0...	N/A	N/A			86.353,07				86.353,07			Scale
VEDAÇAO		17...	08/0...	N/A	N/A			7.836,60				7.836,60			Scale
PAVIMENTAÇÃO		14...	21/0...	N/A	N/A			40.074,95				40.074,95			Scale
REVESTIMENTO		24...	20/0...	N/A	N/A			18.344,26				18.344,26			Scale
COBERTA		11...	13/1...	N/A	N/A			26.281,51				26.281,51			Scale
Estrutura em madeira		11...	29/0...	N/A	N/A			19.159,88				19.159,88			Scale
Instalação telhas		02...	13/1...	N/A	N/A	Construct	Set...	7.121,63				7.121,63			Scale
INSTALAÇÕES HIDROSSANIT.		22...	15/0...	N/A	N/A			2.852,34				2.852,34			Scale
INSTALAÇÕES ELETRICAS		22...	13/0...	21/07/2017	21/07/2017			10.100,00				10.100,00			Scale

Fonte: O autor (2017)

5.9 Simulação do acompanhamento 5D

A visualização a obra em 5D possibilitada uma análise mais detalhada e uma ferramenta poderosa no gerenciamento de projetos. Para observar a interação entre o modelo 3d e o cronograma físico-financeiro, foi utilizada a ferramenta Simulate do NavisWorks Manage, que se encontra na janela TimeLiner (Figura 36).

Figura 36 -Simulate

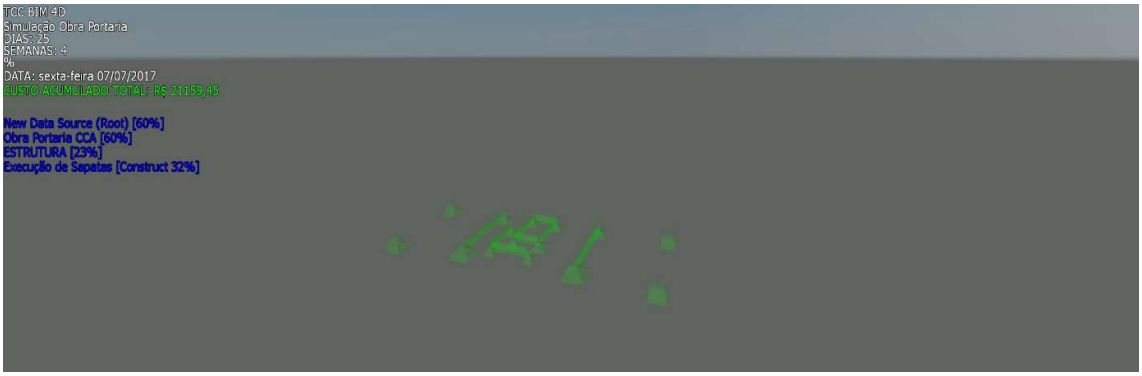


Name	Status	Planned Start	Planned End	Actual Start	Actual
New Data Source (Root)		06/02/2017	13/10/2017	N/A	N/A
Obra Portaria CCA		06/02/2017	13/10/2017	N/A	N/A
SERVIÇOS PRELIMANARES		06/02/2017	22/06/2017	N/A	N/A
Tapume		12/06/2017	13/06/2017	N/A	N/A

Fonte: O autor (2017)

