

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ALEXANDRE GARCIA VAMONDES

**ANÁLISE DO BIM 4D EM PROCESSO DE PLANEJAMENTO E
CONTROLE: ESTUDO DE CASO**

São Paulo

2021

ALEXANDRE GARCIA VAMONDES

**ANÁLISE DO BIM 4D EM PROCESSO DE PLANEJAMENTO E
CONTROLE: ESTUDO DE CASO**

VERSÃO ORIGINAL

Monografia apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Especialista em Tecnologia
e Gestão na Produção de Edifícios

Área de Concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Giancarlo De Filippi

São Paulo

2021

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-publicação

Vamondes, Alexandre

Análise do BIM 4D em processo de planejamento e controle: Estudo de Caso / A. Vamondes -- São Paulo, 2021.
99 p.

Monografia (Especialização em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Poli-Integra.

1.Planejamento 2.BIM 4D 3.BIM 4.Prazo de Obra I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Poli-Integra II.t.

Aos meus pais, exemplos de caráter e vida. À
minha companheira por todo apoio ao longo da
elaboração do trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Giancarlo De Filippi pela dedicação e ajuda ao longo do trabalho.

Aos professores que compartilharam seus conhecimentos e experiências durante o curso.

Meus sinceros agradecimentos a todos que colaboraram, direta ou indiretamente, para a realização desta monografia.

RESUMO

O planejamento da produção de projetos na construção civil geralmente é bastante complexo e requer análises de muitas variáveis simultâneas. O BIM 4D contribui para análises mais precisas e o bom desempenho do projeto. Este trabalho tem como objetivo analisar os benefícios na implementação do BIM 4D no processo de planejamento e controle de obra. Na revisão bibliográfica foram apresentados conceitos importantes para o entendimento do BIM no planejamento. Para alcançar o objetivo do trabalho, foi realizado um estudo de caso em uma empresa de construção de edifícios com obras na cidade de São Paulo, Campinas e Rio de Janeiro. Foram comparados o processo de planejamento na empresa antes e depois da implantação do BIM. Por meio dessa análise, foi possível constatar muitos dos benefícios obtidos, como a identificação antecipada de interferências construtivas que podem afetar prazos da obra e avaliação do cronograma de forma mais visual.

Palavras-chave: Planejamento. BIM 4D. BIM. Prazo de obra.

ABSTRACT

Planning the production of projects in construction is usually quite complex and requires analysis of many simultaneous variables. BIM 4D contributes to more assertive analyzes and the good performance of the project. This presente study aims to analyze the benefits in the implementation of BIM 4D in the construction planning and control process. In the bibliographic review, important concepts were presented for the understanding of BIM in planning. To achieve the objective of this research a case study was carried out in a building construction company that operates in the city of São Paulo, Campinas and Rio de Janeiro. The planning process was compared before BIM and after the implementation of the technology. Through this analysis, it was possible to verify all the benefits obtained. Some examples: early identification of constructive interferences that can impact construction deadlines, and visual analysis of the construction schedule.

Keywords: Planning, BIM 4D, BIM, construction deadline.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Oportunidade de mudança em função do tempo com fluxo de trabalho BIM.....	22
Figura 2 - Dimensões do BIM	28
Figura 3 - Dimensões do BIM	28
Figura 4 - Processo de BIM 4D	30
Figura 5 - Fluxo do processo de elaboração de cronograma executivo convencional	38
Figura 6 - Macrofluxo padrão da empresa (para obras de estrutura reticulada em concreto) ..	40
Figura 7 - Planejamento logístico da obra	41
Figura 8 - EAP padrão empresa.....	42
Figura 9 - EAP torre	43
Figura 10 - Linha de Balanço	44
Figura 11 - Fluxo do processo de acompanhamento e controle da obra	45
Figura 12 - Atualização de cronograma no software Primavera P6	46
Figura 13 - Relatório " <i>Previsto x Realizado</i> "	47
Figura 14 - Avanço físico real x planejado	48
Figura 15 - Relatório " <i>PPM</i> "	48
Figura 16 - Relatório " <i>ACS</i> "	49
Figura 17 - Relatório mensal de Planejamento.....	50

Figura 18 - Reunião de reporte para diretoria.....	50
Figura 19 - Modelagem de estoques de materiais	52
Figura 20 - Modelagem de estoques de materiais	53
Figura 21 - Modelagem de estoques de materiais	53
Figura 22 - Modelagem da Grua.....	54
Figura 23 - Modelagem da Cremalheira.....	54
Figura 24 - Terraplanagem	55
Figura 25 - Modelagem da contenção	55
Figura 26 - Modelagem da fundação	56
Figura 27 - Modelagem da estrutura.....	56
Figura 28 - Modelagem da Alvenaria.....	57
Figura 29 - Modelagem do emboço da fachada	57
Figura 30 - Modelagem da textura da fachada	58
Figura 31 - Andaimos Fachadeiro	58
Figura 32 - Modelagem do Caixilho.....	59
Figura 33 - Modelagem dos Gradis	59
Figura 34 - Modelagem SLQA.....	60
Figura 35 - Modelagem da Tela piso a piso	60

Figura 36 - Modelagem Bandeja	61
Figura 37 - Modelagem da Periferia das Torres	61
Figura 38 - Modelagem da Periferia das Torres	62
Figura 39 – Fluxo de processo de elaboração de cronograma executivo com o BIM.....	63
Figura 40 - Nome da atividade de estrutura no Primavera P6.....	65
Figura 41 - Nome da atividade de estrutura no Synchro	66
Figura 42 - Estudo de setorização de estrutura Fase 1	67
Figura 43 - Estudo de setorização de estrutura Fase 2	67
Figura 44 - Estudo de setorização de estrutura Fase 3	68
Figura 45 - Estudo de setorização de estrutura Fase 4	68
Figura 46 - Início da Obra (Terraplanagem)	69
Figura 47 - 1º mês de Obra (posicionamento de container para área de vivencia e engenharia)	69
Figura 48 - 2º mês de Obra (posicionamento de central de armação, estoque de aço, estoque de forma e central de concretagem)	70
Figura 49 - 4º mês de Obra (mudança de estoque e forma entrada estoque de cimbramento e caminho seguro)	70
Figura 50 - 5º mês de Obra (posicionamento de portaria e guindaste de apoio, mudança no caminho seguro)	71
Figura 51 - 7º mês de obra (entrada da grua e cremalheira)	71

Figura 52 - 8º mês de obra (entrada de ensacados, stand de vendas, silos de argamassa e ascensão da grua).....	72
Figura 53 - Fluxo do processo de acompanhamento e controle da obra com o BIM.....	73
Figura 54 - Exportando o cronograma do Primavera P6.....	74
Figura 55 - Data antes da importação do Synchro.....	74
Figura 56 - Importação do cronograma no Synchro.....	75
Figura 57 - Data após a Importação no Synchro	75
Figura 58 - Previsto x Realizado em BIM.....	76
Figura 59 - Relatório mensal com o BIM 4D	77
Figura 60 - Apresentação para diretoria com BIM 4D.....	78
Figura 61 - Projeto estudo de caso 1.....	79
Figura 62 - Projeto estudo de caso 1.....	80
Figura 63 - Projeto de fundação do estudo de caso 1	81
Figura 64 - Trecho do projeto de fundação	82
Figura 65 - Detalhe da incompatibilidade construtiva do projeto de fundação.....	82
Figura 66 - Interferência Laje x Talude.....	83
Figura 67 - Projeto de escoramento original da rampa.....	84
Figura 68 - Projeto de escoramento revisado da rampa.....	84
Figura 69 - Sequência construtiva da solução (Fase 1)	85

Figura 70 - Sequência construtiva da solução (Fase 2 - Execução da laje do térreo)	85
Figura 71 - Sequência construtiva da solução (Fase 3 - Retirada do talude).....	86
Figura 72 - Sequência construtiva da solução (Fase 4 - Execução da laje do 1º Subsolo).....	86
Figura 73 - Projeto estudo de caso 2.....	87
Figura 74 - Projeto estudo de caso 2.....	88
Figura 75 - Torre faceada com a calçada.....	89
Figura 76 - Posicionamento do Silo	90
Figura 77 - Projeto estudo de caso 3.....	91
Figura 78 - Projeto estudo de caso 3.....	91
Figura 79 - Incompatibilidade logística estudo de caso 3	92
Figura 80 - Apresentação mensal no estudo de caso 1 do mês 11 de obra.....	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplo de Tabela de Previsto e Realizado	26
Tabela 2 - Duração restante	26

LISTA DE SIGLAS OU ABREVIATURAS

ACS – Acompanhamento Semanal

AEC – Arquitetura Engenharia Construção Civil

BIM – *Building Information Modeling*

EAP – Estrutura Analítica de Projeto

LOD – *Level of Development*

PPM – Previsto Próximo Mês

PMI - *Project Management Institute*

PMBOK - *Project Management Body of Knowledge*

BIM 3D – BIM com modelo de dimensões geométricas

BIM 4D – BIM com modelo de dimensões geométricas e temporais

BIM 5D – BIM com modelo de dimensões geométricas, temporais e orçamentárias

BIM 6D – BIM com modelo de dimensões geométricas, temporais, orçamentárias e sustentáveis

BIM 7D – BIM com modelo de dimensões geométricas, temporais, orçamentárias, sustentáveis e manutenção.

SLQA – Sistema limitador de quedas de altura

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	CONTEXTO.....	17
1.2	JUSTIFICATIVA.....	18
1.3	OBJETIVOS.....	19
1.3.1	OBJETIVO GERAL.....	19
1.3.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	19
1.4	MÉTODO DE PESQUISA.....	19
1.4.1	DELINEAMENTO DA PESQUISA	20
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
2.1	PLANEJAMENTO E CONTROLE	22
2.1.1	PLANEJAMENTO DO CANTEIRO DE OBRA	23
2.2	ROTEIRO DE PLANEJAMENTO	23
2.2.1	IDENTIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES.....	23
2.2.2	DEFINIÇÃO DAS DURAÇÕES	24
2.2.3	DEFINIÇÃO DA PRECEDÊNCIA.....	24
2.2.4	IDENTIFICAÇÃO DO CAMINHO CRÍTICO.....	24
2.2.5	GERAÇÃO DO CRONOGRAMA.....	25
2.3	ROTEIRO DE CONTROLE	25

2.3.1	MEDIÇÃO DAS ATIVIDADES.....	25
2.3.2	ATUALIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO	26
2.3.3	ANÁLISE DO DESEMPENHO	27
2.4	BIM (MODELAGEM DA INFORMAÇÃO NA CONSTRUÇÃO). 27	
2.4.1	BIM 4D – TEMPO DO PROJETO	29
2.4.2	PROCESSO DE PLANEJAMENTO EM BIM 4D.....	30
2.4.3	INTEROPERABILIDADE	31
2.4.4	DIRETRIZES PARA PLANEJAMENTO EM BIM.....	31
2.4.5	BENEFÍCIOS DO BIM 4D	33
2.4.6	FERRAMENTAS BIM 4D.....	34
2.4.7	SEGURANÇA DO TRABALHO COM BIM.....	35
3	DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	37
3.1	PROCESSO DE PLANEJAMENTO CONVENCIONAL	37
3.1.1	ELABORAÇÃO DO PLANEJAMENTO CONVENCIONAL	37
3.1.2	ACOMPANHAMENTO E CONTROLE CONVENCIONAL.....	45
3.2	ESCOLHA DO SOFTWARE PARA O BIM 4D.....	51
3.3	DIRETRIZ DA MODELAGEM	51
3.4	PROCESSO DE PLANEJAMENTO EM BIM	62
3.4.1	ELABORAÇÃO DO CRONOGRAMA EXECUTIVO EM BIM.....	63
3.4.2	ACOMPANHAMENTO E CONTROLE EM BIM.....	72
4	ANÁLISES E RESULTADOS	79

4.1	INCOMPATIBILIDADE CONSTRUTIVA	79
4.2	INCOMPATIBILIDADE LOGÍSTICA.....	87
4.3	PREVISTO X REALIZADO	93
4.4	TREINAMENTOS E CULTURA	94
4.5	FLUIDEZ DA INFORMAÇÃO.....	95
5	CONCLUSÃO	96
6	REFERÊNCIAS	98

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO

Succar (2009) define que “BIM é um conjunto interativo de políticas, processos e tecnologias gerando uma metodologia para gerenciar dados essenciais de projeto em formato digital durante todo ciclo de vida de uma edificação”. O BIM 4D é um modelo tridimensional com todas as informações geométricas ligadas ao tempo que pode ser editadas e revisadas a fim de obter planos mais eficiente para a obra (EASTMAN et al, 2014).

A utilização de tecnologias e processo em BIM pode ser fundamental para as mudanças necessárias no quesito produtividade na construção no Brasil. De acordo com Almeida (2019), o BIM permite uma construção digital do projeto integrando todas as disciplinas com as informações pertinentes para alimentar o planejamento, execução e manutenção da obra.

Com o objetivo de incentivar o desenvolvimento do setor da construção e obter mais produtividade e economia nas obras públicas e maior transparência aos processos licitatórios, o governo brasileiro por meio do decreto nº 10.306 de 2 abril de 2020, estabeleceu a utilização do BIM na execução de obras e serviços de engenharia realizadas pelos órgãos e pelas entidades de administração pública federal, o processo de implementação será de forma gradual nas obras. Este decreto indica a importância da ferramenta para o futuro da construção civil do Brasil.

Em outros países, mudanças de contrato para inserção de BIM nos projetos já era comuns há anos. Segundo Eastman et al. (2014) “Uma pesquisa conduzida no começo de 2007 descobriu que 74% dos escritórios de arquitetura nos Estados Unidos já estavam utilizando a modelagem 3D e ferramentas BIM”.

Com base na conclusão do artigo de Ruschel (2013), o conceito BIM nas universidades no mundo vem sendo implantado de forma gradual nos cursos de Arquitetura e Engenharia Civil, com isso os ensinamentos internacionais estão mais amadurecidos com a ferramenta. Em Hong Kong diversos novos projetos já estão com o BIM implantado desde a fase inicial, o governo vem incentivando a prática através de treinamentos dos profissionais. A contribuição dos órgãos

públicos deve ser de grande valia para a inserção do BIM mais rapidamente devido à grande capacidade de investimentos em tecnologias.

1.2 JUSTIFICATIVA

A crise financeira de 2014 impactou profundamente o setor da construção civil. “O mercado brasileiro de construção civil viveu uma crise sem precedentes. Segundo levantamento de MELHORES E MAIORES, a rentabilidade do setor caiu de 11,2% em 2013 para 2,3% em 2014. Apenas três das 23 empresas de construção classificadas entre as 500 maiores do país conseguiram crescer no último ano.” (EXAME, 2015)

Segundo Brito e Ferreira (2015) os processos de planejamento são fundamentais para o projeto atender os pilares de custo, prazo e qualidade, visto que tem influência direta na produtividade no canteiro de obras. Após 2014, as empresas perceberam a necessidade de investir em inovação e melhoria nos processos, para reduzir custos e aumentar a produtividade do setor que conseqüentemente impactaria positivamente na competitividade das empresas, logo planejamento seria a área mais adequada para investir os esforços.

A melhor maneira de inovar em determinada disciplina e colher resultados satisfatórios é atuar nos gargalos relacionado ao tema. Conforme citado por Hartmann et al. (2008), uma das maiores dificuldades da indústria da construção é visualizar o planejamento do projeto em três dimensões, em razão da geração de cronogramas de interpretação abstrata para os usuários, devido ao grande número de atividades e precedências. Os Modelos 4D conectam aspectos espaciais com temporais do projeto, melhorando a confiabilidade dos cronogramas e minimizando problemas de comunicação.

Essa dificuldade de visibilidade foi corroborada por Brito e Ferreira (2015). Os autores citam que, em razão do cronograma ser um documento unidimensional e abstrato, há uma grande dificuldade em se interpretar o planejamento em método tradicional.

Ainda segundo Brito e Ferreira (2015), o fluxo de informação proporcionado pelo BIM contribui para sinalizar projetos incompatíveis e tomadas de decisão de forma errônea. E ainda, o BIM na construção civil pode trazer diversas vantagens para os resultados dos projetos, poupando tempo e dinheiro. O BIM 4D permite um melhor planejamento dos processos

construtivos e economizando recursos. Pode também reduzir as chances de erros e conflitos (EASTMAN et al, 2014).

Eadie et al. (2013) elaboraram um estudo com o objetivo de identificar e analisar os motivos das empresas implementarem o BIM. Os motivos mais comentados são: a identificação prévia de interferências construtivas, o estudo de sequência construtiva e a melhora na comunicação com as equipes envolvidas no projeto.

A motivação para o estudo em questão provém da necessidade do setor da construção de melhorar seus processos e adquirir novas tecnologias para aumentar a produtividade, e as vantagens do BIM 4D proporciona uma melhoria no fluxo das informações tornando a gestão de obras mais eficiente.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal desta pesquisa é a analisar as vantagens e desvantagens do planejamento utilizando o BIM (ou o chamado BIM 4D) comparando-o com o planejamento convencional.

1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Como objetivos específicos da pesquisa podem-se citar:

- verificar as boas práticas na modelagem para utilização do BIM 4D em construtoras;
- verificar as boas práticas no processo de planejamento com o BIM 4D; e
- sugerir melhorias no processo de modelagem 4D da empresa

1.4 MÉTODO DE PESQUISA

Para atender aos objetivos desta pesquisa, citados no item anterior, foi realizado um estudo de caso em uma empresa construtora que implantou o BIM 4D em seus processos de planejamento.

O estudo de caso buscou a comparação do processo de planejamento da empresa anterior à implementação do BIM 4D, com o processo atual, já estruturado.

O estudo de caso foi realizado em uma empresa de porte grande, com mais de 5.000 funcionários diretos e indiretos, que realiza incorporação e construção de imóveis de média, alta e altíssima renda, situados na cidade de São Paulo, Campinas e Rio de Janeiro.

A empresa visualizou oportunidades de ganhos a partir de 2017, ano que iniciou os estudos para implantação. Em 2018 o BIM 4D começou a ser utilizado na empresa de forma gradual, nos projetos que iniciaram a partir desse período (o processo de planejamento utilizou o modelo BIM desde o estudo do cronograma inicial das novas obras). Nos projetos que já estavam em andamento em 2018 manteve-se o processo convencional.

1.4.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A pesquisa pode ser dividida em 3 fases, conforme detalhado a seguir:

a. Revisão bibliográfica

A primeira fase consiste na compreensão da teoria de planejamento de obras, servindo como base para a análise crítica do processo de planejamento tradicional da empresa estudada. Para esta compreensão foi realizada uma revisão bibliográfica ampla sobre o tema, em fontes variadas tais como livros, artigos, dissertações, monografias e sites.

Além disso, ainda na primeira fase, buscou-se preencher possíveis lacunas do conhecimento dos temas referentes à modelagem em 4D e BIM, também através de uma revisão bibliográfica sobre o tema, e assim solidificar a avaliação do método implementado pela empresa. Este tema foi referenciado de forma criteriosa por se tratar do assunto central do trabalho.

b. Fase de desenvolvimento

Na segunda fase foram analisados procedimentos da empresa em revisões anteriores à implantação, ou seja, que não continham o BIM 4D no processo de planejamento. Detalhou-se todo o processo de planejamento e os relatórios gerados, descrevendo-se o objetivo de cada um e como são utilizados na gestão de prazo da obra. Para melhor entendimento desta pesquisa, neste trabalho este planejamento foi denominado de “planejamento convencional”.

De forma análoga, foram coletados os dados do procedimento atual da empresa, já com o BIM 4D implementado, descrevendo-se em que parte do processo foi inserida a modelagem 4D e quais as mudanças observadas na gestão da obra. Serão citados também algumas boas práticas no processo para a melhor fluidez do planejamento da obra.

c. Fase de análises e resultados

Na última fase, apresenta-se análise do processo descrito na fase anterior, com exemplos reais de benefícios e vantagens com a implementação do método na gestão da obra. Além disso, foram analisadas as boas práticas adquiridas pela equipe de planejamento da empresa, ao longo do tempo de uso, bem como detalhes da implementação que garantiram a eficiência do processo.

Tanto a fase de desenvolvimento, como a fase de análises dos resultados foram baseadas em informações coletadas através de experiências do autor atuando na área de planejamento da empresa.

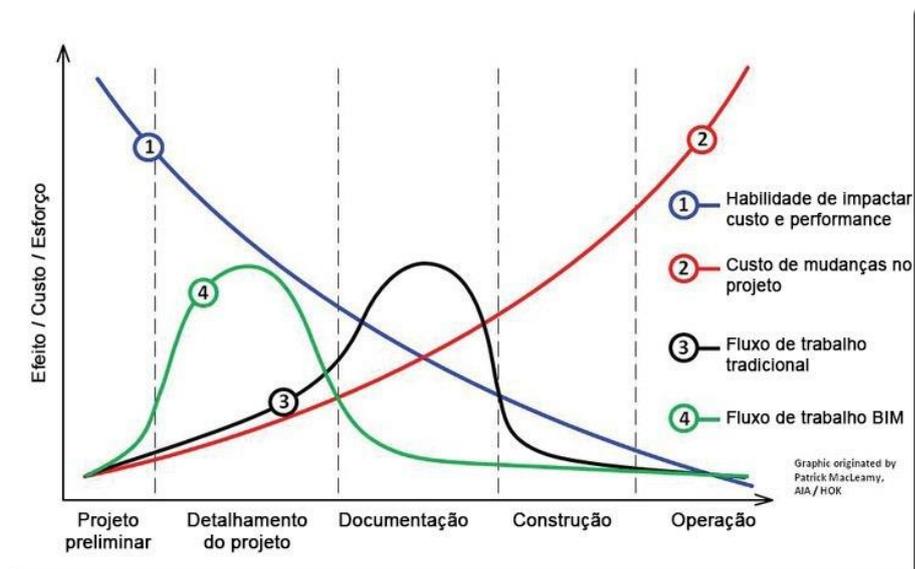
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE

O planejamento é um dos principais elementos do gerenciamento. Planejar é garantir a perenidade da empresa através da capacidade que os gerentes ganham de dar retornos rápidos e precisos se antecipando aos riscos por meio de monitoramento da evolução do empreendimento e do eventual redirecionamento estratégico. Por falta de planejamento e controle, a equipe da obra deixa para tomar providências quando o quadro de atraso é irreversível (MATTOS, 2010).

Quanto mais cedo for a intervenção, menores serão os prejuízos. De acordo com Leão (2015), a época em que se pode mudar a estratégia do planejamento a um custo mais baixo é denominada “oportunidade construtiva”. Com o passar do tempo essa intervenção passa a ter um custo mais elevado, podendo causar diversos prejuízos (intervenção destrutiva). Segundo Matos (2015) a inserção do BIM pode causar uma sensação de aumento de trabalho, porém após a parte de documentação há uma redução abrupta do trabalho e custo do projeto, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Oportunidade de mudança em função do tempo com fluxo de trabalho BIM



Fonte: (MATOS, 2015).

2.1.1 PLANEJAMENTO DO CANTEIRO DE OBRA

Segundo Gehbauer et al. (2002), as decisões no planejamento da obra têm influência direta no canteiro da obra. O planejamento do canteiro é fundamental para uma melhor execução das atividades da construção, impactando na execução. Para Frankenfeld (1990) o planejamento de um canteiro de obras é definido como um planejamento do layout e da logística das suas instalações provisórias, instalação de segurança e sistema de movimentação e armazenamento de materiais, equipamentos e áreas de trabalho e de estocagem.

Segundo Ferreira et al. (2012), uma das grandes dificuldades encontradas pelas construtoras é a visualização correta do planejamento da obra ao longo do tempo e sua integração com os elementos do canteiro. Portanto, o processo de planejamento do canteiro é fundamental para obter a melhor utilização do espaço físico disponível, de forma a possibilitar que homens e máquinas trabalhem com segurança e eficiência, principalmente através da minimização das movimentações de materiais, componentes e mão-de-obra.

2.2 ROTEIRO DE PLANEJAMENTO

Segundo Mattos (2010), um bom planejamento segue um roteiro que é composto pelo seguintes etapas: identificação das atividades, definição das durações, definição da precedência, identificação do caminho crítico e geração do cronograma.

2.2.1 IDENTIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES

Segundo PMI (2018), uma das primeiras atividades do planejamento relaciona-se com a identificação e documentação das ações específicas a serem realizadas.

Esta etapa é responsável pela determinação das atividades que comporá o cronograma. É necessário bastante atenção nesta parte, pois, uma vez que algum serviço não estiver contemplado no cronograma, futuramente terá problemas com o prazo da obra (MATTOS, 2010).

A melhor forma de identificação das atividades é através de uma estrutura analítica do projeto (EAP), a utilização de EAP tem o objetivo de facilitar a organização e permitindo que a lista de atividade seja facilmente checada e corrigida (MATTOS, 2010).

2.2.2 DEFINIÇÃO DAS DURAÇÕES

Conforme PMI (2018), definir de durações significa estimar o número de períodos necessários para terminar a atividade com os recursos disponíveis. Para o âmbito da construção é possível realizar a estimativa das durações através das informações de quantitativos de serviço e da produtividade da equipe. Pode-se exemplificar da seguinte maneira: para uma determinada obra temos 150 m² de alvenaria por pavimento, sendo que a produtividade do pedreiro é 1,8 m²/h e a jornada de trabalho diária é 8 horas, portanto, considerando 2 pedreiros, a duração da atividade será de 5 dias por pavimento.

2.2.3 DEFINIÇÃO DA PRECEDÊNCIA

Segundo PMI (2018), definir precedência é basicamente sequenciar as atividades determinando as relações entre elas com lógica na execução. “Nessa fase, é importante que a equipe da obra chegue a um consenso sobre lógica construtiva, plano de ataque da obra, relacionamento entre as atividades e sequência de serviços mais coerentes e exequível, para que o cronograma faça sentido” (MATTOS, 2010).

2.2.4 IDENTIFICAÇÃO DO CAMINHO CRÍTICO

O Método Caminho Crítico é uma técnica para analisar a rede do cronograma. O período de tempo de que uma atividade pode dispor além de sua duração denomina-se “folga”. O Caminho crítico do projeto é a sequência de atividades que produz o tempo mais longo, ou seja, é aquela que define o prazo total. Outra definição é o caminho das atividades que têm folga zero (PMI, 2018).

Nesta etapa, identifica-se as atividades críticas e conseqüentemente o caminho crítico, é de suma importância a análise dessas atividades, pois o caminho crítico representa qualidade do

planejamento. Importante avaliar se o resultado faz sentido com base em experiências anteriores (MATTOS, 2010).

2.2.5 GERAÇÃO DO CRONOGRAMA

Após a conclusão das etapas acima, são calculadas as folgas, geralmente com auxílio de um software, e gera-se o cronograma para o acompanhamento da obra, esse primeiro cronograma da obra é definido como cronograma base (PMI, 2018).

2.3 ROTEIRO DE CONTROLE

Segundo PMI (2018), na gestão do tempo, após o planejamento é necessário o processo de monitoramento do andamento do projeto para atualização do seu progresso e gerenciamento de mudanças feitas na linha de base. Maximiano (2000) cita a importância do controle para evitar eventuais surpresas, com três principais benefícios, sendo eles, tomada rápida de decisões, equilíbrio e melhor desempenho.

O controle de obras é feito seguindo três etapas sequenciais: medições periódicas com base nas previsões originais, comparação de previsto e real, e conclusão e tomada de medidas corretivas (QUEIROZ, 2001).

Mattos (2010) por sua vez, ratifica esta importância e denomina essas três etapas como: medição das atividades, atualização do planejamento e interpretação do desempenho.

Neste trabalho será considerada a denominação de Mattos (2010).

