

LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO UNIVERSITÁRIO DO RIO GRANDE DO NORTE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

FELIPE DE MELO MAIA MADRUGA

**A METODOLOGIA BIM APLICADA NO PLANEJAMENTO EM OBRA DE
PEQUENO PORTE: UM ESTUDO DE CASO**

NATAL/RN

2019

FELIPE DE MELO MAIA MADRUGA

**A METODOLOGIA BIM APLICADA NO PLANEJAMENTO EM OBRA DE
PEQUENO PORTE: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado ao Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN) como requisito final para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Profa. Msc. Sandra Albino Ribeiro.

NATAL/RN

2019

FELIPE DE MELO MAIA MADRUGA

**A METODOLOGIA BIM APLICADA NO PLANEJAMENTO EM OBRA DE
PEQUENO PORTE: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado ao Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN) como requisito final para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Profa. Ma. Sandra Albino Ribeiro

Prof. Orientadora

Profa. Dra. Josyanne Pinto Giesta

Banca Externa

Prof. Dr. Werner Farkatt Tabosa

Banca Interna

Dedico este trabalho aos meus pais que sempre me apoiaram nas tomadas de decisões, fornecendo todas as condições necessárias para continuar focado em meus objetivos. Obrigado a todos que compartilharam comigo essa etapa e em especial aqueles que dispuseram do seu tempo para incentivar e ajudar da melhor maneira, tornando possível a realização desse trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais Fernando José Viana Madruga e Isabela de Melo Maia Madruga, por me incentivarem nas minhas escolhas, tornando mais fácil cada tomada de decisão e me proporcionando experiências que me fazem buscar com mais ambição meus objetivos.

A professora orientadora, Ma. Sandra Albino Ribeiro pela atenção em suas orientações prestadas, por todo os conhecimentos técnicos e práticos passados que me direcionaram na execução este trabalho.

Ao professor, Dr. Werner Farkatt Tabosa pelas orientações e sugestões na formatação e estrutura do presente trabalho, bem como os excepcionais conselhos para o desenvolvimento da apresentação.

A minha grande amiga e namorada, Ana Carolina Morais de Oliveira Silva, pelas correções de formatação e adequações as normas e por todo o apoio e incentivo, virando madrugadas para tornar possível a conclusão desse trabalho.

Aos grupos de estudos, que estiveram comigo durante toda esta caminhada fazendo milagres quando nem nos acreditávamos que ainda era possível. E aos amigos, em especial David Vasconcellos Simonetti e André Medeiros Guedes que além de todo o convívio social, também auxiliaram nas produções do estudo de caso, ajudando a tornar todo o processo, algo muito mais concreto.

“Deixem que o futuro diga a verdade e avalie cada um de acordo com seu trabalho e realizações. O presente pertence a eles, mas o futuro pelo qual eu sempre trabalhei pertence a mim.”

(Nikola Tesla)

RESUMO

A busca por avanços no setor da construção civil deu origem a uma metodologia inovadora que vem se desenvolvendo ao longo das últimas décadas, o *Building Information Modeling* (BIM), que ganha vez por estar presente em todo o ciclo de vida de um empreendimento, atendendo as necessidades de todos os participantes da operação, desde as etapas pré-projeto até a demolição ou manutenção da edificação. O leque de possibilidades que a metodologia apresenta, desencadeia a curiosidade para entender quais os alcances do BIM e todos os seus aspectos.

Com o objetivo de relatar seu funcionamento e mapear as etapas de produção, serão apresentados os aspectos e definições da metodologia BIM e suas estratégias de planejamento, além da compreensão incorporada a um estudo de caso do processo de efetivação desse sistema com uma aplicação de planificação em um empreendimento de pequeno porte. O referido estudo foi desempenhado explorando ao máximo a interoperabilidade entre as quatro principais plataformas usadas, para confeccionar um modelo federado rico em detalhes e de LOD 400, atrelando seus elementos a um planejamento minucioso e desenvolvido de forma sistemática e prática, tudo voltado para melhorar o aprendizado e entendimento.

Partindo dessa linha inovadora, foram avaliadas as vantagens e resistências da implementação da plataforma frente à problemática levantada.

Palavras-chave: BIM. Planejamento. Compatibilização. BIM-4D.

ABSTRACT

The search for advances in the construction industry, from the origin to an innovative methodology that has been developing for decades, Building Information Modeling (BIM), which gains from being present throughout the life cycle of an enterprise, attending the needs of all participants of the operation, from the pre-project stages to the demolition or maintenance of the building. Thus the range of possibilities that the methodology presents, triggers the curiosity to understand the scope of BIM and all its aspects.

In order to report its operation and to map the production stages, the aspects and definitions of the BIM methodology and its planning strategies will be presented, as well as the understanding incorporated into a case study of the process of making this system effective with a planning application in a small business. This study was carried out exploring to the maximum the interoperability between the four main platforms used, to make a rich model in details and LOD 400, linking its elements to a detailed planning and developed in a systematic and practical, all aimed at improving the learning and understanding.

Based on this innovative line, we evaluated the advantages and resistance of the platform implementation in face of the problems raised.

Keywords: BIM. Planning. Compatibility. BIM-4D.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo de vida BIM.....	11
Figura 2 – Fluxograma da metodologia.	15
Figura 3 – Benefícios do BIM a curto e longo prazo.....	23
Figura 4 – Tecnologias padrão do Building SMART.....	24
Figura 5 – Dimensões do BIM.	25
Figura 6 – Modelo Federado 3D-BIM.	26
Figura 7 – Planejamento 4D em software da Autodesk.....	28
Figura 8 – Orçamento 5D vinculado ao planejamento.....	29
Figura 9 – Análise de eficiência.....	30
Figura 10 – Software de gestão de ativos.	31
Figura 11 – A gestão da segurança.....	32
Figura 12 – LODs Level of Developments	34
Figura 13 – Exemplos de hard e soft clash respectivamente.	38
Figura 14 – Planta baixa residência unifamiliar.	42
Figura 15 – Modelo Federado.	43
Figura 16 – Modelo 3D da residência, produzido no Autodesk Revit.	45
Figura 17 – Modelo 3D projeto Hidráulico.	46
Figura 18 – Modelo 3D projeto Esgotamento sanitário.....	47
Figura 19 – Tabela de limite inferior do número de tomadas por cômodo.....	48
Figura 20 – Processo de produção do sistema elétrico no Revit.....	49
Figura 21 – <i>Critérios dos pavimentos da edificação.</i>	50
Figura 22 – <i>Modelo estrutural em 3D.</i>	51
Figura 23 – <i>Gerenciamento de Sets.</i>	53
Figura 24 – Clash Detective.	54
Figura 25 – Modelo estrutural em 3D.	56
Figura 26 – Interface configurada do MsProject.	57
Figura 27 – Predecessoras.....	58
Figura 28 – Planilha de recursos.....	59
Figura 29 – Testes de latência.	60
Figura 30 – Testes de latência 02.	61
Figura 31 – TimeLiner.	62
Figura 32 – Simulação da EAP.....	63

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 JUSTIFICATIVA.....	13
3 OBJETIVOS.....	14
3.1 GERAL	14
3.2 ESPECÍFICOS	14
4 METODOLOGIA	15
5 BUILDING INFORMATION MODELING – BIM	17
5.1 CONTEXTO HISTÓRICO DO BIM.....	17
5.1.1 Implementação BIM no Brasil	18
5.2 CONCEITOS DO BIM	19
5.3 INTEROPERABILIDADE.....	23
6 ASPECTOS DO BIM.....	25
6.1 AS DIMENSÕES DO BIM	25
6.2 LOD (Level of development).....	33
7 PLANEJAMENTO DE OBRA	35
7.1 PLANO DE EXECUÇÃO BIM – BEP.....	35
7.2 MODELAGEM NA QUARTA DIMENSÃO BIM.....	36
7.2.1 Compatibilização de Projetos BIM	37
7.3 ESTRATÉGIAS CONSTRUTIVAS	39
7.3.1 Lean Construction	39
7.3.2 Gestão Visual.....	40
8 ESTUDO DE CASO	42
8.1 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS.....	42
8.2 DESENVOLVIMENTO DOS MODELOS	44
8.2.1 Projeto Arquitetônico.....	44
8.2.2 Projeto de Instalação Hidrossanitária	45

8.2.3 Projeto de Instalação Elétrica	47
8.2.4 Projeto Estrutural	49
8.2.5 Modelo Federado.....	52
8.3 COMPATIBILIZAÇÃO	53
8.4 O PLANEJAMENTO.....	55
8.4.1 <i>MsProject</i>	56
8.4.2 – Planejamento 4D-BIM.....	61
9 CONCLUSÃO	64
REFERÊNCIAS.....	66
APÊNDICES	70

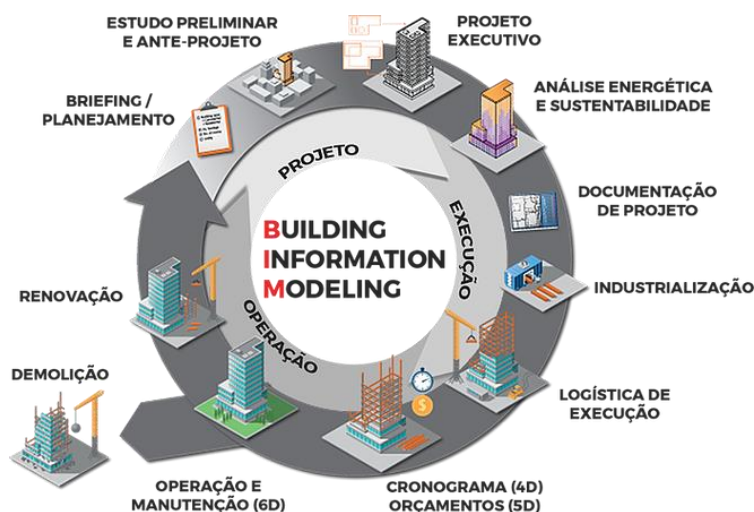
1 INTRODUÇÃO

Em meio a uma era de dúvidas, a indústria da construção civil (ICC) no Brasil, vem sofrendo oscilações em seu mercado de trabalho, devido fatores políticos, sociais e econômicos. A busca por métodos cada vez mais eficazes de produção e mais precisos tanto na questão orçamentista quanto nos prazos, tornam-se o enfoque dos pesquisadores que visam a quebra desses obstáculos e a dinamização nas etapas da construção.

Nesse cenário, a metodologia do *Building Information Modeling* (BIM), vista como um processo inovador operando a partir de novas ferramentas especializadas em modulação, extração de quantitativos e ideação de planejamento, para obtenção de resultados mais confiáveis, ganha espaço no âmbito das construções públicas e privadas. Mediante aos avanços dessa tecnologia foi criado há pouco o decreto N° 9.377 de 17 de maio de 2018, no qual objetiva sua difusão no âmbito nacional.

O BIM, visto ainda como revolucionário, pode ser definido como meio que possibilita um ambiente que integra todo o ciclo de vida da edificação (Figura 1) a partir da construção virtual de modelos digitais precisos e baseados em objetos paramétricos (EASTMAN et al., 2014; SUCCAR, 2009). Estes modelos, além de possibilitar o protótipo do edifício em meio digital compõe um banco de dados que atua desde as fases iniciais do projeto, passando pela simulação da construção, chegando à operação do edifício (ANDRADE, RUSCHEL, 2011).

Figura 1 – Ciclo de vida BIM.



Fonte: europeanbimsummit.com (2019).

Trata-se de um método que tem como principal enfoque a compatibilização e comunicação entre os diversos profissionais envolvidos na construção, para obtenção de um produto livre de interferências se subdivide em 8D (oito dimensões), cada uma vinculada a um determinado ponto do processo da obra.

O foco no planejamento de qualquer que seja o objetivo, passa por um processo sistemático de compatibilização e eficiência, para reduzir ao máximo os imprevistos e antecipar problemas que podem ser desencadeados na construção. Assim, planejar, vai além de criar o passo a passo de uma execução, exige uma melhor escolha para as técnicas de abordagem social e de produção. O plano de construção de uma obra, modelada em BIM tende a prever inconformidades ainda em sua parte de pré-projeto, evitando retrabalho, perda de tempo e dinheiro.

O BIM 4D cria uma quarta unidade dimensional, o tempo. Paralela a confecção do empreendimento as ferramentas da metodologia são capazes de quantificar a parcela temporal de cada elemento, tornando possível a visualização da obra em diferentes momentos da construção, expondo interferências e alternativas para as mais diversas situações.

A visualização e simulação das sequências dos processos construtivos no canteiro de obras facilitam a tomada de decisão nas etapas de planejamento e construção (CORRÊA; MARCHIORI, 2017). Após uma modelagem tridimensional por meio do *software* como o *Revit* da *Autodesk*, a quarta dimensão vincula os modelos geométricos do projeto e insere em uma plataforma de gerenciamento, por exemplo, o *Navisworks* da *Autodesk*, que atrela todos os elementos com seus respectivos blocos temporais, que nortearão as etapas da construção.

Diante do exposto, o presente trabalho visa analisar o planejamento de obra por meio de ferramentas e da metodologia BIM a partir de um estudo de caso mostrando as etapas da utilização bem como suas barreiras e vantagens.

2 JUSTIFICATIVA

Arayici et al. (2011) discorre que a implantação do BIM não constitui uma simples inovação tecnológica, mas traduz-se em mudanças sociocultural na indústria da construção civil. Diversos autores concordam que se trata de um novo paradigma e esse envolve um aporte teórico complexo, o qual carece de pesquisa, sobretudo no território nacional. Checcuci (2014) cita ainda, o fato de grande parte de pesquisas acadêmicas sobre o tema concentra-se nas regiões sudeste e sul do país. Há necessidade da elaboração de estudos e da formação de profissionais especialistas no assunto em outras regiões do Brasil, como no Nordeste.

Por essa razão o tema supracitado foi adotado, mas não se pode deixar de mencionar o interesse pessoal do autor e que esta monografia é uma continuação do projeto iniciado pela ex-aluna de Engenharia Civil, Sacha Fernandes Pereira no ano de 2018. Onde aborda o uso da ferramenta BIM para extração de quantitativos em uma edificação de pequeno porte, para tal foram elaborados os modelos na arquitetura e instalações, em seguida extraídos os dados referentes aos insumos dessa obra. Tanto os modelos como as informações obtidas anteriormente, serão utilizados nesta pesquisa.

Vinculado ao desenvolvimento da tecnologia e avanços na ICC, o foco nas melhorias de rendimento e eficiência de produção, associados a construção com melhores economias, o contexto se torna essencial para uma boa prática e evolução no setor. Fazendo parte da quarta dimensão do BIM e planejamento de obra consegue sair da base arcaica de diagramas lineares para um acompanhamento visual, tridimensional e em tempo real. Assim torna-se tema de parâmetro para pesquisa e aprofundamento, bem como inspiração para o estudo de caso do trabalho em questão.

Em síntese, os dois trabalhos compõem parte do ciclo de vida do edifício, de modo sequencial, simulam a prática profissional no contexto BIM e permitem um estudo mais aprofundado que por sua vez poderá ser utilizado pelos demais discentes desta instituição.

3 OBJETIVOS

3.1 GERAL

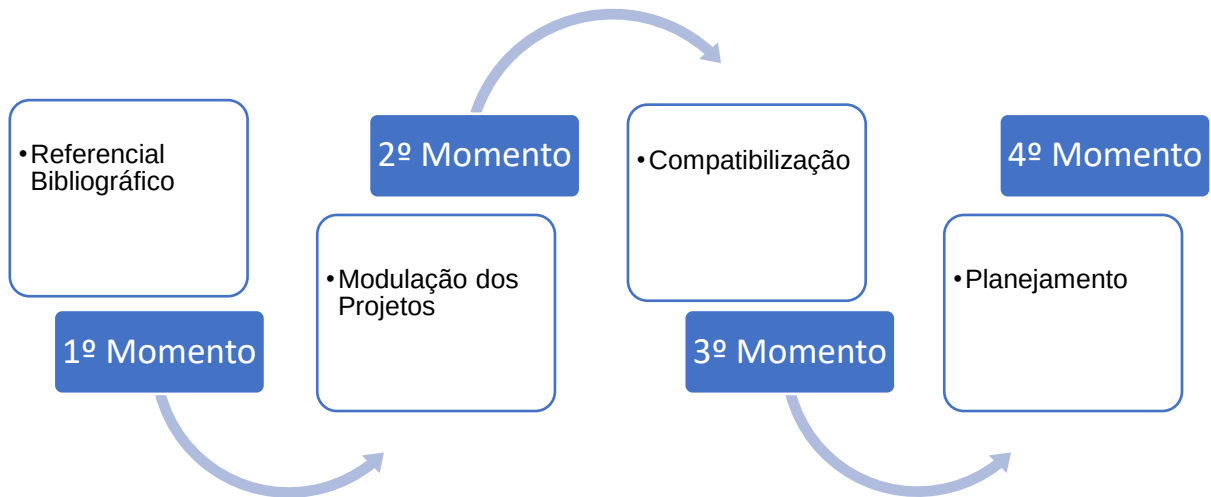
Compreender os resultados da implementação da metodologia BIM no contexto do planejamento de uma edificação de pequeno porte.

3.2 ESPECÍFICOS

- Entender os conceitos, os aspectos e o elo entre a metodologia BIM e o Planejamento em construções de pequeno porte.
- Identificar os caminhos para implementação desta plataforma no setor de Planejamento e traçar e embasar melhor a metodologia para a confecção do estudo de caso.
- Elaborar um estudo de caso, a partir da modelagem ao planejamento 4D, de uma residência unifamiliar.
- Indicar futuras pesquisas a partir do estudo de caso, paralelo avaliar os dados obtidos, as vantagens e barreiras da implementação do BIM, para o planejamento de obras de pequeno porte.

4 METODOLOGIA

Figura 2 – Fluxograma da metodologia.



Fonte: Autoria Própria (2019).

O presente trabalho tem como estratégia a adoção de um estudo de caso que simulará o planejamento em 4D de uma edificação de pequeno porte. Para tanto se fez necessário **no primeiro momento** a formulação de um referencial bibliográfico que conceitua a metodologia BIM e seus principais aspectos, além de compreender a teoria, também objetiva entender o funcionamento das ferramentas, a interoperabilidade entre elas e como elas podem ser úteis para a tomada de decisão no planejamento.

No segundo momento foram analisados os projetos e modelos executados no trabalho de conclusão de curso de Pereira (2018). Em seguida, serão executados os projetos/modelos 3D da residência que não foram contemplados pela autora anterior, sendo eles o projeto elétrico, sanitário e estrutural. Para tal consumação foram utilizadas as ferramentas digitais TQS (para o projeto de estrutura) e *Autodesk Revit* (para os projetos de instalações), todos executados em um LOD 400.

No terceiro momento, os projetos/modelos foram reunidos em um único arquivo, denominado modelo federado, passando por um breve estudo de compatibilização a fim de eliminar as interferências entre as disciplinas de arquitetura, instalações e estrutura. Nesta fase foi adotada a ferramenta *Autodesk Navisworks* e após este processo, as mediações foram corrigidas nos programas de origem. Na

sequência se faz o levantamento dos quantitativos e os resultados são inseridos em uma planilha do Excel.

No quarto momento, com os dados obtidos no modelo federado, dá-se início ao planejamento de execução da obra com auxílio da ferramenta *MsProject*. Foram introduzidos os dados extraídos (insumos) mais o fator de tempo. Com a programação montada realiza-se uma simulação do tempo no *software Autodesk Navisworks Manage*, cujo objetivo é montar o cronograma-físico da obra, ou seja, a visualização dos parâmetros temporais de projeto e ensaiar o canteiro de obra.

Ao final, é constatado os desafios do setor para implementação, após todas as etapas executadas, bem como as vantagens da metodologia BIM no planejamento.

5 BUILDING INFORMATION MODELING – BIM

5.1 CONTEXTO HISTÓRICO DO BIM

É observado, após a segunda Guerra Mundial, o crescente desenvolvimento da tecnologia da informação. O surgimento de sistemas informatizados baseados em CADD (*Computer Aided Draft and Design* – Desenho e Projeto Auxiliado por Computador – ou simplesmente CAD) se inicia uma nova forma no modo de projetar, pioneiramente explorada pelas empresas aeroespaciais e automobilísticas, até chegar no ramo da engenharia e arquitetura. Em 1963, em defesa de sua tese de doutorado, Sutherland apresentou um editor gráfico capaz de criar formas distintas, possibilitando a projeção em duas dimensões de imagens (MARCEL, 2017).

Segundo Souza (2009 apud MARCEL, 2017), a saída da prancheta para começar a desenhar em um *software* representou à primeira das três gerações da evolução dos programas CAD. A segunda geração inseriu a terceira dimensão aos projetos, mas apenas na década de 1980, na terceira geração que os *softwares* conseguiram criar uma parametrização e correlação entre os dados.

Naturalmente, uma nova tendência vincula aos avanços citados acima e a uma necessidade de empresas especializadas. Nesse contexto surge a Autodesk, criadora do AutoCAD, plataforma de modelagem 2D e 3D. O *software* de segunda geração avançou no conceito de modelagem, no entanto ainda apresentava resistência por parte dos setores da Arquitetura, Engenharia e Construção Civil (AEC), que mantinham seus projetos desenhados a mão livre.

A busca por modelagens paramétricas, com um maior detalhamento entre os elementos, desencadeia a “modelagem da informação”, com programas capacitados a interoperabilidade, saindo do conceito fechado de um representante CAD. Em 1975 Chuck Eastman publica artigo, no agora extinto, *AIA Journal* sobre o “*Building Description System*”, em que propôs um sistema informalizado com as principais características que consistem na essência do conceito BIM.

Assim, a nova mudança de geração dos *softwares* de desenvolvimento de projetos passa para transição CAD – BIM, um processo ainda mais exigente, no âmbito de implementação e também na resistência a mudanças. Tal relutância é compreendida tendo em vista que essa trajetória, segundo Arayici et al. (2011), não

constitui uma simples inovação tecnológica, mas traduz-se em mudanças socioculturais na indústria da construção civil.

5.1.1 Implementação BIM no Brasil

Logo, baseado no que ouvi, nos investimentos que vi serem feitos,..., **acredito que há muito potencial, não apenas para o Brasil evoluir, mas para evoluir com rapidez**, e para aprender com todas as coisas que os outros fizeram. Vejo, a partir de tudo isso, que se eu voltar em dois ou três anos, vou estar novamente surpreso com o quanto à implantação caminhou tão bem. SUCCAR (2018) em entrevista da CBIC.

Assim como vem acontecendo no mundo, a tecnologia BIM tem sido vista como promissora no cenário da construção civil no Brasil. A partir do ano 2000 ganha cada vez mais expressão principalmente nos escritórios de arquitetura. Mas, segundo Menezes (2011), ainda existe uma dificuldade de implementação principalmente devido aos custos, referentes ao treinamento de pessoas, e a obtenção dos recursos necessários (computadores e *softwares*).

No entanto, o Brasil apresenta seus pontos positivos quando falamos sobre modelagem de informação na construção. No âmbito acadêmico, pela crescente produção científica e pela introdução do ensino da tecnologia BIM na grade curricular das disciplinas de Engenharia e Arquitetura. Também em outros setores, como é o caso do exército brasileiro, que apresenta um sistema próprio (Sistema Unificado do Processo de Obras - OPUS) que já foi implantado e é usado na execução de suas obras. Servindo também para estudos e análises como o “*Experience Exchange in BIM*”, promovendo apoio a diálogos setoriais UE-Brasil (CASTRO, 2016).

Outra forma de auxílio, mesmo sendo uma estratégia comercial, surge das empresas fornecedoras de materiais, com o lançamento de uma biblioteca digital inteligente de componentes construtivos (instalações hidráulicas, sanitárias, elétricas, entre outras), que acabam por facilitar a especificação e introdução de informações nas modelagens digitais das edificações (COUTINHO, 2015).

Para um maior auxílio do trabalho de disseminar e implantar o BIM, o Governo Federal e o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), criaram em 2009 a Comissão de Estudos Especial de Modelagem de Informação da Construção, ABNT/CEE-134, com missão de desenvolver normas técnicas sobre o BIM (CATELANI/SANTOS, 2017).

Em 2011, a primeira norma é estabelecida, dividida em sete partes a ABNT NBR 15965, é composta por treze tabelas sobre o tema, por termos padronizados e codificados, e suas partes estão sendo desenvolvidas em etapas, onde algumas (como é o caso da sétima) está em análise nacional. Ainda segundo Catelani (2017), os impactos da norma irão além de facilitar os processos de planejamento da obra, vão trazer mais confiabilidade, integridade e uma continuidade de informações obtidas nas fases do projeto, mesmo passando por grupos de usuários distintos.

Objetivando a propagação do novo modelo de produção, o governo ainda estabelece decretos, entre eles estão o Decreto N° 14.473 de 2017, que posteriormente foi revogado em 2018 pelo Decreto N° 9.377, que será mais bem analisado no próximo tópico.

5.2 CONCEITOS DO BIM

A Modelagem de Informação da Construção (BIM), segundo o site “*hashtagbim.wordpress*”, é um processo que inicia-se com a criação de um modelo de projeto inteligente tridimensional e utiliza-o para facilitar a coordenação, a simulação e a visualização, assim como ajuda os proprietários e fornecedores de serviços a aprimorar o modo como as construções e infraestruturas são planejadas, projetadas, construídas e gerenciadas.

A inserção do BIM ao mercado brasileiro dá início a um processo mais detalhado de seus usos e especificações. Em 17 de maio de 2018, foi estabelecido pelo decreto n° 9.377 de incentivo do Governo Federal a difusão da metodologia no território nacional que entende o *Building Information Modeling* como:

“Parágrafo único. Para os fins do disposto neste Decreto, entende-se o BIM, ou Modelagem da Informação da Construção, como o conjunto de tecnologias e processos integrados que permite a criação, a utilização e a atualização de modelos digitais de uma construção, de modo colaborativo, de forma a servir a todos os participantes do empreendimento, potencialmente durante todo o ciclo de vida da construção” (BRASIL, 2018).

Ainda no Art. 1º, é estabelecida a adoção da “Estratégia BIM BR”, que objetiva proporcionar um ambiente adequado ao investimento em *Building Information Modeling* e sua disseminação no país.

A estratégia tem seus objetivos especificados no Art. 2º, com finalidade de: Difundir o BIM e seus benefícios; Coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM; Criar condições favoráveis para o investimento, público e privado, em BIM; Estimular a capacitação em BIM; Propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e as contratações públicas com uso do BIM; Desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para adoção do BIM; Desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional BIM; Estimular o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM; Incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM.

