

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

DIOGO BARROS
GUILHERME ASINELLI SILVA

**RELAÇÕES ENTRE O BIM 4D E O MÉTODO DE PLANEJAMENTO
DE TEMPOS TRADICIONAL EM UM MODELO RESIDENCIAL -
ESTUDO DE CASO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2018

DIOGO BARROS
GUILHERME ASINELLI SILVA

**RELAÇÕES ENTRE O BIM 4D E O MÉTODO DE PLANEJAMENTO
DE TEMPOS TRADICIONAL EM UM MODELO RESIDENCIAL -
ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba, Sede Ecoville, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. MSc. Carlos Alberto da Costa

CURITIBA
2018

FOLHA DE APROVAÇÃO

RELAÇÕES ENTRE O BIM 4D E O MÉTODO DE PLANEJAMENTO DE TEMPOS TRADICIONAL EM UM MODELO RESIDENCIAL - ESTUDO DE CASO

Por

DIOGO BARROS

GUILHERME ASINELLI SILVA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado no primeiro semestre de 2018, pela seguinte banca de avaliação presente:

Prof. Orientador – Carlos Alberto da Costa, MSc.

UTFPR

Prof. Mauro Edson Alberti, MSc.

UTFPR

Prof. Cezar Augusto Romano, Dr.

UTFPR

UTFPR - Deputado Heitor de Alencar Furtado, 5000 - Curitiba - PR Brasil
www.utfpr.edu.br dacoc-ct@utfpr.edu.br telefone DACOC: (041) 3279-4500

OBS.: O documento assinado encontra-se em posse da coordenação do curso.

Failing to plan is planning to fail.

(LAKEIN, Alan, 1979)

Falhar em planejar é planejar falhar.

(LAKEIN, Alan, 1979)

RESUMO

BARROS, D.; SILVA, G. A. **RELAÇÕES ENTRE O BIM 4D E O MÉTODO DE PLANEJAMENTO DE TEMPOS TRADICIONAL EM UM MODELO RESIDENCIAL - ESTUDO DE CASO**. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Atualmente na Construção Civil, o gráfico de barras é a única maneira de visualização do planejamento tradicional de tempos, sendo composto por barras, que representam as durações de cada atividade componente da obra, e flechas, que representam as condições de precedência entre as tarefas. A partir dele é possível “visualizar” os estágios da obra no decorrer do seu desenvolvimento, porém, com certas limitações. Como alternativa visual, o promissor *Building Information Modeling* (BIM), convenientemente utilizado para compatibilização de projetos em modelos 3D, ganha uma nova dimensão, a 4D, a partir da adição de um cronograma pré-definido ao modelo, possibilitando a visualização gráfica do andamento da obra em qualquer data. Visando compreender as similaridades entre os dois planejamentos, a metodologia deste trabalho baseou-se em um referencial teórico aplicado a um estudo de caso, sendo o caso estudado um modelo BIM com projetos executivos integrados de um empreendimento unifamiliar, fornecido por uma empresa especializada em gestão de projetos. Conclusivamente o processo BIM utiliza inicialmente o processo tradicional de planejamento de tempos no que refere-se à obtenção do cronograma físico da obra, seguindo para o processo da simulação deste de forma a auxiliar o planejador na tomada de decisão, realizando uma animação virtual do cronograma definido. Novas ideias de pesquisas e estudos surgem para o processo computacional no que refere-se ao acompanhamento de obras através da filosofia BIM, bem como às outras dimensões disponíveis no processo.

Palavras-chave: BIM, Planejamento, Modelagem 4D.

ABSTRACT

BARROS, D.; SILVA, G. A. **RELATIONS BETWEEN THE BIM 4D AND THE METHOD OF TRADITIONAL TIME PLANNING IN A RESIDENTIAL MODEL - CASE STUDY**. 78 p. Term Paper. Graduate in Civil Engineering, Federal University of Technology - Paraná. Curitiba, 2017.

Nowadays in the field of Civil Construction, the only way to visualize the traditional method of time management is through the Gantt diagram, which is composed by bars, that represent the duration of the activities of the work, and arrows, which indicates the precedences. With that tool it is made possible to see the stages of the work while it develops, but with some limitations. As a visual alternative, the promissor Building Information Modeling, BIM, conveniently used as a 3D project's compatibility tool, obtains a new dimension, the 4D, when added a predefined work schedule within the model. The methodology of this academic work tries to comprehend the similarities between these methods of time management by studying a case study - an unfamiliar BIM model with integrated executive projects provided by a specialized project management's company. Conclusively, the BIM process needs the traditional time management methods to create a schedule of the work and with that the simulations are able to be made to help the planner with a virtual animation of the defined schedule. New research and study's ideas are being developed for the computerized process regarding work's monitoring through the BIM's philosophy, as well as the other dimensions available in the process.

Keywords: BIM, Planning, 4D Modeling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de criação do PSP em empreendimentos multifamiliares.....	17
Figura 2 - Plano de Médio Prazo (<i>lookahead</i>).....	21
Figura 3 - Exemplo de Plano de Curto Prazo (<i>commitment plan</i>).....	22
Figura 4 - Exemplo de EAP.....	24
Figura 5 - Rede de precedência: a tarefa “B” começa apenas depois da conclusão da tarefa “A” e com defasagem de 5 dias.....	26
Figura 6 - Modelo Caminho Crítico E-F-G-J.....	27
Figura 7 - Gráfico da Análise PERT	28
Figura 8 - Exemplo da utilização do Diagrama de Barras no cronograma.....	29
Figura 9 - Curva S de Avanço	30
Figura 10 - Histograma de Mão-de-obra.....	31
Figura 11 - Cronograma de curto prazo e histograma de recursos.....	32
Figura 12 - Curva Banana.....	33
Figura 13 - Linha de Balanço.....	34
Figura 14 - Canais de comunicação sem e com o BIM.....	35
Figura 15 - BIM 3D com projetos executivos integrados.....	36
Figura 16 - Detecção de sobreposições de projetos (<i>Clash Detection</i>).....	37
Figura 17 - Inclusão de equipamentos e locais de armazenagem na modelagem BIM 4D.....	38
Figura 18 - Os diferentes níveis de detalhamento no BIM.....	40
Figura 19 - Software de simulação Synchro PRO 4D.....	41
Figura 20 - Modelo BIM disponibilizado para o estudo de caso.....	44
Figura 21 - Projeto arquitetônico no modelo do estudo de caso.....	45
Figura 22 - Projeto estrutural no modelo do estudo de caso.....	45
Figura 23 - Projeto elétrico no modelo do estudo de caso.....	46
Figura 24 - Modelo com projeto elétrico associado ao projeto estrutural do estudo de caso.....	46
Figura 25 - Projeto hidrossanitário no modelo do estudo de caso.....	47
Figura 26 - Modelo com projeto hidrossanitário associado ao projeto estrutural do estudo de caso.....	47
Figura 27 - Erros de projeto no modelo do estudo de caso.....	48

Figura 28 - EAP desenvolvida até o 2º nível hierárquico.....	49
Figura 29 - Parte da EAP desenvolvida até o 4º nível hierárquico.....	50
Figura 30 - Durações impostas das atividades e pacotes para o modelo de estudo.....	51
Figura 31 - Datas de parte das atividades definidas na EAP.....	54
Figura 32 - Datas dos pacotes de trabalho de 1º e 2º níveis na EAP.....	55
Figura 33 - Diagrama de barras traçado, formando um cronograma integrado.....	55
Figura 34 - Caminho Crítico na forma de diagrama de rede.....	56
Figura 35 - Pré-seleção de elementos estruturais do 2º Pavimento.....	57
Figura 36 - Árvore de seleção de elementos estruturais do 2º Pavimento.....	58
Figura 37 - Vigas baldrame do Subsolo fase 1.....	59
Figura 38 - Vigas baldrame do Subsolo fase 2.....	59
Figura 39 - Propriedades de um elemento elétrico parametrizado: QD do 2º Pavimento.....	60
Figura 40 - Quantitativo por etapas da obra do modelo no programa de simulação.....	61
Figura 41 - Cronograma inserido no programa <i>Navisworks</i>	61
Figura 42 - <i>Sets</i> inseridos no <i>TimeLiner</i>	62
Figura 43 - Simulação do cronograma: porta de alumínio instalada sem fixação.....	63
Figura 44 - Simulação do cronograma: montantes instalados.....	63
Figura 45 - Remodelagem da topografia necessária para simulação mais próxima da realidade.....	64
Figura 46 - Fase de construção da contenção do subsolo na data de 22/05/2018.....	65
Figura 47 - Fase de construção da laje do pavimento térreo na data de 12/06/2018.....	65
Figura 48 - Execução da laje da cobertura na data de 12/08/2018.....	66
Figura 49 - Execução da alvenaria do térreo na data de 27/08/2018.....	66
Figura 50 - Execução do revestimento interno em argamassa do 2º pavimento na data de 17/10/2018.....	67
Figura 51 - Execução do gesso acartonado no 2º pavimento na data de 19/11/2018.....	67
Figura 52 - Execução da textura externa do pavimento da caixa d'água na data de 27/12/2018.....	68
Figura 53 - Obra finalizada na data de 04/02/2018.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativa de recursos e durações pelo quantitativo e índices TCPO.....	52
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Terceira Dimensão
4D	Quarta Dimensão
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CPM	<i>Critical Path Method</i>
EAP	Estrutura Analítica de Projeto
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
LOD	<i>Level Of Detail</i>
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PERT	Program Evaluation and Review Technique
PSP	Projeto do Sistema de Produção
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
TCPO	Tabela de Composições e Preços para Orçamentos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 OBJETIVO GERAL.....	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
1.3 JUSTIFICATIVA.....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 PLANEJAMENTO	16
2.1.1 Projeto	17
2.1.2 Projeto do Sistema de Produção	17
2.1.3 Planejamento e Controle da Produção.....	19
2.1.3.1 Longo prazo.....	20
2.1.3.2 Médio prazo.....	20
2.1.3.3 Curto prazo.....	22
2.1.4 Planejamento de Tempos.....	23
2.1.4.1 Estrutura analítica de projeto.....	23
2.1.4.2 Duração	25
2.1.4.3 Rede de precedências	25
2.1.4.4 Método do caminho crítico	26
2.1.4.5 Técnica de avaliação e revisão de programas	27
2.1.4.6 Diagrama de barras.....	28
2.1.4.7 Curva “S”	29
2.1.4.8 Histograma de recursos	30
2.1.4.9 Método da linha de balanço.....	33
2.2 MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO	34
2.2.1 Dimensões da Modelagem	36
2.2.1.1 Níveis de detalhamento	39
2.2.2 Interoperabilidade.....	40

2.2.3 Simulações.....	41
3 METODOLOGIA	43
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO	44
4.1 PROJETO.....	44
4.2 EAP	49
4.3 DURAÇÕES	51
4.4 PRECEDÊNCIAS	53
4.5 GRÁFICO DE GANTT, CAMINHO CRÍTICO E CURVA “S”	55
4.6 PROCESSO BIM	56
4.6.1 Sets	57
4.6.2 Quantitativo	60
4.6.3 Simulação do Cronograma	61
4.7 RELAÇÕES	69
5 CONCLUSÕES	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

1 INTRODUÇÃO

O conceito de Planejamento refere-se às decisões tomadas no presente para obtenção de resultados no futuro (LACOMBE e HEILBORN, 2008). O ato de se planejar pode ser notado desde os primórdios da humanidade, a partir do momento em que o homem deixou o imediatismo de lado e passou a ter noção do tempo. (BOCK, FURTADO E TEIXEIRA, 2008).

O planejamento envolve trabalhos coletivos, os quais foram desenvolvidos com a racionalização do trabalho (MATOS e PIRES, 2006) no início do século XX por Frederick Taylor. Na época, o engenheiro mecânico, posteriormente conhecido como “pai da Administração Científica”, conseguiu mostrar através do raciocínio científico que o trabalho pode ser estudado e melhorado levando em conta seus principais movimentos, aumentando a produtividade sem aumentar o esforço do trabalhador (MICROSOFT, 2017).

A ordem das operações do trabalho, por sua vez, foi estudada detalhadamente durante a Primeira Guerra Mundial pelo sócio de Taylor, Henry Gantt, para a construção de navios cargueiros (MATTOS, 2010). Gantt uniu em um gráfico a sequência correta e o tempo de duração de atividades ligadas a um processo, dando origem a uma importante ferramenta analítica chamada “Diagrama de Gantt”, que permaneceu inalterado por quase um século (MICROSOFT, 2017).

Durante a Segunda Guerra Mundial foram necessários métodos de planejamento mais elaborados para a demanda de operações militares, as quais envolviam um grande número de pessoas e diferentes setores (Exército, Marinha e Aeronáutica). Emergiu nesta época a pesquisa operacional, levando posteriormente ao surgimento da análise de sistemas (CODAS, 1987).

Na sequência da evolução do planejamento, em 1957, surgem o CPM (*Critical Path Method*), utilizado no setor industrial norte-americano, e o PERT (*Program Evaluation and Review Technique*), empregado em projetos especiais da Marinha Americana, e que juntos formaram o PERT/CPM, uma ferramenta que identifica o caminho mais longo (principal, necessário e com duração probabilística) para a conclusão de uma determinada atividade (MATTOS, 2010).

No início da década de 70 (CODAS, 1987) houve a definição do conceito de projeto: um evento único, com prazo, custo e objetivo pré-determinados (PMI, 2013). Unindo-se esse

conceito com a popularidade dos diagramas de precedência, há o surgimento da EAP (Estrutura Analítica de Processos), uma técnica de gestão de projetos. No mesmo período, o método de planejamento começou a ser utilizado em obras, adentrando o setor da Construção Civil.

O planejamento de obras chega então ao patamar de um complexo processo de organização que abrange o entendimento de todo o projeto em questão e envolve o controle de custos e de prazos de cada etapa existente na execução de um empreendimento (ROCHA e CASTRO, 2017).

Assim como o planejamento, as formas de se projetar precisaram ser desenvolvidas ao longo do tempo. Com a necessidade da integração de projetos e da representação dos elementos construtivos de forma mais coerente com as situações reais houve uma evolução do desenho bidimensional, no qual eram representadas apenas linhas, para um modelo tridimensional que com o tempo passou a agregar informações sobre cada elemento inserido no projeto (PEREIRA, 2014).

A metodologia denominada “*Building Information Modeling*” (BIM) parte então da possibilidade de agregar várias informações a cada elemento de um projeto tridimensional (CAMPESTRINI, 2015). O ato de projetar tornou-se menos trabalhoso e mais eficiente, agregando vários projetos em um único modelo (EASTMAN *et al.* 2011).

Segundo Campestrini *et al.* (2015) o BIM foi resultado de um conjunto de pesquisas científicas na Construção Civil na década de 70 em países tecnologicamente mais avançados. Seu objetivo era ajudar na tomada de decisões devido à variedade de informações existentes e aos diferentes requisitos exigidos pelo mercado. Hoje o BIM pode ser incluído em todas as fases de um empreendimento, desde seu projeto até a sua demolição, passando inclusive pela gestão de tempos sua execução através de sua dimensão 4D.

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar relações entre o planejamento de tempos tradicional e o planejamento de tempos em BIM em um modelo de construção.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar o modo de planejamento de tempos tradicional;
- Caracterizar o modo de planejamento de tempos em BIM;
- Realizar o planejamento de tempos em um estudo de caso utilizando os dois processos;
- Analisar as relações entre os processos através de suas etapas.

1.3 JUSTIFICATIVA

A vertente do planejamento de obras dentro da construção civil, assim como todas as outras áreas dessa profissão, necessita de inovações tecnológicas para aprimoramento e aperfeiçoamento de métodos e técnicas e consequente desenvolvimento. A metodologia BIM, ainda pouco difundida no Brasil, foi desenvolvida para automatizar o método convencional de planejamento e controle de obras. Este trabalho propõe apresentar as ferramentas convencionais e a maneira como elas interagem com esse novo processo, de modo a desmistificar pensamentos.

O planejamento de obras é essencial para o correto andamento e alocação de recursos das obras. A maneira convencional de desenvolvê-lo é um processo de enorme utilização na Construção Civil, de sua maneira mais superficial até sua forma mais detalhada.

O BIM tem como principal característica vincular todo tipo de informação sobre o empreendimento (modelo 3D, orçamento, cronograma etc), utilizando as ferramentas convencionais e permitindo livre acesso para todos os envolvidos no projeto. Dessa maneira facilita a visualização do que está ocorrendo ou ocorrerá no empreendimento e permite que atualizações sejam feitas no decorrer da obra.

Já são notadas melhorias no canteiro de obras com a modelagem em BIM 3D, como redução de problemas de incompatibilidades que evitam resoluções *in loco* pelos executores, além de benefícios trazidos para o conceito de *lean construction*. Podemos considerar que a dimensão 4D inserida no modelo e utilizada no planejamento de tempos de obras é, portanto, um processo promissor.

Justifica-se ainda como, além do enriquecimento intelectual e interesse pessoal, uma contribuição acadêmica para demais estudos sobre a implementação da processo BIM na gestão de obras, aumentando assim o conhecimento sobre sua aplicação, tornando cronogramas mais confiáveis e orçamentos mais precisos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PLANEJAMENTO

Planejamento em si não se refere a decisões futuras, mas a decisões tomadas no presente. Segundo Lacombe e Heilborn (2008, p. 161) “Se quisermos ter perspectivas a longo prazo, devemos começar a planejar no presente o que desejamos para o futuro”.

Planejamento pode ser definido como o caminho a ser seguido para se alcançar determinado resultado, envolvendo decisões que partem de objetivos, fatos e estimativas, indicando, portanto, o que, como, quando e quem deve executar (LACOMBE e HEILBORN, 2008).

É um conceito que deve ser utilizado em todos os níveis gerenciais de uma empresa e então, integrado para manter os colaboradores sincronizados (BERNARDES, 2001). Pode também ser facilmente confundido com o conceito de projeto pela limiar semelhança entre suas definições, apesar de ser utilizado para o desenvolvimento do mesmo.

2.1.1 Projeto

Segundo PMI (2013) projeto é uma dedicação temporária para originar um resultado, serviço ou produto único, tendo datas de início e fim bem definidas, com curta, média ou longa duração. Atinge-se seu fim quando os objetivos são alcançados ou quando não há mais necessidade do projeto existir. Em um projeto podem participar uma ou várias pessoas, assim como uma ou várias empresas.

2.1.2 Projeto do Sistema de Produção

O projeto necessário para o desenvolvimento do planejamento de obras visando maior rendimento frente à custos de execução (GEHBAUER *et al.*, 2002) é o Projeto do Sistema de Produção (PSP), que define inicialmente qual será a estratégia (conjunto de decisões) de produção utilizada no sistema produtivo, formando uma base de dados que será aplicada ao gerenciamento de cada atividade (SCHRAMM, COSTA e FORMOSO, 2006). Pode, portanto, ser interpretado como parte do planejamento estratégico proveniente da concepção

das ideias sobre o empreendimento. O processo do PSP pode ser ilustrado segundo a Figura 1, definindo a “unidade-base” como uma unidade repetitiva (um pavimento, um apartamento ou uma torre) (SCHRAMM, COSTA e FORMOSO, 2006).

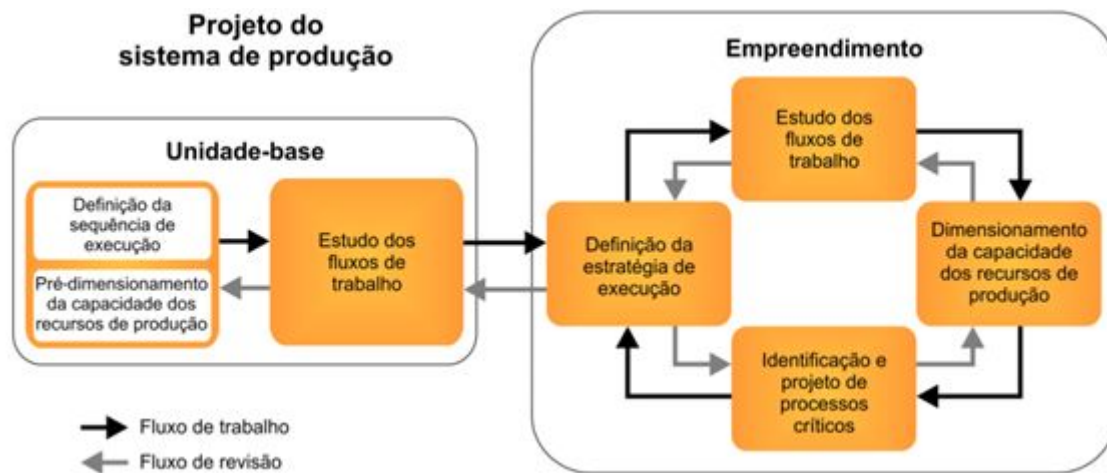


Figura 1 – Modelo de criação do PSP em empreendimentos multifamiliares

FONTE: Schramm, Costa e Formoso, 2006, p.66.

Na Construção Civil, o PSP pode ser entendido como as atividades anteriores essenciais à execução da obra (CAMPESTRINI *et al.*, 2015). Segundo Schramm (2009) o desenvolvimento do PSP deve fazer uso simultâneo de várias ferramentas que indiquem os caminhos a serem seguidos pelo setor de planejamento (estratégia), ajudando na avaliação de atrasos e planos de recuperação do cronograma da obra.

Quando bem elaborado, esse projeto contribui para minimizar os efeitos de imprecisão (variabilidade) dos sistemas de produção (BIOTTO, FORMOSO e ISATTO, 2015).

A indústria da Construção Civil apresenta também peculiaridades em relação às indústrias de manufatura, com diferenças significativas que impactam sobre a gestão do sistema de produção, principalmente no que diz respeito ao produto e à organização da produção, criada unicamente para aquele produto (BIOTTO, FORMOSO e ISATTO, 2015). Segundo Webb e Haupt (2005 *apud* BIOTTO, FORMOSO e ISATTO, 2015) a diferença

mais marcante está na natureza estacionária do produto, com os mecanismos da produção se movimentando e alterando continuamente o *layout* do canteiro.

Para Campestrini *et al.* (2015) o PSP pode ser dividido em: projeto do produto e projeto do processo. O primeiro compreende as decisões inerentes ao produto: definição do que será entregue, quantificação de materiais, espaços, *design*, atendimento às leis e normas. O projeto do processo diz respeito às decisões sobre a execução do produto: atividades a serem realizadas, estimativas de produtividade, sequências produtivas, custos, forma do canteiro etc. Esse projeto depende fielmente da experiência dos indivíduos envolvidos no processo e das informações sobre custos provenientes do mercado.

Segundo Biotto, Formoso e Isatto (2015) o PSP faz parte da Gestão dos Sistemas de Produção, que conta também com a operação (planejamento e controle) da produção e sua contínua melhoria.

