



**ADAPTAÇÃO DE PROJETO ELABORADO NA METODOLOGIA CAD
À METODOLOGIA BIM 4D PARA CONTROLE DO PLANEJAMENTO:
UM ESTUDO DE CASO**

CURITIBA

2019



CÁSSIO DE CRISTO SOARES ALVES
FABIANO RODRIGUES DOS SANTOS

**ADAPTAÇÃO DE PROJETO ELABORADO NA METODOLOGIA CAD
À METODOLOGIA BIM 4D PARA CONTROLE DO PLANEJAMENTO:
UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós-Graduação em Gestão Estratégica de Projetos de Engenharia e Arquitetura com Colaboração BIM e Lean Construction, Pós-Graduação *lato sensu*, do Instituto IDD como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialista em Gestão Estratégica de Projetos de Engenharia e Arquitetura com Colaboração BIM e Lean Construction.

Orientador: Prof. Esp. Júlio Eduardo Martins.

CURITIBA

2019

AGRADECIMENTOS

Ao suporte e apoio de nossas famílias, aos colegas de sala pelo compartilhamento de conhecimento e aos professores pela competência e dedicação em ensinar.

FOLHA DE APROVAÇÃO

ADAPTAÇÃO DE PROJETO ELABORADO NA METODOLOGIA CAD À METODOLOGIA BIM 4D PARA CONTROLE DO PLANEJAMENTO: UM ESTUDO DE CASO

Por

CÁSSIO DE CRISTO SOARES ALVES
FABIANO RODRIGUES DOS SANTOS

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM GESTÃO
ESTRATÉGICA DE PROJETOS DE ENGENHARIA E ARQUITETURA COM
COLABORAÇÃO BIM E LEAN CONSTRUCTION, DO INSTITUTO IDD,
PELA COMISSÃO FORMADA PELOS PROFESSORES A SEGUIR
MENCIONADOS.

Curitiba (PR) ____ de _____ de _____.

Prof.º Esp. Júlio Eduardo Martins

Prof.º M.Sc. Maurício Bianchini

Prof.ª Esp. Line Thalia Lins Proença Meireles

RESUMO

O presente trabalho buscou apresentar a adaptação de um projeto desenvolvido na metodologia CAD à metodologia BIM 4D para controle do planejamento. Através de um estudo de caso de uma edificação, foi proposto um processo para criar um objeto que pudesse ser utilizado em métodos de controle do planejamento da obra. Para isso, foram empregadas três ferramentas (Project, Revit e Navisworks) que, em conjunto, possibilitaram adaptar cronograma e modelo para a nova metodologia, buscando integrá-los e analisa-los. Com a integração entre as ferramentas e análise do conteúdo gerado, confirmou-se a hipótese. Também, auxiliou no esclarecimento das principais ações durante o processo, principais dificuldades e benefícios tanto da adaptação à metodologia BIM 4D quanto dos métodos de controle do planejamento.

Palavras chave: adaptação, cronograma, controle do planejamento, metodologia BIM 4D, modelo

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Representação gráfica dos diferentes níveis de desenvolvimento (https://www.bdcnetwork.com , acessado em dezembro de 2018).....	35
Figura 2. Implantação do projeto (Autor, 2018)	41
Figura 3. Planta baixa, cobertura e perspectiva do projeto (Autor, 2018).....	41
Figura 4. Corte, vistas e perspectiva interna do projeto (Autor, 2018).....	42
Figura 5. Estudo preliminar do projeto elétrico (Autor, 2018).....	43
Figura 6. Cronograma entregue pela construtora (Autor, 2018).....	44
Figura 7. Fluxo com modelo como objeto principal (Autor, 2018).....	46
Figura 8. Fluxo com modelo como objeto principal (Autor, 2018).....	47
Figura 9. Cronograma entregue pela construtora com tarefa destacada (Autor, 2018)	48
Figura 10. Cronograma adaptado para a metodologia BIM 4D (Autor, 2018) ...	49
Figura 11: Modelagem completa “Serviços Preliminares” (Autor, 2018)	51
Figura 12: Estacas escavadas $L = 3,00\text{m}$ ou mais de acordo com necessidade estrutural, responsabilidade da contratada (Autor, 2018).....	53
Figura 13: Viga baldrame dimensão mínima $0,15 \times 0,25\text{m}$ (Autor, 2018)	54
Figura 14: Piso de concreto bruto $F_{ck} = 30\text{Mpa}$, espessura mínima = 8cm (Autor, 2018).....	54
Figura 15: Calçada de concreto externa $L=1,00\text{m}$ + Canaleta de concreto $L = 0,30\text{m}$ conforme padrão existente nos demais prédios (Incluso calçada na área coberta externa entre os laboratórios) + Piso para secagem de amostras ($3,00 \times 3,00\text{m}$ considerar espessura = 8cm) (Autor, 2018)	55
Figura 16: Pilares de concreto armado moldados "in loco" $F_{ck} = 30\text{Mpa}$ - Solução construtiva e responsabilidade estrutural por conta da contratante (Autor, 2018)	56
Figura 17: Viga cinta em concreto armado moldado "in loco" $F_{ck} = 30\text{Mpa}$ - Solução construtiva e responsabilidade estrutural por conta da contratante (Autor, 2018)	57

Figura 18: Laje pré-fabricada com lajota cerâmica esp. 350kg/m ² , capa de concreto com espessura = 5cm - Solução construtiva e responsabilidade estrutural por conta da contratante devendo satisfazer vão interno de 6m (Autor, 2018) ...	57
Figura 19: Modelagem dos elementos estruturais (Autor, 2018).....	58
Figura 20: Fechamento externo em alvenaria 21 furos com tijolo aparente nas fachadas (Autor, 2018)	60
Figura 21: Alvenaria de tanque – Laboratórios (Autor, 2018)	60
Figura 22: Estrutura metálica para cobertura com 13 tesouras espaçadas igualmente (aproximadamente 2 metros) com terças tubulares espaçadas uma da outra 32cm conforme necessidade da telha cerâmica, total de 28 terças espaçadas igualmente a ser dimensionadas (Autor, 2018).....	61
Figura 23: Telha de Barro (Ref. francesa) - Mesmo padrão dos outros prédios existentes (telhas emboçadas nas bordas de beirais) (Autor, 2018).....	62
Figura 24: P1 - 1,40x2,10m - Porta de abrir 2 folhas (1 folha 0,90m + 1 folha 0,50m) - Porta de giro, montada em alumínio, lisa - Reforçada antiarrombamento, incluso ferragens, barra antipânico (Autor, 2018).....	63
Figura 25: J2 - 3,00x0,70m - Janela de alumínio 4 folhas (2 correr + 2 fixa) - Vidro temperado 8mm - Mesmo padrão existente (Autor, 2018).....	63
Figura 26: Revestimento de paredes internas (chapisco + emassamento + reboco + pintura), pintura Látex PVA cor Branco neve - duas demãos - Laboratório de solos + Eco fisiologia (Autor, 2018)	64
Figura 27: Modelagem dos elementos arquitetônicos (Autor, 2018).....	65
Figura 28: Eletroduto corrugado em PVC (Autor, 2018).....	67
Figura 29: Caixa de passagem “2x4” e caixa octogonal luminárias (Autor, 2018)	67
Figura 30: Quadro elétrico para fornecimento de entrada de energia no prédio (Autor, 2018).....	68
Figura 31: Instalação de espelhos Siemens – Ref. Siemens – linha “lus” (Autor, 2018)	69

Figura 32: Ar condicionado Split Carrier - 24.000 BTU's, duas unidades por laboratório (Autor, 2018).....	70
Figura 33: Modelagem dos elementos elétricos (Autor, 2018).....	70
Figura 34: Sistema de esgoto dos banheiros, tanques e bancadas dos laboratórios (Autor, 2018).....	72
Figura 35: Caixa d'água de 500 litros (Autor, 2018)	72
Figura 36: Sistema de água fria para banheiros, tanques e bancadas e laboratórios (Autor, 2018).....	73
Figura 37: Vaso sanitário para banheiros (Autor, 2018).....	74
Figura 38: Modelagem dos elementos hidráulicos (Autor, 2018)	74
Figura 39: Disciplinas modeladas no Revit inseridas no Navisworks (Autor, 2018)	76
Figura 40: Inserção da planilha do Project em formato .CSV no Navisworks. (Autor, 2018).....	76
Figura 41: Sincronização das propriedades do Project com o Navisworks (Autor, 2018)	77
Figura 42: Categorização dos serviços como “construído”, “temporário” ou “demolido” (Autor, 2018).....	77
Figura 43: Definição de critérios no Microsoft Project (Autor, 2018).....	78
Figura 44: Demonstração da 1º verificação (Autor, 2018).....	79
Figura 45: Demonstração da 2º verificação (Autor, 2018).....	80
Figura 46: Demonstração 3º verificação (Autor, 2018)	81
Figura 47: Planejado x Realizado dia 25/07/2018 (Autor, 2018)	82
Figura 48: Planejado x Realizado dia 25/08/2018 (Autor, 2018)	83
Figura 49: Planejado x Realizado dia 29/10/2018 (Autor, 2018)	84
Figura 50: Planejado x Execução dia 23/07/2018 (Autor, 2018).....	85
Figura 51: Planejado x Execução dia 01/11/2018 (Autor, 2018).....	86
Figura 52: Modelo planejado finalizado em 13/11/2018 (Autor, 2018)	87
Figura 53: Obra finalizada em 03/12/2018 (Autor, 2018).....	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Programa de necessidades (Autor, 2018)	39
Tabela 2. Serviços gerais (Autor, 2018)	40
Tabela 3. Itens e objetivos alcançados com a aplicação da metodologia BIM 4D (Autor, 2018)	95

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	5
FOLHA DE APROVAÇÃO	6
RESUMO	7
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	8
LISTA DE TABELAS	11
SUMÁRIO	12
1. INTRODUÇÃO	17
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA	18
1.2. OBJETIVOS	18
1.2.1. Objetivo Geral	18
1.2.2. Objetivos Específicos	18
1.3. HIPÓTESE	19
1.4. JUSTIFICATIVAS	19
1.4.1. Tecnológicas	19
1.4.2. Econômicas	20
1.4.3. Sociais	20
1.4.4. Ecológicas	21
1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	21
1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO	22
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1. CONTEXTO HISTÓRICO E ATUAL DAS FERRAMENTAS CAD	23
2.2. INTEGRAÇÃO ENTRE PROJETOS EM SISTEMAS CAD	25
2.3. CONTEXTO HISTÓRICO E ATUAL DAS FERRAMENTAS BIM	26
2.4. INTEGRAÇÃO ENTRE PROJETOS E SISTEMAS BIM	27
2.5. ENGENHARIA SIMULTÂNEA / PROJETO SIMULTÂNEO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	29
2.6. INTEROPERABILIDADE ENTRE SISTEMAS	30

2.7. IFC (<i>INDUSTRY FOUNDATION CLASSES</i>)	31
2.8. NÍVEIS OU DIMENSÕES BIM (nD).....	32
2.9. BIM 4D	33
2.10. NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO (LOD)	34
3. FERRAMENTAS	36
3.1. MICROSOFT PROJECT®	36
3.2. AUTODESK REVIT®	37
3.3. AUTODESK NAVISWORKS®	38
4. ESTUDO DE CASO	39
4.1. O PROJETO	39
4.1.1. Desenhos	40
4.1.2. O cronograma.....	43
4.1.3. Análise do projeto e cronograma inicial.....	44
4.2. ADEQUAÇÃO PARA A METODOLOGIA BIM 4D	46
4.2.1. Análise do fluxo na metodologia CAD	46
4.2.2. Análise do fluxo na metodologia BIM 4D	47
4.2.3. Cronograma.....	48
4.2.4. Modelo	49
4.3. CONTROLE E PLANEJAMENTO UTILIZANDO AS FERRAMENTAS DA METODOLOGIA BIM 4D.....	75
4.3.1. Controle do planejamento com Microsoft Project	78
4.3.2. Controle do planejamento com Autodesk Navisworks	81
4.3.3. Controle do planejamento Navisworks x Executado	84
5. ANÁLISES.....	88
5.1. BENEFÍCIOS OBSERVADOS NA ADAPTAÇÃO À METODOLOGIA BIM 4D E SUA APLICAÇÃO EM UMA OBRA DE PEQUENO PORTE	88
5.1.1. A mudança em relação ao planejamento	88
5.1.2. Contribuição e transparência entre equipes	89
5.1.3. Possibilidades na execução	89

5.1.4. Compatibilização.....	90
5.1.5. Fundamentação da decisão e alterações na modelagem.....	91
5.2. DIFICULDADES OBSERVADAS NA ADAPTAÇÃO À METODOLOGIA BIM 4D E EM SUA APLICAÇÃO EM UMA OBRA DE PEQUENO PORTE	92
5.2.1. Adaptação à metodologia BIM 4D	92
5.2.2. Adequação do cronograma	93
5.2.3. Modelagem	93
5.2.4. Planejamento e Controle.....	94
5.3. ANÁLISE DOS MÉTODOS DE CONTROLE DO PLANEJAMENTO COM A METODOLOGIA BIM 4D	95
5.3.1. Análise do controle do planejamento utilizando a ferramenta MSProject®	96
5.3.2. Análise do controle do planejamento utilizando os modelos planejado e realizado no Navisworks®.....	97
5.3.3. Análise do controle do planejamento utilizando o modelo planejado e a obra em execução.....	98
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	99
6.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
6.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	100
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101

1. INTRODUÇÃO

O setor da AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção) tem apresentado obras cada vez mais complexas tecnicamente, com uma alta demanda de ferramentas mais integrativas e automatizadas, de equipes multidisciplinares e de maior coerência entre o projeto, o planejamento e a execução da obra.

Com isso, fazem-se necessárias mudanças na gestão do processo, com a finalidade de atingir níveis de excelência em relação à gestão do projeto e sua concordância com a execução.

Nesse cenário, o BIM (*Building Information Modeling*) se apresenta como uma das principais inovações no setor, oferecendo às construtoras ferramentas que possibilitam atender novas exigências de diferentes formas.

Uma maneira de atingir níveis de excelência é resolver a dificuldade em, na fase de projeto, observar o objeto que será construído e associá-lo a um planejamento, criando cronogramas de interpretação mais real para os envolvidos, esclarecendo todas as atividades e precedências. É nesse aspecto que modelos 4D gerados em plataforma BIM se apresentam, conectando intimamente aspectos espaciais e temporais do projeto, melhorando a confiabilidade dos cronogramas e minimizando problemas de comunicação (KOO; FISCHER, 2000; HARTMANN; GAO; FISCHER, 2008).

A seguinte pesquisa busca, através de um estudo de caso, demonstrar a adaptação à metodologia BIM 4D utilizando ferramentas difundidas no setor e, com o conteúdo gerado, apresentar métodos de controle do planejamento, apresentando os processos necessários e analisando benefícios e dificuldades.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

Como adaptar um projeto elaborado seguindo a metodologia CAD à metodologia BIM 4D para controle do planejamento?

1.2. OBJETIVOS

Neste item apresentam-se os objetivos gerais e específicos da pesquisa a ser desenvolvida.

1.2.1. Objetivo Geral

Analisar, através de um estudo de caso, os benefícios e dificuldades da adaptação de um projeto elaborado na metodologia CAD à metodologia BIM e das técnicas de controle do planejamento.

1.2.2. Objetivos Específicos

Consideram-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Utilizar as ferramentas propostas para gerar conteúdo adequado para a metodologia BIM 4D;
- b) Interpretar as informações produzidas pelo processo de adaptação à metodologia BIM 4D;
- c) Apresentar técnicas para controle do planejamento;

1.3. HIPÓTESE

Presume-se que, apesar de suas peculiaridades, utilizando as ferramentas Microsoft Project®, Autodesk Revit® e Autodesk Navisworks®, é possível adaptar um projeto elaborado na metodologia CAD à metodologia BIM 4D para técnicas de controle do planejamento.

1.4. JUSTIFICATIVAS

Neste item apresentam-se as justificativas para a pesquisa, a saber: tecnológicas, econômicas, sociais e ecológicas.

1.4.1. Tecnológicas

Com a utilização da metodologia BIM 4D, muitas tarefas antes executadas de maneira “manual” passam a ser automatizadas, acelerando o processo, permitindo uma visualização mais precisa dos componentes e evitando equívocos.

Com isso, o BIM 4D é capaz de simular e verificar as relações entre as atividades descritas no planejamento com o modelo virtual que será referência para a execução da obra (EASTMAN, 2014).

Essa integração permite antever conflitos entre as diversas disciplinas envolvidas na etapa de projeto e planejamento, seja em questões de espaço ou em questões de tempo, auxiliando na organização e otimização da execução da futura obra.

Dados mostram que aproximadamente 72% dos escritórios que disseram utilizar o BIM no Brasil, já adotaram o uso da metodologia BIM 4D

(MCGRAW HILL CONSTRUCTION, 2014). Além disso, a percepção dos benefícios da tecnologia e metodologia BIM 4D é apresentada em pesquisa realizada no Brasil, onde 80% dos entrevistados que diziam utilizar o BIM 4D, indicavam benefícios positivos ou muito positivos no seu uso (BIOTTO, *et al.*, 2012).

1.4.2. Econômicas

Em termos econômicos, o BIM 4D possibilita gerar informações mais condizentes com a realidade, prevendo ainda em fase de projeto, conflitos entre diferentes áreas, planejamento da instalação de sistemas, entre outras questões que auxiliam na economia de recursos.

A plataforma ainda permite a integração em momento simultâneo de todos os envolvidos na construção virtual do produto, fornecendo dados precisos. Com a metodologia BIM 4D, a concepção é facilitada, as inconformidades (erros de projeto, sobreposições, etc.) são reduzidos e assim, diminui custos de retrabalhos e material e na qualidade final da obra (ARAÚJO, 2016).

Pesquisadores apontam que o uso da metodologia BIM 4D para visualização dos processos e do progresso da obra pode resultar em uma economia de 11% do tempo total da construção. Além disso, a utilização do BIM 4D pode reduzir em 4% os custos do empreendimento (PITAKE e PATIL, 2013).

1.4.3. Sociais

Através do modelo virtual, é possível facilitar a comunicação entre as partes interessadas nas etapas de projeto, planejamento e execução. Também, a

utilização da metodologia BIM 4D auxilia na transparência entre o cliente e os profissionais envolvidos com a construção (EASTMAN, 2014).

As questões relacionadas à segurança e saúde no trabalho podem fazer parte da implantação das ferramentas BIM 4D, auxiliando na decisão e gestão dos processos que envolvem esta área (VELASCO, 2013).

Outro ganho importante com a utilização da metodologia BIM 4D, está na questão da produtividade dos profissionais envolvidos. Em pesquisa obtida pela ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial), com o BIM 4D, existe uma expectativa de aumento de 10% na produtividade do setor (SANTOS, 2016).

1.4.4. Ecológicas

Partindo do princípio de promover o desenvolvimento sustentável no setor, a utilização da metodologia BIM 4D aparece atrelada à questões de planejamento para otimização de produtos e serviços, optando por sistemas mais racionais, que auxiliem na concepção do projeto, no planejamento e na execução da obra, estimulando o mercado a acompanhar exigências geradas por essa nova metodologia.

Também, unindo o 4D com os níveis mais avançados da metodologia BIM, podem ser criados modelos com simulações baseadas no desempenho. Assim, além da representação dos objetos envolvendo a obra, podem ser simulados elementos de um contexto mais amplo, incluindo parâmetros de desempenho ambiental, ecológico, de custo e tecnológico (OXMAN, 2006).

1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Primeiramente, foi elaborado um levantamento bibliográfico, onde foi possível apresentar os principais pontos da metodologia mais utilizada

atualmente (CAD) e o complexo contexto da metodologia BIM. Após, apresentou-se as ferramentas utilizadas no estudo de caso. Esse estudo de caso baseou-se na adaptação de um projeto elaborado seguindo princípios da metodologia CAD, para a metodologia BIM 4D. Para tal, foi necessário criar um cronograma baseado nos princípios da gestão de projetos e um modelo com as disciplinas de arquitetura, estrutura, elétrica, hidráulica. Por último, conectou-se as duas etapas anteriores de cronograma e modelagem com a possibilidade de gerar simulações. Além disso, com o material gerado, foi possível demonstrar três técnicas de controlar o planejamento, associando o modelo planejado com a execução.

1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho pode ser dividido nas seguintes etapas:

O **Capítulo 1** apresenta uma introdução geral, o problema, o objetivo geral, os objetivos específicos, a hipótese, as justificativas e as metodologias utilizadas para a elaboração do trabalho.

O **Capítulo 2** mostra a revisão bibliográfica, com uma breve contextualização da metodologia CAD, com os principais pontos que envolvem a metodologia BIM e, ao final, uma explicação sobre o BIM 4D.

O **Capítulo 3** descreve as ferramentas utilizadas para desenvolver o estudo de caso.

O **Capítulo 4** apresenta o estudo de caso, com o passo-a-passo da transformação de um projeto “comum” para um produto adaptado à metodologia BIM 4D, que pode gerar análises mais aprofundadas e uma maior conexão entre projeto / execução.

O **Capítulo 5** mostra as análises em relação aos processos e metodologia apresentados no trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. CONTEXTO HISTÓRICO E ATUAL DAS FERRAMENTAS CAD

O CAD (*Computer Aided Design*), termo derivado de DAC (*Design Automated by Computer*), é uma tecnologia criada pelo cientista da computação Patrick J. Hanratty em 1961 nos laboratórios de pesquisa da General Motors, nos Estados Unidos. Em 1971, Hanratty apresenta um software CAD conhecido como ADAM (*Automated Drafting and Machinery*), sistema que é a base da maioria dos softwares de desenho atualmente (YARES, 2013).

Com o surgimento do computador pessoal e com a criação da Autodesk, em 1981 e em 1982, respectivamente, os softwares de desenho se popularizam, criando soluções inovadoras de projeto (AUTODESK, 2017).

O CAD se relaciona com o projeto e a criação, além de ser a base em todos os processos do projeto, da concepção à representação (MACHADO, 2005).

O desenvolvimento da tecnologia CAD aconteceu em três etapas distintas: a primeira, consiste na reprodução do desenho utilizando dispositivos computacionais; a segunda, é caracterizada pela criação de geometrias; e a terceira pela modelagem de produto (KALE & ARDITI, 2005). Na modelagem do produto, integram-se o modelo com informações reais do objeto, como material, peso, preço, etc. (KALE & ARDITI, 2005). Na reprodução do desenho ou na criação da geometria (as duas primeiras etapas da tecnologia CAD), recebe destaque o software AutoCAD®, da Autodesk.

A ferramenta AutoCAD se tornou uma revolução, principalmente, pelo fato de facilitar a modificação e a correção de erros, duas situações que eram traumatizantes no processo de concepção e desenvolvimento do projeto manualmente. Também, a facilidade em se mover, reduzir e aumentar os objetos

geográficos na tela, fez com que fosse possível criar mais detalhes na elaboração do projeto.

A dinâmica dos escritórios de engenharia e arquitetura que utilizam a metodologia CAD consiste em um maior número de pessoas trabalhando em um mesmo projeto, na separação do projeto em peças separadas que podem ser trabalhadas simultaneamente (plantas, cortes, elevações) e na ênfase da visualização gráfica bidimensional do produto que está sendo gerado (NAYARAM, 2008).

Os escritórios que utilizam ferramentas CAD nos projetos, principalmente o software Autodesk AutoCAD, geralmente, reduzem-no à uma “prancheta eletrônica”. O modelo em duas dimensões possui limitações que ocasionam uma produtividade deficiente (MACHADO, 2005). Além disso, falta de informações nos documentos impressos resultam em aumento no custo e no tempo do projeto e da execução. (EASTMAN, 2014). Outro ponto negativo importante em relação ao assunto, é que a metodologia CAD acaba privilegiando os profissionais que apenas melhor representam graficamente nos softwares aspectos técnicos referentes à uma obra civil, mas que não necessariamente são os profissionais com melhor conhecimento técnico a respeito do processo mais adequado e das melhores técnicas de execução da edificação.

Em resumo, os recursos das ferramentas CAD vêm sendo questionadas e substituídas por novas tecnologias. Também, os processos e práticas da metodologia CAD foram, com o decorrer do tempo, sendo aperfeiçoados (FREIRE e MEDEIROS, 2016).

2.2. INTEGRAÇÃO ENTRE PROJETOS EM SISTEMAS CAD

A integração de projetos consiste na verificação entre elementos das diferentes áreas da construção, onde os mesmos não ocupam lugares conflitantes no projeto, coexistindo de maneira coerente. (GRAZIANO, 2003).

A compatibilização de projetos utilizando sistemas CAD 2D ocorre através da sobreposição de peças gráficas de diferentes disciplinas e produzidas por diferentes profissionais, possuindo inúmeras limitações (SOUSA, 2010). A principal limitação que pode ser observada, é a baixa interatividade e dificuldades de visualização de conflitos. Por exemplo, quando se compatibiliza para se visualizar conflitos entre as disciplinas de arquitetura e elétrica, além de compatibilizar as pranchas que apresentam as representações de plantas, ambos os profissionais das duas disciplinas precisam gerar uma representação das dimensões e elementos verticais. Ou seja, ao final, são necessárias duas compatibilizações para identificar conflitos em relação aos mesmos objetos. Outra limitação está na necessidade de um controle mais rigoroso nas decisões de mudança e compatibilização, devido ao fato de cada profissional produzir peças gráficas independentes de cada disciplina.

Integrando-se projetos com as ferramentas CAD, tende-se, também, a tomar decisões verbalmente e tornar essas decisões definitivas até a finalização de todas as etapas de projeto, evitando-se modificações devido às dificuldades de se fazer e de conciliar as mesmas com os outros profissionais da área (CAMPESTRINI, 2015).

Essa análise também dificulta a execução da edificação projetada, prejudicando a precisão nos quantitativos do consumo de materiais, uma vez que a coleta desses dados ocorre de maneira manual. Essa imprecisão na quantidade de materiais necessários pode aumentar o tempo da construção, dificultando a mão de obra e aumentando as probabilidades de manutenções futuras.