Em análise no site “bimdictionary.com”, o pesquisador Bilal Succar (2015), afirma que o BIM possui centenas de definições, por ter uma vasta área de atuação, somada a uma não linearidade de desenvolvimento. Dessa maneira, pode ser interpretado como, um conjunto de tecnologias, processos e políticas que permitem que várias partes interessadas criem, construam e operem, de forma colaborativa, uma instalação no espaço virtual. Ou seja, não se limita a tecnologias, ferramentas e *softwares*, mas também inclui políticas e protocolos. Succar afirma também que o termo apresenta um crescimento tremendo e agora é a “expressão atual da inovação digital” em toda a indústria da construção.

O BIM é de acordo com Eastman et. al. (2014), “uma tecnologia de modelagem e um grupo associado de processos para produção, comunicação e análise do modelo de construção”. Com o olhar mais detalhado, o autor define um enfoque na tecnologia e no processo, a almejar o trabalho integrado de Arquitetos, Engenheiros e Construtores (AEC), convergindo para produção de um “modelo único” do edifício (ANDRADE; RUSCHEL, 2009). Sob o âmbito de algumas instituições internacionais “O que é BIM?” ainda mantém suas divergências de acordo com o interesse principal do instituto em questão. Em destaque estão:

O NBIMS – *National Building Information Modeling Standards* define BIM como: “Uma representação digital das características físicas e funcionais de uma construção”. Ou seja, é um recurso para o compartilhamento de informações que estabelece uma base organizada e confiável que pode suportar tomada de decisão durante o seu ciclo de vida.

A Administração de Serviços Gerais dos Estados Unidos – GSA – *United States General Services Administration*, descreve o BIM sendo: “O desenvolvimento e uso de um modelo digital de dados”. Compreendendo que não se limita a apenas

um documento de uma construção, é capaz de simular a operação de uma nova edificação ou de uma instalação já existente que se deseje modernizar. O *American Institute of Architects* – AIA, define BIM como “uma tecnologia baseada em um modelo que está associado a um banco de dados de informações sobre um projeto”.

Em suma, o entendimento do BIM foge da ideia de uma plataforma, essa metodologia representa a união de várias tecnologias trabalhando de forma integrada, para culminar em um protótipo virtual unificado e inteligente, abrangendo além da modelagem, as informações e detalhamentos necessários para a parametrização dos dados ao longo de todo o ciclo de vida de uma construção.

A ideia de promover o planejamento de uma obra, por um conceito de construção virtual em tempo real, possibilita a participação de todos os atores envolvidos no projeto de forma integrada, para criar um ambiente onde todas as informações são compartilhadas.

5.2.1 Uso e benefícios do BIM

O conceito de modelagem de informação na construção pode ter sua participação vinculada a cada uma das fases do ciclo de vida de um empreendimento, partindo da tomada de decisão até sua demolição ou manutenção. Antevendo que as etapas participem de um só modelo integrado, paramétrico, intercambiável e passível de simulações com todas as informações referentes a construção (Guia Asbea Boas Práticas em BIM, 2013 apud PEREIRA 2018).

O guia Asbea Boas Práticas em BIM (2013) descreve alguns dos principais usos da tecnologia ao longo do ciclo de vida do empreendimento:

- **Fase de Projeto:** Concepção; Documentação; Visualização; Compatibilização; Revisão; Análise de eficiência energética; avaliação de critérios de sustentabilidade; análise de engenharia e; extração de quantitativos.
- **Fase de Construção:** Planejamento de logística de canteiro; Planejamento e controle 4D; Coordenação 3D; Fabricação digital; Gestão de custos; Mock-ups virtuais.
- **Fase de Operação e Manutenção:** Programação de manutenção preventiva; Análise dos sistemas do edifício; Gerenciamento do edifício;

Gerenciamento dos espaços; Plano de evacuação do edifício; modelo consolidado (final).

Segundo Eastman et al. (2014), a tecnologia BIM pode incrementar e auxiliar diversas práticas dos setores do AEC. Embora os profissionais da área ainda estejam no início de sua adoção, avanços significativos já são perceptíveis (quando comparadas as práticas tradicionais do CAD 2D ou ao uso do papel).

Esses benefícios são analisados por diferentes autores nos mais diversos setores de atuação da tecnologia. Crespo e Ruschel (2007) destacam dois pilares de vantagens: colaboração e simulação, destacando-os como as habilidades chaves para partilhar de um modelo digital integrado, consistente e capaz de suportar todos os aspectos do ciclo de vida do projeto.

Eastman et. al. (2014) em seu exemplar “Manual BIM”, afirma que os proveitos são destrinchados ao longo das etapas de produção da edificação, em exposição abaixo:

Pré-construção para o proprietário: Conceito, viabilidade, e benefícios no projeto; Aumento da qualidade e do desempenho da construção.

Projeto: Visualização antecipada e mais precisa de um projeto; Correções automáticas de baixo nível quando mudanças são feitas no projeto; Geração desenhos 2D precisos e consistentes em qualquer etapa do projeto; Colaboração antecipada entre múltiplas disciplinas de projeto; Verificação facilitada das intenções de projeto; Extração de estimativas de custos durante a etapa de projeto; Incrementação de eficiência energética e a sustentabilidade,

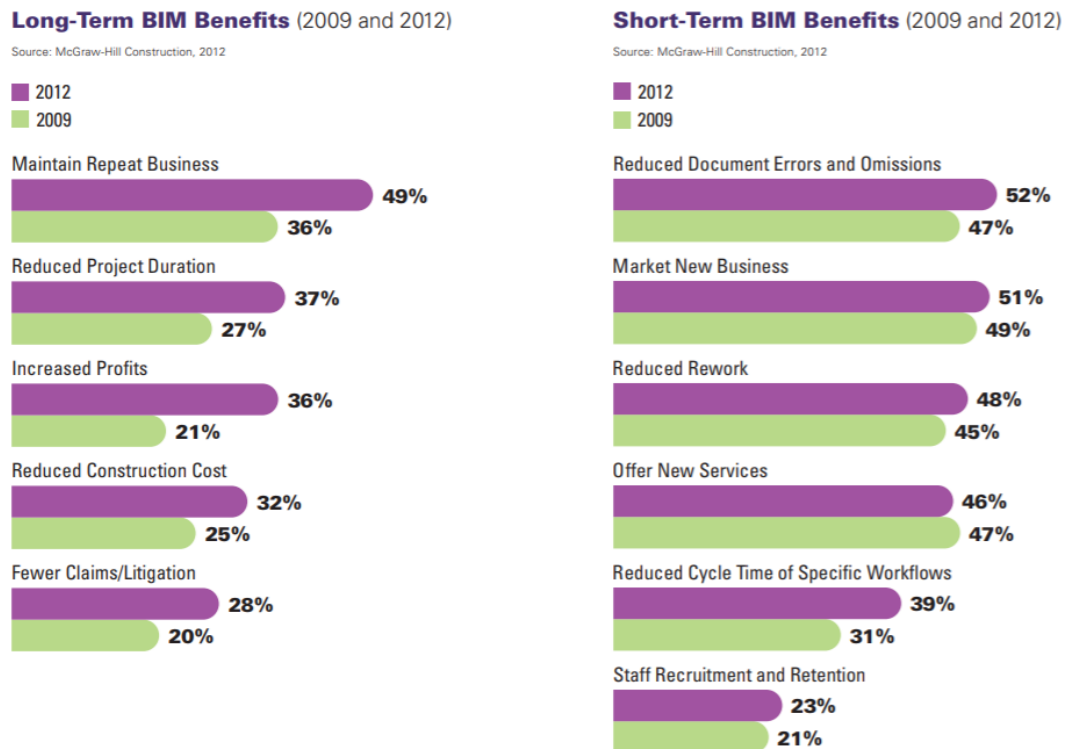
Construção e à fabricação: Sincronização de projetos e planejamento da construção; Descoberta de erros de projeto e omissões antes da construção (detecção de interferências); Reação rápida a problemas de projeto ou do canteiro; Uso do modelo de projeto como base para componentes fabricados; Melhor efetivação e técnicas de construção enxuta; sincronização da aquisição de materiais com o projeto e a construção.

Pós-construção: Melhor gerenciamento e operação das edificações; Integração com sistemas de operação e gerenciamento de facilidades.

Em pesquisa realizada entre os anos de 2009 e 2012, a construtora americana McGraw Hill, percebeu que alguns benefícios do BIM têm retorno quase que imediato, sendo aparente nos primeiros projetos de execução. No entanto outros precisam de

prazos mais longos para mostrarem seu valor. Curiosamente ainda segundo McGraw Hill, os maiores aumentos de porcentagens ocorrem em melhorias que demoram mais tempo para validar, refletindo em uma crescente maturidade dos usuários. A seguir, estão as porcentagens de maior destaque desse estudo realizado (Figura 3).

Figura 3 – Benefícios do BIM a curto e longo prazo.



Tradução: "Benefícios do BIM a curto prazo"; "Benefícios do BIM a longo prazo".

Fonte: construction.com (2018).

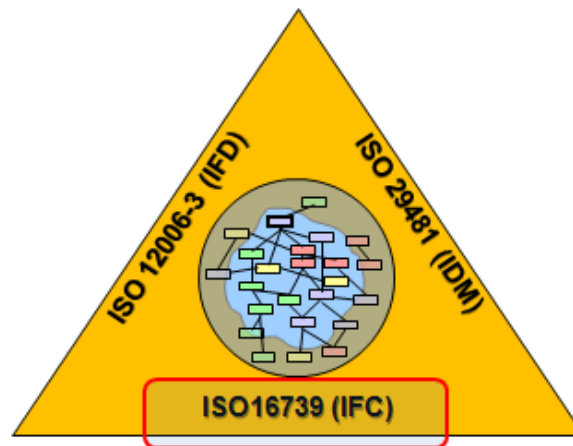
5.3 INTEROPERABILIDADE

No processo de desenvolvimento de projeto, não existe um *software* capaz de suportar sozinho todas as aplicações de produção. A interoperabilidade corresponde a necessidade de transmitir dados entre aplicações, possibilitando que os especialistas em cada setor, contribuam para o trabalho em questão, Eastman et. al. (2014).

Crespo e Ruschel (2007) afirmam que a interoperabilidade pode viabilizar a criação de um edifício virtual entendido como um modelo de referência, onde os outros modelos possam acessá-lo e apontar para a informação onde é armazenado. Assim a informação pode percorrer até onde se encontra sua finalidade.

Os esforços para permitir que o setor da construção usufrua desse benefício do BIM, são datados de 1994 com o surgimento da *Industry Alliance for Interoperability*, a partir do consórcio de várias companhias americanas, lideradas pela Autodesk, para auxiliar o desenvolvimento de aplicações integradas. Em 2005, esse consórcio passa a ser chamado *BuildingSMART*, especializado no uso do BIM e do *Industry Foundation Class*, como propulsores de formas mais inteligentes de trabalho (MANZIONE 2013). Desenvolve-se e mantém padrões para trabalhar usando o BIM de maneira aberta, denominada *OpenBIM*, combinados em três conceitos que sustentam essa tecnologia (Figura 4):

Figura 4 – Tecnologias padrão do Building SMART.



Fonte: Buildingsmart (2018).

Industry Foundation Class (IFC), ISO 16739 – Define a troca ou compartilhamento de informações de um edifício.

International Framework for Dictionaries (IFD), ISO 12006-3 – Dicionário de dados que estabelece qual informação será trocada ou compartilhada no edifício.

Information Delivery Manual (IDM), ISO 29481 – Manual de informação que especifica quando e quais informações serão trocadas ou compartilhadas.

6 ASPECTOS DO BIM

6.1 AS DIMENSÕES DO BIM

O ciclo de vida de um empreendimento está relacionado com as atividades que nele são desempenhadas, iniciada com a tomada de decisão para criar um projeto, até sua fase de manutenção, operação ou até mesmo na sua desconstrução. Todo o processo que constitui as distintas etapas do ciclo compõe de forma intuitiva e até sugestiva, as chamadas “dimensões” do BIM.

Além das características volumétricas e físicas da construção, essas outras “dimensões” atrelam diferentes atributos do modelo, relacionadas com a execução, custo, instalação, informações de desempenho e gestão de ativos ao longo da vida útil da edificação. Promovendo que todos os agentes envolvidos consigam desempenhar suas funções (COUTINHO, 2015).

O desenvolvimento das etapas, mesmo integradas, ainda segue uma sequência que define a dimensão que será trabalhada e quais outras podem derivar dela. A análise dimensional é separada em 6 dimensões distintas, partindo inicialmente da 3D, até a 7D (Figura 5), e adicionada mais recente a oitava dimensão 8D, com suas especificações apresentando poucas variações entre bibliografias. A nomenclatura usada, será a recomendada pelo site americano BibLus.accasotfware.com (referência em publicações sobre BIM).

Figura 5 – Dimensões do BIM.



Fonte: BibLus (2018).

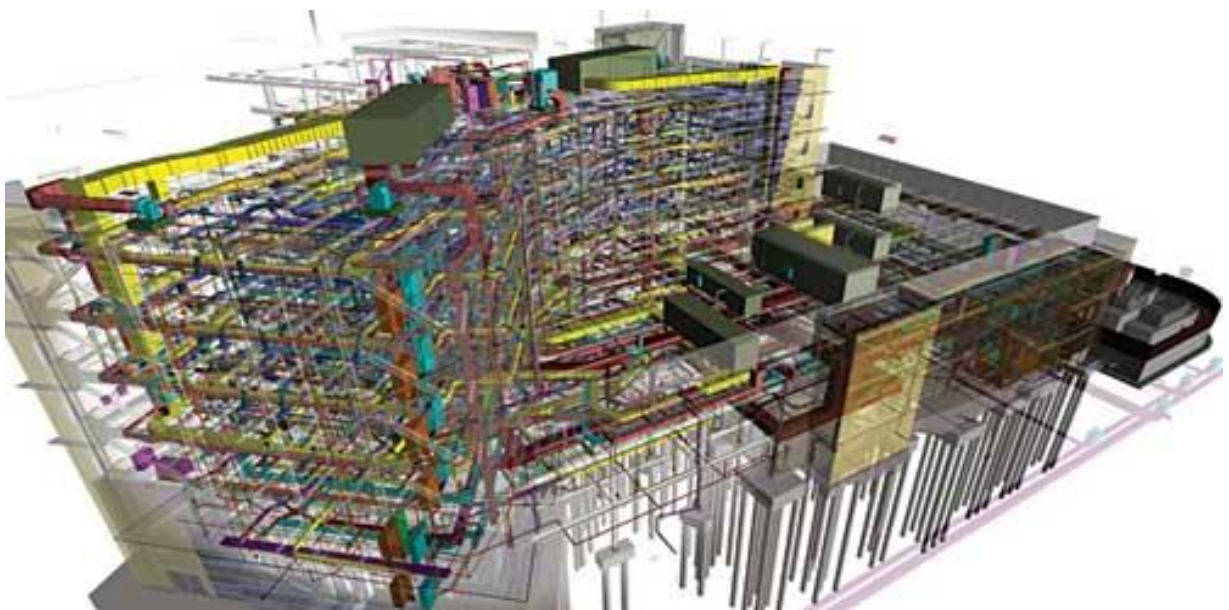
BIM 3D – Modelagem Tridimensional

A fase inicial da modulação de um projeto, consiste em sua representação, seja por meio de desenho técnico, visualizações 2D em plataformas como o *AutoCAD* ou por modelos tridimensionais, que consistam na visualização mais fiel e real. Mesmo que atualmente, com a tecnologia BIM, ainda em suas fases iniciais, a modulação em 3D já está cada vez mais presente em escritório de projetos, em especial de arquitetura. Vinculados mais a apresentação do que ao desenvolvimento propriamente dito. Em outras palavras, uma representação 3D não está necessariamente fazendo uso do BIM (EASTMAN et. al., 2014).

O BIM 3D, é sim um projeto visto em 3 dimensões, mas não se limita apenas a representação visual. São ligados ao modelo, parâmetros de elementos para capacitá-lo de modo a possibilitar a extração de quantitativos, ensaiar a obra antes que ocorra, checar interferências entre disciplinas, realizar simulações e ensaios virtuais, além da visualização real do andamento da obra (10 motivos para evoluir em BIM, 2016).

Outro fator preponderante é a possibilidade da unificação multidisciplinar para criar um só modelo federado, abrangendo todos os projetos relevantes para as análises e acompanhamentos do empreendimento, como exemplificado na figura 6:

Figura 6 – Modelo Federado 3D-BIM.



Fonte: detailingexpress.com (2019).

Dentre as ferramentas usuais, muitas conseguem suprir as necessidades de visualização 3D, como *Sketchup* e *3DsMAX*, mas para fins mais paramétricos, existem ligados aos BIM, a exemplo estão o *Archicad*, *Vectorworks*, *AECOSim*, *Revit* e o *Edificius*, que são compatíveis com programas para dar sequência as demais dimensões.

BIM 4D – Planejamento (3D + Tempo)

Planejar uma obra significa estabelecer uma sequência construtiva, para desempenhar as atividades com maior eficiência, sem desperdício nem atrasos no tempo. Segundo Koo e Fisher (1998 apud COUTINHO, 2015), o 4D liga a informação gráfica com a parcela do tempo, demonstrando visualmente as etapas da construção de acordo com a sequência original pré-estabelecida.

Dentre as aplicações da quarta dimensão as mais usuais tendem a sair dos métodos tradicionais de análise progressiva de fases (diagrama de Grantt), para soluções mais simplificadas que permitam uma melhor simulação para compatibilizar disciplinas checando interferências atreladas tanto a modulações quanto a etapas construtivas, todas de forma prévia a construção, ainda em fase de projeto, evitando retrabalho e minimizando imprevistos no decorrer da execução da edificação.

No entanto, a maior dificuldade é unir o planejamento ao processo de gestão e ao processo de modelagem. Manzione (2013) sugere trabalhar com três níveis de planejamento hierárquicos, sendo eles: estratégico, tático e operacional, em um corpo integrado, composto pela estrutura de análise de projeto e pela estrutura de análise de modelo.

A facilitação nas análises e as simulações são melhorias que o BIM 4D promove, Eastman et. al. (2014) afirma que tais simulações funcionam principalmente como ferramentas de comunicação (Figura 7), e devem ser usadas de modo que o encarregado certifique-se que este planejamento é o mais viável possível. Destaca ainda os benefícios de sua utilização: Comunicação, Contribuição para múltiplas partes interessadas, logística do canteiro, coordenação de disciplinas e comparação de cronogramas e acompanhamento do progresso da construção. Ressalta também, que o BIM 4D requer um modelo 3D, capaz de se conectar ao cronograma do empreendimento, fornecendo datas iniciais e finais aos parâmetros do projeto (para cada elemento).

Figura 7 – Planejamento 4D em software da Autodesk.



Fonte: keepcad.com.br (2019).

As ferramentas encarregadas das modulações em quarta dimensão são aquelas capazes de criar, atualizar e comunicar, planilhas e cronogramas com uma grande variabilidade de visualizações e relatórios, partindo do método do Caminho Crítico (CPM), como o *MsProject*. No qual se compatibiliza a *softwares* com a habilidade de vincular aos elementos do projeto uma parcela temporal (*Autodesk Revit*), possibilitando a visualização do modelo real do empreendimento em suas distintas fases de construção.

BIM 5D – Orçamento (BIM 4D + Custos)

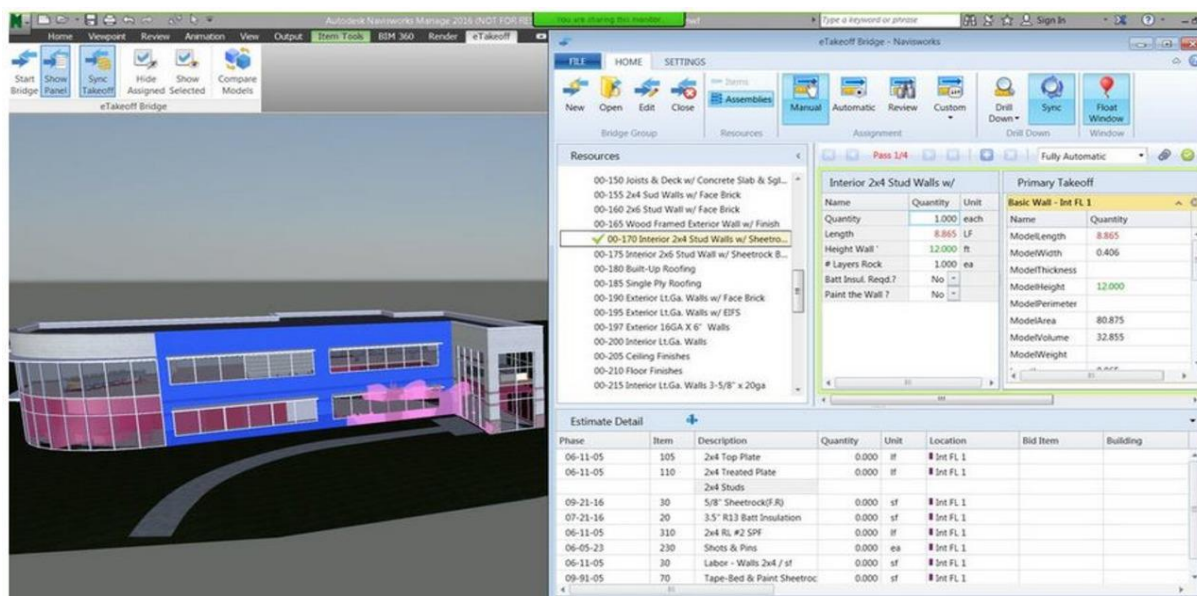
Como visto anteriormente existem *softwares* com capacidade de modulação em BIM 3D que conseguem extrair os quantitativos de todos os elementos do projeto, de forma organizada e sistemática. Essa extração possibilita ligá-lo a um documento de custos apresentando o valor de cada material, essa conexão pode ser feita usando

as mais diversas tabelas orçamentárias, desde as de autoria própria até as de órgãos governamentais para licitações públicas e obras de alto índice de fiscalização.

Essa interação é destacada por Turner e Edwards (2014 apud COUTINHO, 2015), onde afirmam que os *softwares* serão capazes de reduzir o trabalho braçal de um engenheiro de orçamentos que terá uma redução significativa no volume de medições detalhadas feita a mão, e a não necessidade de comparar os elementos com um valor correspondente.

Com a obtenção automática dos quantitativos, a parcela “custo” atrelada ao modelo tridimensional BIM, é responsável por gerar o valor montante de um empreendimento. No entanto, é muito comum o acréscimo de quantias ao longo da execução das construções. Assim pode-se vincular a quinta dimensão ao modelo 4D (Figura 8), dividindo os valores em um produto estático e dinâmico, a depender das variáveis geradas a partir dos softwares de gestão de tempo (BIBLUS, 2018).

Figura 8 – Orçamento 5D vinculado ao planejamento.



Fonte: forconstructionpros.com (2019).

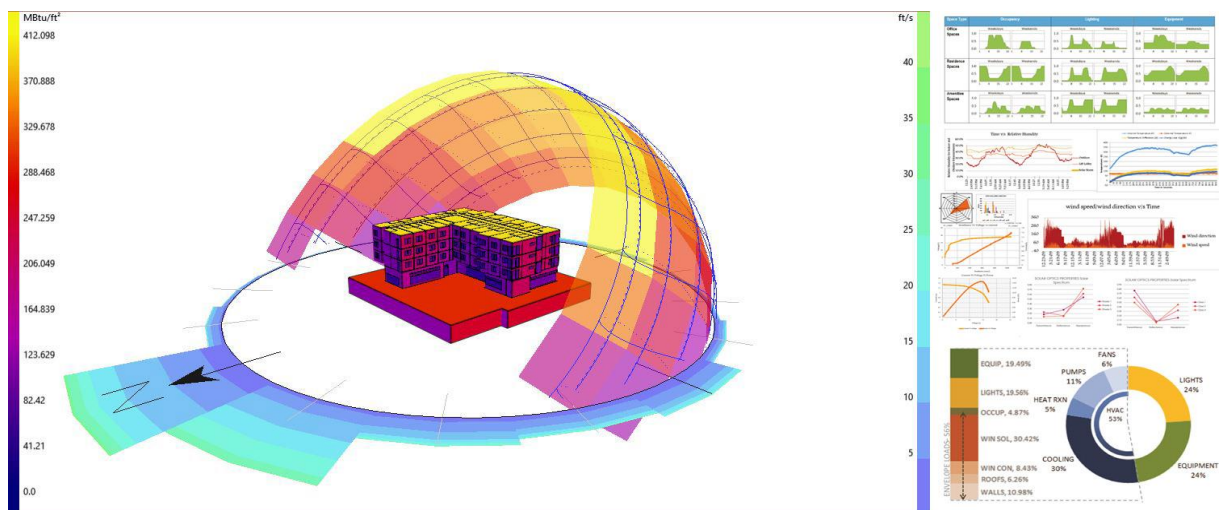
Um dos focos dessa tecnologia está nas obras públicas. Em uma época de desconfiança e escândalos envolvendo grandes construtoras, o mercado fica cada vez mais competitivo e com uma fiscalização progressivamente mais rigorosa. A exemplo de países como Espanha, Estados Unidos e até o Reino Unido, o uso da metodologia já é obrigatório em obras desse segmento, o que torna o BIM 5D um importante instrumento de análise de custos e ferramenta de confiabilidade.

BIM 6D – Sustentabilidade

A sexta dimensão da metodologia BIM está voltada a uma análise energética, para avaliar o desempenho da estrutura. Como é tratado o termo de sustentabilidade, ligamos essa parcela do dimensionamento às ferramentas “BIM verdes”, que são instrumentos capazes de averiguar a eficiência da edificação, não só nos âmbitos ambientais (capacidade de produção e conservação de recursos naturais), mas também econômicos (rendimento e trabalho) e sociais (bem-estar).

O processo desempenhado pelo BIM 6D fornece um retorno direto, para testar o projeto, a fim de melhorá-lo ao longo de seu ciclo de vida. (MOTAWA; CARTER, 2012 apud COUTINHO, 2015). Dentre as simulações feitas no âmbito de sustentabilidade, fornecem em geral um estudo detalhado de análise térmica e de energia; Iluminação e sombreamento; Acústica; Valor sobre custo (Figura 9).

Figura 9 – Análise de eficiência.



Fonte: bimmers.com.pk (2019).

Além dos diagnósticos, os parâmetros de sustentabilidade criam uma confiabilidade no empreendimento, pois são certificados por entidades responsáveis em investigações no segmento ambiental. Para efeito de verificações é usado softwares adaptados para tal, como o *Autodesk Revit*, pelo aplicativo “*Green Building Studio*” que averigua as simulações no modelo tridimensional (PEREIRA, 2018).