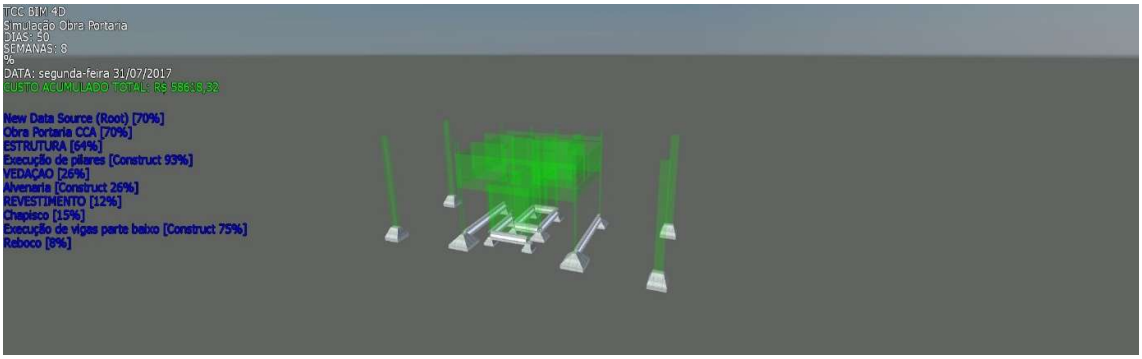
As Figuras 37 à 42 demostram a simulação da evolução da obra com o tempo, e apresentam informações como custo acumulado, datas e dias corridos. Essas informações aparecem em destaque na Figura 43.

Figura 37– Simulação 25 dias corridos



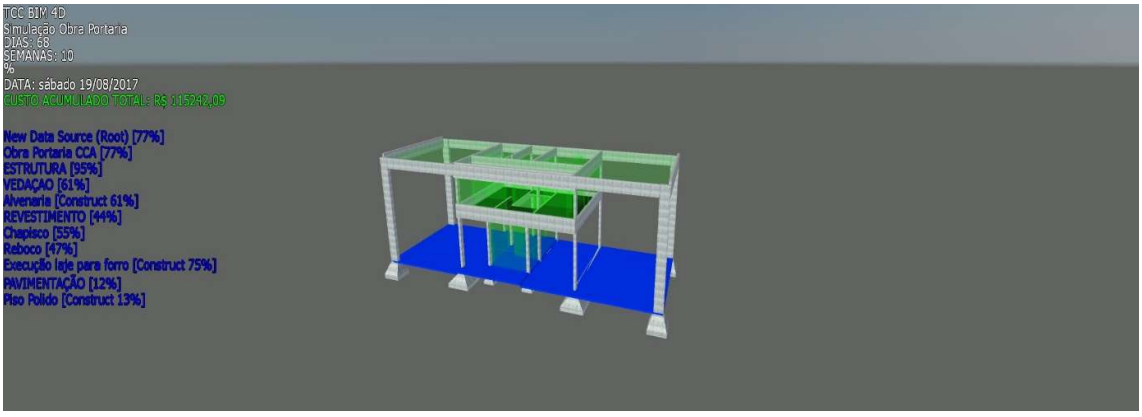
Fonte: O autor (2017)

Figura 38 – Simulação 50 dias corridos



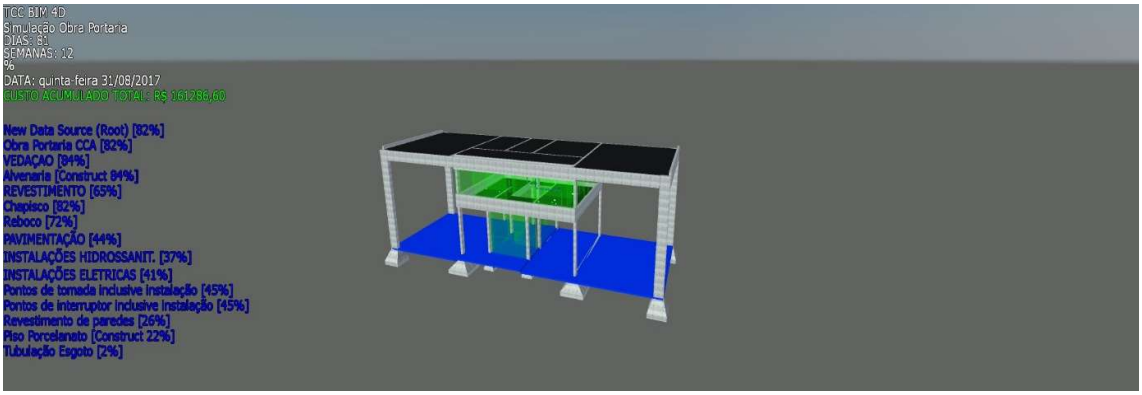
Fonte: O autor (2017)