2.3. CONTEXTO HISTÓRICO E ATUAL DAS FERRAMENTAS BIM

O conceito BIM começou a ser teorizado na década de 70 e aplicado na indústria logo depois. Consiste, basicamente, na automatização das etapas de projeto e design, buscando uma maior integração entre o projeto e a execução do mesmo. Inevitavelmente, a metodologia se aproximou do setor da Construção Civil (MARIA, 2008). Para Eastman (2014), a adoção do BIM (*Building Information Modeling*) é uma das grandes evoluções no setor AEC. Além disso, o BIM aperfeiçoa não apenas o setor da construção civil, mas também a sociedade, visto que estimula a construção de edifícios mais eficientes (KENSEK, et al., 2008).

Em termos gerais, falando-se em relação às ferramentas, a metodologia BIM permite a visualização do projeto em sua totalidade, tanto para os profissionais envolvidos quanto para os potenciais clientes, com a possibilidade de associar a metodologia à novas tecnologias, como a realidade virtual e o 3D. Também, permite analisar e testar previamente à execução técnicas e métodos, maiores possibilidades de garantir o planejamento e os custos e diminuição de erros, não apenas em relação à construção do objeto, mas também em relação à documentação.

O BIM também altera o ambiente profissional, pois elimina a possibilidade de contratação de mais do que uma equipe de projeto, uma vez que o modelo elaborado propicia um trabalho mais colaborativo (CAMPESTRINI, 2015).

Em resumo, o BIM também se apresenta no ciclo de vida da edificação, e se implementado de maneira adequada, o BIM cria uma macro integração, otimizando custo e prazo, e aperfeiçoando a qualidade do produto (EASTMAN, 2014).

Atualmente, o BIM já vem sendo introduzido pelas universidades nos cursos relacionados à construção civil, com algumas daquelas se destacando pela metodologia empregada para o ensino. Apesar disso, a evolução tem sido gradual, ainda abrangendo, em sua maior parte, um nível mais elementar da metodologia BIM (RUSCHEL, et al., 2013).

No campo profissional, alguns escritórios iniciaram a implementação do BIM no início dos anos 2000, com a tecnologia sendo destacada e mais difundida no final dos anos 2000 (SOUZA, et al., 2009).

De uma maneira geral, a utilização do BIM se encontra em uma fase inicial chamada de “BIM 1.0”. Nessa etapa, busca-se o uso da metodologia para melhorar a qualidade dos projetos, simplificar a elaboração de projetos mais complexos, facilitar a apresentação dos mesmos, etc. (SOUZA, et al., 2009).

2.4. INTEGRAÇÃO ENTRE PROJETOS E SISTEMAS BIM

A integração de projetos utilizando ferramentas BIM consiste em diferentes disciplinas atuarem em um mesmo objeto, sendo que tudo que é gerado no modelo, é visível a todos os profissionais.

A integração de projetos utilizando sistemas BIM deve acontecer de maneira simultânea, pois as ferramentas dessa metodologia permitem que os profissionais de todas as disciplinas possam se comunicar através do mesmo modelo. Além disso, as compatibilizações ficam mais precisas por causa da quantidade de informação que é possível ser compartilhada no processo. Por exemplo, quando se compatibiliza um modelo arquitetônico com um modelo hidráulico, a base utilizada, que consiste no modelo central, é igual para todos os profissionais, sendo que as verificações acontecem em um objeto 3D, que faz com que conflitos em dimensões verticais e horizontais possam ser visualizados ao

mesmo tempo. Ou seja, no final, a integração das disciplinas tem uma mesma base, diferente da metodologia CAD, que trabalha com peças gráficas que não se associam de maneira direta.

A integração entre modelos BIM, também, excede a integração da metodologia tradicional por possibilitar não apenas a compatibilização entre objetos de outras disciplinas, mas por trazer ao processo, já em fases iniciais, novas informações referentes a questões de custo, execução, técnica, fabricação, eficiência energética, etc.

Portanto, para uma compatibilização mais eficaz ocorrer, Kiviniemi (2007) defende que se deve focar no entendimento dos profissionais de todas as disciplinas envolvidas e na mudança dos processos de trabalho. Com essa mudança de processo, abre-se a possibilidade de criar diferentes projetos para a mesma edificação e reduzir potenciais custos (CAMPESTRINI, 2015).

Quando utilizado em todas as suas dimensões (do 3D ao 7D), o BIM facilita a integração entre as etapas de projeto e os processos da construção, ocasionando uma maior racionalidade da obra, reduzindo desperdícios, retrabalhos e evitando manutenções futuras decorrentes de falhas de projeto ou execução (EASTMAN, 2014).

Atualmente, a compatibilização de disciplinas com as ferramentas BIM acontece de maneira equivocada, uma vez que as mesmas apenas são inseridas no processo de elaboração de projetos tradicional (metodologia CAD). Isso ocorre devido à incorreta interpretação de que a metodologia BIM se resume apenas à sua parametrização ou a apenas um software (CAMPESTRINI, 2015).

2.5. ENGENHARIA SIMULTÂNEA / PROJETO SIMULTÂNEO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Engenharia simultânea é definida como a interação entre diferentes equipes ou profissionais multidisciplinares durante o processo do projeto e de execução de um serviço ou de um produto. A engenharia simultânea tem o objetivo de aumentar a qualidade, reduzir custos e prazos (FABRÍCIO, 2002).

As questões fundamentais para atingir uma alta qualidade de projeto são a organização das etapas de projeto, a coordenação de projetos e todos os itens que se referem ao planejamento (CRUZ, 2004). Além disso, deve ser criado um ambiente virtual onde todas as informações possam ser integradas e de fácil acesso. Com isso, acontece a execução de diversas tarefas simultaneamente, com troca de informações entre os profissionais envolvidos, auxiliando na visualização de interferências e correções no modelo virtual (PEDRINI, 2012).

Para Fabrício (2002), existem algumas ações essenciais para a aplicação do Projeto Simultâneo:

- Estabelecer uma cultura de parceria entre os agentes do projeto como forma de superar limitações de uma mediação comercial das relações entre agentes, viabilizar uma atuação mais interativa entre os agentes, valorizando-se os intercâmbios técnicos;
- Organizar e planejar o processo de projeto privilegiando o tratamento multidisciplinar das soluções de projeto;

Aproveitar as potencialidades das novas tecnologias da informática e telecomunicações para automatizar tarefas repetitivas de projeto e, principalmente, potencializar a comunicação entre os agentes do projeto.

2.6. INTEROPERABILIDADE ENTRE SISTEMAS

A elaboração de modelos na metodologia BIM pode ocorrer de maneira individualizada, utilizando uma rede de comunicação local ou pode envolver outros profissionais em diversas localidades e que, muitas vezes, utilizam plataformas diferentes (COELHO et al., 2008). Para ocorrer o compartilhamento de dados entre diferentes plataformas, é preciso que os sistemas possuam estrutura de dados e semântica compatíveis, sendo possível modificar, adicionar, ou remover informações sem necessidade de tradução. A interoperabilidade acontece a partir de padrões comuns entre as plataformas em três níveis: formato de linguagem de representação, protocolo de comunicação de agente para agente e especificação do conteúdo do conhecimento compartilhado (MICALI, 2000).

Nasyrov (2015) reforça que a interoperabilidade agiliza a transferência de informações, reduzindo tempo, esforço, equívocos na fase de projeto e custos, pois elimina-se a duplicidade da informação. Também, a interoperabilidade estimula uma melhor consciência nas decisões e uma maior colaboração entre as equipes envolvidas. Com isso, é possível criar simulações e resultados mais coerentes, pois os profissionais participantes do processo contribuem de maneira mais efetiva e mais direta no modelo (MARTINS, 2011).

Para um momento inicial de aplicação da metodologia BIM na construção civil, empresas têm investido na criação de sistemas colaborativos onde, utilizando ferramentas de acesso simultâneo, um objeto modelado pode ser compartilhado e sofrer modificações visíveis de maneira instantânea entre profissionais em diferentes localidades. Com isso, gera-se a necessidade de um controle e padronização das informações produzidas nesse processo (COELHO et al., 2008). Além disso, devido à complexidade do processo de elaboração de uma edificação, os profissionais devem ser capacitados para poder atuar nos diferentes sistemas integrados (MARTINS, 2011).

Para atingir níveis mais avançados de compartilhamento de informação, a interoperabilidade depende de um padrão de registro de dados das plataformas envolvidas no processo do projeto. O padrão de registros mais utilizado no mercado atual é o IFC (*Industry Foundation Classes*), que consiste em um padrão de dados da construção baseado em objetos. Muitas tarefas advindas do BIM podem não ser reconhecidas pelo IFC, fazendo com que o uso do mesmo não seja disseminado. Além disso, no cenário atual, percebe-se que empresas e envolvidos do setor AEC não utilizam a tecnologia BIM pensando na interoperabilidade de plataformas e na colaboração entre profissionais. (KOWALTOWSKI, 2011).

2.7. IFC (*INDUSTRY FOUNDATION CLASSES*)

Na década de 90, iniciou-se a busca por uma maior integração e compartilhamento de informação entre plataformas tecnológicas. Um grupo denominado AIA (*Industry Alliance for Interoperability*) foram os pioneiros na aplicabilidade dessa integração no setor da Construção Civil. A partir disso, a equipe se tornou internacional, atuando na pesquisa de métodos cada vez melhores em relação à criação de diversos padrões de transferências de dados, tendo como principal marco, a criação do IFC. (JACOSKI, et al., 2002).

O IFC (*Industry Foundation Classes*) é uma composição de códigos responsáveis por descrever a construção de um modelo e suas informações geradas em diferentes softwares, também sendo caracterizado como um padrão de protocolo internacional. Com isso, auxilia na interoperabilidade das disciplinas, possuindo código aberto, ou seja, cria a possibilidade de qualquer projetista consultar, examinar ou modificar o produto (BUILDING SMART, 2018).

Para Howell e Batcheler (2004), o sucesso do BIM depende de uma boa comunicação e uma troca de dados que evite perdas. Com isso, o IFC é o

responsável pela eficiência da integração das diferentes disciplinas geradas em aplicativos distintos.

Atualmente, o IFC é suportado por cerca de 150 aplicativos de software em todo o mundo, com o objetivo de garantir a qualidade dos desenvolvedores de software para a IFC, com ênfase na conferência e confirmação da informação exportada, na automação de processos de rotina por meio da programação, na solução dos problemas de comunicação entre programas e na padronização de parâmetros (BUILDING SMART, 2018).

2.8. NÍVEIS OU DIMENSÕES BIM (nD)

Bomfim (2016) define que os níveis de BIM correspondem a diferentes escalas de complexidade e informações fornecidas pelo modelo. Muitos associam também as dimensões BIM ao ciclo de vida da edificação, ou seja, da documentação à operação e manutenção.

O nível 2D corresponde à documentação gerada por um modelo desenvolvido em plataformas BIM. Com isso, é possível automatizar correções, reduzir revisões, criar desenhos mais precisos e coerentes em todas as etapas de projeto e aperfeiçoar a colaboração entre as disciplinas envolvidas.

O nível 3D é o modelo virtual, utilizado para fazer análises e compatibilização na terceira dimensão, melhorando a visualização e gerando perspectivas. Münch (2017) resume o nível 3D da metodologia BIM como modelo virtual (protótipo).

O nível 4D consiste no planejamento, com controle direto do cronograma e do modelo, com possibilidade de simulações e comparativos projeto/construção. Borjeghaleh e Sardroud (2016) também comentam do uso do

4D para o planejamento do fluxo de materiais, mão-de-obra e de equipamentos em diferentes momentos da construção.

O nível 5D vincula o orçamento ao modelo, gerando quantitativos mais precisos com valores automatizados em relação a alterações e atualizações, é usado para compor o orçamento e a análise de custos das atividades relacionadas. Com o BIM 5D, também é possível obter curvas ABC (CAMPESTRINI, 2015).

O nível 6D se apresenta na análise energética da edificação, criando informações e simulações referentes à sustentabilidade, conforto ambiental e certificações. Permite medir e verificar durante a construção, além de melhorar o processo de escolha das instalações de alto desempenho. Com esse nível, podem ser geradas informações como a validade dos materiais, consumo de água e de energia elétrica. (CAMPESTRINI, 2015).

O nível 7D corresponde à operação e manutenção da edificação, trabalhando com informações de ciclo de vida e de suporte técnico de equipamentos e elementos da obra.

2.9. BIM 4D

A associação do tempo com o modelo 3D, denominada 4D, busca entender os processos de construção na fase de projeto, sua sequência construtiva, seus elementos e seu cronograma. Com a utilização de softwares específicos, como os softwares Microsoft Project®, Autodesk Revit® e Autodesk Navisworks®, podem ser geradas simulações virtuais de processos e técnicas de execução associadas ao cronograma (EASTMAN, 2014).

Trabalhando o 4D com softwares BIM, é possível, através do modelo 3D, gerar informações que podem ser documentadas e somadas ao modelo, como listas, tabelas, entre outros. Com toda essa informação compartilhada, o processo

se torna mais automatizado, facilitando questões de recoleta, reformatação, operação e manutenção (EASTMAN, 2014). Além disso, as ferramentas da metodologia BIM 4D permitem detectar conflitos e prever equívocos da execução na fase de elaboração e compatibilização do modelo, ou seja, cria um processo eficaz de antecipação de decisões. Também, as ferramentas atuam na área da comunicação por conseguir criar um canal comum entre os profissionais responsáveis pelo desenvolvimento dos projetos, já que tudo que é produzido pode ser compartilhado através de sistemas colaborativos, fazendo com que o objeto sirva de apoio visual para fundamentação de decisões, análises e técnicas e processos da construção (POÇAS, 2015).

Em resumo, Velasco (2013) define as três principais questões que devem ser abordadas pela metodologia BIM 4D:

- Detecção de Conflitos: Previsão de correções de conflitos entre objetos de diferentes disciplinas;
- Visualização da execução: Perceber os processos e técnicas de execução no ambiente virtual;
- Gestão: Aperfeiçoar o planejamento e controle da obra, reduzindo a distância entre planejado x executado.

2.10. NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO (LOD)

Segundo o relatório da BIMForum (BIMFORUM, 2016) LOD (*Level of Development*) ou Nível de Desenvolvimento, é uma forma de representação dos diferentes estágios de evolução de um modelo criado seguindo a metodologia BIM.

No LOD 100, o objeto modelado segue um padrão genérico, uma volumetria que serve apenas para representação do elemento que se pretende apresentar.

No LOD 200, o objeto já apresenta uma volumetria mais avançada, além de conter informações como dimensões e espacialidade mais próximas da realidade.

No LOD 300, o objeto já se configura como uma representação virtual precisa do objeto que será construído.

No LOD 350, o objeto, além de ser representado conforme elemento que será executado, também recebe informações não gráficas.

No LOD 400, tanto representação gráfica quanto informações não gráficas são detalhadas de maneira que possibilitem a adequada execução do mesmo.

No LOD 500, fica o destaque para a verificação de conformidade das questões geométrica e não geométricas em relação ao objeto construído in loco. Em termos de modelagem, possui poucas diferenças em relação ao LOD 400.

Na figura 1, é possível entender graficamente a diferença entre cada nível de desenvolvimento.

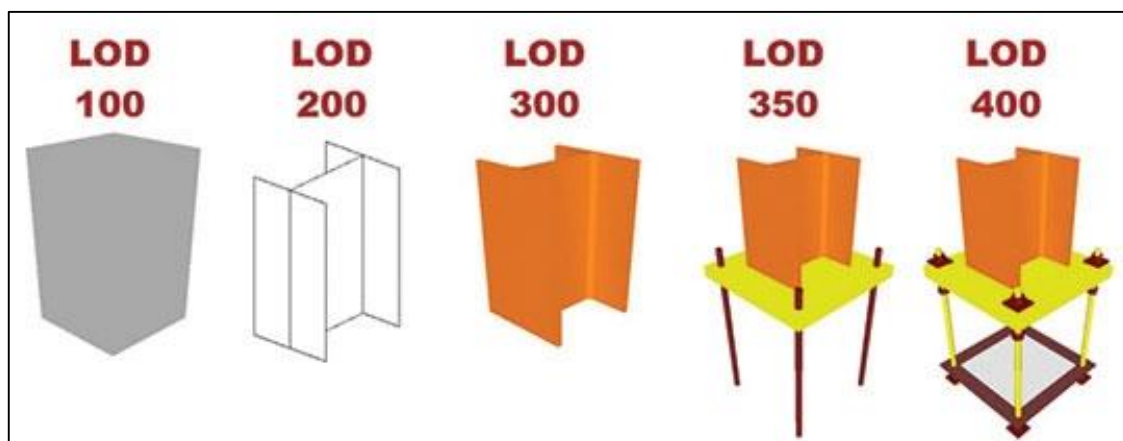


Figura 1. Representação gráfica dos diferentes níveis de desenvolvimento

(<https://www.bdcnetwork.com>, acessado em dezembro de 2018)

3. FERRAMENTAS

Para desenvolver a aplicação da metodologia BIM 4D, foram utilizadas três ferramentas, que serão caracterizadas neste capítulo.

3.1. MICROSOFT PROJECT®

Criado no ano de 1985, o Microsoft Project® é um software que, segundo López (2008), possui recursos relacionados à gestão de projetos. Com ele, é possível atuar com ferramentas e técnicas de gestão de tempo (datas, duração do projeto, calendário de trabalho), gráfico de Gantt, modelo probabilístico (para cálculos relacionados a planejamento), Diagrama da Rede, Custos (fixos, não fixos, outros) e uma gama de relatórios, que podem ser criados e editados pelo usuário.

Para a compreensão do estudo e da utilização da ferramenta, faz-se necessário o conhecimento de alguns conceitos:

- E.D.T ou E.A.P – Significa “Estrutura de Desdobramento do Trabalho” ou “Estrutura Analítica de Projeto”, consiste em dividir um serviço em etapas menores e organizá-las de maneira sequencial;
- Nome da tarefa – Neste trabalho, as tarefas apresentadas no software representam as etapas construtivas da obra;
- Duração – Tempo estimado que cada serviço será finalizado;
- Datas de início e de término – Datas planejadas na realização e finalização de cada tarefa.

3.2. AUTODESK REVIT®

Criado no ano de 2000, em Massachusetts, Estados Unidos e comprado pela Autodesk, Inc. em 2002, conforme Netto (2018), o Autodesk Revit® é um software que produz modelos paramétricos, ou seja, propicia ao profissional modelar objetos em geometria 3D e inserir informações construtivas não geométricas, baseado no conceito BIM (*Building Information Modeling*). Através do programa, é possível elaborar projetos de arquitetura, de engenharia civil e instalações hidráulicas, elétricas e ar-condicionado.

Para a realização deste trabalho, foi necessário compreender como algumas definições são apresentadas no software, como por exemplo:

- Objeto / Elemento – Representação virtual dos itens que compõem uma construção;
- Modelo – Conjunto de objetos;
- Categoria – Macro elemento dentro do software. Ex.: Pilar;
- Família – Elemento dentro do macro elemento. Ex.: Pilar (categoria) e Pilar retangular (família);
- Tipo – Elemento com características específicas. Ex.: Pilar (categoria), Pilar retangular (família) e Pilar retangular 25x50cm (tipo);
- Parâmetros – informações inerentes aos elementos presentes no modelo, por exemplo, dimensões, materiais, fabricantes, fornecedores, informações técnicas, etc.;
- Objeto modelado – Quando o elemento já está pronto, com seus parâmetros inseridos, sendo necessário apenas inseri-lo no modelo;
- Objeto não modelado – Quando, utilizando as ferramentas presentes no software, é necessária a criação do elemento e definição de seus parâmetros.

3.3. AUTODESK NAVISWORKS®

Criado na metade dos anos 2000, em Sheffield, na Inglaterra e comprado pela Autodesk, Inc. em 2007, para Carreiró (2017), o Autodesk Navisworks® é um software que atua na coordenação e gestão de projetos, além de propiciar ao usuário combinar diferentes modelos 3D com diferentes extensões, incluindo a extensão .IFC, permitindo navegar por aqueles em tempo real e analisar os mesmos utilizando ferramentas diversas. Também, gera detecções de incompatibilidades entre os projetos modelados e cria simulações das fases da construção, relacionando tempo/construção virtual.

No software, é preciso ter conhecimento de certas características:

- Integração – Consiste em colocar em um mesmo software dois produtos gerados em outras plataformas, por exemplo, visualizar no Navisworks® o cronograma elaborado no Microsoft Project® e o modelo criado no Autodesk Revit®;
- Simulação – Conseguir visualizar a execução de tarefas virtualmente.

4. ESTUDO DE CASO

Com o objetivo de fazer uma análise mais aprofundada em relação à adaptação de um projeto elaborado na metodologia CAD à metodologia BIM 4D para controle do planejamento, optou-se pela elaboração de um estudo de caso de uma obra civil em construção.

4.1. O PROJETO

O projeto consiste em um Laboratório de Solos e um Laboratório de Ecofisiologia, com um total de área de aproximadamente 140,00m² de acordo com informações da Tabela 1, conforme necessidade do cliente.

AMBIENTE	ÁREA (m2)
Lavabos	3,08
Laboratório de solos	54,00
Laboratório de Ecofisiologia	54,00
Circulação	28,00
Total	139,08

Tabela 1. Programa de necessidades (Autor, 2018)

Em termos construtivos, o projeto possui as seguintes características de acordo com distribuição da EAP do projeto, sendo os elementos construtivos relacionados ao seu respectivo grupo:

GRUPO	ELEMENTOS CONSTRUTIVOS
Preliminares	Mobilização, projetos e canteiro de obras
Terraplanagem	
Fundação	Movimentação de terra
Estrutura e fechamentos	Estacas, vigas e piso de concreto
	Pilares, laje e alvenaria
Cobertura	Estrutura metálica e telhas de barro
Esquadrias	Janelas de vidro temperado e portas
Revestimentos e acabamentos internos	Porcelanato e Pinturas em geral
Fachada	Tratamento de tijolos
Instalações Hidráulicas	Tubulação PVC e acessórios
Instalações Elétricas	Eletrodutos, quadros e fiação.
SPDA	Captores e cabos de cobre
Serviços diversos	Móveis em MDF e limpeza da obra

Tabela 2. Serviços gerais (Autor, 2018)

4.1.1. Desenhos

Apesar de se utilizar de uma ferramenta BIM (Autodesk Revit), a concepção e elaboração do projeto para o processo licitatório não foi pensado seguindo a metodologia BIM 4D, sendo apresentados apenas o material 2D (documentação) e o 3D (visualização virtual). Na primeira prancha, o desenho da implantação não fornece informações necessárias para uma adequada execução do projeto. A prancha é mostrada na Figura 2.

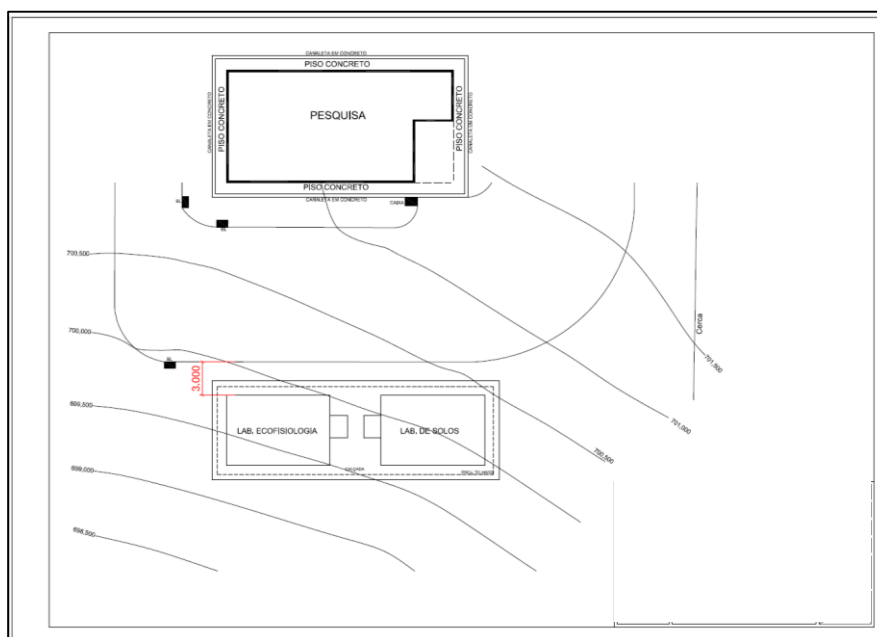


Figura 2. Implantação do projeto (Autor, 2018)

Na segunda prancha, apresentada na Figura 3, o desenho da planta fornece mais informações, como distâncias e representação da posição dos mobiliários e distâncias. Além disso, oferece uma visualização do modelo tridimensional, prevendo como ficaria a construção ao final da obra.

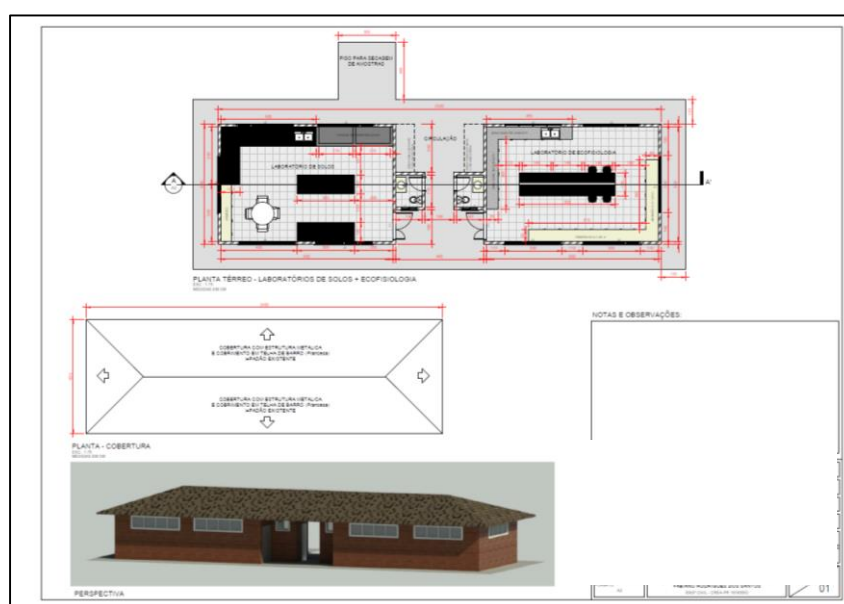


Figura 3. Planta baixa, cobertura e perspectiva do projeto (Autor, 2018)

O corte, as elevações e a perspectiva interna apresentadas na terceira prancha, na Figura 4, auxiliam os profissionais a esclarecer questões referentes aos espaços internos da obra. Mesmo assim, são desenhos que não conseguem promover uma integração satisfatório entre projeto e execução, já que ficam limitados às duas dimensões do papel.