2.1.3 Planejamento e Controle da Produção

O Planejamento e Controle da Produção (PCP) tem sua utilização na fase de execução, tendo importante papel na gestão do sistema de produção (BIOTTO, FORMOSO e ISATTO, 2015; CAMPESTRINI *et al.*, 2015). O PCP aumenta a confiabilidade dos prazos e da produtividade previamente calculados, a partir do momento que controla a sequência de trabalho, dimensiona as equipes e os equipamentos de acordo com o volume de trabalho e o tempo de execução, e também gerencia várias atividades interdependentes (BIOTTO, FORMOSO e ISATTO, 2015). Essa é sua característica de maior importância, servir como instrumento de gestão e controle, na medida que possibilita comparações entre o que foi planejado com o que está sendo ou ainda será executado (GEHBAUER *et al.*, 2002).

Como existem variáveis e imprevistos no canteiro é importante que o setor de Controle, o que efetivamente acompanha o empreendimento, repasse suas informações atualizadas para a equipe de planejamento para que medidas possam ser tomadas em conjunto (próximas etapas, contratação de equipes, pagamentos, compra de materiais, etc.) (CAMPESTRINI *et al.*, 2015). Segundo Lacombe e Heilborn (2008) os conceitos de planejamento e controle possuem uma interdependência para a obtenção de resultados. Apesar dessa interdependência, deve-se frisar sua limiar separação. Ainda é comum haver

situações nas quais a equipe de Controle fica sobrecarregada com as atividades de planejamento (CAMPESTRINI *et al.*, 2015).

O setor de Controle é, portanto, responsável por coletar informações sobre todas as atividades e etapas relacionadas ao canteiro de obras, avaliando os andamentos, a qualidade de execução dos serviços, a segurança dos trabalhadores e análise de imprevistos, registrando todos esses processos e repassando as informações para a equipe de Planejamento (CAMPESTRINI *et al.*, 2015).

O setor de Planejamento, por sua vez, necessita da definição de um prazo para sua implantação (LACOMBE e HEILBORN, 2008) e é responsável por decidir (partindo do PSP) quais etapas construtivas colocará em prática no canteiro de obras, desenvolvendo um conjunto de cronogramas.

Devido ao grande grau de incerteza existente na Construção Civil, o PCP deve ser dividido com base em diferentes planos: longo prazo (*master planning*), médio prazo (*lookahead planning*) e curto prazo (*commitment planning*) (BIOTTO, FORMOSO e ISATTO, 2015), considerados aqui como primeiro, segundo e terceiro níveis de planejamento, respectivamente. Segundo (LACOMBE e HEILBORN, 2008) a precisão do plano varia de forma inversa com o tempo de projeção: se o prazo for maior, menor será sua precisão; segundo Bernardes (2001) a precisão também varia inversamente de acordo com o grau de incerteza (diferença entre a quantidade de informações necessárias e as existentes sobre a execução da atividade) da situação. Assim, o nível de detalhe para cada cronograma deve variar com o tempo de planejamento (horizonte), devendo ser mais detalhado à medida que se aproxima de sua execução. Para Bernardes (2001) os planos a seguir são considerados planejamentos táticos (longo e médio prazo) e operacionais (curto prazo), sendo que o plano de longo prazo pode também ser considerado como parte do planejamento estratégico, integrante do PSP. Ainda segundo o autor, o que irá diferenciar o plano de longo prazo do PCP e do PSP será o grau de informações nele contidas: se forem definidos apenas o escopo e os intervalos de tempos das metas a serem atingidas fará parte do PSP, se forem definidas limitações e meios para o alcance dessas metas fará parte do PCP.

2.1.3.1 Longo prazo

O plano de longo prazo (primeiro nível) deve descrever os serviços que serão executados por meio de metas gerais (fixas), atentando para o baixo nível de detalhamento e servindo de base para a definição de contratos e monitoramento da construção. Este plano é direcionado à alta gerência, informando-a sobre o que está sendo realizado (TOMMELEIN e BALLARD, 1997 *apud* BERNARDES, 2001). Para Laufer (1997 *apud* BERNARDES, 2001) o também chamado “plano mestre” facilita a identificação dos principais objetivos da execução, sendo que, segundo Oglesby *et al.* (1989 *apud* BERNARDES 2001), poucos iniciam uma construção sem este plano em mãos, mesmo que preparado informalmente.

2.1.3.2 Médio prazo

Considerado o segundo nível de planejamento, o plano de médio prazo faz a interligação entre as metas gerais de longo prazo com as metas estipuladas para o curto prazo (FORMOSO *et al.*, 1999 *apud* BERNARDES, 2001). Segundo Alves (2000 *apud* BERNARDES, 2001) ele deve ser elaborado pela análise do plano mestre, identificando quais serviços podem ser incluídos ou postergados a médio prazo (processo de triagem ou *screening*). Nele deve haver a identificação dos métodos de produção e dos recursos necessários e existentes no canteiro de obras para a execução (TOMMELEIN e BALLARD, 1997 *apud* BERNARDES, 2001), como demonstra a Figura 2.

Obra: PORTO PRÍNCIPE Engenheiro: José Mestre: João Data:01/01/1999 Folha: 01																						
ATIVIDADES	Q	Q	S	S	T	Q	Q	S	S	T	Q	Q	S	S	T	Q	Q	S	S	T	NECESSIDADES	
Equipe: Hélio e Miguel																						
PISO CERÂMICO APT. 201 E 202	x	x	x	-	x	x																Mat. No canteiro até 30/08
AZULEJO APT. 301						x	x	x	-	x	x											Preparar azulejo até 08/09
AZULEJO APT. 401											x	x	x	-	x	x						Contratar + 1 azulej. Até 12/09
AZULEJO APT. 403																x	x	x	-	x	x	Necessidade.....
Equipe: Pintores																						
1ª demão apts. 203 e 204						x	x	x	-	x	x											Necessidade.....
Massa corrida apts. 304											x	x	x								Necessidade.....	
2ª demão apt. 404																x	x	x	-	x	x	Necessidade.....
1ª demão apt. 202 e 203	x	x	x	-	x	x																Necessidade.....
Massa corrida portaria																x	x				Necessidade.....	

Figura 2 - Plano de Médio Prazo (*lookahead*)

FONTE: BERNARDES, 2001, p. 30.

Através da análise dos fluxos de trabalho de médio prazo é possível reduzir custos e durações, levando a uma otimização das sequências das atividades (serviços que podem ser executados de forma paralela, remoção de restrições, etc.) além de reservar pacotes de trabalho que podem ser utilizados caso algum imprevisto, identificado pelo controle, aconteça (BERNARDES, 2001).

Para a execução ininterrupta das atividades desse nível utiliza-se o mecanismo *pull*, o qual protege o empreendimento contra a incerteza a curto prazo. Nele são realizadas ações de maneira a evitar a falta de recursos para o andamento dos fluxos de trabalho (TOMMELEIN e BALLARD, 1997 *apud* BERNARDES, 2001).

2.1.3.3 Curto prazo

Chegando ao terceiro e último nível do planejamento, o planejamento de curto prazo representa (e detalha) uma pequena parcela do plano mestre. Nele podemos representar as tarefas e os dias da semana, o número de trabalhadores por dia e tarefa, o *status* de finalização e a indicação dos motivos (problemas) pelos quais a tarefa não foi concretizada; deve-se adicionar também pacotes de trabalho reservas para o caso de algum imprevisto, além do percentual concluído do plano (BERNARDES, 2001), como mostra a Figura 3.

LISTA DE TAREFAS SEMANAIS								
Semana: <u>21/07 a 25/07</u>				Mestre: <i>Alberi</i> Engenheiro: <i>Carlos</i>				
Tarefa	S	T	Q	Q	S	S	OK	Problemas
Colocação das fôrmas do 4º pavimento	6	6	6	6			X	OK!
Desformar 2º pavimento		4	4	4	4		X	OK!
Alvenaria área 1 do 1º pavimento			3	3	3			Faltou Material

PPC = $2/3 = 66.67\%$

Tarefas Reservas:

- Preparação das armaduras das vigas do 4º pavimento
- Colocação da armadura das vigas no 4º pavimento

Figura 3 - Exemplo de Plano de Curto Prazo (*commitment plan*)

FONTE: BERNARDES, 2001, p. 32.

Esse plano tem a prioridade de proteger a produção (*shielding production*) de suas incertezas indicando as atividades que são passíveis de serem executadas (estas previamente analisadas) e observando os porquês de serviços planejados não serem executados (BALLARD e HOWELL, 1997 *apud* BERNARDES, 2001).

Segundo Slack *et al.* (1997 *apud* BERNARDES, 2001) a produção pode ser protegida através do meio físico (*buffers*), representado pelos pacotes de trabalho reservas que atendem aos requisitos do controle de qualidade (mesmo não prioritários para o plano de longo prazo), e também através do meio organizacional, ou seja, como a empresa faz para evitar interrupções na produção. O *shielding production* garante, portanto, a continuidade dos serviços a curto prazo mesmo com a existência de alguns problemas no canteiro.

Para Ballard (2000 *apud* BERNARDES, 2001) a união entre os planos de curto e médio prazo juntamente com outras ferramentas facilitam a implementação do sistema *Last Planner*, de controle da produção. O nome *Last Planner* (Último Planejador) indica quem, em última instância, define as atividades de curto prazo (FORMOSO, 2010). Segundo Campestrini *et al.* (2015, p. 50): “Dezenas de canteiros de obras utilizam esse método no Brasil, em especial as construtoras do nordeste do país, apresentando ganhos consideráveis nas construções.”.

2.1.4 Planejamento de Tempos

A equipe de planejamento de obras comumente faz uso de cronogramas para os estudos de tempos. Estes levam em si informações definidas previamente pela equipe, como hierarquia de serviços, durações, datas de início e fim, etc. No entanto, devido ao volume de informações presentes em um cronograma, é necessário desenvolvê-lo através de um método sistemático, com a utilização de ferramentas, além de manter o seu controle durante a execução (GEHBAUER *et al.*, 2002).

O processo de desenvolvimento de um cronograma segue a seguinte sequência de definições: estrutura analítica de projeto, durações e precedências. Dessas definições resultam o diagrama de barras, o caminho crítico e a curva “S” e podem ser calculados o histograma de recursos e a linha de balanço.

2.1.4.1 Estrutura analítica de projeto

Tradução definida por Limmer (1997 *apud* MOREIRA *et al.*, 2001) para *Working Breakdown Structure* (WBS), a Estrutura Analítica de Projeto (EAP) caracteriza-se pela decomposição das etapas da execução de um projeto, vinculando-as de maneira padronizada e ordenada, como demonstrado na Figura 4. Do escopo integral da obra (nível superior de uma EAP) são feitas ramificações hierarquizadas, de forma a adquirir um olhar mais detalhado sobre informações relevantes da etapa subdividida, como durações, materiais necessários, orçamentos e mão-de-obra. Dessa maneira, quanto maior o teor das ramificações, mais especificados ficarão os serviços, detalhando o planejamento (MATTOS, 2010).

O conteúdo de uma EAP pode mudar dependendo do tipo de indústria à qual ela é aplicada, porém seus níveis permanecem os mesmos. Os níveis superiores de uma EAP são ocupados pelas entregas gerais do projeto, como por exemplo superestrutura e infraestrutura. Já nos subseqüentes são onde se encontram informações relevantes para o auxílio do planejamento, como prazos, custos, estoque, entre outros. Por fim, nos níveis mais baixos estão os pacotes de trabalho, que definem o trabalho a ser executado. Esses pacotes de trabalho contemplam o cronograma da obra (BROTHERTON, FRIED e NORMAN, 2008).

Não há um método definido de se traçar uma EAP, entretanto, existe uma regra que não pode ser ignorada: a regra dos 100%. Uma estrutura analítica de projeto deve incluir todos os trabalhos que resultam nas entregas definidas no escopo do projeto, ou seja, o somatório dos pacotes de trabalho de uma etapa deve ser igual a 100% dela (HAUGAN, 2002 *apud* BROTHERTON, FRIED e NORMAN, 2008).

Atividade	
0	Casa
1	1 Infraestrutura
2	1.1 Escavação
3	1.2 Sapatas
4	2 Superestrutura
5	2.1 Paredes
6	2.1.1 Alvenaria
7	2.1.2 Revestimento
8	2.1.3 Pintura
9	2.2 Cobertura
10	2.2.1 Madeiramento
11	2.2.2 Telhas
12	2.3 Instalações
13	2.3.1 Instalação elétrica
14	2.3.2 Instalação hidráulica

Figura 4 - Exemplo de EAP

FONTE: MATTOS, 2010, p. 65.

2.1.4.2 Duração

Segundo Mattos (2010) duração é definida como o número de expedientes de trabalho necessários para se concluir certo serviço, medido em minutos, horas, dias, semanas ou meses.

É o passo subsequente ao desenvolvimento de uma EAP para o planejamento e tem por objetivo a determinação de prazos dos pacotes de trabalho. Deles sairão dados relevantes como prazo total da obra, marcos de início e fim de serviços, identificadores de atividades cujo prazo pode ser reduzido para aceleração da obra, identificação de atividades críticas - aquelas que não toleram atrasos ou antecipações em suas datas de execução - e folgas das atividades não críticas (MATTOS, 2010).

Pela dificuldade em encontrar dados, como índices de produtividade, que possam dar certeza ao tempo de duração de atividades, são estipuladas, empiricamente, estimativas de prazos. Dessa forma a experiência do planejador é primordial para evitar incompatibilidade entre projeto e execução de maneira a tornar viável o cronograma planejado (MATTOS, 2010).

No entanto, quando existem informações confiáveis disponíveis, o dado utilizado para a determinação das durações é o índice de produtividade, o qual indica o número de horas trabalhadas por unidade executada (Hh/unidade produzida). Há também o índice de desempenho, que relaciona quantidade produzida por unidade de tempo - m^3/h , no caso de uma grua utilizada para concretagem - medindo apenas equipamentos e máquinas. Tais índices são obtidos através da coleta sistemática de dados das atividades ou através de orçamentistas, planejadores, etc. Encontra-se o empecilho na coleta de dados devido ao alto valor da pesquisa (GEHBAUER *et al.*, 2002).

2.1.4.3 Rede de precedências

Estabelecer uma ordem lógica, atrelando às atividades condições para que possam ser executadas (interdependências) formando assim uma malha ou rede, recebe o nome de rede de precedência. Devido a essa relação de dependência os serviços são classificados em dois tipos: predecessores e sucessores. São chamados de serviços predecessores aqueles que

necessitam ser concluídos para que o seguinte possa iniciar. Já um serviço sucessor é aquele dependente de seu predecessor, ou seja, sua execução pode iniciar imediatamente após a conclusão da atividade antecessora. Nesta etapa do planejamento já não há mais entrada de dados, o que ocorre é uma transcrição das informações de duração e sequenciamento para a forma de diagrama, como demonstra a Figura 5. (MATTOS, 2010).

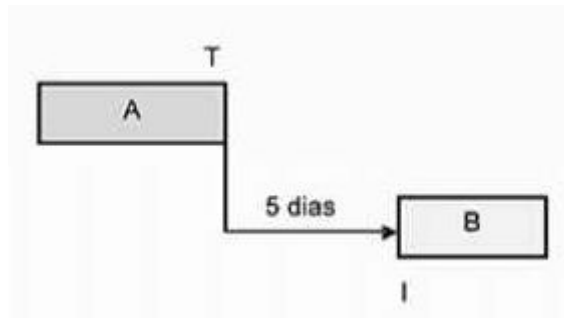


Figura 5 - Rede de precedência: a tarefa “B” começa apenas depois da conclusão da tarefa “A” e com defasagem de 5 dias.

FONTE: MATTOS, 2010, p. 105

Para Limmer (1997 *apud* BANDEIRA, MAGALHÃES e MELLO, 2015) tais redes são representadas por setas ou blocos e há duas técnicas mais populares e comumente utilizadas para desenvolvê-las: O *Critical Path Method* (CPM ou Método do Caminho Crítico) e o *Program Evaluation and Review Technique* (PERT ou Técnica de Avaliação e Revisão de Programas). Pela afinidade entre esses métodos, os mesmos foram unificados formando assim, o método PERT/CPM.

2.1.4.4 Método do caminho crítico

De acordo com PMI (2013) o caminho crítico é uma sequência de atividades estipuladas que, levando em consideração seus prazos e precedências, determinam a duração do projeto.

É um método de gráfico de fluxo que faz uso de setas e nós para identificação de atividades e eventos passados ou futuros, respectivamente (PETROBRAS, 2009). Um exemplo do método pode ser observado na Figura 6. Através dele é possível calcular as datas

de início e término mais cedo (análise dos caminhos de ida da rede) e início e término mais tarde (análise dos caminhos de volta da rede) das atividades da obra. A diferença positiva entre essas datas calculadas fornece ao planejador a folga total da atividade, em outras palavras, a flexibilidade do cronograma, que pode ser positiva, negativa ou zero. O caminho crítico tem como característica primordial uma folga total igual a zero, o que significa que esperas nas atividades críticas (atividades que formam o caminho crítico) ocasionam atraso do projeto inteiro (PMI, 2013).

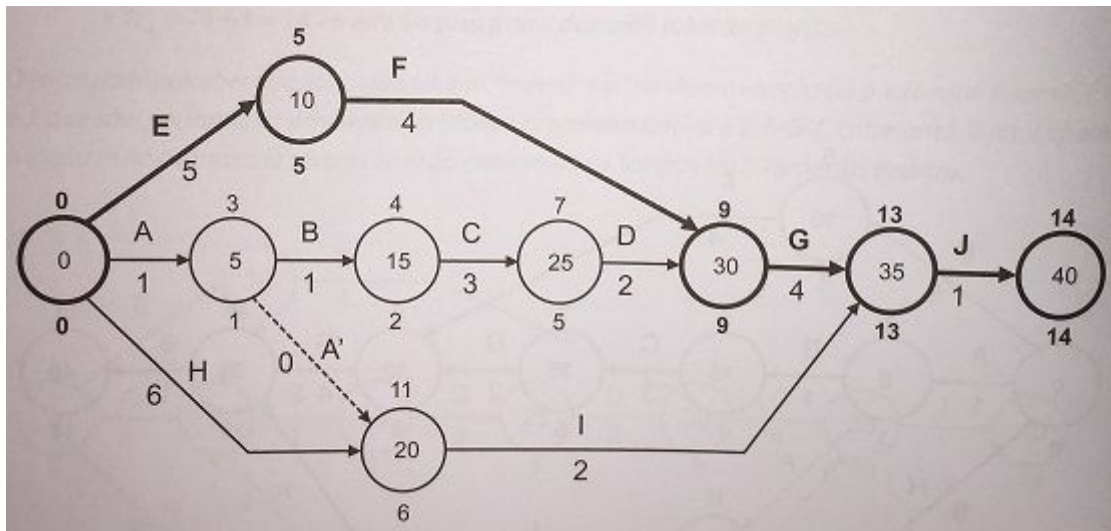


Figura 6 - Modelo Caminho Crítico E-F-G-J.

FONTE: MATTOS, 2010, p. 158.

Existe a possibilidade de haver diversos caminhos quase críticos em uma mesma rede, então, para ser determinada uma folga total igual a zero ou negativa, são necessários ajustes nas durações, interdependências, antecipações e esperas das atividades (PMI, 2013).

2.1.4.5 Técnica de avaliação e revisão de programas

Na técnica PERT, levam-se em conta as incertezas impossíveis de serem previstas em relação às durações arbitradas em projeto, pois existem fatores que na prática podem alterar o tempo de execução dos serviços, como por exemplo, intempéries climáticas, acidentes,

falta/abundância de recursos financeiros, etc. Devido a isso, a duração de cada atividade é tratada, com o auxílio da probabilidade, como uma variável randômica (NOGUEIRA, 2017).

Segundo PMI (2013) a metodologia PERT aperfeiçoa a precisão das durações com a chamada estimativa dos três pontos, que faz uso de três durações: estimativa mais provável, otimista e pessimista. A primeira leva em consideração uma análise normal do cenário para a execução da atividade, a segunda uma análise do melhor cenário e a última uma análise do pior cenário. Com esses dados, através de uma média ponderada, calcula-se a duração esperada, que fornecerá com maior precisão o valor da duração:

$$Duração Esperada = \frac{Otimista + 4 \times (Mais Provável) + Pessimista}{6}$$

Essas durações formam gráficos de frequência em função do tempo, que geram uma distribuição beta, como mostra a Figura 7. O que se extrai do gráfico é a chance da atividade ter determinada duração ou menos (MATTOS, 2010).

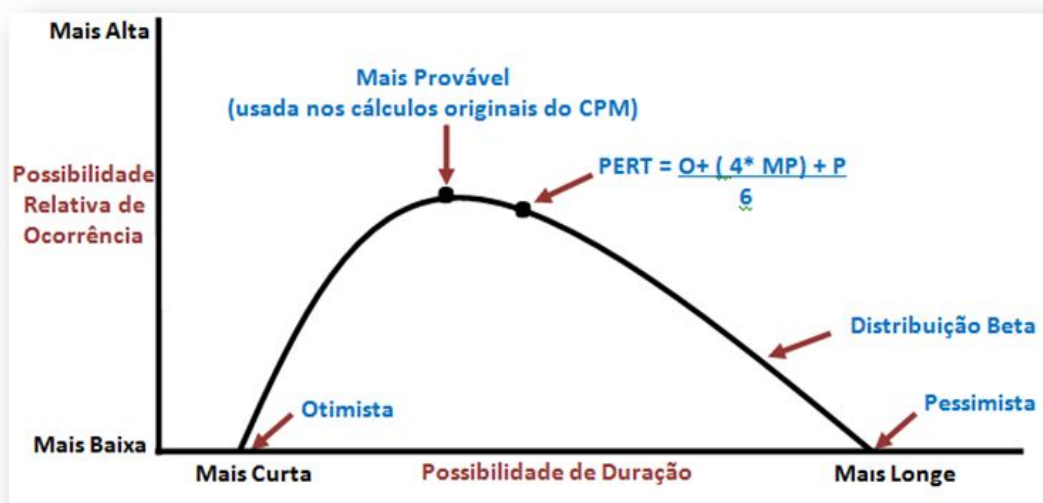


Figura 7 - Gráfico da Análise PERT

FONTE: MARTINS, 2016.

2.1.4.6 Diagrama de barras

Também chamado de diagrama de Gantt, em homenagem ao engenheiro Henry Gantt que o apresentou como ferramenta de controle de produção de navios, o gráfico de barras é uma representação de fácil compreensão visual do cronograma, como demonstrado na Figura

8. Na parte esquerda situam-se os serviços listados verticalmente, na parte superior direita situam-se horizontalmente as datas e abaixo delas as respectivas barras de duração dos serviços ao longo do tempo. Quanto maior a barra, mais demorada é a atividade (MATTOS, 2010).