2.3.1 MEDIÇÃO DAS ATIVIDADES

Nesta etapa é atualizado o “status” de cada atividade do cronograma até a data da medição. Registra-se (ou coleta-se) a data de início, data de término e percentual executado de cada atividade, para futura comparação com o previsto. Para aferir o progresso da obra, é possível usar a comparação do “previsto e realizado” como ferramenta para indicar as atividades que

estão atrasadas, adiantadas e no prazo (MATTOS, 2010). Na Tabela 1 pode ser observado um exemplo do controle “previsto e realizado”.

Tabela 1 – Exemplo de Tabela de Previsto e Realizado

Atividade	Realizado	Previsto
A	100%	100%
B	100%	100%
C	100%	100%
D	60%	80%
E	80%	100%
F	83%	67%
G	20%	0%

Fonte: (O Autor, 2020)

2.3.2 ATUALIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO

Uma vez apropriado o progresso das atividades, é importante atualizar o cronograma base.

Assim, nesta etapa, ajusta-se o cronograma para as condições reais de andamento da obra. Com isso, as atividades atrasadas são postergadas, bem como as atividades que foram executadas antes do previsto, antecipam suas sucessoras.

A reprogramação é geralmente calculada através das durações restantes das atividades. Na Tabela 2 apresenta-se um exemplo, onde uma atividade tinha no planejamento inicial 5 dias de duração. Após a medição, restam 3 dias para o término, portanto o cálculo será com base nos 3 dias restantes (MATTOS, 2010).

Tabela 2 - Duração restante

Atividade	Duração inicial (dia)	Medição (dia)	Duração Restante (dia)
Revestimento cerâmico	5	2	3

Fonte: (O Autor, 2020)

2.3.3 ANÁLISE DO DESEMPENHO

Nesta etapa é importante a análise do percentual físico acumulado realizado do projeto comprando-o com o percentual acumulado previsto no cronograma base, pois é um indicador importante para avaliar o risco de atraso da obra. É necessário analisar se houve alteração do caminho crítico, pois com o atraso de algumas atividades, é possível que sejam consumidas as folgas das atividades do caminho crítico original, gerando possivelmente um novo caminho crítico para a obra (MATTOS, 2010).

2.4 BIM (MODELAGEM DA INFORMAÇÃO NA CONSTRUÇÃO)

Segundo Eastman et al., 2013 o BIM (ABNT NBR 15.965 – Modelagem da Informação na Construção) “é um dos mais promissores desenvolvimentos na indústria relacionada a arquitetura, engenharia e construção (AEC). Com a tecnologia BIM, um modelo virtual preciso de uma edificação é construído de forma digital. Quando completo, o modelo gerado computacionalmente contém a geometria exata e os dados relevantes, necessários para dar suporte à construção, à fabricação e ao fornecimento de insumos necessários para realização da construção.”

Segundo Reddy (2012), BIM é a utilização de um modelo digital com todas as informações do projeto, visando a melhoria da construção até a operação do empreendimento. Entretanto existe uma percepção incorreta que o BIM se limita a ser apenas uma melhoria do CAD 2D, fornecendo uma representação em 3D da construção. “É importante entender que a noção de BIM como melhoria tecnológica é mais conceitual que a analítica” (REDDY, 2012). Portanto, BIM é uma mudança de processo com ajuda de ferramentas tecnológicas.

De acordo com Santos (2012), para ter um projeto em BIM é necessário que um modelo de informação seja retroalimentado durante toda o ciclo de vida, inclusive na fase de produção e utilização. Esse modelo terá as informações de todas as disciplinas que envolvem um projeto, podendo ser útil para o desenvolvimento, simulações, orçamentações, planejamento, controle, construção e até mesmo manutenção.

Modelar um projeto de forma tridimensional simplesmente não faz este um projeto em BIM. Será necessário interligar as informações geométricas com as demais informações de um projeto, tais como: planejamento, orçamento, sustentabilidade e operação. Segundo Gonçalves Junior (2019), é possível dividir o BIM em camadas de inserção de informação, comumente denominada como “dimensões” variando de 1D a 7D, conforme apresentado na Figura 2. É importante salientar que as dimensões podem ser trabalhadas de forma não sequencial e de acordo com a necessidade do gestor do projeto.

Figura 2 - Dimensões do BIM



Fonte: (SIENGE, 2020)

Entretanto, Lee, et al. (2005) apresenta o BIM 6D como sendo a integração da informação para o proprietário, ou seja, o BIM após a construção, conforme indicado na Figura 3.

Figura 3 - Dimensões do BIM

Dimensão do desenvolvimento	Descrições	Impacto no stakeholder
3D	Consiste dos dados bi ou tridimensionais dos projetos das edificações. BIM 3D pode ser definido como “apresentação geométrica, descrições paramétricas e normativas legais associadas com a construção de um edifício”	Equipe de Projeto, Fornecedor
4D (3D + Tempo)	Conecta a informação relacionada à programação/tempo aos elementos do modelo 3D de forma a sequenciar o processo da construção ao longo do tempo	Construtor, Sub-empregado
5D (3D + Custo)	Adiciona informação relacionada a custo aos elementos do modelo 3D. Isto permite agilizar a extração de quantidades e orçamentação diretamente do modelo 3D	Levantador de Quantidades
6D (3D + FM)	Integra a informação de FM e ciclo de vida. 6D está relacionada com a informação do ativo útil para os processos de FM, mas após 5D não existe consenso nas dimensões alcançadas na literatura	Facility Manager, Proprietário
nD (3D + ...nD)	Outras dimensões possíveis associadas com o modelo BIM	Pode ser relacionado a qualquer stakeholder citado

Fonte: (LEE, et al, 2005)

“Tais evidências reforçam a tese de que enquanto não se tenha definido tais usos de forma clara e inequívoca em normas, essa denominação não deva ser utilizada para não gerar incorreções nas especificações de trocas de informações, além de farsas expectativas e/ou resultados durante o ciclo de desenvolvimento e operação dos ativos” (SUZUKI, 2020).

2.4.1 BIM 4D – TEMPO DO PROJETO

Os métodos tradicionais de planejamento, algumas vezes, não capturam os componentes espaciais relacionados às atividades que serão executadas, e também, não fazem conexão com o projeto ou modelo da construção. Apenas pessoas que fazem parte do projeto e estão familiarizadas conseguem determinar se o cronograma elaborado é exequível ou não. O BIM 4D foi desenvolvido para tratar esta deficiência (EASTMAN et al.,2013).

O BIM 4D são modelos em 3D que também têm associações temporais, o que permite planejadores planejar de forma visual e comunicar no contexto do espaço e do tempo. Aplicando informações espaciais, interligando as atividades com os elementos, é possível otimizar as sequências construtivas e encontrar riscos e interferências, aumentando a confiabilidade dos cronogramas e a melhoria da gestão da comunicação (BRITO e FERREIRA, 2015).

O BIM 4D proporciona uma visualização da evolução do cronograma físico de forma bem semelhante no canteiro de obras, permitindo comparações em diferentes cenários, melhorando as tomadas de decisões (EASTMAN et al.,2013).

O BIM para planejamento pode resolver diversos problemas no processo, relata Saini e Mhaske (2013), pois inclui o modelo 3D junto ao cronograma da obra, tornando-o mais visível e melhorando o entendimento.

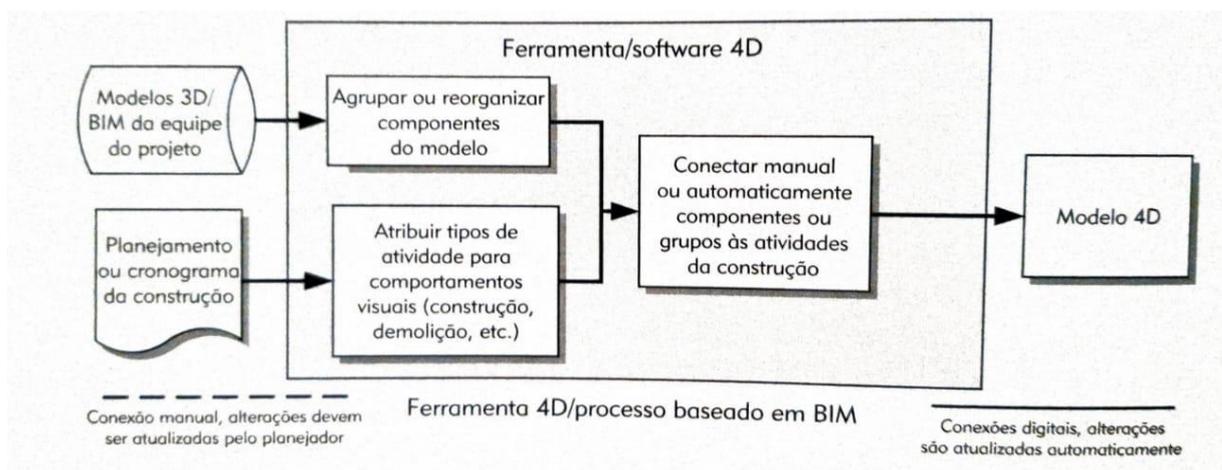
É possível obter-se uma melhoria no planejamento do canteiro de obra, afirma Kymmell (2008). De acordo com o autor, como a maioria dos elementos tridimensionais estarão ligados a alguma atividade, por esses elementos ocuparem um espaço, quando se incluir equipamentos e estruturas necessárias para a execução de obra (grua, área de vivência, alojamentos, local dos materiais, etc.), será possível analisar de forma mais clara as interferências na implantação em cada fase da obra.

A ferramenta BIM 4D pode ser de grande importância para a programação e acompanhamento dos serviços da construção. No método tradicional o cronograma tem quantidades elevadas de atividades de construção, tornando-o difícil relacionar atividades paralelas. Utilizando a modelagem da informação é possível encontrar eventuais falhas no provisionamento das atividades. Além disso, conectando o cronograma com o BIM é possível identificar facilmente onde o atraso nas atividades previstas vai ocasionar um impacto maior na construção (EASTMAN et al.,2013).

2.4.2 PROCESSO DE PLANEJAMENTO EM BIM 4D

A maioria das ferramentas BIM não têm a capacidades de vincular automaticamente a modelagem ao cronograma, e requer ferramentas adicionais. Com isso, algumas empresas especializadas em produção de softwares começaram a oferecer ferramentas 4D, com a função de integração do modelo 3D e o cronograma. Essas ferramentas são fundamentais ao planejador para a viabilidade do processo, facilitando a produção e edição de modelos em 4D. O planejador conecta os componentes do modelo 3D nas atividades do cronograma (EASTMAN et al.,2013). A Figura 4 mostra uma sugestão de fluxo do processo.

Figura 4 - Processo de BIM 4D



Fonte: (EASTMAN et al.,2013)

No processo proposto por Eastman et al. (2013), no início o modelo 3D é elaborado seguindo as diretrizes que serão descritas adiante. Paralelamente, o planejador elabora o cronograma da obra. Em seguida, é necessário agrupar e reorganizar o modelo para se adequar ao cronograma,

para que, através de uma ferramenta 4D, o cronograma seja conectado com o modelo de forma automática, facilitando a atualização.

2.4.3 INTEROPERABILIDADE

Interoperabilidade pode ser definida como “habilidade de dois ou mais sistemas ou componentes trocar informações e utilizar as mesmas dentro das respectivas soluções” (INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, 1990).

Segundo Eastman et al. (2013), uma parte dos dados do modelo são gerados para serem compartilhados com outras aplicações, tais como: estudos iniciais de viabilidade, colaboração dos engenheiros e outros consultores, e na própria construção em si.

A baixa capacidade de interoperabilidade de softwares pode impactar diretamente no resultado de um projeto, dificultando planejamento, orçamentação e gerenciamento da obra. Quanto maior for o empreendimento, maior quantidade e mais complexa é a informação. Problemas de falta de comunicação entre sistemas e disciplinas, na maioria das vezes, só é percebida na fase da construção, impactando o desempenho diretamente (JEONGC et al., 2015).

Em um estudo de Gallaher (2004), as causas de gastos de quase 16 bilhões de dólares por ano pela indústria da construção americana são a necessidade de reentrada de dados, duplicação de tarefas e dependência de sistemas baseados em papel, com fortes implicações em custo, tempo e qualidade em todas as etapas de um empreendimento de construção.

2.4.4 DIRETRIZES PARA PLANEJAMENTO EM BIM

Segundo Eastman et al. (2014), existem algumas diretrizes necessárias para se elaborar um modelo 4D que permitem a maior fluidez do processo de planejamento em BIM:

- Escopo do Modelo

A variação do escopo depende do objetivo do modelo, qual o ciclo de vida do modelo, quais fase irão representar. Se um modelo será utilizado apenas para representar o caminho crítico de

um edifício de 20 pavimentos, portanto será necessário apenas modelar-se a fundação estrutura, alvenaria e fachada. Portanto, é preciso avaliar quais itens críticos serão representados e comunicados (EASTMAN et al.,2014).

- Reorganização

A organização das atividades do cronograma precisa ser o mais semelhante possível da organização da hierarquia dos objetos do modelo com o intuito de facilitar os relacionamentos dos componentes e atividades (EASTMAN et al.,2014).

- Componentes temporários

O modelo do projeto deve representar o processo construtivo de modo preciso, incluindo estruturas temporárias, detalhes de escavação ou outros detalhes que existem durante a construção para identificar possíveis interferências, questões de segurança e melhoria da produção (EASTMAN et al.,2014).

- LOD (Nível de desenvolvimento)

O *Level of Development* (LOD) foi definido por Bendrick et al. (2020) no BIM Fórum como sendo “uma ferramenta de referência para melhorar a qualidade da informação entre os usuários do BIM sobre as características dos elementos no modelo”

“As funções nas quais um modelo irá atuar determina o nível de detalhes da informação. Por exemplo, para análise da programação em 4D, um modelo menos detalhado é adequado. Entretanto, deve conter informações sobre trabalhos temporários (andaimes, escavações) e mostrar, em fases, como a construção será organizada (como a concretagem sobre uma laje será realizada, etc.)” (EASTMAN et al. 2014, pp 205 - 206).

Os objetos do modelo devem ser agrupados de forma compatível com as fases da construção e conectados às atividades do cronograma. Para exemplificar, se uma laje será concretada em 3 etapas, ela deve ser modelada com três seções de forma que seja possível ilustrar e planejar esta sequência.

2.4.5 BENEFÍCIOS DO BIM 4D

Segundo Eastman et al. (2014), existem 4 principais benefícios do BIM 4D. A comunicação, que o planejador consegue comunicar de forma visual os processos construtivos; riscos e interferências para as partes interessadas; logística do canteiro, pois o planejador pode coordenar as áreas de armazenamento, acessos e locação de grandes equipamentos integrados com a construção; a coordenação das disciplinas, que possibilita o planejador pode coordenar o fluxo no tempo e espaço das atividades do canteiro, identificando interferências, e comparação de cronogramas e acompanhamento do progresso da construção, comparando o realizado com o programado identificando rapidamente se o projeto está atrasado ou em dia.

No artigo de Silva et al. (2019), foram levantadas as recorrências dos benefícios do BIM 4D em diversas bibliografias. Destaca-se em sua conclusão que em 28% das bibliografias encontradas citavam “redução de retrabalho” como grande benefício. Outros 22% indicam “simulações de processos construtivos”, seguido de “integração e automação do sistema de monitoramento” (16%), “controle virtual de obras” (16%), “detecção de incompatibilidades” (16%) e “melhoria do arranjo físico e logístico do canteiro de obras” (16%).

A “facilidade de encontrar erro de processos construtivos” e “conflito com equipamentos de transporte e segurança” são benefícios explícitos, relata (BIOTTO et al., 2013). Além disso, o aumento da quantidade de informações facilita a tomada de decisão do gestor de obras.

A modelagem em 4D contribui para uma melhoria no planejamento, tornando-o mais preciso, pois possibilita identificação de interferências e a visualização das sequências construtivas. Além disso, é possível gerenciar a logística da obra, representando equipamentos, armazenamentos, fluxo de materiais e pessoas (ZHANG et al., 2008).

Segundo Mahalingam et al. (2010), como é mais fácil a visualização do planejamento, os gestores conseguem compreender de forma mais rápida e tomar decisões mais precisas, além de melhorar a comunicação em reuniões sobre o projeto.

No artigo de Suzuki e Santos (2015), foi elaborado uma pesquisa para avaliar a percepção geral de resultado e resultado em função do investimento realizado na iniciativa 4D. A pesquisa apontou que 57% dos entrevistados avaliam o resultado do 4D entre 7 e 10 em uma escala de 0

a 10 e no quesito custo benefício 58% avaliaram 7 a 10 na mesma escala. Isso mostra que a iniciativa está sendo bastante positiva pela maioria dos usuários. Treinamento e desenvolvimento.

“BIM é, de fato, um novo ambiente da tecnologia da informação, o qual requer treinamento, configuração de sistemas, configuração de modelos para documentos, bibliotecas e adaptação para revisão de projetos e procedimentos de aprovação, frequentemente combinados com novas práticas de negócios. Tudo isso precisa ser desenvolvido de forma crescente, em conjunto com métodos de produção existentes, de forma que os problemas de aprendizados não coloquem em risco a finalização dos empreendimentos atuais” (EASTMAN et al. 2014, p 198).

Na conclusão do artigo Silva et al. (2019) são explanadas as dificuldades da implantação da tecnologia BIM 4D. Como fatores descritos pelos autores podemos destacar a falta de treinamento especializado, bem como falha na mudança de cultura para a implementação da metodologia.

2.4.6 FERRAMENTAS BIM 4D

No estudo de Castronovo et al. (2014), foram realizadas entrevistas com profissionais da indústria da AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção) a fim de determinar um conjunto de diretriz de ferramentas 4D. Os autores sugeriam dois grupos de diretrizes.

O primeiro grupo é relacionado à interface do usuário, que necessita conter uma visualização da visão 3D e do planejamento do modelo, mostrando as atividades da programação. A interface teria a necessidade de oferecer uma visão geral com opção de simulação, zoom, filtro de informação e consulta de detalhes do projeto.

O segundo conjunto de diretrizes refere-se à representação gráfica dos elementos da construção, relacionando aspectos de cor, iluminação, transparência e qualidade gráfica durante o processo de simulação 4D. Esses aspectos são importantes por exemplo, para se identificar com uma determinada aparência a atividade que está sendo executada.

Segundo Eastman et al. (2014), existem alguns pontos para se avaliar na escolha da ferramenta utilizada para a melhor fluidez do processo, tais como:

- Capacidade de importação de BIM: quais dados do objeto são importados (geometria, nomes, hierarquia, identificadores únicos)? Quanto mais dados, melhor para a modelagem 4D;
- Capacidade de importação do cronograma: que formato de cronograma a ferramenta importa? É necessário que seja compatível com a ferramenta de planejamento utilizada;
- Fusão / Atualização do modelo 3D/BIM: é possível juntar diversos arquivos do modelo em apenas um? Alguns empreendimentos são modelados em múltiplas ferramentas BIM, necessitando juntá-las posteriormente;
- Reorganização: é possível reorganizar os dados importados? A reorganização pode agilizar o processo de modelagem;
- Componentes temporários: é possível adicionar objetos temporários, como, andaime, guindaste, área de escavação, etc.? O ideal seria existir uma biblioteca para o usuário inserir os equipamentos facilmente;
- Animação: o usuário consegue simular o comportamento de uma grua ou outros equipamentos?
- Saída: o usuário consegue exportar filmes e animações de forma prática e com períodos específicos?
- Conexão automática: é possível conectar os objetos do modelo às atividades do cronograma de forma automática?

2.4.7 SEGURANÇA DO TRABALHO COM BIM

A modelagem dos equipamentos de segurança utilizado durante a execução dos serviços pode revelar condições inseguras e riscos elevados de acidentes. O modelo visual permite a equipe avaliar as condições de forma mais precisa (EASTMAN et al. 2014). No projeto de um edifício, por exemplo, podem existir atividades sobrepostas, como a execução da fachada com balancins e impermeabilização das áreas externas da torre, situação com alto risco de acidente.

Conforme citado por Kiviniemi et al. (2011), o planejamento de segurança da obra necessita de muita atenção em um canteiro, por isso considerou-se a possibilidade de usar as ferramentas BIM para resolução dos problemas existências nesta área.

Ainda segundo Kiviniemi et al. (2011), existem algumas ideias de como tais ferramentas podem melhorar a segurança nos canteiros de obra. Uma delas é o planejamento do canteiro em BIM, pois ao fazer todo o layout do canteiro e um planejamento de prevenção de quedas em BIM, é possível indicar mais facilmente todos os riscos notáveis de segurança. Na análise de risco, o ganho se resume em fazer o modelo 4D com os equipamentos de segurança, analisando assim os riscos antes da execução na obra.

Outra melhoria relaciona-se na identificação das interferências ou incompatibilidades entre os elementos de segurança e as atividades executadas no projeto, quando se realiza a comunicação entre elementos 3D e em 4D. Por fim, verifica-se uma melhoria na visualização do planejamento para tomada de decisão, porque ao planejar a segurança da obra em BIM a visualização é facilitada (KIVINIEMI et al, 2011).

3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

No capítulo em questão são detalhados os processos de planejamento da empresa antes da implantação do BIM e em quais etapas foram inseridas esta metodologia como melhoria, incluindo os relatórios gerados e suas funcionalidades, e aplicação na gestão da obra

3.1 PROCESSO DE PLANEJAMENTO CONVENCIONAL

Primeiramente serão descritas as etapas de planejamento e controle da empresa antes da implantação da metodologia BIM. É importante salientar que nenhuma etapa e relatório foram excluídos do processo, obteve-se apenas acréscimos e melhorias após o BIM 4D.

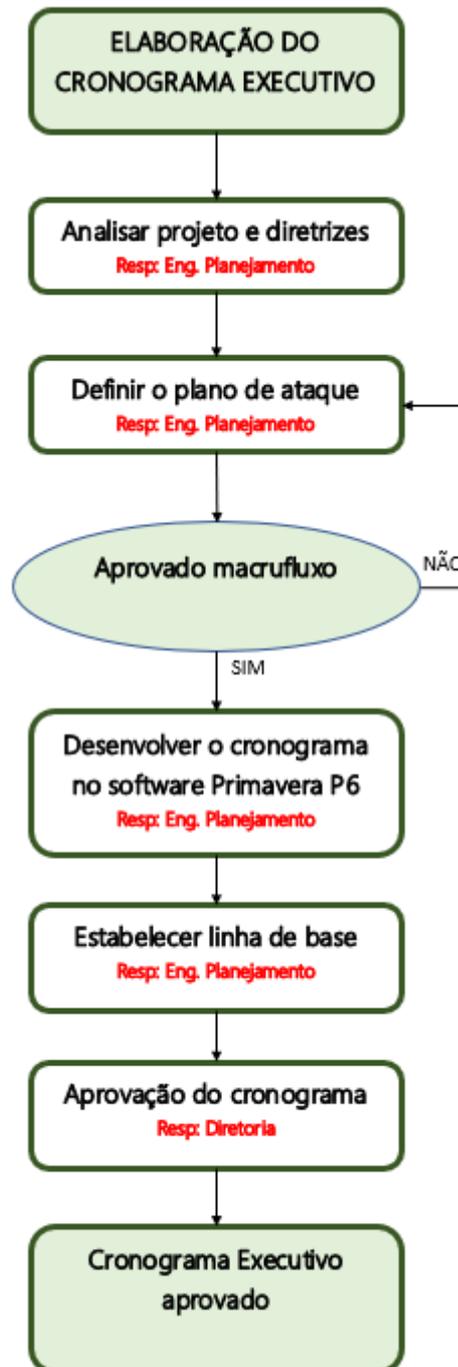
3.1.1 ELABORAÇÃO DO PLANEJAMENTO CONVENCIONAL

As etapas do processo de planejamento da empresa simplificado estão descritas no fluxograma na Figura 5. O processo é fidedigno ao roteiro de planejamento citado por Mattos (2010) no capítulo 2.2.

A setor de planejamento é responsável pela elaboração do cronograma executivo juntamente com o gerente e equipe de obra logo após o lançamento do empreendimento. O cronograma deve ser suficiente para que se faça o acompanhamento e se meça o progresso de forma acurada. Ele é elaborado usando-se como base um macrofluxo padrão da empresa, e avaliando-se a existência de alguma particularidade na obra. A empresa possui macrofluxos padronizados para cada metodologia construtiva que costuma executar (alvenaria estrutural, estrutura de concreto reticulada, parede de concreto, etc).

Cada etapa do fluxograma é detalhada nos itens a seguir.

Figura 5 - Fluxo do processo de elaboração de cronograma executivo convencional



Fonte: (O Autor, 2020)

3.1.1.1 ANALISAR O PROJETO E DIRETRIZES

Nesta etapa estuda-se os projetos e as diretrizes com o objetivo de adquirir conhecimento sobre o projeto e se conseguir definir o plano de ataque. São analisados os projetos executivos, o memorial descritivo, o material de venda do empreendimento.

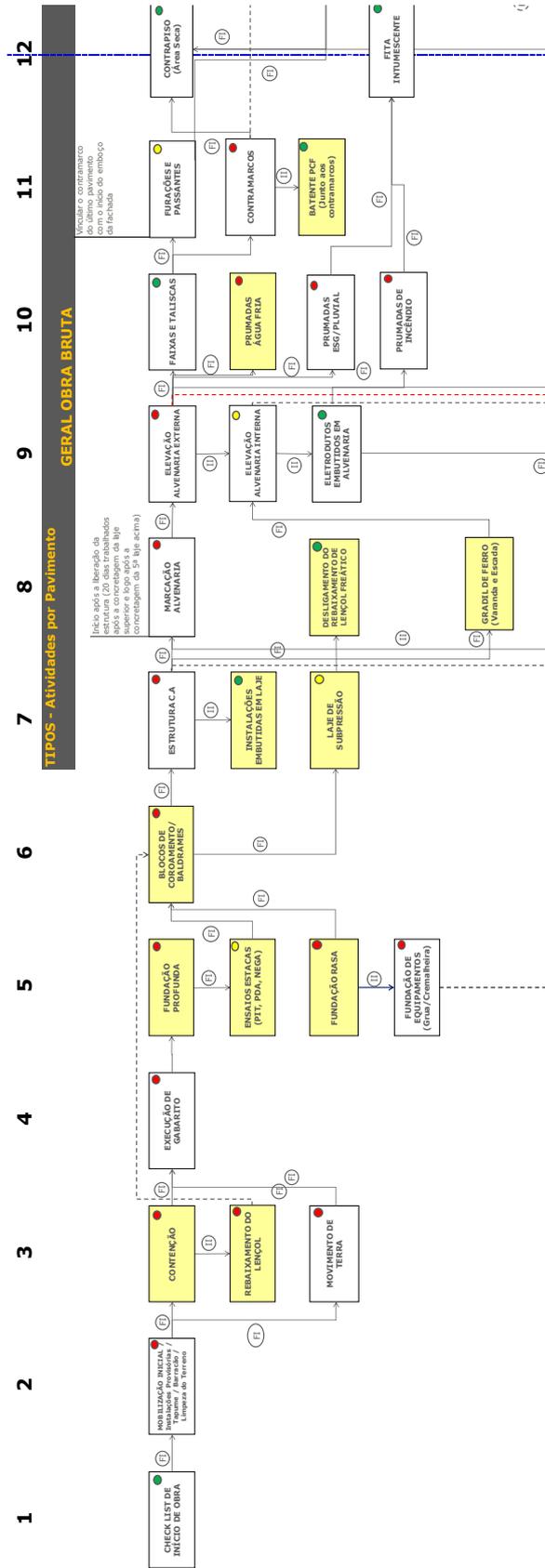
Algumas informações são de suma importância para a definição de um plano de ataque eficiente. As disciplinas principais a verificação do projeto são Terraplanagem, Fundação, Contenção, Estrutura, Acabamento Interno e Fachada, avaliando todas suas particularidades.