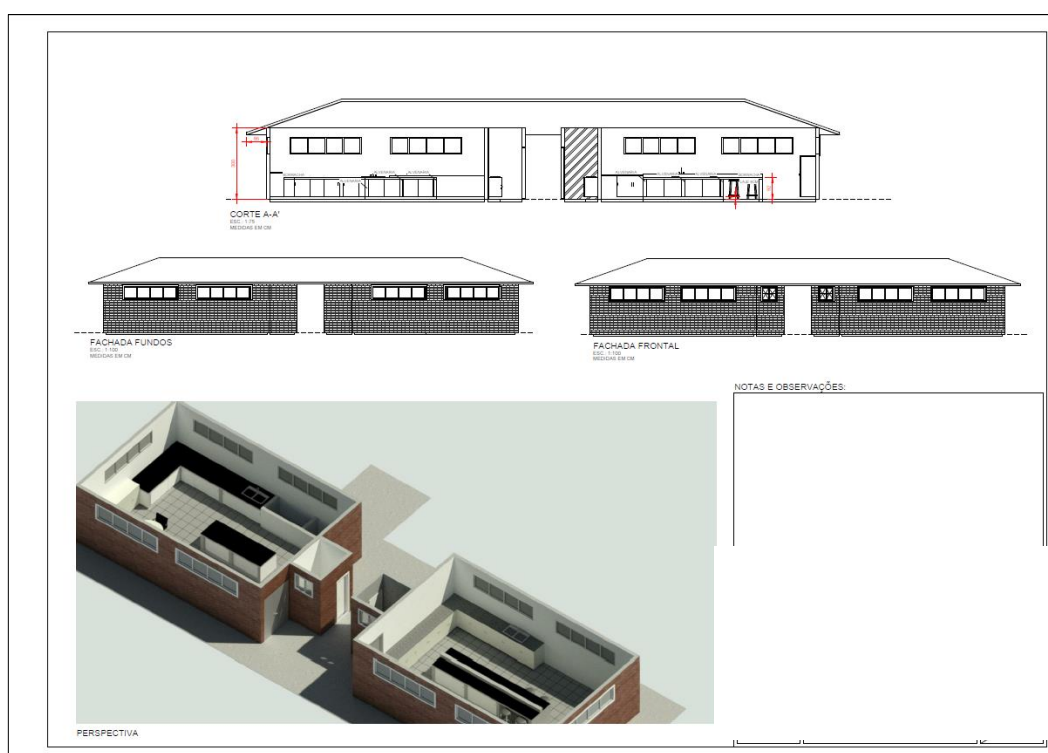


Figura 4. Corte, vistas e perspectiva interna do projeto (Autor, 2018)

Por fim, o último material entregue, apresentado na Figura 5, foi um estudo referente ao posicionamento dos pontos de elétrica, que não conseguem transmitir informações técnicas de instalação ou de compatibilização com outras disciplinas.

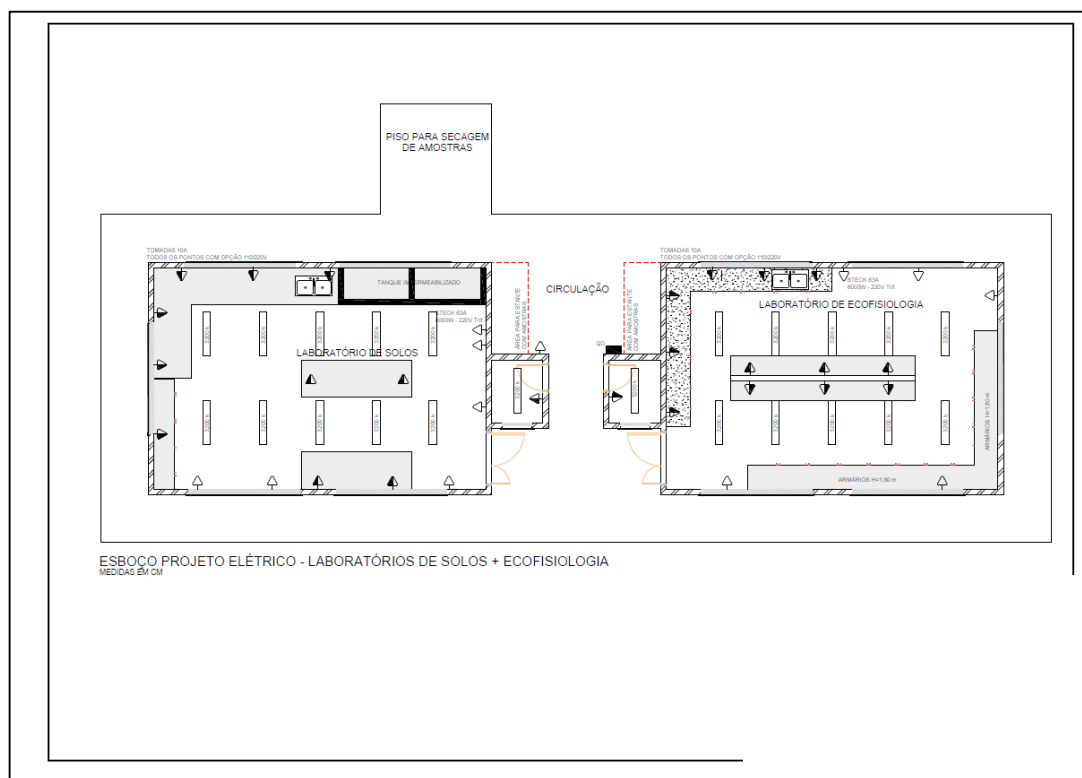


Figura 5. Estudo preliminar do projeto elétrico (Autor, 2018)

4.1.2. O cronograma

O cronograma entregue pela construtora era dividido nas seguintes fases, seguindo definições do escopo entregue pela empresa contratante:

- Preliminares;
- Terraplanagem;
- Fundação;
- Estrutura + Fechamentos;
- Cobertura;
- Esquadrias;
- Revestimentos e acabamentos internos;
- Fachada;
- Áreas externas; e

- Serviços diversos.

Escopo e cronograma precisariam ser aperfeiçoados a fim de criar uma melhor integração entre o projeto (modelo), o planejamento e a execução. Na Figura 6, é possível visualizar o cronograma entregue pela construtora contratada de acordo com a EAP inicial de licitação, objeto este que não havia sido elaborado pensando em um acompanhamento 4D dentro da metodologia BIM.

Nome da tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras	Nomes dos recursos
LABORATÓRIO DE SOLOS E ECOFISIOLOGIA	73 dias	Seg 25/06/18	Qua 03/10/18		
PRELIMINARES	15 dias	Seg 25/06/18	Sex 13/07/18		
Mobilização, instalação de canteiros de obras, isolamento da área e preliminares	3 dias	Seg 25/06/18	Qua 27/06/18		
Recolhimento de ART projetos e execução	15 dias	Seg 25/06/18	Sex 13/07/18		
Projeto Elétrico - Elaboração e responsabilidade técnica por conta da contratada, aprovação posterior apenas Klabin	15 dias	Seg 25/06/18	Sex 13/07/18		
TERRAPLANAGEM	5 dias	Qui 28/06/18	Qua 04/07/18	3	
Regularização e elevação do solo - Construção deve ficar 10cm acima do terreno existente - De acordo com padrão existente nos outros prédios - Fornecimento de Terra será por conta da Klabin	5 dias	Qui 28/06/18	Qua 04/07/18		
FUNDAÇÃO	10 dias	Qui 05/07/18	Qua 18/07/18	6	
Estacada escava L=3,00m - Solução construtiva e responsabilidade estrutural por conta da Contratante	2 dias	Qui 05/07/18	Sex 06/07/18		
Viga baldrame (Min. 0,15x0,25m) - Solução construtiva e responsabilidade estrutural por conta da Contratante	3 dias	Seg 09/07/18	Qua 11/07/18	9	
Piso de concreto bruto Fck=30Mpa (Esp. Min.=8cm) - Solução construtiva e responsabilidade estrutural por conta da Contratante	5 dias	Qui 12/07/18	Qua 18/07/18	10	
ESTRUTURA + FECHAMENTOS	31 dias	Qui 19/07/18	Qui 30/08/18	8	
Pilares moldados "in loco" fck=30Mpa, execução de viga cinta - Solução construtiva e responsabilidade estrutural por conta da Contratante	3 dias	Qui 19/07/18	Seg 23/07/18	11	
Laje pré fabricada com lajota cerâmica esp. 350kg/m2, - Solução construtiva e responsabilidade estrutural por conta da Contratante devendo satisfazer vão interno de 6m	5 dias	Ter 24/07/18	Seg 30/07/18	13	
Fechamento em alvenaria 21 furos com tijolo aparente nas fachadas - Assentamento no padrão dos prédios existentes - Pé direito prédio conforme projeto	8 dias	Ter 31/07/18	Qui 09/08/18	14	

Figura 6. Cronograma entregue pela construtora (Autor, 2018)

4.1.3. Análise do projeto e cronograma inicial

Os principais pontos a serem analisados em relação ao projeto elaborado da maneira como foi descrita são:

- Metodologia CAD:

Uma das principais características da metodologia CAD é a ênfase na visualização gráfica bidimensional. Além disso, prevalece a mentalidade de

desenvolvimento de peças gráficas separadas, que, apesar de fazerem parte de um mesmo produto, não se integram. Na elaboração do projeto em questão, ocorreram essas duas situações. Por exemplo, mesmo sendo elaborado em uma ferramenta utilizada na metodologia BIM, foi possível observar diversos erros em plantas, cortes e no modelo 3D, demonstrando que o profissional responsável não pensou na edificação como um objeto único. Com o BIM 4D, entende-se essa questão e trabalha-se de uma maneira mais holística. Ou seja, enquanto são feitas alterações em planta, o profissional precisa observar cortes, elevações e a visualização 3D, modificando-os e entendendo que todas essas representações são partes do mesmo objeto.

- Integração entre disciplinas:

Com o projeto seguindo processos da metodologia CAD, todas as informações necessárias à execução da obra precisam estar nos documentos impressos (pranchas). Observando as pranchas elaboradas, percebe-se a deficiência em relação ao assunto. Essa falta de informações, por exemplo, pode prejudicar detalhamentos e possível compatibilizações com outras disciplinas, deixando questões pendentes à execução. Na metodologia BIM 4D, não existe a necessidade de criação de informações em documentos impressos, uma vez que a informação pode ser adicionada ao modelo e acessada a qualquer momento.

- Comunicação entre plataformas:

Seguindo a metodologia CAD, cronograma e projeto, que foram elaborados em softwares diferentes, não se comunicam diretamente. Este cenário não é o ideal, pois sua integração acontece manualmente, aumentando as possibilidades de erros. Com o BIM 4D, é possível comunicar as duas plataformas e integrar as informações, colocando-as em um mesmo ambiente, sendo capaz de gerar relatórios de análises e simulações.

4.2. ADEQUAÇÃO PARA A METODOLOGIA BIM 4D

4.2.1. Análise do fluxo na metodologia CAD

Considerando a elaboração de um cronograma e de um projeto na metodologia CAD, pode-se definir o fluxo e as interligações até atingir o objetivo de planejamento, como é observado na Figura 7.

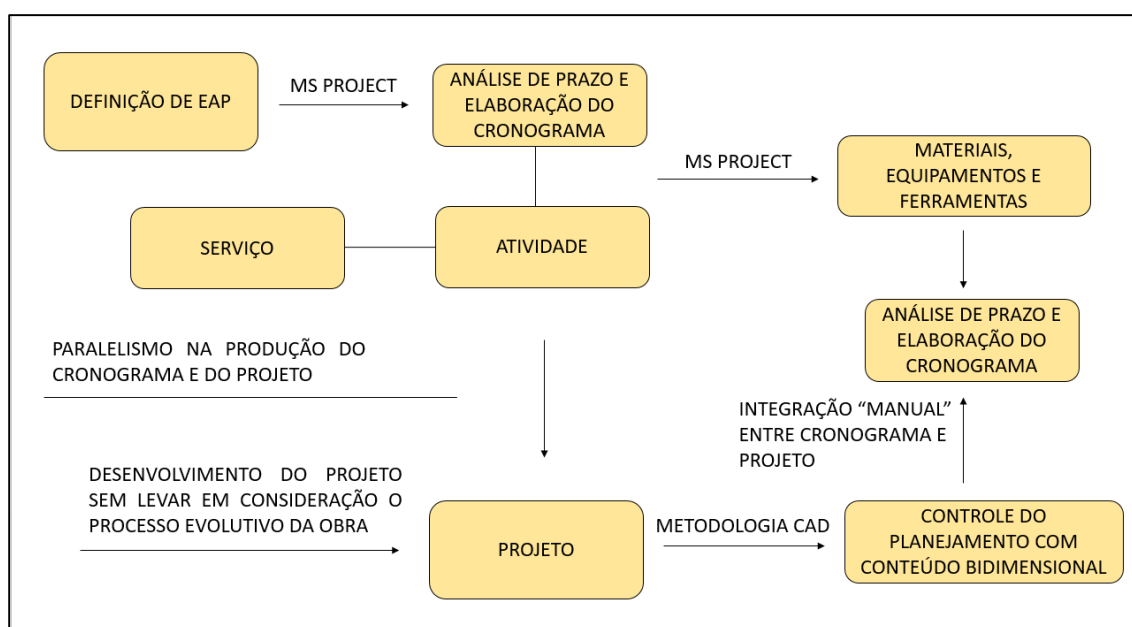


Figura 7. Fluxo com modelo como objeto principal (Autor, 2018)

Nesse fluxo, percebe-se que as etapas relacionadas ao cronograma, como definição da EAP e análise de prazo e elaboração do cronograma, acontecem paralelas às atividades que envolvem o projeto, por exemplo, o desenvolvimento do mesmo.

A pouca integração das plataformas no caminho até os produtos que serão utilizados para o planejamento da obra, ocasiona um controle praticamente manual, onde a conexão entre cronograma e projeto ocorre de maneira indireta.

4.2.2. Análise do fluxo na metodologia BIM 4D

Observando-se o elemento do modelo como objeto principal no ciclo do planejamento, é possível definir o fluxograma em que o ciclo de concepção do 4D é elaborado conforme Figura 8.

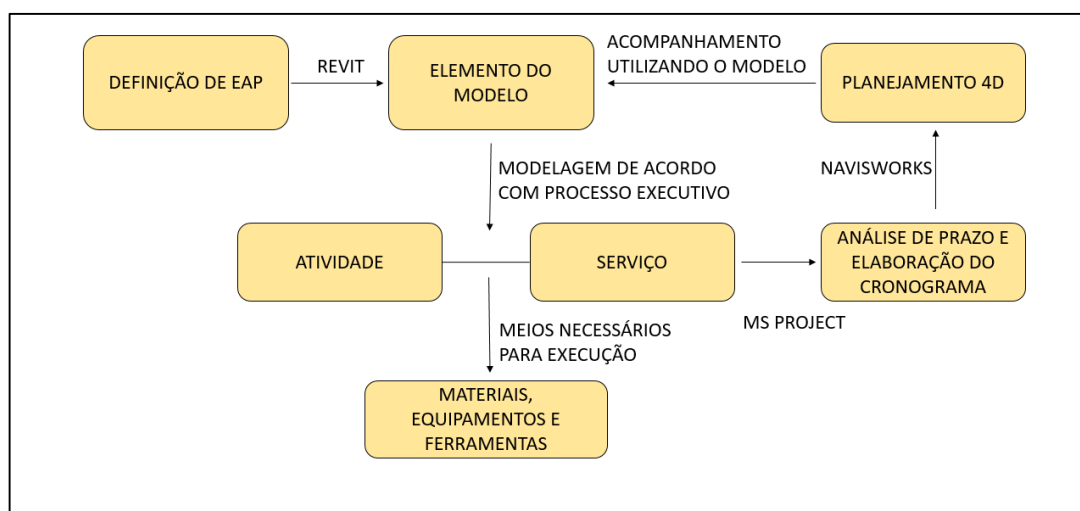


Figura 8. Fluxo com modelo como objeto principal (Autor, 2018)

É necessário definir o escopo e organizar de maneira estratégica cada item que será representado como elementos no Revit, onde cada objeto ou grupo de objetos será responsável por uma atividade ou serviço, onde os mesmos possuem seu prazo de execução organizados gradativamente na ferramenta MSProject.

Após junção do modelo ao cronograma com a utilização da ferramenta Navisworks, conclui-se que com o planejamento 4D estará novamente atrelado ao elemento do modelo para acompanhamento e verificação de status da obra durante sua execução.

4.2.3. Cronograma

O primeiro passo para adequar as etapas de elaboração do projeto para a metodologia 4D BIM, é organizar o cronograma.

Para organizar o cronograma, foi adotado o seguinte método:

- Adaptação das fases, serviços e sequenciamento dos mesmos, pensando na possibilidade de modelagem e na simulação.

Modo da	Nome da tarefa	Duração	Início	Término
	LABORATÓRIO DE SOLOS E ECOFISIOLOGIA	73 dias	Seg 25/06/18	Qua 03/10/18
	PRELIMINARES	15 dias	Seg 25/06/18	Sex 13/07/18
	Mobilização, instalação de canteiros de obras, isolamento da área e preliminares	3 dias	Seg 25/06/18	Qua 27/06/18
	Recolhimento de ART projetos e execução	15 dias	Seg 25/06/18	Sex 13/07/18
	Projeto Elétrico - Elaboração e responsabilidade técnica por conta da contratada, aprovação posterior apenas Klabin	15 dias	Seg 25/06/18	Sex 13/07/18
	TERRAPLANAGEM	5 dias	Qui 28/06/18	Qua 04/07/18
	Regularização e elevação do solo - Construção deve ficar 10cm acima do terreno existente - De acordo com padrão existente nos outros prédios - Fornecimento de Terra será por conta da Klabin	5 dias	Qui 28/06/18	Qua 04/07/18
	FUNDAÇÃO	10 dias	Qui 05/07/18	Qua 18/07/18
	Estacada escava L=3,00m -Solução construtiva e responsabilidade estrutural por conta da Contratante	2 dias	Qui 05/07/18	Sex 06/07/18
	Viga baldrame (Min. 0,15x0,25m) -Solução construtiva e responsabilidade estrutural por conta da Contratante	3 dias	Seg 09/07/18	Qua 11/07/18
	Piso de concreto bruto Fck=30Mpa (Esp. Min.=8cm) -Solução construtiva e responsabilidade estrutural por conta da Contratante	5 dias	Qui 12/07/18	Qua 18/07/18

Figura 9. Cronograma entregue pela construtora com tarefa destacada (Autor, 2018)

Como exemplificação, observa-se na Figura 9 do cronograma fornecido pela construtora a correspondente tarefa destacada “Recolhimento de ART projetos e execução”. Esta tarefa, apesar de essencial, não é um serviço “modelável”, devendo então não ser considerada no material que fará parte da aplicação da metodologia 4D BIM.

- Criação dos códigos de E.A.P. (Estrutura Analítica do Projeto) ou E.D.T. (Estrutura de Desdobramento do Trabalho).

Modo da	EDT	Nome da tarefa	Duração	Início	Término
	1	LABORATÓRIO DE SOLOS E ECOFISIOLOGIA	102 dias	Seg 25/06/18	Ter 13/11/18
	1.1	PRELIMINARES	15 dias	Seg 25/06/18	Sex 13/07/18
	1.1.1	Mobilização, instalação de canteiros de obras, isolamento da área e preliminares	3 dias	Seg 25/06/18	Qua 27/06/18
	1.1.2	Recolhimento de ART projetos e execução	15 dias	Seg 25/06/18	Sex 13/07/18
	1.1.3	Projeto Elétrico - Elaboração e responsabilidade técnica por conta da contratada, aprovação posterior apenas Klabin	15 dias	Seg 25/06/18	Sex 13/07/18
	1.1.4	Implantação de Canteiro de obras, utilização de container e central de aço, forma e massa	3 dias	Seg 25/06/18	Qua 27/06/18
	1.1.5	Fornecimento de ponto de água e energia, responsabilidade da contr	3 dias	Seg 25/06/18	Qua 27/06/18
	1.1.6	Corte de árvores exóticas existentes	1 dia	Seg 25/06/18	Seg 25/06/18
	1.2	TERRAPLANAGEM	3 dias	Qui 28/06/18	Seg 02/07/18
	1.2.1	Movimentação de terra - Transporte e espalhe de argila, sem orgânicos, de acordo com padrão do solo local, execução de talude 1/1	3 dias	Qui 28/06/18	Seg 02/07/18
	1.2.2	Compactação do solos, terraplanagem destinada a deixar a construção 10 cm acima do terreno natural	3 dias	Qui 28/06/18	Seg 02/07/18
	1.3	FUNDAÇÃO	12 dias	Ter 03/07/18	Qua 18/07/18
	1.3.1	Estacas escavada L=3,00m ou mais de acordo com necessidade estrutural, responsabilidade da contratada	2 dias	Ter 03/07/18	Qua 04/07/18
	1.3.2	Viga baldrame Dim. Min. 0,15x0,25m, solução construtiva e responsabilidade estrutural por conta da Contratante	3 dias	Qui 05/07/18	Seg 09/07/18
	1.3.3	Piso de concreto bruto Fck=30Mpa, Esp. Min.=8cm, solução construtiva e responsabilidade estrutural por conta da contratante	7 dias	Ter 10/07/18	Qua 18/07/18

Figura 10. Cronograma adaptado para a metodologia BIM 4D (Autor, 2018)

A Figura 10 apresenta uma técnica essencial para adaptar com sucesso o cronograma para a metodologia 4D BIM, é a associação de códigos E.D.T. com cada serviço da obra. Com isso, é possível criar um modelo mais coerente com o produto que será executado, além de ser indispensável para a simulação e controle visual da construção.

Logo, as principais diferenças entre o cronograma elaborado na metodologia CAD, residem na questão da preocupação da criação dos códigos E.A.P. para conexão direta com o modelo e a determinação das atividades que serão modeláveis e apresentadas para futuras análises do processo construtivo e/ou simulações do mesmo.

4.2.4. Modelo

Antes de iniciar a criação dos modelos, foi necessário criar um vínculo entre o cronograma adaptado e os objetos que seriam modelados. O elemento que faz essa conexão é o código “EAP”.

Utilizando os recursos presentes no software de modelagem, foi possível criar uma propriedade que representa cada atividade/ serviço descrito no cronograma. Com isso, a conexão entre cronograma e modelo é feito de maneira automatizada, não mais de maneira manual, como acontece na metodologia tradicional.

4.2.4.1. Modelagem “Serviços Preliminares”

Em um nível mais avançado de modelagem na metodologia BIM 4D, é possível simular fluxos de pessoas e equipamentos, bem como encontrar conflitos entre os mesmos.

Nesse caso, utilizando a ferramenta Autodesk Revit®, a modelagem dos serviços preliminares da obra serviu apenas como representação, não correspondendo aos equipamentos e/ou movimentações reais.

- Como:

A escavadeira foi inserida no início de toda a modelagem pelo técnico responsável pela disciplina de arquitetura, não sendo modelada no software, apenas carregada dentro do modelo. Ela foi colocada apenas como representação para a tarefa de movimentação de terra. Logo depois de inserir a escavadeira, o profissional de arquitetura colocou o container, que serve de representação e localização do canteiro de obras no modelo. Assim como a escavadeira, este objeto também não foi modelado, foi apenas carregado (importado). As árvores exóticas foram colocadas em posições hipotéticas como representação do serviço de cortes de árvores exóticas existentes.

- Por quê:

Em um modelo e simulação mais detalhados, a escavadeira pode representar o fluxo de movimentação das máquinas, podendo ser simulado o transporte de terra. O container pode demarcar a posição exata do canteiro de

obras, sendo que em grandes obras, essa posição pode ser alterada conforme a obra avança e isso pode ser simulado utilizando a metodologia BIM 4D. A colocação das árvores pode servir para determinar como será o fluxo de transporte das mesmas após seu corte.

Após a colocação dos objetos que representam os serviços preliminares, aconselha-se esconder a visualização dos mesmo para a continuidade da modelagem das outras disciplinas. Na Figura 11, o conjunto de elementos desta etapa.

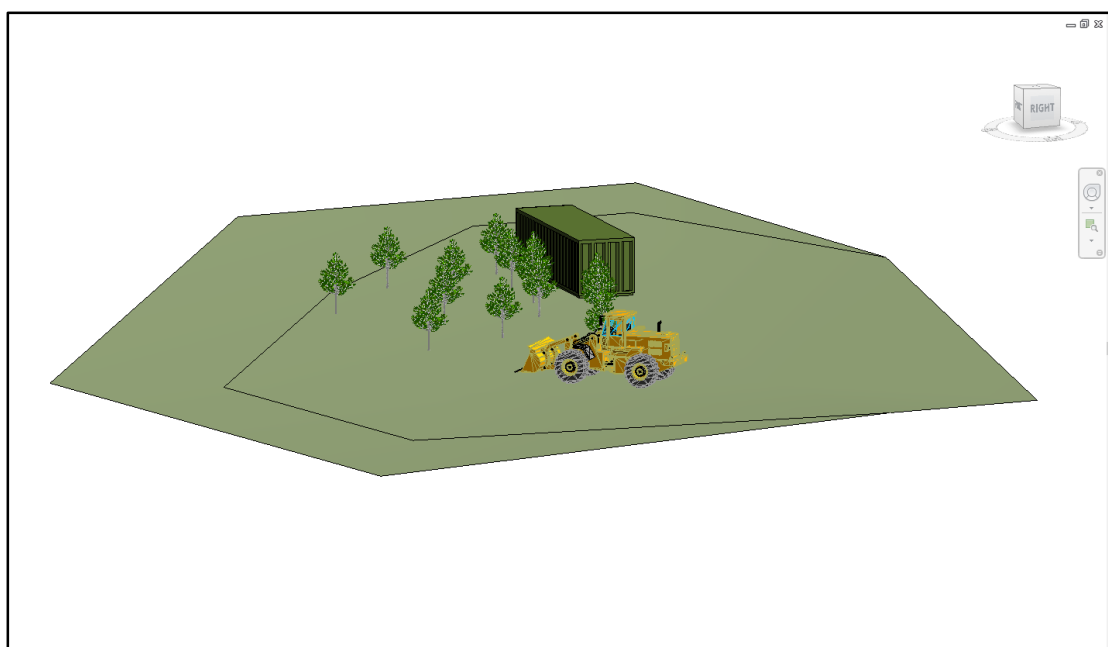


Figura 11: Modelagem completa “Serviços Preliminares” (Autor, 2018)

- Benefícios da modelagem “Serviços Preliminares”:

Nesse projeto, o principal objetivo da modelagem dos objetos representativos dessa disciplina, está em localizar, nas simulações, o tempo de cada atividade representada pelo objeto. Apesar de serem apenas representativos, as tarefas estão em sua sequência correta, fazendo com que tanto gestor, quanto construtor e equipe de obra entendam o tempo de duração, início e fim de cada tarefa.