BIM 7D – Manutenção e gestão de ativos

A última etapa do ciclo de vida de um empreendimento está submetida a dois pontos distintos. O primeiro pode ser visto como seu plano de demolição, processo pelo qual colocaria um fim na vida útil dessa determinada edificação. Outro ponto implicaria na manutenção e gestão dos ativos da construção, uma etapa que daria sequência ao ciclo (Figura 10).

Figura 10 – Software de gestão de ativos.



Fonte: virtualbuildingstudios.com (2019).

O plano de manutenção é o campo menos estudado e, no entanto, um dos que podem causar mais problemas a vida útil do projeto. Essa dimensão trabalha com o modelo “*As Built*”, ou seja, “como é construído”, uma representação final e real de como foi executado, associado à programação de manutenção de seus ativos. À vista disso, é possível atrelar ao parâmetro de cada elemento uma “data de validade”, a garantia do fornecedor, o que facilita a previsão da necessidade de reparos, antes que desencadeiem outras consequências (PEREIRA, 2018).

Ademais, é feito o levantamento do orçamento de manutenção para combater a origem dos problemas e atender as demandas ocorrentes ao passar dos anos, viabilizando criar um seguro para o edifício, assegurado pela qualidade dos materiais especificados pelos fornecedores e nos manuais do fabricante.

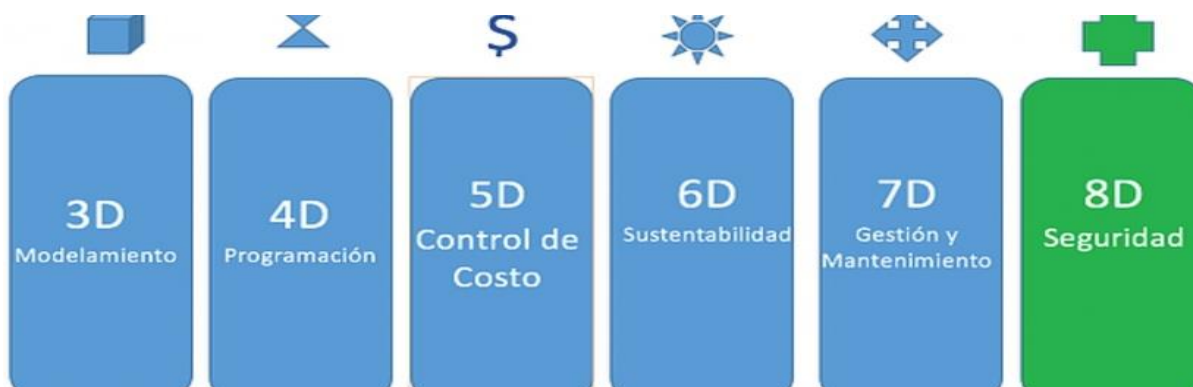
Vale ressaltar que a nomenclatura do BIM 6D e do BIM 7D, são invertidas em algumas literaturas.

BIM 8D – Segurança

A oitava dimensão é a mais recente do *Building Information Modeling* e diferente das restantes, não dá continuidade ao processo construtivo, mas se vincula as fases existentes, têm foco na parte de projeto e consequentemente sua execução. Está diretamente ligada a estratégias de segurança de trabalho, a fim de tornar o processo mais livre de riscos.

Imriyas Kamardeen (2010 apud INBEC, 2019) reitera que a dimensão 8D é a segurança do trabalho (Figura 11), pois oferece informações para identificação prévia de problemas relacionados a falta de cautela. Destrincha-se em três principais tarefas: determinar os riscos do modelo, promover sugestões de segurança para situações de alto risco e proteção do trabalho na obra propriamente dita.

Figura 11 – A gestão da segurança.



Tradução : “Modelagem”; “Programação”; “Controle de custos”; “Sustentabilidade”; “Gestão e manutenção” e “Segurança”.

Fonte: virtualbuildingstudios.com (2019).

A ideia central do BIM 8D, consiste na antecipação de riscos e evitá-los, e a melhor forma para tal, seria eliminar seus causadores diretamente da fonte, em outras palavras, a prevenção através do projeto. O método da origem ao termo “projeto seguro” depende da realização de uma avaliação de riscos completa de todos os componentes de execução do projeto. O que exige alta integração e conhecimento dos procedimentos de construção, fornecidos por sua vez, pelos mecanismos de modelagem em BIM.

6.2 LOD (LEVEL OF DEVELOPMENT)

O aumento da qualidade de um projeto está diretamente ligado com o seu grau de confiabilidade, ou seja, com a facilidade a qual ele é compreendido por todos os envolvidos em sua produção e execução. O desenvolvimento gera um ganho de informação para os modelos, que recebem uma classificação de acordo com o conceito de LOD (*Level Of Development*) ou Nível de Desenvolvimento (ND) (Coletâneas de Guias BIM - ABDI-MDIC).

Inicialmente era dominado como o nível de detalhamento do modelo, mas com os avanços do BIM esse termo ficou defasado, pois se referia apenas a entrada de dados, e os participantes necessitavam de informações mais confiáveis a respeito do andamento do projeto, o que foi denominado de LOI (*Level Of Information*) ou nível de informação. A junção desses níveis de classificação deram origem ao LOD que é utilizado nos projetos atuais (RENATO, 2018).

De acordo com o site americano BibLus, a AIA – *American Institute of Architects* (2013), adotou uma definição de LOD para esclarecer e reforçar ainda mais seu conteúdo: “O Nível de Desenvolvimento”, descreve os requisitos mínimos dimensionais, espaciais, quantitativos, qualitativos e outros dados introduzidos num elemento do modelo para apoiar os usos autorizados associados a este.

Os níveis foram então classificados em cinco categorias básicas (de 100 a 500), apresentando um sexto nível intermediário chamado de LOD 350. Cada LOD possui suas características e níveis de detalhes e informações em uma proporção distinta e sempre mais completa que o anterior (Figura 12). O conceito elementar de cada categoria é:

LOD 100: O elemento do modelo deve ser representado com um símbolo ou outra representação genérica, não satisfazendo os requerimentos para o LOD 200.

LOD 200: O elemento do modelo é graficamente representado como um objeto genérico do sistema ou mostrado com uma quantidade aproximada de detalhes, tamanho, forma, localização e orientação. Informações não gráficas também podem ser anexadas ao elemento.

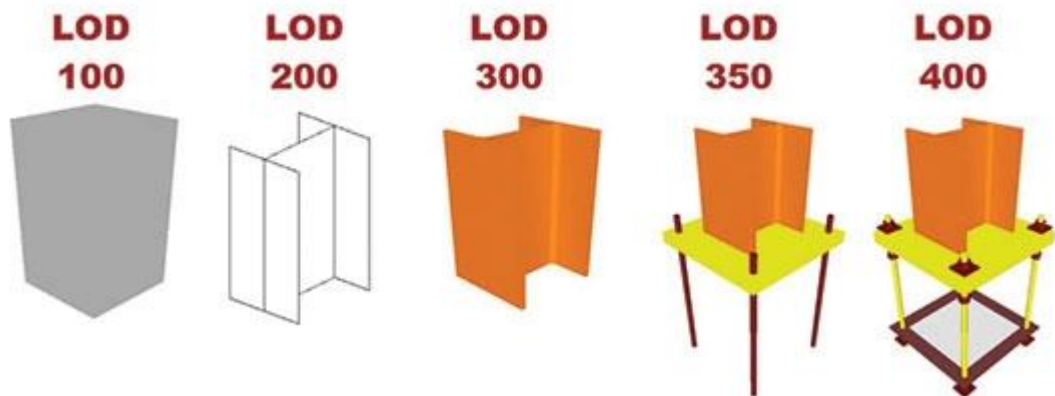
LOD 300: O elemento do modelo é graficamente representado como um objeto específico, quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. Informações não gráficas também podem ser anexadas ao elemento.

LOD 350: O elemento do modelo é graficamente representado como um objeto específico, quantidade, tamanho, forma, orientação e interfaces com outros sistemas de construção. Informações não gráficas também podem ser anexadas ao elemento.

LOD 400: O elemento do modelo é graficamente representado como um objeto específico ou forma de montar em termos de tamanho, formato, localização, quantidade e orientação com detalhes sobre a forma de fabricação, montagem e instalação. Informações não gráficas também podem ser anexadas ao elemento.

LOD 500: O elemento do modelo é uma representação verificada em campo em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação. Informações não gráficas também podem ser anexadas ao elemento, ou seja, o elemento é modelado da forma exata que está executado em campo.

Figura 12 – LODs Level of Developments .



Fonte: bdcnetwork (2018).

Outro aspecto do ND 500 é que ele se caracteriza pela “verificação de campo”, ou seja, por descrever o que foi efetivamente executado é que associa o nível como construído.

7 PLANEJAMENTO DE OBRA

7.1 PLANO DE EXECUÇÃO BIM – BEP

O BEP ou *BIM Execution Plan* é um dos acrônimos do vocabulário do BIM. Tem por definição estabelecida pelo site BibLus como sendo um documento que demonstra como os aspectos informativos do projeto se relacionarão com as fases de planejamento e implementação.

Planejar uma execução vai além de criar um planejamento de obra, selecionando e ordenando materiais e tarefas. É um processo que tem início antes mesmo da criação do projeto ao qual será realizado. Um bom BEP tem sua origem no pré-projeto e se estende até o “*As-Built*”.

Esse modelo é comumente designado para licitações, dividindo-se em duas etapas. A primeira, referente a contratante que formulará uma BEP como sendo um documento que ilustre todas as necessidades. A segunda que se subdivide em dois tipos: pré-contrato (por todos os licitantes) e o pós-contrato (pôr o vencedor da licitação).

Uma obra executada com um planejamento BIM, precisa ser gerida por um responsável capacitado conhecido como *BIM Manager* ou gerente BIM. Esse vem a ser o encarregado de toda a logística de criação e desenvolvimento do empreendimento, para garantir uma clareza e acessibilidade às informações além de promover todo o compartilhamento entre as disciplinas, fornece inclusive (se possível) uma biblioteca de parâmetros para aumentar a interoperabilidade entre os participantes.

A comunicação que o *BIM Manager* faz com os outros encarregados do projeto, atende a um conhecimento prévio e noções sobre a metodologia de modelagem da informação, voltado principalmente para os seus Níveis de Desenvoltimentos (NDs). Quando os membros da AEC são acionados, eles recebem uma exigência de detalhes e informações que necessitam conter em cada etapa da produção, esse grau de imposição é cobrado na forma de LOD (RENATO, 2018).

Seja na fase de pré-projeto, com análises básicas de volumetria e distribuição de espaço (LOD 200), até um projeto mais rico em informações com detalhes paramétricos para promover a multidisciplinaridade (LOD 400).

Ainda segundo Renato, em publicação no site viabimlize, um gestor de BEP precisa seguir algumas importantes etapas:

- 1- Identificar os usuários e metas de projeto;
- 2- Detalhar o processo global do empreendimento;
- 3- Promover o intercâmbio de informações;
- 4- Criar uma modelo sustentável para implementação do BIM no projeto.

Com as fases bem desenvolvidas, o *BIM Execution Plan* consegue se consolidar não como um manual, mas como um planejamento para produção. Mesmo que a repetição de *templates* seja inevitável um projeto jamais deve ser copiado de outro, cada empreendimento tem seu BEP restrito à sua execução.

7.2 MODELAGEM NA QUARTA DIMENSÃO BIM

O processo de criação de modelos 4D já é utilizado há décadas mesmo sem a vinculação de um *software* especializados. Gerentes de planejamento trabalhavam com desenhos manuais usando lápis de diferentes cores para distinguir sequências construtivas e demonstrar uma progressão da construção ao longo do tempo. Mais a frente esse processo foi terceirizado e os diagramas de produção eram feitos por empresas de animação que desenvolviam um vídeo correspondente ao planejamento, no entanto, sem nenhuma vinculação paramétrica (EASTMAN et. al. 2014).

Para Eastman et. al. (2014) além dos métodos manuais (com ferramentas 3D ou 2D) e os de recursos 4D embutidos, a modelagem da quarta dimensão pode ser feita pela exportação de um modelo 3D BIM para um dispositivo 4D independente e com capacidade de importação do cronograma de forma altamente automatizada e com interatividade instantânea.

Esse processo consiste na automatização e filtragem de objetos em uma vista, baseados em suas propriedades ou parâmetros, para isso existem muitos tipos de ferramentas que usam dos mais diversos meios para integrar a parcela temporal ao modelo 3D BIM, como a *Bentley*, o *Synchro* e o *Naviswork*.

Mesmo com as variações de metodologias dos diferentes aparatos de modulação 4D, algumas diretrizes sobre planejamento e programação são destacadas por Eastman et. al. (2014): Escopo do modelo, Nível de detalhe,

Reorganização, Componentes temporários, Decomposição e agregação, e Propriedades do cronograma.

7.2.1 Compatibilização de Projetos BIM

Um dos desafios para os analistas de projetos ou gerentes de obras é a detecção e posicionamento a respeito das interferências no modelo e seu grau de desconforto. Em sua maioria essa verificação é feita de forma manual sobrepondo os projetos impressos ou analogamente utilizando ferramentas CAD e observando pontos de conflito (AUSTER, 2015).

Ainda que estas checagens sejam feitas em fase de pré-projeto, evitando retrabalhos e ganhos de produção, Eastman et. al. (2014) atesta que as análises manuais além de lentas são altamente suscetíveis ao erro. Contudo existem aplicações que permitem a detecção automática e paramétrica dos elementos em conflito mesmo que em escala milimétrica ou por aproximações julgadas danosas, por parte do analista de interferências.

“A compatibilização é uma atividade fundamental para a garantia da qualidade do projeto e do empreendimento. Para alguns autores, ela pode ser classificada como uma das funções da coordenação de projeto, enquanto para outros é uma função separada da coordenação. A compatibilização tem como objetivo principal evitar que os projetos executivos contenham interferências entre as diversas disciplinas, além de erros diversos que possam gerar atrasos e desperdícios durante a execução e que tragam prejuízo ao usuário final” (SENA, 2012).

Vista como um dos requisitos para garantir a qualidade do projeto final e consequentemente do empreendimento como um todo, Oliveira e Freitas (1997 apud SENA, 2012), sugerem utilizar a abordagem proposta por PICCHI (1993), que divide a qualidade do projeto em etapas:

- Qualidade do programa proposto;
- Qualidade da solução elaborada;
- Qualidade da apresentação da documentação do projeto; e
- Qualidade do processo de elaboração do projeto.

A junção de múltiplas disciplinas compostas de modelos criados por diferentes fabricantes requer uma interoperabilidade para poder identificar os elementos interpostos e segundo Sena (2012) essas interferências dos modelos BIM podem ser apresentadas pelo termo em inglês “*Clash Detection*” (Figura 13). Expressão que se subdivide em três, sendo:

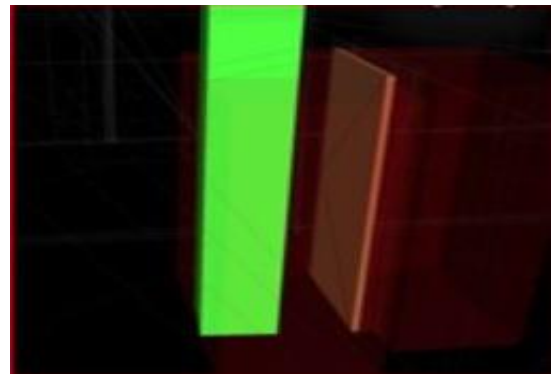
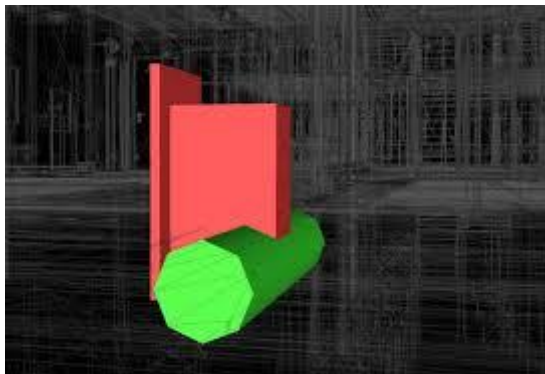
Soft Clash, não ocorre conflito físico, mas o elemento necessita de espaço livre mínimo para o seu funcionamento seguro e de qualidade.

Hard Clash ocorre quando dois elementos do projeto ocupam o mesmo espaço físico.

Time Clash, quando dois ou mais elementos entram em conflito durante o processo construtivo, onde em determinado tempo, ambos ocupam o mesmo local.

Os graus de interferências podem adquirir um nível de tolerância por parte do encarregado, estabelecidos e quantificados por funcionalidade e senso crítico.

Figura 13 – Exemplos de hard e soft clash respectivamente.



Fonte: bimtrack.co (2019).

Outra maneira de classificar a compatibilização de projetos seria pelas dimensões criadas por Solano (2015 apud Sena, 2012), propondo métodos e ações para combinação, listando deveres por parte do gerente, em cada uma das dimensões: do Plano estratégico do projeto, da Pesquisa de mercado, da Viabilidade técnico-econômica, da Construtibilidade e da Facilitação de fluxo da produção dos projetistas.

7.3 ESTRATÉGIAS CONSTRUTIVAS

Os avanços no mercado da construção civil geram uma onda de desenvolvimento e aprofundamento por parte dos clientes e contratantes, aumentando seus níveis de exigência, presando pela qualidade, velocidade, valor monetário e transparência dos serviços. Solicitações essas que obrigam as empresas a desenvolverem ou aplicarem técnicas de planejamento e gestão voltadas a melhor execução possível.

As novas abordagens no planejamento e controle de obras consistem em agregar os mais diversos processos de produção e empregá-los em separados pontos de criação do empreendimento, ou até mesmo, usar uma metodologia como foco chave englobando em todas as fases da construção.

Dentre as técnicas comumente usadas em atividades de produção Silva (2011) aborda alguns desses como sendo destaques pelos seus métodos. Todas as estratégias a seguir estão de acordo com Silva (2011).

7.3.1 Lean Construction

Também conhecida como construção enxuta, a *lean construction* faz referência ao sistema Toyota de produção, mas com adaptações e aplicações voltadas aos interesses construtivos da indústria da construção civil (EASTMAN et. al., 2014). Sua aplicabilidade tem seus efeitos expostos no canteiro de obras, onde é trabalhada a ideia de fluxo contínuo.

De acordo com Ohno (1997 apud SILVA, 2011), um dos arquitetos do Sistema Toyota de Produção, os bens e serviços tem que ser realizados de forma eficiente e com o mínimo de recursos, pois desperdício é visto como a parcela que não é entregue, aumenta os custos e gera mais desperdício. Tornando a ideia de obra enxuta, categoriza os desperdícios em sete grupos: superprodução, tempo de espera, movimentação, transporte, processamento demasiado, estoques e execução de produtos defeituosos.

Assim as ideias da *lean construction* baseia-se em três visões que consistem principalmente em eliminar desperdícios (Kokela 1998 apud SILVA, 2011):

- 1ª Visão – Fluxo de produção: eliminar perdas com estoques, diminuir movimentação durante a produção, evitar retrabalho, informações claras

e precisas para as etapas de produção e reduzir o tempo do ciclo de produção.

- 2ª Visão – Valor agregado: o produto final tem que ser o mais em conta possível, ou seja, seu custo de produção não pode apresentar desperdício de tempo nem de material.
- 3ª Visão – Transformação: realizar a confecção do produto com máxima eficiência no uso dos recursos disponíveis.

7.3.2 Gestão Visual

Consiste na escolha de um método e em seguida, sua aplicação com clareza e transparência nos processos de produção, usando de dispositivos visuais acessíveis a todos, de forma a simplificar o desenvolvimento, aumentar a confiabilidade e diminuir os erros.

Para Hall (1987 apud SILVA, 2011), a comunicação visual é uma “transmissão silenciosa” que dispensa textos, o autor afirma que a proposta da visibilidade que a gestão visual sugere é o ativo e instantâneo “*feedback*”, objetivando:

- Oferecer informações de fácil acesso;
- Aplicar o conhecimento para o maior número de pessoas possíveis;
- Reforçar a autonomia dos funcionários; e
- Fazer com que as informações em conjunto, passem a ser uma questão cultural da empresa.

A gestão visual presa muito pelo convívio social e a parte humana da interação, deixando uma evidente melhoria entre os colaboradores e fornecedores, o que culmina em um maior direcionamento ao padrão por parte dos fornecedores e serviços.

Para uma análise mais qualitativa sobre a essa metodologia, Oakland (1999 apud SILVA, 2011) expõe o teor do processo de aprendizagem por meio dos cinco sentidos:

1. Visão 75%
2. Audição 13%
3. Tato 6%
4. Olfato 3%

5. Paladar 3%

A gestão pode ser confundida, com a poluição visual, pelo excesso de informações e painéis, mas a funcionalidade e ganho de produção por traz destas estratégias de visualização á caracterizam como um importante auxiliador para acompanhamento do gesto. Vale lembrar que ele não dispensa a utilização de um coordenado, mas facilita seu trabalho, expondo os principais pontos de atenção e onde de fato está precisando ser aprimorado ou alterado.

Contudo, é um sistema de planejamento, controle e melhoria constante que integra ferramentas visuais simples, permitindo o conhecimento através de rápidas observações para orientação dos gestores sobre futuras atividades.

8 ESTUDO DE CASO

8.1 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS

O presente estudo de caso tem como objetivo aplicar a metodologia BIM com enfoque no planejamento de uma obra de pequeno porte. Em seguida analisar sua aplicabilidade e destacar as vantagens e desvantagens da utilização dessa nova metodologia no planejamento.

No primeiro momento foram coletados os dados do trabalho de Pereira (2018), conforme já mencionado. Em seguida, foi feita uma análise dos modelos gerados nesse trabalho, no caso a arquitetura e instalação de água fria. Vale lembrar que esse empreendimento é de pequeno porte e simula uma residência unifamiliar térrea com 51,69 m², conta com os seguintes ambientes: 02 quartos, sala, cozinha, banheiro, área de serviço e terraço. Para constar, este tipo edifício é um dos mais comuns no território nacional e a sua simplicidade geométrica não limita o presente estudo (Figura 14).

Figura 14 – Planta baixa residência unifamiliar.



Fonte: Pereira (2018). Adaptado de Autodesk Revit 2018 (2019).

No segundo momento foram executados os projetos complementares da edificação, no caso os projetos de esgotamento sanitário e elétrico com a plataforma Revit da Autodesk e estrutural pelo Software de análise e dimensionamento estrutural

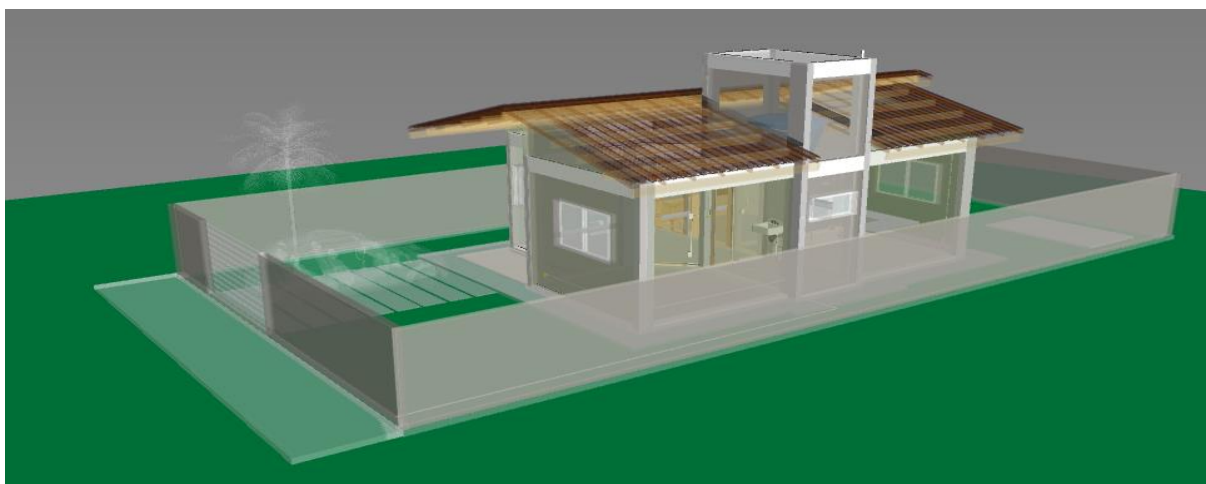
TQS. O presente autor não dominava nenhuma das ferramentas digitais citadas neste trabalho, logo durante o estudo foi necessário além de compreender a metodologia BIM, entender o funcionamento desses instrumentos.

O sistema de esgoto foi projetado para suporte dos dejetos estimados de uma residência desse porte, apresentando as tubulações, tubo de ventilação, caixas de inspeção, fossa séptica e sumidouro. O projeto elétrico contou com um dimensionamento das cargas e dos conduítes para promover uma melhor distribuição dos elementos pela casa, saindo da caixa de distribuição, passando pelos pontos de energia até chegar nas tomadas de uso específico (TUEs) e de uso geral (TUGs).

Para finalizar os projetos envolvendo a residência unifamiliar, foi feito um estudo da geometria da edificação para avaliar uma melhor distribuição dos pilares, pensando na resistência da estrutura, no seu travamento e na sua estabilidade global bem como em parâmetros padronizados para uma execução mais sistemática, focando no futuro planejamento da obra.

No terceiro momento foi realizada a compatibilização da obra, desenvolvida através do *software Navisworks* também da *Autodesk* que contou com a criação de um modelo federada, ou seja, um protótipo onde todas as disciplinas ficam presentes em um ambiente tridimensional e é possível visualizar a representação real de como será o empreendimento. Para tal, os arquivos de todos os outros projetos, arquitetônico, estrutural e de instalações, foram exportados em uma linguagem compatível com o *software* de identificação de interferências (Figura 15).

Figura 15 – Modelo Federado.



Fonte: Autoria própria (2019). Compilado no *Autodesk Navisworks* 2018.

Operando no modelo federado foram elaborados testes de interferências “*clash detection*” e análises visuais, para confecção de um relatório detalhado das

incompatibilidades e geração de um “feedback” para os desenvolvedores de cada projeto com comentários pontuais sobre cada conflito indicado, bem como uma sugestão de reparo.