Com base nas informações estudadas acima e utilizando o macrofluxo padrão da empresa começam a ser identificadas as atividades que serão necessárias para o cronograma, conforme citado no capítulo 2.2.

3.1.1.2 DEFINIR O PLANO DE ATAQUE

Após o estudo dos projetos e a coleta de informações citadas acima, juntamente com a equipe de obra, são determinados a sequência lógica das atividades, produtividade dos serviços e duração das atividades, determinando o macrofluxo da obra e comparando-o com o macrofluxo padrão da empresa. A Figura 6 é o macrofluxo padrão da empresa para obras de estrutura reticulada.

Figura 6 - Macrofluxo padrão da empresa (para obras de estrutura reticulada em concreto)



São realizadas diversas reuniões de alinhamentos que, além de determinar o macrofluxo e as atividades que necessitam estar no cronograma, definem o planejamento logístico, incluindo abastecimentos de materiais e equipamentos utilizados. Desta forma, avalia-se o impacto e interferências com os serviços que serão executados na obra. É importante salientar que essa avaliação dos impactos é analisada com base nas datas de entrada e saída de cada item logístico, tais como, Silos, estoque de forma, baias de materiais, central de armação, entre outros, relacionando-os com a data de cada serviço. Na Figura 6 abaixo apresenta-se um exemplo de planta logística da empresa.

Figura 7 - Planejamento logístico da obra



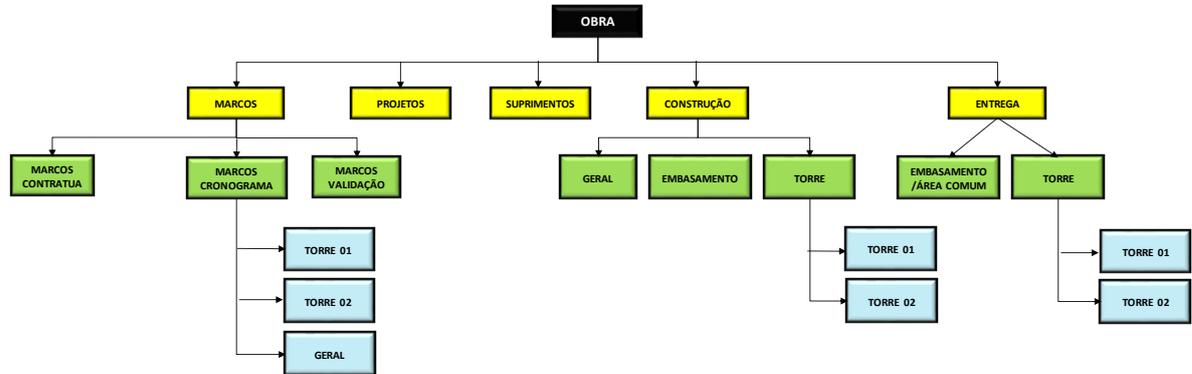
Fonte: (O Autor, 2020)

3.1.1.3 DESENVOLVER O CRONOGRAMA NO SOFTWARE

Após a definição das atividades necessárias que serão controladas e planejadas, as durações de cada serviço, determinação do plano de ataque e fluxo das atividades, bem como todos os alinhamentos necessários com a equipe da obra, o engenheiro de planejamento lança essas informações em um software de planejamento. Na empresa estudada é utilizado o Primavera

P6. A empresa tem uma EAP (Estrutura Analítica de Projeto) padrão para estruturação dos projetos, conforme indicado na Figura 8.

Figura 8 - EAP padrão empresa



Fonte: (A Empresa, 2020)

A EAP da torre pode variar de acordo com as particularidades de cada empreendimento. Entretanto é indicado uma divisão mínima de Estrutura, Acabamentos Internos, Fachada e Elevadores. Abaixo, na Figura 9, apresenta-se um exemplo de EAP da empresa estudada.

Figura 9 - EAP torre

MARCOS	01-Jul-20 A	08-Ago-22
CONSTRUÇÃO	01-Jul-20 A	18-Jul-22
EQUIPAMENTOS	29-Out-20	10-Dez-21
GERAL	01-Jul-20 A	22-Set-20
TORRE	23-Set-20	18-Jul-22
GERAL	06-Out-21	05-Jul-22
ESTRUTURA	23-Set-20	26-Jul-21
ACABAMENTOS INTERNOS	13-Jan-21	18-Jul-22
PAVTO 01	13-Jan-21	22-Mar-22
PAVTO 02	22-Jan-21	25-Mar-22
PAVTO 03	01-Fev-21	30-Mar-22
PAVTO 04	08-Fev-21	04-Abr-22
PAVTO 05	18-Fev-21	07-Abr-22
PAVTO 06	25-Fev-21	12-Abr-22
PAVTO 07	04-Mar-21	18-Abr-22
PAVTO 08	11-Mar-21	21-Abr-22
PAVTO 09	18-Mar-21	26-Abr-22
PAVTO 10	25-Mar-21	29-Abr-22
PAVTO 11	01-Abr-21	04-Maio-22
PAVTO 12	09-Abr-21	09-Maio-22
PAVTO 13	16-Abr-21	12-Maio-22
PAVTO 14	23-Abr-21	17-Maio-22
PAVTO 15	30-Abr-21	20-Maio-22
PAVTO 16	07-Maio-21	25-Maio-22
PAVTO 17	14-Maio-21	30-Maio-22
PAVTO 18	21-Maio-21	02-Jun-22
PAVTO 19	28-Maio-21	07-Jun-22
PAVTO 20	08-Jun-21	10-Jun-22
PAVTO 21	22-Jun-21	15-Jun-22
PAVTO 22	02-Jul-21	21-Jun-22
PAVTO 23	15-Jul-21	24-Jun-22
PAVTO 24	27-Jul-21	29-Jun-22
PAVTO 25 (LAZER)	27-Jul-21	04-Jul-22
PAVTO 26 (LAZER)	02-Ago-21	18-Jul-22
BARRILETE	12-Ago-21	15-Jul-22
RESERVATÓRIO	12-Ago-21	15-Out-21
COBERTURA	12-Ago-21	04-Jul-22
FACHADA	17-Ago-21	04-Abr-22
ELEVADORES	04-Mar-21	11-Abr-22
IMPLANTAÇÃO	30-Dez-20	06-Jul-22
ENTREGA	23-Mar-22	07-Jul-22

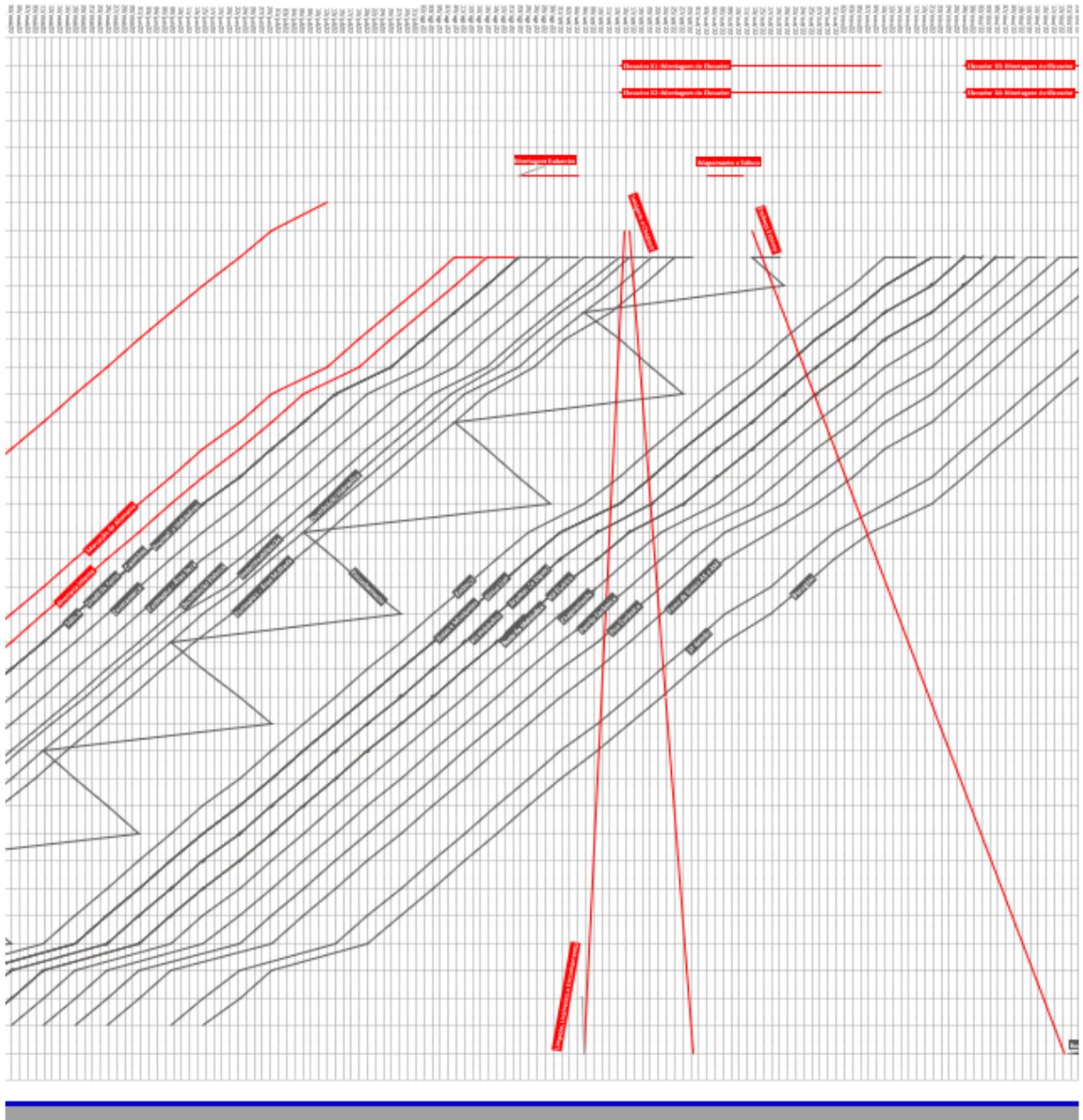
Fonte: (A Empresa, 2020)

3.1.1.4 ESTABELECER A LINHA DE BASE E APROVAÇÃO DO CRONOGRAMA

Após os lançamentos de todas as atividades e conclusão do cronograma, é estabelecido um gráfico de linhas de balanço para uma última reunião de aprovação do cronograma. Nessa reunião com equipe da obra é realizada uma última análise nos fluxos das atividades com a linha de balanço e também determinado o caminho crítico, avaliando o prazo estimado na viabilidade e comparando-o com o atual. São analisadas possíveis mudanças no plano de ataque da obra caso não esteja de acordo com o prazo.

A linhas de balanço são gráficos utilizado para visualizar através de linhas as sequencias de atividades repetitivas, a Figura 10 representa um exemplo do gráfico, esta ferramenta não foi citada no roteiro de planejamento no capítulo 2.2.

Figura 10 - Linha de Balanço

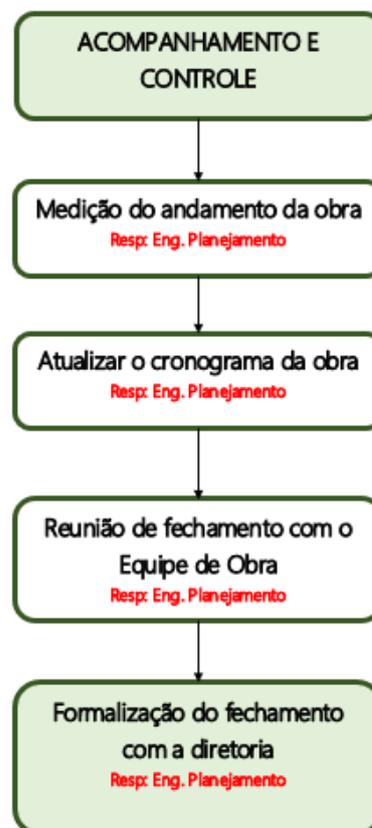


Fonte: (A Empresa,2020)

3.1.2 ACOMPANHAMENTO E CONTROLE CONVENCIONAL

Após a conclusão e aprovação do planejamento inicial da obra, existe um fluxo de processos de controle das obras, conforme Figura 11. O acompanhamento da obra é responsabilidade do engenheiro de planejamento, que exerce um papel de auditor, realizando a medição física da obra mensalmente, mas também auxilia a equipe da obra nas tomadas de decisões, e replanejamento do projeto.

Figura 11 - Fluxo do processo de acompanhamento e controle da obra



Fonte: (O autor, 2020)

3.1.2.1 MEDIÇÃO DO ANDAMENTO DA OBRA

O controle de prazo na empresa é semelhante ao referenciado no capítulo 2.3. Em uma das etapas do processo de controle, o engenheiro de planejamento percorre a obra para a medição do andamento físico do projeto. Ele verifica qual foi o andamento de cada serviço contido no cronograma. Essa medição é validada pela equipe da obra.

3.1.2.2 ATUALIZAÇÃO DO CRONOGRAMA

Após a medição, o engenheiro de planejamento atualiza o cronograma no software Primavera P6 com os dados coletados, considerando o avanço físico como percentual, conforme exemplificado na Figura 12.

Figura 12 - Atualização de cronograma no software Primavera P6

	58,47%			25	11-Ago-20 A	06-Out-20
FUNDAÇÃO						
Estaca Hélice Contínua (76 unid c/ 17m + 18 unid c/ 18m = 1.616 m - 150 m/cj.dia)	100%	Concluído	100%	0	11-Ago-20 A	19-Ago-20 A
Blocos de fundação (205 m³ - 60m³/semana + 5 dias) - Torre	0%	Não Iniciado	0%	25	01-Set-20	06-Out-20
TORRE	0%			427	07-Out-20	30-Jun-22
GERAL	0%			155	08-Nov-21	22-Jun-22
ESTRUTURA	0%			216	07-Out-20	24-Ago-21
Térreo Interno (Torre + Periferia): Estrutura de Concreto Armado	0%	Não Iniciado	0%	20	07-Out-20	05-Nov-20
Pavto 01 (Salas Comerciais): Estrutura de Concreto Armado	0%	Não Iniciado	0%	15	06-Nov-20	27-Nov-20
Pavto 02 (Salas Comerciais): Estrutura de Concreto Armado	0%	Não Iniciado	0%	10	30-Nov-20	11-Dez-20
Pavto 03 (Salas Comerciais): Estrutura de Concreto Armado	0%	Não Iniciado	0%	10	14-Dez-20	29-Dez-20
Pavto 04 (Residencial - Tipo): Estrutura de Concreto Armado	0%	Não Iniciado	0%	10	05-Jan-21	18-Jan-21
Pavto 05 (Residencial - Tipo): Estrutura de Concreto Armado	0%	Não Iniciado	0%	10	19-Jan-21	02-Fev-21
Pavto 06 (Residencial - Tipo): Estrutura de Concreto Armado	0%	Não Iniciado	0%	8	03-Fev-21	12-Fev-21
Pavto 07 (Residencial - Tipo): Estrutura de Concreto Armado	0%	Não Iniciado	0%	7	18-Fev-21	26-Fev-21
Pavto 08 (Residencial - Tipo): Estrutura de Concreto Armado	0%	Não Iniciado	0%	5	01-Mar-21	05-Mar-21
Pavto 09 (Residencial - Tipo): Estrutura de Concreto Armado	0%	Não Iniciado	0%	5	08-Mar-21	12-Mar-21
Pavto 10 (Residencial - Tipo): Estrutura de Concreto Armado	0%	Não Iniciado	0%	5	15-Mar-21	19-Mar-21
Pavto 11 (Residencial - Tipo): Estrutura de Concreto Armado	0%	Não Iniciado	0%	5	22-Mar-21	26-Mar-21
Pavto 12 (Residencial - Tipo): Estrutura de Concreto Armado	0%	Não Iniciado	0%	5	29-Mar-21	05-Abr-21

Fonte: (A Empresa, 2020)

Além do percentual executado, são atualizadas a data de início, a data de término das atividades medidas e duração restante em atividades que estão em execução.

Com o cronograma atualizado, antes de elaborar as análises dos resultados, o engenheiro de planejamento gera um relatório denominado pela empresa de “*Previsto x Realizado*” e apresenta para a equipe da obra para a validação da medição citada no capítulo anterior, abaixo na Figura 13 podemos observar um exemplo deste relatório.

Figura 13 - Relatório "Previsto x Realizado"

TORRE: 01		PAVIMENTO x Realizado																											
SERVIÇOS	PAVIMENTOS	Previsto	Realizado	Pavto 01 U	Pavto 02 U	Pavto 03 U	Pavto 04 U	Pavto 05 U	Pavto 06 U	Pavto 07 U	Pavto 08 U	Pavto 09 U	Pavto 10 U	Pavto 11 U	Pavto 12 U	Pavto 13 U	Pavto 14 U	Pavto 15 U	Pavto 16 U	Pavto 17 U	Pavto 18 U	Pavto 19 U	Pavto 20 U	Pavto 21 U	Pavto 22 U	Pavto 23 U	Pavto 24 U	Pavto 25 U (Duplex Inf)	Pavto 26 U (Duplex Sup)
				Área Seca																									
	Gesso Lisa / Massa - Área Seca	PREVISTO	REALIZADO																										
Área Molhada																													
	Distribuição Hidráulica AF / AQ - Área Molhada	PREVISTO	REALIZADO																										
	Hidráulica Aérea Esgoto - Área Molhada	PREVISTO	REALIZADO																										
	Emboço - Área Molhada	PREVISTO	REALIZADO																										
	Hidráulica Kit - Área Molhada	PREVISTO	REALIZADO																										
	Drywall/Chapeamento - Área Molhada	PREVISTO	REALIZADO																										
	Revestimento Cerâmico Parede - Área Molhada	PREVISTO	REALIZADO																										
	Piso Cerâmico / Rejunte - Área Molhada	PREVISTO	REALIZADO																										
	Fôrro e Sancas de Gesso - Área Molhada	PREVISTO	REALIZADO																										
	Bancadas - Área Molhada	PREVISTO	REALIZADO																										
Geral Obra Fina																													
	Pintura - Aparelhamento / Emassamento - Obra Fina	PREVISTO	REALIZADO																										
	Pintura - 1º Demão - Obra Fina	PREVISTO	REALIZADO																										
	Caixilhas - Obra Fina	PREVISTO	REALIZADO																										

Fonte: (O Autor, 2020)

A função deste relatório, além de validação da medição e comunicação do *status* da obra, também visa identificar algum erro na medição da obra, sendo de interpretação ou no momento da atualização do cronograma.

Após a atualização e validação, o engenheiro planejamento elabora uma análise prévia do resultado para a reunião com a equipe da obra. São analisados o caminho crítico, avanço físico previsto e realizado e meta para o próximo mês.

Através do software Primavera P6, O caminho crítico é determinado e avaliado a fim de identificar possíveis riscos de entrega da obra. São analisadas também as durações, datas de início e datas de término das atividades.

Em seguida, é obtido o avanço físico realizado em percentual da obra. Este resultado é comparado com o avanço físico previsto inicialmente e também com o programado no mês anterior, para avaliar a eficiência no planejamento das atividades da obra. Na Figura 14 apresenta-se esta comparação.

Figura 14 - Avanço físico real x planejado

	ago-20
Baseline	5,89%
Realizado	7,44%
Baseline Acumulado	85,44%
Real Acumulado	80,27%
Programado mês anterior	7,56%

Fonte: (O Autor, 2020)

E na última análise, são estabelecidas as metas para o próximo mês através do relatório denominado de “PPM”. Este relatório contém as atividades do cronograma, sendo que as células preenchidas em vermelho são as atividades previstas para cada pavimento no mês, conforme apresentado na Figura 15

Figura 15 - Relatório “PPM”

TORRE: 01		STATUS	Pavto 01	Pavto 02	Pavto 03	Pavto 04	Pavto 05	Pavto 06	Pavto 07	Pavto 08	Pavto 09	Pavto 10	Pavto 11	Pavto 12	Pavto 13	Pavto 14	Pavto 15	Pavto 16	Pavto 17	Pavto 18	Pavto 19	Pavto 20	Pavto 21	Pavto 22	Pavto 23	Pavto 24	Pavto 25	Pavto 26 (Duplex Int.)	Pavto 27 (Duplex Sup.)
SERVIÇOS	PAVIMENTOS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Área Molhada																													
	Revestimento Cerâmico Parede - Área Molhada	Previsto																											
	Piso Cerâmico / Rejunte - Área Molhada	Previsto																											
	Fôrro e Sancas de Gesso - Área Molhada	Previsto																											
	Bancadas - Área Molhada	Previsto																											
Geral Obra Fina																													
	Pintura - Aparelhamento / Emassamento - Obra Fina	Previsto																											
	Pintura - 2ª Demão - Obra Fina	Previsto																											
	Cavilhos - Obra Fina	Previsto																											
	Instalação de Louças - Obra Fina	Previsto																											
	Limpeza Grossa - Obra Fina	Previsto																											
	Pintura - 2ª Demão - Obra Fina	Previsto																											
	Instalação de Portas - Kit Porta Pronta - Obra Fina	Previsto																											
	Montagem e Fechamento de QDL - Obra Fina	Previsto																											
	Instalação de Metais - Obra Fina	Previsto																											
	Interruptores e Tomadas - Obra Fina	Previsto																											
	Instalação de Portas - Ferragens - Obra Fina	Previsto																											
	Acabamentos Elétricos Espelhos e Luminárias - Obra Fina	Previsto																											
	Limpeza Fina - Obra Fina	Previsto																											

Fonte: (O Autor, 2020)

Outro relatório utilizado para estabelecer as metas é nomeado de “ACS”. Tratar-se de uma lista de todas as atividades do cronograma, mostrando as datas de início, término e percentual previsto, como é possível notar na Figura 16. A diferença para “PPM” é que neste relatório apresenta todas as atividades que contém o cronograma, incluindo as atividades de área comum no projeto, enquanto a “PPM” contém apenas os serviços da torre.

Figura 16 - Relatório "ACS"

Nome da Atividade	Início	Termino	Peso	01/set/20		08/set/20		15/set/20		21/set/20		29/set/20	
				Real	Prev	Real	Prev	Real	Prev	Real	Prev	Real	Prev
Pavto 02: Limpeza Fina - Obra Fina	15-set-20	15-set-20	0,00%	0%	0%		0,00%		100,00%		100,00%		100,00%
Pavto 02: Acabamentos Elétricos Espelhos e Luminárias - Hall	15-set-20	15-set-20	0,00%	0%	0%		0,00%		100,00%		100,00%		100,00%
Pavto 02: Enfição - Escada	15-set-20	15-set-20	0,00%	0%	0%		0,00%		100,00%		100,00%		100,00%
Pavto 02: PCF - Escada	05-out-20	05-out-20	0,01%	0%	0%		0,00%		0,00%		0,00%		0,00%
Pavto 02: Instalação de Portas de Shafts - Hall	05-out-20	06-out-20	0,01%	0%	0%		0,00%		0,00%		0,00%		0,00%
Pavto 02: Interruptores e Tomadas - Escada	07-out-20	07-out-20	0,00%	0%	0%		0,00%		0,00%		0,00%		0,00%
Pavto 02: Pintura - 2º Demão - Hall	07-out-20	08-out-20	0,01%	0%	0%		0,00%		0,00%		0,00%		0,00%
Pavto 02: Arandelas e Blocos Autônomos - Escada	08-out-20	08-out-20	0,00%	0%	0%		0,00%		0,00%		0,00%		0,00%
Pavto 02: Pintura - 2º Demão e Textura - Escada	08-out-20	08-out-20	0,00%	0%	0%		0,00%		0,00%		0,00%		0,00%
Pavto 02: Limpeza Fina - Hall	09-out-20	12-out-20	0,00%	0%	0%		0,00%		0,00%		0,00%		0,00%
Pavto 02: Pintura Piso - Escada	13-out-20	13-out-20	0,00%	0%	0%		0,00%		0,00%		0,00%		0,00%
Pavto 02: Limpeza Fina - Escada	14-out-20	14-out-20	0,00%	0%	0%		0,00%		0,00%		0,00%		0,00%
Pavto 03: Estrutura de Concreto Armado	06-Jul-19 A	17-Jul-19 A	0,64%	100%	100%		100,00%		100,00%		100,00%		100,00%
Pavto 03: Instalações Elétricas Embutidas em Laje	06-Jul-19 A	17-Jul-19 A	0,01%	100%	100%		100,00%		100,00%		100,00%		100,00%
Pavto 03: Contrapiso - Hall	09-Set-19 A	09-Set-19 A	0,01%	100%	100%		100,00%		100,00%		100,00%		100,00%
Pavto 03: Contrapiso - Área Seca	09-Set-19 A	10-Set-19 A	0,03%	100%	100%		100,00%		100,00%		100,00%		100,00%
Pavto 03: Marcação de Alvenaria - Obra Bruta	11-Set-19 A	17-Set-19 A	0,03%	100%	100%		100,00%		100,00%		100,00%		100,00%
Pavto 03: Eletrodutos - Obra Bruta	18-Set-19 A	24-Set-19 A	0,00%	100%	100%		100,00%		100,00%		100,00%		100,00%

Fonte: (O Autor, 2020)

3.1.2.3 REUNIÃO DE FECHAMENTO COM A EQUIPE DA OBRA

Na reunião de fechamento, primeiramente o engenheiro de planejamento apresenta o resultado do mês através do avanço físico realizado e comparação o previsto. Nesta informação não se tem tratativas, visto que a medição já havia sido validada em etapas anteriores.

Na sequência, são apresentadas as metas para o próximo mês através dos relatórios descritos acima, junto ao caminho crítico da obra. São feitas simulações no cronograma através do software de planejamento para a análise dos riscos dos cenários do projeto. Por fim as metas são também avaliadas pela equipe da obra, identificando se são factíveis ou se precisam sofrer alterações.

Após todas as análises e discussões, cronograma replanejado, metas acordadas e riscos mitigados, conclui-se o acompanhamento, controle e replanejamento mensal da obra.

3.1.2.4 FORMALIZAÇÃO DO FECHAMENTO COM A DIRETORIA

Os reportes para a diretoria da empresa são realizados através de dois meios: a elaboração de um e-mail formal e de um relatório com as principais informações de planejamento. Além disso agenda-se uma reunião para a apresentação do replanejamento e dos riscos do projeto, usando como base toda a informação obtida.

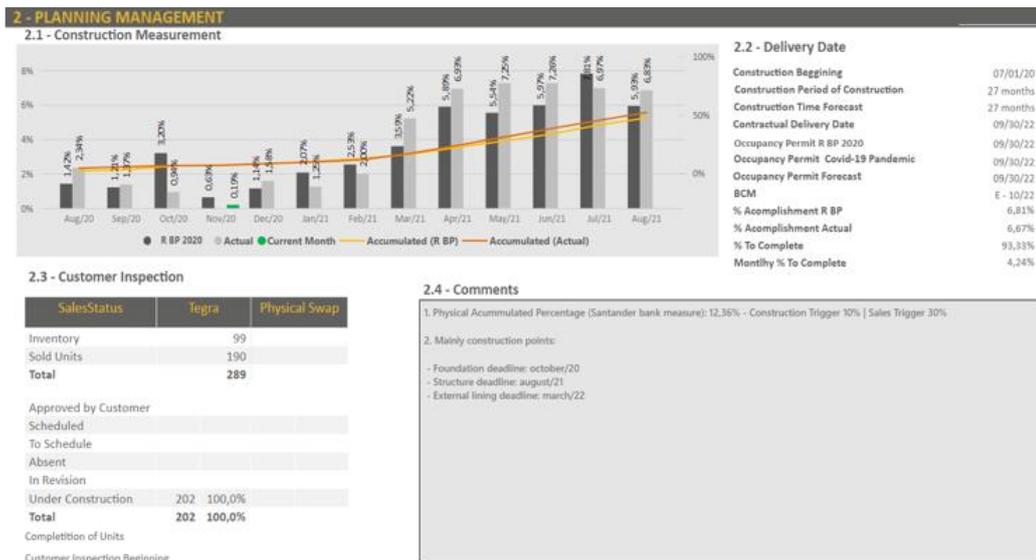
Na Figura 17 e Figura 18 apresenta-se um exemplo de relatório formal e slide da reunião mensal com a diretoria, respectivamente. Todos os indicadores são apresentados e o engenheiro de planejamento e a equipe da obra descrevem os riscos e informações relevante sobre a medição física.