- Dificuldades da modelagem “Serviços Preliminares”:

Nesse caso, a principal dificuldade está em orientar construtor e equipe de obra em relação aos objetos, apresentando o argumento de que os objetos são apenas representativos do tempo de duração, início e fim de serviços especificados no cronograma. Também, o médio nível de conhecimento das ferramentas utilizadas fez com que não fosse possível aperfeiçoar essa disciplina.

4.2.4.2. Modelagem “Estrutura”

Após um estudo preliminar do modelo arquitetônico, o modelo estrutural é elaborado e definido conforme instruções do projetista de arquitetura e compatibilizado com o estudo preliminar das outras disciplinas. Quando se avança para os modelos executivos, é de extrema importância que a modelagem dos objetos estruturais aconteça primeiro, pois nessa etapa, tudo se condiciona em relação ao modelo estrutural.

Nesse caso, o mesmo foi criado utilizando a ferramenta Autodesk Revit. A modelagem levou em consideração todos os objetos da disciplina de “estruturas” presentes no cronograma. Também, para a efetiva integração do modelo com os serviços descritos, necessitou-se criar uma nova categoria para todos os objetos modelados, nomeada de “EAP”, referente aos códigos inseridos no cronograma.

- Como:

A modelagem dos objetos de estrutura se iniciou com as estacas escavadas. Para isso, carregou-se a família da categoria “estacas” no modelo, alterando-se suas propriedades e criando um novo tipo de objeto, as estacas de 3,00m de altura.

- Por quê:

É importante o profissional de engenharia civil inserir estes objetos no modelo, já que sua representação e tempo de execução exatos impede uma execução errada, evitando gasto com retrabalho (NUNES, et al, 2016). A Figura 12 apresenta as estacas.

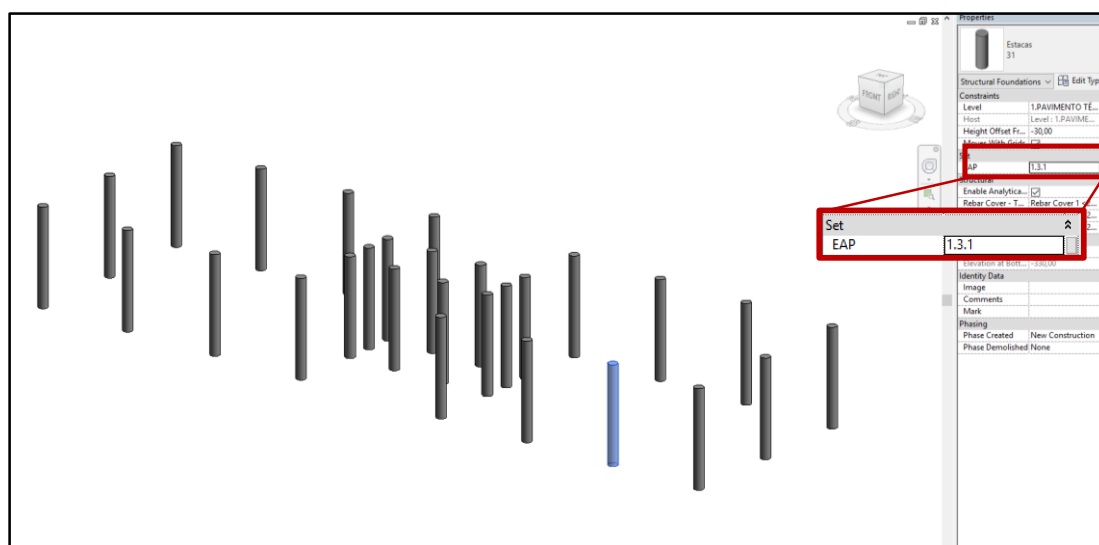


Figura 12: Estacas escavadas $L = 3,00\text{m}$ ou mais de acordo com necessidade estrutural, responsabilidade da contratada (Autor, 2018)

- Como:

Para o serviço de viga baldrame, inseriu-se a família de “vigas” e alterou-se suas propriedades, criando um novo tipo.

- Por quê:

Inserir as vigas baldrames no modelo se torna importante pela possibilidade de se verificar conflitos que podem ocorrer com outras disciplinas, principalmente, a hidráulica (MENEGARO, et al, 2017). Na Figura 13, estão representadas as vigas baldrame da obra.

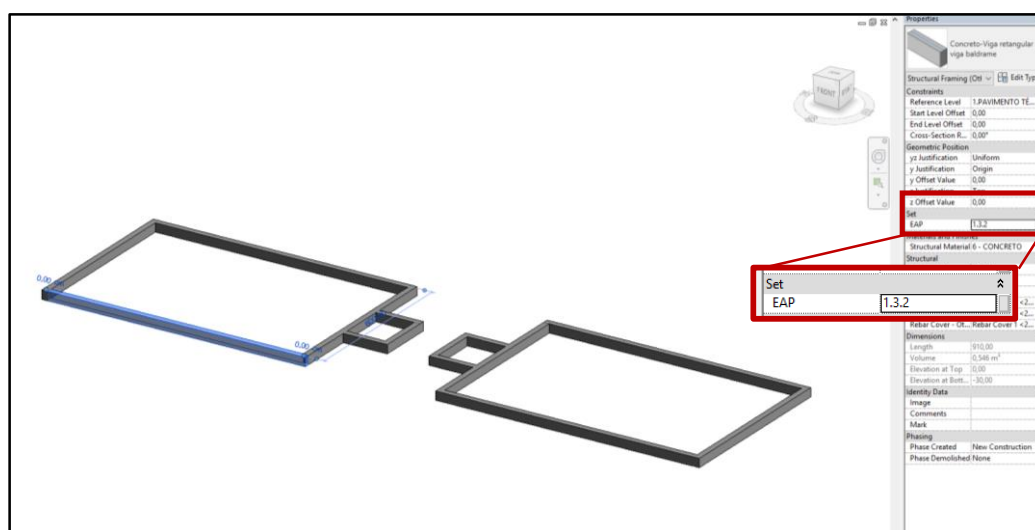


Figura 13: Viga baldrame dimensão mínima 0,15x0,25m (Autor, 2018)

- Como:

A laje de concreto, mostrada na figura 14, foi modelada utilizando a ferramenta de “piso estrutural” do software.

- Por quê:

Definida sua espessura e suas dimensões, o piso pode ser construído no modelo de maneira mais detalhada, por exemplo, sendo modelado por etapas, representando onde deve ser o início de sua concretagem, sendo simulado e depois verificado na sua execução em obra.

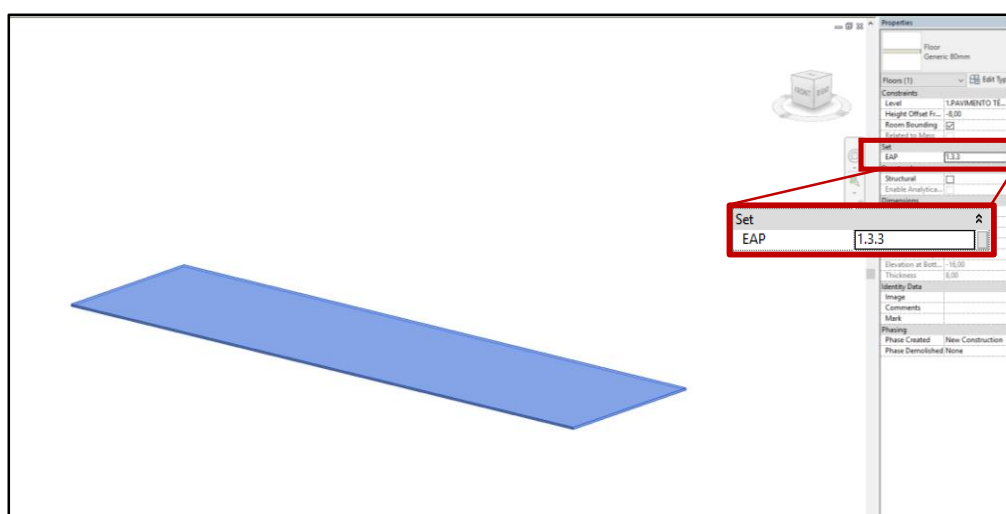


Figura 14: Piso de concreto bruto $F_{ck} = 30\text{Mpa}$, espessura mínima = 8cm (Autor, 2018)

- Como:

Também utilizando a ferramenta “piso” do software de modelagem, foi desenvolvida a calçada externa.

- Por quê:

O principal objetivo de se modelar a calçada e o piso de concreto da tarefa anterior, é a possibilidade de simular cenários de execução e resolução antecipada de futuros conflitos com outros fluxos e/ou objetos de outras disciplinas. Na Figura 15 é apresentada a modelagem do piso de concreto.

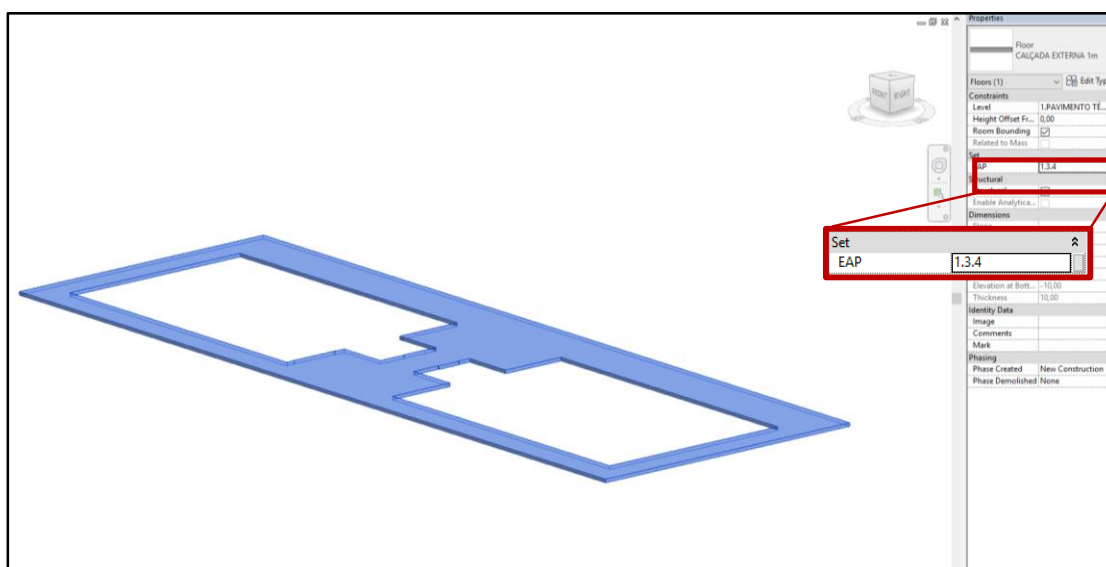


Figura 15: Calçada de concreto externa L=1,00m + Canaleta de concreto L = 0,30cm conforme padrão existente nos demais prédios (Incluso calçada na área coberta externa entre os laboratórios) + Piso para secagem de amostras (3,00x3,00m considerar espessura = 8cm) (Autor, 2018)

- Como:

Tanto pilar quanto viga, utilizou-se famílias dentro do software e criaram-se outros tipos condizentes com o definindo pelo profissional de estrutura. A laje foi elaborada utilizando a ferramenta “piso estrutural”. Os três objetos seguem nas Figuras 16, 17 e 18.

- Por quê:

Os pilares, as vigas e a laje são objetos dos mais importantes da modelagem, para a simulação e para controle da obra. Além de poder direcionar a obra, apontando qual a ordem de execução de cada um, a sua presença na simulação pode alterar o início e o fim de outras tarefas. Segundo Sena (2012), interferências desses três elementos com objetos de outras disciplinas correspondem a, aproximadamente, 23% de todos os conflitos presentes na compatibilização. Com isso, justifica-se a modelagem de pilares, vigas e lajes a fim de prevenir tais erros antecipadamente e simular cenários com o objetivo de fundamentar eventuais mudanças.

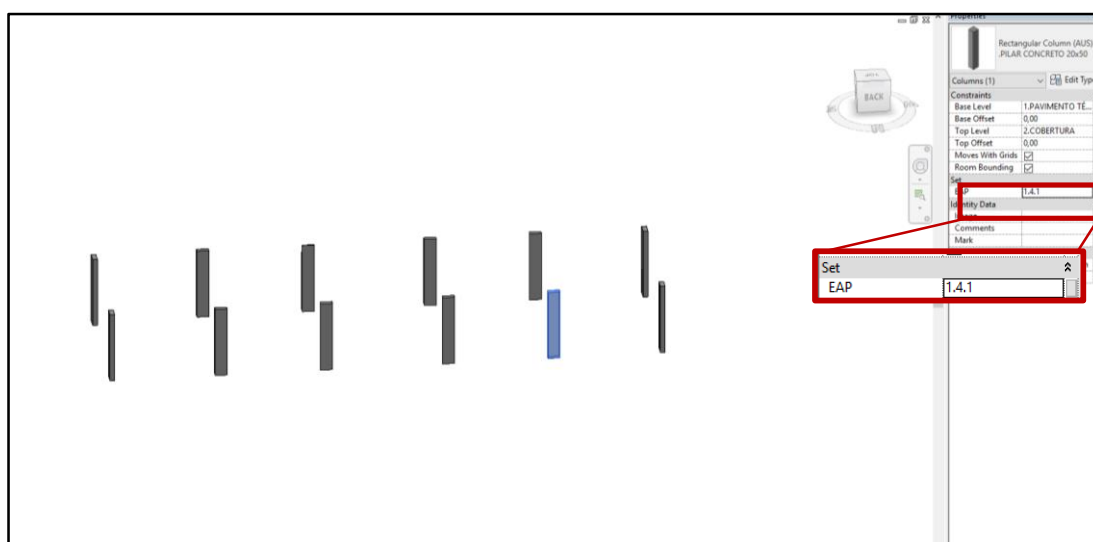


Figura 16: Pilares de concreto armado moldados "in loco" $F_{ck} = 30\text{Mpa}$ - Solução construtiva e responsabilidade estrutural por conta da contratante (Autor, 2018)

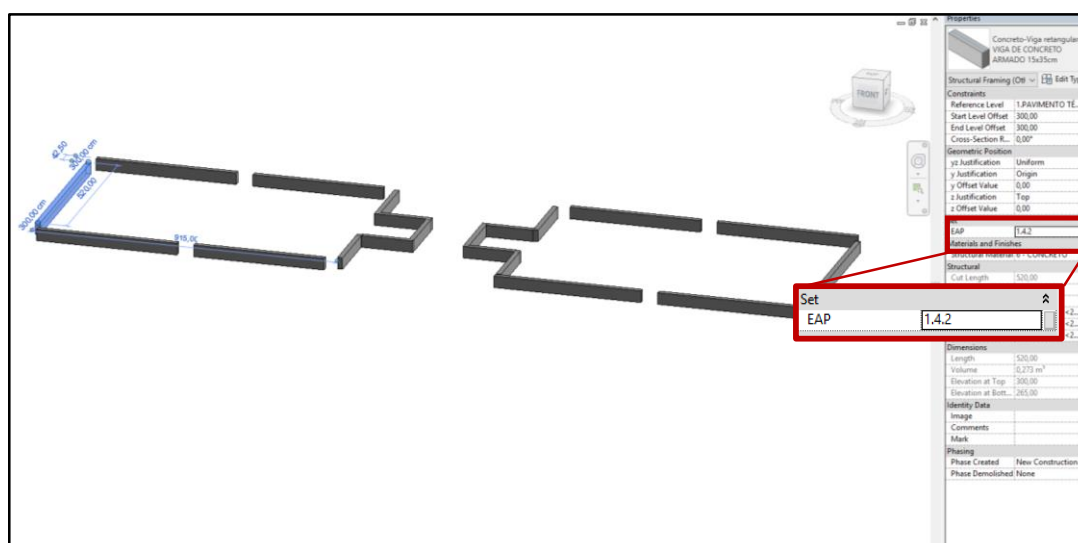


Figura 17: Viga cinto em concreto armado moldado "in loco" $F_{ck} = 30\text{Mpa}$ - Solução construtiva e responsabilidade estrutural por conta da contratante (Autor, 2018)

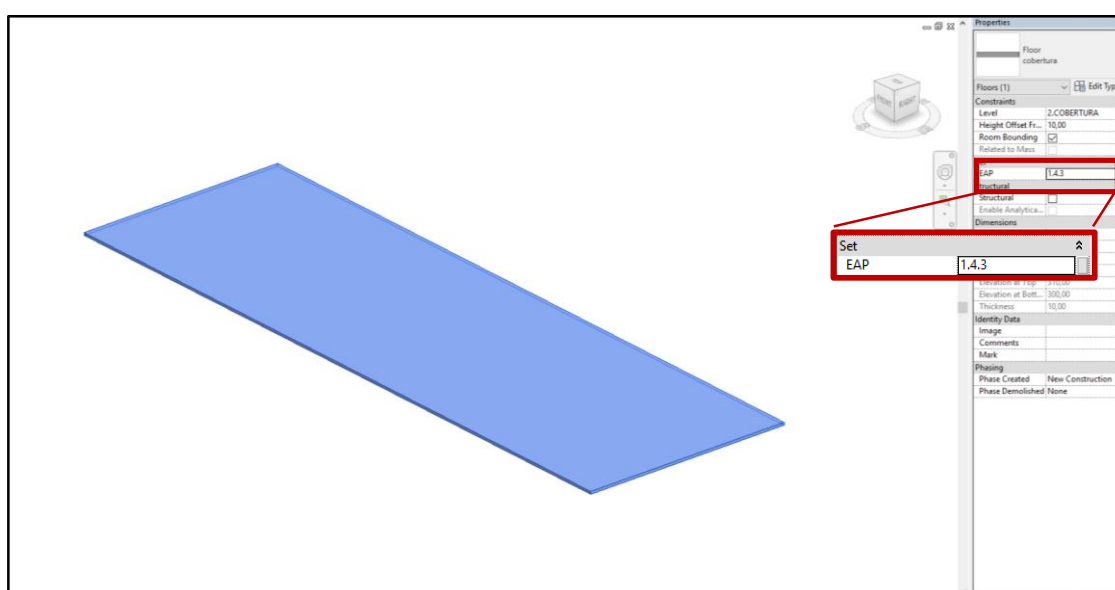


Figura 18: Laje pré-fabricada com lajota cerâmica esp. 350kg/m², capa de concreto com espessura = 5cm - Solução construtiva e responsabilidade estrutural por conta da contratante devendo satisfazer vão interno de 6m (Autor, 2018)

O resultado da modelagem dos elementos que compõem o sistema estrutural segue na Figura 19:

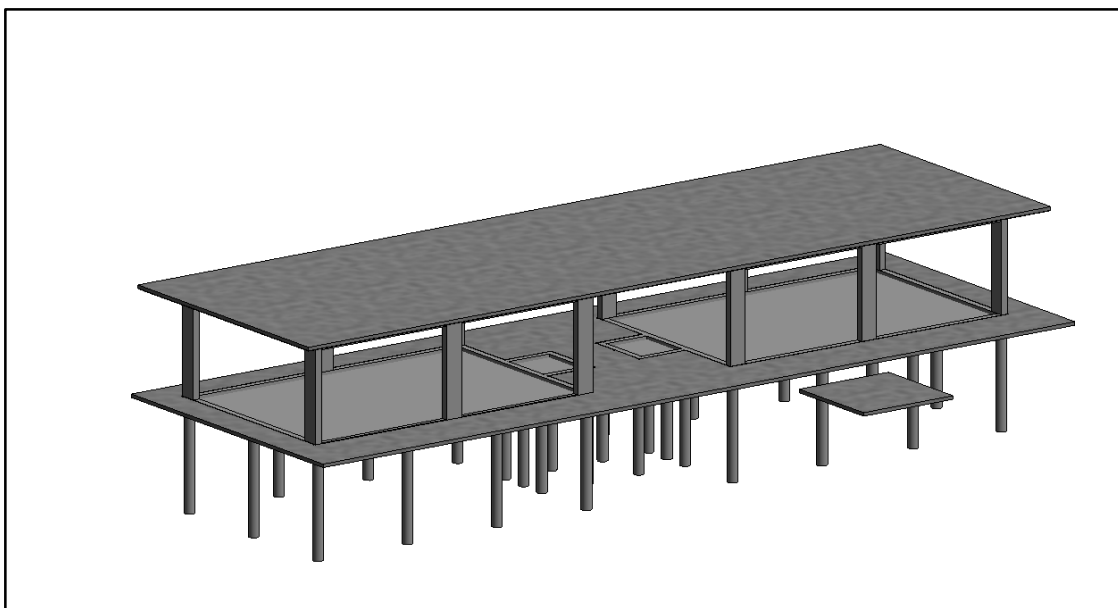


Figura 19: Modelagem dos elementos estruturais (Autor, 2018)

- Benefícios da modelagem “Estrutura”:

A modelagem do sistema estrutural possibilita aos projetistas determinar quais serão as dificuldades encontradas na elaboração dos modelos posteriores, como de instalações por exemplo. No momento de elaboração do sistema elétrico e hidráulico são diversas as incompatibilidades encontradas com a estrutura, o 3D facilita a visualização destes problemas, sendo possível a resolução dos mesmos no momento da concepção da obra, ao contrário do habitual de se definir soluções em obra no momento da construção, podendo gerar atrasos e desperdícios.

- Dificuldades da modelagem “Estrutura”:

A principal dificuldade da modelagem dos objetos da disciplina estrutura gira em torno da definição do nível de informações que serão associadas aos objetos. Por exemplo, nesse caso, não se levou em consideração informações referentes ao concreto, ao aço utilizado e nem à colocação de formas, pois para os objetivos estabelecidos, não existia a necessidade de apresentar essas informações. Reconhecer essa situação pode ser a principal dificuldade dessa etapa.

4.2.4.3. Modelagem “Arquitetura”

Depois de modelados os objetos estruturais, a segunda disciplina a ser modelada é a de arquitetura. A modelagem dos objetos de arquitetura auxilia na simulação da construção, na visualização de sua sequência executiva. Além disso, segundo Kiviniemi (2007), os profissionais de arquitetura podem aperfeiçoar quantitativos e checar conflitos com outras disciplinas.

Utilizando a ferramenta Autodesk Revit, foram modelados os objetos referentes aos serviços de “arquitetura”, descritos no cronograma. Assim, como nos objetos da disciplina de “estruturas”, os mesmos também foram associados aos códigos “EAP” do cronograma. É aconselhável que a sequência de modelagem dos objetos de arquitetura se inicie pela alvenaria.

- Como:

Utilizando as ferramentas dentro do software Autodesk Revit, consegue-se fazer as alvenarias com as espessuras desejadas e alterar seus materiais e camadas. Na Figura 20, apresenta-se um dos conjuntos de alvenaria modelados.

- Por quê:

Em níveis avançados de modelagem e de simulação o processo de execução de alvenaria pode levar em consideração etapas como fluxo de transporte dos materiais, inspeção do prumo, aplicação de camadas como chapisco, emboço, reboco e revestimento cerâmico ou pintura. Para Silva (2008), ainda são encontradas falhas de execução da alvenaria devido, principalmente, pelo descaso no planejamento e da conexão projeto / execução. Nesse caso, foram modeladas as alvenarias dos banheiros e dos laboratórios, cada um com seu código em relação ao cronograma.

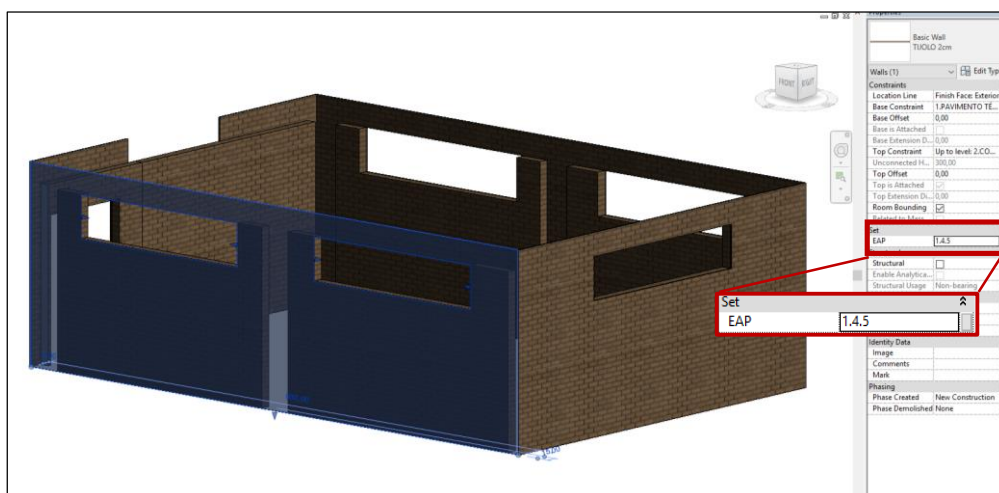


Figura 20: Fechamento externo em alvenaria 21 furos com tijolo aparente nas fachadas (Autor, 2018)

- Como:

Toda a alvenaria e concreto relacionados às bancadas dos armários, mesas e tanques, foi elaborado utilizando a ferramenta “parede” do Autodesk Revit.