Cronograma de Obra									
No. Item	Tarefa	Data de início	Duração (dias)	Data de término	Cronograma				
					ago/11	out/11	dez/11	jan/12	mar/12
1	SERVIÇOS PRELIMINARES	24/08/2011	7	31/08/2011					
2	FUNDAÇÕES	31/08/2011	14	14/09/2011					
3	SUPERESTRUTURA	14/09/2011	60	13/11/2011					
4	FORRO	13/11/2011	5	18/11/2011					
5	COBERTURA	13/11/2011	12	25/11/2011					
6	ESCADAS E CIRCULAÇÕES	20/11/2011	12	02/12/2011					
7	REVESTIMENTO	13/11/2011	60	12/01/2012					
8	PISOS	31/12/2011	30	30/01/2012					
9	PINTURA	30/01/2012	28	27/02/2012					
10	ESQUADRIAS E FERRAGENS	12/01/2012	14	26/01/2012					
11	APARELHOS E METAIS SANITÁRIOS	30/01/2012	7	06/02/2012					
12	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	24/10/2011	30	23/11/2011					
13	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	24/10/2011	30	23/11/2011					
14	INSTALAÇÕES DE GÁS	24/10/2011	10	03/11/2011					
15	PAISAGISMO	27/02/2012	12	10/03/2012					
16	LIMPEZA FINAL	10/03/2012	3	13/03/2012					

Figura 8 - Exemplo da utilização do Diagrama de Barras no cronograma

FONTE: TOGNETTI, 2011.

Ainda segundo Mattos (2010) este diagrama pode ser implementado pelo uso de setas (indicação de precedências) e diferenciação de cores (atividades críticas), por exemplo, sendo denominado de “cronograma integrado”.

2.1.4.7 Curva “S”

Devido à característica de menor volume de trabalho e custo nos estágios iniciais e finais de uma obra, além de um maior volume nos estágios intermediários, o nível de atividade e despesa de um projeto comum pode ser representado por uma curva de Gauss, com seus dados lançados no início ou durante a execução do empreendimento. Ao plotar trabalho acumulado ou custo acumulado em função do tempo, a curva normal de Gauss assume a forma de uma letra S (MATTOS, 2010), como observado na Figura 9.

Há a possibilidade de se gerar dois tipos de curva S: a curva S Física, a qual serve para manter o controle do progresso da obra, medida em Hh (homem-hora), e a curva S Financeira, que serve para controle de custo do projeto. Essa ferramenta permite ao planejador visualizar e prever com facilidade atrasos e avanços na execução, identificando desvios (custo e avanço) entre o planejado e o realizado, auxiliando-o no acompanhamento da

obra em todas as suas fases e refinando sua tomada de decisão para os próximos passos (ARRUDA, 2014).

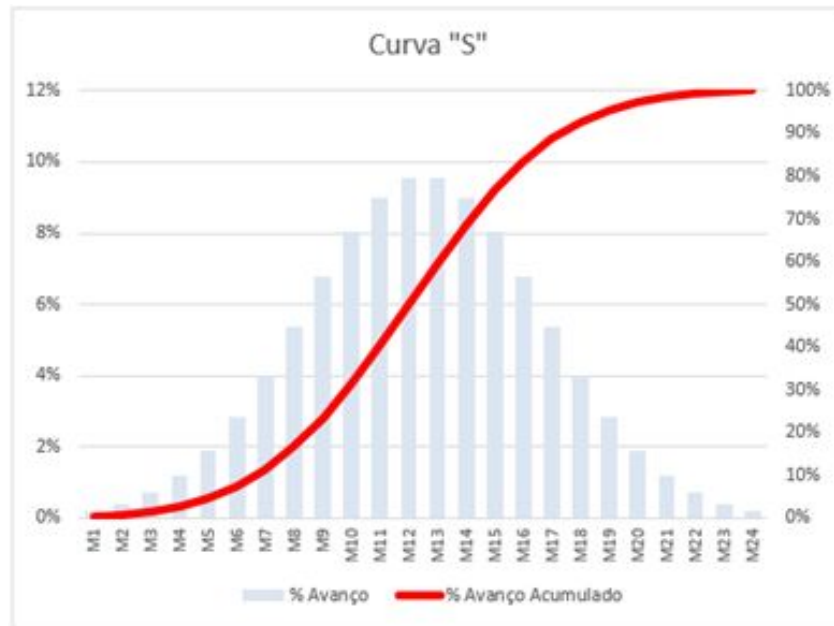


Figura 9 - Curva S de Avanço

FONTE: BEWARE, 2015.

2.1.4.8 Histograma de recursos

É um gráfico de barras que relaciona quantidade de recurso ao tempo, como mostra a Figura 10. As informações nele contidas vêm do cronograma (MATTOS, 2010).

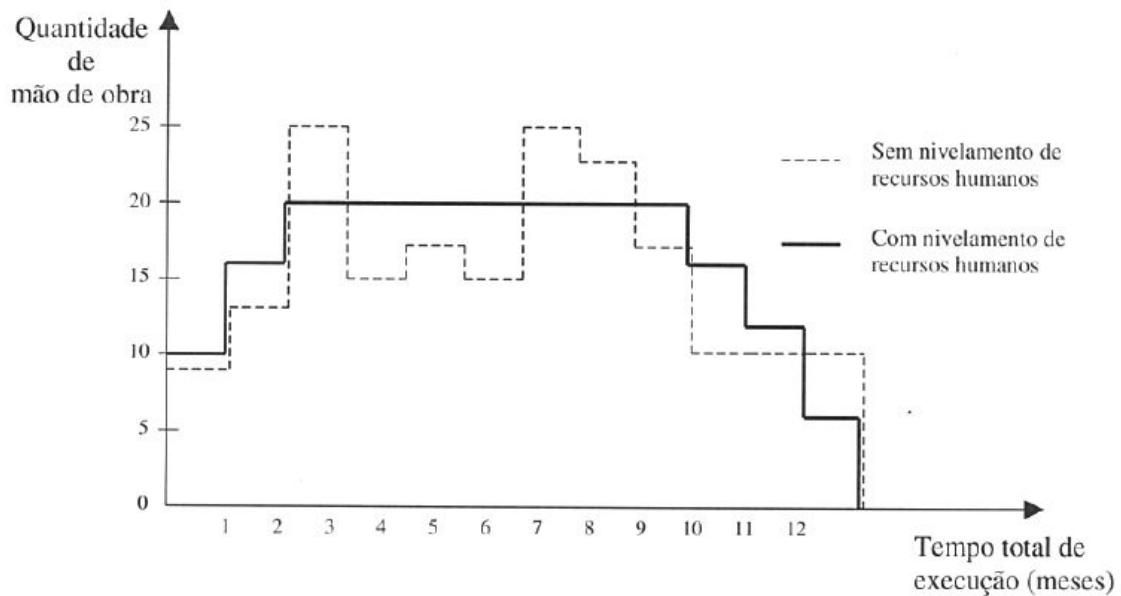


Figura 10 - Histograma de Mão-de-obra

FONTE: GEHBAUER *et al.*, 2002 p. 291.

Na construção civil, o histograma é estreitamente ligado ao planejamento de tempos, pois a disposição de materiais, mão-de-obra e equipamentos é limitada pelos recursos e espaço físico disponíveis. Devido a isso, a quantidade de trabalhadores, por exemplo, que deve ser definida com antecedência junto ao departamento de administração dos recursos humanos, é aumentada gradativamente nos estágios iniciais e reduzida nos finais, acompanhando o comportamento lento-rápido-lento da obra, além de serem considerados férias, feriados, folgas, mau tempo, etc. Após a definição desse histograma de mão-de-obra, cabe a equipe de planejamento estipular a quantidade de trabalhadores que será empregada em cada etapa da obra (GEHBAUER *et al.*, 2002).

Essa definição é delicada já que pode acarretar um acúmulo de funcionários no empreendimento, o que geraria mais despesas naquele período de tempo. Por isso há a possibilidade de, no cronograma, flutuar as atividades dentro do limite de suas folgas - desde o cronograma mais cedo até o mais tarde - para encontrar, dentre inúmeras variedades, um histograma que não contenha picos elevados de recursos (MATTOS, 2010).

Tomando como exemplo a Figura 11 - cronograma mais cedo - nota-se que há folga nos serviços, o que possibilita essa flutuação da atividade e obtenção dos diferentes

histogramas, sendo o limite mais a direita da folga o cronograma mais tarde (MATTOS, 2010).

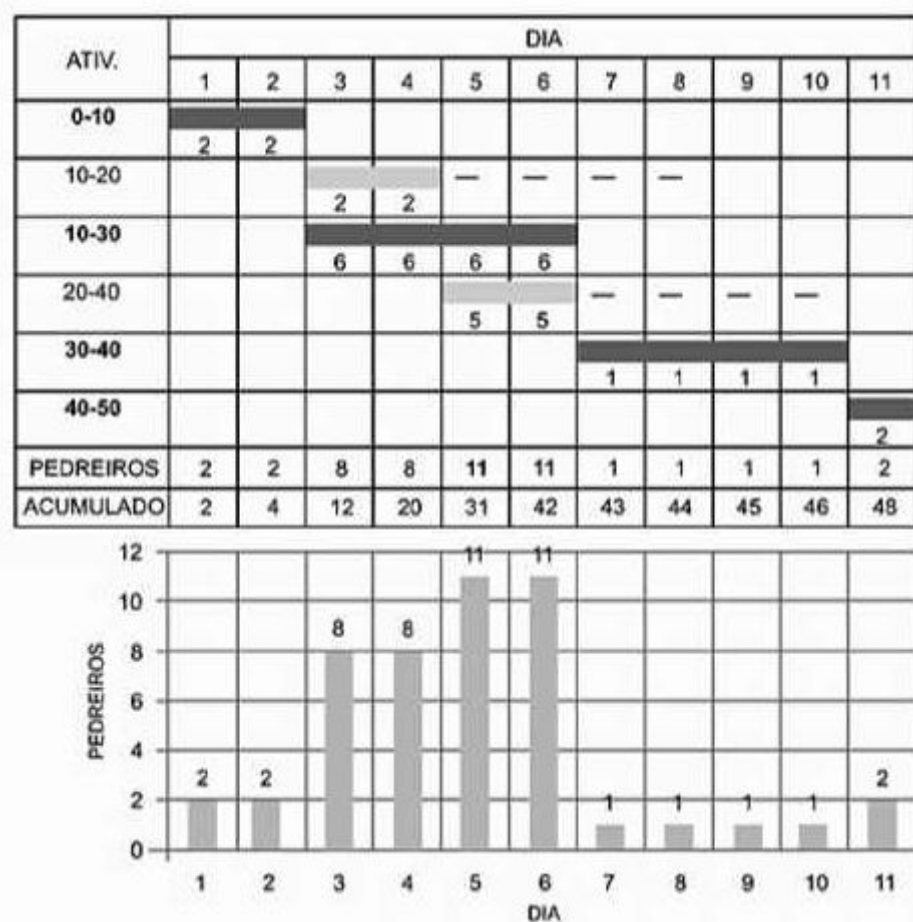


Figura 11 - Cronograma de curto prazo e histograma de recursos

FONTE: MATTOS, 2010, p.231.

Gerando uma curva S para cada alternativa de cronograma em um mesmo gráfico, sendo o cronograma mais cedo uma extremidade e o mais tarde a outra, nota-se um aspecto de banana no gráfico, daí o nome Curva Banana (Figura 12). Esta curva auxilia no nivelamento de recursos, que nada mais é do que aplicar uma distribuição mais uniforme - suavização do histograma - dos recursos da obra. Trabalhar com picos no histograma é traumático e muitas vezes impraticável para um projeto. O nivelamento gera uniformidade nas despesas também, o que melhora o fluxo de caixa do empreendimento (MATTOS, 2010).

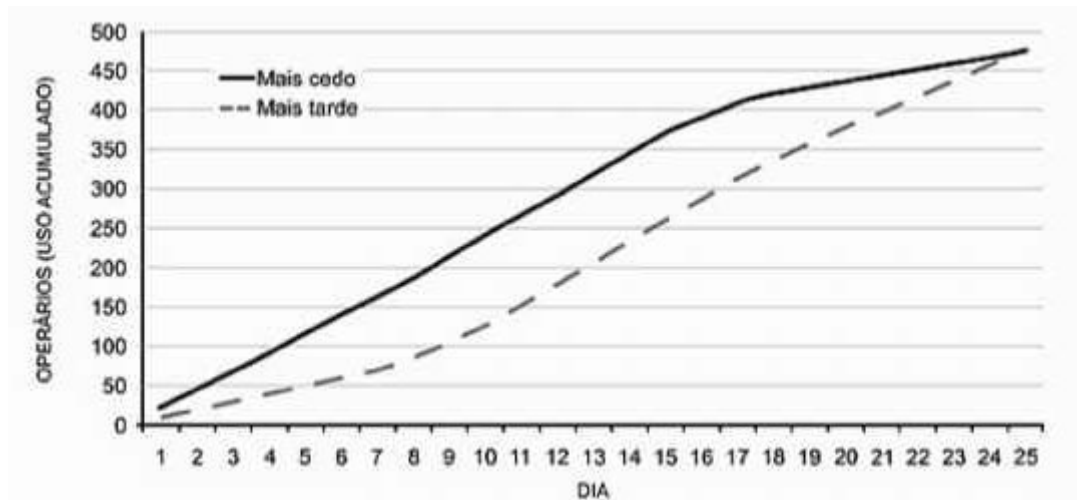


Figura 12 - Curva Banana

FONTE: MATTOS, 2010 p.243.

2.1.4.9 Método da linha de balanço

Segundo Biotto, Formoso e Isatto (2015) a linha de balanço é uma técnica eficaz para a aplicação em empreendimentos de característica repetitiva, executados diversas vezes e seguindo uma determinada taxa de produção.

É caracterizada por um gráfico que relaciona tempo de construção com avanço da produção, como mostra a Figura 13. Essa técnica também é chamada de diagrama de velocidade devido à inclinação da linha, formada no gráfico, que representa o avanço do trabalho em função do tempo. Tal linha indica a velocidade de execução do serviço (GEHBAUER *et al.*, 2002).

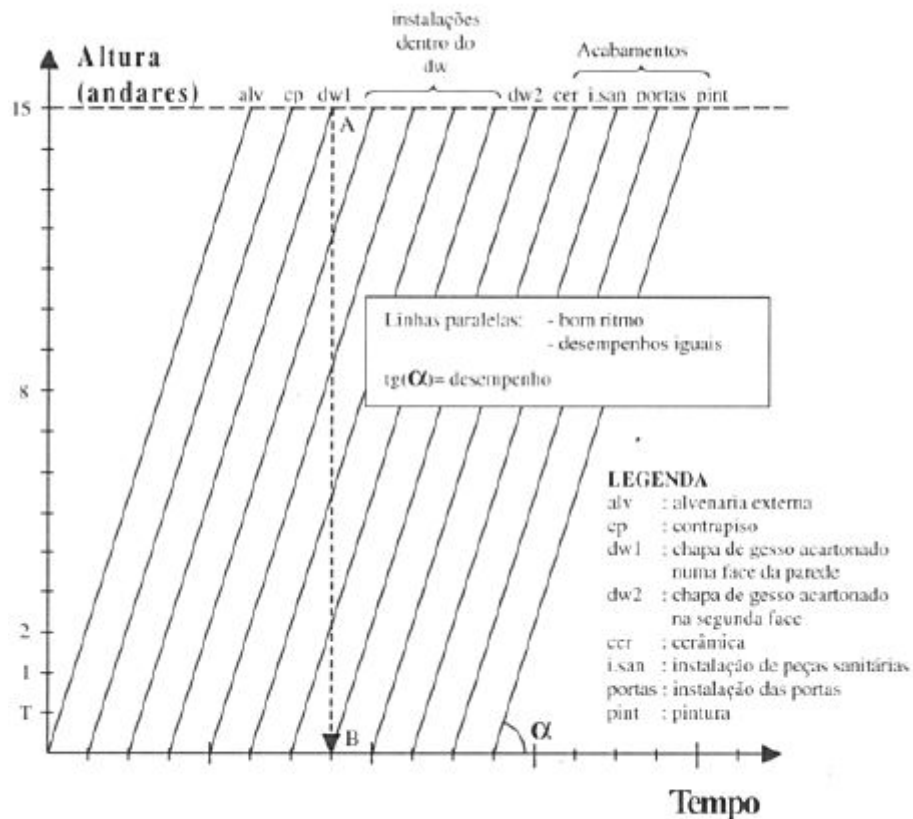


Figura 13 - Linha de Balanço

FONTE: GEHBAUER *et al.*, 2002, p. 289.

Ainda segundo Gehbauer *et al.* (2002), a combinação entre linha de balanço e cronograma de barras possibilita a comparação entre o previsto e o realizado, através da avaliação das linhas somatórias do tempo gasto real e o planejado. Extrai-se também, pela diferença nas inclinações das linhas, as velocidades de execução dos serviços, possibilitando o reconhecimento de desvios nelas.

2.2 MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

A sigla BIM vem do inglês “*Building Information Modeling*”, traduzido livremente como “Modelagem da Informação da Construção”. Segundo Pereira (2014) o BIM é um processo de modelagem digital, com elementos parametrizados, que une dois tipos de informações: as geométricas, relacionadas às formas dos elementos (linhas), e as não-geométricas, que são informações sobre cada elemento (propriedades físicas, definições,

custos, etc.). Para Covas (2009 *apud* PEREIRA, 2014) é um método multidisciplinar auxiliado por computador para desenvolvimento de projetos.

Este processo de modelagem é análogo aos modelos físicos reduzidos (de barragens por exemplo) utilizados para simulações de situações reais, porém, são mais fáceis de serem reconstruídos e modificados por serem virtuais, e contribuem igualmente para os profissionais na validação de suas decisões (CAMPESTRINI *et al.*, 2015).

O BIM leva a uma concentração das informações, tendo como benefício a redução dos canais de comunicação e, portanto, diminuição de potenciais conflitos, como pode ser observado na Figura 14. Assim, há a efetiva integração entre os diversos tipos de projetos e processos de um empreendimento, reduzindo seu tempo de execução e custo (EASTMAN *et al.* 2011).

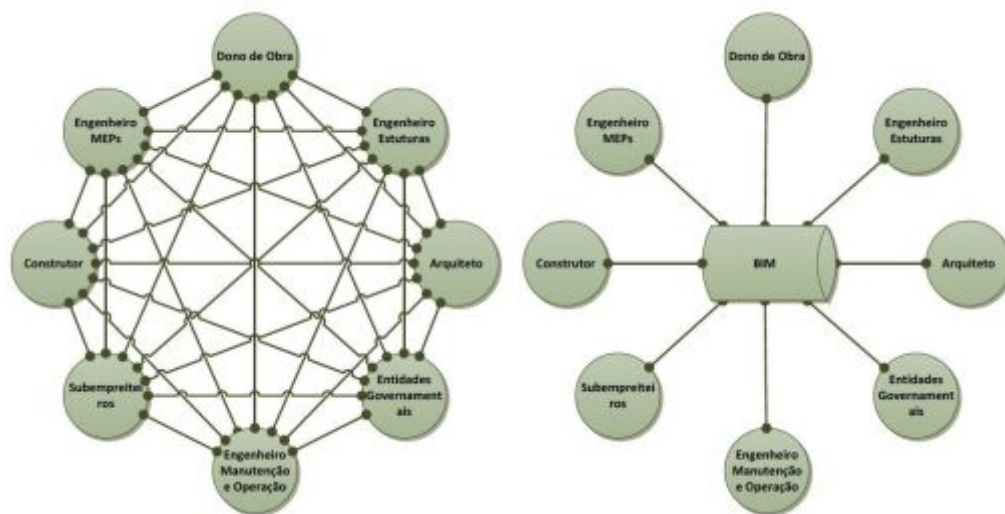


Figura 14 – Canais de comunicação sem e com o BIM

FONTE: PEREIRA, 2014, p. 19.

Segundo Campestrini *et al.* (2015) essa central de dados unificada resulta em maior confiança na leitura das informações, indicando que as mesmas terão mais chances de estarem corretas e atualizadas, pois os elementos do modelo são compatíveis entre si e tem capacidade de se ajustarem automaticamente à mudanças interdependentes.

Com a modelagem BIM há, portanto, a implementação de um processo mais colaborativo, no qual as decisões devem ser tomadas em conjunto, na medida em que cada parte envolvida no projeto tem suas limitações bem definidas dentro de um modelo único (CAMPESTRINI *et al.*, 2015).

2.2.1 Dimensões da Modelagem

A modelagem BIM possui diferentes dimensões de detalhamento, definidas de acordo com o nível de informações inseridas no modelo (PEREIRA, 2014).

Um modelo computacional com definições geométricas e com propriedades intrínsecas de cada elemento definidas (elementos parametrizados) é considerado um modelo BIM 3D (CAMPESTRINI *et al.*, 2015), o nível base da metodologia. Com ele é possível observar projetos executivos integrados (Figura 15), verificar compatibilidades dos elementos 3D (*clash detection*, Figura 16), fazer o levantamento de especificações e quantitativo de materiais, verificar alternativas visuais, etc. (CAMPESTRINI *et al.*, 2015).



Figura 15: BIM 3D com projetos executivos integrados

FONTE: Kingdom Property, 2014.

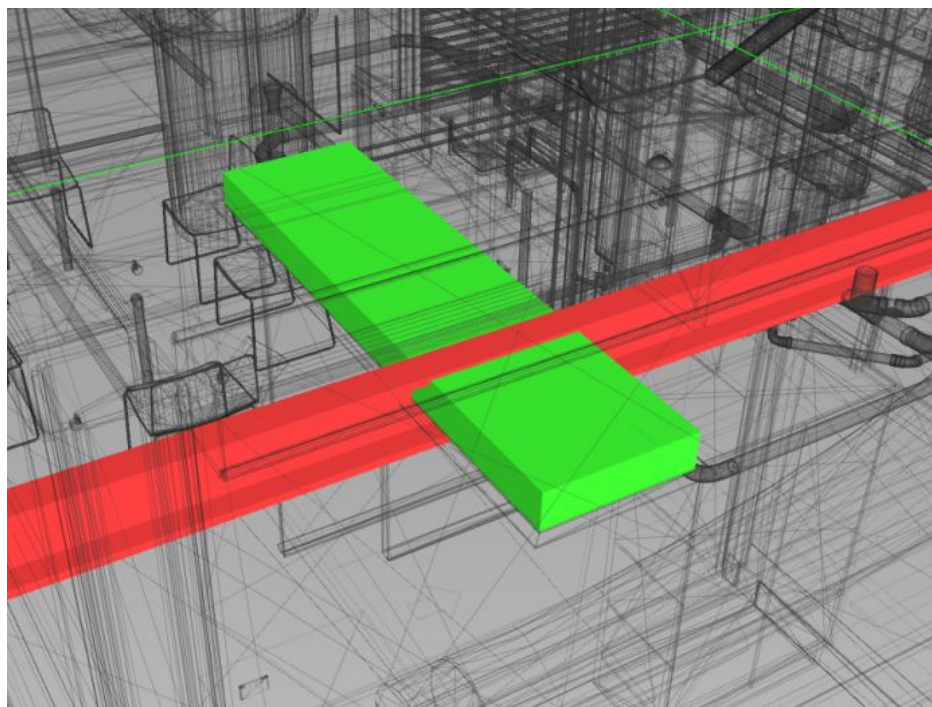


Figura 16: Detecção de sobreposições de projetos (*Clash Detection*)

FONTE: The BIM Center, 2016.