Figura 17 - Relatório mensal de Planejamento

Período:	01/10/2020 a 31/10/2020	Var. % BP R 2020	BP R 2020	Real	Var (%)	IDP	Medição Banco
	Acum. Anterior		2,98%	5,54%	2,56%	1,86	Medição Banco % Mensal: 8,91% % Acumulada: 8,91% Var % Real x Acum Banco (IDB): 0,72 Target de 30% de venda atingido, target de obra 10%
	Acum. Atual		6,18%	6,48%	0,30%	1,05	
	Avanço Físico do Período		3,20%	0,94%	-2,26%		
	Var. % Mês Anterior	Prev. Mês Anterior	Realizado Mês	Var (%)	IDR		
	Comparativo Mês Anterior	0,94%	0,94%	0,00%	1,00		
Var. Datas	BP R 2020	Real	IDT	Observações			
Término Previsto	30/09/2022	30/09/2022	0 dias	O avanço físico da obra acumulado está acima do BP R 2020 devido às antecipações das atividades iniciais da obra			
Meses para o Término				23,3 meses			
% Médio Mensal (Pace)				4,01%			
PONTOS DE ATENÇÃO OBRA							
Andamento da obra:							
o No mês de Outubro/20, o avanço físico foi de acordo com o previsto (Previsto: 0,94% x Realizado: 0,94%). o Está previsto para o próximo período a concretagem da laje do Térreo (incluindo trecho da periferia) e a laje do 1º pavimento 27/11. Como ponto de atenção relacionado a aço, está em atraso a entrega das telas das cubetas do térreo. O material do 1º pavimento está programado dia 05/11, conforme previsto anteriormente. o Contratação Instalações Elétricas e Hidráulica: Está em negociação a contratação desse item, houve um atraso devido a um estudo mais detalhado das propostas em razão do estouro elevado no fechamento (Reajuste de preços de materiais). Atenção para esse tema precisa iniciar os serviços na obra. o FLOAT: 59 dias trabalhados (diferença em dias trabalhados entre a data projetada do Habite-se e a última atividade do cronograma, ou seja, projeção de término real). o Principais Datas Início da Estrutura: 07/10/20 Término da Estrutura: 24/08/21 Início do emboço da fachada: 04/06/21 Término textura da fachada: 18/03/22 o Produtividade Perfil Metálico: Realizado 108,89 m/dia x Macrofluxo 80 m/dia Escavação: Realizado 383 m/dia x Macrofluxo 525 m/dia Tirantes: poucos tirantes, não possível medir a produtividade Estaca Hélice: Realizado 112 m/dia x Macrofluxo 150 m/dia (A produtividade real foi menor do que o macrofluxo em razão da pequena distância entre estacas, impossibilitando fazer mais estacas em alguns dias) Bloco de fundação: Realizado 55 m/dia x Macrofluxo 60 m/dia							

Fonte: (A Empresa, 2020)

Figura 18 - Reunião de reporte para diretoria



Fonte: (A Empresa, 2020)

3.2 ESCOLHA DO SOFTWARE PARA O BIM 4D

O software utilizado para a implantação do BIM na empresa foi o Synchro. Foram estudados muitos softwares com essa funcionalidade, porém duas vantagens deste software motivaram a escolha.

Uma delas é a integração com a Primavera P6, pois no Synchro é possível importar o cronograma do Primavera P6 de forma rápida e prática e vincular os elementos do modelo com as atividades com apenas um comando (contanto que se mantenha o nome do elemento igual ao nome da atividade). Conforme citado no capítulo 2.4.3 esta característica é de suma importância para a boa fluidez do processo em BIM.

A segunda vantagem foi a possibilidade de subdividir os elementos. Esta função facilita o estudo do plano de ataque da obra, principalmente na setorização do serviço de estrutura da obra, pois é possível subdividir uma laje que será feita em diversos trechos.

3.3 DIRETRIZ DA MODELAGEM

A empresa tem diretrizes semelhantes ao mencionado no capítulo 2.4.4, sendo algumas responsabilidades do projetista terceirizado que envia o BIM 3D e outras responsabilidades da equipe de planejamento.

A principal exigência relacionada ao projetista é o tempo de entrega do BIM 3D. Para que a equipe de planejamento tenha tempo hábil para utiliza-lo na elaboração do cronograma executivo, é importante destacar que não são exigidos os projetos em BIM 3D com um elevado nível de desenvolvimento (LOD), visto que para a modelagem 4D os objetos são apenas representativos. É importante ressaltar que modelos com alto nível de desenvolvimento, ou seja, muito detalhados, podem inviabilizar a modelagem em determinados hardwares.

Outra diretriz importante é a organização dos objetos 3D, pois ao relacioná-los com as atividades do cronograma, precisa-se de uma estrutura que seja semelhante a EAP da empresa, por esse fato são enviados para os projetistas diretrizes para a modelagem. Isto garante a fluidez

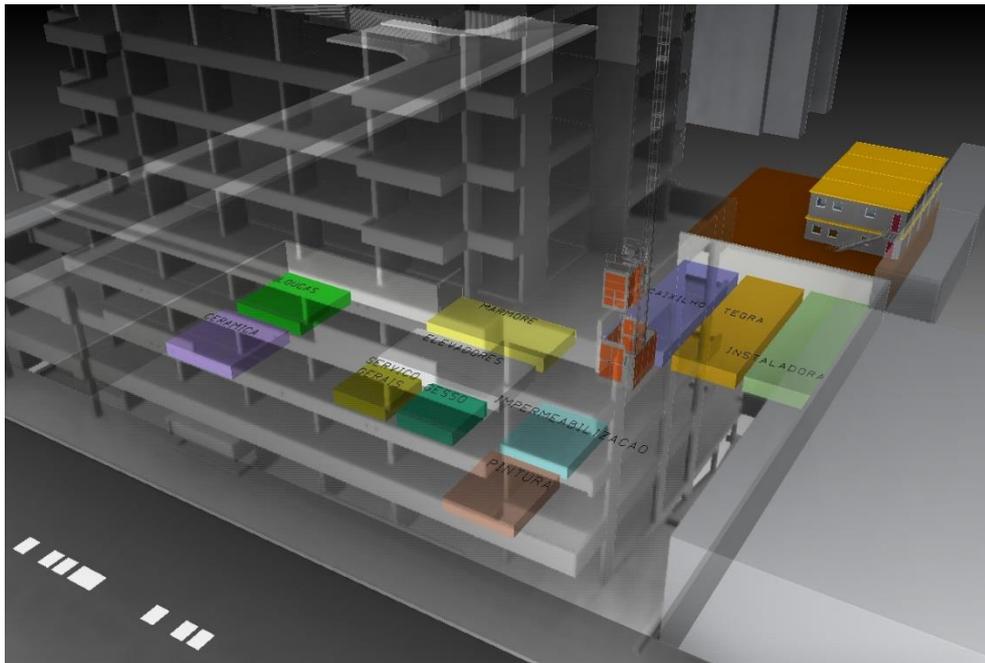
e eficiência do processo, pois quaisquer erros na modelagem 3D podem impactar significativamente nas análises do BIM 4D.

As diretrizes da modelagem mantêm o foco em atividade que são críticas na obra, ou seja, atividade que são caminho crítico ou que podem se tornar ao longo da obra (será possível notar na exemplificação a seguir).

As diretrizes para o engenheiro de planejamento que fará a modelagem 4D são baseadas no escopo do modelo, ou seja, o que será representado em 4D.

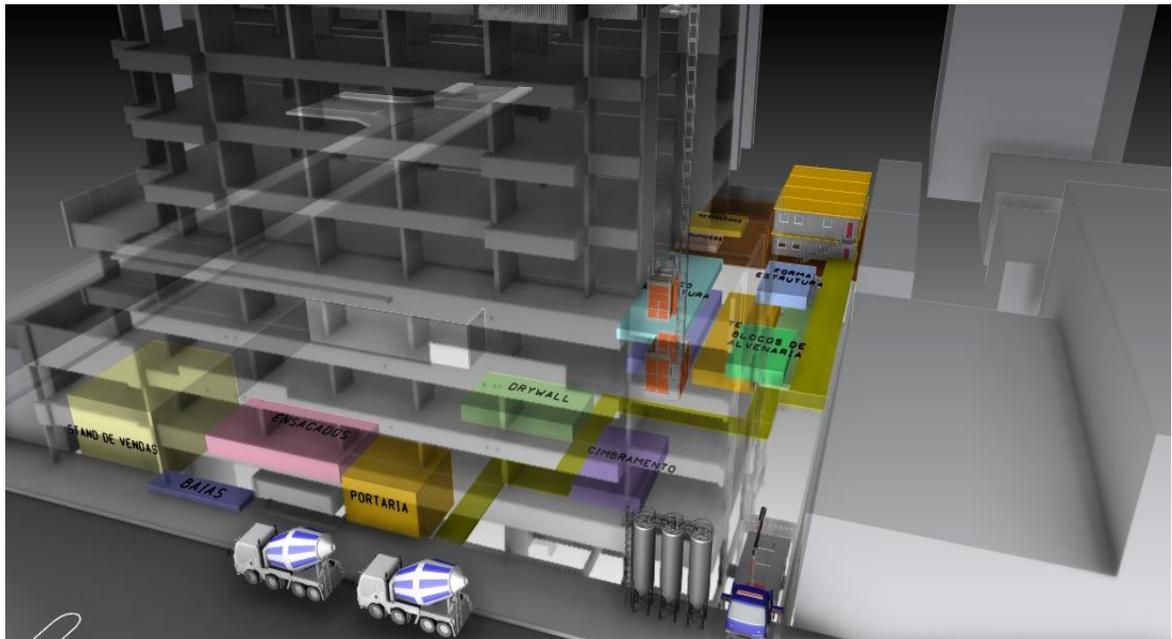
Para a logística da obra são modelados área de vivência, estoques de materiais, passagem de pedestres, entrada de materiais, betoneira das concretagens, etc. Abaixo na Figura 19, Figura 20 e Figura 21 é possível visualizar um exemplo desses itens.

Figura 19 - Modelagem de estoques de materiais



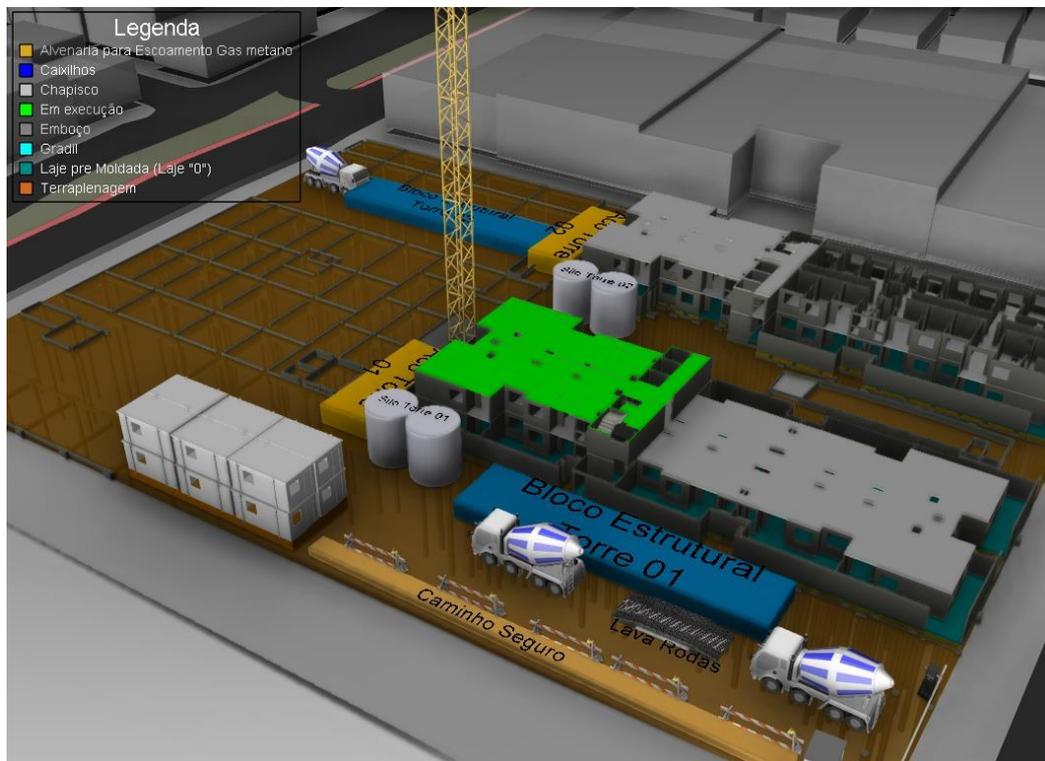
Fonte: (A Empresa, 2020)

Figura 20 - Modelagem de estoques de materiais



Fonte: (A Empresa, 2020)

Figura 21 - Modelagem de estoques de materiais



Fonte: (A Empresa, 2020)

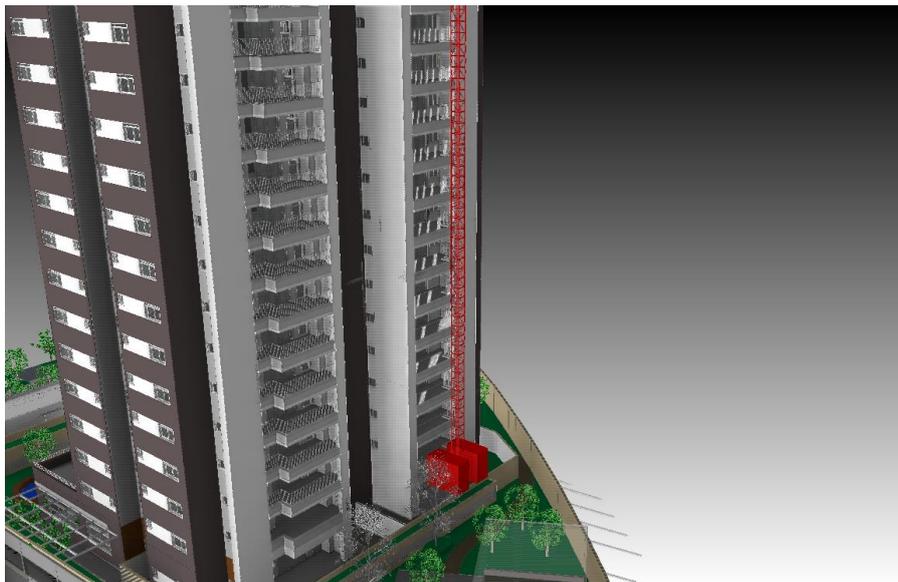
Outros itens importantes para a logística da obra são guias e cremalheiras, que são modelados respeitando as ascensões projetadas verificando alguma interferência na execução, conforme exemplificado na Figura 22 e Figura 23.

Figura 22 - Modelagem da Grua



Fonte: (A Empresa, 2020)

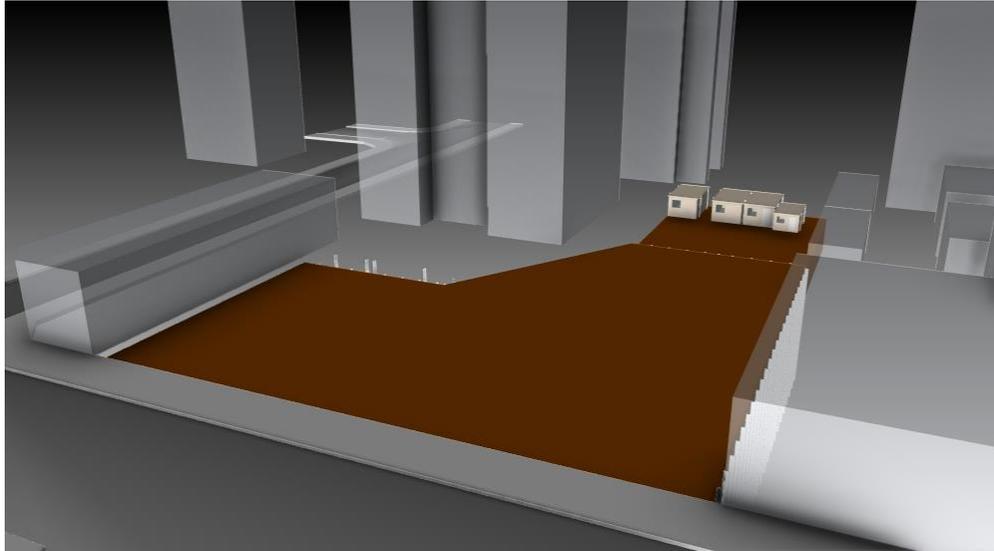
Figura 23 - Modelagem da Cremalheira



Fonte: (A Empresa, 2020)

A terraplanagem é outro item importante para ser modelado. Como usualmente na empresa o projetista terceirizado não modela em 3D, esta atividade fica sob a responsabilidade do engenheiro de planejamento. Por se tratar de um elemento com geometrias simples, essa modelagem é realizada com o próprio software Synchro, conforme pode ser observado na Figura 24.

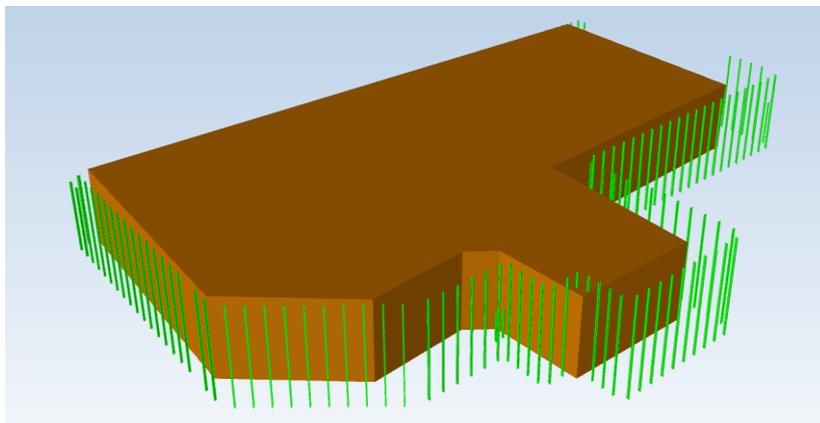
Figura 24 - Terraplanagem



Fonte: (A Empresa, 2020)

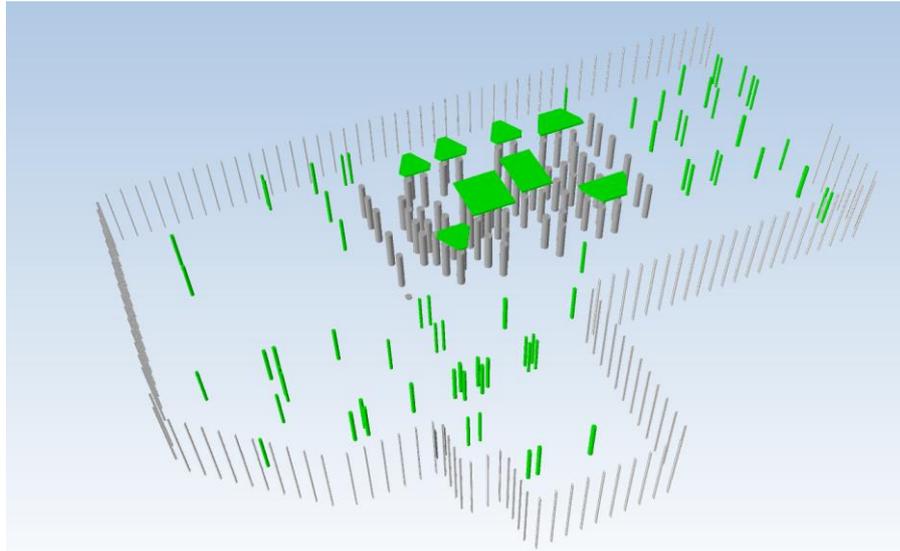
Na contenção e fundação, a setorização desses elementos é discutida com a equipe de obra e pode variar de acordo ao plano de ataque e estratégia adotado. Nas Figura 25 e Figura 26 um exemplo poder ser observado.

Figura 25 - Modelagem da contenção



Fonte: (A Empresa, 2020)

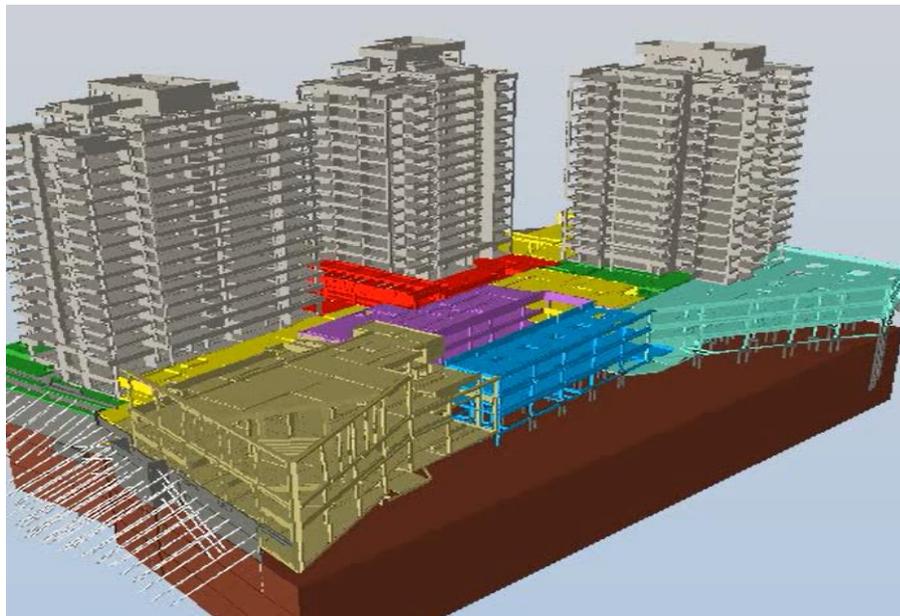
Figura 26 - Modelagem da fundação



Fonte: (A Empresa, 2020)

Para a estrutura, a setorização é tratada com a equipe da obra em conjunto com o engenheiro de planejamento. Normalmente sugere-se a delimitação por cor do plano de ataque da periferia para uma melhor visualização, conforme apresentado na Figura 27.

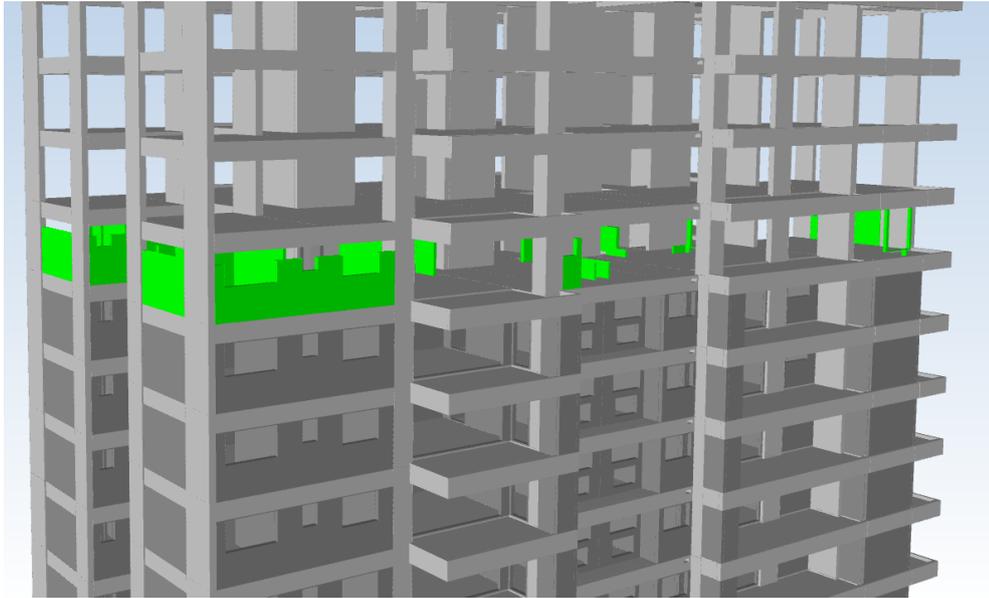
Figura 27 - Modelagem da estrutura



Fonte: (A Empresa, 2020)

A alvenaria interna e externa do projeto também são representadas, conforme Figura 28.

Figura 28 - Modelagem da Alvenaria



Fonte: (A Empresa, 2020)

Como o maior foco é a modelagem do caminho crítico, o emboço e textura da fachada são representados também, conforme apresenta-se a Figura 29 e Figura 30.

Figura 29 - Modelagem do emboço da fachada



Fonte: (A Empresa, 2020)

Figura 30 - Modelagem da textura da fachada



Fonte: (A Empresa, 2020)

Na Figura 30 é possível notar que são modelados os andaimes para a execução da fachada com o objetivo de encontrar incompatibilidades construtivas. Abaixo na Figura 31 tem-se outro exemplo de andaime nos modelos em BIM 4D.

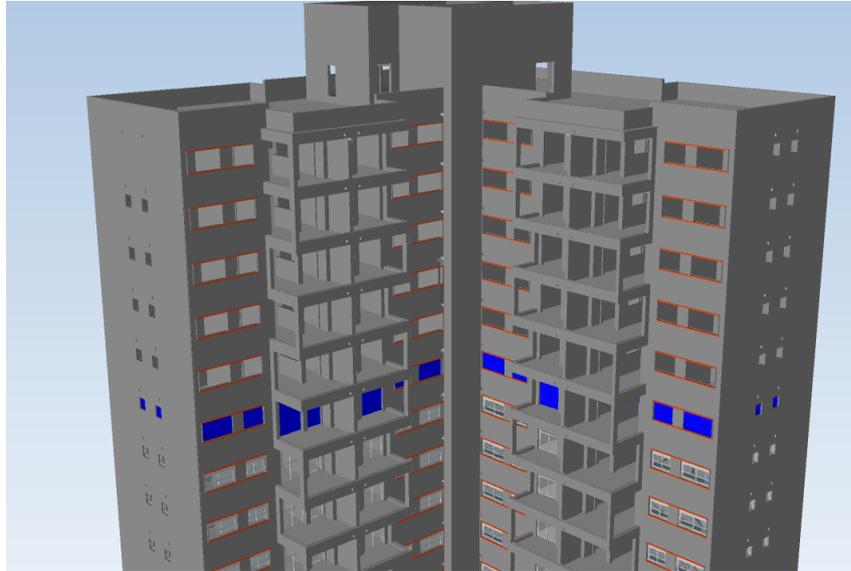
Figura 31 - Andaimos Fachadeiro



Fonte: (A Empresa, 2020)

Em razão da importância da atividade de e seus riscos na execução e no prazo das obras, os caixilhos e gradis são modelados conforme Figura 32 e Figura 33.