- Por quê:

Como a obra é pequena, a execução interna também se faz importante, tanto para entender o processo e controlar o momento e a técnica de execução de cada objeto como para prever conflito. A Figura 21 exemplifica essa situação.

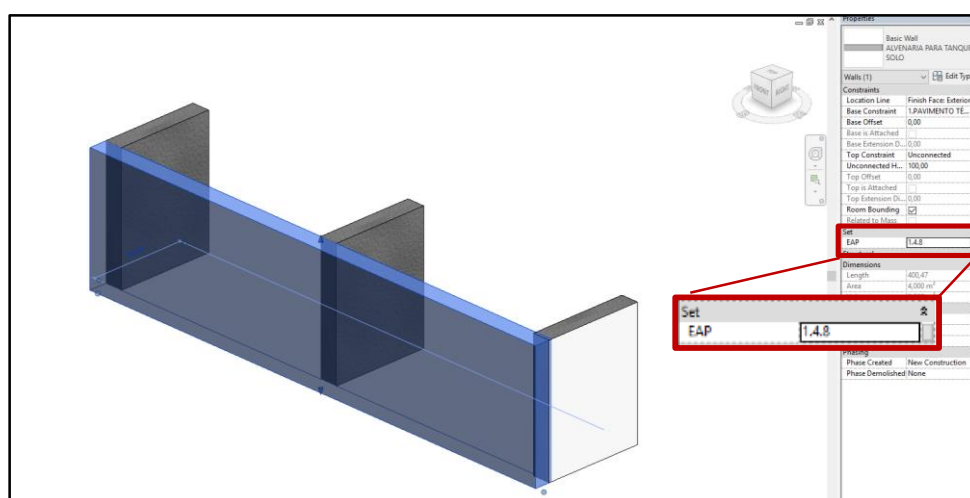


Figura 21: Alvenaria de tanque – Laboratórios (Autor, 2018)

Na sequência da modelagem, foram inseridas as treliças metálicas e o telhamento.

- Como:

As treliças podem ser importadas e colocadas no modelo ou serem modeladas com as ferramentas disponíveis no software. O telhamento foi feito utilizando a ferramenta “cobertura” no Autodesk Revit.

- Por quê:

A inserção de ambos os elementos possibilita a visualização de sua instalação, bem como conflitos com objetos de outras disciplinas, como por exemplo, a de hidráulica e o objeto caixa d’água. As Figuras 22 e 23 mostram a inserção de 13 unidades da família de treliça metálica e a cobertura de telha de barro.

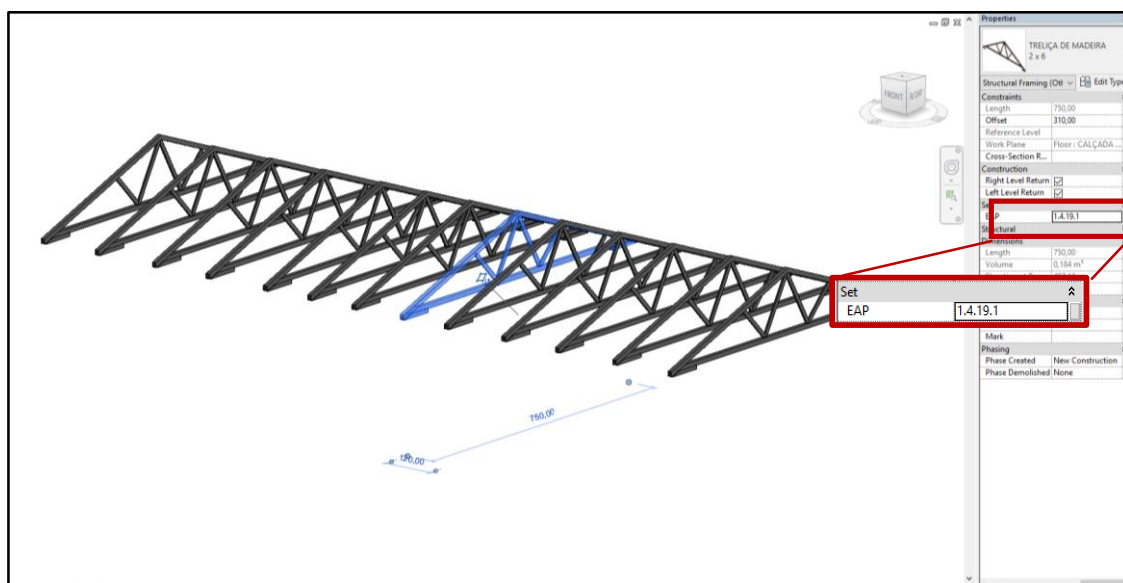


Figura 22: Estrutura metálica para cobertura com 13 tesouras espaçadas igualmente (aproximadamente 2 metros) com terças tubulares espaçadas uma da outra 32cm conforme necessidade da telha cerâmica, total de 28 terças espaçadas igualmente a ser dimensionadas (Autor, 2018)

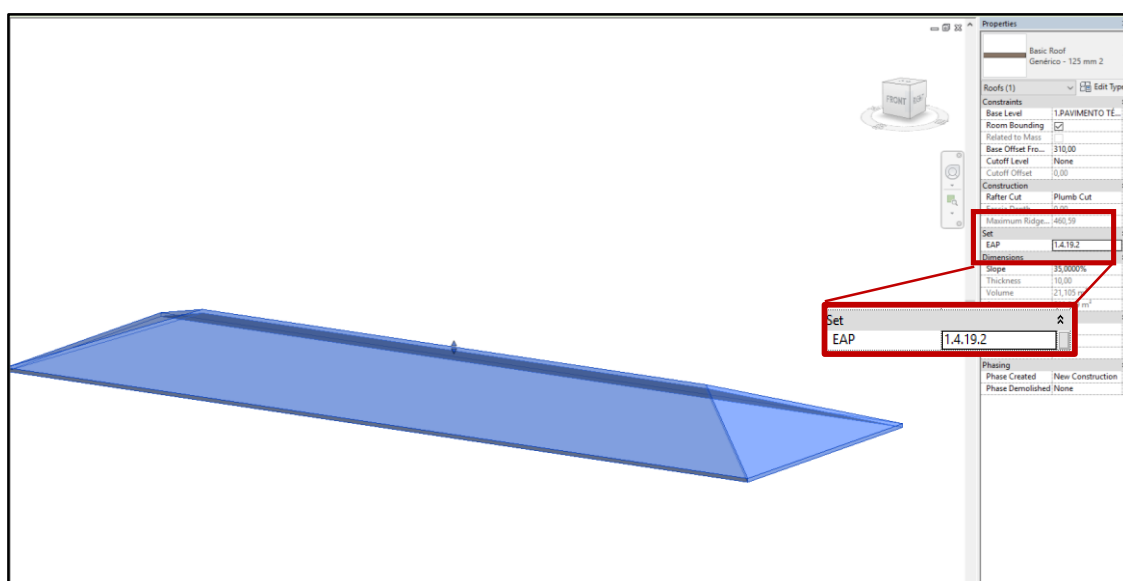


Figura 23: Telha de Barro (Ref. francesa) - Mesmo padrão dos outros prédios existentes (telhas emboçadas nas bordas de beirais) (Autor, 2018)

- Como:

As esquadrias presentes no modelo são famílias dentro do software Autodesk Revit, que foram editadas para criar tipos com as dimensões e outras características definidas no cronograma.

- Por quê:

Quando representadas na simulação, pode fornecer fundamentos para alteração do momento de instalação antes da execução da obra, além de mostrar os conflitos que podem ocorrer com outras disciplinas. Nas próximas Figuras, 24 e 25, são mostradas as portas e janelas dos laboratórios.

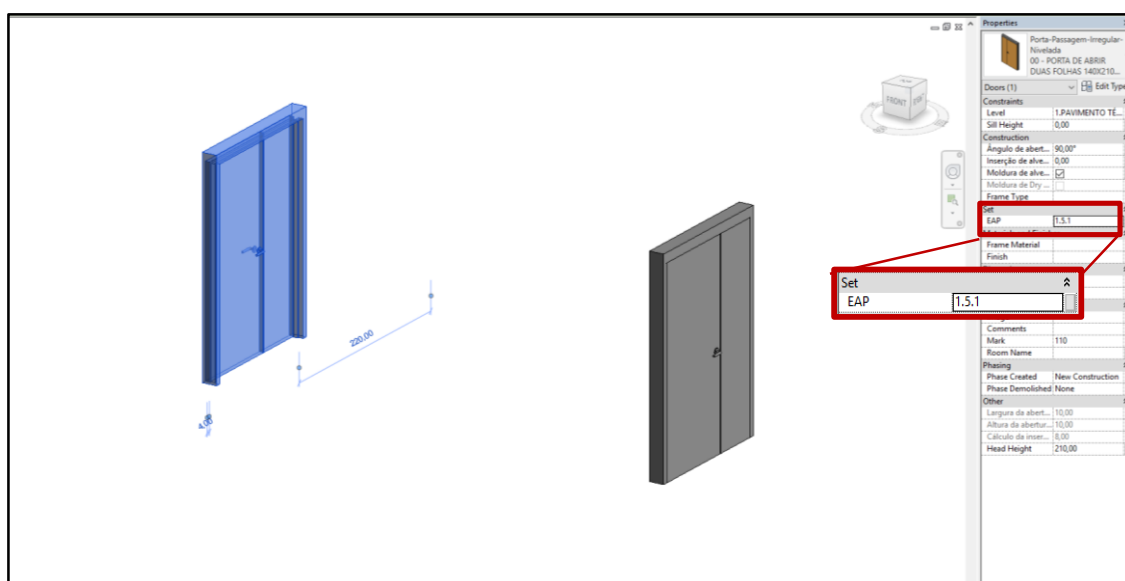


Figura 24: P1 - 1,40x2,10m - Porta de abrir 2 folhas (1 folha 0,90m + 1 folha 0,50m) - Porta de giro, montada em alumínio, lisa - Reforçada antiarrombamento, incluso ferragens, barra antipânico (Autor, 2018)

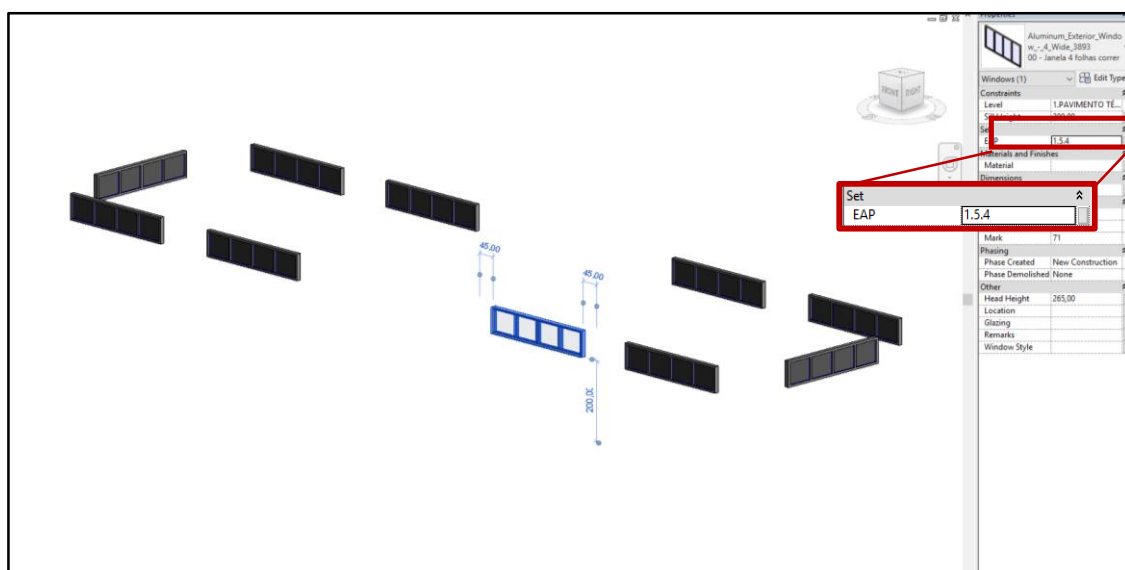


Figura 25: J2 - 3,00x0,70m - Janela de alumínio 4 folhas (2 correr + 2 fixa) - Vidro temperado 8mm - Mesmo padrão existente (Autor, 2018)

- Como:

Apesar do Autodesk Revit não possuir uma ferramenta específica de criação de revestimento, foi utilizada a ferramenta “parede” e “piso” e alteradas suas especificações.

- Por quê:

A representação dos revestimentos de piso e parede se mostra importante pela possibilidade de simular o local exato de início e finalização dos serviços. A figura 26 exemplifica essa situação.

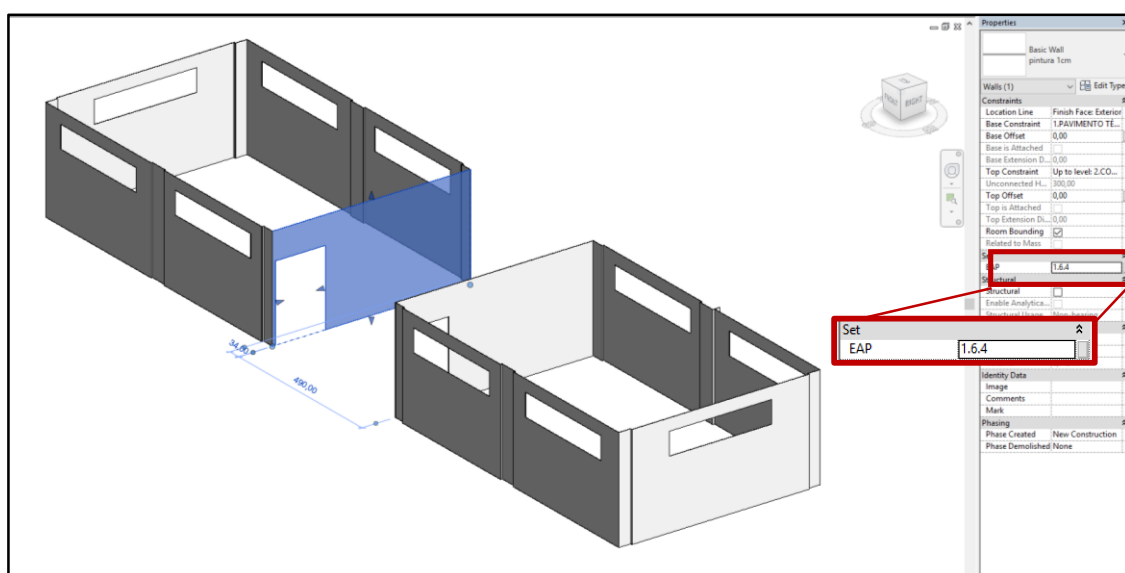


Figura 26: Revestimento de paredes internas (chapisco + emassamento + reboco + pintura), pintura Látex PVA cor Branco neve - duas demãos - Laboratório de solos + Eco fisiologia (Autor, 2018)

Os objetos da disciplina de “arquitetura” seguem na Figura 27:



Figura 27: Modelagem dos elementos arquitetônicos (Autor, 2018)

- Benefícios da modelagem “Arquitetura”:

Após a modelagem do sistema estrutural, a elaboração da disciplina arquitetura definirá a concepção final da obra, neste momento os benefícios da modelagem deste sistema se devem a possibilidade de visualizar estrategicamente o melhor *layout*, estética e funcionalidade do edifício, os demais sistemas são complementares a estes dois e irão completar os elementos necessários para utilização do edifício (elétrica, hidráulica, etc.).

- Dificuldades da modelagem “Arquitetura”:

As principais dificuldades observadas foram em relação à representação de serviços que originavam objetos os quais o software de modelagem não apresentava ferramenta para o desenvolvimento dos mesmos, sendo necessário adaptar alguns recursos para produzir o elemento representativo de determinada tarefa.

4.2.4.4. Modelagem “Elétrica”

Para a modelagem dos elementos da disciplina “elétrica”, foi utilizada a ferramenta Autodesk Revit®. Em todos os objetos foram inseridos os códigos da “EAP” referentes ao cronograma. Referente a estrutura do modelo, a inserção de elementos de instalações de elétrica realça a necessidade de ferramentas que agregam ao sistema de compatibilização, sendo este um dos propósitos do BIM.

De forma macro optou-se por modelar os elementos principais do sistema elétrico do edifício que impactam compatibilização com demais sistemas e atendem as necessidades de controle do cronograma da obra, entre eles rede de eletrodutos corrugados, caixas de passagem, quadros elétricos, acabamentos, luminárias e ar condicionado.

- Como:

A Figura 28 esboça a rede de eletrodutos do prédio. O objeto foi elaborado no software de modelagem, utilizando a ferramenta “conduíte”, configuramos o tipo e diâmetro que foi definido pelo cronograma. Foi necessário desenvolver todo o trajeto dos conduítes baseado no estudo preliminar do projeto elétrico.

- Por quê:

Com a finalidade de compatibilizar e determinar a execução do item atrelado aos sistemas de alvenaria e estrutural e inserindo os mesmos na mesma linha do tempo, cria a possibilidade de controle executivo das atividades em conjunto.

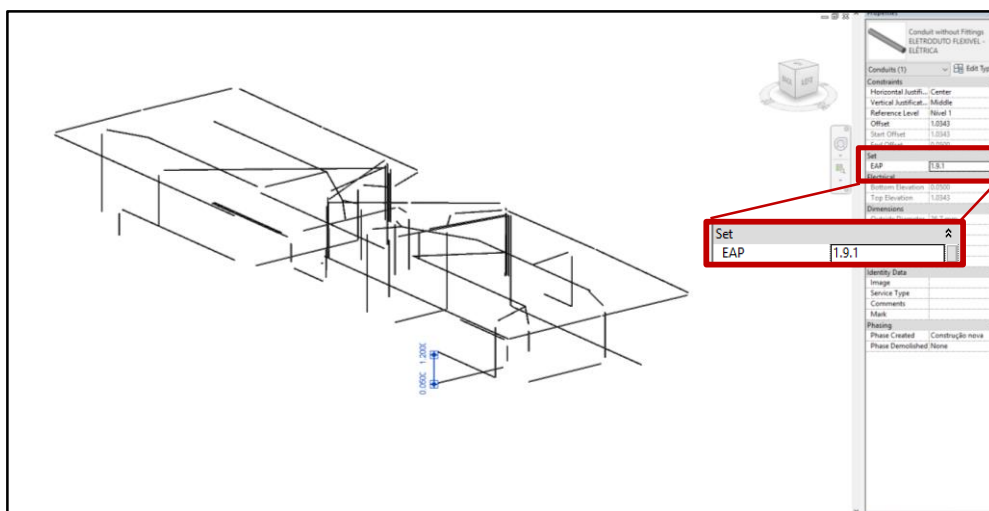


Figura 28: Eletroduto corrugado em PVC (Autor, 2018)

- Como:

No software de modelagem foi importado um objeto já modelado de caixa de passagem, sendo necessário apenas coloca-las na posição correta.

- Por quê:

As caixas de passagem pertencentes ao conjunto elétrico determinam os pontos finais desse sistema, necessários para determinar onde ficaram elementos como tomadas, interruptores e luminárias. Na Figura 29 é possível visualizar a importância de definir com precisão esses pontos, necessários para evitar retrabalhos e inserir precisão ao controle com a ferramenta BIM.

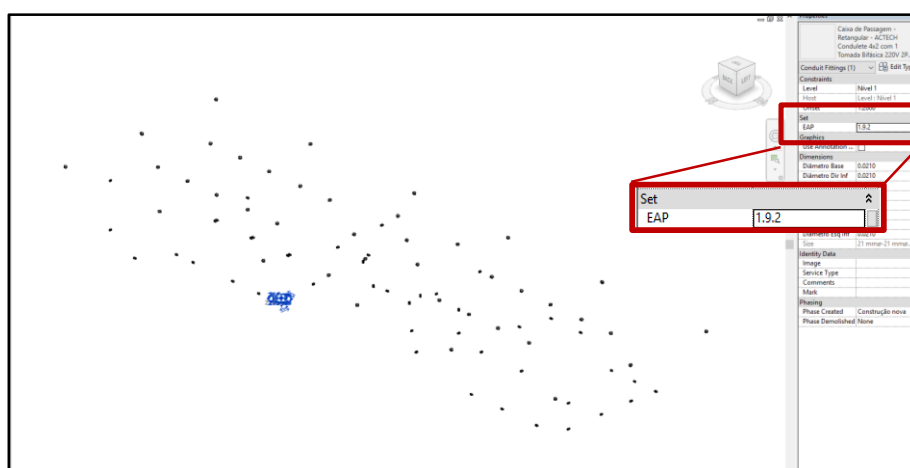


Figura 29: Caixa de passagem “2x4” e caixa octogonal luminárias (Autor, 2018)

- Como:

Para inserir os quadros elétricos foi necessário fazer o download de um “família” do objeto dentro do software de modelagem. Após isso, o elemento foi modificado conforme as dimensões e especificações determinadas.

- Por quê:

Os quadros elétricos são os elementos centrais do sistema elétrico e determinam o ponto inicial de distribuição da rede, a modelagem desse elemento determina onde estará localizado o ponto crítico e de atenção de acordo com Figura 30, não sendo necessário modelagem de fiação e disjuntores para fins de controle do cronograma da obra.

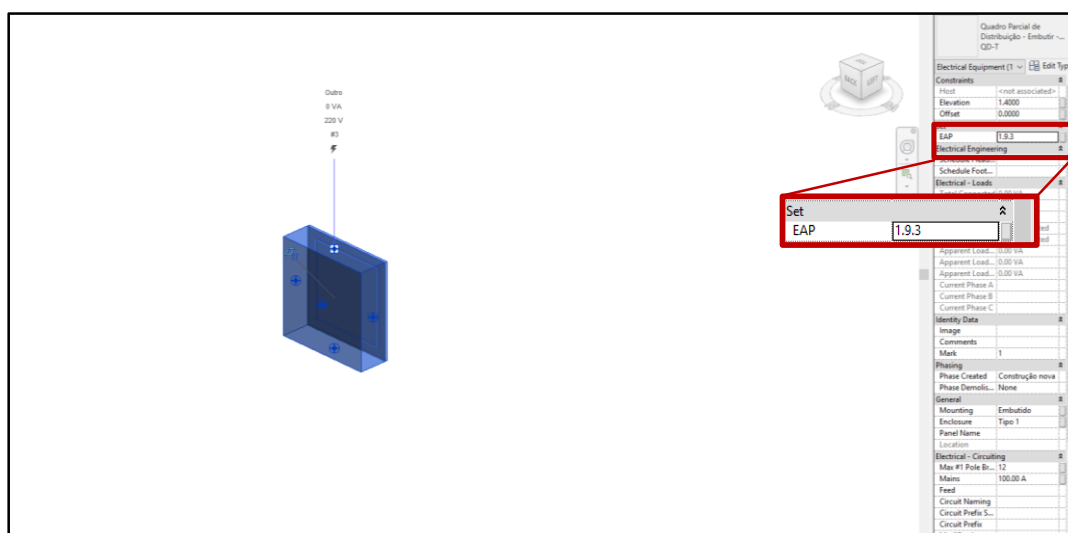


Figura 30: Quadro elétrico para fornecimento de entrada de energia no prédio (Autor, 2018)

- Como:

Tomadas e interruptores podem ser modelados utilizando recursos do software ou serem importados. Sugere-se que a inserção desses elementos ocorre na visualização em planta, sendo verificadas as outras vistas posteriormente.

- Por quê:

Elementos com menos importância de impacto construtivo, como espelhos de tomadas e interruptores, não são menos importantes para controle do

cronograma da obra, sendo possível monitorar a execução desse elemento no instante correto conforme Figura 31 e vinculado aos demais elementos no momento correto de acordo com o parâmetro de EAP.

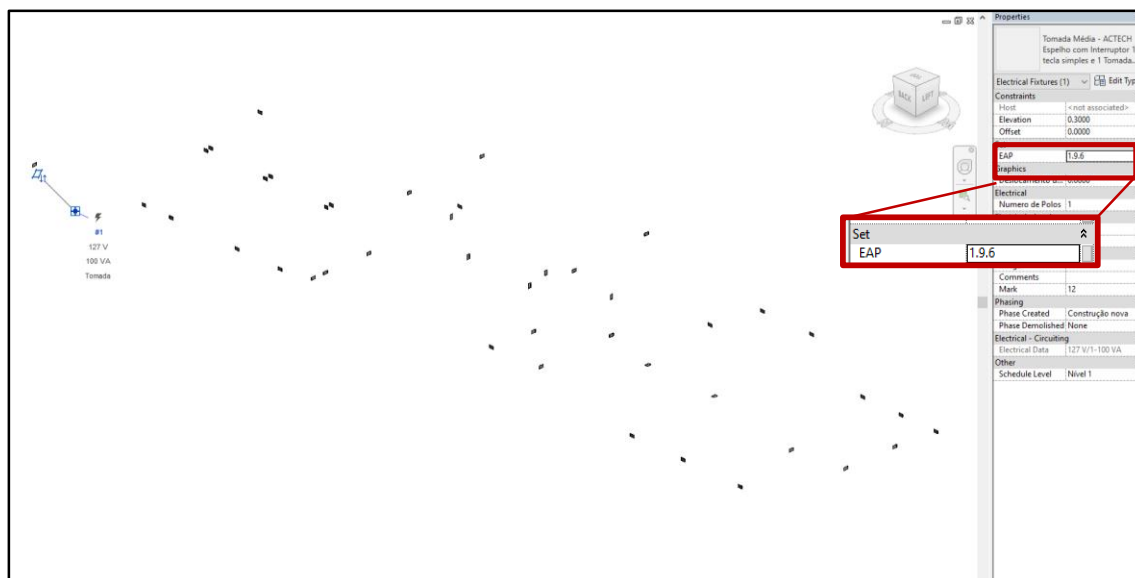


Figura 31: Instalação de espelhos Siemens – Ref. Siemens – linha “lus” (Autor, 2018)

- Como:

Recomenda-se que os objetos relacionados aos serviços de ar-condicionado sejam importados. Atualmente, algumas empresas já disponibilizam esses objetos com todas as informações necessárias para se conseguir elaborar um planejamento adequado.