Quando são colocadas no modelo informações sobre o prazo e precedência, o BIM passa a ser considerado 4D, onde podem ser modeladas informações sobre o planejamento da obra, como o cronograma (início e fim de cada processo), disposições espaciais dos elementos construtivos para cada etapa construtiva, ritmo produtivo, etc. (CAMPESTRINI *et al.*, 2015).

Biotto, Formoso e Isatto (2015) também corroboram para essa definição do modelo BIM 4D, adicionando a visualização da sequência construtiva como forma de contribuição ao entendimento do processo construtivo por parte da equipe de gestão da produção, facilitando sua tomada de decisões. Nessa etapa do processo, juntamente com os aplicativos 4D (que serão citados posteriormente), as redes de precedência podem ser analisadas e pode-se utilizar a ferramenta *clash detection* para detectar sobreposições das etapas executivas.

O nível de detalhamento na modelagem 4D é um fator de grande influência para o plano executivo e deve ser definido a partir dos objetivos, respostas, impactos e benefícios esperados pelos modeladores (PEREIRA, 2014).

Para a utilização em conjunto com o PSP, o modelo BIM 4D não deve ser muito detalhado, pois as decisões tomadas devem ser interdependentes, sendo inviável modelos muito complexos (SCHRAMM, COSTA e FORMOSO, 2006). Já para o PCP o nível de detalhamento do modelo deverá ser maior, sendo necessárias maiores definições de cada etapa, inclusive sobre disposições dos insumos no canteiro de obras (BIOTTO, FORMOSO e ISATTO, 2015).

Para a inclusão dos sistemas produtivos no BIM 4D, Choi *et al.* (2014 *apud* BIOTTO, FORMOSO e ISATTO, 2015) adicionaram aos elementos informações sobre a área de trabalho inerentes à sua execução, sendo possível observar interferências no local de trabalho entre equipes, equipamentos e materiais. É possível, portanto, simular o posicionamento de instalações temporárias, além de locais de armazenagem e montagem para cada fase de execução (PEREIRA, 2014), como ilustrado na Figura 17. Em estudo de caso realizado em um empreendimento horizontal por Biotto, Formoso e Isatto (2015) o uso da modelagem BIM 4D foi útil para verificar o grau de concentração de serviços no canteiro de obras, corroborando para o que foi citado anteriormente. Segundo Parreira (2014) é possível selecionar a opção mais viável, que gere menores mobilizações, aproveitado da melhor maneira a área do canteiro com menores custos.



Figura 17: Inclusão de equipamentos e locais de armazenagem na modelagem BIM 4D

FONTE: Minuto engenharia, 2018

É importante salientar que a existência de um planejamento em BIM depende de ferramentas do planejamento tradicional (como os diagramas de *Gantt*, o Método do Caminho Crítico, as regras de precedência, etc.), ou seja, utiliza teorias tradicionais em sua composição juntamente com a visualização e simulação espacial, resultando em alternativas para a equipe de planejamento (BIOTTO, FORMOSO e ISATTO, 2015).

Passando para uma nova dimensão da modelagem, quando da adição dos custos à modelagem 3D, temos o BIM 5D, com a possibilidade de estimar-se gastos (BAGNO e ARANTES, 2016) para cada etapa da construção. A praticidade para pedir os insumos fica evidenciada pela observação dos tempos de execução simulados das etapas, permitindo, segundo Bagno e Arantes (2016), analisar restrições orçamentárias, apoiando a equipe na tomada de decisões. A precisão orçamentária é outro item benéfico citado pelos autores, aumentando na medida em que o modelo tem um maior nível de detalhamento.

O BIM 6D, por sua vez, relaciona-se com a eficiência energética da edificação e o BIM 7D com a manutenção do empreendimento em operação.

2.2.1.1 Níveis de detalhamento

É importante citar os níveis de desenvolvimento (*level of development* ou “LOD”) que podem ser usados para cada dimensão. Esses foram definidos pela *American Institute of Architects* e irão depender dos objetivos que os desenvolvedores pretendem atingir, elevando a precisão de cada tipo de análise (CAPIOTTI, 2015). Ainda segundo Capiotti (2015) os níveis existentes, classificados em ordem crescente de detalhamento e demonstrados na Figura 18, são:

- LOD 100: Nível de desenvolvimento para fase de conceito do modelo, definindo seu volume e localização espacial;
- LOD 200: Representam-se as formas aproximadas do empreendimento, podendo-se adicionar algumas informações não geométricas como definições básicas dos elementos (alvenaria, laje, eletroduto, etc.) sem especificar, no entanto, sua composição (materiais);
- LOD 300: Neste nível as formas geométricas do projeto passam a ser bem definidas e precisas, incluindo maiores informações sobre as composições dos elementos representados;
- LOD 400: Este nível de detalhamento exige que todos os detalhes acerca dos elementos do modelo (incluindo sua montagem e fabricação) sejam especificados para um rigoroso controle orçamentário;

- LOD 500: É a representação da construção in loco (ou as built), ou seja, da maneira mais real possível.



Figura 18 - Os diferentes níveis de detalhamento no BIM

FONTE: Advenser, 2017.

2.2.2 Interoperabilidade

Segundo Eastman *et al.* (2011) o processo de modelagem BIM não está ligado apenas a um software, mas a vários programas com diferentes funções que, unidos, dão suporte ao processo.

Entretanto, existe a necessidade de comunicação entre esses programas. A interoperabilidade é a possibilidade de troca de dados entre softwares, sem a necessidade de cópia manual de dados já gerados, automatizando o processo independentemente dos fabricantes das aplicações (EASTMAN *et al.*, 2011).

Pensando na interoperabilidade, em 1994, a Autodesk® resolveu criar um grupo de desenvolvimento de aplicativos integrados, inicialmente chamado de “*Industry Alliance for Interoperability*”, que evoluiu posteriormente para uma organização sem fins lucrativos denominada “*International Alliance for Interoperability*”, responsável pela interoperabilidade de softwares na Construção Civil e criadora do formato padrão (modelo neutro de dados) “*Industry Foundation Classes*” (IFC) (EASTMAN *et al.*, 2011).

Como o IFC foi desenvolvido com o objetivo de reunir as informações da construção, desde o PSP até a operação do empreendimento, o formato parte do princípio de colaboração e possibilita ao modelo BIM armazenar todas as informações relativas ao empreendimento

(projeto, execução, manutenção, etc.), resultando em ganhos nos mais variados aspectos para a gestão (CAMPESTRINI *et al.*, 2015; PEREIRA, 2014).

2.2.3 Simulações

Com a pré-definição dos elementos construtivos, adição de tempos, custos e regras de precedência ao modelo BIM, somados a um cronograma piloto (definido no PSP ou atuante no PCP), o processo de simulação pode ser iniciado, como ilustrado na Figura 19.



Figura 19 - Software de simulação Synchro PRO 4D

FONTE: Synchro Software, 2015.

Através de uma equipe única de projetos é possível encontrar a melhor solução para execução do modelo de um empreendimento. Isso através das simulações feitas com softwares específicos operados pela equipe integrada, a qual pode então propor variadas soluções para cada etapa a ser examinada. No projeto ficam, portanto, apenas as melhores opções para a execução (CAMPESTRINI *et al.*, 2015).

Na medida em que as alterações do modelo em 3D automaticamente se atualizam no modelo 4D observa-se a possibilidade de edição desses modelos pelos planejadores, o que, associado com aplicativos 4D, colaboram para o desenvolvimento contínuo das sequências construtivas (EASTMAN *et al.*, 2011) e, portanto, do sistema de produção.

Os aplicativos 4D visam a criação de filmes (animações) virtuais partindo de um cronograma. Neles é possível selecionar diferentes escalas temporais (horas, dias, semanas, meses e anos), o que ajuda planejadores a observar eventos específicos em suas respectivas escalas e também a unificar elementos de curta escala de duração para simulações de longo prazo (BIOTTO, FORMOSO e ISATTO, 2015).

As simulações são feitas a partir das revisões do PSP e das definições de longo prazo no início da obra. Se o empreendimento estiver em fase de execução as informações de controle (tais como avanços ou atrasos) devem ser inseridas no modelo para a correta simulação (BIOTTO, FORMOSO e ISATTO, 2015).

3 METODOLOGIA

A metodologia de composição deste trabalho iniciou-se pela pesquisa teórica sobre o planejamento de tempos tradicional e sobre o processo BIM. Houve uma busca por um modelo de empreendimento com projetos integrados em BIM, disponibilizados por uma empresa especializada em gestão de projetos denominada Campestrini. Em seguida, utilizando a metodologia de estudo de caso, aplicou-se a teoria pesquisada de planejamento de tempos tradicional sobre o empreendimento, interagindo posteriormente com o processo BIM.

O estudo de caso foi desenvolvido em uma sequência de passos. O primeiro deles foi a leitura e compreensão dos projetos integrados, o modelo em si. Esta leitura foi realizada através do *software Autodesk Navisworks*® *Simulate*, o qual lê modelos BIM e realiza simulações de avanço físico da obra. Após o entendimento dos projetos construiu-se a estrutura analítica de projeto (EAP) do empreendimento, de forma a identificar as etapas construtivas para sua execução. Em seguida foram estimadas durações para as atividades compreendidas na “EAP”, bem como suas precedências. Finalizando a construção do cronograma, o diagrama de barras foi traçado de modo a poder-se observar a sequência construtiva do empreendimento na forma tradicional. Da construção da EAP até a obtenção do cronograma final, assim como extração de relatórios de curva “S” e obtenção do caminho crítico, o programa *Microsoft Project*® foi de grande importância, sendo muito utilizado para gestão de projetos.

Para a realização do seguinte estudo de caso optou-se por elaborar apenas o plano de longo prazo, o qual pode ser interpretado como parte do PSP (planejamento estratégico) por integrar decisões anteriores à fase executiva (projeto do processo, com definições de metas construtivas), e também do PCP (planejamento tático, alterável durante a obra), como definido na revisão bibliográfica deste trabalho. Os planos de médio e curto prazo presentes no PCP necessitam da execução e acompanhamento da construção e, por isso, acabaram sendo deixados de lado.

Por fim, através da associação entre o cronograma definido e o modelo disponibilizado, foi realizada a simulação das etapas construtivas do empreendimento através do processo BIM 4D e puderam ser elaboradas conclusões sobre os dois processos de planejamento de tempos, bem como, averiguar suas relações.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO

4.1 PROJETO

O modelo de estudo trata-se de uma residência de quatro pavimentos (subsolo, térreo, segundo e cobertura), padrão alto, com elevador, telhado verde e piscina. Área coberta de 550,00 m², conforme demonstra a Figura 20.



Figura 20 - Modelo BIM disponibilizado para o estudo de caso
FONTE: Autoria própria.

O *software Navisworks* permitiu a visualização do modelo BIM e, além de outras funções que serão citadas no decorrer desse trabalho, a realização da leitura de diferentes projetos integrados como estrutural, elétrico, hidráulico e arquitetônico, cada qual com seu nível de parametrização, definidos, portanto, por diferentes projetistas. Eles tornam-se individualmente editáveis na empresa devido à interoperabilidade (IFC, modelo neutro de dados, como descrito anteriormente) que permite a edição e atualização automática dos elementos editados (seja no projeto elétrico ou no arquitetônico) para o modelo. O programa também tem ferramentas visuais para ocultar elementos, conjuntos de elementos e projetos inteiros, o que facilita a visualização individual de elementos desejados no modelo.

O projeto arquitetônico contemplou elementos como alvenarias, revestimentos e esquadrias, como demonstrado na Figura 21.



Figura 21 - Projeto arquitetônico no modelo do estudo de caso.
FONTE: Autoria própria.

O modelo do projeto estrutural tratou de vigas, pilares, lajes e fundação, como ilustrado na Figura 22.

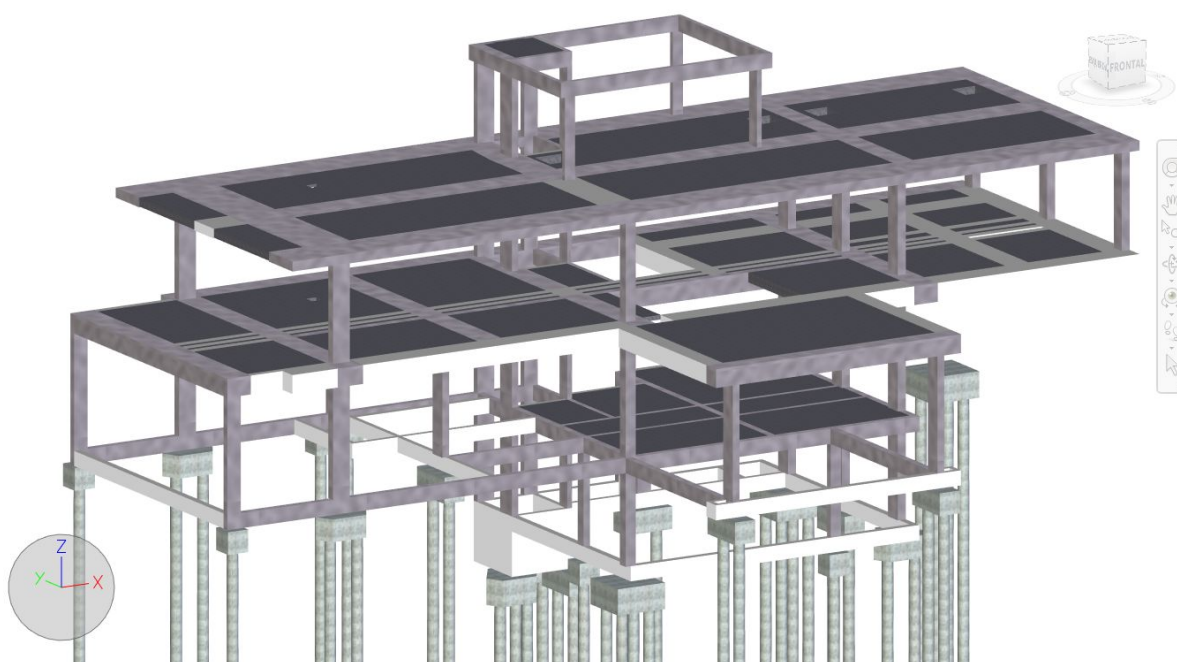


Figura 22 - Projeto estrutural no modelo do estudo de caso
FONTE: Autoria própria.

O projeto elétrico no modelo BIM representou eletrodutos, caixas elétricas, iluminação etc, como pode-se observar na Figura 23.

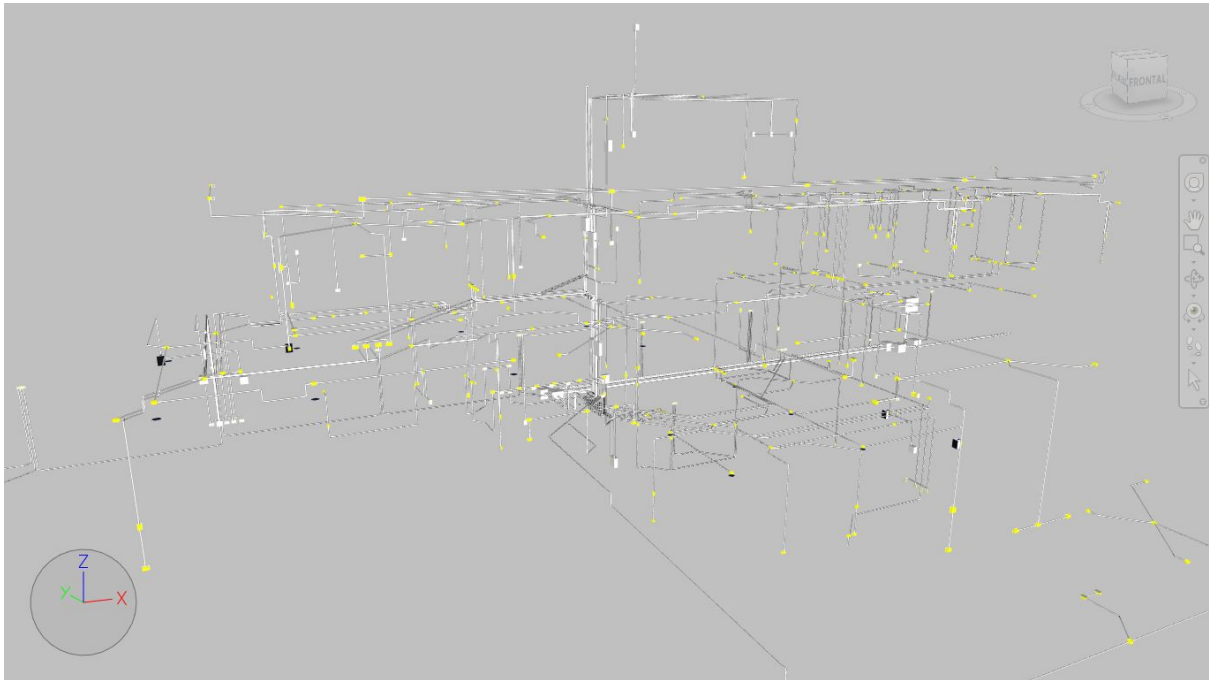


Figura 23 - Projeto elétrico no modelo do estudo de caso
FONTE: Autoria própria.

A seguir, na Figura 24, observa-se como os projetos estrutural e elétrico aparecem no modelo quando associados.

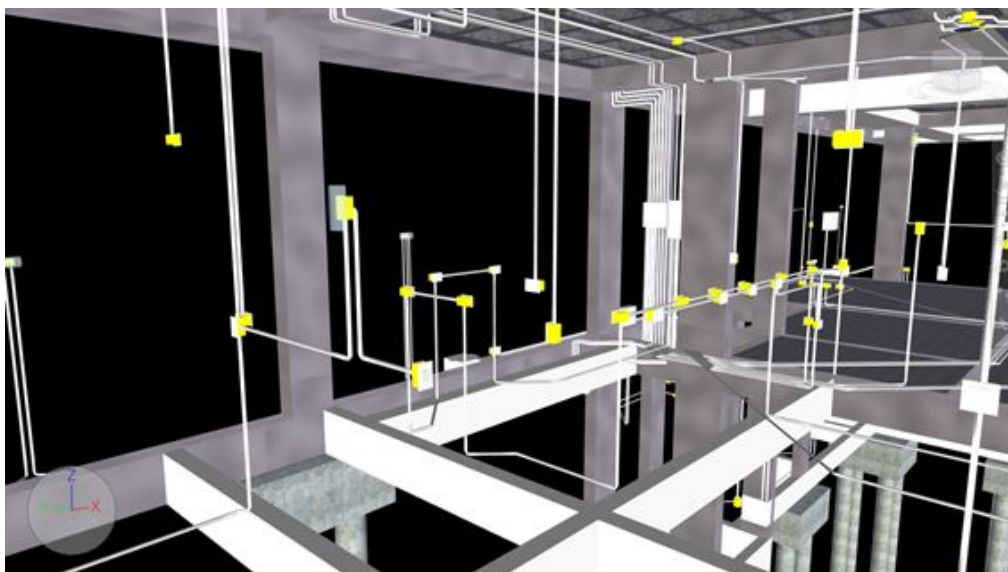


Figura 24 - Modelo com projeto elétrico associado ao projeto estrutural do estudo de caso
FONTE: Autoria própria.

Por fim, o projeto hidráulico no modelo abrangeu tubulações, conexões, equipamentos hidrossanitários e etc, como mostra a Figura 25.

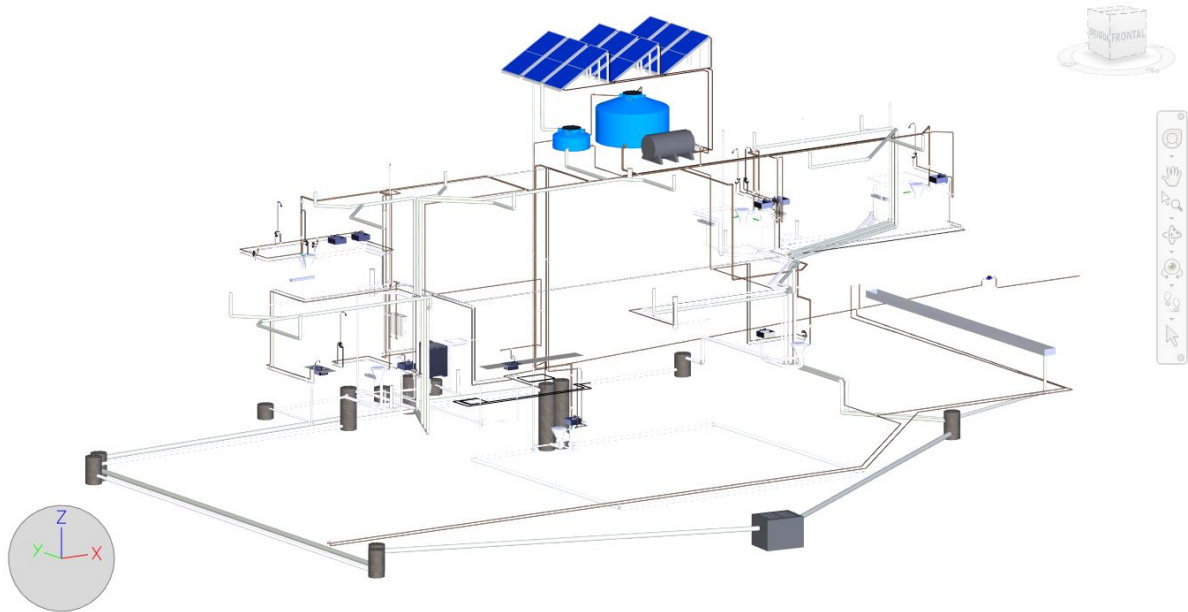


Figura 25 - Projeto hidrossanitário no modelo do estudo de caso
FONTE: Autoria própria.

Assim como demonstrado anteriormente, na Figura 26 aparecem associados os projetos estrutural e hidrossanitário no modelo.