Com o modelo BIM compatibilizado iniciou-se o **quarto momento**, o planejamento, projetado pela ferramenta de auxílio e acompanhamento de projetos da *Microsoft*, o *MsProject*. Após uma análise detalhada de todos os projetos é plausível estimar uma sequência construtiva de melhor adaptação e encaixe na execução da residência. Embasado em uma análise de insumos e com tabelas exportadas de um órgão regulador, foi possível estipular um número necessário de trabalhadores e assim estabelecer o tempo de duração das atividades para então atrelar seus valores as planilhas.

A partir das atividades criadas, bastou apenas estabelecer as precedências, os caminhos críticos e as latências para configurar de maneira automática o diagrama de gantt. Atingindo a última etapa desse estudo, voltamos ao *Navisworks* a fim de mostrar a quarta dimensão BIM. Em síntese, importando o planejamento criado no *MsProject* para o seu “*time liner*”, vinculando tarefas aos “sets” e rodando a execução de modo a ter um acompanhamento visual e estatístico (mostrando as porcentagens construídas) para saber a qualquer data estabelecida, os elementos exatos que já devem estar concluídos, em construção e aguardando para serem iniciados.

8.2 DESENVOLVIMENTO DOS MODELOS

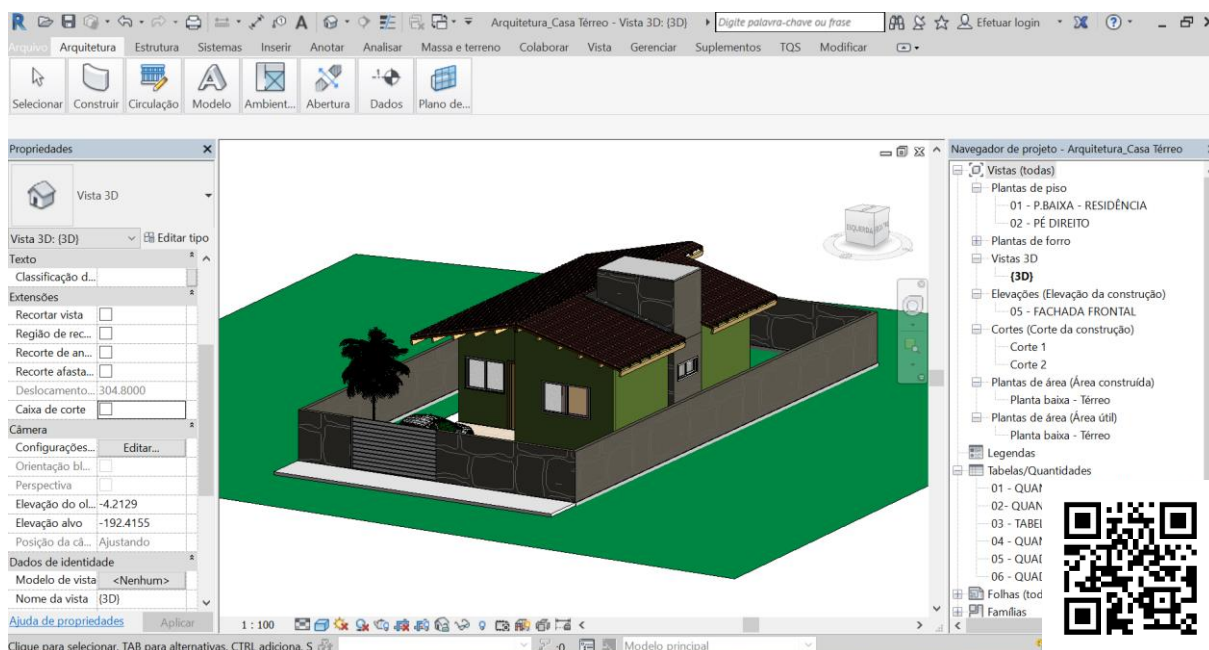
8.2.1 Projeto Arquitetônico

Como citado anteriormente, a residência escolhida para o estudo, embora apresente uma quantidade pequena de área construída, tem sua importância devido à alta replicabilidade no território brasileiro.

A confecção do modelo arquitetônico partiu inicialmente do mapeamento perimétrico moldado por elementos de paredes, para posteriormente serem inseridos seus insumos bem como a locação das esquadrias, divisão de ambientes, inserção de pisos e porcelanatos assim como as camadas que compõem esses elementos, para, enfim chegar ao fechamento superior feito por um telhado com treliças em madeira e telhas cerâmicas com fundo coberto por um forro de gesso. Para finalizar a vista tridimensional e aumentar o realismo e confiabilidade, a colocação dos

componentes, sendo eles adornos, mobílias, vegetação ou eletrodomésticos (Figura 16).

Figura 16 – Modelo 3D da residência, produzido no *Autodesk Revit*.



Fonte: Adaptado de *Autodesk Revit* 2018 (2019).

Como o objetivo do trabalho da ex-aluna Sacha Fernandes era extrair os quantitativos, esse modelo apresenta um alto nível de detalhamento geométrico e um alto nível de informações. Pode-se inferir que se trata de um projeto com elementos em LOD entre 300 a 400.

No Apêndice A tem-se uma planilha com os quantitativos levantados desse trabalho.

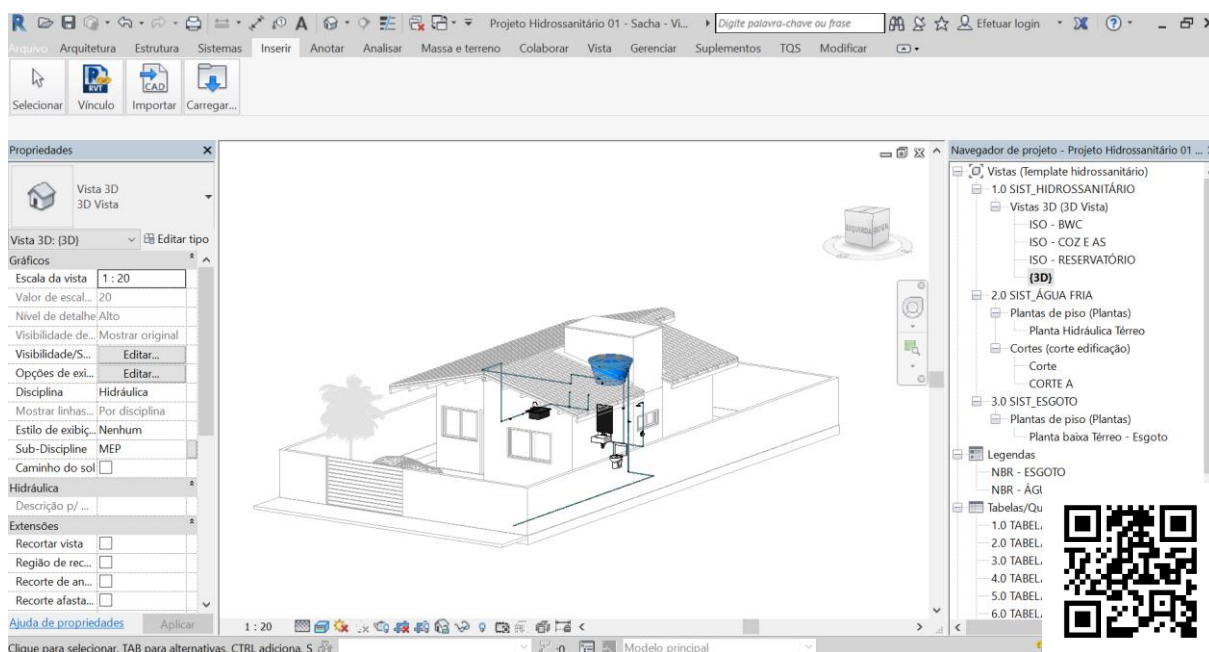
8.2.2 Projeto de Instalação Hidrossanitária

O projeto de esgotamento sanitário foi o primeiro a ser executado pelo autor, tendo em vista a conclusão prévia do projeto hidráulico de água fria. Continuando com o uso do template hidrossanitário, só que desta vez pela vista dos dutos de esgoto e seus componentes, o dimensionamento foi feito de forma similar, usando como parâmetro e limitadores os indicativos das normas brasileiras (NBR 5626 - Instalação predial de água fria e NBR 8160 - Sistemas prediais de esgoto sanitário). Esse modo, os componentes hídricos já vinculados às suas exigências tornam a modelagem

automática e de fácil manuseio, bastando apenas inserir o vínculo arquitetônico (em arquivo rvt ou ifc) para um melhor mapeamento dos elementos (Figura 17).

Ao inserir um bloco catalogado, como por exemplo, uma caixa d'água, ele já apresenta os pontos de saída e de entrada de condutos, bem como a bitola desde para promover a ligação. Do mesmo modo como foi feito no projeto arquitetônico a extração dos quantitativos é totalmente automatizada.

Figura 17 – Modelo 3D projeto Hidráulico.



Fonte: Adaptado de Autodesk Revit 2018 (2019).

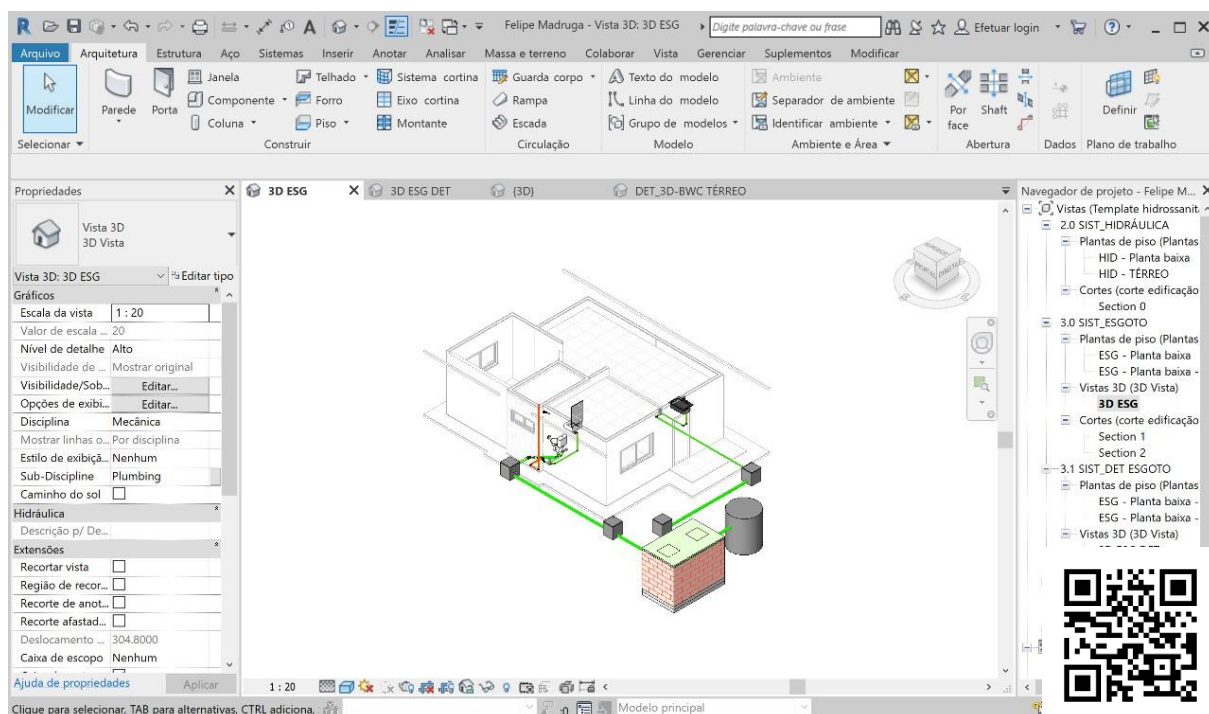
Dotado de todos esses facilitadores os projetos hidrossanitários tiveram apenas que serem estudados para uma melhor distribuição quanto à geometria da estrutura, de modo a obter uma organização mais eficiente e antecipando conflitos que podem vir a aparecer na compatibilização.

No projeto de esgotamento sanitário, ainda foi necessária uma análise mais detalhada do terreno entorno da edificação, para a locação das caixas de inspeção e seu deslocamento até a fossa séptica e em seguida o sumidouro (Figura 18), que também passaram por um processo de organização volumétrica para encontrar o local mais adequado para implementação. Outro fator relevante para esse tipo de projeto é o retorno dos gases, desse modo foi feita uma breve verificação (representado pela tubulação laranja na Figura 18 e no isométrico do Apêndice B) para garantir que as dimensões dos tubos atendiam as restrições das UHCs (Unidades Hunter de

Contribuição), e que no banheiro apresentasse uma saída de ventilação conduzindo os gases até a parte superior da residência.

Utilizando a ferramenta à caixa de corte para criar vistas no *Revit*, uma representação de isométricos no âmbito global da estrutura e local, são feitos para revisar e obter um entendimento mais claro do que está acontecendo e como deve ser feito, adotando os princípios do planejamento de gestão visual que facilita a compreensão seja por parte de um desenvolvedor ou servente, nas fases de modulação ou execução.

Figura 18 – Modelo 3D projeto Esgotamento sanitário.



Fonte: Autoria Própria (2019). Adaptado de *Autodesk Revit* 2018.

Seguindo o mesmo padrão, os elementos foram modelados em compatibilidade com a proposta e mantendo um formato de LOD 400.

Os materiais utilizados para execução de ambos os projetos estão no Apêndice B, desde as tubulações, ralos e conectores, até as caixas d'água e de inspeção, fossas e sumidouros.

8.2.3 Projeto de Instalação Elétrica

Agora sob uma nova visão, mas ainda mantendo operação no *Autodesk Revit*, foi dado início ao sistema elétrico da casa unifamiliar. O uso de um template com

suporte detalhado para inserção de elementos existentes em uma instalação elétrica torna a operação mais consistente, pois foge das tubulações “padrão” fornecido pelo software, que não apresentam nenhuma distinção à medida que o projeto vai se desenvolvendo além de dificultar na construção de uma tabela de quantitativos, pois os blocos não são peças comerciais.

De início foi feito um prévio estudo dos ambientes, pensando nas necessidades luminosas, na melhor distribuição de tomadas (TUGs e TUEs), nos acessos aos interruptores e ainda em uma locação sem danos para os outros componentes dos demais projetos (hidrossanitário e estrutural).

Para uma adequação das distribuições, bem como pensando com um olhar mais realista como se fosse um projeto real e exigisse aprovação dos órgãos reguladores, o dimensionamento e quantidade de itens foi feito de acordo com o recomendado pela NBR 5410 – instalações elétricas de baixa tensão – onde, para cômodos com o área maior que 6m² tem que ser analisado o perímetro, e para cômodos com área inferior ao indicado, é estipulado o uso de pelo menos uma tomada, obedecendo o que está sendo dito pela figura 19.

Figura 19 – Tabela de limite inferior do número de tomadas por cômodo.

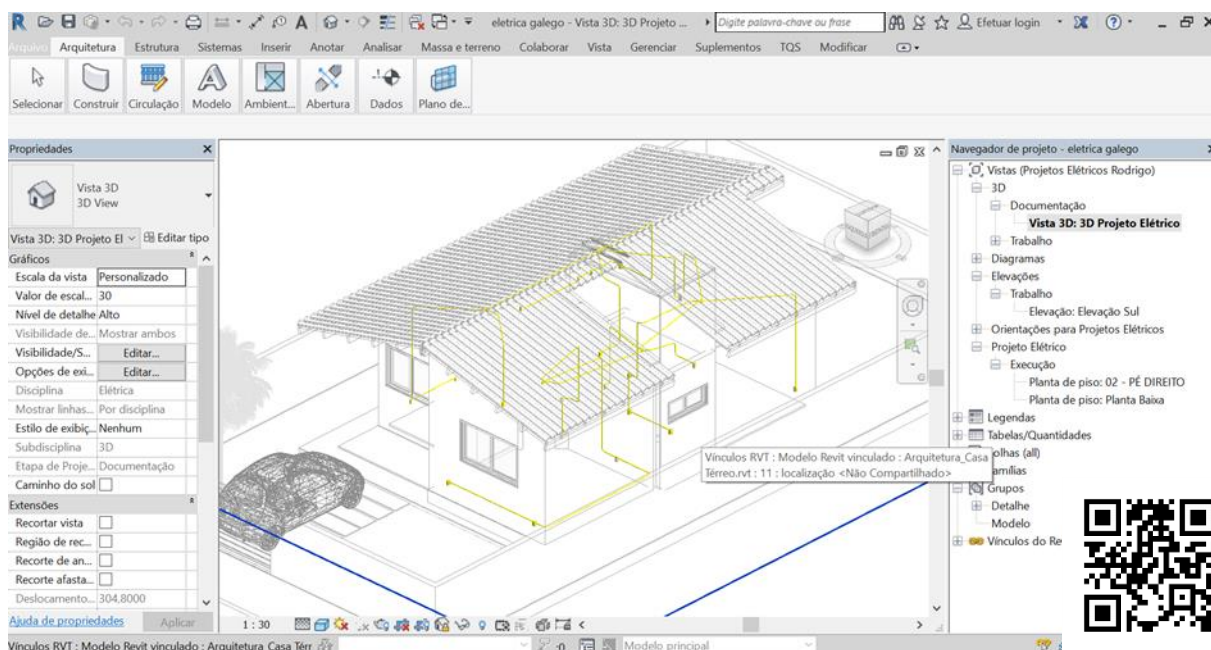
Cômodos ou dependências com área $\leq 6\text{m}^2$	Pelo menos uma tomada.
Cômodos ou dependências com área $\geq 6\text{m}^2$	Pelo menos uma tomada a cada 5m ou fração de perímetro, espaçadas o mais uniforme possível.
Cozinhas, copas e áreas de serviço	Pelo menos uma tomada a cada 3,5m ou fração de perímetro, e pelo menos uma acima da pia.
Subsolos, varandas, garagens ou sótãos	Pelo menos uma tomada
Banheiros	Pelo menos uma tomada no lavatório, distante de 60cm ou mais do limite do box.
Varandas	Quando não for possível instalar no local, deve instalar em seu acesso.

Fonte: Equipedeobra17.pini.com

Com todos os componentes devidamente instalados, os pontos de luz foram interligados formando os sistemas, que recebem separadamente uma fonte de energia dos disjuntos gerais presentes no quadro de distribuição. A locação do quadro foi um dos pontos de estudo, pensando na praticidade de utilização, como também na questão estética do ambiente.

O modelo tridimensional gerado (Figura 20) tem todos os requisitos anteriores no aspecto dimensionam BIM e no *Level Of Development*, e foi usado vínculos da arquitetura para referenciar a volumetria dos conduítes para facilitar a compatibilização além de minimizar drasticamente o número de erros de extensão e posicionamento dos elementos (quantitativos no Apêndice B).

Figura 20 – Processo de produção do sistema elétrico no Revit.



Fonte: Autoria Própria (2019). Adaptado de Autodesk Revit 2018.

8.2.4 Projeto Estrutural

A concepção de um modelo estrutural é a que mais se difere. Trata-se de um estudo global da edificação, levando em consideração a resistência dos materiais utilizados, os elementos de contraventamento e travamento, a geometria das vigas e pilares, os vãos livres, os carregamentos e suas transmissões, as fundações, as armaduras e majorando todos esses requisitos, as exigências arquitetônicas.

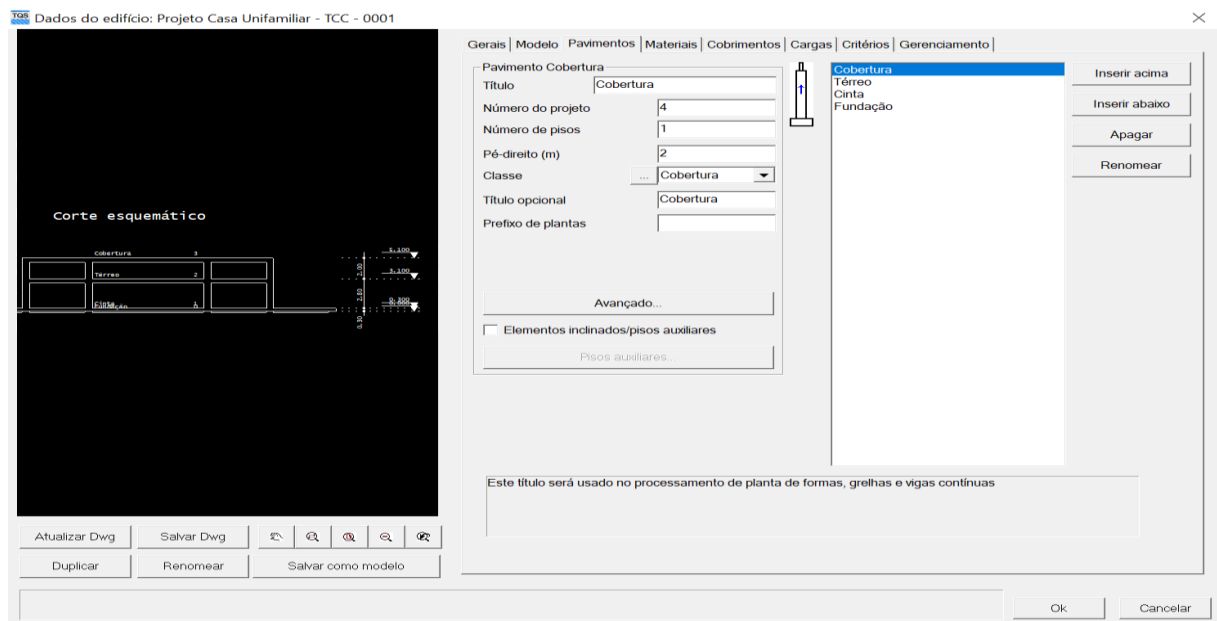
O projeto foi feito no TQS, um *software* de análise estrutural trabalhando com o método dos elementos finitos para um estudo dos pavimentos da edificação e, totalmente adequado as normas vigentes (NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto). Para tal, foram feitas considerações iniciais de acordo com as características topográficas da região em que a casa será supostamente construída,

sua classe de agressividade ambiental, fatores relativos ao vento, considerações de índices de rigidez e resistências do concreto e aço utilizados na composição.

- Fck do concreto: 25mpa
- Aço: CA-50 e CA-60
- CCA: II
- Velocidade Básica do vento: 30m/s
- Terreno plano / Fracamente acidentado
- Categoria de Rugosidade: IV

Inicialmente é feita uma exportação de um arquivo dwg da planta baixa correspondente a cada nível, que no TQS são representados como pavimentos, um para cada lance estrutural (Figura 21). Com a planta inserida e posicionada no modelador estrutural do *software*. Os pilares e as vigas são lançados com o posicionamento exato levando em conta um ponto referencial em comum para uma posterior aplicação de seus carregamentos.

Figura 21 – Critérios dos pavimentos da edificação.



Fonte: Autoria Própria (2019). Adaptado de TQS v.21.3.3.

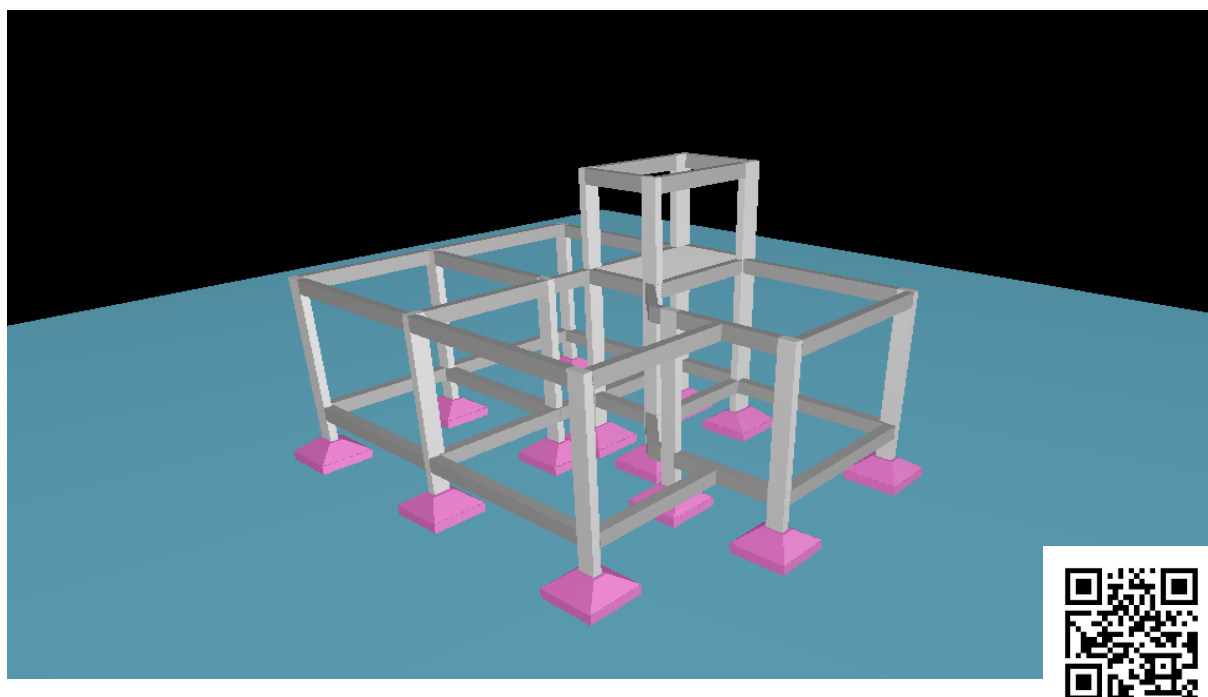
Para a consideração dos carregamentos solicitantes, verticalmente tem-se as cargas permanentes e acidentais tabeladas por norma, de acordo com a necessidade de uso da estrutura. Os carregamentos horizontais se dão pela força do vento, mesmo

se tratando de uma residência com altura menor que 10m (influência do vento quase nula), o parâmetro de estabilidade global “gama z” ainda deve ser majorado para garantir uma análise de deslocamento lateral.

Com os elementos de travamento horizontal e vertical lançados, resta à aplicação da única laje da estrutura, correspondente ao barrilete. Esse foi dimensionado como uma laje nervurada treliçada unidirecional, levando em conta o menor vão para apoio das vigotas. Foi considerado um carregamento que atendesse a situação mais crítica dos critérios de estado limite última (ELU) e estado limite de serviço (ELS).

Desse modo a estrutura está praticamente pronta, e um processamento global foi feito, pedindo como resultado apenas os carregamentos pontuais de cada pilar, para efetuar o cálculo das fundações partindo das tensões solicitantes fornecidas. Devido à falta de aprofundamento como por exemplo uma local preciso de aplicação e um estudo de sondagem real, foram feitas aproximações baseadas no padrão do solo potiguar. Assim a escolha de sapatas isoladas, assentadas a 1,30m de profundidade, foi feita para promover a transmissão dos carregamentos para o solo (Figura 22).