Figura 39 – Simulação 68 dias corridos



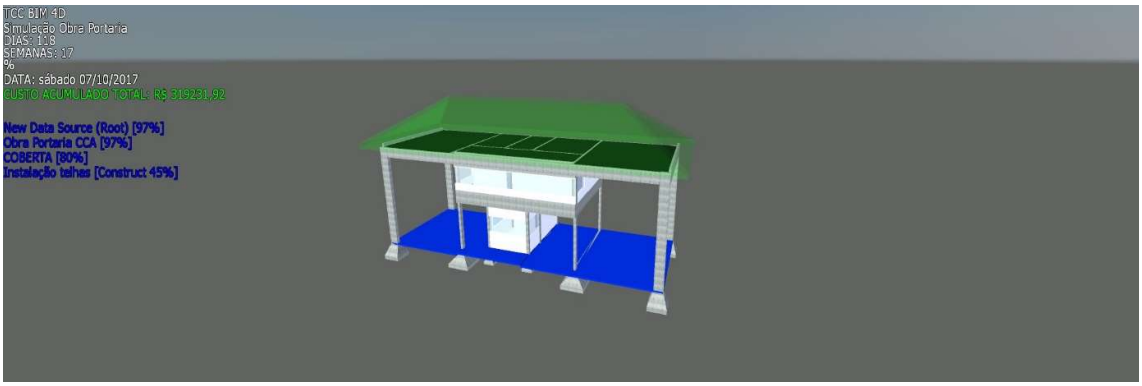
Fonte: O autor (2017)

Figura 40 – Simulação 81 dias corridos



Fonte: O autor (2017)

Figura 41 – Simulação 118 dias corridos

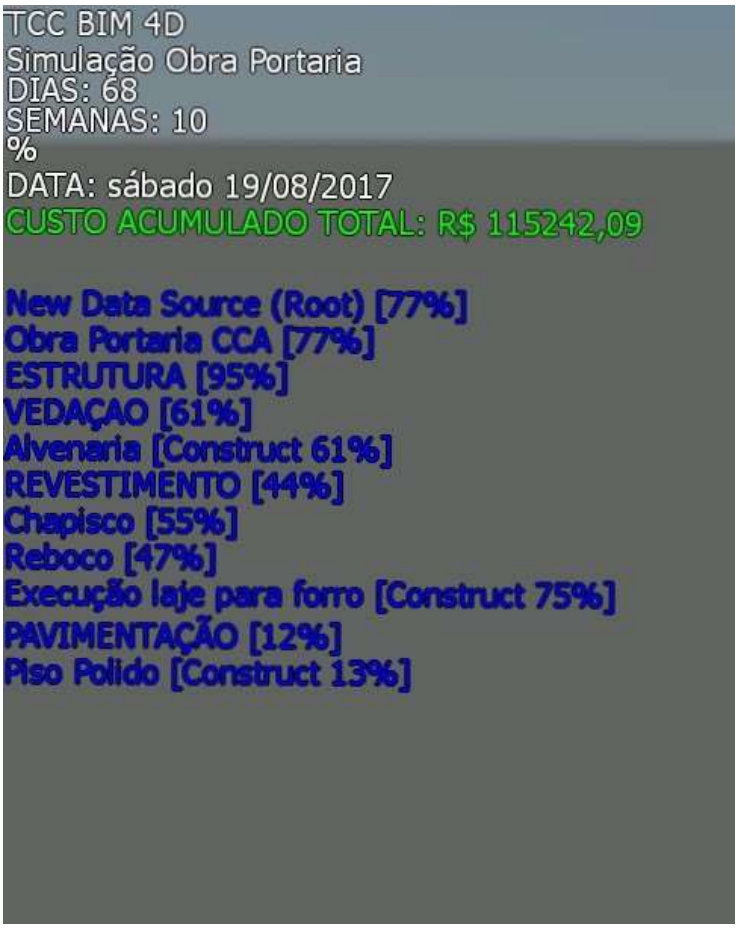


Fonte: O autor (2017)