Figura 32 - Modelagem do Caixilho



Fonte: (A Empresa, 2020)

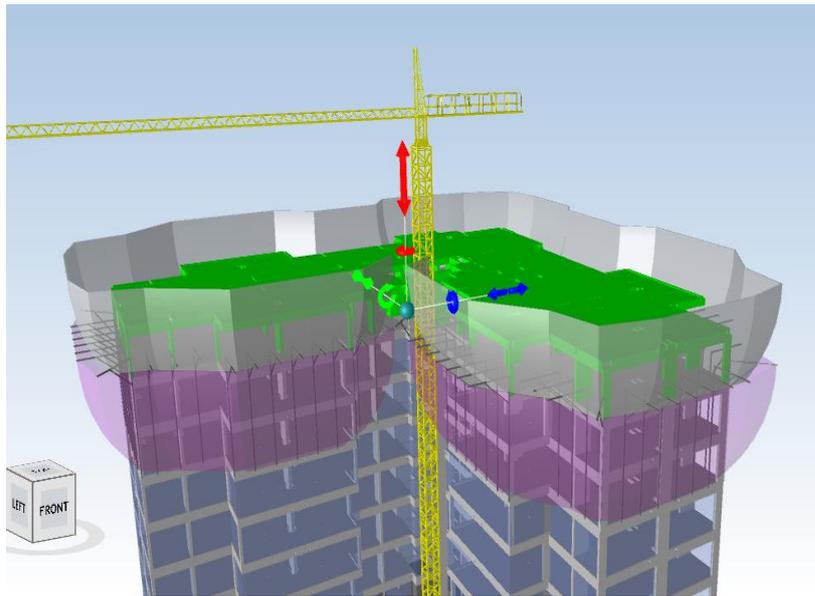
Figura 33 - Modelagem dos Gradis



Fonte: (A Empresa, 2020)

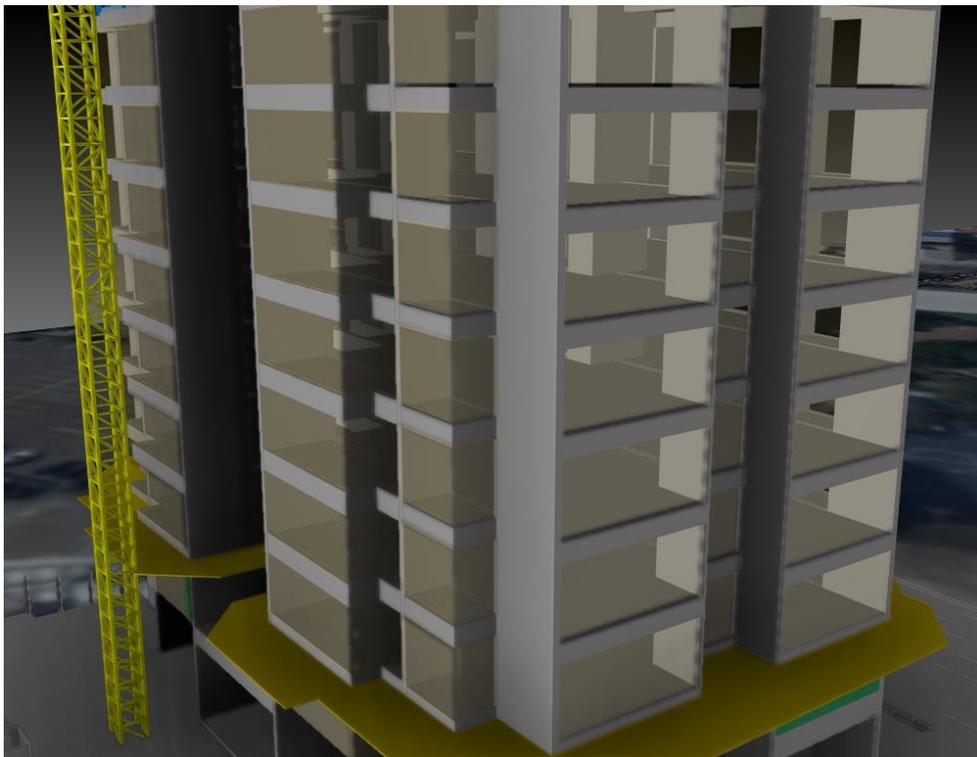
Para encontrar possíveis interferência com as atividades executadas, são modelados equipamentos, tais como, SLQA (Sistema Limitador de Queda de Altura), tela piso a piso, bandeja e etc. Estes itens podem ser observados nas Figura 34, Figura 35 e Figura 36.

Figura 34 - Modelagem SLQA



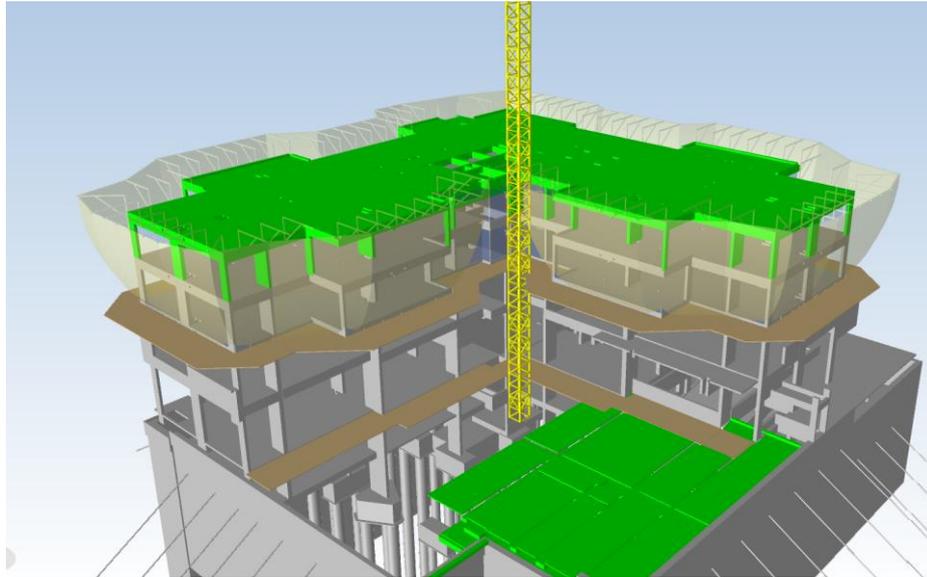
Fonte: (A Empresa, 2020)

Figura 35 - Modelagem da Tela piso a piso



Fonte: (A Empresa, 2020)

Figura 36 - Modelagem Bandeja



Fonte: (A Empresa, 2020)

As atividades na implantação do projeto como piscina, muros externos, pisos externos e etc, são modelados conforme necessidade, não são uma exigência da empresa tal com os itens citados acima. Abaixo na Figura 37 e Figura 38 temos um exemplo de modelagem das atividades de periferias da torre.

Figura 37 - Modelagem da Periferia das Torres



Fonte: (A Empresa, 2020)

Figura 38 - Modelagem da Periferia das Torres



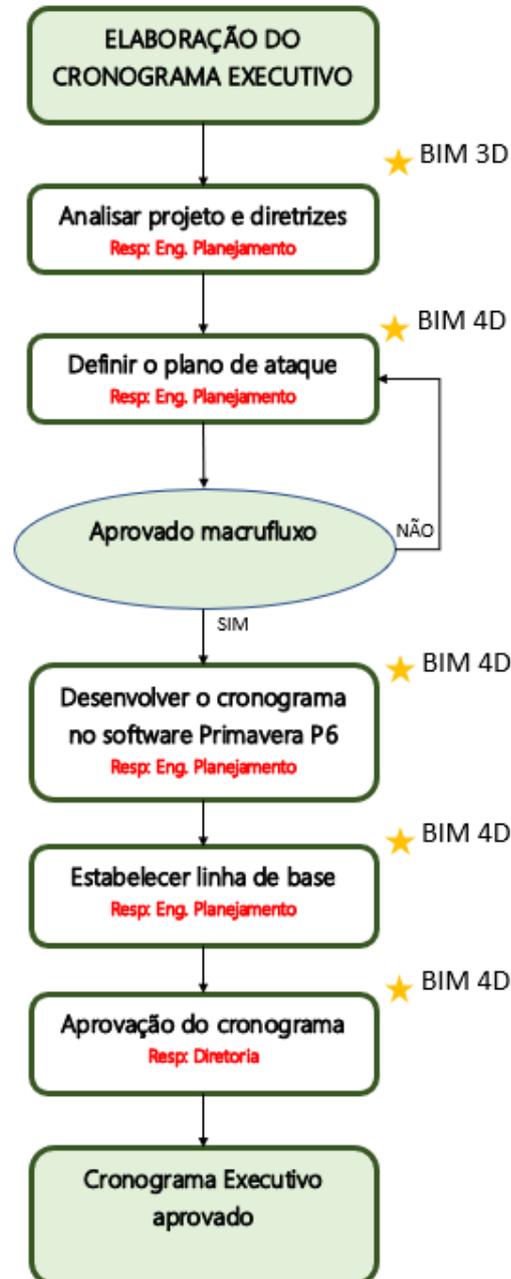
Fonte: (A Empresa, 2020)

3.4 PROCESSO DE PLANEJAMENTO EM BIM

No capítulo em questão são apresentados onde foi inserido e como é utilizado o BIM 4D no processo de planejamento da empresa. As etapas permaneceram as mesmas, porém a modelagem 4D é utilizada como melhoria nas análises.

3.4.1 ELABORAÇÃO DO CRONOGRAMA EXECUTIVO EM BIM

Figura 39 – Fluxo de processo de elaboração de cronograma executivo com o BIM



Fonte: (O Autor, 2020)

3.4.1.1 ANALISAR O PROJETO E DIRETRIZES

Na etapa de análise dos projetos para a execução do cronograma e coleta de informação para a definição do plano de ataque o modelo em BIM é utilizado muitas vezes substituindo os projetos

em 2D pois é possível coletar a informação de forma mais ágil e identificar já possíveis interferências iniciais.

Na disciplina de terraplanagem, por exemplo, o levantamento das dimensões do maciço de terra que será escavado ou aterrado para o cálculo do volume pode ser feito diretamente do modelo 3D. Nas atividades de fundação e contenção, a contagem da quantidade de estacas que serão executadas e percepção de possíveis interferências com outras partes estruturais já podem ser identificadas utilizando o modelo. No serviço de estrutura, o levantamento da área das lajes e visualização da possível setorização da periferia. Por fim nas fachadas pode-se identificar as dimensões de cada serviço que teremos no revestimento externo, como textura, cerâmica e emboço.

Verificou-se que na empresa, os projetos 2D não são eliminados totalmente, ainda são usados muitas vezes no processo de planejamento e gestão da obra. Nesta etapa, o BIM é utilizado como um auxílio para o estudo dos projetos.

3.4.1.2 DEFINIR O PLANO DE ATAQUE E DESENVOLVIMENTO DO CRONOGRAMA NO SOFTWARE

Enquanto no processo de planejamento convencional geralmente é estudado com a equipe de obra o plano de ataque e após isso é desenvolvido o cronograma, no processo atual essas etapas são feitas em forma simultânea.

Primeiramente é estabelecido um escopo inicial para o cronograma, utilizando o macrofluxo da empresa e alguns planos de ataque que são definidos em uma reunião inicial com a equipe da obra. Após isso, o engenheiro de planejamento elabora o cronograma e vincula-o com o modelo, com isso obtendo o primeiro BIM 4D do projeto.

Uma boa prática identificada pela equipe foi estabelecer os nomes das atividades e serviços do cronograma idênticos aos elementos do modelo no software Synchro, em razão da possibilidade de vinculá-los através dos nomes. Isto pode ser verificado no exemplo apresentado nas Figura 40 e Figura 41 abaixo:

Figura 40 - Nome da atividade de estrutura no Primavera P6

Primavera P6 Professional RB.2:

Arquivo Editar Exibir Projeto Empresa Ferramentas Ajuda

Atividades

Atividades | Projetos

Layout: #WBS Filtros: Todas as Atividades

ID da Atividade	#AMBI	Nome da Atividade	% de empenho	Status da Atividade	Duração Restante	% Física	Início
TORRE ÚNICO							
GERAL U			85,43%		86		29-Mai-19 A
ESTRUTURA U			0%		10		01-Dez-20
ESTRUTURA DE CONCRETO U			100%		0		29-Mai-19 A
SAUCTE15S1GR010	GR	Subsolo 01 U: Estrutura de Concreto Armado	100%	Concluído	0	100%	29-Mai-19 A
SAUCTE15TRGR010	GR	Térreo Interno U: Estrutura de Concreto Armado	100%	Concluído	0	100%	01-Jul-19 A
SAUCTE1501GR010	GR	Pavto 01 U: Estrutura de Concreto Armado	100%	Concluído	0	100%	13-Jul-19 A
SAUCTE1502GR010	GR	Pavto 02 U: Estrutura de Concreto Armado	100%	Concluído	0	100%	07-Ago-19 A
SAUCTE1503GR010	GR	Pavto 03 U: Estrutura de Concreto Armado	100%	Concluído	0	100%	15-Ago-19 A
SAUCTE1504GR010	GR	Pavto 04 U: Estrutura de Concreto Armado	100%	Concluído	0	100%	28-Ago-19 A
SAUCTE1505GR010	GR	Pavto 05 U: Estrutura de Concreto Armado	100%	Concluído	0	100%	04-Set-19 A
SAUCTE1506GR010	GR	Pavto 06 U: Estrutura de Concreto Armado	100%	Concluído	0	100%	11-Set-19 A
SAUCTE1507GR010	GR	Pavto 07 U: Estrutura de Concreto Armado	100%	Concluído	0	100%	18-Set-19 A
SAUCTE1508GR010	GR	Pavto 08 U: Estrutura de Concreto Armado	100%	Concluído	0	100%	24-Set-19 A
SAUCTE1509GR010	GR	Pavto 09 U: Estrutura de Concreto Armado	100%	Concluído	0	100%	01-Out-19 A
SAUCTE1510GR010	GR	Pavto 10 U: Estrutura de Concreto Armado	100%	Concluído	0	100%	08-Out-19 A
SAUCTE1511GR010	GR	Pavto 11 U: Estrutura de Concreto Armado	100%	Concluído	0	100%	16-Out-19 A
SAUCTE1512GR010	GR	Pavto 12 U: Estrutura de Concreto Armado	100%	Concluído	0	100%	23-Out-19 A
SAUCTE1513GR010	GR	Pavto 13 U: Estrutura de Concreto Armado	100%	Concluído	0	100%	31-Out-19 A
SAUCTE1514GR010	GR	Pavto 14 U: Estrutura de Concreto Armado	100%	Concluído	0	100%	07-Nov-19 A
SAUCTE1515GR010	GR	Pavto 15 U: Estrutura de Concreto Armado	100%	Concluído	0	100%	18-Nov-19 A
SAUCTE1516GR010	GR	Pavto 16 U: Estrutura de Concreto Armado	100%	Concluído	0	100%	25-Nov-19 A
SAUCTE1517GR010	GR	Pavto 17 U: Estrutura de Concreto Armado	100%	Concluído	0	100%	05-Dez-19 A
SAUCTE1518GR010	GR	Pavto 18 U: Estrutura de Concreto Armado	100%	Concluído	0	100%	13-Dez-19 A
SAUCTE1519GR010	GR	Pavto 19 U: Estrutura de Concreto Armado	100%	Concluído	0	100%	06-Jan-20 A
SAUCTE1520GR010	GR	Pavto 20 U: Estrutura de Concreto Armado	100%	Concluído	0	100%	13-Jan-20 A
SAUCTE1521GR010	GR	Pavto 21 U: Estrutura de Concreto Armado	100%	Concluído	0	100%	21-Jan-20 A
SAUCTE1522GR010	GR	Pavto 22 U: Estrutura de Concreto Armado	100%	Concluído	0	100%	28-Jan-20 A
SAUCTE1523GR010	GR	Pavto 23 U: Estrutura de Concreto Armado	100%	Concluído	0	100%	05-Fev-20 A

Atividade: SAUCTE1501GR010

Predecessores

ID da Atividade	Driver	Nome da Atividade	Tipo	Lag	Início	Término

Sucessores

ID da Atividade

Portfólio: Todos os Projetos | Modo de Acesso: Compartilhado | Data dos Dados: 01-Dez-20 | Linha de Base: Projeto Atual | Usuário: 41049579844 | DB: PMDB (EPPM)

Fonte: (A Empresa, 2020)

Figura 41 - Nome da atividade de estrutura no Synchro

The screenshot displays the Synchro software interface. At the top, there is a menu bar with options like 'ARQUIVO', 'PLANO', 'ATRIBUIÇÃO DE RECURSOS', '3D', 'REVISÃO 4D', 'ANALIZAR', 'RELATÓRIO', 'JANELAS', and 'NAVEGADOR'. Below the menu is a toolbar with various icons for project management. The main window is divided into several sections:

- Gantt:** A Gantt chart showing a list of activities. The table below summarizes the visible data:
- Recursos:** A resource list table with columns for 'Nome', 'Tipo', 'Calendário', and '3D'. The '3D' column shows a '3D Usando datas Filtros [3D by Selection [Administrator]] [1022x654]'.
- 3D View:** A 3D model of a building structure, with a purple highlighted area representing the selected activity.

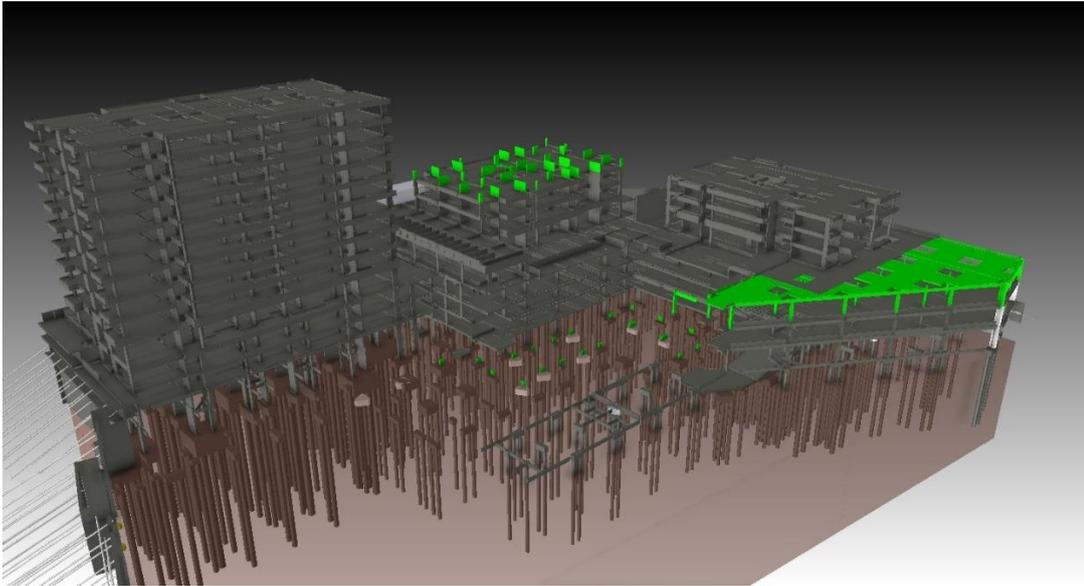
ID	Nome	Duraçã ão	Início	Término	Recur sos 3D	
444	SAUCTE1S17GR010	Pavto 17 U. Estrutura de Concreto Armado	5d	07.00 05/12/2019 (A)	00.00 12/12/2019 (A)	1
445	SAUCTE1S18GR010	Pavto 18 U. Estrutura de Concreto Armado	5d	00.00 13/12/2019 (A)	00.00 20/12/2019 (A)	1
446	SAUCTE1S19GR010	Pavto 19 U. Estrutura de Concreto Armado	5d	07.00 05/01/2020 (A)	00.00 11/01/2020 (A)	1

Nome	Tipo	Calendário	3D
ACABAMENTOS	Material	Project Calendar	325
ALVENARIA	Material	Project Calendar	516
CANALHOS	Material	Project Calendar	91
CONTEÇÃO	Material	Project Calendar	35
ESTRUTURA	Material	Project Calendar	1820
Pavto 01 P. Estrutura de Concreto Armado	Material	Project Calendar	150 SAUCTE1S
Pavto 01 U. Estrutura de Concreto Armado	Material	Project Calendar	163 SAUCTE1S
Pavto 02 P. Estrutura de Concreto Armado	Material	Project Calendar	4 SAUCTE1S
Pavto 02 U. Estrutura de Concreto Armado	Material	Project Calendar	4 SAUCTE1S
Pavto 03 P. Estrutura de Concreto Armado	Material	Project Calendar	4 SAUCTE1S
Pavto 03 U. Estrutura de Concreto Armado	Material	Project Calendar	4 SAUCTE1S
Pavto 04 P. Estrutura de Concreto Armado	Material	Project Calendar	4 SAUCTE1S
Pavto 04 U. Estrutura de Concreto Armado	Material	Project Calendar	4 SAUCTE1S
Pavto 05 P. Estrutura de Concreto Armado	Material	Project Calendar	4 SAUCTE1S
Pavto 05 U. Estrutura de Concreto Armado	Material	Project Calendar	4 SAUCTE1S
Pavto 06 P. Estrutura de Concreto Armado	Material	Project Calendar	4 SAUCTE1S
Pavto 06 U. Estrutura de Concreto Armado	Material	Project Calendar	4 SAUCTE1S
Pavto 07 P. Estrutura de Concreto Armado	Material	Project Calendar	4 SAUCTE1S
Pavto 07 U. Estrutura de Concreto Armado	Material	Project Calendar	4 SAUCTE1S
Pavto 08 P. Estrutura de Concreto Armado	Material	Project Calendar	4 SAUCTE1S
Pavto 08 U. Estrutura de Concreto Armado	Material	Project Calendar	4 SAUCTE1S
Pavto 09 P. Estrutura de Concreto Armado	Material	Project Calendar	4 SAUCTE1S
Pavto 09 U. Estrutura de Concreto Armado	Material	Project Calendar	4 SAUCTE1S
Pavto 10 P. Estrutura de Concreto Armado	Material	Project Calendar	4 SAUCTE1S
Pavto 10 U. Estrutura de Concreto Armado	Material	Project Calendar	4 SAUCTE1S
Pavto 11 P. Estrutura de Concreto Armado	Material	Project Calendar	4 SAUCTE1S
Pavto 11 U. Estrutura de Concreto Armado	Material	Project Calendar	4 SAUCTE1S
Pavto 12 P. Estrutura de Concreto Armado	Material	Project Calendar	4 SAUCTE1S
Pavto 12 U. Estrutura de Concreto Armado	Material	Project Calendar	4 SAUCTE1S
Pavto 13 U. Estrutura de Concreto Armado	Material	Project Calendar	4 SAUCTE1S

Fonte: (A Empresa, 2020)

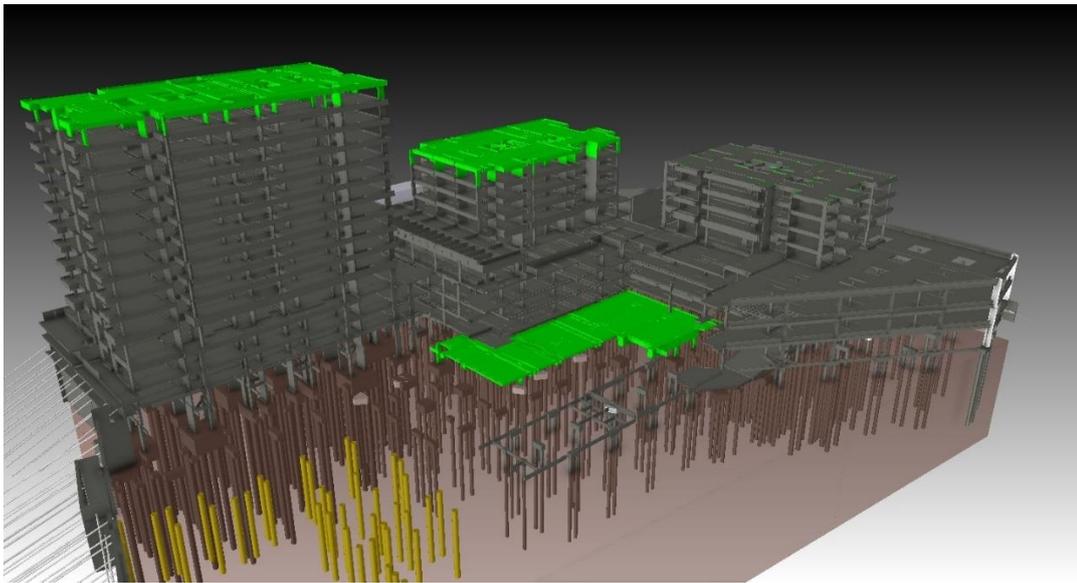
Ao longo do estudo o engenheiro de planejamento vai aprimorando o modelo de acordo com a necessidade e as diretrizes indicadas no capítulo 3.3. No exemplo anterior, são analisadas as setorizações da estrutura, as interferências que podem existir no plano de ataque, se todos os serviços são visualizados no modelo 4D, bem como compatibilidade das produtividades e durações pré-estabelecidas. Abaixo na Figura 42, Figura 43, Figura 44 e Figura 45 mostra-se um exemplo de um estudo em BIM 4D.