- Por quê:

Incluso no sistema elétrico, as instalações dos aparelhos de ar-condicionado devem ser representados pois contemplam elementos que podem impactar no prazo da obra, por serem um dos últimos itens a serem instalados, deve ser simulado para entender exatamente o momento de compra e instalação do mesmo. A Figura 32 demonstra a inserção desses objetos.

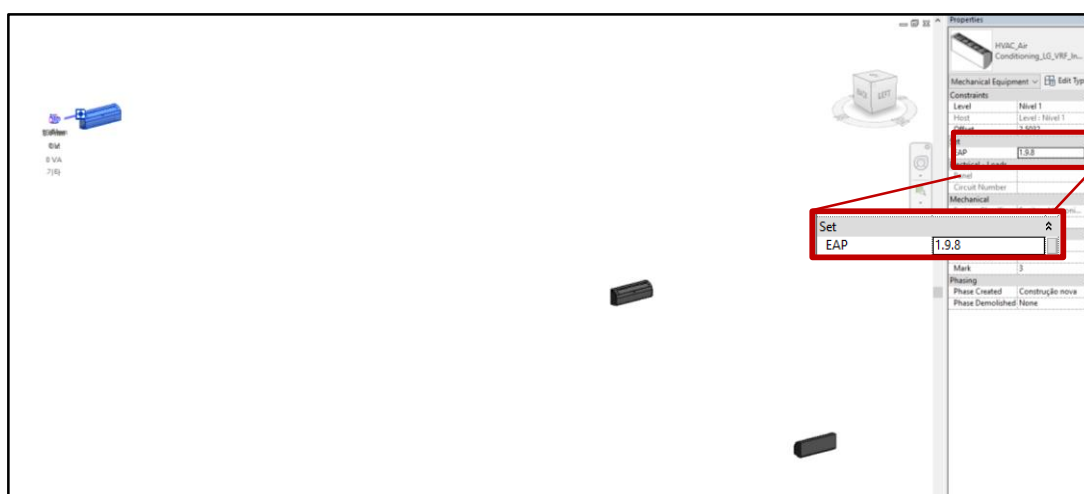


Figura 32: Ar condicionado Split Carrier - 24.000 BTU's, duas unidades por laboratório (Autor, 2018)

Os objetos da disciplina de elétrica seguem na Figura 33 e demonstram a união de elementos que devem ser compatibilizados com os demais sistemas afim de avaliar os impactos construtivos, bem como execução no instante correto afim de enquadrar-se no cronograma planejado, o parâmetro de EAP demonstrado em todos os itens relacionará os elementos com a linha de base, atrelando o item a sua respectiva atividade.

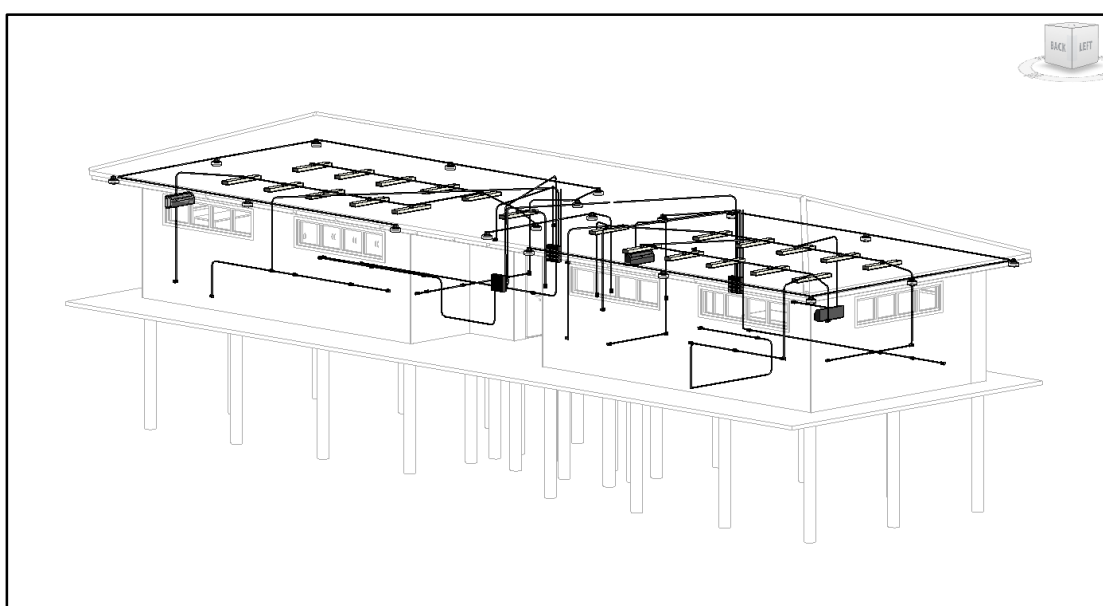


Figura 33: Modelagem dos elementos elétricos (Autor, 2018)

- Benefícios da modelagem “Elétrica”:

O principal benefício de se modelar os objetos de elétrica está na certeza de que a integração com as outras disciplinas ocorrerá de maneira correta, sendo previsto e visualizados nas simulações e no controle do planejamento todas as questões que seriam observadas apenas em obra.

- Dificuldades da modelagem “Elétrica”:

A modelagem dos objetos da disciplina de elétrica é complicada. Mesmo assim, existem *templates* preparados por empresas do setor. Um *template* consiste em um grupo de objetos já modelados e com as informações mais importantes já inseridas. Com acesso à esse arquivo, faz-se necessário aprender a utilizar os recursos do software. Fazer a integração dessa disciplina com as outras disciplinas também se caracteriza como uma dificuldade.

4.2.4.5. Modelagem “Hidráulica”

Por último, a modelagem da disciplina “hidráulica” foi feita na ferramenta Autodesk Revit. A inserções dos códigos da “EAP” referentes ao cronograma como nos demais elementos dos outros sistemas são responsáveis por integrar os principais elementos do processo construtivo.

- Como:

Utilizando o recurso “tubulações” do sistema do software de modelagem, foi possível definir o trajeto e dimensões estipuladas no cronograma.

- Por quê:

A rede de esgotos trata da tubulação constituída em PVC onde é possível visualizar um encaminhamento dos pontos finais de hidráulica até o ponto inicial deste sistema. A modelagem desse objeto é essencial para verificar as incompatibilidades com pisos e vigas baldrame. A imagem 34 apresenta a modelagem deste objeto.

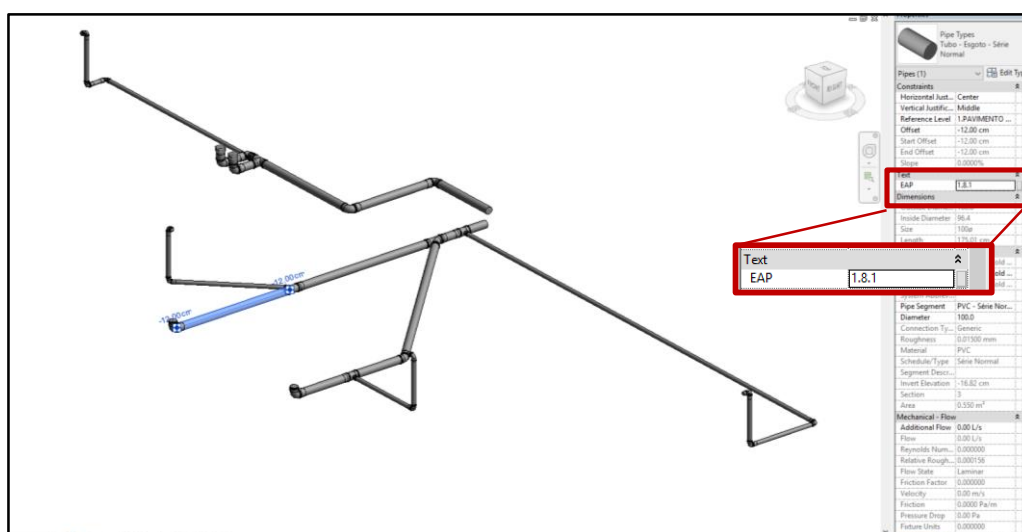


Figura 34: Sistema de esgoto dos banheiros, tanques e bancadas dos laboratórios (Autor, 2018)

- Como:

A caixa d'água foi inserida no modelo hidráulico utilizando um objeto criado pela própria fabricante do objeto real.

- Por quê:

A caixa de água, instalada sobre a laje é responsável por ser o ponto de início do sistema hidráulico e conforme a Figura 35 ocupa um grande espaço na cobertura da edificação, sendo necessário sua modelagem para compatibilização com demais elementos, como rede elétrica e estrutura da cobertura.

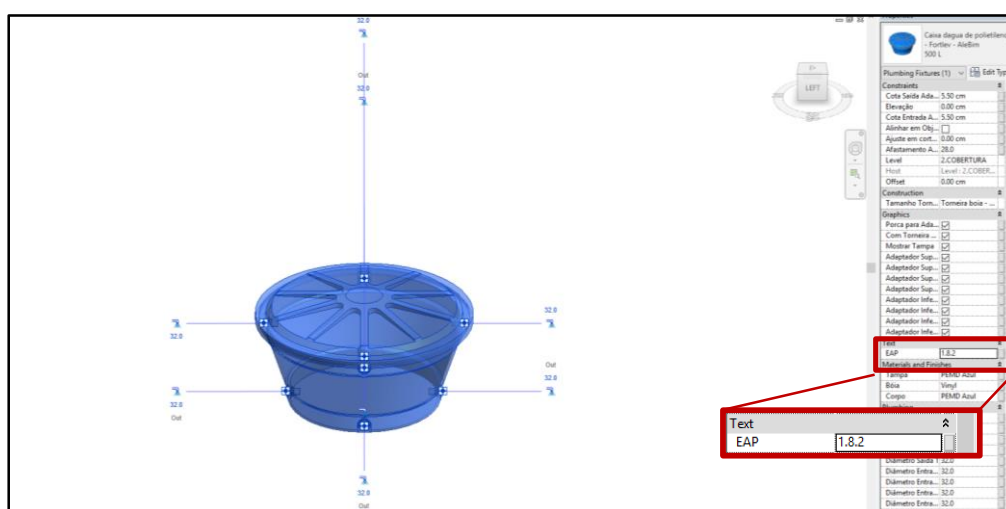


Figura 35: Caixa d'água de 500 litros (Autor, 2018)

- Como:

Também utilizando o recurso “tubulações” dos sistemas do software de modelagem, assim como nas tubulações de esgoto, foi possível definir o trajeto e as dimensões das tubulações de água fria estipuladas no cronograma.

- Por quê:

O sistema de água fria é responsável pelo abastecimento da rede hidráulica no edifício, deve ter seus elementos modelados e compatibilizados com os demais sistemas afim de não impactar a obra com retrabalhos e são vinculados a sua determinada atividade com o parâmetro EAP de acordo com a Figura 36.

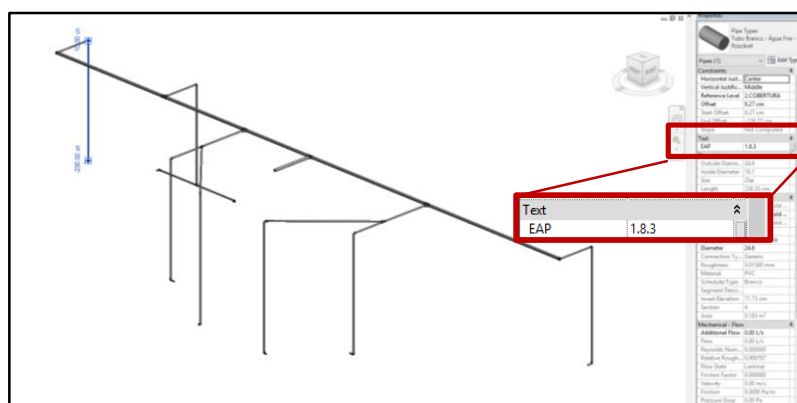


Figura 36: Sistema de água fria para banheiros, tanques e bancadas e laboratórios (Autor, 2018)

- Como:

Todos os objetos como lavatórios, cubas e bacias sanitárias são famílias importadas, ou seja, já vêm modeladas, e inseridas no modelo hidráulico.

- Por quê:

Vários elementos são essenciais para compor o sistema hidráulico, como lavatórios, cubas e bacias sanitárias, e sua modelagem se faz importante para definir sua espacialidade e compatibilizar com as conexões de esgoto e de água fria. Também, são acessórios que serão instalados somente no final da obra, devendo ser providenciados antecipadamente afim de não impactar no prazo final da obra.

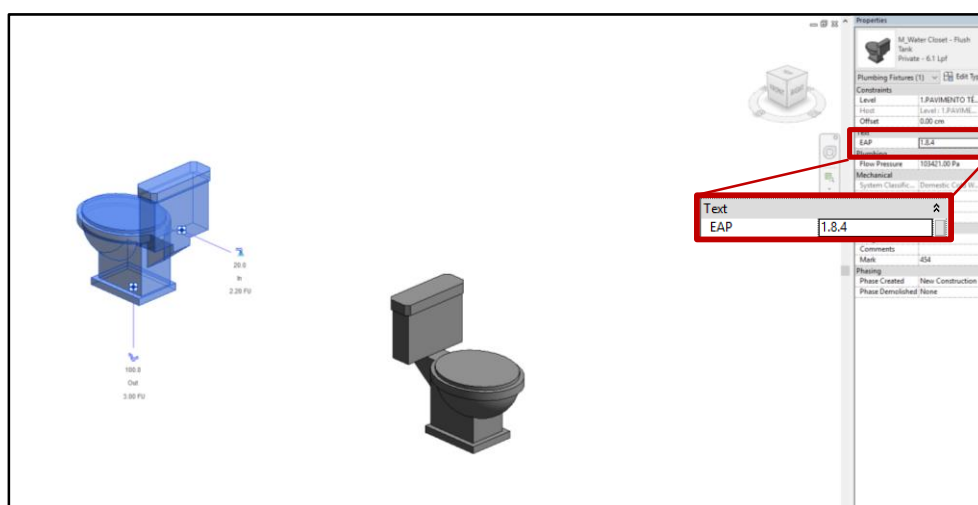


Figura 37: Vaso sanitário para banheiros (Autor, 2018)

A Figura 38 compõe o sistema hidráulico completo no qual as modelagens dos elementos impactam diretamente em incompatibilidade com outros sistemas devido ao número e dimensões de seus componentes, podendo através do sistema BIM evitar retrabalhos. O parâmetro de EAP, vinculará o elemento do Revit a EAP elaborada no MS Project, sendo esse processo possível somente através da ferramenta Navisworks, mesma ideologia utilizada nos demais sistemas (arquitetônico, estrutural, elétrico).

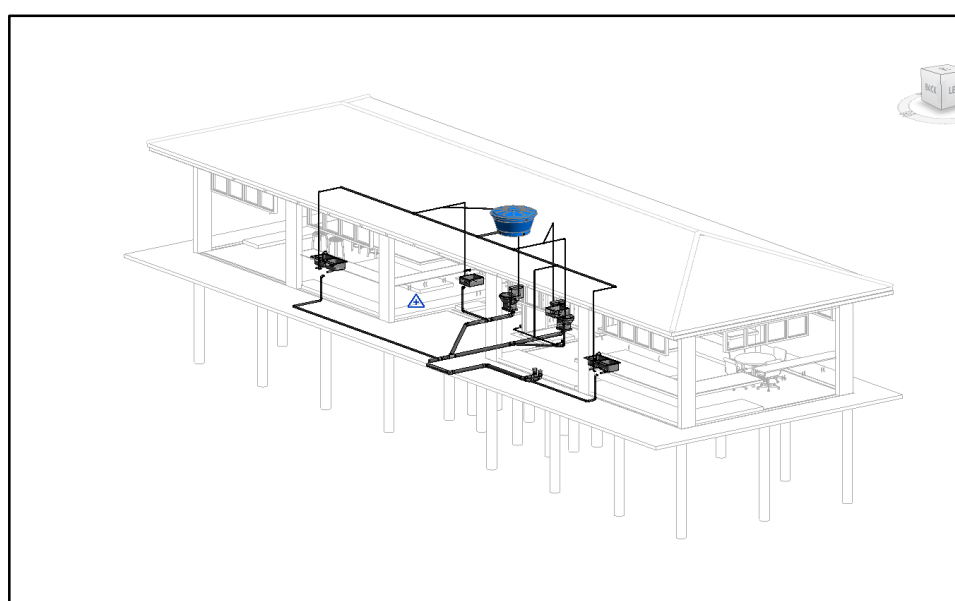


Figura 38: Modelagem dos elementos hidráulicos (Autor, 2018)

- Benefícios da modelagem “Hidráulica”:

O principal benefício da modelagem da disciplina de hidráulica é a possibilidade de prever conflitos com as peças estruturais, os objetos arquitetônicos e todos os objetos que compõem a disciplina de elétrica. Além disso, alguns objetos de hidráulica, como a tubulação de esgoto, a caixa d’água e a bacia sanitária, são espacialmente grandes, sendo seu posicionamento prévio de extrema importância.

- Dificuldades da modelagem “Hidráulica”:

A principal dificuldade da elaboração dessa disciplina está na modelagem e posicionamento dos mesmo. Assim como os objetos de elétrica, os objetos de hidráulica possuem uma complexidade espacial, pois devem ser modelados pensando tanto no aspecto de prevenir conflitos no sentido horizontal, quanto no sentido vertical.

4.3. CONTROLE E PLANEJAMENTO UTILIZANDO AS FERRAMENTAS DA METODOLOGIA BIM 4D

Após a modelagem de todas as disciplinas, é possível colocar em prática o conceito de BIM 4D, que fala a respeito do controle e do planejamento. Para essa etapa, foi necessário utilizar a ferramenta Autodesk Navisworks. Este software possibilita a união das disciplinas em um mesmo janela de visualização, permitindo edições, a detecção de *clashes* em compatibilizações, etc.

A finalidade do uso do Navisworks neste trabalho é demonstrar a possibilidade de controlar o planejamento elaborado na ferramenta Microsoft Project a partir da edificação modelada na ferramenta Autodesk Revit. Com isso, é possível visualizar a obra sendo construída virtualmente, percebendo eventuais discrepâncias no processo e comparando o modelo conforme cronograma planejado e executado.

Para iniciar essa etapa, é necessário carregar no Navisworks todas as disciplinas modeladas, como mostra a Figura 39.

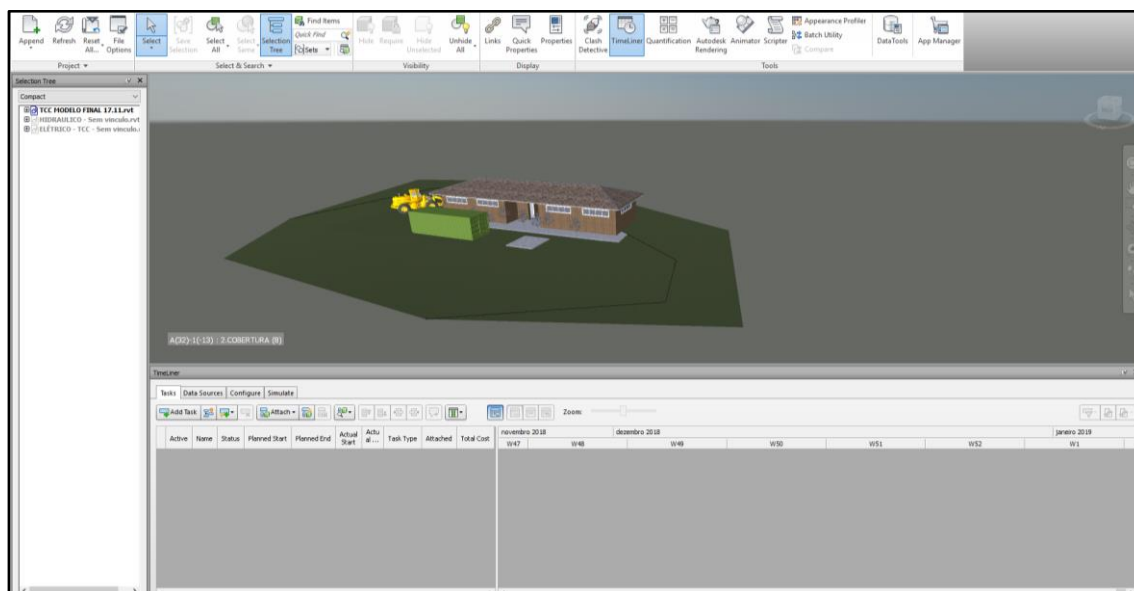


Figura 39: Disciplinas modeladas no Revit inseridas no Navisworks (Autor, 2018)

Após, inserimos a planilha ao software, como mostra a Figura 40.

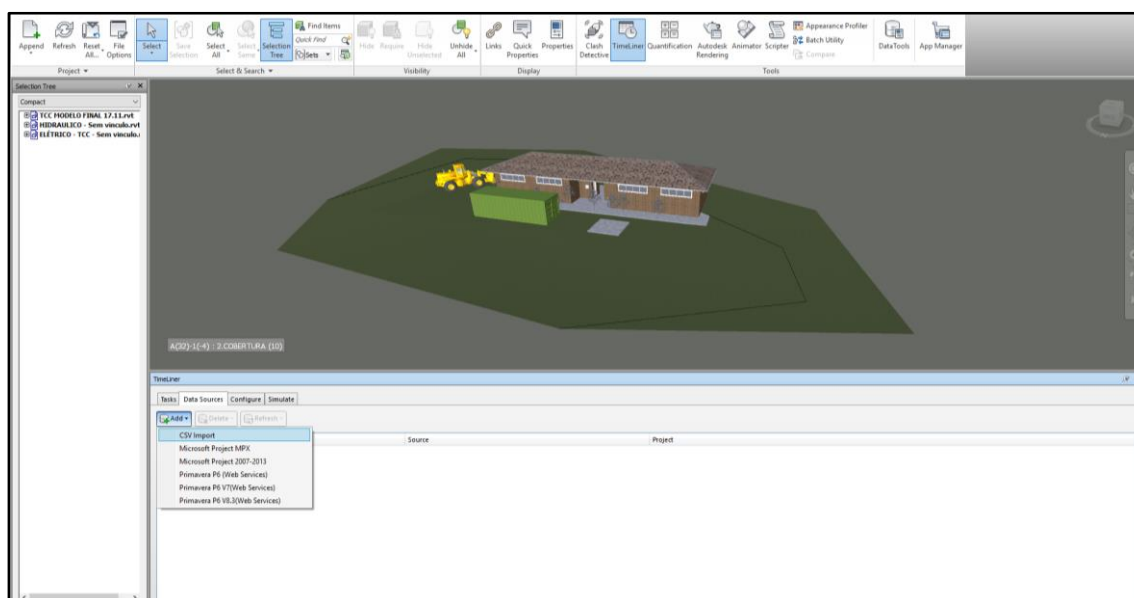


Figura 40: Inserção da planilha do Project em formato .CSV no Navisworks. (Autor, 2018)

Com isso, sincronizamos as tarefas do modelo com as tarefas da planilha (cronograma), como mostra a Figura 41.

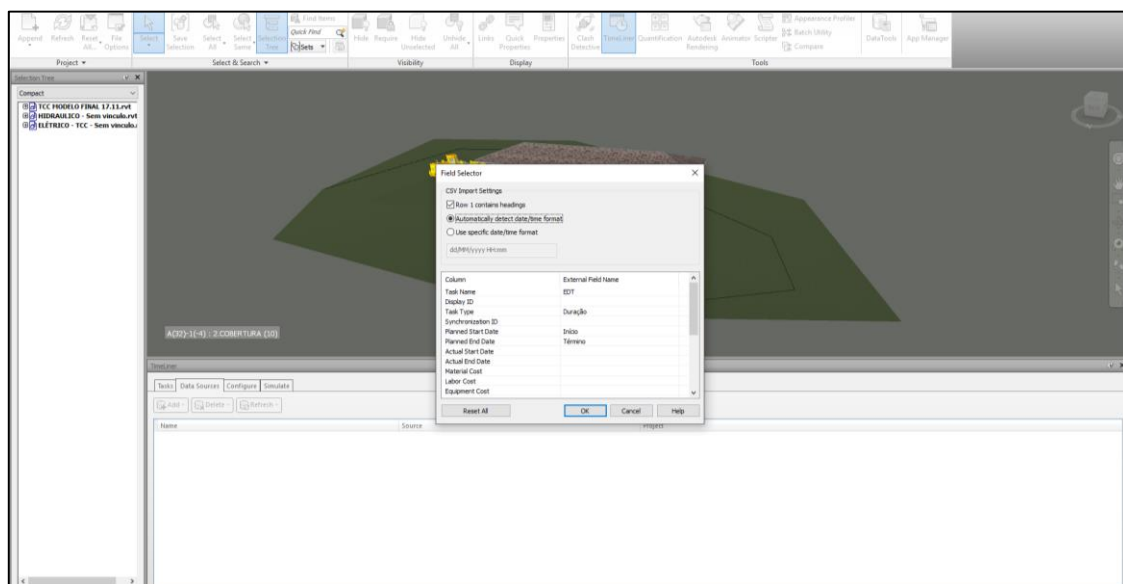


Figura 41: Sincronização das propriedades do Project com o Navisworks (Autor, 2018)

A Figura 42 mostra que as tarefas precisam passar por uma classificação.