Figura 42 – Simulação 124 dias corridos

Fonte: O autor (2017)

Figura 43 – Detalhe Simulação



5.10 Compatibilização de Projetos

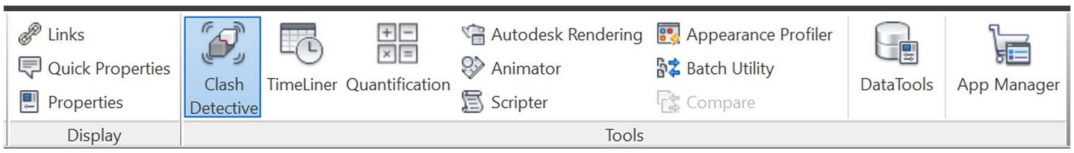
Conflitos entre as diferentes disciplinas são um problema recorrente em projetos, e ocasionam perda de tempo e de recursos para serem solucionados quando não detectados previamente. Esses conflitos ocorrem geralmente porque os projetos são elaborados de forma independente e o fluxo de informações entre as partes envolvidas acontece de maneira ineficiente e muitas vezes não existe nem mesmo uma comunicação entre os projetistas.

Para obras de maior porte e complexidade a compatibilização é de responsabilidade de uma equipe especializada, porem para projetos menores esse processo é negligenciado. Os conflitos de projetos são percebidos durante a execução, resultando em aumento de custos e perda de produtividade.

A tecnologia BIM identifica esse problema através da analise da interação e compatibilidade entre os projetos carregados e retorna os conflitos existentes de forma automática. De posse do relatório de interferências os projetistas podem ajustar e atualizar os projetos.

No NavisWorks a ferramenta utilizada para esse fim é o “Clash Detective”, apresentada na Figura 44. Na função, que se encontra na barra superior do software, é possível determinar quais elementos ou projetos se quer analisar, e o resultado é a visualização em um relatório de conflitos.