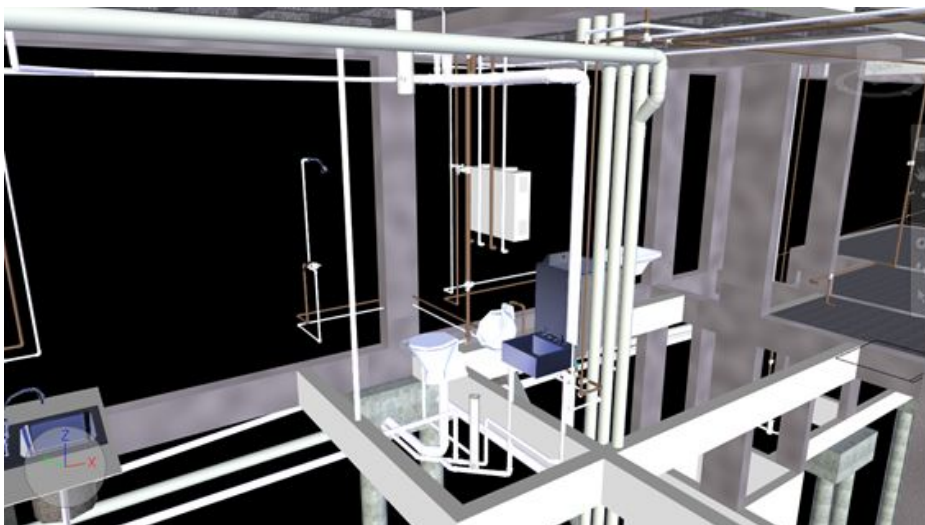


Figura 26 - Modelo com projeto hidrossanitário associado ao projeto estrutural do estudo de caso
FONTE: Autoria própria.

Vale ressaltar que o modelo fornecido foi uma de suas primeiras revisões, possuindo vários conflitos entre projetos e carecendo de ajustes, o que, no entanto não afetou o seu estudo do planejamento de tempos, apesar de alguns erros serem visíveis no decorrer das figuras deste trabalho. Como exemplos de erros carentes de ajustes através da modelagem podem-se citar: a falta de um pilar na garagem (continuação da fundação existente), a falta de uma alvenaria na cozinha (em que elementos de elétrica e hidráulica “flutuam” na região), a falta de calçadas ao redor da construção (para vedação de ramais externos e blocos de fundação, Figura 27), o ajuste nas alturas das arandelas do muro de divisas e o ajuste da altura dos forros internos.

Como comparação à visualização 2D de plantas, método altamente difundido em obras brasileiras, a visualização do modelo 3D traz conclusões mais apuradas e facilitadas sobre cada projeto executivo e sua compatibilidade com os outros projetos integrantes do empreendimento, permitindo suas previsões e correções antes do início da obra.

Assim, tais erros identificados necessitam de arquivos específicos de cada projeto para sua solução, sendo necessária a remodelagem do BIM até a sua versão definitiva e final, um processo comum e natural de melhoramento da modelagem.

Pode-se classificar o modelo fornecido como LOD 200/300, ou seja, a maior parte dos elementos possui formas geométricas definidas com informações sobre sua composição (materiais).

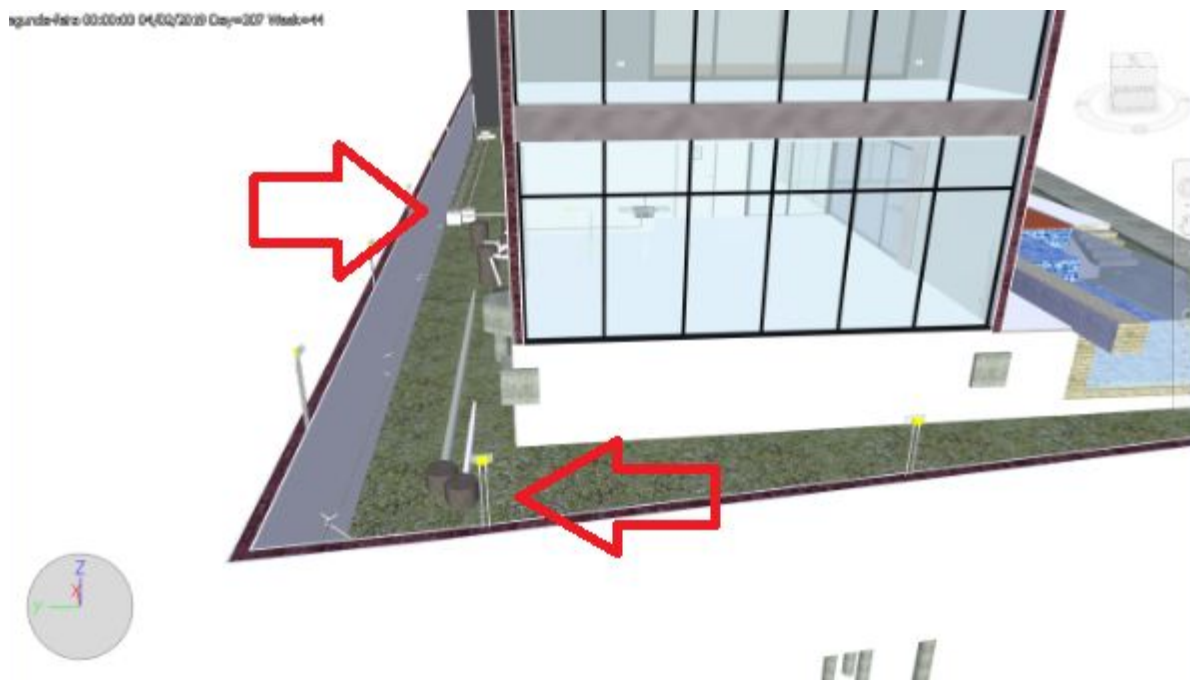


Figura 27 - Erros de projeto no modelo do estudo de caso

FONTE: Autoria própria.

No modelo de estudo não foi considerada a organização do canteiro de obras durante as etapas, o que pode ser realizado na visualização de cronogramas de curto e médio prazos, apesar de não haver muitas vantagens dessa maneira de uso para construções não repetitivas.

4.2 EAP

A leitura do modelo possibilitou a definição das atividades a serem realizadas na execução e, portanto, a definição da estrutura analítica de projeto (EAP). A EAP foi sendo numerada com o auxílio do programa *Project* na medida em que os serviços foram sendo ordenados.

Primeiramente foram definidos cinco grandes grupos de atividades (1º nível) como serviços preliminares, estrutura e vedação. A partir desses grupos maiores outros menores puderam ser encaixados (2º nível) como paredes dentro da tarefa resumo vedação, infraestrutura dentro de estrutura e trabalhos iniciais dentro de serviços preliminares, como demonstra a Figura 28.

EDT	Nome da tarefa
1	▸ Serviços Preliminares
1.1	▸ Gestão e logística
1.2	▸ Equipamentos de Proteção coletiva
1.3	▸ Trabalhos iniciais
2	▸ Estrutura
2.1	▸ Infraestrutura
2.2	▸ Supraestrutura
3	▸ Vedação
3.1	▸ Paredes
3.2	▸ Coberturas e Proteções
3.3	▸ Revestimento Interno
3.4	▸ Revestimento Externo
3.5	▸ Pavimentações
3.6	▸ Esquadrias
3.7	▸ Vidros
4	▸ Instalações Prediais
4.1	▸ Hidráulica
4.2	▸ Elétrica/VDI
4.3	▸ Eletromecânicas
5	▸ Serviços Complementares
5.1	▸ Paisagismo
5.2	▸ Limpeza

Figura 28 - EAP desenvolvida até o 2º nível hierárquico

FONTE: Autoria própria.

Foram sendo criadas ramificações hierárquicas de cada grupo até o quarto nível (Figura 29), compreendendo todos os serviços existentes durante a execução da obra.

EDT	Nome da tarefa
2.2	▲ Superestrutura
2.2.1	▷ Blocos e/ou baldrames
2.2.2	▲ Concreto armado moldado in loco
2.2.2.1	Lajes do Pavimento Térreo
2.2.2.2	Lajes do 2º Pavimento
2.2.2.3	Lajes do Pavimento Cobertura
2.2.2.4	Laje do Pavimento Caixa d'água
2.2.3	▷ Elementos pré-moldados
3	▲ Vedação
3.1	▲ Paredes
3.1.1	▷ Blocos de Concreto
3.1.2	▲ Blocos Cerâmicos
3.1.2.1	Alvenaria de blocos cerâmicos do Subsolo
3.1.2.2	Alvenaria de blocos cerâmicos do Térreo
3.1.2.3	Alvenaria de blocos cerâmicos do 2º Pavimento
3.1.2.4	Alvenaria de blocos cerâmicos do Pavimento Cobertura
3.2	▲ Coberturas e Proteções
3.2.1	▲ Impermeabilizações
3.2.1.1	Impermeabilização do Subsolo
3.2.1.2	Impermeabilização do 2º Pavimento
3.2.1.3	Impermeabilização do Pavimento Cobertura
3.2.1.4	Impermeabilização do Pavimento Caixa d'Água
3.2.2	▷ Rufos

Figura 29 - Parte da EAP desenvolvida até o 4º nível hierárquico.

FONTE: Autoria própria.

As atividades de superestrutura poderiam facilmente chegar ao sexto nível de desdobramento, sendo o quinto nível composto pela subdivisão do grupo “Lajes” em vigas, pilares, lajes e escadas e o sexto nível composto por fôrmas, armaduras e concreto. Tal detalhamento, entretanto, não apresentaria vantagem para o planejamento, considerando a obra em questão de porte pequeno. Deste modo escolheu-se o desdobramento até o 4º nível de atividades, de maneira que a EAP não se tornou nem muito detalhada e nem muito genérica.

Atividades que são essenciais para a devida execução dos serviços como compras, contratação e aluguel de equipamentos e materiais, e atividades anteriores ao início da obra como desenvolvimento de projetos e planejamento foram deixadas de lado por não serem observáveis em uma simulação, apesar de terem grande relevância para o acontecimento da obra. Tais tarefas, porém, devem ser citadas na EAP de forma a lembrar o planejador de seus acontecimentos na fase executiva do empreendimento.

Alguns serviços envolvem atividades implícitas, como a execução do baldrame do subsolo, na qual está inclusa a escavação de parte do terreno até a cota do subsolo. No decorrer do trabalho, mais especificamente na parte BIM, explicaremos melhor o por quê de alguns desdobramentos de serviços não terem sido realizados.

Foram também consideradas atividades importantes para a correta execução do empreendimento que não estavam contempladas no modelo, como a impermeabilização de banheiros e do telhado verde.

4.3 DURAÇÕES

Existem algumas situações para a consideração das durações das atividades, como prazo para término pré-definido por um cliente, uma construtora com equipes fixas e com informações sobre suas produtividades, ou ainda, uma construtora que depende de terceiros para executar um projeto, com marcos contratuais.

Considerou-se nesse estudo de caso que o prazo definido pelo cliente para a conclusão da obra seria de 10 meses. A partir dele, as durações parciais de cada serviço foram sendo impostas e as durações totais de cada pacote de terceiro, segundo e primeiro níveis definidas, como demonstra a Figura 30. Após o término da definição de duração de cada etapa foi possível observar se havia folga (tempo de sobra) ou atraso (prazo estourado) na entrega final da obra, redefinindo o necessário para a execução encontrar-se no intervalo desejado.

EDT	Nome da tarefa	Duração
2.2	▲ Superestrutura	75 dias
2.2.1	▷ Blocos e/ou baldrame	20 dias
2.2.2	▲ Concreto armado moldado in loco	50 dias
2.2.2.1	Lajes do Pavimento Térreo	15 dias
2.2.2.2	Lajes do 2º Pavimento	15 dias
2.2.2.3	Lajes do Pavimento Cobertura	15 dias
2.2.2.4	Laje do Pavimento Caixa d'água	5 dias
2.2.3	▷ Elementos pré-moldados	5 dias
3	▲ Vedação	169 dias
3.1	▲ Paredes	68 dias
3.1.1	▷ Blocos de Concreto	4 dias
3.1.2	▲ Blocos Cerâmicos	13 dias
3.1.2.1	Alvenaria de blocos cerâmicos do Subsolo	1 dia
3.1.2.2	Alvenaria de blocos cerâmicos do Térreo	5 dias
3.1.2.3	Alvenaria de blocos cerâmicos do 2º Pavimento	5 dias
3.1.2.4	Alvenaria de blocos cerâmicos do Pavimento Cobertura	2 dias
3.2	▲ Coberturas e Proteções	101 dias
3.2.1	▲ Impermeabilizações	101 dias
3.2.1.1	Impermeabilização do Subsolo	2 dias
3.2.1.2	Impermeabilização do 2º Pavimento	5 dias
3.2.1.3	Impermeabilização do Pavimento Cobertura	10 dias
3.2.1.4	Impermeabilização do Pavimento Caixa d'Água	2 dias
3.2.2	▷ Rufos	2 dias

Figura 30 - Durações impostas das atividades e pacotes para o modelo de estudo

FONTE: Autoria própria.

Para as atividades estruturais, as considerações do processo de cura do concreto foram embutidas nas durações, acrescentando três dias de cura para a realização de carregamento da estrutura, sem retirada de escoras, e sete dias para o carregamento com retirada das escoras. Esse processo também pode ser considerado nas regras de precedência, com atrasos nas relações Término-Início das atividades subsequentes, uma decisão que depende de cada planejador.

Há de se lembrar que não se pode considerar a duração total da execução como soma de todas as etapas, já que as etapas eventualmente se sobrepõem em dado momento executivo.

Para checagem das durações das atividades foi utilizado o banco de dados do SINAPI e TCPO, com os relativos índices de produtividade. Através deles é possível verificar se o número de trabalhadores é compatível fisicamente com a execução do serviço, tomando como base o prazo imposto anteriormente e a quantidade de serviço a ser realizado. Como exemplo tem-se a execução da Alvenaria de blocos cerâmicos do segundo pavimento, pré-definida em cinco dias e com quantidade de construção de 233,41 m³. O índice médio para a execução de 1 m² desse tipo de alvenaria com espessura de 14 cm é de 0,75 horas de mão-de-obra (TCPO, 2014). A mão-de-obra no caso é composta por um pedreiro (que lidera a produção) e um servente. Esse índice multiplicado pela quantidade do serviço resulta no número de dias necessários para a execução da tarefa, no caso 175 horas (22 dias). Dividindo-se os dias necessários pelo prazo imposto de cinco dias tem-se o número de equipes necessárias para o trabalho, ou seja, aproximadamente quatro equipes, como pode-se visualizar na Tabela 1. Este último valor pode resultar em um número menor do que um, indicando folga na execução.

Tabela 1 - Cálculo de recursos estimados para o pacote de 1º nível "Vedação"													
EAP	ATIVIDADE	Und	Qtde	EQUIPE PADRÃO		Índice TCPO médio	Código TCPO 14	Jornada (horas)	Duração (dias)	Duração Adotada (dias)	Nº de equipes	RECURSOS	
				Pedreiro	Servente							Pedreiro	Servente
3	Vedação												
3.1	Paredes												
3.1.1	Blocos de concreto												
3.1.1.1	Alvenaria do muro de divisa	m ²	121,93	1	1	0,75	6.001.000.078	8	11,43	4	3	2	2
3.1.2	Blocos cerâmicos												
3.1.2.1	Alvenaria do subsolo	m ²	33,82	1	1	0,75	6.001.000.050	8	3,17	1	3	3	3
3.1.2.2	Alvenaria do térreo	m ²	202,84	1	1	0,75	6.001.000.050	8	19,02	5	4	4	4
3.1.2.3	Alvenaria 2º pavto	m ²	233,41	1	1	0,75	6.001.000.050	8	21,88	5	4	4	4
3.1.2.4	Alvenaria cobertura	m ²	63,05	1	1	0,75	6.001.000.050	8	5,91	2	3	3	3

Tabela 1 - Estimativa de recursos e durações pelo quantitativo e índices TCPO
 FONTE: Autoria própria.

A partir do dimensionamento das equipes pode-se construir o histograma de recursos (Gráfico 1), no qual é possível observar picos de trabalhadores, de forma a auxiliar no nivelamento dos recursos alterando as durações estipuladas para as atividade ou jornadas de trabalho.

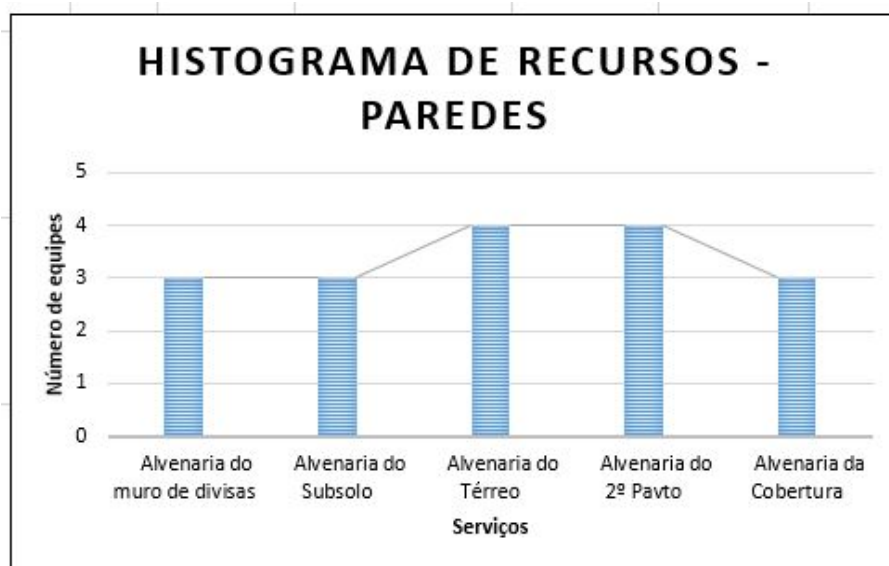


Gráfico 1 - Histograma de Recursos para a execução sequencial das alvenarias
 FONTE: Autoria própria.

A análise do histograma de recursos foi realizada apenas para o pacote de serviços “Paredes”, considerando suas atividades como sequenciais (o que não ocorre no cronograma feito para o estudo de caso), apenas para exemplificar o seu uso. Uma análise geral dos recursos para a construção torna-se complexa, exigindo estudos detalhados das tarefas associadas, e acaba saindo do foco desse trabalho.

É interessante observar que os índices de produtividade podem não representar a situação e desempenho dos funcionários que participariam da execução da atividade. Para melhorar a precisão do número de equipes necessárias na execução deve-se medir seus desempenhos, determinando índices, o que traria maior confiabilidade para o resultado.

Há também variações e especificidades de projeto para projeto que podem dificultar a determinação de índices adequados para alguns serviços, além de problemas logísticos e climáticos (imprevisíveis) que podem interferir diretamente na produção, sendo apenas estimados com o uso da técnica PERT (término mais tarde, mais cedo e mais provável).

4.4 PRECEDÊNCIAS

Com as durações estipuladas para as atividades, as precedências foram fixadas de forma a não “atropelar” serviços, seguindo uma linha lógica de execução.

Optou-se por realizar o menor número de tarefas simultâneas para evitar o uso de equipes iguais (de mesma composição) em um mesmo intervalo de tempo, o que foi possível pela dimensão da obra e o tempo de construção escolhido para a obra. Essa alternativa distribui melhor os custos ao longo da execução e também evita picos de gastos e de recursos.

Com as definições de precedência, duração e data inicial da obra (04/04/2018), as datas de realização de cada atividade são automaticamente calculadas pelo programa *Project*,

demonstrando seus intervalos de execução, com datas de início e fim bem definidas, como demonstra a Figura 31.

	Tar	EDT	Nome da tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras
26		2.2	Superestrutura	75 dias	Ter 08/05/18	Seg 20/08/18	
27		2.2.1	Blocos e/ou baldrames	20 dias	Ter 08/05/18	Seg 04/06/18	
31		2.2.2	Concreto armado moldado in loco	50 dias	Ter 12/06/18	Seg 20/08/18	
32		2.2.2.1	Lajes do Pavimento Térreo	15 dias	Ter 12/06/18	Seg 02/07/18	25
33		2.2.2.2	Lajes do 2º Pavimento	15 dias	Ter 03/07/18	Seg 23/07/18	32
34		2.2.2.3	Lajes do Pavimento Cobertura	15 dias	Ter 24/07/18	Seg 13/08/18	33
35		2.2.2.4	Laje do Pavimento Caixa d'água	5 dias	Ter 14/08/18	Seg 20/08/18	34
36		2.2.3	Elementos pré-moldados	5 dias	Ter 03/07/18	Seg 09/07/18	
38		3	Vedação	169 dias	Ter 29/05/18	Sex 18/01/19	
39		3.1	Paredes	68 dias	Ter 05/06/18	Qui 06/09/18	
40		3.1.1	Blocos de Concreto	4 dias	Ter 05/06/18	Sex 08/06/18	
42		3.1.2	Blocos Cerâmicos	13 dias	Ter 21/08/18	Qui 06/09/18	
43		3.1.2.1	Alvenaria de blocos cerâmicos do Subsolo	1 dia	Ter 21/08/18	Ter 21/08/18	35
44		3.1.2.2	Alvenaria de blocos cerâmicos do Térreo	5 dias	Qua 22/08/18	Ter 28/08/18	43
45		3.1.2.3	Alvenaria de blocos cerâmicos do 2º Pavimento	5 dias	Qua 29/08/18	Ter 04/09/18	44
46		3.1.2.4	Alvenaria de blocos cerâmicos do Pavimento Cobertura	2 dias	Qua 05/09/18	Qui 06/09/18	45
47		3.2	Coberturas e Proteções	101 dias	Ter 29/05/18	Ter 16/10/18	
48		3.2.1	Impermeabilizações	101 dias	Ter 29/05/18	Ter 16/10/18	
49		3.2.1.1	Impermeabilização do Subsolo	2 dias	Ter 29/05/18	Qua 30/05/18	24
50		3.2.1.2	Impermeabilização do 2º Pavimento	5 dias	Seg 24/09/18	Sex 28/09/18	82
51		3.2.1.3	Impermeabilização do Pavimento Cobertura	10 dias	Seg 01/10/18	Sex 12/10/18	50
52		3.2.1.4	Impermeabilização do Pavimento Caixa d'Água	2 dias	Seg 15/10/18	Ter 16/10/18	51
53		3.2.2	Rufos	2 dias	Seg 24/09/18	Ter 25/09/18	

Figura 31 - Datas de parte das atividades definidas na EAP

FONTE: Autoria própria.