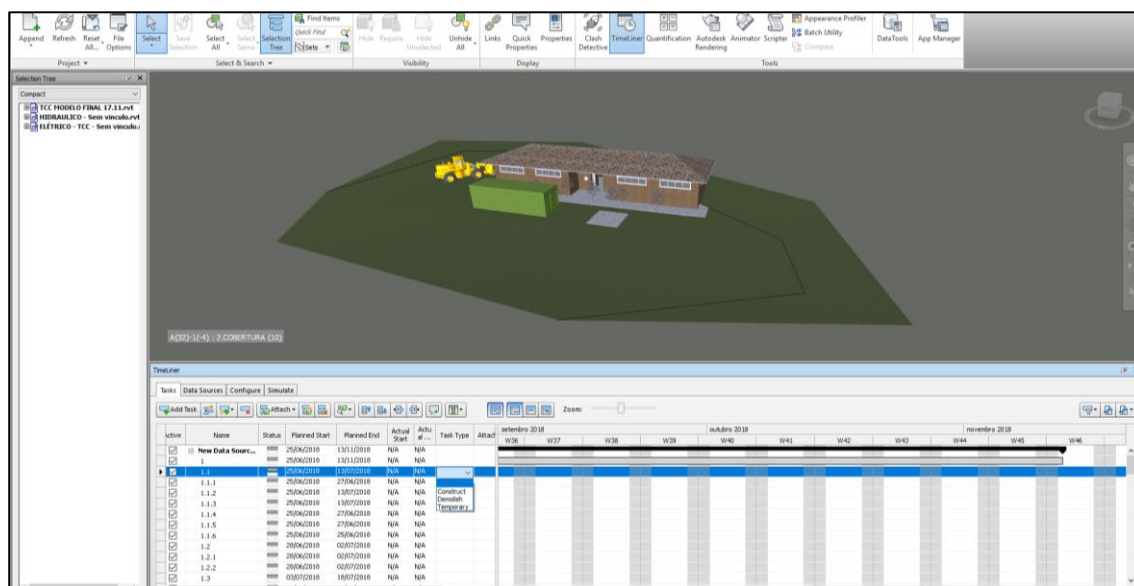


Figura 42: Categorização dos serviços como “construído”, “temporário” ou “demolido” (Autor, 2018)

Com todas essas etapas concluídas, foi possível criar um material que pode servir de utilidade para análises e observações mais aprofundadas.

O principal objetivo das demonstrações que seguem, é apresentar diferentes modos de controlar todo o planejamento criado, tanto com o cronograma, quanto com o modelo, em relação ao processo de execução da obra.

4.3.1. Controle do planejamento com Microsoft Project

Utilizando a técnica de acompanhamento do projeto com a ferramenta Microsoft Project é possível estabelecer graficamente quais atividades estão dentro do prazo estipulado ou estão em atraso em uma determinada data escolhida, desde que a EAP esteja alimentada com as informações do realizado.

É necessário definir a linha de base, pois a mesma possui a informação referência para análise das atividades levando em consideração o prazo estabelecido na EAP inicial da obra.

O parâmetro de análise se fundamenta nas análises de indicador gráfico de campos personalizados do campo Situação conforme a Figura 43:

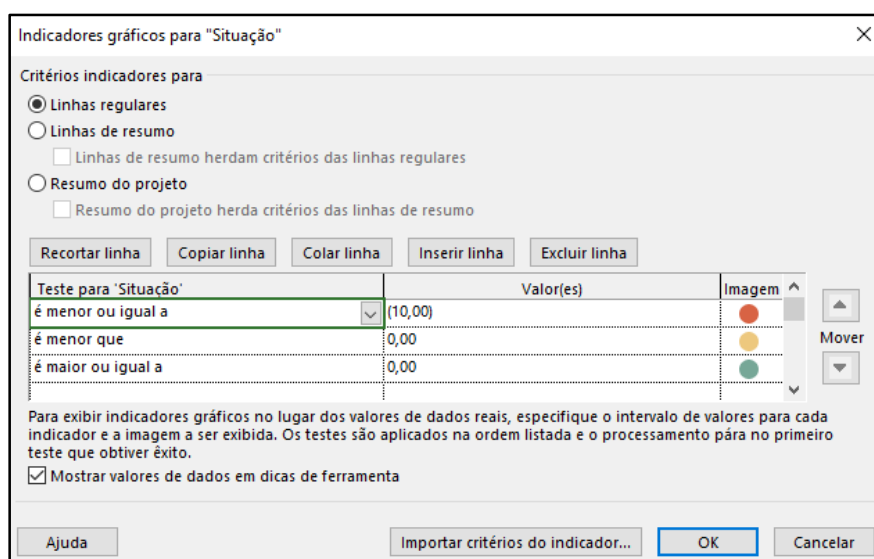


Figura 43: Definição de critérios no Microsoft Project (Autor, 2018)

Se o status da atividade na EAP estiver 0 dias atrasada o indicador gráfico aponta como verde, se a atividade estiver entre 0 a 10% atrasada a cor será laranjada e se a atividade possuir atraso superior a 10% o gráfico ficara vermelho. Os resultados são extraídos do Project após alimentação manual dos períodos com a data realizada através de indicação gráfica de qualquer instante da obra, a comparação é com a linha de base.

Com este recurso foram feitas 03 verificações em datas de status (nome definido pelo MS Project) estratégicas da obra para demonstração de resultados.

4.3.1.1. 1º Verificação

A primeira verificação foi na data 18/07/2018, término dos serviços de fundação da obra, e já apontavam diversas atividades como atrasadas, sendo justificadas pela contratada devido às dificuldades de mobilização e integração de funcionários na obra, sendo possível a recuperação de prazos até então. A Figura 44 mostra a 1º verificação.

EDT	Situação	% concluída	% Planejado	Nome da tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras
1		53%	0%	▸ LABORATÓRIO DE SOLOS E ECOFISIOLOGIA	126 dias	Seg 25/06/18	Seg 17/12/18	
1.1		79%	0%	▸ PRELIMINARES	25 dias	Seg 25/06/18	Sex 27/07/18	
1.1.1	●	100%	100%	Mobilização, instalação de canteiros de obras, isolamento da área e preliminares	3 dias	Seg 25/06/18	Qua 27/06/18	
1.1.2	●	100%	100%	Recolhimento de ART projetos e execução	13 dias	Seg 25/06/18	Qua 11/07/18	
1.1.3	●	60%	100%	Projeto Elétrico - Elaboração e responsabilidade técnica por conta da contratada, aprovação posterior apenas Klabin	25 dias	Seg 25/06/18	Sex 27/07/18	
1.1.4	●	100%	100%	Implantação de Canteiro de obras, utilização de container e central de aço, forma e massa	2 dias	Seg 25/06/18	Ter 26/06/18	
1.1.5	●	100%	100%	Fornecimento de ponto de água e energia, responsabilidade da contr	3 dias	Seg 25/06/18	Qua 27/06/18	6TT
1.1.6	●	100%	100%	Corte de árvores exóticas existentes	1 dia	Qui 28/06/18	Qui 28/06/18	
1.2		60%	0%	▸ TERRAPLANAGEM	5 dias	Qui 28/06/18	Qua 04/07/18	3
1.2.1	●	60%	100%	Movimentação de terra - Transporte e espalhe de argila, sem orgânicos, de acordo com padrão do solo local, execução de talude 1/1	5 dias	Qui 28/06/18	Qua 04/07/18	
1.2.2	●	60%	100%	Compactação do solos, terraplanagem destinada a deixar a construção 10 cm acima do terreno natural	5 dias	Qui 28/06/18	Qua 04/07/18	
1.3		82%	0%	▸ FUNDAÇÃO	12 dias	Qui 05/07/18	Sex 20/07/18	9
1.3.1	●	50%	100%	Estacas escavada L=3,00m ou mais de acordo com necessidade estrutural, responsabilidade da contratada	4 dias	Qui 05/07/18	Ter 10/07/18	
1.3.2	●	100%	100%	Viga baldrame Dim. Min. 0,15x0,25m, solução construtiva e responsabilidade estrutural por conta da Contratante	3 dias	Qua 11/07/18	Sex 13/07/18	13
1.3.3	●	100%	100%	Piso de concreto bruto Fck=30Mpa, Esp. Min.=8cm, solução construtiva e responsabilidade estrutural por conta da contratante	5 dias	Seg 16/07/18	Sex 20/07/18	14
1.3.4	●	67%	100%	Calçada de concreto externa L=1,00m + Canaleta de concreto L=0,30cm conforme padrão existente nos demais prédios (Incluso calçada na área coberta externa entre os laboratórios) + Piso para secagem de amostras (nessa área 3,00x3,00m considerar esp=8cm)	3 dias	Qua 18/07/18	Sex 20/07/18	15TT
1.3.5	●	100%	100%	Calçada de concreto externa, compreendendo todo o entorno da edificação L=1,00m	2 dias	Qui 19/07/18	Sex 20/07/18	16TT
1.3.6	●	67%	100%	Canaleta de concreto triangular L=0,30cm conforme padrão existente nos demais prédios	3 dias	Qua 18/07/18	Sex 20/07/18	17TT
1.3.7	●	100%	100%	Piso de concreto armado para secagem de amostras, dim.: 3,00x3,00m considerar esp. Min=8cm	2 dias	Qui 19/07/18	Sex 20/07/18	18TT

Figura 44: Demonstração da 1º verificação (Autor, 2018)

4.3.1.2. 2º Verificação

A segunda verificação foi realizada dia 30/10, prazo para finalização de serviços de fechamentos e de esquadrias, neste momento a obra encontrava-se em estado crítico para cumprir o prazo de entrega acordado, tal atraso foi justificado pela contratada devido a incidências de chuvas acima da média para o mês de agosto e setembro, além do erro técnico de estimativa de prazo para execução de serviços de fechamento com alvenaria utilizando tijolos de 21 furos (tijolo a vista). Na Figura 45, é possível observar a verificação.

EDT	Situação	% concluída	% Planejado	Nome da tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras
1.4		59%	0%	4 ESTRUTURA + FECHAMENTOS	71 dias	Seg 23/07/18	Seg 29/10/18	12
1.4.1		75%	100%	Pilares de concreto armado moldados "in loco" fck=30Mpa - Solução construtiva e responsabilidade estrutural por conta da Contratante.	4 dias	Seg 23/07/18	Qui 26/07/18	15
1.4.2		67%	100%	Viga cinto em concreto armado moldado "in loco" fck=30Mpa - Solução construtiva e responsabilidade estrutural por conta da Contratante.	3 dias	Seg 23/07/18	Qua 25/07/18	
1.4.3		33%	100%	Laje pré fabricada com lajota cerâmica esp. 350kg/m2, capa de concreto com esp.=5cm - Solução construtiva e responsabilidade estrutural por conta da Contratante devendo satisfazer vão interno de 6m	15 dias	Sex 27/07/18	Qui 16/08/18	21
1.4.4		45%	100%	Fechamento externo em alvenaria 21 furos com tijolo aparente nas fachadas - Assentamento no padrão dos prédios existentes - Pé direito prédio conforme projeto - Banheiros	22 dias	Sex 17/08/18	Seg 17/09/18	23
1.4.5		45%	100%	Fechamento externo em alvenaria 21 furos com tijolo aparente nas fachadas - Assentamento no padrão dos prédios existentes - Pé direito prédio conforme projeto - Laboratório de solos	22 dias	Sex 17/08/18	Seg 17/09/18	24TT
1.4.6		45%	100%	Fechamento externo em alvenaria 21 furos com tijolo aparente nas fachadas - Assentamento no padrão dos prédios existentes - Pé direito prédio conforme projeto - Laboratório de Ecofisiologia	22 dias	Sex 17/08/18	Seg 17/09/18	24TT
1.4.7		75%	100%	Alvenaria para fechamento de bancadas de acordo com projeto - Laboratórios de solos	4 dias	Ter 18/09/18	Sex 21/09/18	26
1.4.8		100%	100%	Alvenaria para tanque - Laboratórios de solos	2 dias	Qui 20/09/18	Sex 21/09/18	27TT
1.4.9		100%	100%	Alvenaria para fechamento de bancadas de acordo com projeto - Laboratórios de Ecofisiologia	2 dias	Qui 20/09/18	Sex 21/09/18	27TT
1.4.10		100%	100%	Sóculo de concreto para balcões H=10cm- Banheiros	2 dias	Seg 15/10/18	Ter 16/10/18	
1.4.11		100%	100%	Sóculo de concreto para bancadas H=10cm - Laboratório de solos	2 dias	Sex 12/10/18	Ter 16/10/18	
1.4.12		67%	100%	Sóculo de concreto para tranque de concreto H=10cm - Laboratório	3 dias	Seg 15/10/18	Qua 17/10/18	
1.4.13		67%	100%	Sóculo de concreto para bancadas H=10cm - Laboratório de Ecofisiol	3 dias	Seg 15/10/18	Qua 17/10/18	
1.4.14		67%	100%	Sóculo de concreto para armários H=10cm - Laboratório de Ecofisiol	3 dias	Seg 15/10/18	Qua 17/10/18	
1.4.15		100%	100%	Laje para base das BANCADAS em concreto armado - esp=8cm, prever bordas externas aparentes das bancadas em granito preto São gabriel com cantos e bordas abaulados e arredondados - Laboratório de solos	2 dias	Ter 18/09/18	Qua 19/09/18	25
1.4.16		100%	100%	Laje para base das BANCADAS em concreto armado - esp=8cm, prever bordas externas aparentes das bancadas em granito preto São gabriel com cantos e bordas abaulados e arredondados - Laboratório de Ecofisiologia	2 dias	Ter 18/09/18	Qua 19/09/18	26
1.4.17		100%	100%	Borracha preta esp=1cm sobre bancadas de concreto, usual em laboratórios - Laboratório de solos	1 dia	Qui 20/09/18	Qui 20/09/18	35

Figura 45: Demonstração da 2º verificação (Autor, 2018)

4.3.1.3. 3º Verificação

A terceira verificação foi realizada dia 13/11, prazo final para entrega da obra conforme EAP inicial (linha base da obra), onde todos os serviços deveriam estar concluídos a obra apontava todos os serviços que foram realizados

dentro do prazo (gráfico verde), bem com todos os que atrasaram (gráfico vermelho), sendo o último serviço concluído dia 17/12. A Figura 46 apresenta a 3ª verificação.

EDT	Situação	% concluída	% Planejado	Nome da tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras
1.6.6	●	100%	100%	Tampo em Granito - Rodapia granito H=7cm e Saia H=0,10cm - Laboratório de Ecofisiologia	2 dias	Seg 22/10/18	Ter 23/10/18	52
1.6.7	●	0%	100%	Soleira de granito L=15 cm para portas de acesso - Laboratórios e I	1 dia	Seg 12/11/18	Seg 12/11/18	49
1.6.8	●	0%	100%	Granito nos sóculos	2 dias	Sex 09/11/18	Seg 12/11/18	55TT
1.7	●	0%	0%	FACHADA	4 dias	Ter 20/11/18	Sex 23/11/18	
1.7.1	●	0%	100%	Moldura em concreto para janelas da fachada pintura cor Branco Neve - L=7cm e esp.:1,5cm - (material + M.O estimado em R\$ 25,00/m)	2 dias	Ter 20/11/18	Qua 21/11/18	43
1.7.2	●	0%	100%	Apliação de silicone hidrofugante para proteção de tijolo a vista das	2 dias	Qui 22/11/18	Sex 23/11/18	58
1.8	●	53%	0%	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	42 dias	Qui 27/09/18	Sex 23/11/18	
1.8.1	●	83%	100%	Sistema de esgoto dos banheiros, tanques e bancadas dos laboratóri	12 dias	Seg 01/10/18	Ter 16/10/18	
1.8.2	●	100%	100%	Caixa de água 500 litros	1 dia	Seg 15/10/18	Seg 15/10/18	
1.8.3	●	100%	100%	Sistema de água fria para banheiros, tanques e bancadas dos laborató	10 dias	Qui 27/09/18	Sex 12/10/18	
1.8.4	●	0%	100%	Vaso sanitário para banheiros	1 dia	Qui 01/11/18	Qui 01/11/18	
1.8.5	●	0%	100%	Lavatório para banheiros	1 dia	Qui 01/11/18	Qui 01/11/18	64TT
1.8.6	●	0%	100%	Acabamentos e acessórios hidráulicos (torneiras, cubas, registros, sifões, válvulas, etc)	15 dias	Seg 05/11/18	Sex 23/11/18	
1.9	●	67%	0%	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	32 dias	Seg 08/10/18	Ter 20/11/18	
1.9.1	●	100%	100%	Eletroduto corrugado em PVC	10 dias	Seg 08/10/18	Sex 19/10/18	52TT
1.9.2	●	100%	100%	Caixa de passagem 2"x4"	3 dias	Qua 17/10/18	Sex 19/10/18	68TT
1.9.3	●	100%	100%	Quadro elétrico para fornecimento de entrada de energia no prédio	1 dia	Sex 19/10/18	Sex 19/10/18	68TT
1.9.4	●	100%	100%	Quadro elétrico para fornecimento de energia - Laboratório de Solos	1 dia	Sex 19/10/18	Sex 19/10/18	68TT
1.9.5	●	100%	100%	Quadro elétrico para fornecimento de energia - Laboratório de Ecofisi	1 dia	Sex 19/10/18	Sex 19/10/18	68TT
1.9.6	●	0%	100%	Instalação de espelhos Siemens - Ref. Siemens - linha "ilus"	2 dias	Qua 24/10/18	Qui 25/10/18	
1.9.7	●	0%	100%	Luminárias de sobrepôr, 2 lampadas L=1,20m por luminária, LED	4 dias	Seg 22/10/18	Qui 25/10/18	
1.9.8	●	0%	100%	Ar condicionado split Carrier - 24.000 BTUs, duas unidades por laborat	2 dias	Seg 19/11/18	Ter 20/11/18	
1.10	●	0%	0%	SPDA	5 dias	Seg 19/11/18	Sex 23/11/18	
1.10.1	●	0%	100%	Captores atmosféricos	1 dia	Seg 19/11/18	Seg 19/11/18	
1.10.2	●	0%	100%	Cabo de cobre Nu	4 dias	Ter 20/11/18	Sex 23/11/18	77
1.10.3	●	0%	100%	Caixa de passagem com Haste para aterramento	2 dias	Qui 22/11/18	Sex 23/11/18	78TT
1.11	●	0%	0%	SERVIÇOS DIVERSOS	12 dias	Sex 30/11/18	Seg 17/12/18	
1.11.1	●	0%	100%	Entrega de móveis planejados	9 dias	Qua 05/12/18	Seg 17/12/18	83
1.11.2	●	0%	100%	Limpeza final da obra	2 dias	Sex 30/11/18	Seg 03/12/18	
1.11.3	●	0%	100%	Entrega de obra	3 dias	Sex 30/11/18	Ter 04/12/18	

Figura 46: Demonstração 3ª verificação (Autor, 2018)

O benefício de se aplicar este método se deve a forma simples controlar em um instante exato quais atividades estão em atraso, a finalidade é elaborar um plano de ação para cada respectivo item, dando resolução ao cronograma. Ao final é possível visualizar todos os elementos que tiveram atraso no processo, afim de estudar o erro e evita-lo no planejamento de processos futuros.

4.3.2. Controle do planejamento com Autodesk Navisworks

A utilização do Navisworks para planejamento e controle gera uma maior comunicação entre modelo e a execução, proporcionando uma visualização simulada da obra, possibilitando uma maior fundamentação para modificações

e/ou adaptações em relação à execução, percepção de atrasos ou de descumprimento de tarefas, etc.

Primeiro define-se o objetivo desta etapa. Para esse caso, a finalidade foi elaborar dois tipos de verificações: cronograma planejado x cronograma executado; e modelo x execução.

Este método de controle pode ser utilizado quando o gerente de modelo não tem acesso à obra de maneira direta, ou seja, in loco, recebendo as atualizações da execução através de outros profissionais, de relatórios e fotografias da obra.

4.3.2.1. 1º Verificação

A 1ª verificação do modelo foi feita no dia 25/07/2018. Comparando o modelo planejado com o modelo realizado, percebe-se já no primeiro mês de obra, algum atraso referente à estrutura, enquanto no planejado pilar, viga e laje já estão finalizados, no realizado pilar e vigas estão em execução, com a laje ainda não iniciada. A Figura 47 apresenta essa comparação, com o modelo planejado acima e o modelo em executado abaixo.

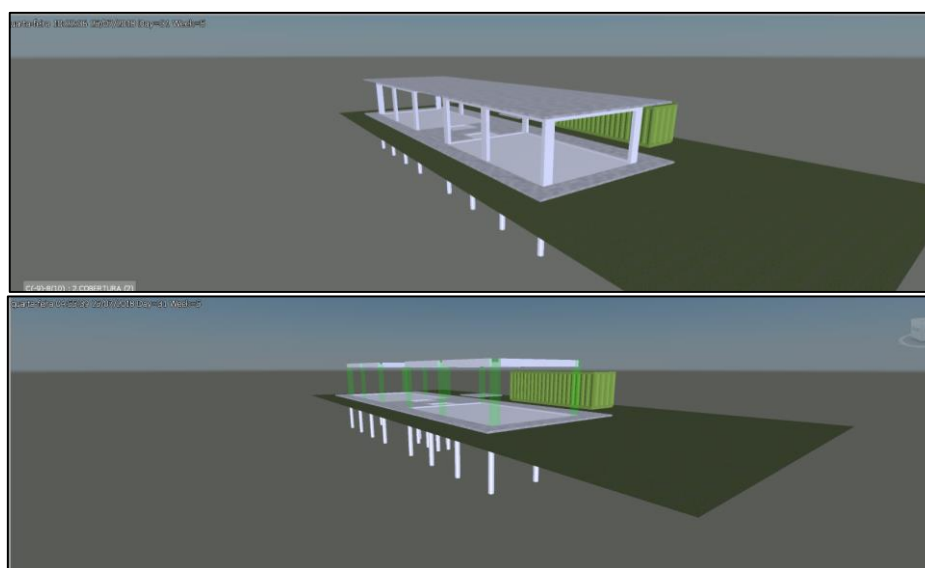


Figura 47: Planejado x Realizado dia 25/07/2018 (Autor, 2018)

4.3.2.2. 2º Verificação

Na 2º verificação do dia 25/08/2018, também podem-se perceber atrasos. Enquanto no planejado a alvenaria e as bases e bancadas de concreto estão finalizadas, no realizado a alvenaria ainda estava em execução, com as bancadas de concreto ainda por se iniciar. Na Figura 48 é possível verificar a comparação.



Figura 48: Planejado x Realizado dia 25/08/2018 (Autor, 2018)

4.3.2.3. 3º Verificação

Na 3º verificação dos modelos, no dia 29/10/2018, percebe-se que o realizado começou a se adequar ao planejado, com as etapas de hidráulica, elétrica e pintura interna finalizadas. A Figura 49 apresenta o comparativo entre o planejado e o executado.



Figura 49: Planejado x Realizado dia 29/10/2018 (Autor, 2018)

São diversos os benefícios percebidos na realização destas verificações e análises, podendo os gestores da obra visualizar e discutir as dificuldades encontradas em atrasos de cada item. A possibilidade de comparar o modelo executado e realizado em qualquer momento cronológico da obra gera um conforto de melhor visualização entre qualquer elemento, podendo este ser discutido afim de elaborar um plano de ação para tal.

4.3.3. Controle do planejamento Navisworks x Executado

Outra maneira de controlar o planejamento e associar todo o material produzido (cronograma, modelo, simulação) à obra em execução, é comparar o modelo planejado com o diário e/ou relatório de obras. Com isso, é possível avaliar de maneira visual e simultânea o andamento da obra e perceber alterações que acontecem apenas no local, atrasos e outras situações. Recomenda-se este método de controle do planejamento quando o profissional responsável pelo

monitoramento da obra é o mesmo profissional que desenvolveu as etapas de criação e gerenciamento das disciplinas.

4.3.3.1. 1º Verificação

A primeira verificação para comparação do modelo com a obra ocorreu no dia 23/07/2018. Com a foto da obra no dia, é possível perceber o atraso em relação à estrutura. No modelo, pilar e viga já estão instaladas prontas para receber a laje, enquanto que na obra, apenas a forma do pilar está preparada.

Nesse caso, poderia existir a possibilidade de se detalhar ainda mais o cronograma e o modelo, podendo inserir formas, desformas, escoramentos e outras tarefas para criar análises ainda mais aprofundadas em relação à não concordância entre planejado e realizado. Mesmo assim, com esse nível de detalhamento já é possível perceber distorções e atuar nas causas das mesmas.



Figura 50: Planejado x Execução dia 23/07/2018 (Autor, 2018)

4.3.3.2. 2º Verificação

Na 2º verificação, elaborada no dia 01/11/2018, percebe-se que as esquadrias e parte elétrica já estão finalizadas no modelo planejado. Na obra em execução, as esquadrias não estão instaladas, a parte elétrica está preparada, mas alguns elementos ainda não estão posicionados. A Figura 51 mostra o comparativo entre o modelo planejado e a obra em execução.



Figura 51: Planejado x Execução dia 01/11/2018 (Autor, 2018)

4.3.3.3. 3º Verificação

Como previsto nas outras verificações, a obra foi entregue com quase um mês de atraso. Através do modelo, esse atraso poderia ser administrado resolvendo as questões mais recorrentes no momento que as mesmas aconteciam. Além disso,

a construção virtual da obra auxiliaria na visualização das etapas que deveriam receber mais atenção. Com a simulação, os profissionais que não estão envolvidos no dia-a-dia da execução poderiam entender com mais clareza a situação.



Figura 52: Modelo planejado finalizado em 13/11/2018 (Autor, 2018)



Figura 53: Obra finalizada em 03/12/2018 (Autor, 2018)

Os principais benefícios deste método residem no aspecto da aproximação do gestor com a equipe de obra, produzindo uma conexão direta com os modelos gerados, as simulações dos cronogramas planejado e em execução com os acontecimentos que antes ficariam restritos e seriam resolvidos no momento da execução.

5. ANÁLISES

5.1. BENEFÍCIOS OBSERVADOS NA ADAPTAÇÃO À METODOLOGIA BIM 4D E SUA APLICAÇÃO EM UMA OBRA DE PEQUENO PORTE

Dentre todas as possibilidades da utilização da metodologia BIM 4D, listam-se abaixo os principais benefícios em relação à adaptação e sua aplicação.

5.1.1. A mudança em relação ao planejamento

Como foi apresentado, um maior detalhamento do planejamento desde a elaboração do cronograma e de suas tarefas, até uma modelagem mais completa em relação aos objetos da construção, permitem aos planejadores uma organização a longo prazo.