Figura 42 - Estudo de setorização de estrutura Fase 1



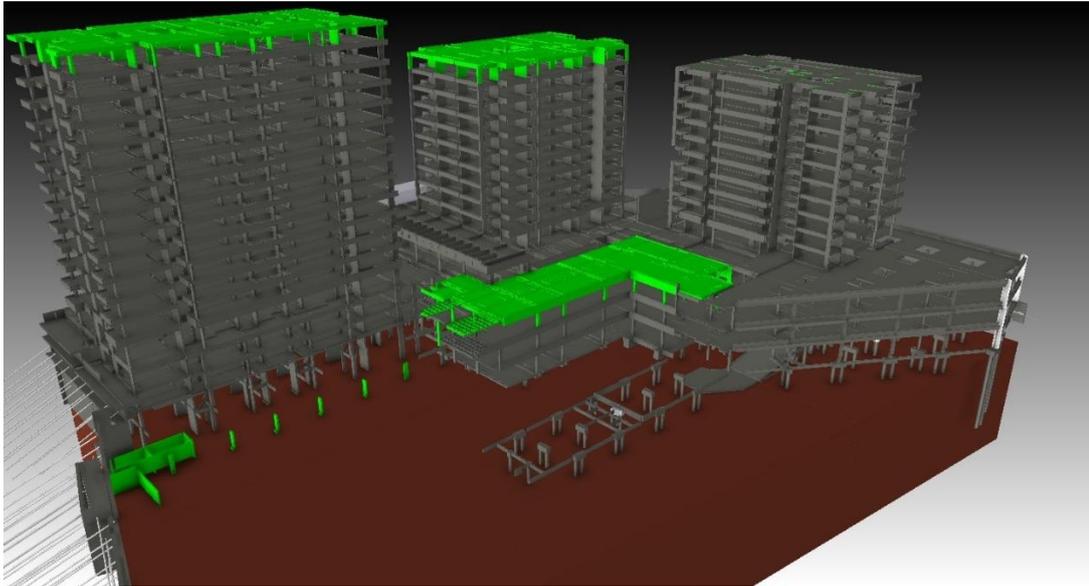
Fonte: (A Empresa, 2020)

Figura 43 - Estudo de setorização de estrutura Fase 2



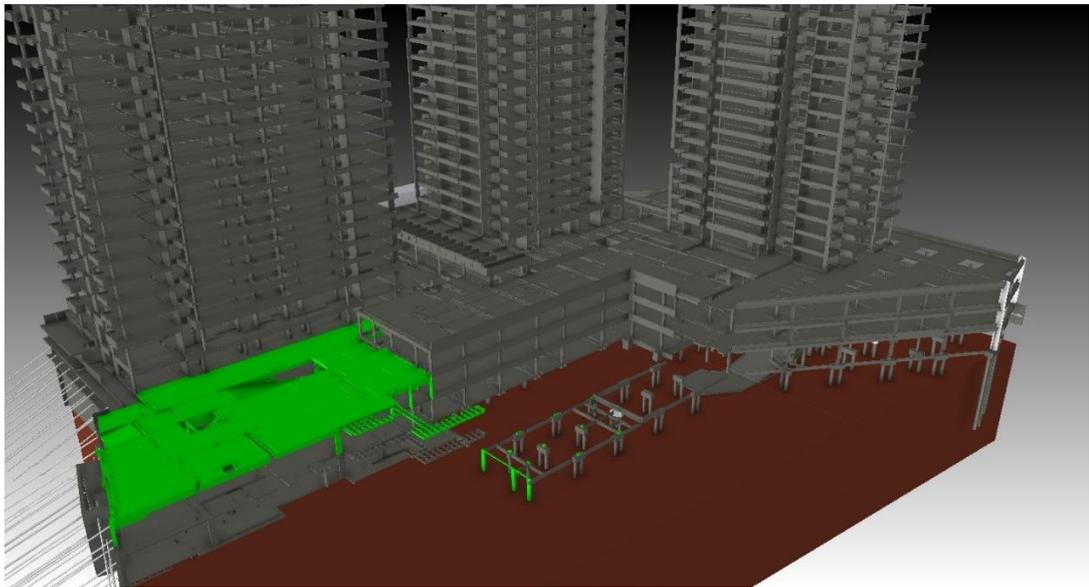
Fonte: (A Empresa, 2020)

Figura 44 - Estudo de setorização de estrutura Fase 3



Fonte: (A Empresa, 2020)

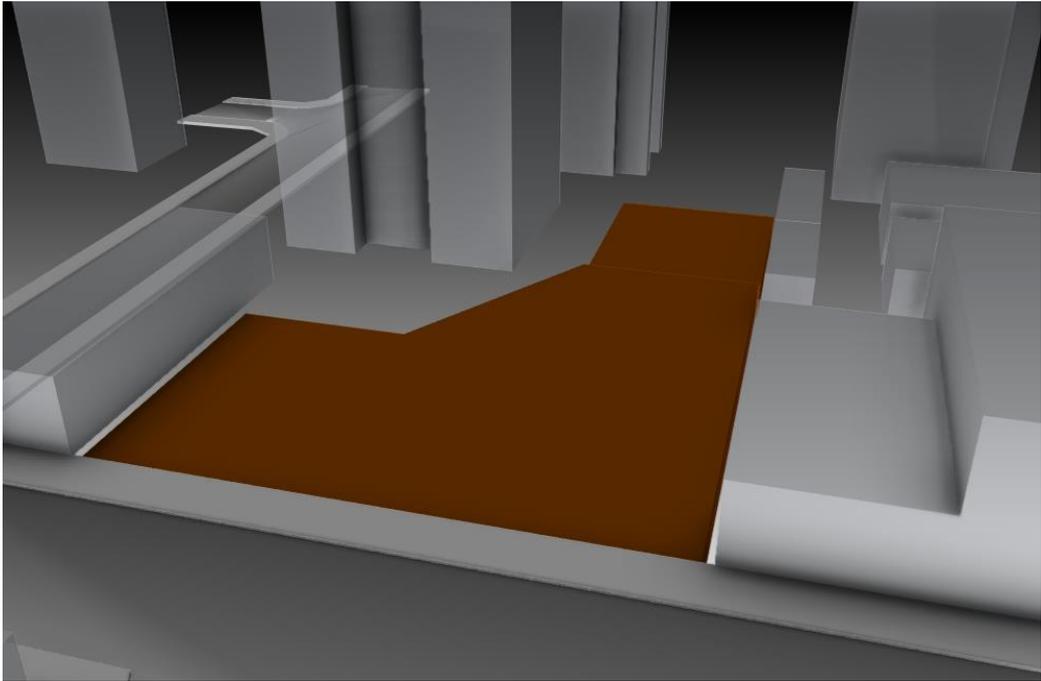
Figura 45 - Estudo de setorização de estrutura Fase 4



Fonte: (A Empresa, 2020)

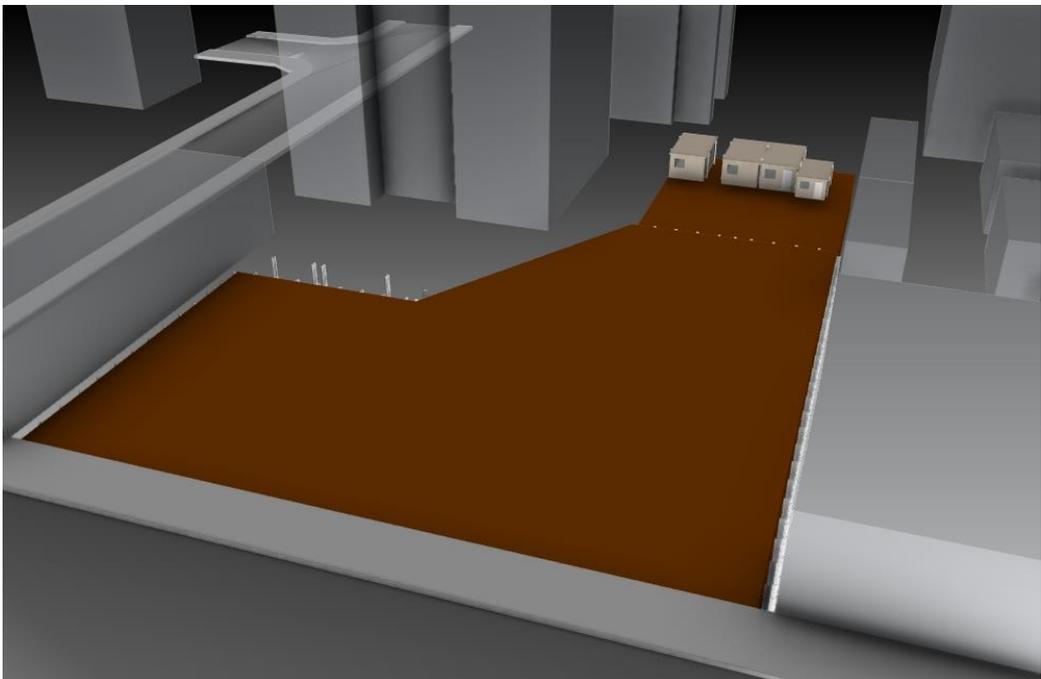
A logística do projeto é definida nesta etapa também. A equipe da obra indica onde serão posicionados os equipamentos como grua e cremalheiras, estoques de materiais, baias e canteiro. Com a inserção no BIM são analisadas as incompatibilidades com o plano de ataque definido, encontrando possíveis riscos e oportunidades. Na Figura 46, Figura 47, Figura 48, Figura 49, Figura 50, Figura 51 e Figura 52 é possível notar o período de posicionamento de cada item logísticos do projeto que foi apresentado da diretriz de modelagem do capítulo 3.3.

Figura 46 - Início da Obra (Terraplanagem)



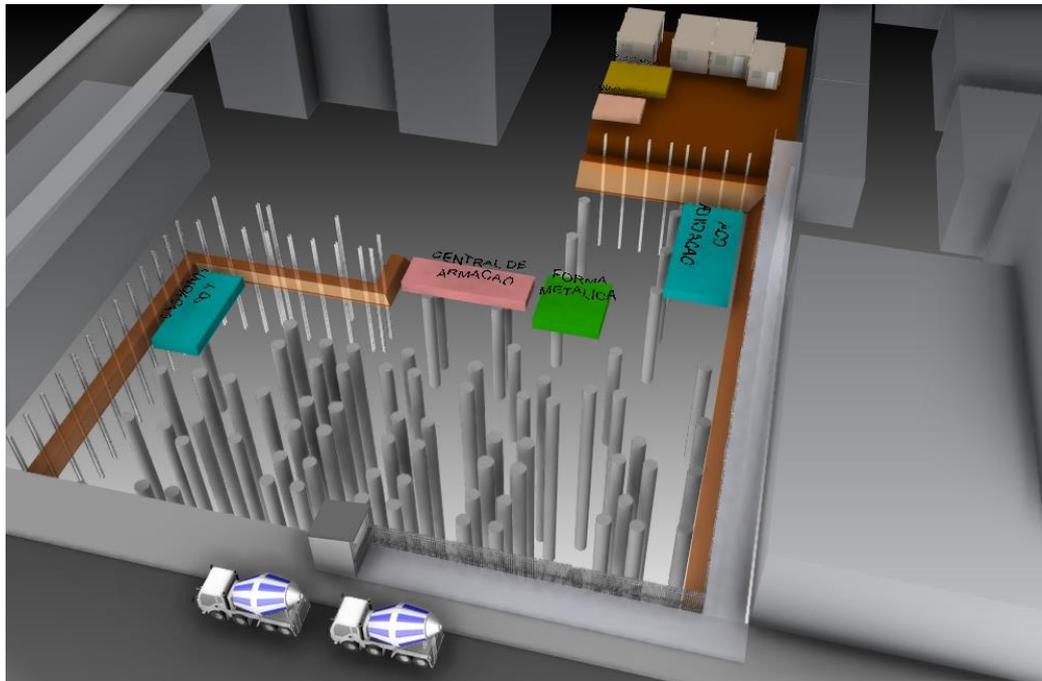
Fonte: (A Empresa, 2020)

Figura 47 - 1º mês de Obra (posicionamento de container para área de vivencia e engenharia)



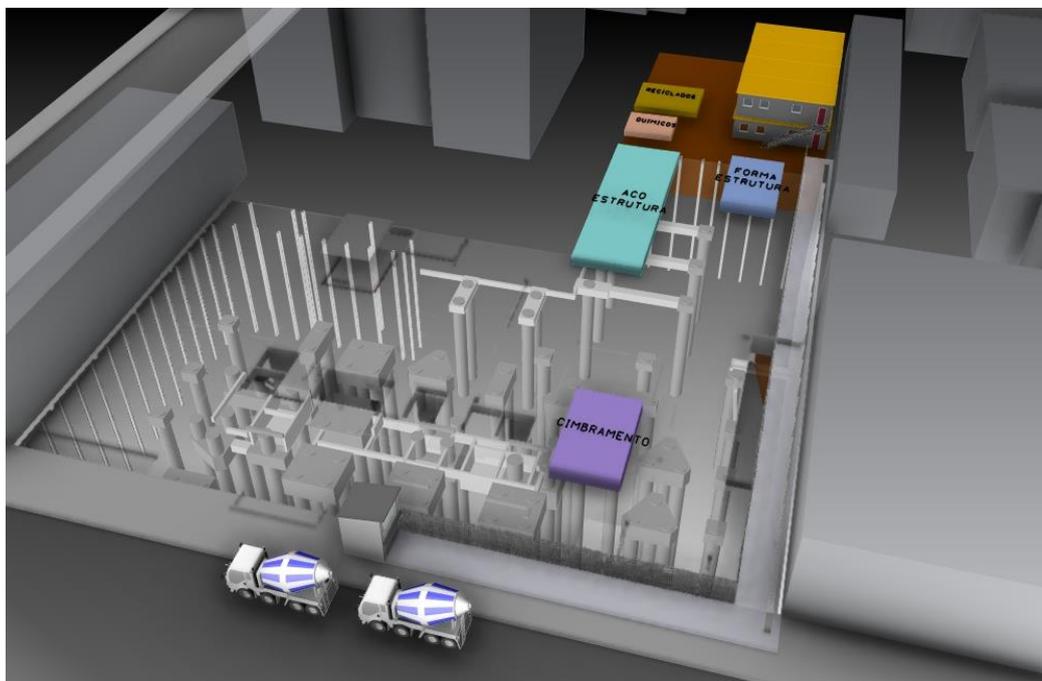
Fonte: (A Empresa, 2020)

Figura 48 - 2º mês de Obra (posicionamento de central de armação, estoque de aço, estoque de forma e central de concretagem)



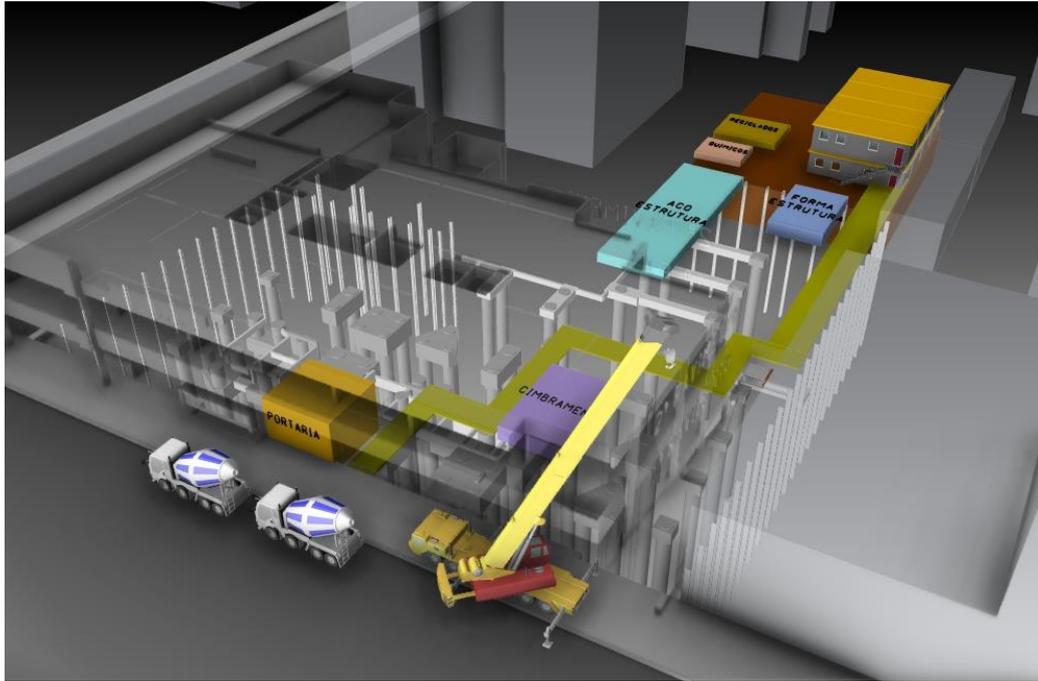
Fonte: (A Empresa, 2020)

Figura 49 - 4º mês de Obra (mudança de estoque e forma entrada estoque de cimbramento e caminho seguro)



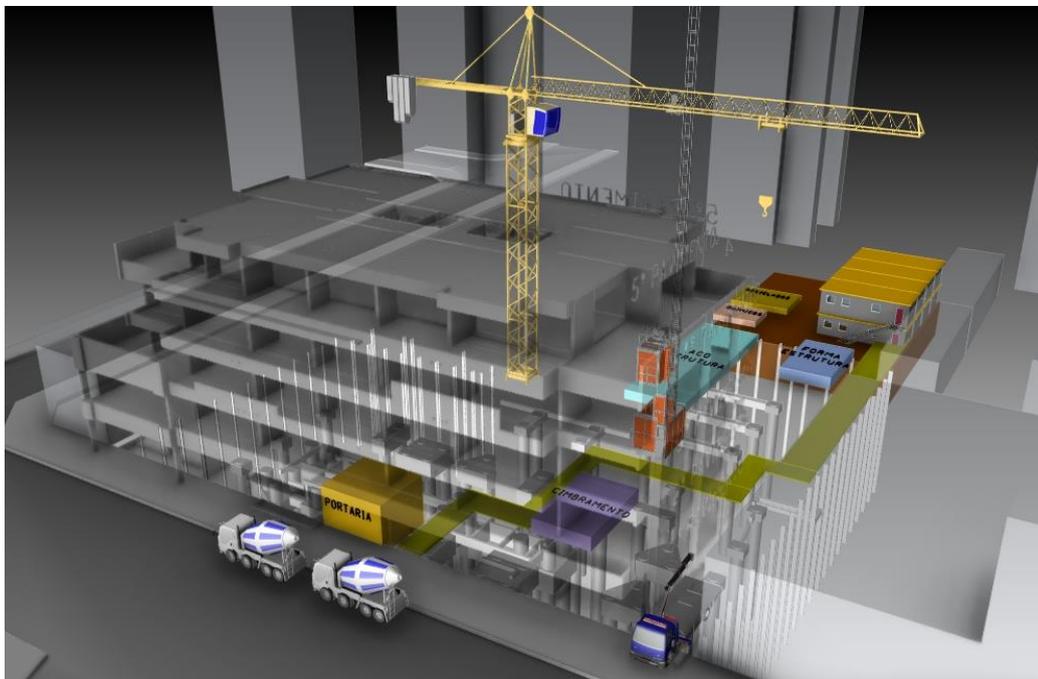
Fonte: (A Empresa, 2020)

Figura 50 - 5º mês de Obra (posicionamento de portaria e guindaste de apoio, mudança no caminho seguro)



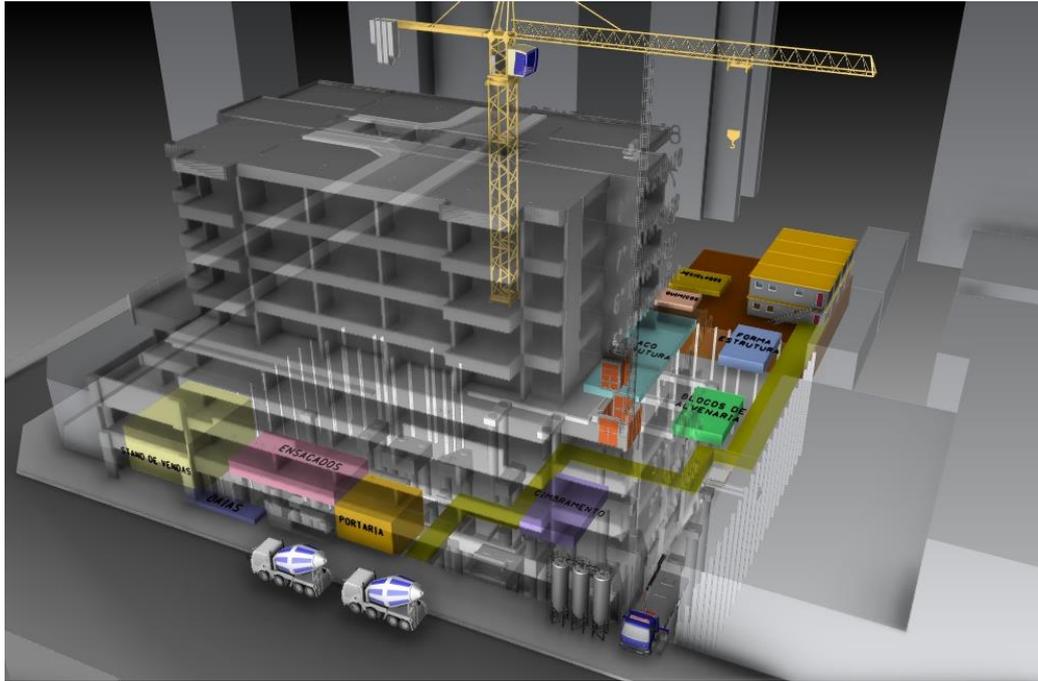
Fonte: (A Empresa, 2020)

Figura 51 - 7º mês de obra (entrada da grua e cremalheira)



Fonte: (A Empresa, 2020)

Figura 52 - 8º mês de obra (entrada de ensacados, stand de vendas, silos de argamassa e ascensão da grua)



Fonte: (A Empresa, 2020)

3.4.1.3 ESTABELECEMOS A LINHA DE BASE E APROVAÇÃO DO CRONOGRAMA

Para auxiliar o estabelecimento da linha de base e aprovação do cronograma é realizada uma reunião com a equipe da obra, onde é apresentado um vídeo com a modelagem 4D de todo o período da obra. A análise deste vídeo tem como objetivo visualizar algum possível risco, interferências ou incompatibilidade que não foram identificadas nas etapas anteriores.

3.4.2 ACOMPANHAMENTO E CONTROLE EM BIM

Assim como no processo de planejamento o BIM foi inserido do acompanhamento e controle da obra e na Figura 53 indica as etapas que sofreram modificações significativas.

Figura 53 - Fluxo do processo de acompanhamento e controle da obra com o BIM



Fonte: (O Autor, 2020)

Na etapa de medição física da obra o procedimento ocorre normalmente como o explanado anteriormente, com o engenheiro de planejamento percorrendo a obra pra aferir o avanço das atividades. Nesta etapa o BIM 4D não contribui para nenhuma mudança no processo.

Apenas a partir da atualização do cronograma no software primavera verificou-se uma real alteração no processo, que será detalhado no próximo capítulo.

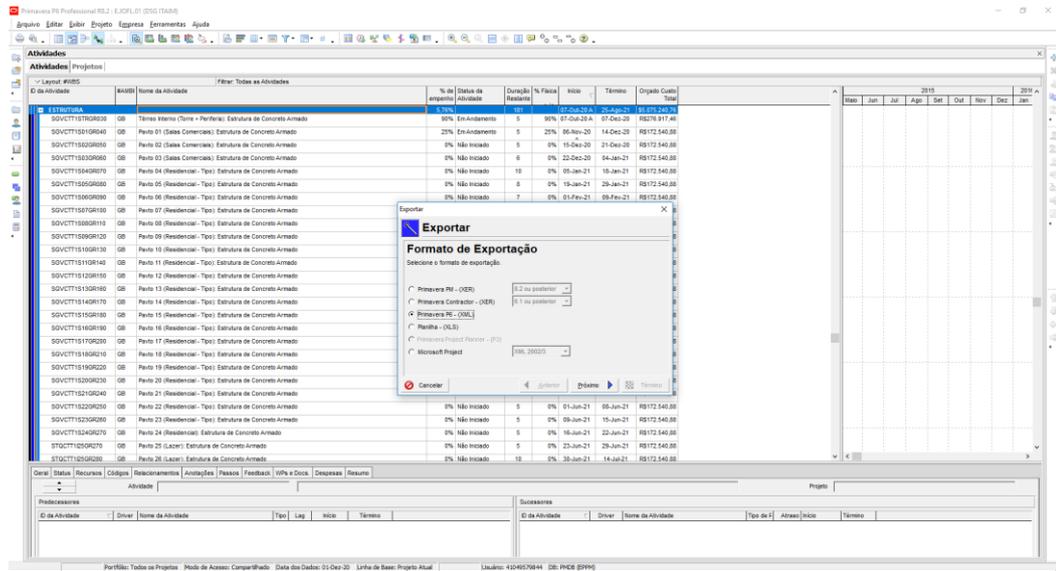
3.4.2.1 ATUALIZAÇÃO DO CRONOGRAMA

A inserção do BIM no processo ocorre após a validação do avanço medido com a equipe da obra usando o relatório “*Previsto x Realizado*”, citado no capítulo 3.1.2.2, e atualização do cronograma.

Com o cronograma atualizado, o engenheiro de planejamento exporta o arquivo do Primavera P6 para, na sequência, importa-lo no Synchro, de forma automática e prática as datas do

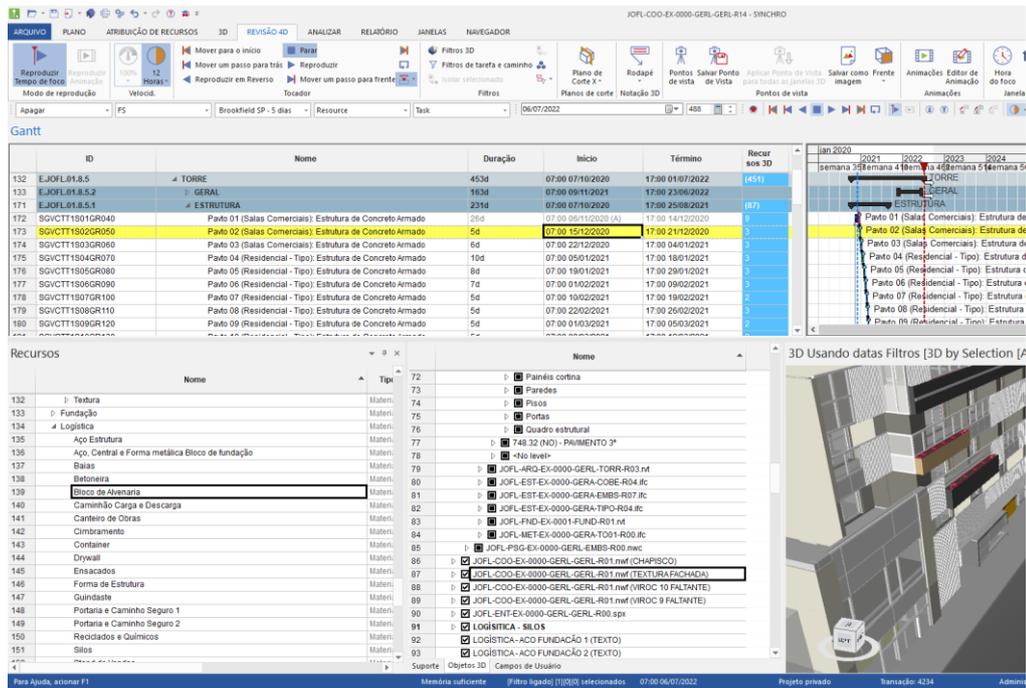
cronograma em BIM são atualizadas, gerando o status atual da obra no modelo, já que todas as atividades estão vinculadas com o modelo. Abaixo nas Figura 54, Figura 55, Figura 56 e Figura 57 ilustra-se como são executadas essa sincronização do cronograma com o modelo.