Figura 22 – Modelo estrutural em 3D.



Fonte: Autoria Própria (2019). Adaptado de TQS v.21.3.3.

A conclusão do modelo estrutural não conclui o projeto de estruturas, após a criação da planta de formas ainda se fez necessária a verificação das armaduras das

vigas, pilares, lajes e sapatas. Embora o *software* faça um pré-dimensionamento e coloque uma armação condizente com as exigências de norma, muitas vezes as barras ficam muito fragmentadas ou com bitolas que não são comercialmente as mais indicadas, o que leva a uma modificação com pensamento construtivo por parte do projetista, para uma estrutura mais simples de ser montada e de melhor entendimento para o armador, gerando redução de erros e aumento de produtividade.

Finalizada as adequações, o modelo é então exportado para plataforma *Revit* por questões de compatibilização, e para uma melhor análise dos elementos estruturais no que diz respeito à dimensão BIM e ao LOD. Por se tratarem de *softwares* de diferentes fornecedores, um intermediário se faz necessário, no site da *store.tqs.com.br* são disponibilizados “Plugins” que promovem o BIM entre o *TQS* e demais plataformas como no caso desse estudo foi usado a do *Revit 2018* (serviço existente desde 2014) que exporta o modelo em formato *tqr*.

Outra possibilidade seria exportar o arquivo do *TQS* diretamente em formato IFC, proporcionando suporte para todas as plataformas adeptas a metodologia BIM.

8.2.5 Modelo Federado

A compatibilização geral, a união de todos os arquivos em um só modelo, ou um arquivo de computador, gerado e integrado pelos diversos *softwares* BIM do mercado, que envolvem todas as disciplinas em um protótipo o mais próximo possível do real, essa é a ideia de criação do modelo federado (CUNHA, 2018).

Logo, buscando esse nível de aprofundamento em compatibilização de projeto, foi utilizada a plataforma *Navisworks* da Autodesk, habilitada para receber arquivos IFC e uni-los na mesma vista. Os modelos salvos e agora com a disponibilidade de exportação no formato IFC (tanto por parte do *Revit* com do *TQS*), são abertos na ferramenta destinada a compatibilizar as disciplinas (Apêndice C).

O *Navisworks* é capaz de salvar seus modelos em formato NWF, um arquivo mais leve, que funciona como um atalho dos projetos originais, sem unir as geometrias apenas alterando os arquivos originais sobre outra ótica. Outra opção seria o formato NWD, que salva toda a geometria do projeto sem depender dos arquivos de origem.

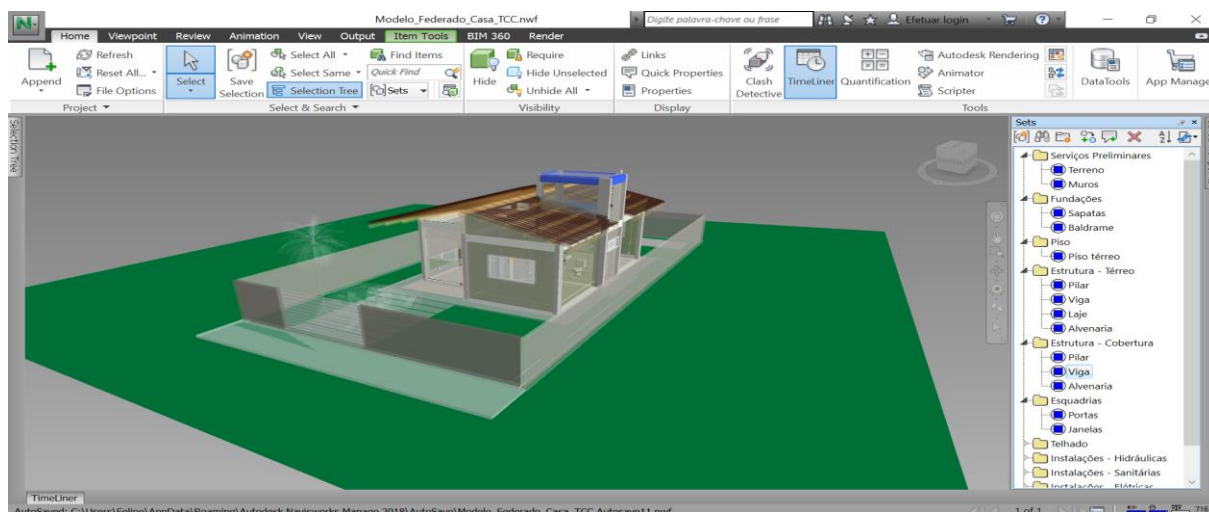
O processo é iniciado criando um arquivo nomeado “Casa Unifamiliar – Modelo Federado” e a partir dele são inseridos os demais projetos. Um por um os modelos IFC vão se acomodando na área tridimensional de trabalho da nova

plataforma, e ao final das adições é feito um alinhamento, colocando todos os elementos na mesma coordenada cartesiana, deixando todos sobrepostos uns aos outros. Para uma análise visual mais rica, os elementos arquitetônicos por serem os que se sobressaem, adquirem um aumento na transparência de sua interface, o que deixa bem visível as passagens das tubulações e conduítes por dentro dos revestimentos e entre o telhado e o forro de gesso, além das possíveis incompatibilidades de posicionamento, decorrentes de um erro de produção na fase de vínculos no *Revit*.

8.3 COMPATIBILIZAÇÃO

A criação de um modelo federado é a base para utilização de qualquer *software* com objetivo de compatibilizar e fazer chegarem de interferências. Como todos os projetos já foram executados e unidos, o papel do analista passa a ser o de criar grupos de elementos que partilhem do mesmo nicho na obra, e com uma visão mais a fundo, esses agrupamentos são feitos pensando nas atividades que serão criadas para futuramente associá-los ao planejamento 4D do empreendimento.

Figura 23 – Gerenciamento de Sets.



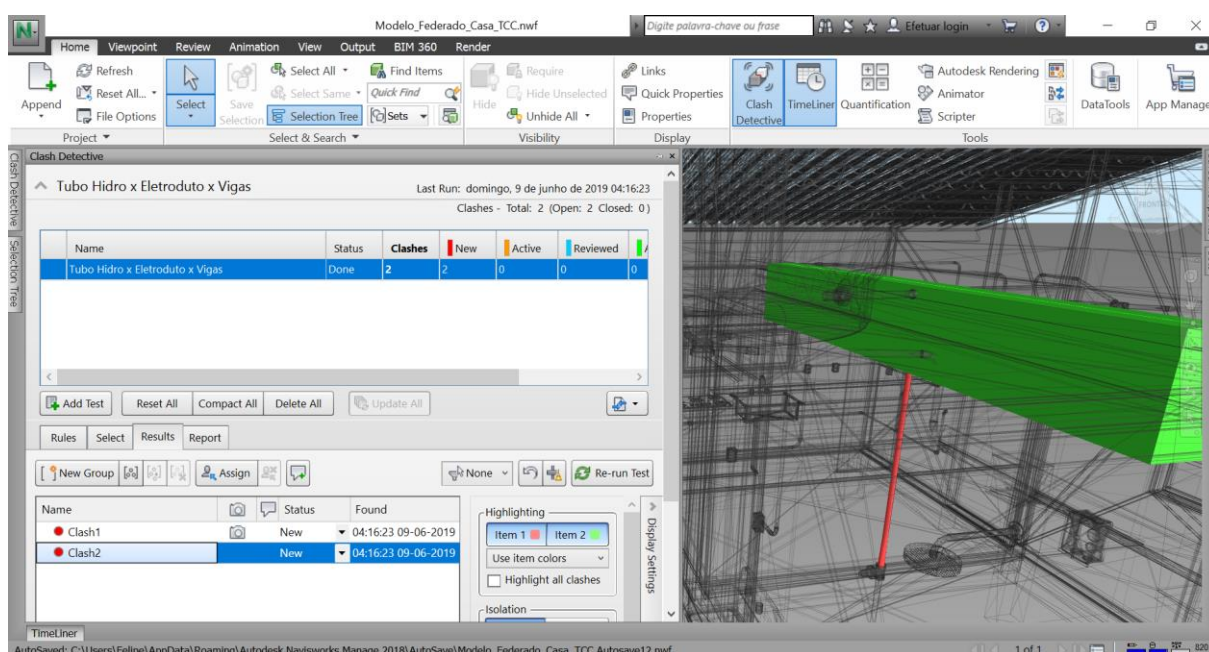
Fonte: Autoria Própria (2019). Adaptado de Navisworks (2018).

Esse agrupamento de elementos é chamado de “Sets” e é considerado por muitos a alma da compatibilização, especialmente no programa *Navisworks* (Figura 23). Um arranjo bem executado da distribuição dos sets gera testes de

compatibilização muito mais eficientes e com uma possibilidade de aprofundamento em detalhes muito maior.

A partir da conclusão dos sets, é enfim dado início ao processo de compatibilização. Por meio da ferramenta “Clash Detective” os elementos são então selecionados para que a plataforma identifique interferências de acordo com as exigências (hard ou soft clash) e as tolerâncias (medidas geralmente em milímetros que a plataforma não considera se apresentar apenas ela de contato), entre dois ou mais sets, a exemplo: tubulações hidráulicas, eletrodutos e vigas, representado na figura 24.

Figura 24 – Clash Detective.



Fonte: Autoria Própria (2019). Adaptado de *Navisworks* (2018).

Interessante que relativamente falando, nem toda *Clash* é uma interferência. No caso apresentado acima, o processo construtivo indica que a tubulação deverá, sim, passar por dentro da viga, o que é corretamente alertado como um *hard clash*. Mas isso não significa que o projetista de instalações ou o estrutural vão ter que mudar algo de lugar, em forma de *feedback* que o gerente encarregado da compatibilização fornece, como por exemplo: “Eng. Estrutural, favor analisar a estabilidade da estrutura considerando a passagem da tubulação pela referida viga”.

A *clash 1* (Figura 24) apresenta incompatibilidade de grandeza similar a supracitada, sendo assim tratada da mesma forma.

Dentro de um projeto bem executado de compatibilização, todos os grupos de elementos devem ser testados a fim de minimizar as incompatibilidades e levar para obra o projeto da forma mais clara e interligada possível.

Para uma análise acadêmica, foram feitas várias detecções de interferências, e um relatório com todas elas, foi extraído, analisado pelas disciplinas envolvidas e readequados. Como podem ser encontrados no Apêndice D.

8.4 O PLANEJAMENTO

O momento final desse estudo de caso resultou na criação de um planejamento de obra, projetado para garantir uma execução rápida e eficiente, focando inicialmente na sequência das tarefas, em seus tempos de duração e nos encarregados. Posteriormente foi feita uma verificação detalhada abordando o tempo de folga das atividades e o caminho crítico.

A tomada inicial foi feita por meio de estudos sobre processos construtivos e pela experiência (mesmo pequena, mas de grande ajuda nesse experimento), que originaram uma sequência construtiva (Apêndice E), buscando expor a função que deveria ser exercida e sua ordem (sujeita a alterações) de execução. Tal trabalho foi criado em uma planilha no *Excel*, de modo a permitir a rápida visualização e manuseio das tarefas sem um dano à parâmetros que existiriam em outras plataformas.

As tarefas estabelecidas exigem uma certa quantidade de funcionários (recursos) trabalhando a um ritmo médio estimado (taxa de produtividade), que fornece um tempo de desenvolvimento mais próxima do real e de fundamental importância para estimar numericamente quantos trabalhadores serão necessários por atividade desempenhada.

Com o intuito de vincular essa aproximação mais confiável, os valores foram extraídos de tabelas confiáveis como a *tcpoweb.pini*, onde cada função era identificada pelo papel a desempenhar e um código equivalente. Dessa forma, o controle fica mais fácil e menos suscetível ao erro. A tabela nos fornece o custo de um recurso, assim como sua taxa de produtividade e o “índice da equipe” um valor dado, para medir quantas equipes podem ser necessárias.

Por se tratar de uma sequência repetitiva de análises, foi desenvolvida uma planilha, também em formato de *Excel*, com o auxílio do professor Gustavo Martins. No qual a dita tabela tendo como dados de entrada os quantitativos da atividade, os

integrantes que participarão, suas taxas, o índice da equipe e a jornada diária de trabalho (em horas por dia). E com valores de saída mostrando o tempo de duração de cada tarefa, para aquela quantidade de equipes (Figura 25).

Figura 25 – Modelo estrutural em 3D.

QUADRO DE DURAÇÃO DAS ATIVIDADES E RECURSOS																						
ATIVIDADE	UNID.	QTDE	EQUIPE BÁSICA							ÍNDICE DA EQUIPE	JORNADA (h/dia)	DIAS DA EQUIPE BÁSICA	DURAÇÃO ADOTADA (dias)	QTDE DE EQUIPES	RECURSOS							
			Pedreiro	Carpinteiro	Armador	Eletricista	Encanador	Pintor	Ajudante						Servente	Pedreiro	Carpinteiro	Armador	Eletricista	Encanador	Pintor	Ajudante
Piso - Térreo																						
Instalações hidráulicas - Térreo	un	1,00	1,00					1,00		0,50	1,02	8 h/un	8	1		1	1				1	1
Instalação elétrica - Térreo	un	1,00					1,00			1,00		24 h/un	8	3	3	1					1	
Execução de formas - Térreo	m²	6,78		1,00						0,50		1,83 h/m²	8	2	2	1		1				1
Concretagem - Piso térreo	m³	7,57	1,00								1,33	1,5 h/m³	8	2	2	1	1					1
Estrutura - Térreo																						
Formas de madeira - Viga, pilar e laje	m²	29,98		1,00						0,50		1,83 h/m²	8	7	5	1		1				1
Montagem de Arm. - Viga, pilar e laje	kg	133,18			1,00					1,75		0,08 h/kg	8	2	3	1		1				1

Fonte: Autoria Própria (2019). Adaptado de *Excel* (2019).

Desse modo, um aumento no tempo de execução, promoveria uma folga nos recursos, permitindo o uso de menos trabalhadores na obra, ou seja, uma economia direta.

Buscando uma análise mais detalhada de como a quantidade de equipes influenciariam na estrutura analítica de projeto (EAP), todas as atividades foram limitadas a uma equipe apenas, por exemplo: a execução das formas de madeira para os elementos estruturais do térreo, precisa de um carpinteiro e um ajudante (uma equipe), e considerando que serão necessários 29,98m² de madeiramento, a duração é de cinco dias. Se essa duração reduzisse para três dias, outro ajudante seria requisitado, e para uma redução de execução em dois dias, duas equipes completas seriam designadas para tal.

A planilha finalizada está presente no Apêndice F deste trabalho, e ela serviu juntamente com a sequência construtiva para culminarem no planejamento final da obra, concluindo o esse estudo de caso.

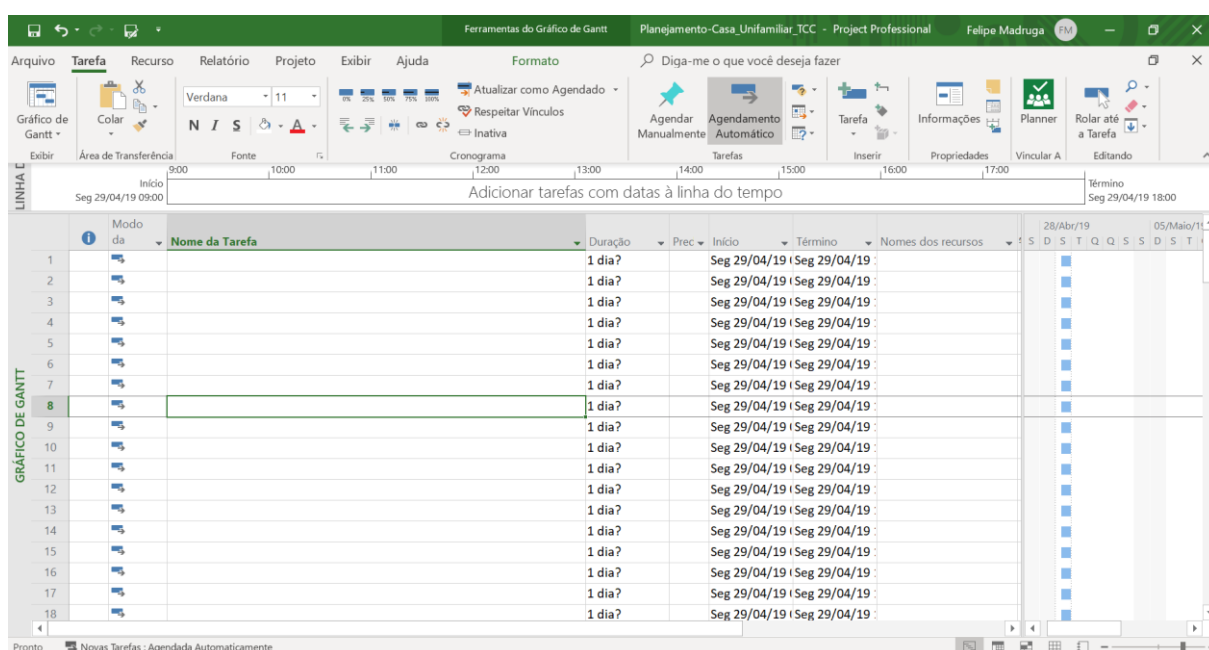
8.4.1 MsProject

Quanto mais detalhado e refinado é um planejamento, mais eficiente ele é. No entanto, as chances de erros e conflitos aumentam a medida em que este vai ganhando corpo. Para auxiliar o desenvolvimento o *MsProject* torna-se um aliado

indispensável, partindo dos processos de criação até os mais simples como visualização (Figura 26).

Nesse estudo a interface do *software* foi configurada para mostrar a escala de tempo em três vertentes: meses, semanas e dias. O que viabiliza observações imediatas e a longo prazo. Outra predefinição foi a inserção automática das tarefas, uma função de destaque da plataforma que liga a sequência construtiva com o gráfico de gantt, automatizando o procedimento de visualização.

Figura 26 – Interface configurada do MsProject.



Fonte: Autoria Própria (2019). Adaptado de *MsProject* (2019).

Após a configuração da interface, ajustes pontuais ainda se fizeram necessários. A adequação do tempo em dias (não em horas), mesmo sendo menos detalhado, limitando durações a períodos de 8h, mas com o intuito de compatibilizar a EAP da planilha de duração de atividades com a EAP do *MsProject*. Além disso, também estava a criação de um calendário específico da obra, contendo os feriados, sábados a trabalhar e vinculando eles aos prestadores de serviços para obra.

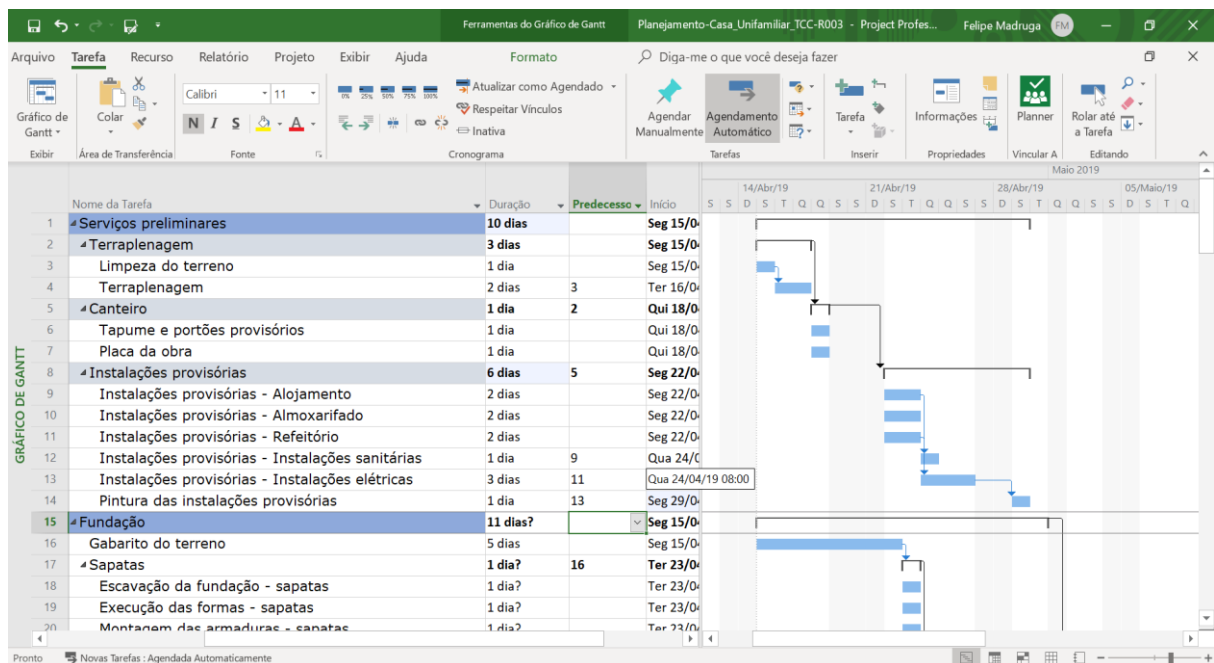
É comum que determinadas atividades aconteçam em menos de um dia (menos de 8h), como também devido à limitação da quantidade de equipes, algumas aconteçam em mais de 10 dias. Para esses dois casos, foram feitas modificações nas atividades iniciais pré-estabelecidas na sequência construtiva, sejam elas respectivamente, uma junção com outras tarefas que unidas somariam às 8h

desejadas, ou uma ramificação na atividade que a transforme em sub tarefas que podem ser desempenhadas num tempo mais curto.

Com os tempos de duração estabelecidos, a estrutura analítica de projeto, começa a entrar em processo de criação. Uma característica que define uma sequência, é a existência de uma ordem que será seguida, no planejamento, essa ordem é garantida pelas “predecessoras”. Na plataforma de gestão da obra, elas representam uma coluna, onde ao inserir o número da linha correspondente, o gráfico de gantt automaticamente posiciona seu início no dia subsequente a conclusão da predecessora.

Na Figura 27, pode ser visto as possíveis variações (ainda em forma experimental) de atividades que começam simultaneamente (mesmo com durações diferentes) e de atividades que necessitam do término de uma predecessora para ter início.

Figura 27 – Predecessoras.



Fonte: Autoria Própria (2019). Adaptado de *MsProject* (2019).

Como visto anteriormente, além da ordem das tarefas e de suas datas do início e fim, outro fator fundamental são os recursos, os trabalhadores encarregados de cada função. Partindo do limitante de não ter mais de uma equipe por vez, um por

um os prestadores de serviços vão sendo designados as suas funções em seus intervalos de tempo.

Nesse estudo, após todas as adequações o *software* permite checar uma “planilha de recursos” (Figura 28) que ele mesmo já calcula automaticamente, quantas pessoas de cada serão necessárias para que a obra flua sem que ajam conflitos de tempo, no qual um trabalhador tenha que desempenhar duas funções em um mesmo dia. Assim, é possível chegar às quantidades indicadas abaixo.

Figura 28 – Planilha de recursos.

	Nome do recurso ▼	Tipo ▼	Unidade do ▼	Iniciais ▼	Grupo ▼	Unid. máximas ▼
	Pedreiro	Trabalho		P		2
	Carpinteiro	Trabalho		C		2
	Armador	Trabalho		Arm		1
	Eletricista	Trabalho		Elet		1
	Encanador	Trabalho		Enc		2
	Pintor	Trabalho		Pin		2
	Ajudante	Trabalho		A		3
	Servente	Trabalho		S		2
	Operador	Trabalho		O		1

Fonte: Autoria Própria (2019). Adaptado de *MsProject* (2019).

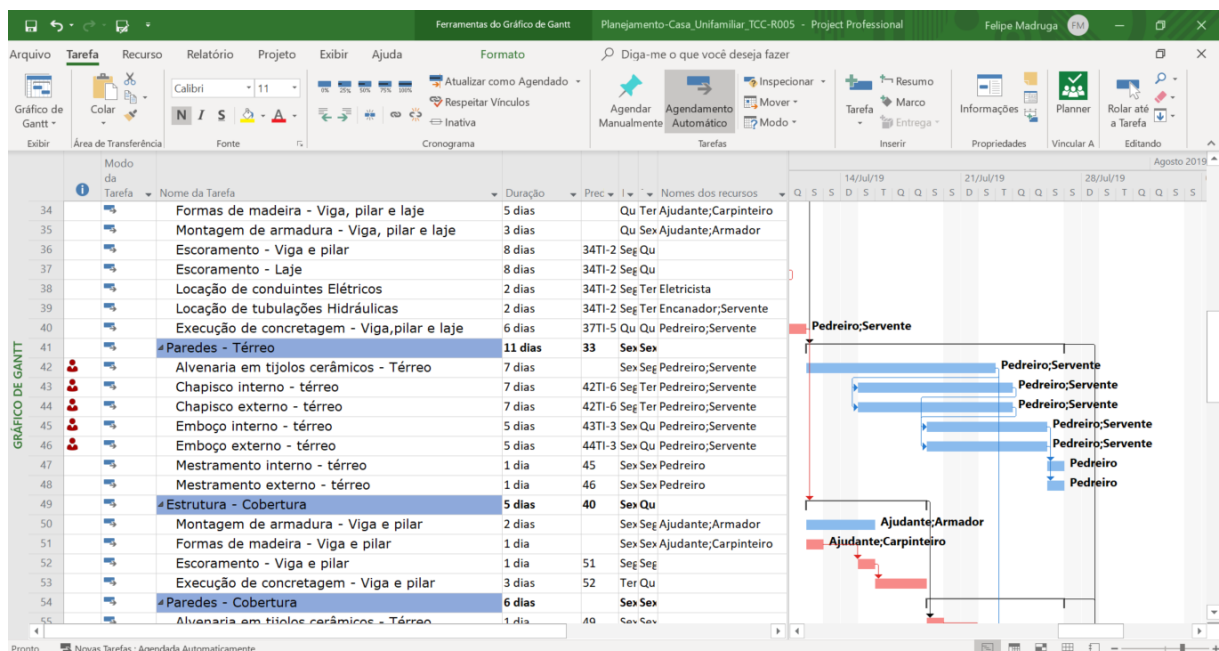
Um dos princípios do planejamento de obras, pregado pela *Lean Construction*, é o processo de melhoria constante. Tal técnica pode ser obtida por um motivador monetário atrelado a produção, ou pela melhor gestão de seus recursos e um entendimento sobre o encadeamento que é uma EAP.

A ferramenta de planejamento escolhida tem um recurso que intensifica o estudo visual das sequências de atividades e disponibilidade dos recursos. A introdução de uma latência nas tarefas, ou seja, uma tarefa que teria início com o fim de sua predecessora, pode ter uma latência de menos dois dias (-2d), assim ela começará a acontecer dois dias antes do término da antecedente.