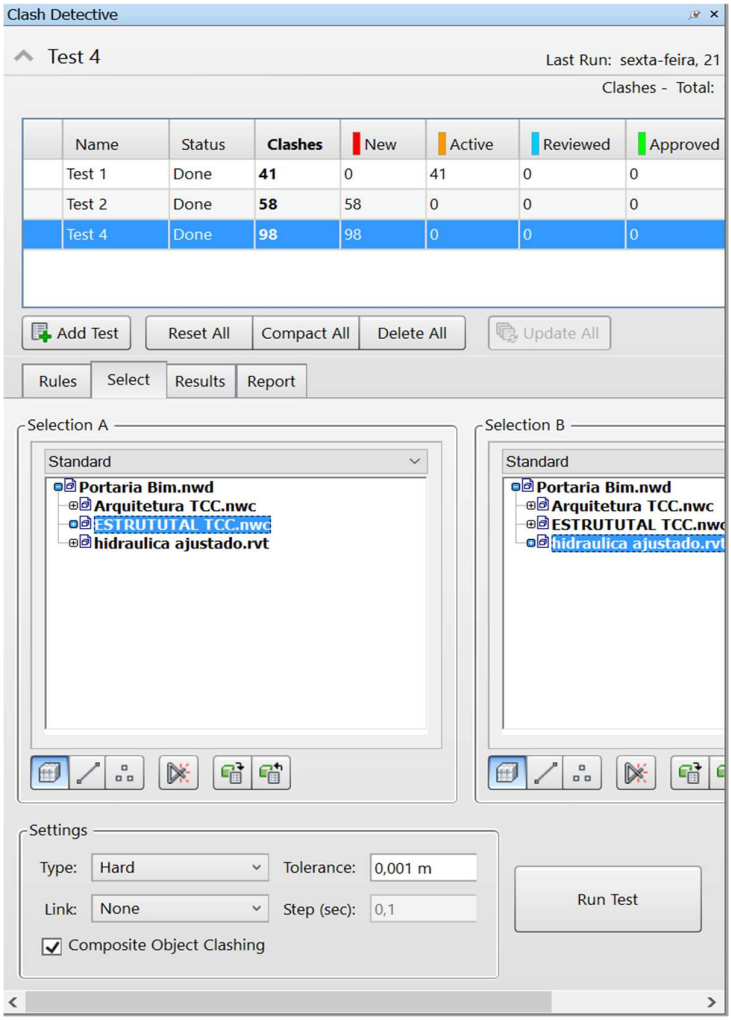
Figura 44 - Clash Detective



Fonte: O autor (2017)

O usuário tem que criar um novo teste e configurar o que será analisado. Para isso ele deve clicar no botão Add Test, depois selecionar os projetos ou elementos para analise nos quadros A e B e então clicar em Run (Figura 45)