A partir da definição das predecessoras do 4º nível da EAP, automaticamente formam-se também as datas dos pacotes de trabalho. As datas dos pacotes de 1º e 2º níveis podem ser observadas na Figura 32. É importante frisar que não foram definidas predecessoras entre pacotes de trabalho (1º, 2º e 3º níveis), apenas entre atividades executáveis (4º nível).

da Tar	EDT	Nome da tarefa	Duração	Início	Término	Predecessor
1	1	▲ Serviços Preliminares	17 dias	Qua 04/04/18	Qui 26/04/18	
2	1.1	▸ Gestão e logística	0 dias	Qua 04/04/18	Qua 04/04/18	
6	1.2	▸ Equipamentos de Proteção coletiva	0 dias	Qua 04/04/18	Qua 04/04/18	
10	1.3	▸ Trabalhos iniciais	17 dias	Qua 04/04/18	Qui 26/04/18	
19	2	▲ Estrutura	82 dias	Sex 27/04/18	Seg 20/08/18	
20	2.1	▸ Infraestrutura	32 dias	Sex 27/04/18	Seg 11/06/18	
26	2.2	▸ Superestrutura	75 dias	Ter 08/05/18	Seg 20/08/18	
38	3	▲ Vedação	169 dias	Ter 29/05/18	Sex 18/01/19	
39	3.1	▸ Paredes	68 dias	Ter 05/06/18	Qui 06/09/18	
47	3.2	▸ Coberturas e Proteções	101 dias	Ter 29/05/18	Ter 16/10/18	
55	3.3	▸ Revestimento Interno	64 dias	Qui 27/09/18	Ter 25/12/18	
76	3.4	▸ Revestimento Externo	81 dias	Sex 07/09/18	Sex 28/12/18	
88	3.5	▸ Pavimentações	62 dias	Qua 17/10/18	Qui 10/01/19	
105	3.6	▸ Esquadrias	10 dias	Qua 28/11/18	Ter 11/12/18	
114	3.7	▸ Vidros	15 dias	Seg 31/12/18	Sex 18/01/19	
123	4	▲ Instalações Prediais	170 dias	Ter 22/05/18	Seg 14/01/19	
124	4.1	▸ Hidráulica	138 dias	Ter 22/05/18	Qui 29/11/18	
141	4.2	▸ Elétrica/VDI	97 dias	Ter 21/08/18	Qua 02/01/19	
159	4.3	▸ Eletromecânicas	24 dias	Qua 12/12/18	Seg 14/01/19	
164	5	▲ Serviços Complementares	11 dias	Seg 21/01/19	Seg 04/02/19	
165	5.1	▸ Paisagismo	7 dias	Seg 21/01/19	Ter 29/01/19	
173	5.2	▸ Limpeza	4 dias	Qua 30/01/19	Seg 04/02/19	

Figura 32 - Datas dos pacotes de trabalho de 1º e 2º níveis na EAP
 FONTE: Autoria própria.

4.5 GRÁFICO DE GANTT, CAMINHO CRÍTICO E CURVA “S”

Ainda com o auxílio do programa *Project*, o gráfico de barras foi sendo desenhado de acordo com as durações e precedências definidas para os serviços criados, como mostra a Figura 33.

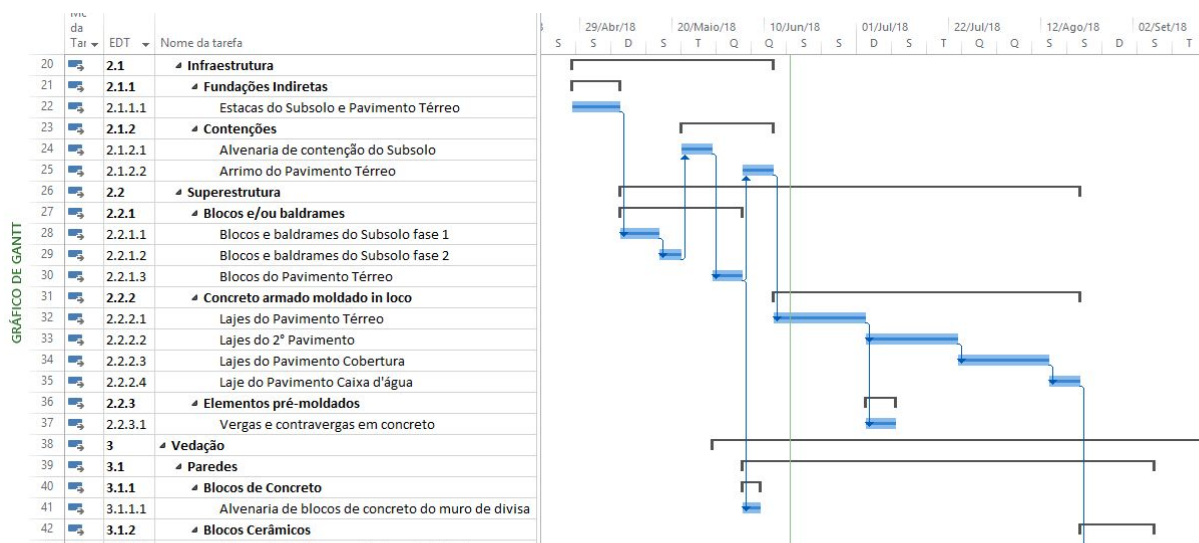


Figura 33 – Diagrama de barras traçado, formando um cronograma integrado
 FONTE: Autoria própria.

As setas de indicação das precedências auxiliam na visualização da sequência construtiva, sendo de grande importância para a observação de erros na definição das sequências.

O caminho crítico foi traçado automaticamente também pelo *software*, o qual realiza um relatório na forma de diagrama de rede e traça o caminho crítico da execução da obra, como mostra a Figura 34, sendo os quadros em vermelho as tarefas consideradas críticas (sem folga).

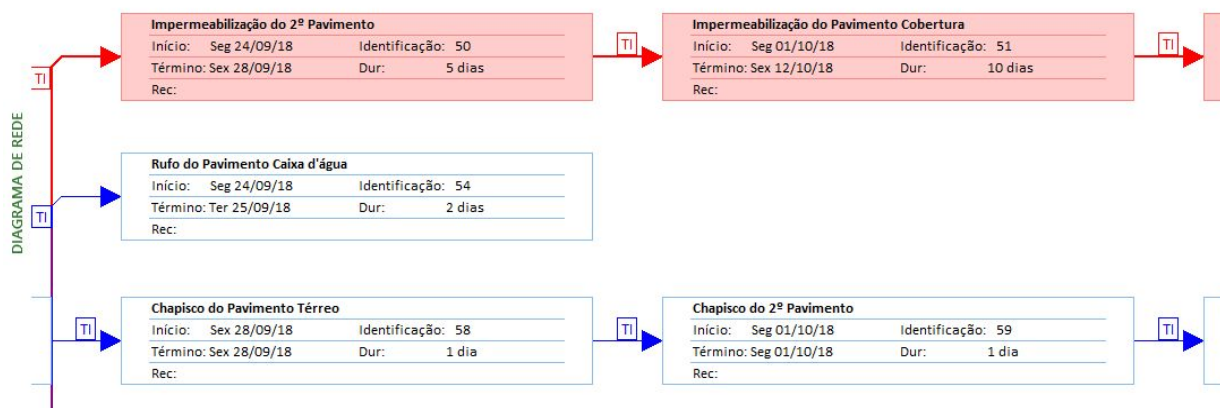


Figura 34 - Caminho Crítico na forma de diagrama de rede
 FONTE: Autoria própria.

A curva “S” representante do percentual completado (acumulado) da execução planejada da obra pode ser observada no Gráfico 2.

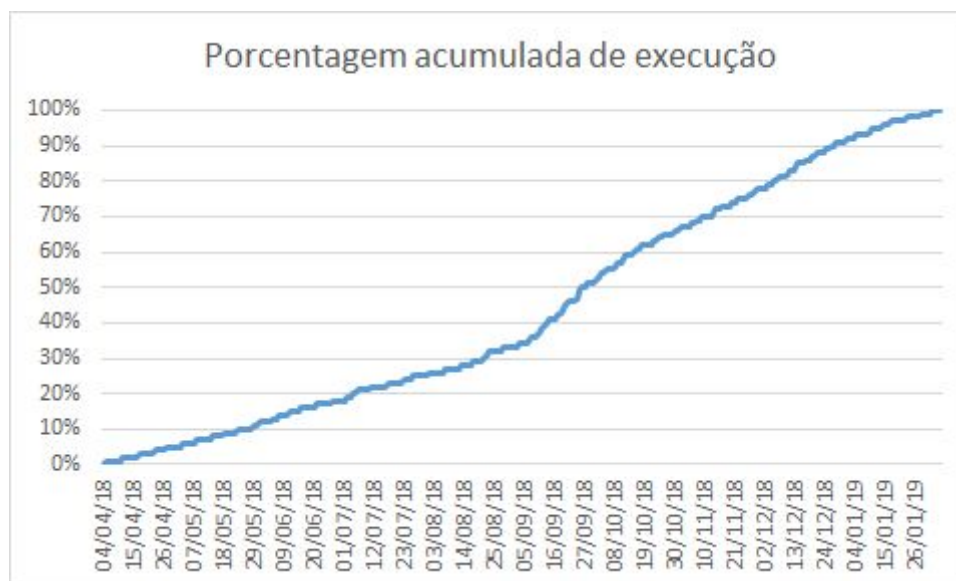


Gráfico 2 - Curva “S” planejada
 FONTE: Autoria própria.

4.6 PROCESSO BIM

Todos os processos citados anteriormente são utilizados também para o planejamento de tempos em BIM, podendo haver algumas pequenas variações nas considerações de cada

etapa, o que é justificado pelas diferenças entre planejadores e não pela diferença entre os processos.

Além de ser utilizado para a parte de leitura do modelo, o programa *Navisworks* foi utilizado para todo o processo de simulação e leitura do cronograma.

4.6.1 Sets

A primeira fase para se realizar uma simulação pelo processo BIM 4D é a definição dos “*Sets*”, que caracterizam pré seleções (Figura 35) de elementos representando um serviço completo, com sua devida identificação. Tal identificação é feita relacionando as tarefas da EAP com cada elemento. Os *Sets* desse estudo de caso foram definidos apenas para o quarto nível hierárquico da EAP, que são os serviços relacionados justamente à ação de “executar”.

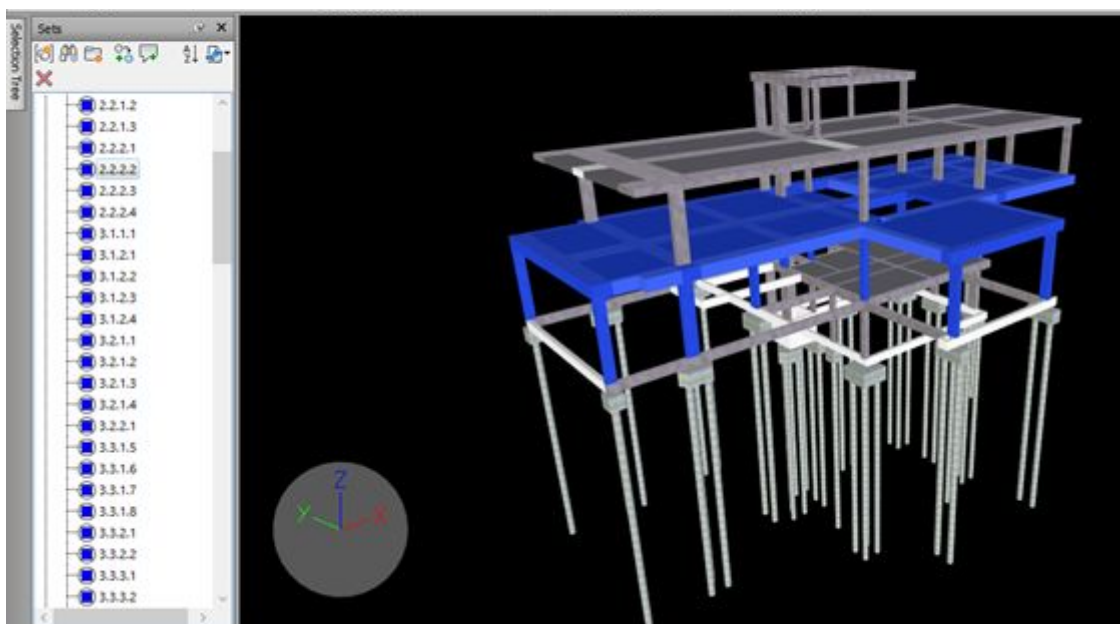


Figura 35 – Pré-seleção de elementos estruturais do 2º Pavimento
FONTE: Autoria própria.

Todos os elementos seleccionados para os *Sets* também aparecem na *Selection Tree* (árvore de seleção) do programa, como demonstra a figura 36.

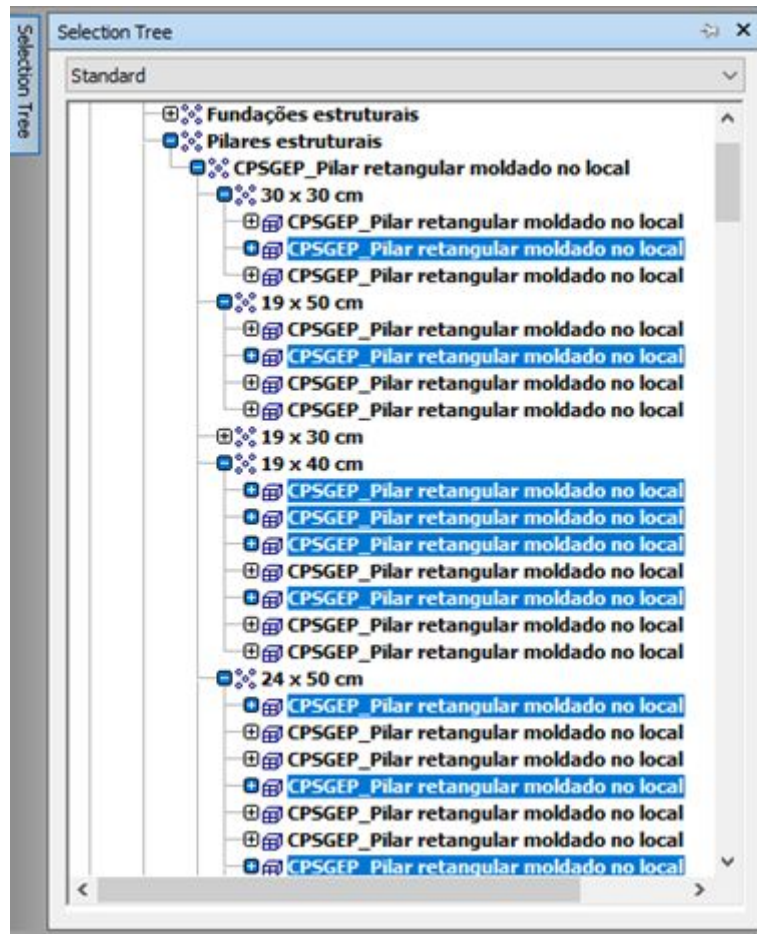


Figura 36 – Árvore de seleção de elementos estruturais do 2º Pavimento
FONTE: Autoria própria.

Ao se interpretar os projetos integrados com o foco na definição dos *Sets* é possível pré detectar erros de divisão da EAP, que podem ser mais ou menos graves dependendo da experiência do planejador, possibilitando uma correção antecipada da hierarquia. Como exemplo, foi entendido que a execução única das vigas baldrame do subsolo seria difícil, pela diferença de cotas entre os blocos de fundação, e acabaram sendo divididas em duas atividades separadas (1ª fase e 2ª fase) inclusive com associação dos blocos. A primeira fase executiva pode ser observada na Figura 37 (o elemento topográfico foi mantido para referência de localização).

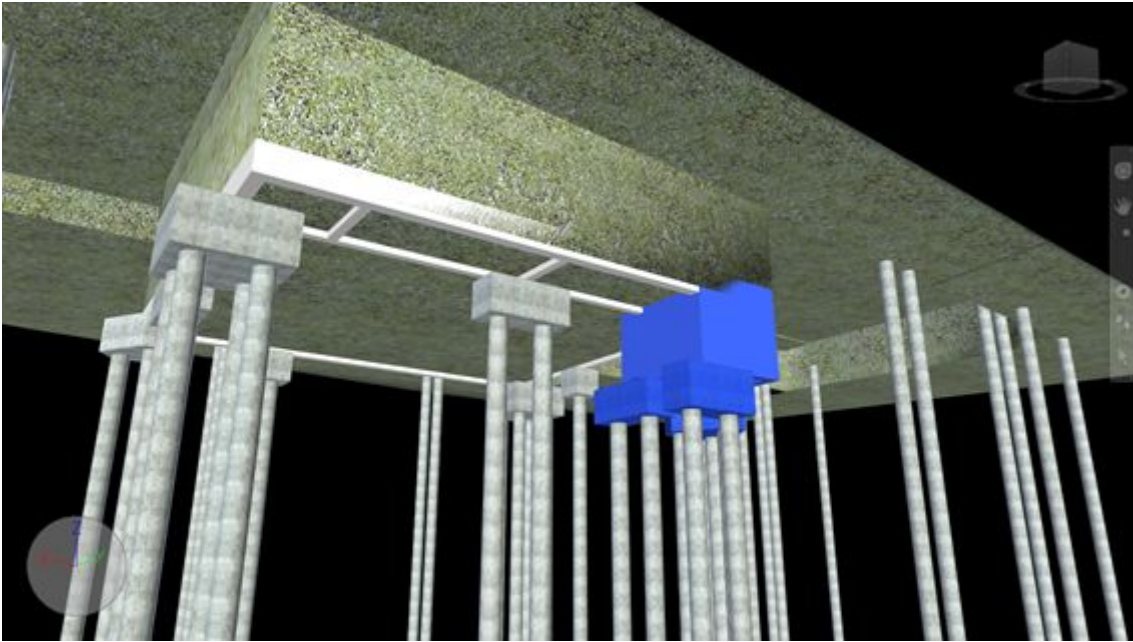


Figura 37 – Vigas baldrame do Subsolo fase 1
FONTE: Autoria própria.

A segunda fase executiva pode ser observada na Figura 38, representando a separação das atividades.

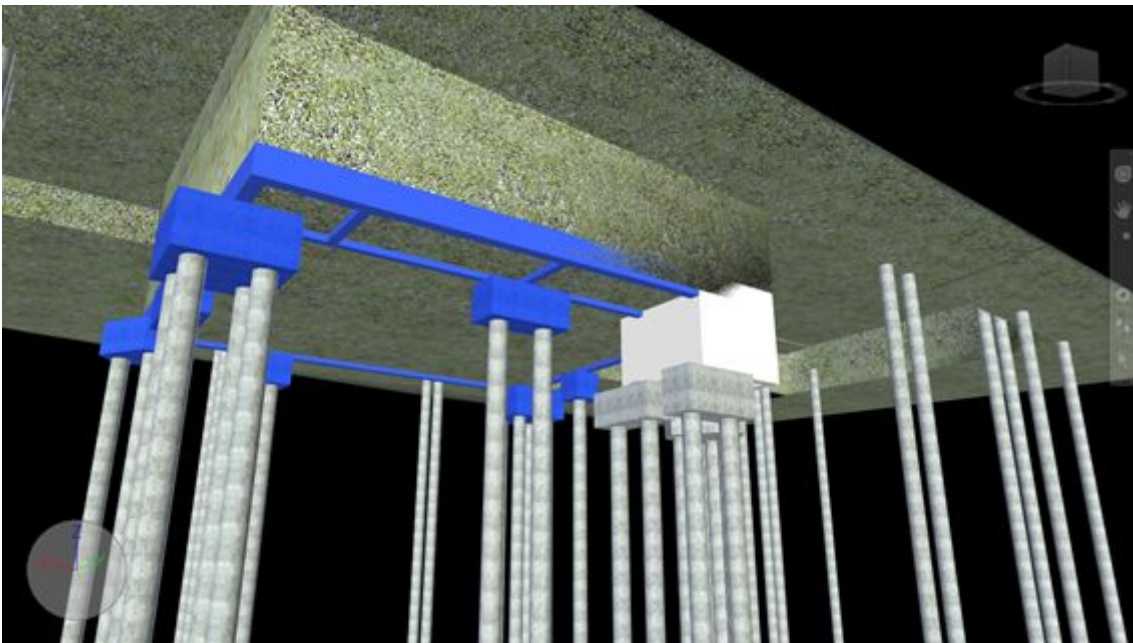


Figura 38 – Vigas baldrame do Subsolo fase 2
FONTE: Autoria própria.

Erros de projeto e elementos faltantes necessários à execução física do empreendimento são evidenciados e corrigidos nesta fase do processo, pelo fato de ser

possível a distinção detalhada dos elementos de cada etapa, bem como sua devida correção através de *softwares* de modelagem BIM.

A pré-seleção torna-se facilitada pela parametrização dos elementos, os quais podem ser selecionados basicamente segundo o material e o pavimento em que serão executados, como mostra a Figura 39 (o elemento de revestimento foi escondido para a visualização). O nível de detalhamento das informações inseridas em cada elemento pode variar de projetista para projetista, devendo-se verificar se o que foi selecionado graficamente pertence à categoria e local indicados.

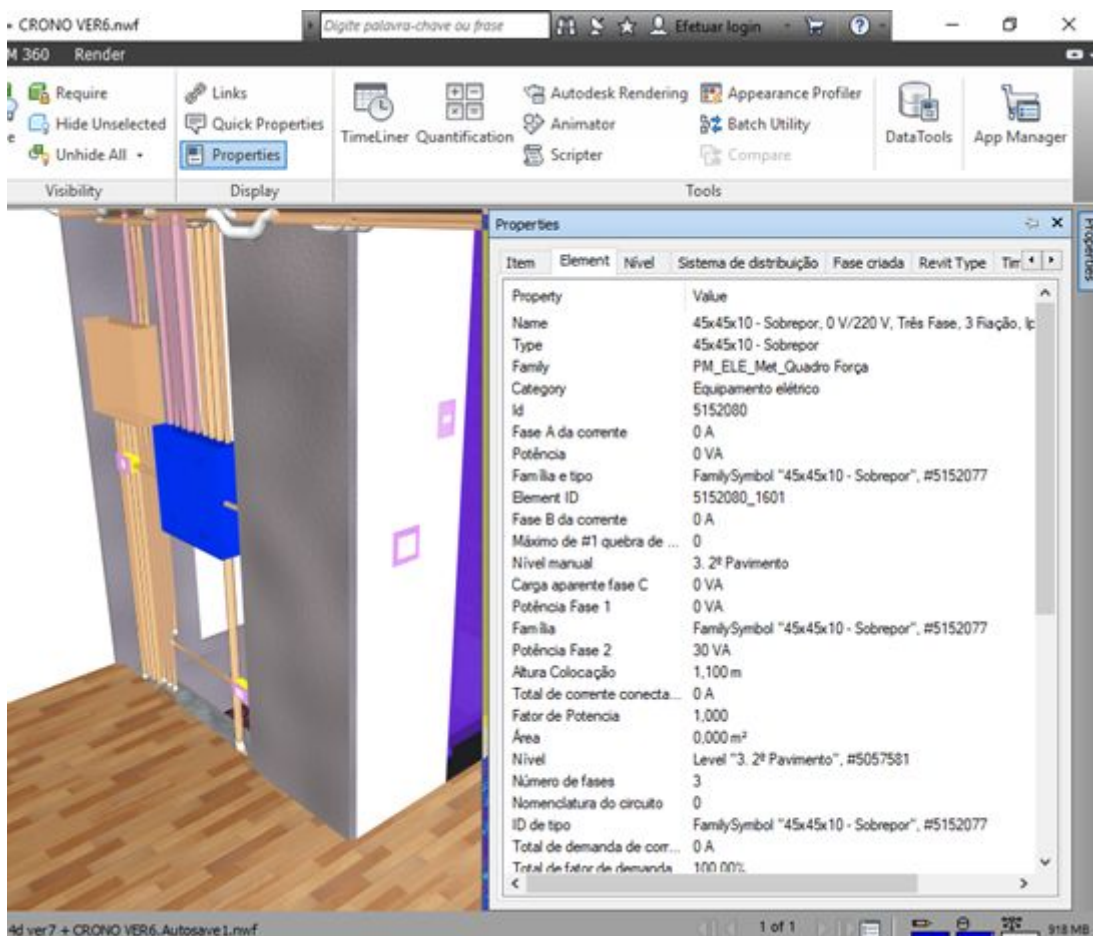


Figura 39 – Propriedades de um elemento elétrico parametrizado: QD do 2º Pavimento
 FONTE: Autoria própria.