Uma situação bastante comum é na medida em que a alvenaria vai sendo feita, os trabalhadores já podem ir começando o chapisco nas áreas finalizadas, sem que tenha que esperar a conclusão de todo procedimento de levantamento das paredes, desse modo é colocado na atividade chapisco uma latência, para que ela ocorra de modo simultâneo, pelo menos em algum intervalo de tempo de sua predecessora, mas tendo muito cuidado para que não causem conflito na produção.

Na figura 29 temos uma situação onde a latência seria aplicada da melhor forma, gerando alta produtividade e rendimento, reduzindo o tempo final da obra. Porém, como alerta o *MsProject*, por meio de um indicador na primeira coluna, as tarefas apresentam uma necessidade maior de recursos para conseguir executar o que está sendo imposto, na quantidade de tempo fornecida.

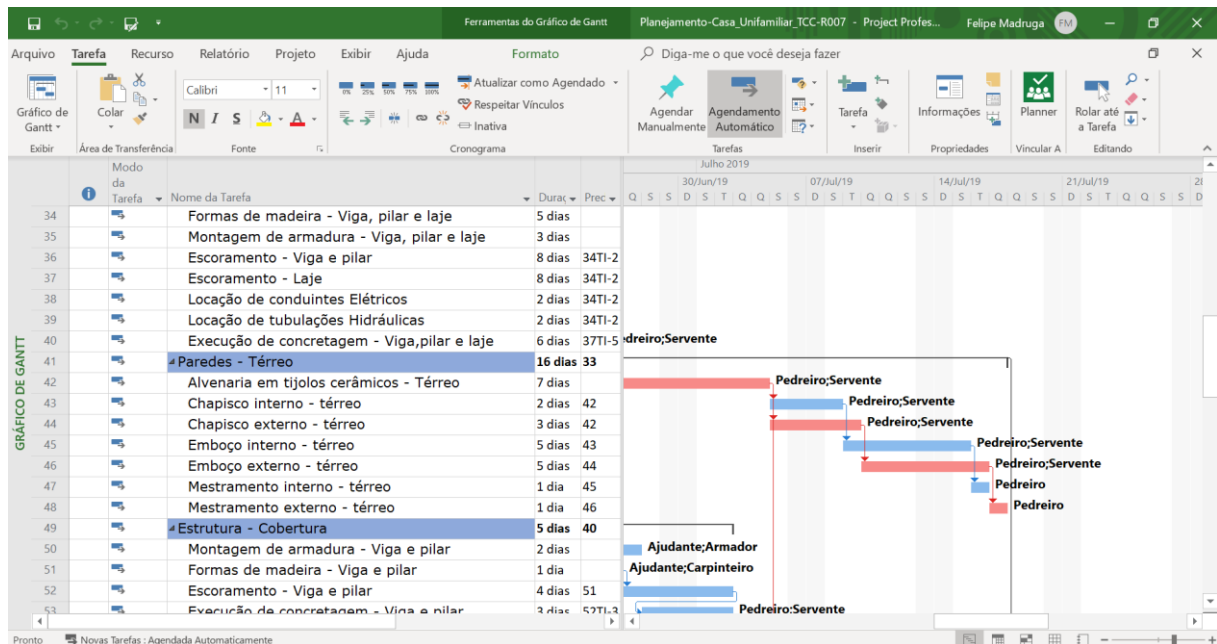
Figura 29 – Testes de latência.



Fonte: Autoria Própria (2019). Adaptado de *MsProject* (2019).

A limitação de apenas uma equipe por vez inviabiliza a execução da atividade a maneira mostrada, mesmo sendo a mais adequada, um planejamento é feito para encontrar seu melhor modo de produção com as variáveis que lhe são fornecidas. Para tal, o gestor responsável fica encarregado de estudar os caminhos críticos e as folgas da EAP, até encontrar o caminho mais viável. Representado na Figura 30, criando um caminho crítico (representado pela cor vermelha) e reduzindo a menos de um dia as folgas, e muito embora consiga viabilizar a execução, acarreta um acréscimo de 5 dias para conclusão da atividade.

Figura 30 – Testes de latência 02.



Fonte: Autoria Própria (2019). Adaptado de *MsProject* (2019).

Com o fim de todo o estudo e variações executadas o planejamento enfim atinge um ideal momentâneo, compreendido como um cronograma que traçou o planejamento de uma residência de pequeno porte em um período de quatro meses e 13 dias, um intervalo totalmente aceitável e dentro dos padrões de uma construção desse estilo (Apêndice G). Entretanto como supracitado, este é o “ideal momentâneo”, pois um bom planejamento presa pela constante evolução e adequação, não apenas pré-obra, mas principalmente durante, para promover seu acompanhamento e adequar o planejamento em caso de atrasos ou antecipações.

Buscando uma melhor forma de promover esse controle no decorrer da produção do empreendimento, a melhor alternativa encontra-se em atrelar o planejamento a uma plataforma com suporte para quarta dimensão do *Building Information Modeling*.

8.4.2 – Planejamento 4D-BIM

De volta ao *Navisworks*, o planejamento da obra vai ser enfim concluído, mas de modo mais detalhado que facilite a checagem visual de produção e em um caso mais aprofundado poderia propiciar o estudo do canteiro de obra e gestão de

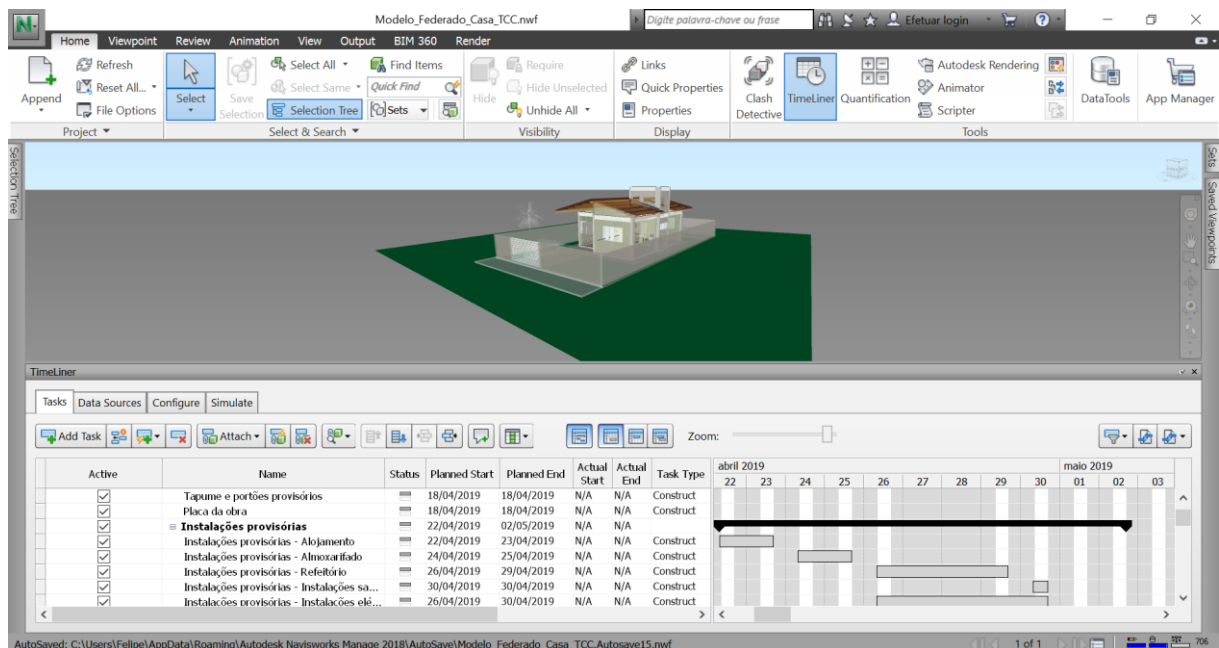
maquinário, enriquecendo o máximo possível e com isso aumentando ainda mais a confiabilidade do cronograma físico do empreendimento.

Devido a limitações de conhecimento e manuseio da ferramenta, a quarta dimensão do BIM, vai entrar apenas em seus parâmetros visuais, para um acompanhamento virtual do protótipo criado, juntamente com o planejamento que será vinculado.

Após a adequação do modelo federado, o *software* é capaz de vincular cada “set” criado, a uma “task” em seu “TimeLiner”. As *tasks* por sua vez seriam as atividades da EAP criada no item anterior, e o *TimeLiner* (Figura 31) é a ferramenta capaz de criar uma sequência construtiva a partir de suas datas de início e término, conseguindo criar um diagrama de gantt, similar ao do *MsProject*, mas com menos requintes e recursos.

A importação das EAP do *software* da Microsoft é feita de forma totalmente automática (Apêndice H), mesmo sendo de fornecedores diferentes as plataformas têm suporte para se comunicarem. Logo a estrutura analítica criada pode ser inteiramente aproveitada na linha de tempo do *Navisworks*, já sendo inserida com suas datas de início e fim de cada atividade. Verificando-se na prática a interoperabilidade desses *softwares*.

Figura 31 – TimeLiner.

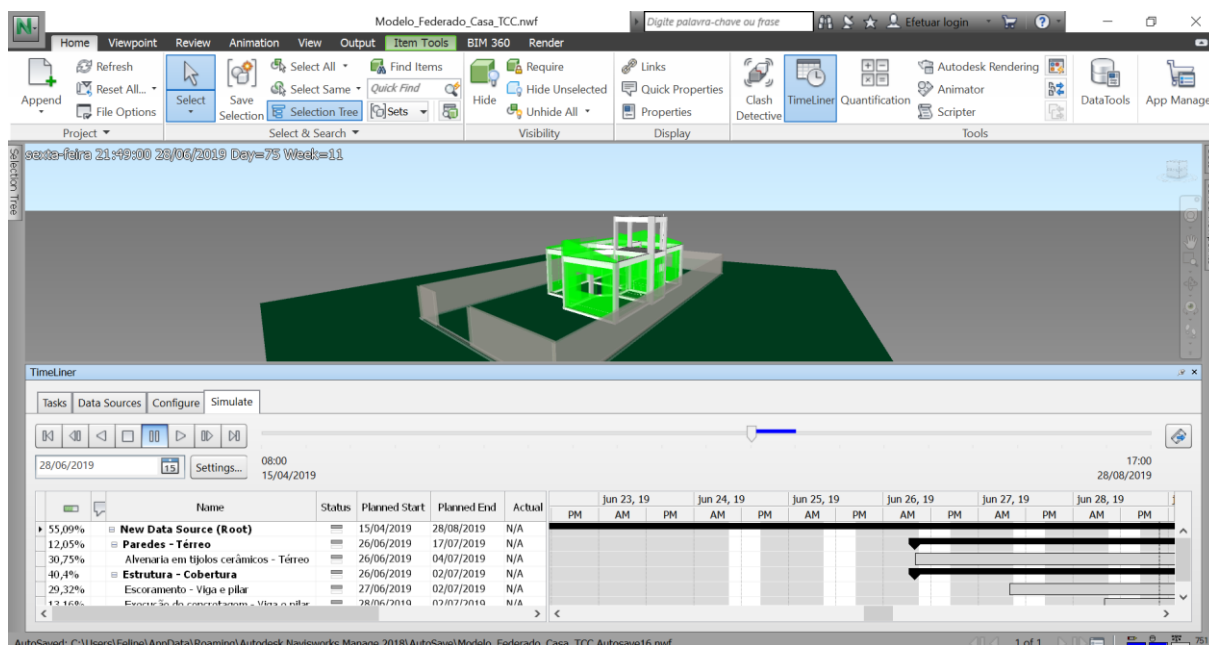


Fonte: Autoria Própria (2019). Adaptado de *Navisworks* (2018).

No entanto, o procedimento pelo qual o modelo foi executado (camadas na mesma família), impossibilita que algumas tarefas da estrutura analítica do projeto sejam representadas na linha temporal. A perda apresentada não se atem aos processos construtivos o que não compromete de modo algum o acompanhamento do cronograma, mas empobrece o refinamento pelo fato de não conseguir separar elementos, como por exemplo: as ferragens dos elementos estruturais e nem os revestimentos das paredes e pisos da alvenaria e contrapiso respectivamente, sendo obrigados a partilharem do mesmo *set*.

A nova EAP depois de finalizada entra no fator diferencial do *software* da Autodesk, a simulação do empreendimento de acordo com sua linha temporal criada. Esse recurso (Figura 32) permite ter o controle do acompanhamento físico da obra assim que ela é executada, onde se é possível escolher qualquer dia no intervalo de tempo do planejamento e ser capaz de encherger como está o protótipo e como deve estar à execução, com todo o aspecto visual e as porcentagens de execução de cada atividade.

Figura 32 – Simulação da EAP.



Fonte: Autoria Própria (2019). Adaptado de Navisworks (2018).

Ainda para finalizar o uso da plataforma, com uma visão mais comercial, o Navisworks tem a capacidade de criar um vídeo onde o desenvolvedor pode navegar por dentro do protótipo finalizado e explorar seus detalhes, seja para um estudo dele ou para uma apresentação a um cliente ou financiador.

9 CONCLUSÃO

O presente trabalho portou como objetivo principal, compreender a implementação da metodologia BIM no contexto do planejamento de obra, por meio da criação de um estudo de caso. Iniciado com o aproveitamento da modulação tridimensional na plataforma *Revit*, feita por Pereira (2018) em seu trabalho de conclusão de curso. Passando pelo processo de criação dos projetos complementares (Hidrossanitário, elétrico e estrutural), pela compatibilização destes e por fim o desenvolvimento de um planejamento físico da obra e sua adequação a uma plataforma BIM-4D.

Como foi retratado na revisão bibliográfica, estudos comprovam a vantagem da utilização do BIM perante os métodos tradicionais de produção, em todos os aspectos relevantes, sejam eles financeiros, de manuseio de plataforma, compatibilização, correção, análises e afins. Embora alguns retornos se mostrem promissores apenas a médio/longo prazo, sua consolidação é tão concreta que a utilização do *Building Information Modeling* se tornará indispensável.

Vale destacar alcances pontuais com a conclusão do referido trabalho:

- Modelo federado totalmente compatibilizado por meio de arquivos IFC.
- Considerável parcela de tempo, dedicada a implementação da metodologia.
- Alto nível de interoperabilidade, mesmo entre ferramentas de diferentes fornecedores.
- Modelo final em LOD 400.
- Planejamento com duração de 4 meses e 13 dias.

O tempo de adaptação da metodologia BIM sem dúvidas é o maior empecilho para sua implementação. O crescimento do mercado e o aumento do número de *softwares* provocaram um conflito quando se busca uma linearidade nas informações, porém com o conhecimento, esse conflito se dissipa e possibilita o uso pleno e da forma mais produtiva de cada ferramenta.

Dentre as dificuldades encontradas para o desenvolvimento do vigente estudo de caso, sem dúvidas a execução foi a mais danosa. Aprender a manusear quatro plataformas (*Revit*, *Navisworks*, *MsProject* e *TQS*) sendo elas de três fornecedores distintos (*Autodesk*, *TQS* e *Microsoft*), demandou muito tempo e estudo. Por se tratar

de um trabalho de nível acadêmico, foi exigido apenas o necessário de cada ferramenta para a criação do protótipo e do planejamento, sem explorar por completo todas suas aplicabilidades.

Posteriormente o estudo de caso serviu de parâmetro para análise das dificuldades, mas também para confirmação do que já se era esperado. Após aprender a trabalhar com as plataformas, a criação ficou muito mais fluida, apresentando uma comunicação entre as ferramentas, todas sendo exportadas em uma mesma extensão de arquivo (IFC), viabilizando uma compatibilização totalmente automatizada e paramétrica.

Para os métodos de produção do planejamento, o entendimento de uma obra cresce à medida que se conhece mais sobre ela, e a possibilidade de visualizar o protótipo completo com um LOD 400, foi de fundamental importância para aprofundamento do cronograma do empreendimento e criar uma sequência construtiva que mais se relacionasse com o exposto pelo modelo.

Mesmo com todos os limitantes, após o término do trabalho é possível afirmar que o BIM é hoje indispensável para melhoria da qualidade dos projetos e uma metodologia que desmistifica o planejamento, viabilizando sua adoção até mesmo em obras de pequeno porte. Para o autor este trabalho permitiu além da compreensão do conceito BIM, o aprofundamento no entendimento do planejamento, uma revisão técnica para a elaboração dos projetos essenciais a uma obra e a promoção do domínio e habilidade no manuseio de várias ferramentas digitais.

Por último, sabe-se que a história do BIM está só começando, portanto, são necessários mais estudos e experimentações. Sugere-se aqui para trabalhos futuros:

- a) O uso da mesma metodologia e estudo de caso, porém a partir da utilização de outros *softwares*, como Sincro e Primus, e verificar se os resultados se repetem;
- b) Levantar e analisar empresas que fazem o uso da Metodologia BIM no planejamento de obras de pequeno porte em Natal;
- c) Dar continuidade ao estudo da metodologia e aprofundar ainda mais, seguindo para aplicação e análise das outras dimensões.

REFERÊNCIAS

10 MOTIVOS PARA EVOLUIR COM O BIM. Brasília: CBIC, 2016.

ANDRADE, M. L. X. X.; RUSCHEL, R. C. **Building Information Modeling (BIM)**. In: KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. (Org.). O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia. São Paulo: Oficina de textos, 2011. p. 421-442.

ARAYICI, Y. et al. Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice. **Automation in construction**, v. 20, n. 2, p. 189-195, mar. 2011.

BRASIL. ASBEA. (Org.). **Guia AsBEA: Boas Práticas em BIM**. São Paulo: Asbea, 2013. 20 p.

BRASIL. ABDI. (Org.). **O Processo de Projeto BIM: Coletânea de Guias BIM ABDI-MDIC**. Brasília: Guia 01, 2017. 18-19 p.

BRASIL. Constituição (2018). Decreto nº 9377, de 17 de maio de 2018. **Institui A Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling: Estratégia BIM BR**. Brasília, DF, Presidência da República Casa Civil.

CASTRO, Roberto Portela de. **OPUS: O BIM no Exército Brasileiro**. Brasília, 2016. 47 slides, color. Disponível em: <<http://www.planejamento.gov.br/eventos/2016/seminario-bim-de-obras-publicas/apresentacoes/4-spu-seminario-bim-roberto-opus.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

CATELANI, Wilton Silva; SANTOS, Eduardo Toledo. Normas brasileiras sobre BIM. **Concreto & Construções**, São Paulo, p.54-59, 2017.

CHECCUCCI, E. S. **Ensino-aprendizagem de BIM nos cursos de graduação em Engenharia Civil e o papel da Expressão Gráfica neste contexto**. 235 f. 2014. Tese (Doutorado em Difusão do Conhecimento) – Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

CORRÊA, Leonardo de Aguiar; MARCHIORI, Fernanda Fernandes. 4D BIM na construção civil e sua relação com lean construction: revisão sistemática da literatura. **1º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção. 10º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção**. 8 a 10 nov. 2017, Fortaleza, 2017. p. 101-107.

COUTINHO, Rolzelin Rocco de SÁ. **O papel as Construtoras e Incorporadoras na Adoção da Tecnologia Bim na Indústria da Construção no Brasil: UM ESTUDO**

CUNHA, Joao Macos Freitas da. **O Modelo Federado BIM e a teoria dos contratos:** algumas questões. 2018. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/o-modelo-federado-bim-e-teoria-dos-contratos-algumas-farias-da-cunha>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM:** Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483 p. Tradução de: Cervantes G. Ayres Filho.

FAGUNDES, Thales Pereira. **Planejamento de Obra:** Estudo de Caso, Edificação Residencial de Multipavimentos em Brasília. 2013. 85 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Brasília, 2013.

INBEC (São Paulo) (Org.). **Conheça a dimensão 8D BIM:** Essencial para a prevenção de acidentes na Construção Civil. 2019. Disponível em: <<https://inbec.com.br/blog/conheca-dimensao-8d-bim-essencial-para-prevencao-acidentes-construcao-civil>>. Acesso em: 24 mar. 2019.

MCGRAW HILL (EUA). Construction Research & Analytics. The Business Value of Bim In North America: Multi-Year Trend Analysis and User Ratings (2007-2012). **Smartmarket Report**, North Caroline, p.18, jun. 2012.

MANZIONE, Leonardo. **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM.** 2013. 343 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MARCEL, Raoni. **Introdução Histórico e Softwares BIM.** 2017. Disponível em: <<http://www.ignisengenharia.com.br/index.php/it/pages/item/43-a-importancia-do-bim-na-industria-da-construcao-civil>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

MENEZES, Gilda Lúcia Bakker Batista de. Breve histórico de implantação da plataforma BIM. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, [s.l.], v. 18, n. 22, p.161-170, jun. 2011. Pontificia Universidade Catolica de Minas Gerais. <http://dx.doi.org/10.5752/p.2316-1752.2011v18n22p152>.

OLIVEIRA, Gustavo A et al. Contribuição para coordenação de projetos em bim através do BFC. **1º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção. 10º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção.** 8 a 10 nov. 2017, Fortaleza, 2017. p. 25-31.

PEREIRA, Ana Paula; AMORIM, Arivaldo. Implantação BIM: gestão dos processos de projeto. **1º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção. 10º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção.** 8 a 10 nov. 2017, Fortaleza, 2017. p. 51-59.

PEREIRA, Sasha Fernandes. **Levantamento de quantitativo a partir de uma Ferramenta Bim.** 2018. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

PROSPECTIVO. 2015. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília – Unb, Brasília, 2015. Cap. 13

REDAÇÃO (Estados Unidos) (Comp.). **Do conceito à desconstrução, ou reciclagem, vamos conhecer as 7 dimensões do BIM:** uma maneira intuitiva de esquematizar a heterogeneidade das informações num projeto “BIM based”. 2018. Disponível em: <<http://biblus.accasoftware.com/ptb/as-dimensoes-do-bim-3d-4d-5d-6d-7d/>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

REDAÇÃO (Estados Unidos) (Org.). **Uma importante evolução da metodologia BIM:** o LOD como “Level of Development” (Nível de Desenvolvimento) e os esclarecimentos para o uso dele nas publicações do American Institute of Architects (AIA). 2017. Disponível em: <<http://biblus.accasoftware.com/ptb/uma-importante-evolucao-para-o-bim-o-lod-como-level-of-development/>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

RENATO, Paulo. **ViaBimlize:** LOD - níveis de desenvolvimento. 2018. Disponível em: <<https://blog.viabimlize.com.br/aula-12-lod-niveis-de-desenvolvimento/>>. Acesso em: 24 mar. 2019.

RENATO, Paulo. **ViaBimlize:** plano de execução BIM – BEP. 2018. Disponível em: <<https://blog.viabimlize.com.br/aula-10-plano-de-execucao-bim-bep/>>. Acesso em: 24 mar. 2019.

SANTOS, Mirian. Uso do BIM para suporte ao processo de gestão de resíduos em obras de edificações. **1º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção. 10º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção.** 8 a 10 nov. 2017, Fortaleza, 2017. p. 125-131.

SENA, Thiago Silva de. **A APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BIM PARA A COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS**. 2012. 81 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.

SILVA, Marize Santos Teixeira Carvalho. **PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS**. 2011. 98 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

SUCCAR, B. **Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders**. Automation in Construction, v. 18, n. 3, p. 357–375, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>> Acesso em: 20 jan.2019.

SUCCAR, Bilal. **2018: o ano da implantação mundial do BIM**. 2018. Disponível em: <<https://cbic.org.br/2018-o-ano-da-implantacao-mundial-do-bim/>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

SUCCAR, Bilal. **Building Information Modelling (BIM)**. 2015. Disponível em: <<https://bimdictionary.com/en/building-information-modelling/1/>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

APÊNDICE A – QUANTITATIVOS DO PROJETO ARQUITETÔNICO E ESQUADRIAS

Figura A1 – Quantitativos Arq.

01 - QUANTITATIVO MATERIAIS - TOTAL						
Material: Nome	Material: Descrição	Un.	Material: Classificação	Contador	QUANT. POR AP	QUANT. POR CASA
					Volume	Área
4 - FUNDAÇÕES E INFRAESTRUTURA						
cg_concreto armado	Concreto Armado	M3	4 - FUNDAÇÕES E INFRAESTRUTURA	1	5.70 m³	71.24 m²
cg_Lona Preta	Lona Plástica	M2	4 - FUNDAÇÕES E INFRAESTRUTURA	1	0.00 m³	71.24 m²
cg_tela impermeabilizante	Tela plastica estruturante p/ argamassa rodapé	M2	4 - FUNDAÇÕES E INFRAESTRUTURA	1	0.00 m³	71.24 m²
5 - ESTRUTURA						
Concreto, Moldado no local	Concreto moldado in loco	M3	5 - ESTRUTURA	18	5.23 m³	89.46 m²
PRE MOLDADO	Laje Pré-Moldada	M2	5 - ESTRUTURA	1	0.27 m³	3.36 m²
6 - PAREDES E PAINÉIS						
Quatre_tijolo ceramico de 8 furos	Alvenaria de Tijolo Furado	M2	6 - PAREDES E PAINÉIS	32	19.28 m³	214.79 m²
14 - REVESTIMENTO						
cg_chapisco	Chapisco	M2	14 - REVESTIMENTO	1	0.02 m³	3.36 m²
Quatre_Cimentado Desempenado	Cimento Desempenado	M2	14 - REVESTIMENTO	9	0.63 m³	31.29 m²
Quatre_porcelanato 60cm x 60 cm TRAVERTINO	Porcelanato 60x60	M2	14 - REVESTIMENTO	11	1.62 m³	78.91 m²
15 - FORRO						
Quatre_Gesso	Forro de gesso	M2	15 - FORRO	3	0.07 m³	32.67 m²
cg_forro de pvc	Forro de PVC	M2	15 - FORRO	1	0.00 m³	0.00 m²
16 - PINTURA						
Quatr_Massa acrílica	Massa acrílica	M2	16 - PINTURA	3	0.26 m³	32.67 m²
cg_massa corrida	Massa Corrida	M2	16 - PINTURA	16	0.33 m³	95.51 m²
cg_tinta pva branca	Tinta Látex/PVA	M2	16 - PINTURA	24	0.67 m³	133.05 m²
cg_Selador	Tinta Seladora Branca	M2	16 - PINTURA	19	0.00 m³	234.83 m²
17 - TEXTURAS						
qtr_Textura Acrílica Verde Kiwi	Textura Acrílica Verde Kiwi	M2	17 - TEXTURAS	11	0.35 m³	70.13 m²
18 - PAVIMENTAÇÕES						
qtr_Piso Intertravado	Piso Intertravado	M2	18 - PAVIMENTAÇÕES	1	1.46 m³	14.62 m²
cg_regularizacao piso	Regularização de piso	M2	18 - PAVIMENTAÇÕES	6	0.35 m³	52.36 m²
					50.84 m³	2489.02 m²

Fonte: Autoria Própria (2019).