Figura 54 - Exportando o cronograma do Primavera P6



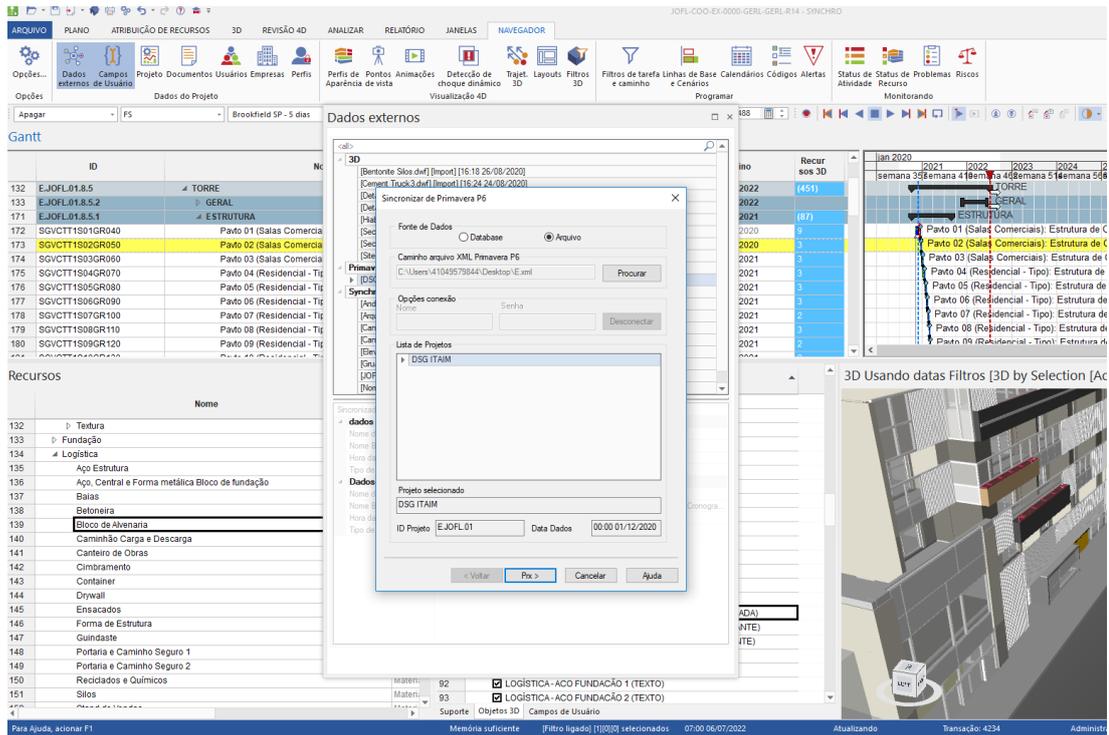
Fonte: (A Empresa, 2020)

Figura 55 - Data antes da importação do Synchro



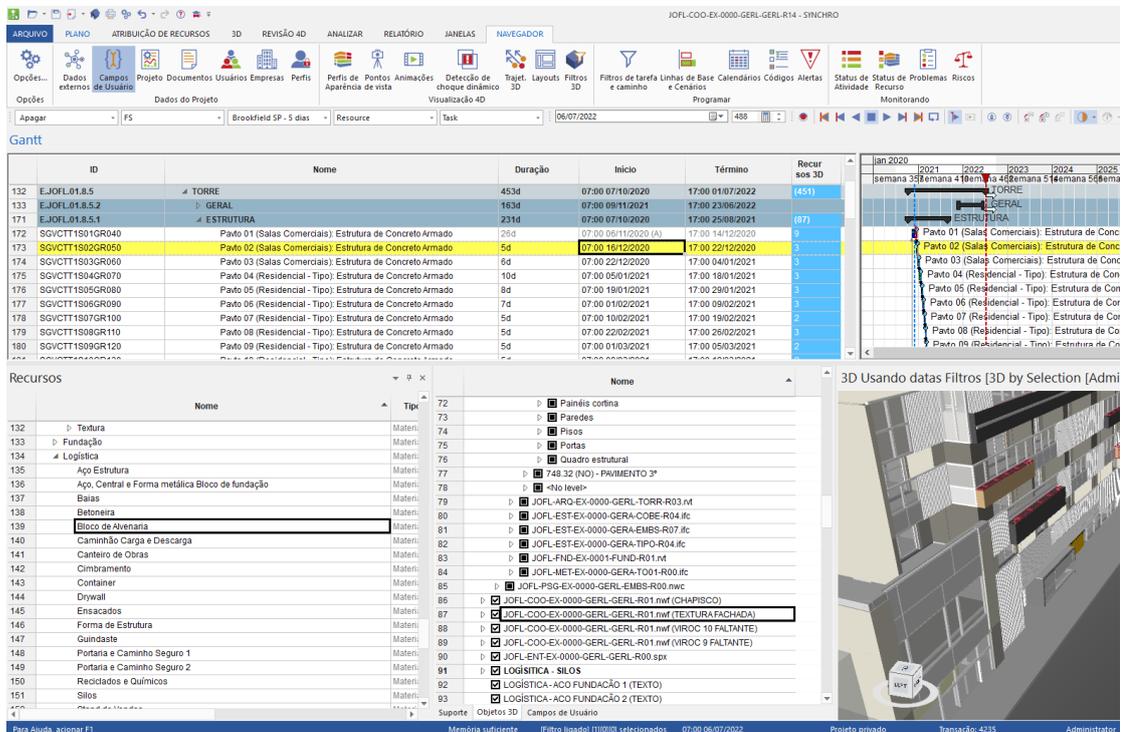
Fonte: (A Empresa, 2020)

Figura 56 - Importação do cronograma no Synchro



Fonte: (A Empresa, 2020)

Figura 57 - Data após a Importação no Synchro



Fonte: (A Empresa, 2020)

O engenheiro de planejamento utiliza a modelagem 4D para a análise do replanejamento antes de apresentá-lo a equipe de obra na reunião de fechamento. O processo de sincronização é feito quantas vezes forem necessários para a identificação de todos os riscos.

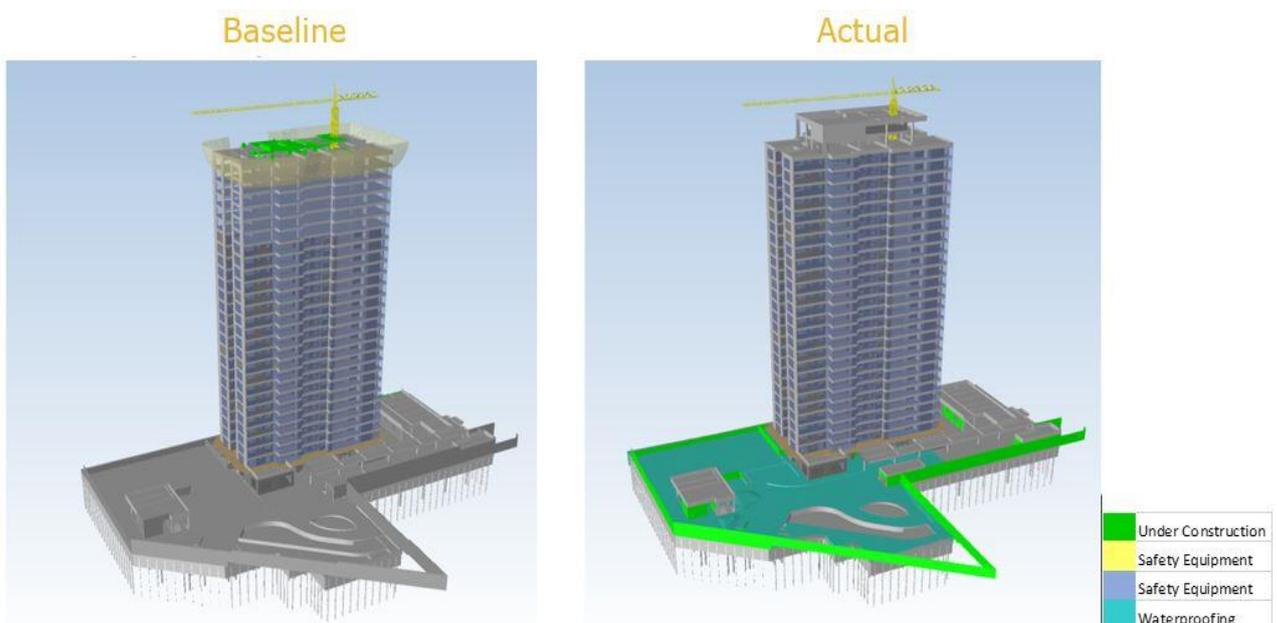
3.4.2.2 REUNIÃO DE FECHAMENTO COM A EQUIPE DA OBRA

Na reunião de fechamento, o modelo 4D entra como ferramenta principal para todas as análises e simulações. Apesar do engenheiro de planejamento elaborar uma análise prévia do replanejamento, durante a reunião, muitas vezes, são feitas simulações no cronograma e no modelo 4D, visualizando os riscos para o restante da obra.

Uma observação interessante relativa a esta análise de riscos refere-se ao fato de que as atividades internas não são visualizadas no modelo da empresa. As análises são feitas com base nas atividades externas do projeto, que geralmente correspondem ao o caminho crítico do cronograma.

Além disso, para formalizar o fechamento é apresentado no modelo uma comparação do status atual da obra com o planejamento inicial, conforme mostrado na Figura 58.

Figura 58 - Previsto x Realizado em BIM



Fonte: (A Empresa, 2020)

3.4.2.3 FORMALIZAÇÃO DO FECHAMENTO COM A DIRETORIA

A comparação do status atual da obra e o planejamento inicial no modelo que foi discutida da reunião de fechamento, é apresentada nos dois meios de formalização com a diretoria: no relatório enviado por e-mail e na apresentação da reunião mensal com a diretoria. Abaixo na Figura 59 e Figura 60 tem-se um exemplo do relatório e apresentação com este comparativo.

Figura 59 - Relatório mensal com o BIM 4D

Período: 06/01/2020 a 06/02/2020	Var. % BP 2019	BP 2020	Real	Var (%)	IDP	Observações				
	Acum. Anterior	37,47%	37,47%	0,00%	1,00					
	Acum. Atual	42,39%	42,99%	0,60%	1,01					
	Avanço Físico do Período	4,92%	5,51%	0,60%						
	Var. % Mês Anterior	Prev. Mês Anterior	Realizado Mês	Var (%)						
	Comparativo Mês Anterior	5,13%	5,51%	0,38%						
	Var. Datas	BP 2019	Real	IDT						
	Término Previsto	28/02/2021	23/02/2021	5 dias						
	Meses para o Término	12,9 meses								
	% Médio Mensal (Pace)	4,41%								
	PONTOS DE ATENÇÃO OBRA									
Andamento da obra:										
No mês de Janeiro/20, o avanço físico foi maior do que o previsto pois algumas atividades foram executadas mais do que o previsto, como exemplo Alvenaria externas (3 pavimentos a mais), Contrapiso - área seca (1 pavimento a mais) e Distribuição elétrica póvo (1 pavimento a mais)										
O caminho crítico da obra é o contramarco, como plano de ação foi reforçado a equipe para executar dois pavimentos por semana, e está sendo estudado o tombamento desta atividade para a liberação da fachada										
A obra está atuando para a antecipação da atividade de impermeabilização do térreo para executar o perímetro da torre antes do início da fachada. Um dos lados do perímetro da torre foi executado e o outro está em execução										
Mudança de escopo Exacta (Serviços gerais):										
- A Exacta irá executar apenas serviços mais simples como chumbamento de contramarcos, chumbamento de esquadria de ferro e etc.										
- Revestimentos e Pisos cerâmicos serão executados pelo empreiteiro NDA										
- Emboço de área molhada será executado pelo gesso marília										
Está em processo de troca de empreiteiro de piso de concreto e placas de contenção, pois o empreiteiro Haidar não estava cumprindo o cronograma. Por isso não foi executado os trechos de pisos que estavam previsto										
O início da montagem de balancim está previsto após o término da cobertura (devido ao escudo de segurança) e montagem da tela fachadeira.										
Principais Datas										
Término da estrutura 24/02										
Início de montagem dos balancins da fachada 10/03										
Início do emboço da fachada 30/04										
Início de montagem de elevador 22/04/20										
BIM 4D										
• Linha de Base			• Realizado atual							
										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">LEGENDA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■</td> <td>EM EXECUÇÃO</td> </tr> </tbody> </table>							LEGENDA		■	EM EXECUÇÃO
LEGENDA										
■	EM EXECUÇÃO									

Fonte: (O Autor, 2020)

Figura 60 - Apresentação para diretoria com BIM 4D

2 - PLANNING MANAGEMENT

• Baseline



• Current status



Fonte: (O Autor, 2020)

4 ANÁLISES E RESULTADOS

No capítulo em questão são apresentadas análises dos processos descritos acima e exemplos reais dos benefícios na implantação de um processo em BIM 4D em planejamento. O principal foco é identificar os ganhos e os riscos na implantação da ferramenta.

4.1 INCOMPATIBILIDADE CONSTRUTIVA

Como é possível notar ao longo do trabalho, uma das principais vantagens na implantação do BIM 4D é a identificação de interferências durante a execução da obra ou incompatibilidades construtivas. A seguir apresenta-se exemplos das vantagens do BIM 4D em alguns projetos da empresa do estudo de caso, bem como os benefícios obtidos.

O primeiro exemplo foi observado em um projeto localizado na cidade de Campinas. A construção é de estrutura convencional e composta por 2 subsolos, térreo, 2 torres, sendo uma com 15 pavimentos e a outra com 26 pavimentos, conforme ilustram as Figura 61 e Figura 62 abaixo.

Figura 61 - Projeto estudo de caso 1



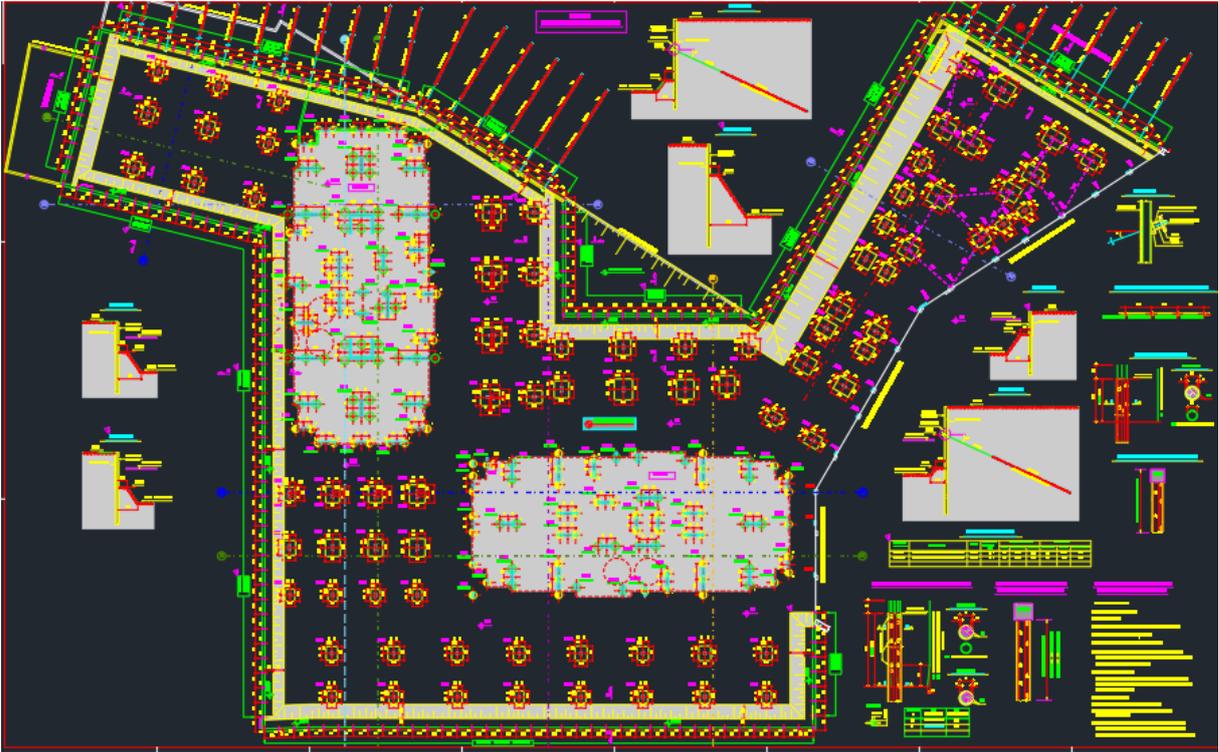
Figura 62 - Projeto estudo de caso 1



Fonte: (A Empresa, 2020)

Em razão do subsolo, o projeto continha uma contenção em torno de todo o terreno composta por perfis metálicos com pranchamento e, em alguns trechos, tirantes. Entretanto, em diversos locais foram projetados taludes para a substituição dos tirantes, com objetivo de redução de custos e otimização do projeto. Este detalhe é possível perceber na Figura 63.

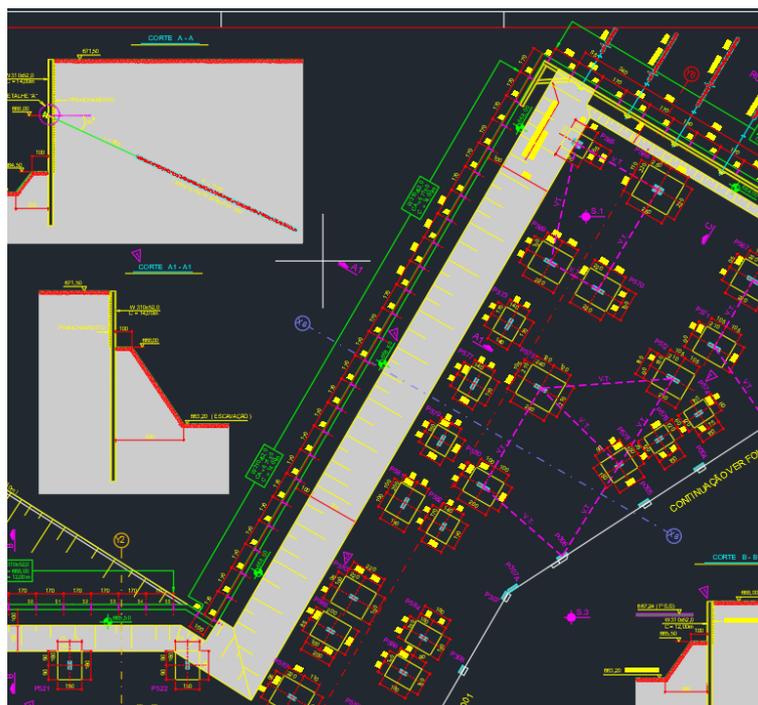
Figura 63 - Projeto de fundação do estudo de caso 1



Fonte: (A Empresa, 2020)

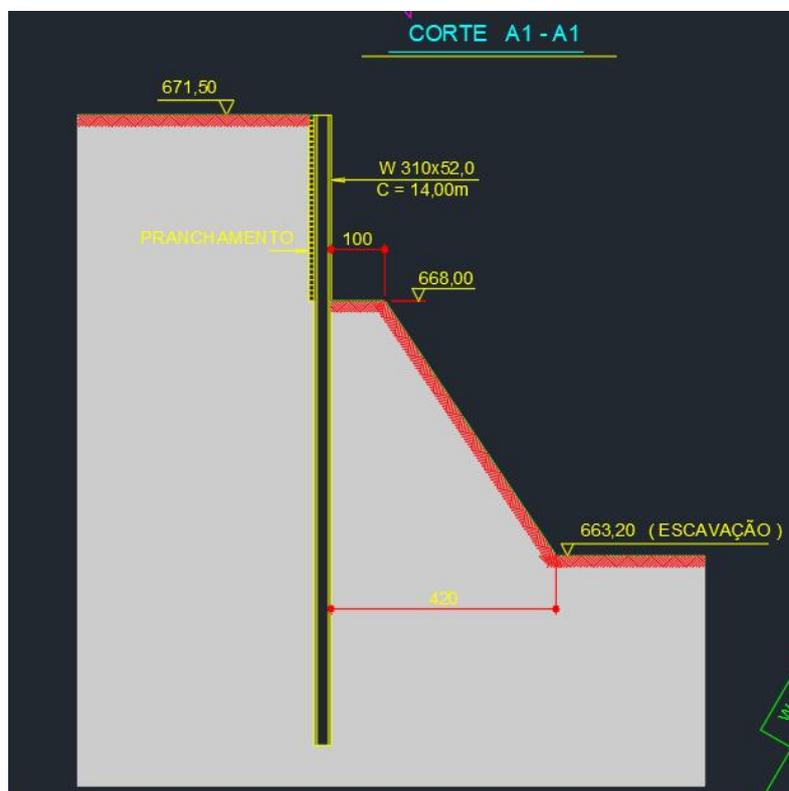
No trecho apresentado na Figura 64, havia um talude de 4,80 metros de altura, conforme detalhe do projeto na Figura 65. Como o pé direito do 2º subsolo é de 3,65 metros, impossibilitava a execução da laje do 1º subsolo. Porém, pelo projeto, não era permitido a retirada do talude sem o travamento da laje do 1º subsolo. Desta forma, foi evidenciado uma incompatibilidade construtiva.

Figura 64 - Trecho do projeto de fundação



Fonte: (A Empresa, 2020)

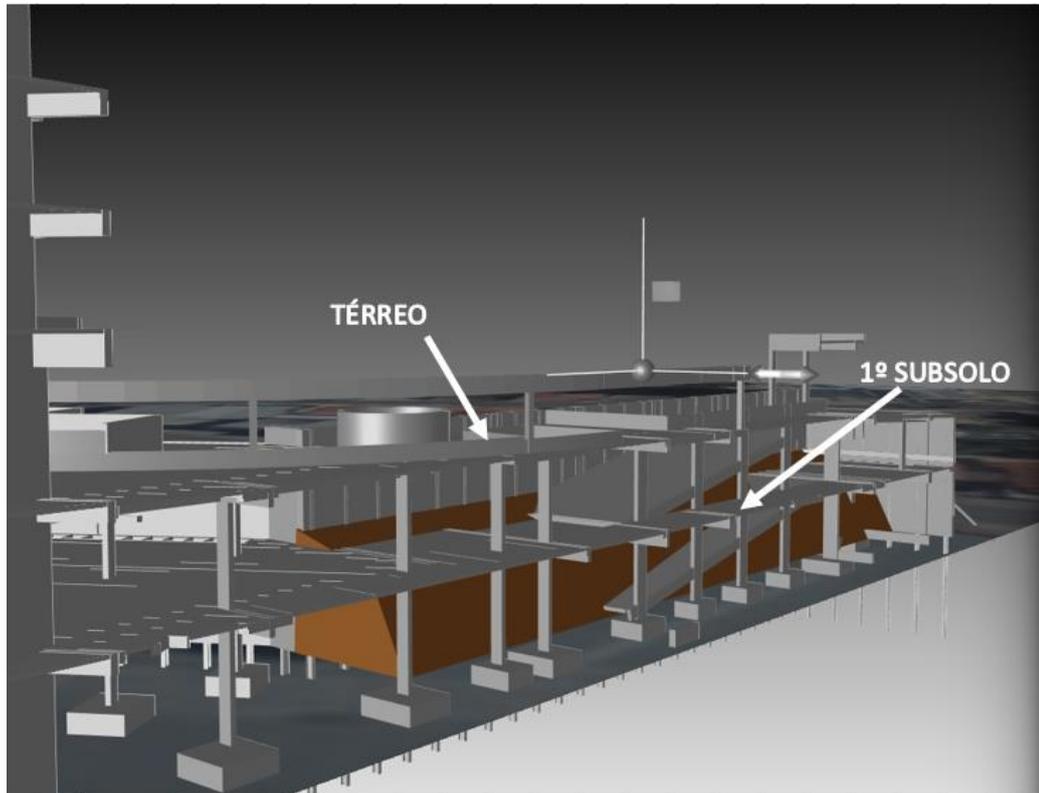
Figura 65 - Detalhe da incompatibilidade construtiva do projeto de fundação



Fonte: (A Empresa, 2020)

A contribuição do BIM 4D deve-se justamente na identificação deste problema, que ocorreu em uma das reuniões de análise do cronograma com a equipe da obra, no momento de elaboração do plano de ataque da obra, conforme Figura 66 abaixo.

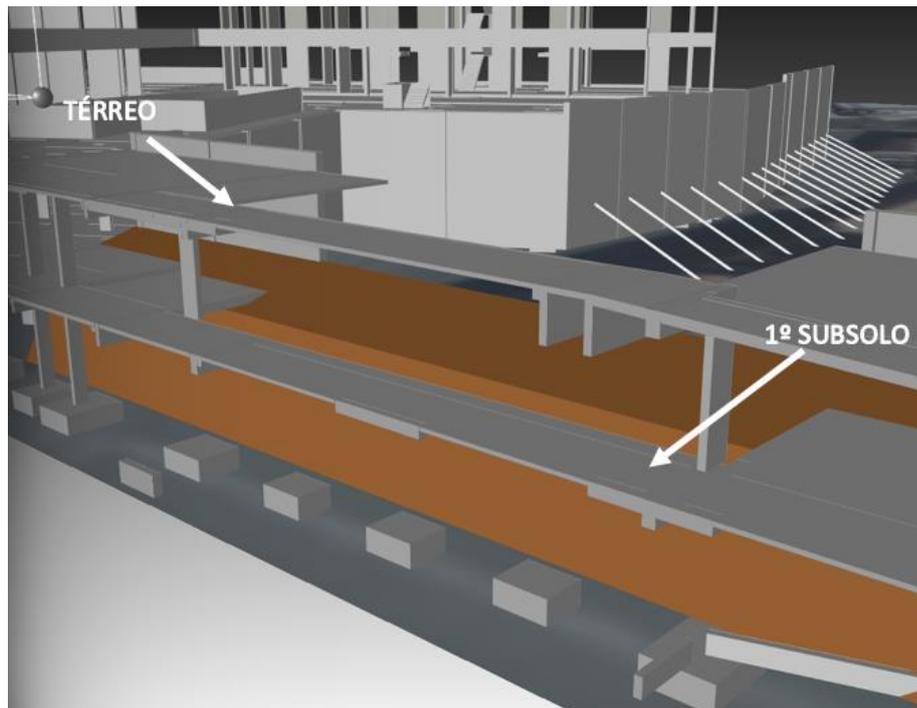
Figura 66 - Interferência Laje x Talude



Fonte: (A Empresa, 2020)

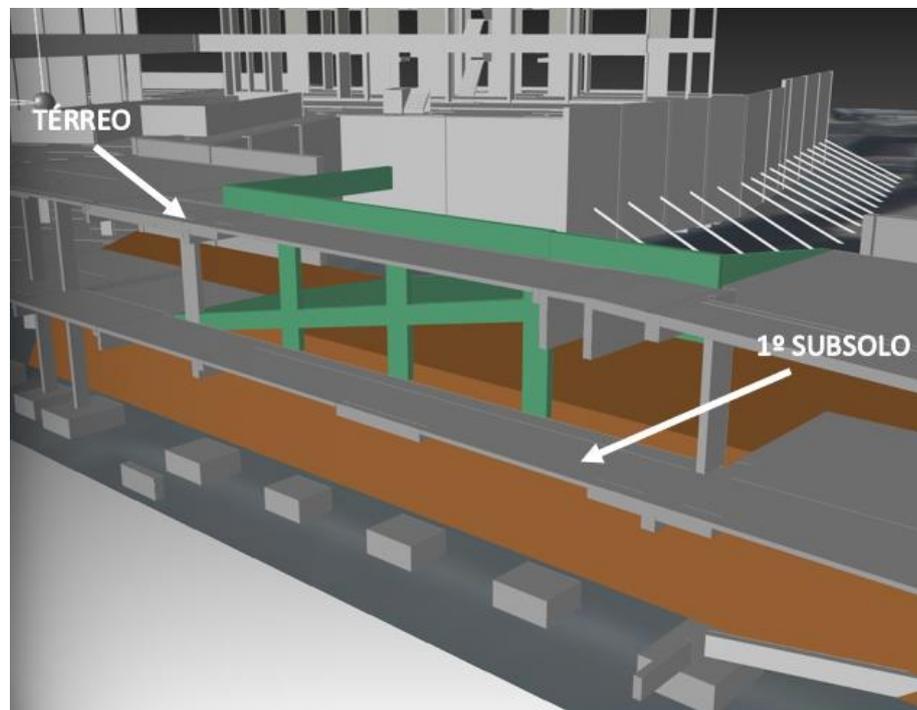
Após diversos estudos, por parte da equipe de planejamento, projetos e obra, a solução encontrada foi executar a laje do térreo escorando-a em pé direito duplo sobre o talude. Nas Figura 67 e Figura 68 é possível notar a diferença entre o projeto de escoramento original e o que foi revisado neste trecho.