4.6.2 Quantitativo

O programa *Navisworks* também facilita a quantificação dos materiais, recurso que pode ser utilizado logo após a definição dos *Sets*. Propriedades geométricas dos elementos do modelo podem ser lidas e exportadas para o formato de planilha eletrônica para a posterior utilização dessas informações no cálculo dos recursos necessários para cada atividade. A aba de quantificação pode ser visualizada na Figura 40.

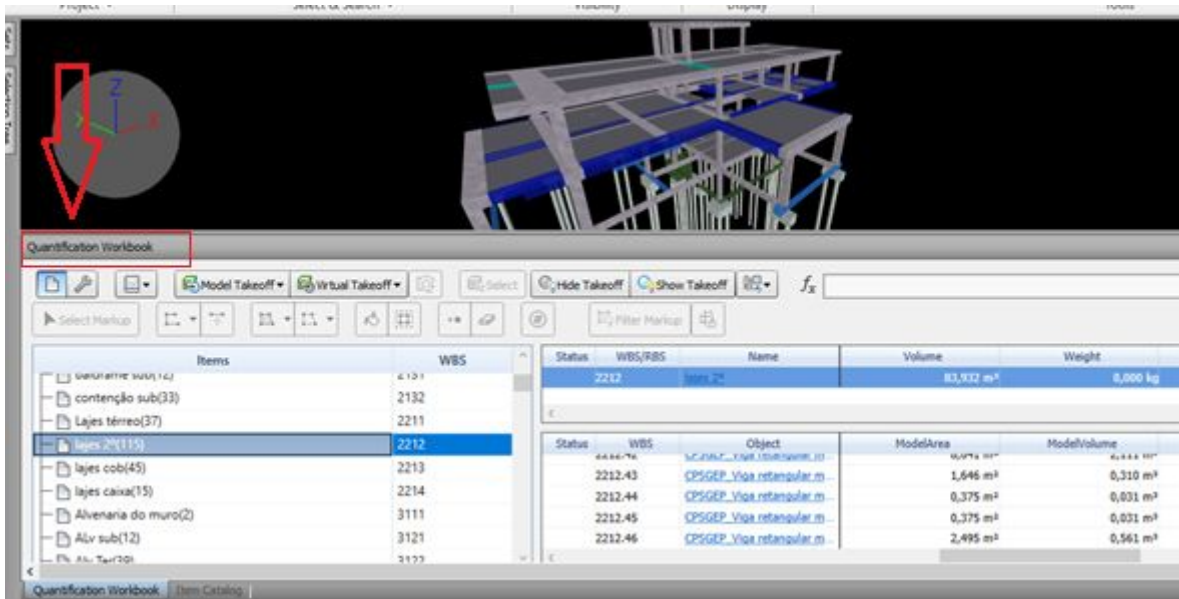


Figura 40 – Quantitativo por etapas da obra do modelo no programa de simulação
 FONTE: Autoria própria.

4.6.3 Simulação do Cronograma

A partir da definição dos *Sets* é possível associar o modelo BIM ao cronograma produzido no programa *Project*, trabalhando na aba “*TimeLiner*” do programa *Navisworks*, como mostra a Figura 41.

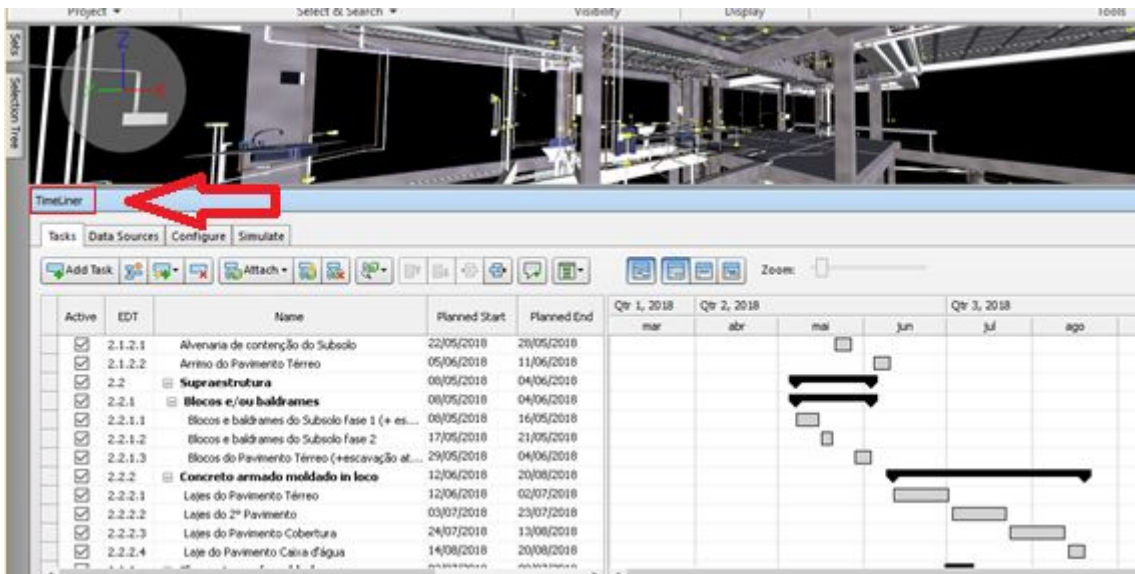


Figura 41 – Cronograma inserido no programa *Navisworks*
 FONTE: Autoria própria.

Após a importação dos dados do cronograma para o *Navisworks*, as durações de cada atividade são lidas e organizadas, e os *Sets* definidos podem ser associados a esse cronograma, como demonstrado na Figura 42.

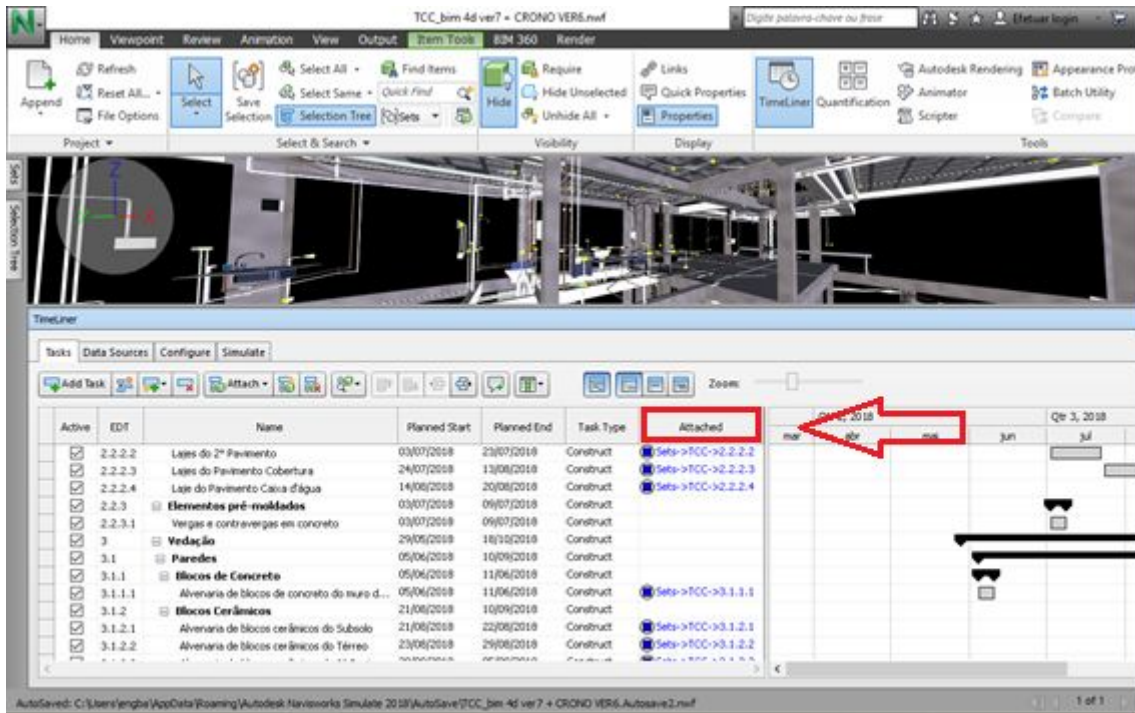


Figura 42 – *Sets* inseridos no *TimeLiner*

FONTE: Autoria própria.

Com a associação entre *Sets* e cronograma, a simulação toma forma, sendo possível observar graficamente os itens esquecidos no cronograma ou com definição de precedências errôneas. Como exemplo, pôde-se notar que a atividade de “Janelas e Porta-janelas de alumínio do Pavimento Térreo” foi prevista para execução antes de “Montantes de alumínio do Pavimento Térreo” (Figura 43), o que na prática é inviável.



Figura 43 – Simulação do cronograma: porta de alumínio instalada sem fixação
FONTE: Autoria própria.

Na definição da EAP e posterior leitura do gráfico de Gantt, essa sequência executiva parecia ser plausível, porém, ao se executar a simulação foi possível notar a impossibilidade física da construção nessa configuração de precedências. Na Figura 44 é possível observar os montantes já instalados, nos quais seria fixada a porta de alumínio. O erro poderia também ser resolvido associando o único elemento de esquadria aos elementos de montantes, indicando sua construção conjunta.



Figura 44 – Simulação do cronograma: montantes instalados
FONTE: Autoria própria.

Algumas considerações da construção real não puderam ser simuladas no presente estudo de caso, como o caso da escavação do Subsolo em taludes, que ocorreria durante a etapa de execução da primeira fase do baldrame do subsolo, após as estacas. No modelo o elemento da topografia do terreno é permanente e não há variações existentes, sendo que sua simulação acaba representando seu formato final, com o Subsolo em sua forma “pós-contenção” (Figura 45), o que não ocorre na realidade.

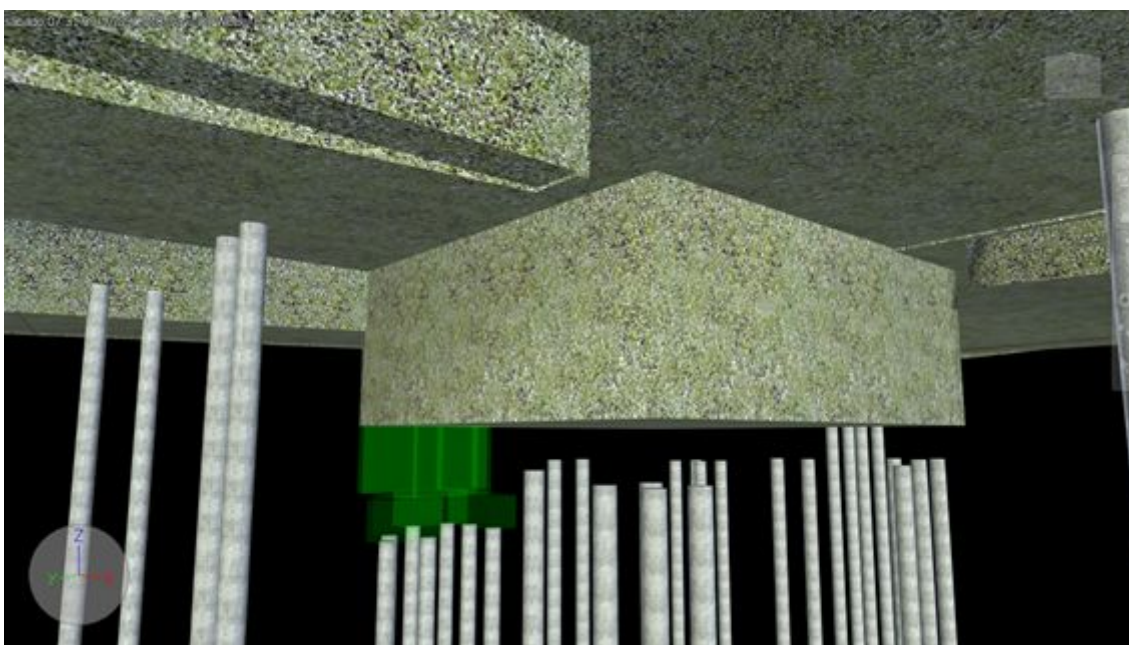


Figura 45 – Remodelagem da topografia necessária para simulação mais próxima da realidade

FONTE: Autoria própria.

É possível editar e produzir esses aspectos pertinentes de cada obra utilizando *softwares* de modelagem BIM, como o *Autodesk Revit®*. Nele é possível modelar, por exemplo, um novo elemento da topografia que represente o formato inicial do terreno (pós-limpeza e movimentação de terra). Pela característica integrada dos dois *softwares* (modelagem e simulação), o projetista insere o novo elemento no modelo e então faz-se as simulações dos diversos formatos do terreno durante a obra.

Certos aspectos da obra são inviáveis de serem simulados dependendo principalmente do porte e repetição do empreendimento. Em construções repetidas seria viável a simulação da logística do canteiro de obras durante a execução do empreendimento, como posicionamento de guias, andaimes, máquinas e materiais, algo que não traria benefícios para construções singulares.

A partir do *Navisworks* foi possível mapear a execução da obra em todos os seus dias executivos, na forma de vídeo (sequenciamento de imagens), como demonstrado nas figuras a seguir, iniciando a demonstração através da Figura 46, representando a execução da contenção do subsolo. As datas são explicitadas no canto superior esquerdo do vídeo, o

cronograma é visualizado na parte inferior e os elementos em transparência verde representam atividades que estão sendo executadas.

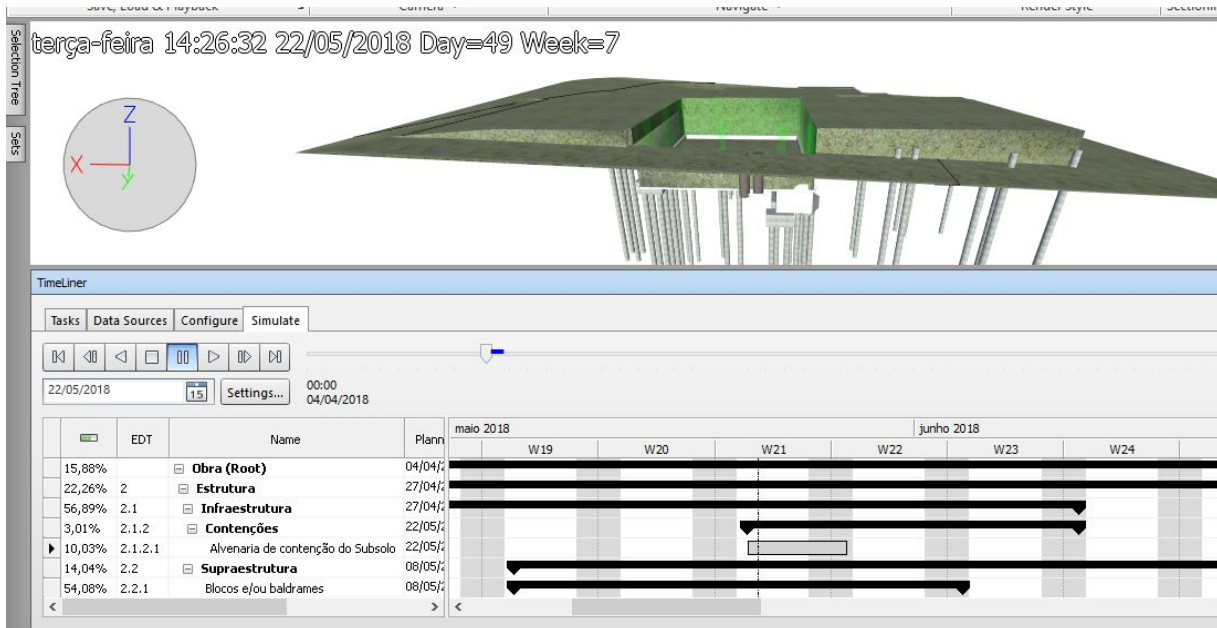


Figura 46 – Fase de construção da contenção do subsolo na data de 22/05/2018
 FONTE: Autoria própria.

Logo após a execução da contenção do subsolo segue a construção com a laje do pavimento térreo, como mostra a Figura 47.

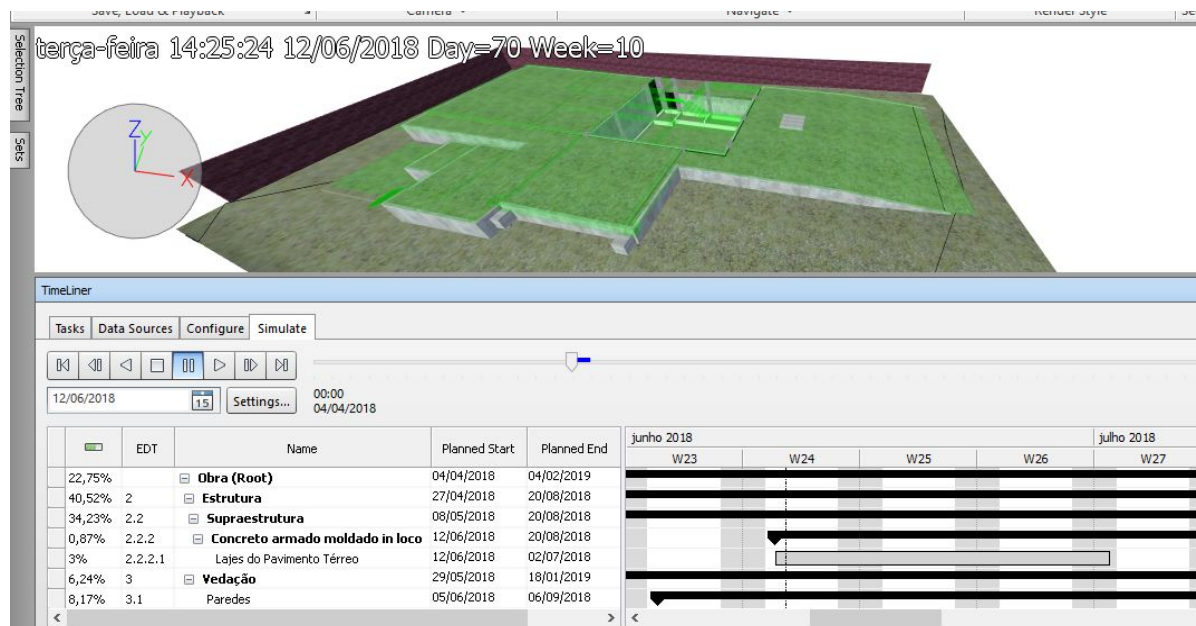


Figura 47 – Fase de construção da laje do pavimento térreo na data de 12/06/2018
 FONTE: Autoria própria.

Já na Figura 48 nota-se, com certo avanço, a execução da laje da cobertura.

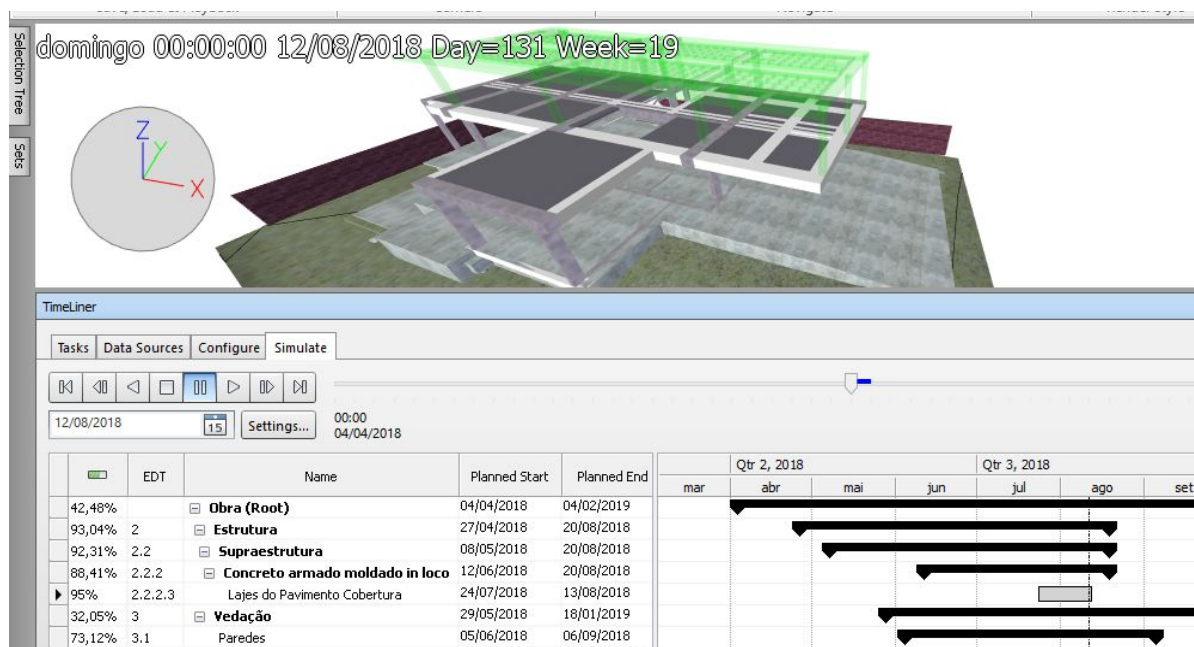


Figura 48 – Execução da laje da cobertura na data de 12/08/2018

FONTE: Autoria própria.

Na Figura 49 pode-se observar o início do levantamento da alvenaria do térreo, dando início à fase executiva de vedação, sendo 47,39% dos pacotes de trabalho já concluídos.