A necessidade de adaptação da EAP ao processo construtivo fornece consistência ao processo de controle da obra, disponibilizando aos gestores do processo a possibilidade de visualização dos elementos que mudaram em relação ao planejado. Este tipo de organização possibilita apontar quais foram os ganhos e falhas no processo de execução do empreendimento, informação que pode ser obtida de diversas maneiras conforme apontado algumas nesse trabalho.

Por exemplo, a visualização de atrasos utilizando a simulação da sequência de tarefas, possibilitou perceber e fundamentar a mudança em relação ao serviço de colocação de luminárias.

5.1.2. Contribuição e transparência entre equipes

Na metodologia BIM 4D, o objeto modelado se torna o centro de todas as discussões entre projetistas e executores. Com isso, as informações se tornam visuais e mais transparentes para toda a equipe.

O entendimento do processo é necessário aos responsáveis pelo controle da construção, o conhecimento do processo auxiliara no tratamento das dificuldades encontradas no decorrer da construção, a utilização de ferramentas possibilita que os envolvidos manipulem das situações de maneira a contribuir para a minimização de impactos no prazo ocasionado por problemas de obra.

Por exemplo, a utilização do recurso “link” na ferramenta Autodesk Revit, possibilita que diferentes profissionais contribuam para otimizar o serviço de cada um, uma vez que a ferramenta possibilita alterações instantâneas e simultâneas no objeto referência.

5.1.3. Possibilidades na execução

A utilização da simulação para criação de cenários permite que certas modificações e erros que aconteceriam na obra possam ser apresentados e visualizados de maneira antecipada.

Por exemplo, a primeira definição de tipologia de revestimento externo para a obra era a pintura branca, assim como o revestimento interno. Aplicando a metodologia BIM 4D, elaborou-se um pequeno cronograma do serviço, a modelagem da tarefa e uma simulação no software Autodesk Navisworks. Com isso, foi possível comparar técnicas e prazos e observá-los previamente à execução. Essa visualização prévia pode auxiliar na diminuição de retrabalhos na etapa de execução.

O controle de materiais também pode ser considerado um item relevante na aplicação da metodologia BIM, nesse caso é possível minimizar desperdícios e proporcionar ao setor de suprimentos a possibilidade de controle exato dos quantitativos necessários para execução, processo que será automatizado devido a modelagem do empreendimento com a ferramenta Revit.

5.1.4. Compatibilização

Apesar de não ter sido apresentado no trabalho, as diferentes disciplinas apresentadas precisaram ser compatibilizadas. No processo de compatibilização, foi possível presenciar certas incompatibilidades, que precisaram ser corrigidas. No caso, a utilização da metodologia apresentada na pesquisa (em relação às alterações do cronograma e do modelo) conseguiram fazer com que a compatibilização ocorresse de maneira mais simplificada. Por exemplo, quando finalizadas as disciplinas de estrutura e arquitetura, iniciaram-se as modelagens de elétrica e hidráulica. Em diversos momentos, foram feitas simulações no software Autodesk Navisworks, que possibilitaram encontrar conflitos entre as disciplinas. Uma delas, foi que a modelagem da tubulação hidráulica que saía da caixa d'água para abastecer o tanque do laboratório de solos estava conflitando com a cobertura e sendo exposta. Com isso, precisou-se alterar algumas inclinações de tubulação indicadas pelo profissional responsável pela disciplina de hidráulica.

Evitar retrabalhos consiste no principal benefício do processo de compatibilização com as ferramentas apresentadas, as interferências entre elementos do modelo de diferentes disciplinas impactam de maneira negativa na obra, problemas que se identificados previamente possibilitam manipular o planejamento de modo a não causar impactos, sendo estes objetos tratados desde o princípio de maneira correta e exequível.

Mitigar riscos (como precipitações pluviométricas por exemplo) também é um item relevante, que deve ser observado no processo de acompanhamento 4D, a possibilidade de visualização da modelagem, bem como a previsão executiva dos elementos permite identificar dificuldades que poderão impactar no processo construtivo, as mesmas devem ser solucionadas previamente, não impactando na obra, podendo atrasar ou antecipar intencionalmente a execução de algum elemento.

5.1.5. Fundamentação da decisão e alterações na modelagem

As alterações que ocorrem em relação à obra, seja em fase de modelagem ou de execução, pode causar conflitos quando não fundamentadas de uma maneira correta.

A necessidade de alterar um elemento de modelagem durante o processo de planejamento do projeto é algo recorrente e deve ser analisado de maneira positiva se tiver como fim melhorias no processo executivo, diversas decisões de obras estão relacionadas com alterações no processo. A decisão deve ser fundamentada, levando em consideração os mais diversos imprevistos que impactarão no prazo, pode-se citar como exemplos impactos naturais ou dificuldade de fornecimento de suprimentos, esses dependendo de previsões e colaboração de terceiros, algo no qual não é possível obter controle total.

Quanto a compatibilização das disciplinas (arquitetura, elétrica, hidráulica, etc), é possível identificar previamente a necessidade de alterações na modelagem, devido à procura do melhor método executivo, buscando também a viabilidade econômica do projeto.

5.2. DIFICULDADES OBSERVADAS NA ADAPTAÇÃO À METODOLOGIA BIM 4D E EM SUA APLICAÇÃO EM UMA OBRA DE PEQUENO PORTE

Nos processos de aplicação da metodologia BIM 4D em uma obra de pequeno porte, foram observadas dificuldades que fizeram com que alguns resultados ficassem abaixo do esperado. Apesar disso, foram refletidas em relação às soluções dessas dificuldades.

5.2.1. Adaptação à metodologia BIM 4D

Uma das principais dificuldades em termos gerais, é a questão da adaptação à metodologia BIM 4D. Na metodologia CAD, o cronograma e apresentação das tarefas / serviços referentes ao projeto e à obra apresentam processos de elaboração diferenciados. Além disso, as etapas possuem poucas conexões diretas, encontrando-se presos em diferentes plataformas. Por isso, para se adaptar à metodologia BIM 4D, é importante focar nos novos processos de se produzir, organizar e conciliar o conteúdo que envolve o planejamento, o modelo e a execução.

A adaptação dos itens se torna relevante pela necessidade de conciliar o 4D com a plataforma, a modelagem na ferramenta Revit dificulta o processo devido a exatidão de assertividade nos detalhes de cada elemento, pois é tem de ser projetado de acordo com o que será realizado, não podendo haver falhas em dimensões e volumes, detalhes estes que não seriam obrigatórios na ferramenta CAD. É necessário verificar item a item de modo que o mesmo seja relevante ao sistema de controle da plataforma BIM, pois todo elemento inserido na EAP e no modelo terão prazos e planejamento definidos dentro do contexto da obra.

5.2.2. Adequação do cronograma

Para união entre a plataforma 3D e 4D do BIM, é necessário que a EAP da obra seja concebida de modo que interligue os elementos do Revit ao cronograma da obra elaborado no MSProject, a dificuldade de percepção entre quais elementos são necessários ou desnecessários no momento de concepção do projeto traz a organização do processo certa dificuldade.

O cronograma deve ser elaborado de forma que se comunique com o modelo, sendo cada atividade ou serviço da EAP correspondente a um ou mais elementos, é essencial que essa premissa seja seguida, pois se torna impreciso utilizar a plataforma BIM se esse alinhamento não estiver exato.

5.2.3. Modelagem

A primeira dificuldade em relação à modelagem foi a questão da falta de ferramentas dentro do software Autodesk Revit para modelagem de serviços que necessitavam de códigos diferenciados. Por exemplo, no serviço de revestimento das paredes (pintura), foi preciso escolher uma técnica que fizesse com que a representação da tarefa ficasse condizente com a execução da obra, tanto em termos de controle e planejamento da execução, quanto para quantitativo e compatibilização. A solução encontrada foi utilizar a ferramenta “parede” dentro do software, renomear sua definição para o revestimento interno determinado e definir suas dimensões conforme especificações.

A segunda questão foi em relação ao nível da modelagem. Por exemplo, a laje especificada para a execução foi a laje pré-fabricada de lajota cerâmica. Pela dificuldade de se modelar tal tipo de laje, optou-se apenas por criar uma laje que representasse o serviço de execução da mesma. Este fato, em modelagens e simulações mais detalhadas e para atingir níveis superiores em relação à

metodologia BIM 4D, não poderia ter ocorrido, devendo o modelo representar em sua totalidade a obra que será executada.

A última questão relacionada às dificuldades na modelagem, baseia-se na representação de famílias dentro do software. Por exemplo, no cronograma existe o serviço “Porta de abrir duas folhas, de giro, montada em alumínio liso, reforçada antiarrombamento, incluso ferragens, barra antipânico”, que diz respeito ao serviço de instalação das portas dos laboratórios. Pela dificuldade em se encontrar e se modelar uma porta com as características, trabalhou-se com outro modelo de porta, que apenas representava o serviço. Também, em níveis mais altos e mais satisfatórios de controle e planejamento utilizando a metodologia BIM 4D, recomenda-se que isso não ocorra.

5.2.4. Planejamento e Controle

A principal dificuldade em relação ao planejamento e controle se dá na correta percepção e interpretação dos dados obtidos através dos elementos de modelagem. Os mesmos devem fornecer ao gerente do projeto informações que sejam eficazes para organizar o processo executivo do empreendimento, isso pode ser através do controle de materiais, de prazos e de riscos por exemplo.

Pode-se destacar que na organização de ideias através da equipe, o gerenciamento da obra pode encontrar dificuldades devido a falha ou falta de comunicação em algum momento entre os membros, sendo responsabilidade do gerente centralizar e cobrar informações afim de evitar erros.

5.3. ANÁLISE DOS MÉTODOS DE CONTROLE DO PLANEJAMENTO COM A METODOLOGIA BIM 4D

Foram apresentadas na pesquisa três maneiras de se controlar o planejamento utilizando as ferramentas da metodologia BIM 4D. De maneira geral, os três métodos atingem objetivos semelhantes, expondo os benefícios da aplicação da metodologia para o controle do planejamento. Esses itens e os objetivos de cada um podem ser vistos na tabela 3.

ITEM	OBJETIVO
Visualização do planejamento	Planejar com eficiência
Controle de materiais	Comprar apenas o necessário
Análise de fluxos	Organizar o processo
Proposta de soluções	Identificar problemas e solucionar
Entendimento da equipe de obra	Verificar o nível de aceitação técnica
Visualização de eventos não planejados	Identificar itens faltantes e necessários
Elaboração de planos de ataque	Agir com eficiência no planejamento
Coleta de informações	Criar banco de dados eficiente
Agilidade no replanejamento	Não impactar no processo construtivo
Mitigação de riscos	Evitar atrasos no planejamento previsto
Transparência nas informações	Ser claro e objetivo no processo
Integração das equipes	Organizar fluxos de trabalho
Facilidade na padronização dos métodos	Eficiência nas atividades
Agilidade na leitura	Eficiência no fluxo de informações
Localizar e identificar aspectos importantes	Melhorar o processo e o planejamento
Grau de análise	Identificar melhorias no controle
Automatização	Unir os processos e fluxos
Análise da configuração espacial do projeto	Verificar as melhorias no planejamento
Entendimento dos prazos	Acompanhar de maneira eficiente
Visualização do encadeamento das tarefas	Verificar melhorias no fluxo de projeto

Tabela 3. Itens e objetivos alcançados com a aplicação da metodologia BIM 4D (Autor, 2018)

Para controle das informações e avaliação dos itens estudados, foram realizados estudos dos fluxos de acordo com os recursos das ferramentas utilizadas, afim de expor as relações de planejamento da seguinte maneira:

- Planejamento realizado x executado utilizando a ferramenta MSProject.
- Planejamento realizado x executado utilizando a ferramenta Navisworks.
- Planejamento relacionando a ferramenta Navisworks x obra real.

O objetivo das análises citadas é obter controle no planejamento, afim de realizar a melhoria de fluxos e levantar as necessidades para obter a máxima eficiência possível no acompanhamento do cronograma e prazo de entrega da obra.

5.3.1. Análise do controle do planejamento utilizando a ferramenta MSProject®

Como uma tradicional ferramenta de elaboração de cronogramas de obra, a ferramenta MSProject se mostrou um importante aliado na obtenção de informações de controle da obra. A possibilidade de organizar a sequência de atividades é algo tão relevante como o próprio controle de prazos de item a item.

A forma de expressar os resultados obtidos em obra relacionado ao entendimento das falhas em prazos de cada atividade permite ao construtor reavaliar e elaborar plano de ação para evitar impactos em atividades futuras. Após a validação da Timeline inicial da obra, concretizando o planejamento realizado, se inicia o acompanhamento diário da obra, sendo necessário ao gerente acompanhar e atualizar diariamente na ferramenta o andamento das atividades que estão sendo realizadas. Os parâmetros utilizados para verificar a praticidade da ferramenta foram os seguintes:

- **Análise de fluxos:** Verificar o fluxo entre as atividades realizadas e proporcionar ao gerente a organização das ações.
- **Integração das equipes:** Analisar a execução simultânea entre os agentes envolvidos na execução da edificação, afim de planeja-los de forma eficiente e segura.
- **Entendimento dos prazos:** Analisar se o prazo de cada atividade está sendo cumprido e se é necessária alguma intervenção do gerente no decorrer da obra.

5.3.2. Análise do controle do planejamento utilizando os modelos planejado e realizado no Navisworks®

Como já foi dito anteriormente no trabalho, esse método é ideal para quando o gestor da obra é diferente do gestor do modelo. Através desse método, é possível atingir muitos objetivos referentes à visualização do modelo conforme a obra vai sendo executada, algo que não é possível em outras técnicas de controle do planejamento.

Os principais objetivos que podem ser alcançados são referentes aos itens:

- **Visualização do planejamento:** A comparação frequente com o modelo executado permite atingir o objetivo de verificar a eficiência do planejamento;
- **Controle de materiais:** Conforme o modelo executado é atualizado, é possível verificar a demanda de materiais, conseguindo comprar apenas o necessário;
- **Visualização do encadeamento das tarefas:** Com a comparação dos modelos virtuais, é possível inserir ambos em um ambiente comum, sobrepondo-os e comparando-os, a fim de instigar em relação ao cenário ideal e verificar melhorias no fluxo de trabalho.

5.3.3. Análise do controle do planejamento utilizando o modelo planejado e a obra em execução

Essa técnica é ideal para equipes de trabalho em que o profissional que gerencia o modelo é o mesmo que gerencia a obra. No caso, pode ser considerado o método mais eficaz e o que atinge uma maior quantidade de objetivos determinados pela metodologia BIM 4D. De todos os itens, os que mais recebem destaque em relação ao método, são:

- Entendimento da equipe de obra: Com a verificação diária da obra, é possível entender o ritmo e desempenho da produção da equipe de obra, além de observar o nível de aceitação técnica, fazendo adaptações em relação ao modelo planejado;
- Visualização de eventos não planejados: As informações referentes aos acontecimentos da obra podem demorar ou sofrer distorções caso os profissionais da administração da obra e do modelo sejam diferentes. Nesse caso, como um profissional atua em ambas as funções, eventos não planejados podem ser identificados de maneira mais rápida;
- Transparência nas informações: Com o contato frequente com a equipe da obra, é possível ser claro e objetivo em relação ao processo, fazendo com que todos os profissionais se envolvam com a metodologia.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

6.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou através de um estudo de caso, apresentar os processos para aplicar a metodologia BIM 4D em uma obra de pequeno porte utilizando as ferramentas Microsoft Project, Autodesk Revit e Autodesk Navisworks, bem como os benefícios e dificuldades dessa aplicação.

Os benefícios recorrentes da utilização de ferramentas BIM 4D, baseiam-se na possibilidade de se alterar o planejamento ainda na fase de modelagem, no aumento da interação e transparência entre os diferentes profissionais e equipes, na capacidade de simular procedimentos e técnicas de execução, criando opções e fundamentando decisões e na compatibilização, que utiliza um objeto central como referência para todas as disciplinas.

Também foram apresentadas três possibilidades de se controlar o planejamento utilizando as três ferramentas propostas. A primeira possibilidade, leva em consideração a utilização da ferramenta Microsoft Project e possui como principais benefícios a visualização do planejamento e o entendimento da equipe de obra. No segundo método proposto, utilizando um modelo planejado e um modelo conforme a evolução da obra inseridos no Autodesk Navisworks, é possível ter benefícios em questões como o controle de materiais e a agilidade na leitura dos elementos. Na última proposta, levou-se em consideração a obra executada com o modelo planejado. Nesse caso, os principais benefícios são a transparência nas informações e a visualização de eventos não planejados.

Apesar das dificuldades, principalmente em relação à adaptação à metodologia e às questões de modelagem, conclui-se que utilizando as ferramentas

e seguindo as etapas propostas, é possível modelar e controlar o planejamento de uma obra de pequeno porte utilizando a metodologia BIM 4D.

6.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Levando em consideração, principalmente, as dificuldades em relação às propostas do trabalho, sugere-se o desenvolvimento de alguns pontos que devem ser considerados na elaboração de uma nova pesquisa sobre o tema. O primeiro ponto, relaciona-se à questão do BIM 5D. Este nível diz respeito a todas as questões que impactam o custo de uma obra. Logo, o nível 4D e 5D podem ser abordadas de maneira conjunta, atingindo diferentes conclusões. Além disso, a fim de se apresentar uma pesquisa mais aprofundada, pode-se associar o 4D e o 5D com os demais níveis do BIM, que dizem respeito à questões de eficiência energética e operação e manutenção da edificação. Outro ponto, está relacionado às ferramentas propostas. Softwares mais complexos e menos utilizados podem ser testados a fim de apresentar diferentes formas de aplicação da metodologia BIM 4D. Sugere-se desenvolver estudos utilizando softwares como o Graphisoft ArchiCAD, o Solibri e o Synchro. Por fim, pode ser interessante propor um estudo de caso que alinha as técnicas de modelagem BIM com as técnicas de planejamento referentes ao Lean Construction. Uma dessas técnicas, a linha de balanço, pode ser utilizada e associada à metodologia BIM 4D, verificando-se seus processos, benefícios e dificuldades.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, C. M. **Simulação de modelos de edifícios utilizando a tecnologia BIM**. 2016. 185f. Dissertação de Mestrado - Curso de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade São Judas Tadeu, São Paulo - SP, 2016.

BIMFORUM. **Level of Development Specification**, 2016.

BOMFIM, C. A. A.; MATOS, P. C. C.; LISBOA, B. T. W. **Gestão de Obras com BIM – Uma nova era para o setor da Construção Civil**. SIGraDi 2016, XX Congress of the Iberoamerican Society of Digital Graphics 9- 11, Buenos Aires, Argentina. 2016.

BIOTTO, C. N. **Método de Gestão da Produção na Construção Civil com Uso da Modelagem BIM 4D**. Dissertação de mestrado. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2012.

BORJEGHALEH, R. M.; SARDROUD, J. M. **Approaching Industrialization of Buildings and Integrated Construction Using Building Information Modeling**. Procedia Engineering, 2016.

BUILDING SMART, **What is OpenBIM?**

Disponível em:

< <https://www.buildingsmart.org/> >

CALLEGARI, S. **Análise da Compatibilização de Projetos em Três Edifícios Residenciais Multifamiliares.** Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2007.

CAMPESTRINI, T. F. **Entendendo BIM, Uma Visão do Projeto de Construção Sob o Foco da Informação, 1º Edição.** Curitiba – PR, 2015

CARREIRÓ, D. C. **Aplicação da Metodologia BIM a um Caso de Estudo através do software Autodesk Navisworks.** ISEL – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa – Área Departamental de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal, 2017

COELHO, S. S.; NOVAES, C. C. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e Ambientes Colaborativos para Gestão de Projetos na Construção Civil.** Artigo - Pelotas – RS, 2008.

CRISTÓVÃO, J. L. B. **Aplicação de Algumas Ferramentas de Engenharia Simultânea numa Empresa Produtora de Bens de Capital sob Encomenda.** Dissertação de Mestrado. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, USP. 1993.

CRUZ, R. C.; QUALHARINI, E. **A qualidade da informação dos desenhos do projeto de estrutura de concreto armado.** Brasil - Rio de Janeiro, RJ. 2004. 7 p. Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto, Rio de Janeiro - RJ., 2004.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção.** Bookman Editora LTDA., Porto Alegre – RS, 2014.

FABRÍCIO, M.M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**. Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FREIRE, F.; MEDEIROS I. R. **Análise de Projeto Estrutural com Modelo BIM**. CONTECC 2016 – Congresso Técnico Científico da Engenharia e Agronomia, Foz do Iguaçu – PR, 2016

GRAZIANO, F. P. **Compatibilização de projetos**. Instituto de Pesquisas tecnológicas – IPT (Mestrado Profissionalizante), São Paulo, 2003.

JACOSKI, C. A.; LAMBERTS, R. **Vetores de Virtualização da Indústria da Construção: A Integração da Informação como Elemento Fundamental ao Uso de TI**. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, ANTAC, Foz do Iguaçu – PR, 2002

KALE, S; ARDITI, D. **Diffusion of Computer Aided Design Technology in Architectural Design Practice**. *Jornal of Construction Engineering and Management* (ASCE), v. 131, p. 1135-1141, 2005.

KENSEK, K. M.; KUMAR, S. **Sustainable design through interoperability: Building information models (BIM) and energy analysis programs, a case study**. *Cadernos de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo*, v. 1, p. 42-58, São Paulo – SP, 2008.

KIVINIEMI, A. **Support for Building Elements in the IFC 2x3 Implementations based on 6th Certification Workshop Result in May 2007**. VTT, 2007

KOO, B.; FISCHER, M. **Feasibility Study of 4D CAD in Commercial Construction**. Journal of Construction Engineering and Management, v. 126, n. 4, 2000.

KOWALTOWSKI, D. K.; MOREIRA, D. C.; PETRECHE, J. R. D.; FABRICIO, M. M. **O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia**. FAPESP, São Paulo – SP, 2011.

LÓPEZ, O. C. **Introdução ao Microsoft Project**. UNISUL – Universidade do Sul de Santa Catarina – Curso de Engenharia Civil, Florianópolis – SC, 2008

McGRAW-HILL CONSTRUCTION. **The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets: How Contractors Around the World Are Driving Innovation With Building Information Modeling**. SmartMarket Report. 2014.

MACHADO, S. R. B.; MELUL, M. **Computação Gráfica em Escritórios de Projetos Informatizados**. Editora Brasport, Rio de Janeiro - RJ, 2005.

MARTINS, P. C. F. **A interoperabilidade entre sistemas BIM e simulação ambiental computacional: estudo de caso**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

MENEGARO, B. F.; PICCININI, A. C. **Aplicação Da Metodologia Bim (Building Information Modeling) No Processo De Projeto, Com Foco Em Compatibilização**. Artigo – UNESP – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma – SC, 2017.

MICALI, J. F. M. **Um modelo para integração da indústria da construção civil.** 151p. Tese de Doutorado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 2000.

MÜNCH, J. R. **Tecnologia BIM: Ciclo do 3D ao 7D.** Artigo – MakeBIM, 2017.

NASYROV, V. et al. **Building information models as input for building energy performance simulation: the current state of industrial implementations.** In:

EUROPEAN CONFERENCE ON PRODUCT AND PROCESS MODELLING, Vienna, 2015.

NETTO, C. C. **Autodesk Revit Architecture 2018 – Conceitos e Aplicações.** 1ª Edição, Editora Saraiva, São Paulo – SP, 2018

NOVAES, C.C. **Ações para controle e garantia da qualidade de projetos na construção de edifícios.** In: Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 1., 2001, São Carlos, SP. Anais...CD-ROM. São Carlos, Departamento de Arquitetura e Urbanismo – EESC, USP, 2001.

NUNES, T. M.; BARBOSA, R. V. **Gerenciamento de riscos em projetos: aplicação prática em um projeto da construção civil.** v. 2, n. 2, p. 190-208, Revista Petra, Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix, Belo Horizonte – MG, 2016.

OXMAN, R. **Theory and design in the first digital age.** Design Studies. Artigo – Technion, 2006.

PEDRINI, M. K. **Engenharia Simultânea: planejamento e controle integrado do processo de produção/projeto na construção civil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.

PITAKE, S. A.; PATIL, P. D. S. Visualization of Construction Progress by 4D Modeling Application. **International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)**, v. 4, n. 7, 2013.

POÇAS, A. R. **Planejamento e Controle de Projetos**. Dissertação de Mestrado, 2015.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X.; MORAIS, M. **O Ensino de BIM no Brasil: Onde Estamos?** Artigo – Ambiente Construído, Porto Alegre – RS, 2013.

SARCAR, M.M.M.; RAO, K. M.; NARAYAN, K. L. **Computer aided design and manufacturing**. New Delhi: Prentice - Hall of India Private Limited, 2008.

SANTOS, B. **Planejamento e BIM 4D**. Artigo – PROA Arquitetura Integrada, 2016.

SENA, T. S. **A Aplicação Da Metodologia Bim Para A Compatibilização De Projetos**. UFBH – Universidade Federal da Bahia, Colegiado do Curso de Engenharia Civil, Salvador – BH, 2012.

SOUSA, F. J. **Compatibilização de projetos em edifícios de múltiplos andares – estudo de caso**. Universidade Católica de Pernambuco, Recife – PE, 2010.

SOUZA, L; LYRIO, A.; AMORIM, S. **Impactos do Uso do BIM em Escritórios de Arquitetura: Oportunidades no Mercado Imobiliário.** IV Encontro De Tecnologia De Informação E Comunicação Na Construção Civil, Rio de Janeiro - RJ, 2009.

SOUZA, R.; MEKBEKIAN, G.; SILVA, M. A C.; LEITÃO, A. C. M. T.; SANTOS, M. M. **Sistema de Gestão da Qualidade para empresas construtoras.** São Paulo, Editora PINI, CTE, SEBRAE/SP, SINDUSCON/SP, 1994.

SPERLING, D. M. **O projeto arquitetônico, novas tecnologias de informação e o Museu Guggenheim de Bilbao.** II Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção Civil. Porto Alegre. 2002.

VELASCO, A. U. **Assessment of 4D BIM applications for project management functions.** Valencia: University of Cantabria, Espanha, 2013.

YARES, E. **50 Years of CAD.** Artigo - Design World, MIT – Massachusetts Institute of Technology – MA, USA, 2013.