Figura A2 – Esquadrias - Portas

02 - QUADRO DE PORTAS						
ITEM	QTD.	DIMENSÕES			TIPO E MODELO	
		ALTURA	LARGURA	ÁREA	TIPO	MODELO
P1	1	2.10	0.60	1.26 m²	1	Madeira de Lei
P2	2	2.10	0.80	1.68 m²	1	Madeira de Lei
P3	2	2.10	0.70	1.47 m²	1	Madeira de Lei
P4	1	1.60	3.00	4.80 m²	1	Madeira de Lei

Fonte: Autoria Própria (2019).

Figura A3 – Esquadrias - Janelas

03 - QUADRO DE JANELAS						
ITEM	QTD.	DIMENSÕES				MODELO
		LARG.	ALTURA	PEIT.	ÁREA	
J1	2	1.70	1.00	1.10	1.70 m²	Janela de vidro e PVC
J2	1	1.35	1.00	1.10	1.35 m²	Janela em PVC e vidro com 3 folhas
J3	1	1.20	0.50	1.60	0.60 m²	Janela em PVC e vidro com 3 folhas
J4	1	1.50	0.50	1.22	0.75 m²	Janela de vidro e PVC
J5	1	1.00	1.00	1.10	1.00 m²	Janela em PVC e vidro com 3 folhas

Fonte: Autoria Própria (2019).

APÊNDICE B – MATERIAIS DO PROJETO HIDRÁULICO E ELÉTRICO; ISOMÉTRICO

Figura B1 – Tubos de água fria.

1.0 TABELA - Tubos de AF/AQ		
DESCRIÇÃO TUBO	DIÂMETRO	COMPRIMENTO
Tubo Soldável Marrom	25.00 mm	32.65

Fonte: Autoria Própria (2019).

Figura B2 – Conexões de água fria.

2.0 TABELA - Conexões de Água Fria com fabricante		
LEGENDA	DESCRIÇÃO FABRICANTE	QUANTIDADE
ADAPTADORES		4
1	Bucha de Redução Soldável Curta 32x25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	1
2	Joelho 90º Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	13
3	Joelho 90º Soldável com Bucha de Latão 25 x 1/2", PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	3
4	Joelho 90º Soldável com Bucha de Latão 25 x 3/4", PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	2
5	Tê Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	3
6	Tê Soldável com Bucha de Latão na Bolsa Central 25 x 3/4", PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	1

Fonte: Autoria Própria (2019).

Figura B3 – Registros e misturadores.

3.0 TABELA - Registros e misturadores		
LEGENDA	DESCRIÇÃO com fabricante	QUANTIDADE
RG	Registro de Gaveta DocolBase - 3/4" - Docol	3
RP	Registro de Pressão DocolBase baseTec Cerâmico 1/2 volta - 3/4" - Docol	1

Fonte: Autoria Própria (2019).

Figura B4 – Eletrodutos.

Lista de Materiais - Eletrodutos		
Diâmetro Nominal	Descrição do Material	Comprimento
Ø25	Eletroduto flexível corrugado, em PVC na cor amarelo antichamas, conforme NBR15465	75,99 m

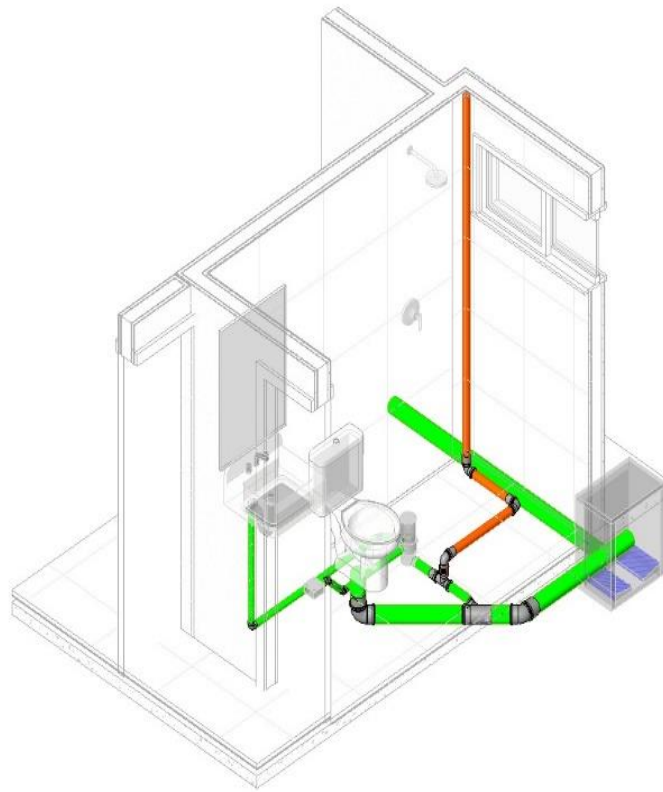
Fonte: Autoria Própria (2019).

Figura B5 – Componentes.

Lista de Materiais - Componentes		
Dimensões	Descrição do Material	Quantidade
Caixas de Embutir		
4"x2"	Caixa de Luz 4"x2", de embutir, em PVC na cor amarelo para eletroduto corrugado	19
4"x4"	Caixa octogonal 4"x4" com fundo móvel, em PVC na cor amarela para eletroduto corrugado	6
Interruptores		
1S, 4"x2"	Conjunto montado com 1 Interruptor simples, 10A 250V~, 4"x2"	4
Interruptores + Tomadas		
1S+1Tom.10A, 4"x2"	Conjunto montado de 1 Interruptor Simples + 1 Tomada 2P+T, 10A, 4"x2"	1
Placa saída de fio		
Saída de fio	Conjunto montado de 1 Placa para Saída de Fio Ø11mm, 4"x2"	1
Quadros		
6/8 Disjuntores	Quadro de Distribuição 6/8 Disjuntores, de embutir, fabricado em PVC antichamas, com barramento de terra e neutro, porta branca, dimensões 245x190x78,7mm.	1
Tomadas		
10A, 4"x2"	Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 10A, posto horizontal, 4"x2"	13

Fonte: Autoria Própria (2019).

Figura B6 – Isométrico de esgotamento sanitário do Banheiro.



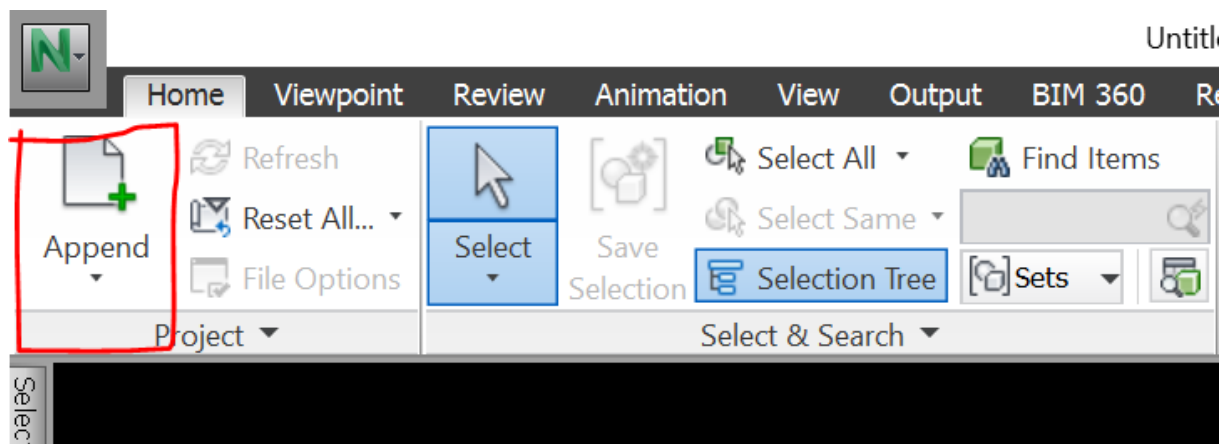
Fonte: Autoria Própria (2019).

APÊNDICE C – ROTINA DE IMPORTAÇÃO DO MODELO FEDERADO

Para promover a importação de todos os modelos, inicialmente todos devem estar em formato IFC, e para nível de organização situado em uma mesma pasta.

Na interface do *Navisworks*, no canto superior esquerdo apertar em “Append” (Figura C1).

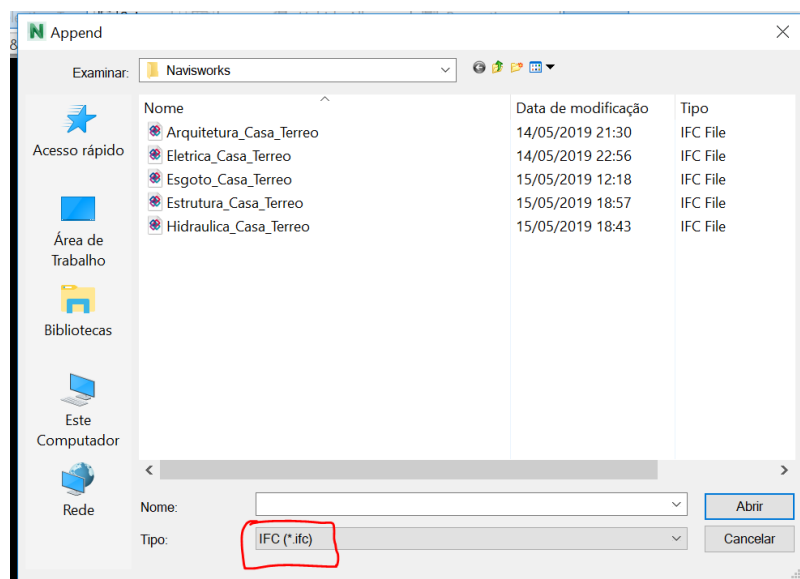
Figura C1 – Abrindo pasta de arquivos para importação.



Fonte: Autoria Própria (2019).

Em seguida, seleciona-se a pasta onde os arquivos estão guardados e altera a extensão de exibição de “Tipo” para o formato IFC (Figura C2). Após isso, os arquivos são marcados e abertos separadamente.

Figura C2 – Seleção de arquivos.

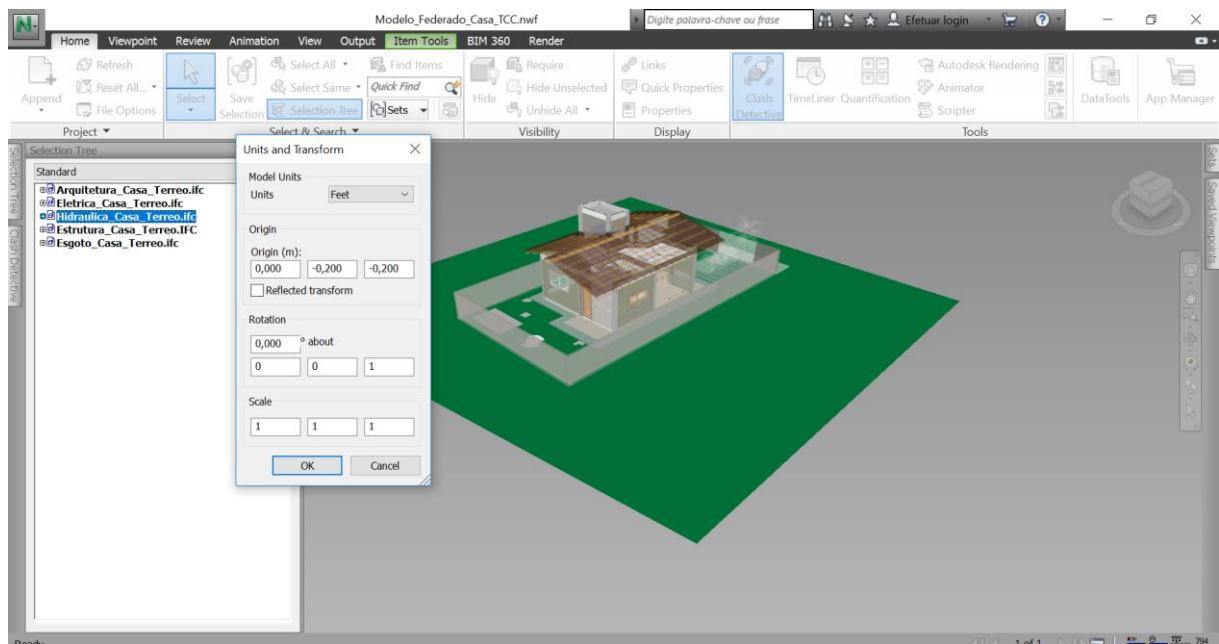


Fonte: Autoria Própria (2019).

Com todos os arquivos importados, basta apenas alinhá-los em uma mesma coordenada. Para isso, abra a árvore de seleção (destacada em azul na Figura C3), em seguida, clique com o botão direito em algum projeto, e aperte na opção “Units and Transform”. Na aba, mude todas as “Origin (m):” para uma numeração desejada, exemplo: 0,00; 0,00; e 0,00. Ou use as coordenadas do projeto arquitetônico como base.

Repita o processo para todos os projetos.

Figura C3 – Alinhamento.



Fonte: Autoria Própria (2019).

APÊNDICE D – CLASH DETECTIVE

Elementos elétricos x Alvenaria	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
	0.010m	7	0	0	5	2	0	Hard	OK

					Item 1	Item 2
Clash Name	Status	Distance	Description	Clash Point	Item ID	Item ID
Clash1	Approved	-0.035	Hard	x:24.515, y:-14.848, z:0.350	Element ID: 2562	Element ID: 2529
Clash2	Approved	-0.030	Hard	x:27.221, y:-13.776, z:1.674	Element ID: 2503	Element ID: 3272
Espelho dentro da Alvenaria	Reviewed	-0.011	Hard	x:25.030, y:-11.168, z:1.145	Element ID: 2592	Element ID: 3259
Espelho dentro da Alvenaria	Reviewed	-0.011	Hard	x:26.812, y:-11.168, z:1.145	Element ID: 2589	Element ID: 3259
Espelho dentro da Alvenaria	Reviewed	-0.011	Hard	x:27.212, y:-11.168, z:1.145	Element ID: 2585	Element ID: 3259
Espelho dentro da Alvenaria	Reviewed	-0.011	Hard	x:24.537, y:-14.860, z:0.245	Element ID: 2562	Element ID: 3275
Espelho dentro da Alvenaria	Reviewed	-0.011	Hard	x:27.827, y:-11.440, z:1.145	Element ID: 2596	Element ID: 3269

Elétrico x Estrutural	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
	0.050m	7	4	0	0	0	3	Hard	OK

					Item 1	Item 2
Clash Name	Status	Distance	Description	Clash Point	Item ID	Item ID
Cond. por dentro do Pilar	New	-0.062	Hard	x:19.812, y:-17.103, z:0.345	Element ID: 2876	Element ID: 2543
Furo na viga	New	-0.059	Hard	x:27.330, y:-13.898, z:2.635	Element ID: 2934	Element ID: 2672
Furo na viga	New	-0.055	Hard	x:22.862, y:-15.954, z:2.638	Element ID: 2909	Element ID: 2662
Furo na viga	New	-0.054	Hard	x:24.562, y:-12.399, z:2.637	Element ID: 2996	Element ID: 2674
Clash1	Resolved	-0.108	Hard (Conservative)	x:24.562, y:-12.399, z:2.637	Element ID: 2996	Element ID: 2674
Clash2	Resolved	-0.108	Hard (Conservative)	x:23.012, y:-15.970, z:2.635	Element ID: 2909	Element ID: 2662
Clash3	Resolved	-0.108	Hard (Conservative)	x:24.562, y:-15.763, z:2.625	Element ID: 2771	Element ID: 2663

Eletroduto x Alvenaria	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
	0.020m	3	0	0	0	3	0	clearance	OK

					Item 1	Item 2
Clash Name	Status	Distance	Description	Clash Point	Item ID	Item ID
Eleroduto pela alvenaria	Approved	-0.058	clearance	x:24.532, y:-15.766, z:2.628	<i>Element ID:</i> 2771	<i>Element ID:</i> 3275
Eleroduto pela alvenaria	Approved	-0.056	clearance	x:23.012, y:-15.971, z:2.636	<i>Element ID:</i> 2909	<i>Element ID:</i> 2512
Eleroduto pela alvenaria	Approved	-0.049	clearance	x:27.707, y:-12.352, z:2.630	<i>Element ID:</i> 2964	<i>Element ID:</i> 3271

Esquadria x Estrutural	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
	0.010m	2	0	0	2	0	0	Hard	OK

					Item 1	Item 2
Clash Name	Status	Distance	Description	Clash Point	Item ID	Item ID
Boneca da porta e Pilar	Reviewed	-0.076	Hard	x:24.410, y:-14.693, z:2.176	<i>Element ID:</i> 2587	<i>Element ID:</i> 2529
Boneca da porta e Pilar	Reviewed	-0.051	Hard	x:23.162, y:-14.844, z:2.100	<i>Element ID:</i> 2589	<i>Element ID:</i> 2557

Instalações x Forro de Gesso	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
	0.010m	5	2	0	0	3	0	clearance	OK

					Item 1	Item 2
Clash Name	Status	Distance	Description	Clash Point	Item ID	Item ID
Furo no forro	Approved	-0.057	clearance	x:27.369, y:-13.761, z:2.500	Element ID: 2937	Element ID: 2991
Furo no forro	Approved	-0.057	clearance	x:27.074, y:-13.758, z:2.500	Element ID: 2952	Element ID: 2991
Furo no forro	Approved	-0.057	clearance	x:25.383, y:-13.761, z:2.500	Element ID: 3086	Element ID: 2991
Furo no forro	New	-0.045	clearance	x:24.365, y:-17.202, z:2.688	Element ID: 2775	Element ID: 3073
Interferencia com forro	New	-0.022	clearance	x:23.664, y:-14.617, z:2.530	Element ID: 2804	Element ID: 2991

Telhado x Estrutural	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
	0.010m	5	0	0	5	0	0	Hard	OK

					Item 1	Item 2
Clash Name	Status	Distance	Description	Clash Point	Item ID	Item ID
Clash1	Reviewed	-0.047	Hard	x:24.514, y:-14.698, z:3.796	Element ID: 4620	Element ID: 2652

Clash2	Reviewed	-0.045	Hard	x:22.892, y:-14.848, z:3.753	<i>Element ID:</i> 4620	<i>Element ID:</i> 2658
Clash3	Reviewed	-0.028	Hard	x:24.412, y:-14.723, z:3.694	<i>Element ID:</i> 3484	<i>Element ID:</i> 2652
Clash4	Reviewed	-0.028	Hard	x:23.162, y:-14.726, z:3.707	<i>Element ID:</i> 3484	<i>Element ID:</i> 2658
Clash5	Reviewed	-0.015	Hard	x:24.546, y:-16.998, z:3.263	<i>Element ID:</i> 4620	<i>Element ID:</i> 2656

Tub. Hidri x Alvenaria	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
	0.020m	3	0	0	0	3	0	Hard	OK

					Item 1	Item 2
Clash Name	Status	Distance	Description	Clash Point	Item ID	Item ID
Tbu. detro da Alvenaria	Approved	-0.063	Hard	x:27.714, y:-11.203, z:0.539	<i>Element ID:</i> 2859	<i>Element ID:</i> 3259
Tbu. detro da Alvenaria	Approved	-0.046	Hard	x:24.782, y:-11.125, z:1.800	<i>Element ID:</i> 2826	<i>Element ID:</i> 3259
Clash3	Approved	-0.044	Hard	x:24.782, y:-11.125, z:1.800	<i>Element ID:</i> 2826	<i>Element ID:</i> 3260

Tub. Sant x Piso	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
	0.020m	9	1	0	3	5	0	Hard	OK

					Item 1	Item 2
Clash Name	Status	Distance	Description	Clash Point	Item ID	Item ID
Passagem prevista	Approved	-0.126	Hard	x:24.438, y:-15.262, z:-0.030	<i>Element ID:</i> 2663	<i>Element ID:</i> 3075
Passagem prevista	Approved	-0.070	Hard	x:24.060, y:-15.946, z:-0.110	<i>Element ID:</i> 2518	<i>Element ID:</i> 3075
Passagem prevista	Approved	-0.067	Hard	x:26.114, y:-11.268, z:-0.030	<i>Element ID:</i> 2707	<i>Element ID:</i> 3075
Tub. do ralo elevado	New	-0.067	Hard	x:24.210, y:-15.852, z:-0.110	<i>Element ID:</i> 2647	<i>Element ID:</i> 3075
Elemento elevado	Reviewed	-0.044	Hard	x:24.181, y:-16.531, z:-0.110	<i>Element ID:</i> 2635	<i>Element ID:</i> 3075
Elemento elevado	Reviewed	-0.044	Hard	x:24.902, y:-11.360, z:-0.030	<i>Element ID:</i> 2694	<i>Element ID:</i> 3075
Passagem prevista	Approved	-0.039	Hard	x:24.356, y:-17.215, z:-0.030	<i>Element ID:</i> 2775	<i>Element ID:</i> 3075

Passagem prevista	Approved	-0.023	Hard	x:24.353, y:-17.223, z:-0.030	<i>Element ID:</i> 2773	<i>Element ID:</i> 3075
Elemento elevado	Reviewed	-0.023	Hard	x:24.230, y:-15.607, z:-0.030	<i>Element ID:</i> 2480	<i>Element ID:</i> 3075

Tubulação Hidro x Pilar	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
	0.010m	4	3	0	1	0	0	Hard	OK

					Item 1	Item 2
Clash Name	Status	Distance	Description	Clash Point	Item ID	Item ID
Furo em Pilar	New	-0.065	Hard	x:24.412, y:-11.119, z:2.484	<i>Element ID:</i> 2820	<i>Element ID:</i> 2535
Furo em Pilar 2	Reviewed	-0.058	Hard	x:27.714, y:-11.198, z:0.539	<i>Element ID:</i> 2859	<i>Element ID:</i> 2537
Furo em Pilar 2.1	New	-0.044	Hard	x:27.562, y:-11.122, z:0.517	<i>Element ID:</i> 2833	<i>Element ID:</i> 2537
Tubulação Pelo Pilar	New	-0.032	Hard	x:22.946, y:-16.998, z:3.441	<i>Element ID:</i> 2610	<i>Element ID:</i> 2654

Tubulação Hidro x Vigas	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
	0.010m	2	0	0	2	0	0	Hard	OK

					Item 1	Item 2
Clash Name	Status	Distance	Description	Clash Point	Item ID	Item ID
Furo em Viga	Reviewed	-0.040	Hard	x:23.654, y:-14.698, z:2.800	Element ID: 2801	Element ID: 2661
Furo em Viga	Reviewed	-0.033	Hard	x:24.445, y:-16.177, z:2.540	Element ID: 2798	Element ID: 2663

Tubulação Sanit x Baldrames	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
	0.010m	6	2	0	4	0	0	Hard	OK

					Item 1	Item 2
Clash Name	Status	Distance	Description	Clash Point	Item ID	Item ID
Tub. da caixa de passagem	New	-0.078	Hard	x:27.862, y:-11.634, z:-0.182	Element ID: 2715	Element ID: 2629
Tubo de ventilação	Reviewed	-0.042	Hard	x:24.371, y:-17.247, z:0.040	Element ID: 2775	Element ID: 2625
Tub. da caixa de passagem	New	-0.025	Hard	x:23.364, y:-17.198, z:-0.238	Element ID: 2564	Element ID: 2625

Tub. do lavatório no baldrame	Reviewed	-0.025	Hard	x:24.387, y:-16.487, z:-0.163	<i>Element ID:</i> 2654	<i>Element ID:</i> 2630
Tub. do lavatório no baldrame	Reviewed	-0.016	Hard	x:26.132, y:-11.238, z:0.040	<i>Element ID:</i> 2707	<i>Element ID:</i> 2569
Tub. do lavatório no baldrame	Reviewed	-0.012	Hard	x:24.425, y:-15.278, z:0.040	<i>Element ID:</i> 2663	<i>Element ID:</i> 2630

Fonte: Autoria Própria (2019).

APÊNDICE E – EAP DO EXCEL

CASA UNIFAMILIAR (TCC) - PLANEJAMENTO EM MODELOS BIM
EAP - Estrutura analítica de projeto
Serviços preliminares
Terraplenagem
Limpeza do terreno
Terraplenagem
Canteiro
Tapume e portões provisórios
Placa da obra
Instalações provisórias
Instalações provisórias – Alojamento
Instalações provisórias – Almoxarifado
Instalações provisórias – Refeitório
Instalações provisórias - Depósito de ensacados
Instalações provisórias - Depósito de tintas
Instalações provisórias - Instalações sanitárias
Instalações provisórias - Instalações elétricas
Pintura das instalações provisórias
Infra estrutura de sistemas
Rede hidro sanitária - tubulações e caixas
Rede pluviais e drenagem - tubulações e caixas
Rede incêndio
Rede elétrica/lógica/telefonica/internet
Rede gás
Fundação
Gabarito do terreno
Sapatas
Marcação das sapatas
Escavação da fundação – sapatas
Execução das formas – sapatas
Montagem das armaduras – sapatas
Baldrame
Execução de valas para baldrame
Execução de formas para baldrame
Montagem da armadura baldrame
Concretagem Baldrame e Sapatas
Impermeabilização do baldrame
Piso Térreo
Instalações hidráulicas - Esgoto, AFQ e incêndio – Térreo
Compactação de aterro
Execução de formas – Térreo
Montagem de armadura – Térreo
Instalação elétrica – Térreo
Concretagem - Piso térreo
Estrutura – Térreo
Montagem de armadura - Viga, pilar e laje

Formas de madeira - Viga, pilar e laje

Locação de conduítes Elétricos

Locação de tubulações Hidráulicas

Escoramento - Viga e pilar

Escoramento - Laje

Execução de concretagem - Viga,pilar e laje

Paredes Térreo

Alvenaria em tijolos cerâmicos – Térreo

Chapisco interno – térreo

Chapisco externo – térreo

Emboço interno – térreo

Emboço externo – térreo

Mestramento interno – térreo

Mestramento externo – térreo

Estrutura – Cobertura

Montagem de armadura - Viga e pilar

Formas de madeira - Viga e pilar

Escoramento - Viga e pilar

Execução de concretagem - Viga e pilar

Paredes Cobertura

Alvenaria em tijolos cerâmicos – Térreo

Chapisco interno – térreo

Chapisco externo – térreo

Emboço interno – térreo

Emboço externo – térreo

Impermeabilização do barrilete

Esquadrias – Térreo

Locação de portas

Locação de Janelas

Locação de Gradis e similares

Telhado

Madeiramento – Ripas

Madeiramento – Caibros

Madeiramento - Terças, beiral e bica

Telha cerâmica colonial

Rufo

Instalações Hidro Sanitárias – Térreo

Instalação Água fria – térreo

Caixa d'água

Tampa da caixa d'água

Cavalete e hidrômetro

Instalações Esgoto

Caixas de Inspeção

Fossa Séptica e Sumidouro

Instalações Elétricas – Térreo

Quadros de alimentação e distribuição

Luminárias e pontos em forro

Tomadas e interruptores

Pisos Térreo

Contrapiso Térreo

Piso cerâmico Térreo

Pedras Térreo

Revestimento de acabamento

Emassamento interno

Emassamento externo

Pintura paredes internas

Pintura externa

Revestimento cerâmico interno

Revestimento cerâmico externo

Pintura forro interno

Revestimento cerâmico de pisos

Pintura sobre madeira

Forros – Térreo

Instalação de forro de gesso

Limpeza do obra

Louças e Metais

Vasos sanitários

Lavatórios

Tanques em área de serviço

Pias de cozinha

Bancada de Granito

Torneiras e registros

Móveis e adornos

Guarda Corpo e Corrimãos

Guarda Corpo

Corrimãos

Fonte: Autoria Própria (2019).