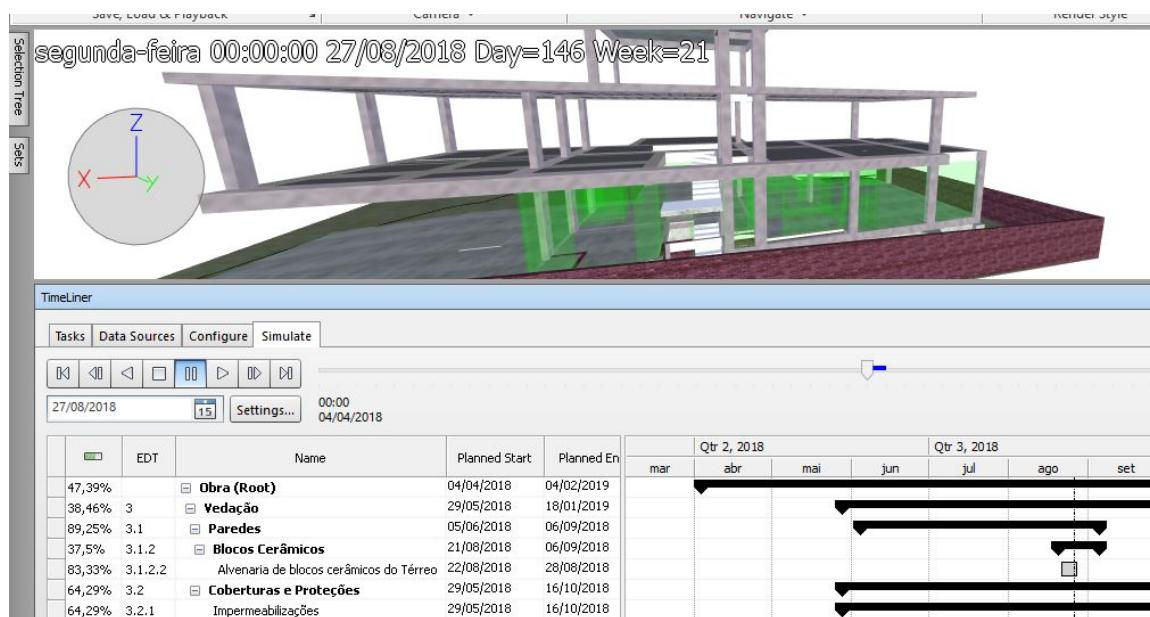


Figura 49 – Execução da alvenaria do térreo na data de 27/08/2018

FONTE: Autoria própria.

Na sequência é demonstrada a execução do revestimento interno em argamassa do 2º pavimento (Figura 50), após as caixas elétricas e tubulações hidrossanitárias serem instaladas.

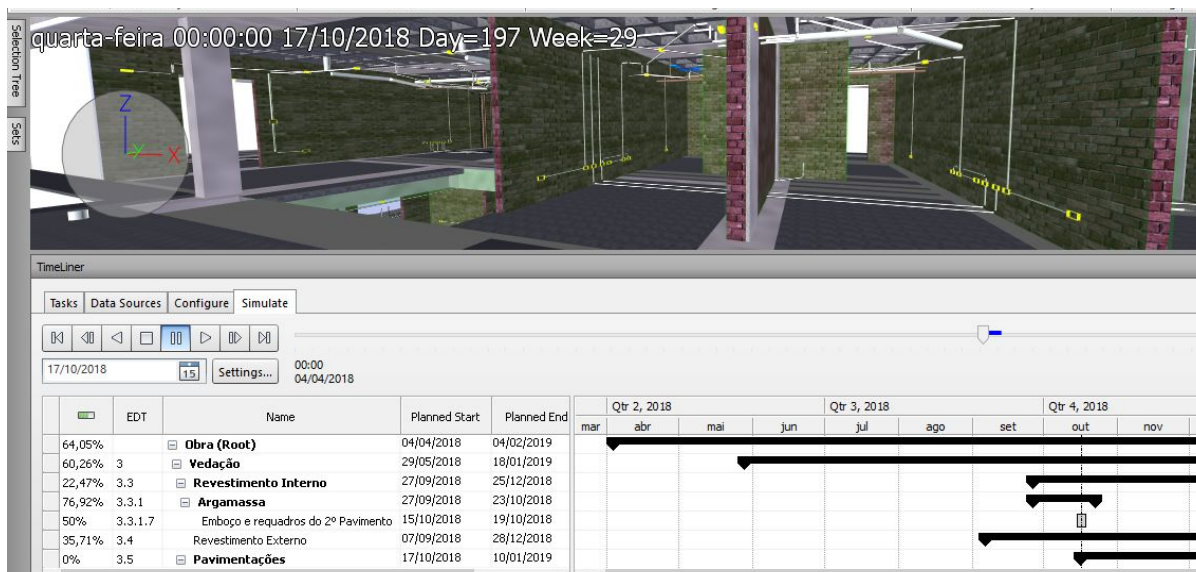


Figura 50 – Execução do revestimento interno em argamassa do 2º pavimento na data de 17/10/2018

FONTE: Autoria própria.

Avançando, após a execução do forro em gesso acartonado do térreo, a execução do forro do 2º pavimento é iniciada, como mostra a Figura 51.

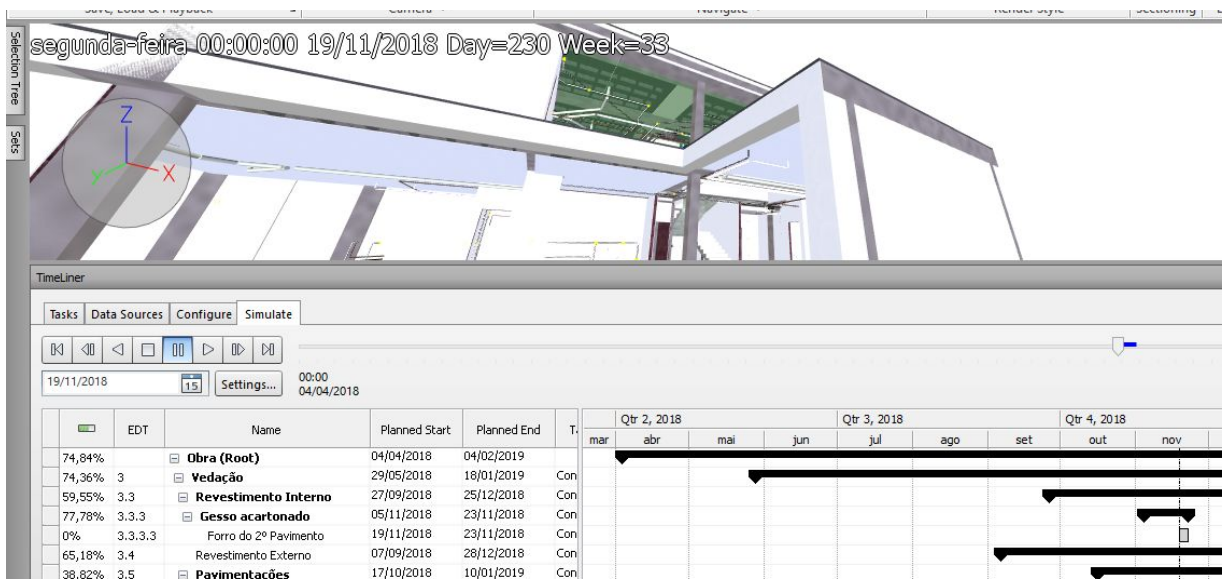


Figura 51 – Execução do gesso acartonado no 2º pavimento na data de 19/11/2018

FONTE: Autoria própria.

Na Figura 52 é possível ver o empreendimento com 1 mês de avanço em relação à figura anterior, na execução da textura externa do pavimento caixa d'água, indicando 87,25% dos pacotes de trabalho já completados.

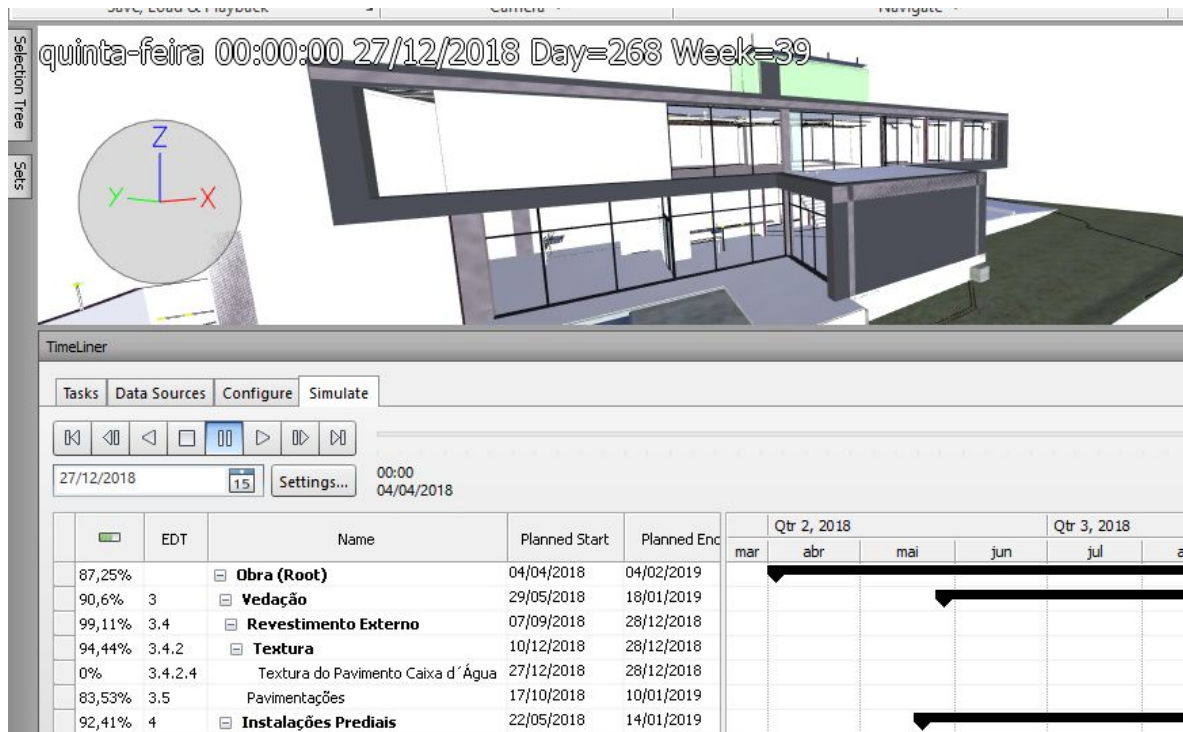


Figura 52 – Execução da textura externa do pavimento da caixa d'água na data de 27/12/2018
 FONTE: Autoria própria.

A conclusão da obra é indicada na Figura 53, com todos os pacotes de trabalho já concluídos.



Figura 53 – Obra finalizada na data de 04/02/2018
 FONTE: Autoria própria.

4.7 RELAÇÕES

A efetiva relação entre os dois processos foi analisada na forma de etapas e pode ser observada no Quadro 1 a seguir:

	Tradicionalmente	BIM 4D
Cronograma tradicional	Leitura dos projetos	Leitura dos projetos
	EAP	EAP
	Durações	Durações
	Precedências	Precedências
	Gráfico de barras	Gráfico de barras
Simulação 4D		Agrupamento de elementos no modelo
		Importação do cronograma para o modelo
		Interligação entre cronograma e elementos
		Simulação
		Redefinição do cronograma

Quadro 1 - Etapas de planejamentos de tempo em cada processo.
 FONTE: Autoria própria.

Pode-se explicar ainda cada etapa para cada processo de planejamento de tempos, distinguindo suas peculiaridades:

- **Leitura dos projetos:** etapa de interpretação do empreendimento. Pode ser realizada através de projetos impressos, projetos eletrônicos 2D ou 3D e modelos BIM, variando em sua facilidade. Vale ressaltar que para o processo BIM 4D é estritamente necessário um modelo BIM com projetos integrados.
- **EAP:** ambas definidas pela leitura e entendimento do projeto como um todo.
- **Durações:** ambas podem ser determinadas através da experiência, índices de produtividade ou marcos contratuais, dependendo da forma de uso dos recursos.
- **Precedências:** ambas definidas pela pré-organização das sequências construtivas.
- **Gráfico de barras:** ambos formados pela leitura e avaliação das precedências. Para o planejamento de tempos tradicional é objeto importante para a tomada de decisões na gestão da produção.
- **Agrupamento de elementos no modelo:** etapa relativa ao uso do BIM 4D que consiste em selecionar e agrupar elementos que representam a EAP.
- **Importação do cronograma:** etapa relativa ao uso do BIM 4D para a leitura do cronograma pré-definido pelo programa de simulação.
- **Interligação entre cronograma e elementos:** etapa relativa ao uso do BIM 4D para a associação entre os elementos agrupados do modelo e o cronograma importado.
- **Simulação:** etapa relativa ao uso do BIM 4D para visualização e avaliação das sequências e durações construtivas.
- **Redefinição do cronograma:** etapa relativa ao uso do BIM 4D representando um processo de melhoria contínua do cronograma através da simulação.

É notado, portanto, que tanto para o planejamento tradicional de tempos quanto para o processo BIM 4D as etapas são as mesmas até a obtenção do cronograma. A diferença encontra-se na maneira como é encarado o gráfico de barras. No planejamento de tempos tradicional ele é a ferramenta de análise para melhoria contínua do cronograma, enquanto que no 4D ele é somente mais uma parte do processo para se alcançar o objetivo desejado, a saber, a simulação. Para o processo computadorizado, a simulação auxiliará nas tomadas de decisão por parte do planejador.

5 CONCLUSÕES

Quando iniciou-se este trabalho a intenção era responder à seguinte questão: “Os processos de planejamento de tempos tradicional e em BIM são diferentes ou se complementam?”. O estudo de caso apontou que os dois métodos se complementam, sendo que o BIM demonstrou ser uma evolução do antigo processo; o sequenciamento das etapas é o mesmo, porém, onde antes se enxergavam apenas barras, agora projetam-se formas.

Enquanto no planejamento usual temos a visualização de gráficos de barras com setas indicando seu sequenciamento e a adição de atividades não executáveis (relativas ao verbo “executar”) essenciais que, apesar de não serem visuais, podem aparecer no cronograma para lembrança do planejador, no BIM 4D temos a animação associada ao cronograma definido pelo profissional, de modo a se poder ver literalmente a obra em qualquer data prevista de execução, apesar de carecer de informações sobre tarefas não simuláveis. Ou seja: o BIM 4D passa a ser a animação virtual do cronograma planejado da forma tradicional.

A experiência do planejador ao se considerar todas as etapas de execução irá influenciar o grau de acerto e confiabilidade do resultado final de seu planejamento de tempos. No caso do uso do BIM 4D o resultado final depende também da qualidade da modelagem dos projetos e do estudo do modelo integrado, passando, portanto, pela eliminação de erros de projeto e reconstrução até a formalização do modelo final. Por este motivo que os mesmos *softwares* que realizam a simulação do modelo fazem também a detecção de interferências entre projetos.

A qualificação dos profissionais que trabalham com a modelagem em BIM deve ir além do escritório, passando por todas as fases de execução do tipo de empreendimento a ser construído. O contato entre o planejador, as equipes de modelagem e os projetistas de cada área também é de fundamental importância para o resultado final do modelo BIM 4D, e torna-se facilitado pela integração fornecida por todo o processo BIM.

Pelo fato de ser um processo computadorizado, o modelo 4D atualmente pode ser carregado em *tablets* ou *smartphones*, possibilitando a comparação do que foi realizado com o previsto. Outro benefício dos *softwares* BIM 4D está nos modos de visualização da obra, possibilitando um visita virtual à campo, permitindo a seus usuários “caminhar” pela obra em seus diversos estágios, algo muito útil para demonstração em reuniões com as partes interessadas e até para a integração com a equipe de execução.

O BIM vem se desenvolvendo no Brasil de forma lenta, porém recentemente o governo brasileiro lançou um decreto (nº 9377 de maio de 2018) que cria a Estratégia Nacional para a Disseminação do *Building Information Modeling*, com vista na redução de custos, transparência e maior produtividade no setor da Construção Civil, o que tende a desenvolver e aprimorar os estudos sobre o tema .

Este trabalho buscou apenas analisar as relações entre o planejamento de tempos tradicional, restrito ao plano de longo prazo, e uma ferramenta relativamente nova no Brasil. Há várias outras pesquisas sugeridas ainda para a compreensão mais acurada sobre o tema, como o estudo dos custos na modelagem, a simulação dos recursos, o estudo das

remodelagens durante o processo de planejamento em 4D, a verificação da confiabilidade dos planejamentos assessorados pelos programas de simulação, o processo de acompanhamento de obras (planos de médio e curto prazo) através do processo BIM, etc. Tais pesquisas ajudam a disseminar, melhorar e viabilizar o uso dessa filosofia em um setor que, muitas vezes, peca pela precisão de seus resultados na execução.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADVENSER BIM CONSULTING. Disponível em:
<<https://www.advenser.com/BIM-consulting-services/BIM-model-audit/>>. Acesso em: 14 nov 2017.

ARRUDA, F. **Curva S: aprenda a usar esta ferramenta e baixe modelo grátis.** 2014. Disponível em:
<<http://www.arrudaconsult.com.br/2014/09/curva-s-aprenda-usar-ferramenta-baixar.html>>
Acesso em: 30 out 2017.

BAGNO, R; ARANTES, E. **BIM no processo de orçamentação de um empreendimento residencial.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16. 2016, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2016. Disponível em:
<http://www.infohab.org.br/entac/2016/ENTAC2016_paper_409.pdf>. Acesso em: 30 out 2017.

BERNARDES, M. M. e S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção.** 310 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós – Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2001. Disponível em:
<<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/13718>> Acesso em: 24 out 2017.

BIOTTO, C. N.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. **Uso de modelagem 4D e Building Information Modeling na gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 79-96, abr./jun. 2015. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/142509/000987370.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 10 out 2017.

BOCK, A. M. B.; FURTADO, O.; TEIXEIRA; M. de L. T. *Psicologias: uma introdução ao estudo de psicologia – 14ª edição – São Paulo: Saraiva, 2008.*(Cap. 5).

BROTHERTON, S. A.; FRIED, R. T.; NORMAN, E. S. **Applying the work breakdown structure to the project management lifecycle.** In: PMI® Global Congress 2008— EUA, Denver, CO. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2008. Disponível em: <<https://www.pmi.org/learning/library/applying-work-breakdown-structure-project-lifecycle-6979>> Acesso em: 22 out 2017

CAMPESTRINI, T. F. *et al.* **Entendendo BIM: uma visão do projeto de construção sob o foco da informação.** 1ª ed.. Curitiba, 2015.

CAPIOTTI, L. J. **Vantagem do uso de modelagem BIM 4D e 5D no planejamento e controle da produção aplicado ao setor de construção civil.** 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, 2015. Disponível em:<http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2015/TCC_LAURA%20JASKULSKI%20%20CAPIOTTI.pdf>. Acesso em: 25 out 2017.

CODAS, M. M. B. Gerência de projetos - uma reflexão histórica. **Revista de Administração de Empresas.** vol.27 nº 1. São Paulo, jan/mar 1987. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rae/v27n1/v27n1a04.pdf>>. Acesso em: 2 out 2017.

EASTMAN, C. *et al.* **BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors.** 2.ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

FORMOSO, C. T. Produção enxuta: **Os princípios do Sistema Last Planner de controle da produção**. 2010. Construção Mercado: Negócios de Incorporação e Construção. 106 ed.. maio/2010. Disponível em: <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/106/artigo299051-1.aspx>>. Acesso em: 04 nov 2017.

GEHBAUER, F. *et al.* **Planejamento e Gestão de Obras – Um Resultado Prático da Cooperação Técnica Brasil – Alemanha**. Curitiba: CEFET-PR, 2002.

KINGDOM PROPERTY. Disponível em: <<http://www.kingdomproperty.com/blog/regulations-on-condo-management-quality-to-be-improved/>>. Acesso em: 15 nov 2017.

LACOMBE, F. J. M.; HEILBORN, G. L. J. **Administração: princípios e tendências**. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2008.

MAGALHÃES, R. M.; MELLO, L. C. B de.; BANDEIRA, R. A. De M. Planejamento e Controle de Obras Civis: Estudo de Caso Múltiplo em Construtoras no Rio de Janeiro. **Programa de Pós – Graduação em Engenharia Civil, UFF**, Rio de Janeiro, Set. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/2017nahead/0104-530X-gp-0104-530X2079-15.pdf>> Acesso em: 31 out 2017

MATOS, E.; PIRES, D. **Teorias administrativas e organização do trabalho: de Taylor aos dias atuais, influências no setor saúde e na enfermagem**. Texto & Contexto Enfermagem, Florianópolis, Jul-Set 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/tce/v15n3/v15n3a17.pdf>>. Acesso em: 4 nov 2017.

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

MICROSOFT. **History of project management**. 2017. Disponível em: <<https://support.office.com/en-us/article/History-of-project-management-a2e0b717-094b-4d1e-878a-fcd0978891cd?ui=en-US&rs=en-US&ad=US>>. Acesso em: 5 out 2017.

MINUTO ENGENHARIA. Disponível em: <<http://www.minutoengenharia.com.br/postagens/2015/09/01/bim-4d-pode-melhorar-a-assertividade-do-planejamento-de-obra>>. Acesso em 15 jun 2018.

NOGUEIRA, F. **Pesquisa Operacional PERT/CPM**. Universidade de São Paulo, São Paulo - USP, 2017. Disponível em: <https://www.ime.usp.br/~rvicente/PERT_CPM.pdf> Acesso em: 26 out 2017.

PARREIRA, J. P. de C. **Implementação BIM nos processos organizacionais em empresas de construção – um caso de estudo**. 103 f. Dissertação (mestrado) – Faculdade de ciências e tecnologia e Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2013. Disponível em: <https://run.unl.pt/bitstream/10362/9907/1/Parreira_2013.pdf>. Acesso em: 10 out 2017.

PEREIRA, P. P. K. **Implementação do BIM no setor de planejamento e controle de uma construtora**. 50 f. Monografia (Especialização em Gerenciamento de Obras) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3164/1/CT_GEOB_XIX_2014_08.pdf>. Acesso em: 21 out 2017.

PETROBRAS. **Técnicas De Planejamento e Controle**. FURG – CTI. Rio Grande, 2009. 310 p. Disponível em: <http://termo.furg.br/Prominp2012/PCP/Curso_Supervisor_de_Planejamento/Tecnicas_de_Planejamento_e_Control_e_Revisao_1.pdf> Acesso em: 23 out 2017

PMI. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK®)**. 5ª ed. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2013.

ROCHA, A. A.; CASTRO, N. L. B. de. **A Importância do Planejamento na Construção Civil**. 2017. TecHoje - IETEC. Disponível em: <http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/1773>. Acesso em: 2 out 2017.

SCHRAMM, F. K. **Projeto de Sistemas de Produção na Construção Civil Utilizando Simulação Computacional Como Ferramenta de Apoio à Tomada de Decisão**. 301 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/21253>>. Acesso em: 26 out 2017.

SCHRAMM, F. K.; COSTA, D. B.; FORMOSO, C. T.. **O Projeto do Sistema de Produção na Gestão de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 59-74, abr./jun. 2006. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/31660/000632740.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 27 out 2017.

SYNCHRO SOFTWARE. **4D BIM for Construction**. Disponível em: <<http://blog.synchro ltd.com/how-4d-scheduling-creates-synergies-between-BIM-lean>> Acesso em: 15 nov 2017.

TCPO 14º Edição. **Tabelas de Composições e Preços para Orçamentos**. São Paulo: PINI, 2012. 630p.

THE BIM CENTER. Disponível em: <<http://www.theBIMcenter.com/2016/03/what-is-clash-detection-how-does-BIM-help.html>>. Acesso em: 14 nov 2017.