Figura 69 - Sequência construtiva da solução (Fase 1)



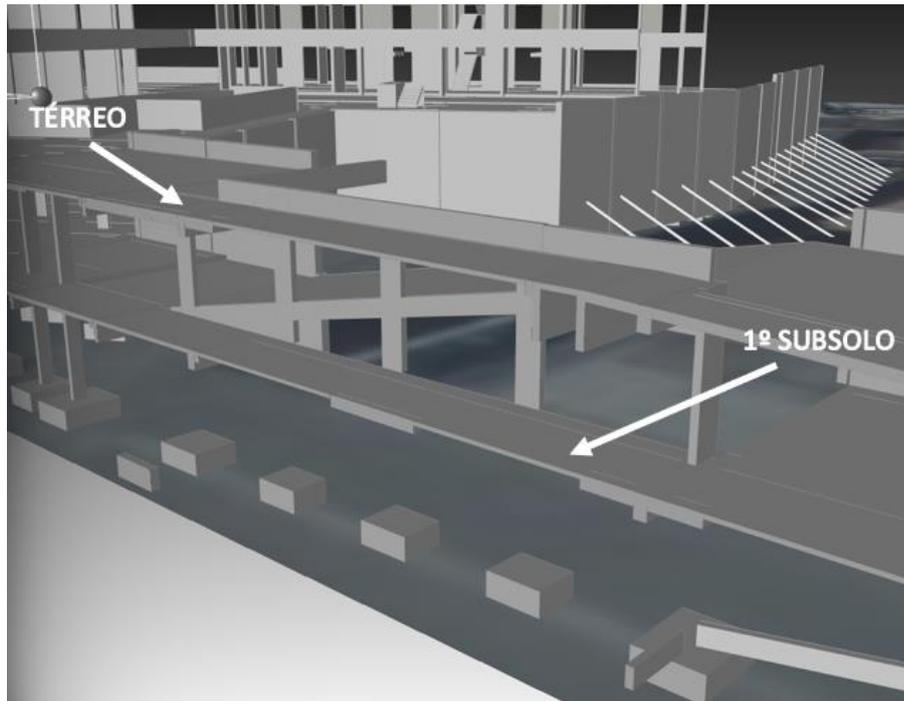
Fonte: (A Empresa, 2020)

Figura 70 - Sequência construtiva da solução (Fase 2 - Execução da laje do térreo)



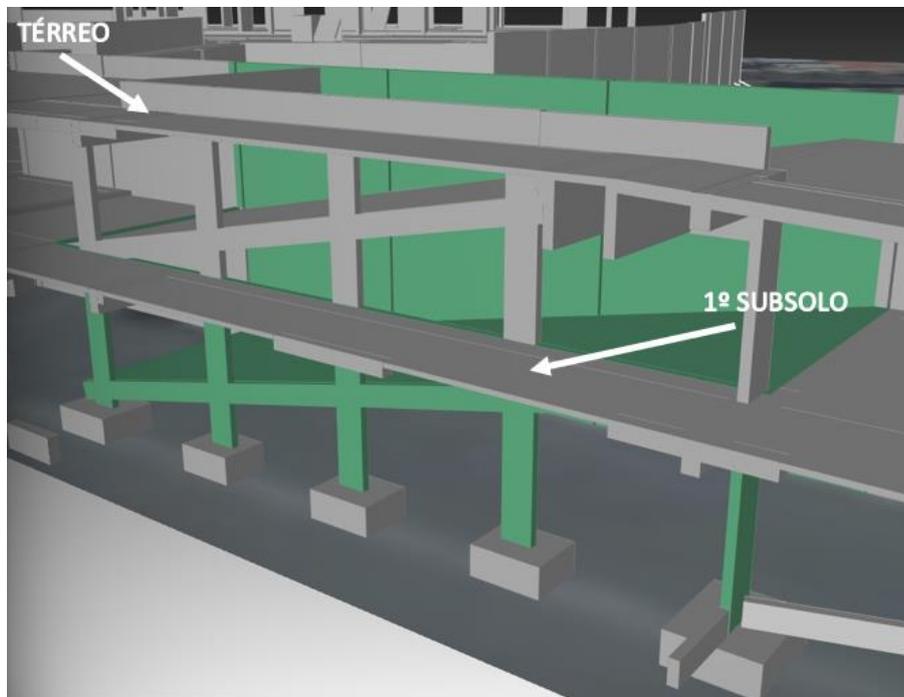
Fonte: (A Empresa, 2020)

Figura 71 - Sequência construtiva da solução (Fase 3 - Retirada do talude)



Fonte: (A Empresa, 2020)

Figura 72 - Sequência construtiva da solução (Fase 4 - Execução da laje do 1º Subsolo)



Fonte: (A Empresa, 2020)

Apesar do benefício de se identificar a incompatibilidade do processo construtivo antes do início da obra (ou seja, em tempo hábil de se procurar outras soluções), pela complexidade do escoramento, a alteração acabou gerando aumento de custo neste item. No entanto, com a modelagem foi possível se estudar outras alternativas para buscar economias de orçamento em outros itens, auxiliando a reduzir-se o impacto deste problema no empreendimento.

4.2 INCOMPATIBILIDADE LOGÍSTICA

Outra ocorrência no planejamento da obra que pode impactar em prazo e custo é a incompatibilidade logística. Como se verificou no item 3.1.1.2, estudos logísticos são feitos no início da obra para locais de estoques e equipamentos. Entretanto, ao longo da obra podem surgir interferências com os elementos da construção. Evidenciou-se que o BIM reduziu este risco.

Em um projeto localizado na região de São Paulo, a construção era em estrutura convencional e composta por 1 subsolo, térreo, 24 pavimentos, conforme Figura 73 e Figura 74 abaixo.

Figura 73 - Projeto estudo de caso 2



Figura 74 - Projeto estudo de caso 2



Fonte: (A Empresa, 2020)

Conforme a Figura 75 abaixo, o projeto contém a torre faceada com a calçada da frente da obra. Comumente a frente de obra é a região mais utilizada para as questões logísticas, em razão da facilidade na carga e descarga de material. Apesar da possibilidade da solicitação do alvará de avanço do tapume para a prefeitura, o estudo de estoque de material requer uma avaliação das dimensões mais detalhada.

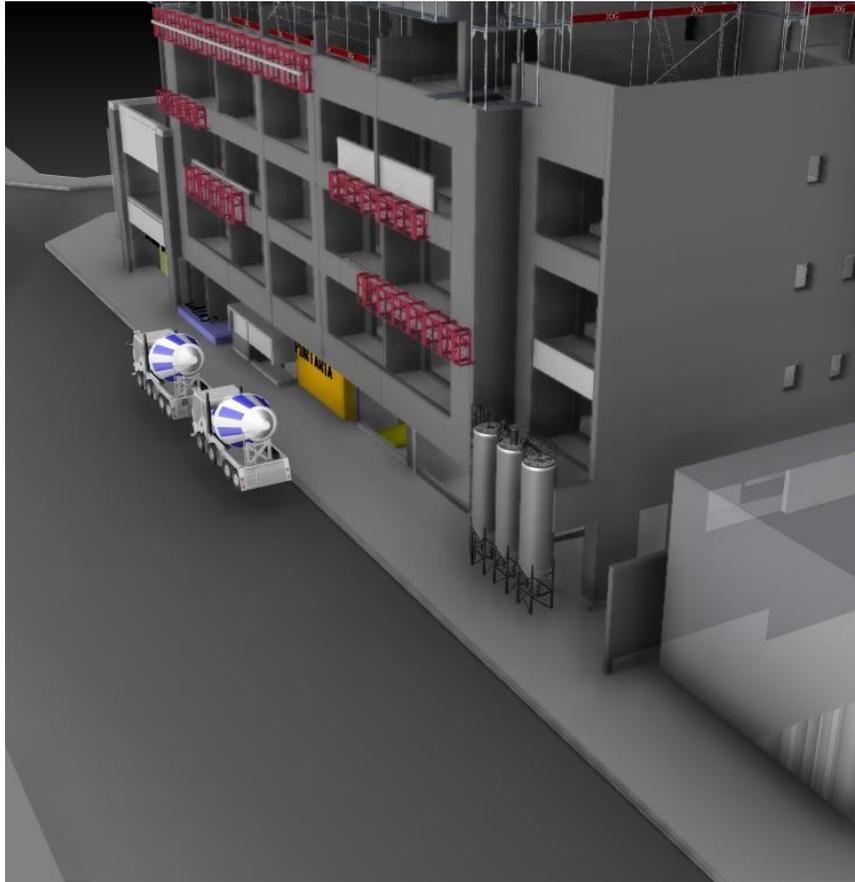
Figura 75 - Torre faceada com a calçada



Fonte: (A Empresa, 2020)

Neste empreendimento, o projeto de logística previa um silo de argamassa para a execução do contrapiso e fachada, conforme representado na Figura 76. A escolha do local para silo visou a facilidade no abastecimento ao longo da construção. Entretanto, após uma das reuniões de planejamento com a equipe da obra, através do BIM 4D, foi notado que o silo de tamanho convencional teria um diâmetro maior que o permitido no local. Com isso, foi solicitado ao fornecedor um silo com menor diâmetro para viabilizar o local, visto a vantagem no abastecimento.

Figura 76 - Posicionamento do Silo



Fonte: (A Empresa, 2020).

Com a identificação desta interferência com antecedência, foi possível reservar o silo de menor diâmetro, visto que este tipo de silo é menos comum e os fornecedores contém menos oferta do equipamento. Caso o problema fosse apontado para o fornecedor de forma tardia, poderia não ter a disponibilidade do equipamento no prazo necessário, proporcionando um problema de abastecimento de argamassa e consequentemente um atraso de obra.

Em outro projeto localizado em São Paulo verificou-se mais um problema de incompatibilidade logística que foi resolvida. Nesta obra a construção era em alvenaria estrutural e composta por térreo, 2 torres com 15 pavimentos cada e 1 edifício garagem de 6 pavimentos, conforme Figura 77 e Figura 78.

Figura 77 - Projeto estudo de caso 3



Fonte: (A Empresa, 2020)

Figura 78 - Projeto estudo de caso 3



Fonte: (A Empresa, 2020)

Foi planejado inicialmente que os estoques de materiais cerâmicos e ensacados, como contrapiso em emboço interno, seriam localizados no 1º e 2º pavimento do edifício garagem,

Na modelagem 4D, foi notado que, pelas datas do cronograma inicial, no momento em que seriam necessárias as entregas destes materiais na obra (para início dos serviços de contrapiso, emboço e cerâmica), os pavimentos dos estoques ainda estariam escorados aguardando o tempo de resistência aos 28 dias.

Na Figura 79 é possível notar que no período que está sendo concluída a laje do 3º pavimento do edifício garagem, está sendo executada a laje do 9º pavimento da torre. Assim, apenas após 28 dias seria possível instalar os estoques dos materiais no 2º pavimento do edifício garagem. Portanto concluiu-se que não seria possível se iniciar a atividade de contrapiso e emboço com seu material esticado naquele local.

Figura 79 - Incompatibilidade logística estudo de caso 3



Fonte: (A Empresa, 2020)

Portanto, o planejamento inicial continha um erro que não havia sido identificado sem o BIM 4D. A descoberta do erro antes da execução da estrutura contribuiu para um maior tempo de se estudar uma solução, dado que obras de alvenaria estrutural, geralmente, o melhor local para estoque de material são os edifícios garagem (para não impactar em atividades da área comum).

A solução encontrada foi a redução do tempo de escoramento dos pavimentos do edifício garagem. O projetista de estrutura foi acionado para a validação desta ideia.

4.3 PREVISTO X REALIZADO

No capítulo 3.1.2.3, foi explanado a ferramenta “Previsto x Realizado”, esta ferramenta mostra uma imagem do modelo no status atual da obra comparando-o com outra imagem considerando o cronograma inicial. Esta comparação tem como objetivo visualizar os atrasos e riscos do planejamento da obra.

No mesmo projeto destacado no item 4.1, localizado na cidade de Campinas, o cronograma inicial previa 26 meses de obra.

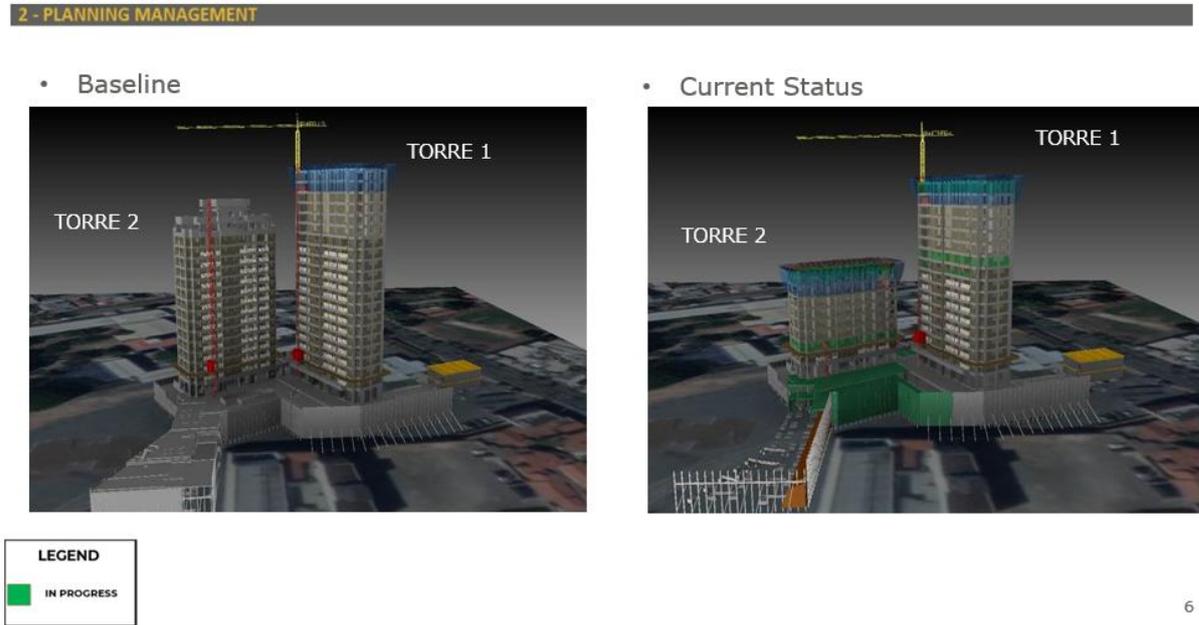
Devido a problemas ocorridos durante a fase de estrutura e como na maior parte dos projetos de edificação essas atividades estão no caminho crítico, o projeto sofreu um impacto no prazo quando comparado com o cronograma inicial. Os atrasos nas datas de concretagem da laje foram ocorrendo de forma gradativa, ao longo dos meses, e apontados nos relatórios mensais de planejamento.

Apesar de antes da implantação do BIM, os atrasos e os riscos serem explanados e apontados claramente nos relatórios, não era possível notar de forma visual o potencial do risco apresentado.

A Figura 80 ilustra a formalização do fechamento do 11º mês do projeto para diretoria (etapa citada no capítulo 3.1.2.4). É possível notar o atraso de forma clara, principalmente na torre 2, onde que o impacto foi mais elevado.

No período em questão as Torres 1 e 2, pelo cronograma inicial, deveriam estar sendo executadas no 21º pavimento e barrilete, respectivamente. Contudo a execução encontrava-se nos 17º e 9º pavimento. Este atraso proporcionava defasagem de 10% no avanço físico da obra, que foi justificado de forma clara com a ferramenta apresentada.

Figura 80 - Apresentação mensal no estudo de caso 1 do mês 11 de obra



6

Fonte: (A Empresa, 2020)

No período desta apresentação, a obra contava com um único empreiteiro de estrutura para a execução de todos os trechos (torre 1, torre 2 e periferia). Com o auxílio do BIM 4D, foi possível tomar a decisão de mudar o empreiteiro da torre 2 e periferia, mitigando o risco de atraso final da obra. A execução da torre 1 ficaria por responsabilidade do empreiteiro inicial

Depois das ações descritas para este empreendimento, verificou-se uma redução de cerca de 15 dias no atraso previsto para a entrega da obra.

4.4 TREINAMENTOS E CULTURA

Conforme corroborada pela bibliografia no capítulo 0, por se tratar de uma inovação, uma nova maneira de elaborar o planejamento da obra e conter diversas ferramentas para executá-la, a implantação do BIM 4D demanda muitos treinamentos. Além disso necessita de um processo de integração desta nova cultura, não apenas dos usuários diretos, mas também dos usuários indiretos, como gerentes e diretores, pois é necessária uma adaptação para a visualização do planejamento em 4D. É importante ressaltar que para mudança de cultura os usuários precisam

visualizar claramente os ganhos da ferramenta para não terem a percepção que a ferramenta apenas tomará mais tempo de trabalho.

Não foi possível obter evidências claras deste ponto de atenção na implantação do BIM 4D. Porém, observou-se no estudo de caso, mais especificamente no exemplo do item 4.3, que a percepção do atraso da obra não foi instantânea (pois ainda estavam nesse processo de adaptação). Foram necessárias algumas reuniões de fechamento para identificar os riscos expostos.

4.5 FLUIDEZ DA INFORMAÇÃO

Garantir a fluidez na comunicação é uma das partes mais importante de uma boa implementação de processo em BIM, conforme citado na bibliografia no capítulo 2.4.4. Este fato foi considerado na modificação do planejamento de obra da empresa. É possível afirmar que a empresa garantiu essas características ao processo em duas ações. A primeira, definindo no capítulo 3.3 diretrizes de modelagem e seus responsáveis previamente, que garantiu que o processo seja padronizado e facilite a execução, promovendo tempo hábil para análises. A segunda ação, apontada no capítulo 3.2, foi selecionar uma ferramenta BIM (Synchro) que proporciona a interoperabilidade com a ferramenta de planejamento (Primavera P6), pois deixa a comunicação mais fluída e reduz o tempo necessários para o planejamento da obra.

5 CONCLUSÃO

Esse trabalho apresentou alguns dos benefícios obtidos na implementação do BIM 4D no processo de planejamento de uma empresa de construção e as boas práticas encontradas no decorrer da utilização da modelagem. Ao longo do trabalho percebe-se que o planejamento de uma obra é teórico e muitas vezes não captura os componentes espaciais relacionados a determinadas atividades. Esse problema pode ser solucionado com a modelagem 4D, por tornar o cronograma mais visual e claro, evidenciando as interferências construtivas e logísticas, e possibilitando a antecipação dos riscos do projeto.

Além de benefícios relacionados ao prazo dos empreendimentos, a tecnologia pode proporcionar redução de custo da obra, pois visualizar o planejamento de forma espacial pode evidenciar também oportunidades de mudanças de projeto que promovam benefícios financeiros.

Para garantir os ganhos da tecnologia é de suma importância atentar-se à fluidez da informação que será obtida no processo de planejamento. Para isso é necessário um estudo prévio na escolha da ferramenta BIM, pois o software precisa ter funcionalidades que facilitem a modelagem. É o caso da interoperabilidade, que reduz a chance de erros no processo, e que podem ocultar informações essenciais para a gestão do projeto.

Outro fator significativo para se extrair o máximo do BIM 4D é definir diretrizes prévias, para que se reduza o tempo de execução do processo e se promova aumento do tempo de análise dos riscos. Pelo fato de ser uma tecnologia que modifica o processo de planejamento de forma significativa, é preciso trabalhar a confiabilidade dos usuários e a crença nos benefícios que podem ser proporcionados. Para isso é necessária uma comunicação objetiva e tempo para a adaptação da nova forma de planejar os empreendimentos, além de treinamentos aos usuários diretos, como o planejador e as próprias equipes de obra.

Nas diretrizes de modelagem citadas no trabalho, é possível notar que o foco da empresa hoje é representar as atividades externas dos empreendimentos, que usualmente relacionam-se ao caminho crítico dos projetos mais frequentes que atuam. Apesar do caminho crítico relacionar as atividades com maior risco de impactarem o prazo da obra, as atividades internas podem conter riscos que não estão sendo evidenciados e podem ocasionar impactos significativos no

planejamento. Sugere-se que também sejam inclusos cortes no software de modelagem para a representação dessas atividades em 4D.

Para solucionar a questão de quantidade de esforço para se obter os ganhos da modelagem 4D, principalmente por parte do engenheiro de planejamento, a empresa poderia investir em inteligência artificial, com o objetivo de reduzir o tempo de preparação para as análises dos riscos de prazo do projeto.

A integração das informações da modelagem 4D com alguma ferramenta de análise de dados, por exemplo Power BI, poderia gerar benefícios para projetos futuros, pois seria possível criar um banco de dados de riscos mais comuns e antecipá-los já no período de viabilidade do projeto.

Portanto, com base nas informações acima foi possível concluir a análise do processo de planejamento com BIM 4D da empresa estudada.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Vinícius Gomes de. **A utilização da tecnologia BIM para análise de desempenho térmico de edificações habitacionais**. 2019. 133 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/>. Acesso em: 20 nov. 2020.

BEDRICK, Jim *et al.* **Level of development (LOD) Specification Part I & Commentary: for building information models and data**. In: BIM FORUM, 1., 2020, LOD Spec 2020: Bim Forum, 2020. p. 1-272.

BRITO, Douglas Malheiro de; FERREIRA, Emerson de Andrade Marques. **Avaliação de estratégias para representação e análise do planejamento e controle de obras utilizando modelos BIM 4D**. Ambiente Construído, São Paulo, v. 4, n. 15, p. 1-53, maio 2015. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br>. Acesso em: 15 ago. 2020.

BIOTTO, Clarissa Notariano *et al.* **Método para uso da modelagem BIM 4D na gestão da produção em empreendimentos de construção**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO VI ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3., 2013, Campinas. Qualidade de projeto na era digital integrada. Campinas: Sbqp & Tic, 2013. v. 1, p. 1-12. Disponível em: <http://www.sipro.eng.br/>. Acesso em: 15 nov. 2020.

CASTRONOVO, Fadi *et al.* **Visualization in 4D Construction Management Software: A Review of Standards and Guidelines**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING IN CIVIL, 1., 2014, Orlando. Computing in Civil and Building Engineering. Orlando: American Society Of Civil Engineers, 2014. v. 1, p. 315-322. Disponível em: <https://ascelibrary.org/>. Acesso em: 15 nov. 2020.

CODD, E.F. **A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks: communications of the acm**. 13. ed. Heidelberg: Software Pioneers, 1970.

EADIE, Robert *et al.* **Analysis of the drivers for adopting Building Information modelling.** Itcon: Journal of Information Technology in Construction. Novo Brunswick, p. 338-352. out. 2013. Disponível em: <https://www.itcon.org/>. Acesso em: 23 nov. 2020.

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos: engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** Stanford: Bookman, 2014. 500 p.

Construção civil vive crise sem precedentes. São Paulo: abril, 16 jul. 2015. Semanal. Disponível em: <https://exame.com/>. Acesso em: 20 nov. 2020.

FERREIRA, Emerson de Andrade Marques *et al.* **Avaliação do processo de modelagem da edificação e do canteiro de obras no desenvolvimento de projetos 4D.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2012, Juiz de Fora. BIM 4D. Juiz de Fora: Entac, 2012. p. 3558-3563.

FRANKENFELD, Norman. **Produtividade.** Rio de Janeiro: Cni, 1990.

GALLAHER, Michael P. **Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry.** Gaithersburg: U.s. Department Of Commerce, 2004.

GAMA, Priscila dos Santos *et al.* **Proposta de controle de escopo por meio da estrutura analítica do projeto (EAP).** South American Development Society Journal. p. 109-123. 7-mar. 2017.

GEHBAUER, Fritz *et al.* **Planejamento e Gestão de obras.** Curitiba: Cefet-Pr, 2002.

GONÇALVES JUNIOR, Francisco. **Capítulo II – Dimensões do BIM e seus níveis de desenvolvimento de um modelo LOD.** In: GONÇALVES JUNIOR, Francisco. A ferramenta BIM nos projetos elétricos. São Paulo: Novemp, 2019. p. 14-19.

HARTMANN, Timo *et al.* **Areas of Application for 3D and 4D Models on Construction Projects.** Journal Of Construction Engineering And Management. p. 776-785. out. 2008.

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS – IEEE. IEEE Standard **Computer Dictionary: A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries**. New York, NY, 1990

JEONGC, Yongwook *et al.* **Integrated system for BIM-based collaborative design**. Amsterdã: Elsevier, 2015. KIVINIEMI, Markku *et al.* **BIM-based Safety Management and Communication for Building Construction**. Tampere: Vtt Tiedotteita, 2011.

KYMMELL, W. **Building Information Modeling – Planning and Managing Construction Projects**. McGraw Hill Construction, 2008.

LEÃO, Ricardo Araújo Porchat de. **Análise dos fatores de inter-relacionamento entre planejamento e orçamento de obras**. 2015. 55 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Gerenciamento de Obras, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

SU, Y., LEE, Y. C., LIN, Y. C. **Enhancing Maintenance Management using Building Information Modeling in Facilities Management**. 2011 Proceedings of the 28th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC), Seoul, Korea. 752-757

SUZUKI, Rogerio Tsuyoshi. **Gestão da Informação em Modelos da Informação da construção (BIM) para uso em Facilities Management (FM) suportado por Sistema Integrado de Gerenciamento de Ambiente de Trabalho (IWMS)**. 2020. 202 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Usp, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

LIMMER, Carl V. **Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras**. São Paulo: Ltc, 1996.

MAHALINGAM, Ashwin *et al.* **Automation in Construction: An evaluation of the applicability of 4D CAD on construction projects**. 19. ed. [S. l.]: Elsevier, 2010.

MANZIONE, Leonardo *et al.* **Metodologia de cálculo do nível de desenvolvimento de um projeto** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDOVI ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E

COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3., 2013, Campinas. **Qualidade de Projeto na Era digital integrada**. Campinas: SBQP & TIC, 2013. p. 449-460

MATOS, Winderson Soares. **BIM: entendendo a curva de MacLeamy e como funciona basicamente o fluxo de trabalho em BIM**. 2015. Disponível em: <https://engenhariaetc.wordpress.com/2015/09/21/bim-entendendo-a-curva-de-macleamy-e-como-funciona-basicamente-o-fluxo-de-trabalho-em-bim/>. Acesso em: 09 maio 2021.

MATTOS, Dórea. A. **Planejamento e Controle de Obras**. São Paulo: PINI, 2010.

MAXIMIANO, Antonio Cesar Amaru. **Introdução à administração**. São Paulo: Editora Atlas, 2000.

NEIVA NETO, Romeu da Silva *et al.* **Implantação de BIM em uma construtora de médio porte: caso prático, da modelagem a quantificação**. *Parc Pesquisa em Arquitetura e Construção*, Campinas, v. 5, p. 45-51, maio 2014.

PARIZI, Carla Caprara; NAAS, Irenilza de Alencar; GARCIA, Solimar. **Fatores que influenciam na produtividade do trabalhador da construção civil**. *Revista Espacios, Occitania*, v. 38, n. 19, p. 25-32, jan. 2017.

PMI. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK 6)**. 6ª ed. São Paulo: Project Management Institute, 2018.

QUEIROZ, Mario Nalon de. **Programação e Controle de Obras**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2001.

REDDY, K. **BIM for Building Owners and Developers: Making a Business Case for Using BIM on Projects**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2012.

RUSCHEL, Regina. **O ensino de BIM no Brasil: onde estamos? Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 151-165, 2013.

RODRIGUES, Jerusa Lopes. **Modelagem 4D: Implementação no planejamento de longo prazo de obras da construção civil**. 2012. 74 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

RIBEIRO, Lucas. **Cronograma baseline: saiba o que é e como fazer**. 2020. Disponível em: <https://tecplaner.com.br/cronograma-baseline/>. Acesso em: 24 nov. 2020.

SAINI, Vijay Kumar; MHASKE, Sumedh y. **BIM AN EMERGING TECHNOLOGY IN AEC INDUSTRY FOR TIME OPTIMIZATION**. International Journal Of Structural And Civil Engineering Research. Mumbai, p. 195-200. nov. 2013.

SANTOS, Eduardo Toledo. **BIM – Building Information Modeling: um salto para a modernidade na aplicação da Tecnologia da Informação à Construção Civil**. 2012. 199 p. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

SIENGE. **Dimensões do BIM**. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/dimensoes-do-bim/>. Acesso em: 28 jun. 2020.

SILVA, Paula Heloisa da *et al.* **BIM 4D no planejamento de obras: detalhamento, benefícios e dificuldades**. Parc Pesquisa em Arquitetura e Construção. Campinas, p. 1-100. fev. 2019.

SUCCAR, B. **Building Information Modeling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders**. Automation in Construction, Elsevier, Atlanta, USA, 2009.

SUZUKI, Rogério; SANTOS, Eduardo Toledo. **Planejamento 4D no Brasil: Levantamento orientado à percepção de resultados pelos diversos "Stakeholders" da Construção**. VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção: Edificações, Infra-estrutura e Cidade: Do BIM a CIM, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 1-11, jan. 2015

ZHANG, Jianping *et al.* **Construction management utilizing 4D CAD and operations simulation methodologies**. 13. ed. Tsinghua: Tsinghua Science And Technology, 2008. 247 p.