APÊNDICE F – PLANILHA DE DURAÇÃO EXCEL

QUADRO DE DURAÇÃO DAS ATIVIDADES E RECURSOS																									
ATIVIDADE	UNID.	QTDE	EQUIPE BÁSICA								ÍNDICE DA EQUIPE	JORNADA (h/dia)	DIAS DA EQUIPE BÁSICA	DURAÇÃO ADOTADA (dias)	QTDE DE EQUIPES	RECURSOS									
			Pedreiro	Carpinteiro	Armador	Eletricista	Encanador	Pintor	Ajudante	Servente						Pedreiro	Carpinteiro	Armador	Eletricista	Encanador	Pintor	Ajudante	Servente		
Serviços preliminares																									
Terraplenagem																									
Limpeza do terreno	m²	195,00								1,00	0,01	h/m²	8	1	1	1							1		
Terraplenagem	m²	180,00								1,00	0,02	h/m²	8	1	2	1							1		
Canteiro																									
Tapume e portões provisórios	m²	56,50		1,00						1,12	0,05	h/un	8	1	1	1		1					1		
Placa da obra	un	1,00								1,00	0,1	h/un	8	1	1	1							1		
Instalações provisórias																									
Alojamento	m²	4,00	0,06	1,00						1,12	2,2	h/m²	8	2	2	1	0	1					1		
Almoxarifado	m²	4,00	0,06	1,00						1,12	2,2	h/m²	8	2	2	1	0	1					1		
Refeitório	m²	4,00	0,06	1,00						1,12	2,2	h/m²	8	2	2	1	0	1					1		
Instalações sanitárias	un	1,00	1,00				1,00		0,50	1,02	8	h/un	8	1	1	1	1			1		1	1		
Instalações elétricas	un	1,00				1,00			1,00		24	h/un	8	3	3	1				1		1			
Pintura das instalações provisórias	m²	16,00						1,00	0,87		0,4	h/m²	8	1	1	1					1	1			
Fundação																									
Gabarito do terreno	m²	81,23		1,00						1,00	0,59	h/m²	8	6	5	1		1					1		
Sapatas																									
Escavação da fundação – sapatas	m³	13,00								1,00	4	h/m³	8	7	5	1							1		
Execução das formas – sapatas	m²	26,24		1,00					0,50		1,83	h/m²	8	7	5	1		1				1			
Montagem das armaduras – sapatas	kg	22,24			1,00				1,75		0,08	h/kg	8	1	2	1			1			1			
Baldrame																									
Excavação de valas – baldrame	m³	4,17								1,00	4	h/m³	8	3	3	1							1		
Execução de formas – baldrame	m²	26,24		1,00					0,67		1,83	h/m²	8	7	5	1		1				1			
Montagem da armadura – baldrame	kg	58,96			1,00				1,75		0,08	h/kg	8	1	2	1			1			1			
Concretagem Baldrame e Sapatas	m³	17,17	1,00							1,33	1,5	h/m³	8	4	4	1	1						1		
Impermeabilização do baldrame	m²	7,87	1,00							1,26	0,75	h/m²	8	1	2	1	1						1		
Reaterro e compactação	m³	5,73								1,00	3,5	h/m³	8	3	3	1							1		
Piso - Térreo																									
Instalações hidráulicas – Térreo	un	1,00	1,00				1,00		0,50	1,02	8	h/un	8	1	1	1	1				1		1	1	
Instalação elétrica – Térreo	un	1,00				1,00			1,00		24	h/un	8	3	3	1				1		1			
Execução de formas – Térreo	m²	6,78		1,00					0,50		1,83	h/m²	8	2	2	1		1				1			

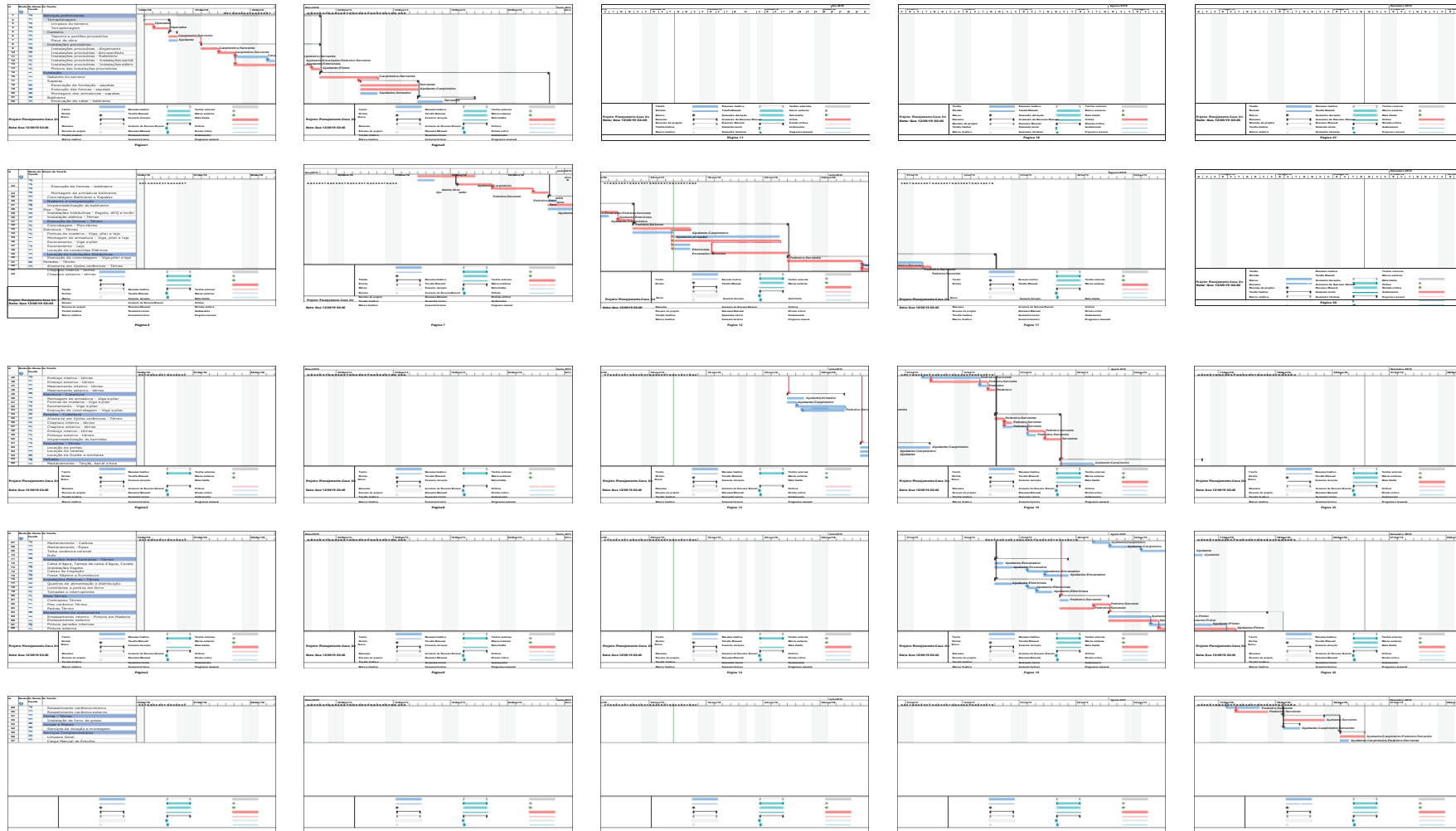
QUADRO DE DURAÇÃO DAS ATIVIDADES E RECURSOS																								
ATIVIDADE	UNID.	QTDE	EQUIPE BÁSICA								ÍNDICE DA EQUIPE		JORNADA (h/dia)	DIAS DA EQUIPE BÁSICA	DURAÇÃO ADOTADA (dias)	QTDE DE EQUIPES	RECURSOS							
			Pedreiro	Carpinteiro	Armador	Eletricista	Encanador	Pintor	Ajudante	Servente							Pedreiro	Carpinteiro	Armador	Eletricista	Encanador	Pintor	Ajudante	Servente
Concretagem - Piso térreo	m³	7,57	1,00							1,33	1,5	h/m³	8	2	2	1	1							1
Estrutura - Térreo																								
Formas de madeira - Viga, pilar e laje	m²	29,98		1,00					0,50		1,83	h/m²	8	7	5	1		1					1	
Montagem de Arm. - Viga, pilar e laje	kg	133,18			1,00				1,75		0,08	h/kg	8	2	3	1			1				1	
Escoramento - Viga e pilar	un	1,00		1,00					0,65		1,83	h/un	8	1	1	1		1					1	
Escoramento – Laje	un	1,00		1,00					0,65		1,83	h/un	8	1	1	1		1					1	
Locação de conduítes Elétricos	un	1,00					1,00			1,02	4	h/un	8	1	2	1					1			1
Locação de tubulações Hidráulicas	un	1,00				1,00				1,02	4	h/un	8	1	2	1				1				1
Concretagem - Viga,pilar e laje	m³	29,98	1,00							1,33	1,5	h/m³	8	6	6	1	1							1
Paredes - Térreo																								
Alvenaria em tijolos cerâmicos – Térreo	m²	97,27	1,00							0,63	0,75	h/m²	8	10	7	1	1							1
Chapisco interno – térreo	m²	97,27	1,00							1,00	0,1	h/m²	8	2	2	1	1							1
Chapisco externo – térreo	m²	97,27	1,00							1,00	0,1	h/m²	8	2	3	1	1							1
Emboço interno – térreo	m²	97,27	1,00							1,00	0,5	h/m²	8	7	5	1	1							1
Emboço externo – térreo	m²	97,27	1,00							1,00	0,5	h/m²	8	7	5	1	1							1
Mestramento interno – térreo	un	1,00	1,00								0,1	h/un	8	1	1	1	1	1						
Mestramento externo – térreo	un	1,00	1,00								0,1	h/un	8	1	1	1	1	1						
Estrutura – Cobertura																								
Montagem de armadura - Viga e pilar	kg	12,59			1,00				1,75		0,08	h/kg	8	1	2	1			1				1	
Formas de madeira - Viga e pilar	m²	4,65		1,00					0,50		1,63	h/m²	8	1	1	1		1					1	
Escoramento - Viga e pilar	un	1,00		1,00					0,65		1,83	h/un	8	1	1	1		1					1	
Execução de concretagem - Viga e pilar	m³	12,59	1,00							1,33	1,5	h/m³	8	3	3	1	1	1						1
Paredes – Cobertura																								
Alvenaria em tijolos cerâmicos – Térreo	m²	9,12	1,00							0,63	0,75	h/m²	8	1	1	1	1	1						1
Chapisco interno – térreo	m²	9,12	1,00							1,00	0,1	h/m²	8	1	1	1	1	1						1
Chapisco externo – térreo	m²	9,12	1,00							1,00	0,1	h/m²	8	1	1	1	1	1						1
Emboço interno – térreo	m²	9,12	1,00							1,00	0,5	h/m²	8	1	2	1	1	1						1
Emboço externo – térreo	m²	9,12	1,00							1,00	0,5	h/m²	8	1	1	1	1	1						1
Impermeabilização do barrilete	m²	12,48	1,00							1,26	0,75	h/m²	8	2	2	1	1	1						1
Esquadrias - Térreo																								
Locação de portas	un	5,00	0,53	1,00					1,00	0,53	3,75	h/un	8	3	3	1	1	1					1	1

QUADRO DE DURAÇÃO DAS ATIVIDADES E RECURSOS																									
ATIVIDADE	UNID.	QTDE	EQUIPE BÁSICA							ÍNDICE DA EQUIPE		JORNADA (h/dia)	DIAS DA EQUIPE BÁSICA	DURAÇÃO ADOTADA (dias)	QTDE DE EQUIPES	RECURSOS									
			Pedreiro	Carpinteiro	Armador	Eletricista	Encanador	Pintor	Ajudante							Servente	Pedreiro	Carpinteiro	Armador	Eletricista	Encanador	Pintor	Ajudante	Servente	
Locação de Janelas	un	6,00	1,00							0,67	1,2	h/un	8	1	1	1	1							1	
Locação de Gradis e similares	un	1,00	0,67							1,00	0,67	1,75	h/un	8	1	1	1	1						1	1
Telhado																									
Madeiramento - Terças, beiral e bica	m	44,28		1,00						1,00		0,25	h/m	8	2	2	1		1					1	
Madeiramento - Caibros	m	302,40		1,00						1,00		0,25	h/m	8	10	7	1		1					1	
Madeiramento - Ripas	m	132,84		1,00						1,00		0,25	h/m	8	5	4	1		1					1	
Telha cerâmica colonial	m²	79,70		1,00						2,08		0,12	h/m²	8	2	3	1		1					1	
Rufo	m	14,64								1,00		0,12	h/m	8	1	2	1							1	
Instalações Hidro Sanitárias - Térreo																									
Caixa d'água	un	1,00						1,00		1,00		7,7	h/un	8	1	1	1					1		1	
Tampa da caixa d'água	un	1,00						1,00		1,00		0,54	h/un	8	1	1	1					1		1	
Cavalete e hidrômetro	un	1,00						1,00		1,00		0,54	h/un	8	1	1	1					1		1	
Instalações Esgoto	un	1,00						1,00		1,00		5,8	h/un	8	1	2	1					1		1	
Caixas de Inspeção	un	4,00						1,00		1,00		0,6	h/un	8	1	2	1					1		1	
Fossa Séptica e Sumidouro	un	1,00	1,00					1,00		1,00	1,00	9	h/un	8	2	3	1	1				1		1	1
Instalações Elétricas - Térreo																									
Quadros de alimentação e distribuição	un	1,00					1,00			1,00		4,8	h/un	8	1	2	1					1		1	
Luminárias e pontos em forro	un	4,00					1,00			1,00		1	h/un	8	1	1	1					1		1	
Tomadas e interruptores	un	21,00					1,00			1,00		0,3	h/un	8	1	2	1					1		1	
Pisos Térreo																									
Contrapiso Térreo	m³	2,33	1,00								0,59	0,53	h/m²	8	1	1	1	1							1
Regularização do piso Térreo	m²	38,84	1,00								0,56	0,4	h/m²	8	2	2	1	1							1
Pedras Térreo	m²	18,85	1,00								1,00	0,35	h/m²	8	1	2	1	1							1
Revestimento de acabamento																									
Emassamento interno	m²	97,27							1,00	0,67		0,3	h/m²	8	4	3	1						1	1	
Emassamento externo	m²	97,27							1,00	0,71		0,35	h/m²	8	5	4	1						1	1	
Pintura paredes internas	m²	97,27							1,00	0,87		0,4	h/m²	8	5	4	1						1	1	
Pintura externa	m²	97,27							1,00	0,87		0,4	h/m²	8	5	4	1						1	1	
Revestimento cerâmico interno	m²	97,27	1,00								0,48	0,35	h/m²	8	5	4	1	1							1
Revestimento cerâmico externo	m²	97,27	1,00								0,48	0,35	h/m²	8	5	4	1	1							1
Revestimento cerâmico de pisos	m²	97,27	1,00								0,48	0,4	h/m²	8	5	4	1	1							1

QUADRO DE DURAÇÃO DAS ATIVIDADES E RECURSOS																								
ATIVIDADE	UNID.	QTDE	EQUIPE BÁSICA							ÍNDICE DA EQUIPE		JORNADA (h/dia)	DIAS DA EQUIPE BÁSICA	DURAÇÃO ADOTADA (dias)	QTDE DE EQUIPES	RECURSOS								
			Pedreiro	Carpinteiro	Armador	Eletricista	Encanador	Pintor	Ajudante							Servente	Pedreiro	Carpinteiro	Armador	Eletricista	Encanador	Pintor	Ajudante	Servente
Pintura sobre madeira	m²	3,50						1,00	0,75		0,4	h/m²	8	1	1	1						1	1	
Forros - Térreo																								
Instalação de forro de gesso	m²	30,82							1,12	1,00	1,27	h/m²	8	5	5	1							1	1
Limpeza do obra	m²	30,82							1,12	1,00	0,05	h/m²	8	1	1	1							1	1
Serv. Complementares																								
Limpeza geral	m²	81,23							1,00	1,00	0,35	h/m²	8	4	3	1	1						1	1
Carga manual de entulho	m²	6,34								1,00	0,72	h/m²	8	1	1	1								1

Fonte: Autoria Própria (2019).

APÊNDICE G – PLANEJAMENTO DA OBRA MSPROJECT

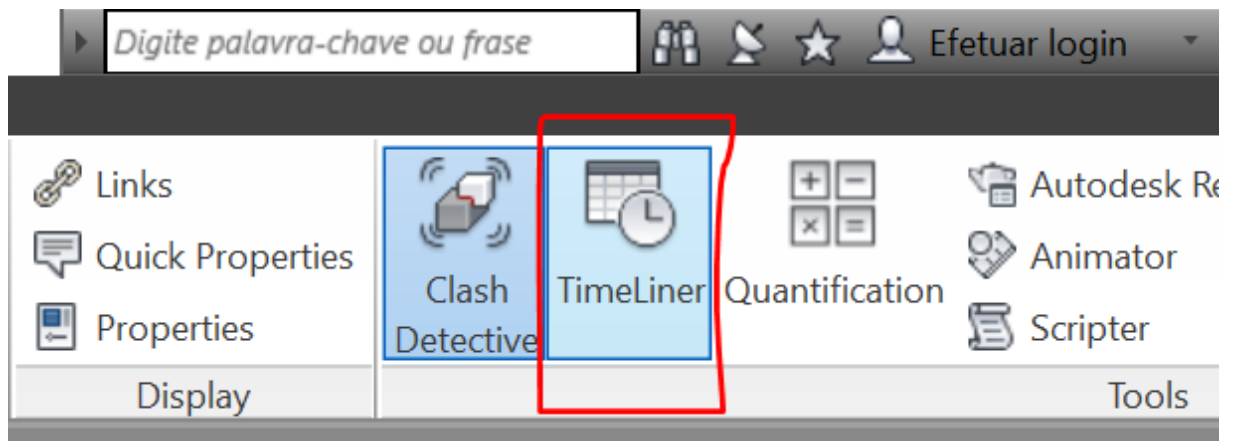


Fonte: Autoria Própria (2019).

APÊNDICE H – ROTINA DE IMPORTAÇÃO DA EAP

Para o processo de importação automática da EAP desenvolvida em *software* diferente, inicialmente deve ser aberta a aba de “Time Liner” (Figura H1).

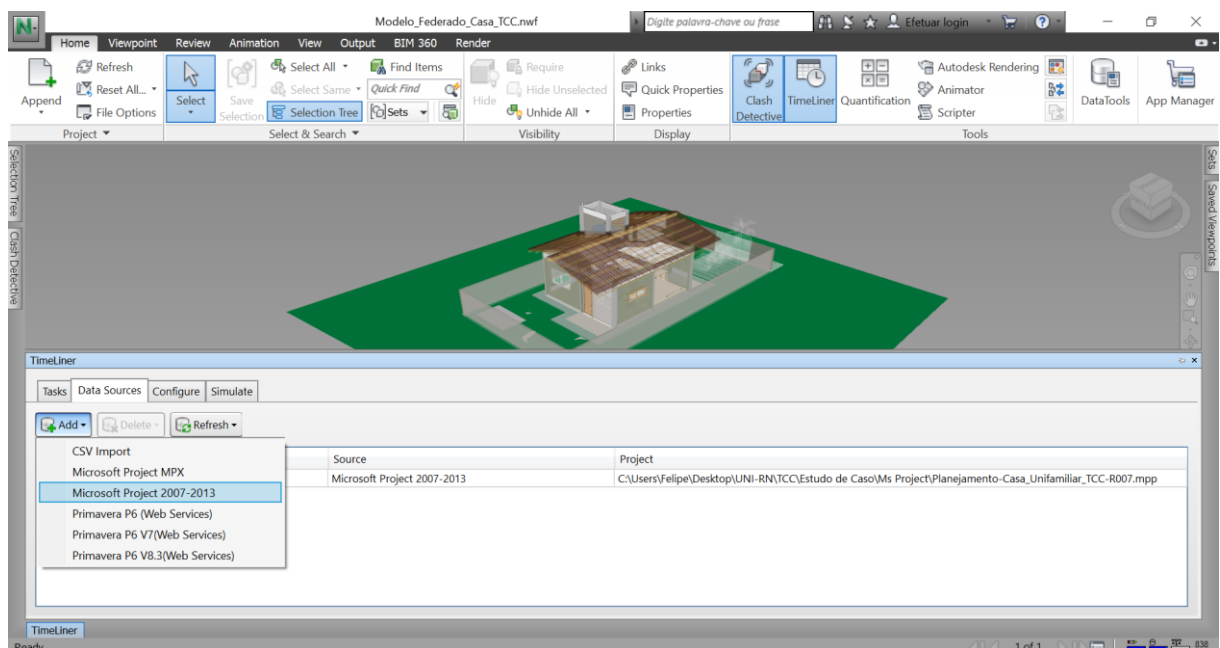
Figura H1 – Time Liner.



Fonte: Autoria Própria (2019).

Dentro da “Time Liner”, entrar na aba “Data Sources” e selecionar a opção “add”. Em seguida escolha o tipo de arquivo que será importado. No caso, o escolhido foi o “Microsoft Project 2007-2013” (Figura H1) pelo fato de onde o planejamento foi originalmente modelado.

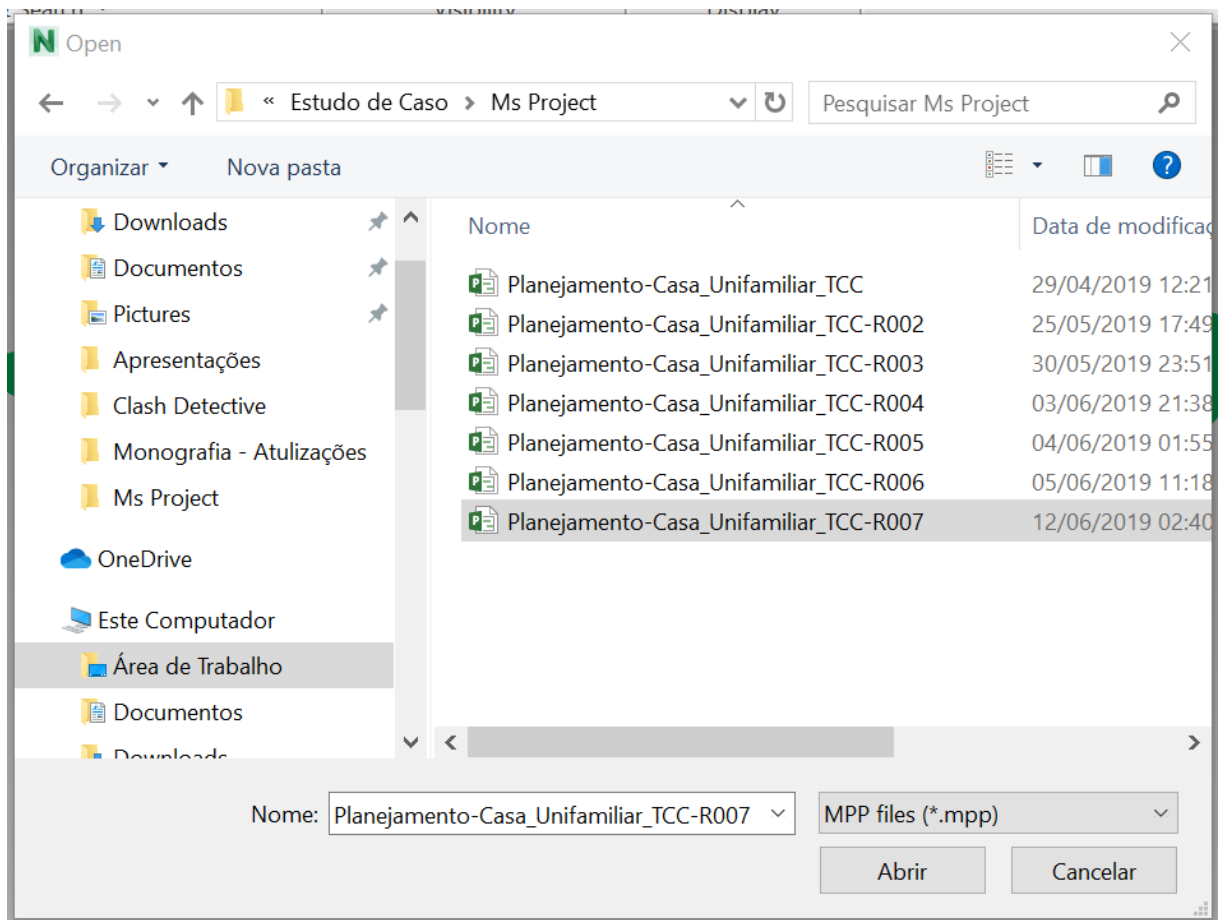
Figura H2 – Importação de EAP.



Fonte: Autoria Própria (2019).

Por fim, será aberta uma aba de seleção para escolha do arquivo, com ele então marcado, aperta em “Abrir” (Figura H3) e a EAP será completamente importada para sua aba de “Tasks”, onde poderá ser manipulado com explicado na sessão referente do estudo de caso.

Figura H3 – Seleção do arquivo.



Fonte: Autoria Própria (2019).