Figura 45 – Teste do Clash Detective

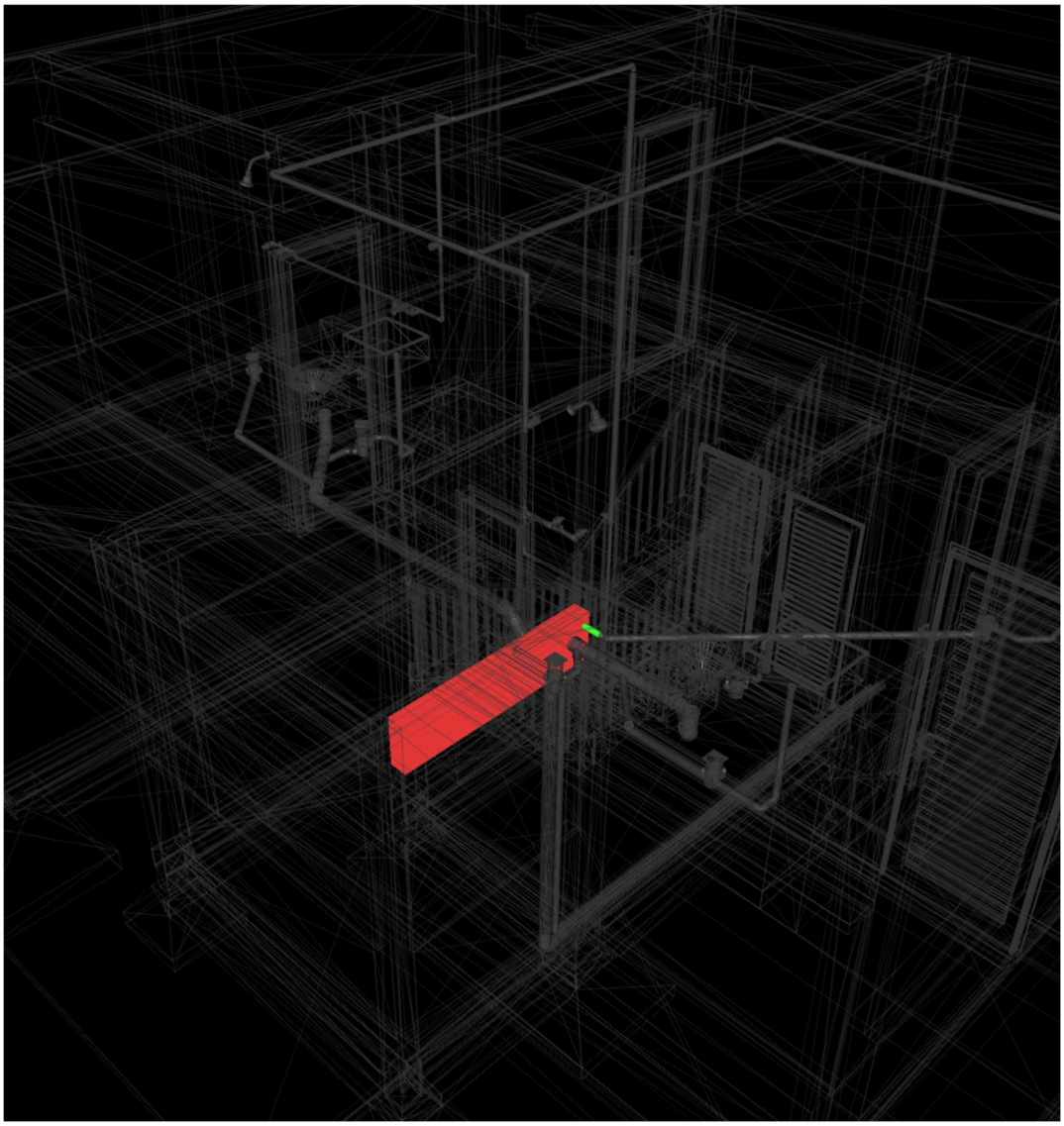


Fonte: O autor (2017)

Na aba “Results”, é exibido a lista com os conflitos detectados. O software identifica qualquer tipo de conflito, usando o princípio que dois corpos não ocupam o mesmo lugar no espaço, e o usuário tem que interpretar quais conflitos são relevantes ou criar um filtro antes de “rodar” o teste. Uma tubulação que passa pela alvenaria é um conflito irrelevante, mas se a

tubulação passar por alguma peça da estrutura será necessário a análise e revisão dos projetos. O conflito entre um viga e a tubulação de esgoto é apresentado na Figura 46.

Figura 46 - Conflito Tubulação e viga



Fonte: O autor (2017)

Na Figura 47 é exemplificado um relatório de identificação de conflitos.

Figura 47 - Relatório de conflitos

```
Name:   Clash49
Distance:       -0.022m
Image Location: Portaria Bim_files\cd020049.jpg
HardStatus:     Active
Clash Point:    -4.668m, 3.321m, 3.200m
Date Created:   2017/7/2109:12

Item 1
Element ID:     472427
Layer:  01 laje 1
Item Name:      Concreto, moldado in loco
Item Type:      Solid

Item 2
Element ID:     1764547
Layer:  01 laje 1
Item Name:      Standard
Item Type:      Conexões de tubo

------------------


Name:   Clash50
Distance:       -0.022m
Image Location: Portaria Bim_files\cd020050.jpg
HardStatus:     Active
Clash Point:    -5.001m, 3.232m, -0.192m
Date Created:   2017/7/2109:12

Item 1
Element ID:     457201
Layer:  00 Térreo
Item Name:      Concreto-Viga Retangular
Item Type:      Quadro estrutural: Concreto-Viga Retangular: Viga Baldrame

Item 2
Element ID:     1764876
Layer:  01 laje 1
Item Name:      Tipos de tubos
Item Type:      Tubulação: Tipos de tubos: Tubo - Esgoto - Série Normal

------------------


Name:   Clash51
Distance:       -0.021m
Image Location: Portaria Bim_files\cd020051.jpg
HardStatus:     Active
```

Fonte: O autor (2017)

6 RESULTADO FINAL

Esse trabalho teve como proposito expor as vantagens do uso da tecnologia BIM 5D para a modelagem de gerenciamento de projetos para obras de pequeno porte. Apesar do ideal ser concepção de todos os projetos na plataforma BIM, a transcrição das plantas 2D também apresenta muitas vantagens no que se diz respeito ao gerenciamento do projeto como um todo.

A modelagem se deu de forma pratica e intuitiva, principalmente no que se diz respeito aos projetos de estrutura e arquitetura. Ao trabalhar com elementos parametrizados em um ambiente 3D, qualquer traçado é automaticamente desenhado em todas as vistas, o que promove um grande ganho de produtividade na modelagem em relação ao desenho 2D.

O autor sentiu mais dificuldade em modelar o projeto hidrossanitario, por não ser familiarizado com o Revit MEP e esse ser de modelagem mais complexa. Apesar de ser um processo de certa forma intuitivo, como foi a modelagem das outras disciplinas, é necessário um conhecimento mais profundo sobre o funcionamento das famílias e como configura-las.

Não existe uma regra ou caminho a ser seguido em como a modelagem deve ser feita, contudo a modelagem utilizando arquivos separados vinculados apresenta grandes benefícios no que se diz respeito a coordenação e compatibilização dos projetos. Qualquer mudança no projeto vinculo é atualizada automaticamente no projeto hospedeiro, permitindo a visualização instantânea.

O software Microsoft Project é desde o primeiro contato bastante familiar a qualquer usuário do Excel. As funcionalidades básicas cobertas por esse trabalho são bastante simples, e o resultado atende a todas as expectativas. A transição entre diagramas, inserção de informações, recursos, etc. é realizada com apenas alguns cliques.

Finalmente a integração dos projetos é feita no Autodesk NavisWorks Manage, e é realizada a analise BIM 5D do projeto e a compatibilização.

Finalizando, para o autor fica evidente os benefícios da tecnologia BIM 5D para gerenciamento de projetos, e este recomenda sua implantação desde a concepção dos projetos.

REFERÊNCIAS

AUTODESK. Site oficial. Disponível em: <http://www.autodesk.com.br/> Acesso em: 30 de dezembro de 2016.

COORDENAR. **O IFC é muito mais que um simples formato de arquivo.** Disponível em <http://www.coordenar.com.br/o-ifc-e-muito-mais-que-um-simples-formato-de-arquivo/> Acesso em: 15 de janeiro de 2017

DELATORRE, Joyce. **Tecnologia BIM: Do Projeto à Construção**. 2012. Autodesk University.
Disponivel em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgGoMAG/tecnologia-bim-projeto-aconstrucao>. Acesso em: 15 de janeiro de 2017

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483f.

FARINHA, M. C. R. **Exemplo de Compatibilização de Projetos Utilizando a Plataforma BIM (Building Information Modeling)**. 2012 78f. Trabalho de conclusão de curso em graduação – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2012.

MASOTTI, L. F. C. **Análise da implementação e do impacto do BIM no brasil**. 2014. 72p. TCC (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

MULLER, L. S. **Utilização da tecnologia BIM (Building Information Modeling) integrado ao planejamendo 4D na construção civil**. 2015. 69 f. TCC – Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

PINI. **Softwares BIM: conheça os programas disponíveis, seu custo, principais características e segredos**. Disponível em: <http://www.au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/208/artigo224333-2.aspx> Acesso em**:** 15 de janeiro de 2017

PORTAL BIM, Paraná. Governo do Estado. **BIM no mundo.** Disponível em: <http://www.bim.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=17> Acesso em: 20 de janeiro de 2017

RIBEIRO, T. G. R. **Modelagem de informações de edificações aplicadas no processo de projetos de aeroportos**. 2010. 132f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília:, 2010.

SOREVIT. **Bim em 10 passos**. Disponível em: <http://sorevit.com/2016/08/26/bim-em-10-passos/> Acesso em**:** 07 de março de 2017

TEKLA. **O que é BIM?**. Disponível em: <https://www.tekla.com/br/sobre/o-que-%C3%A9-bim> Acesso em**:** 20 de janeiro de 2017