

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL**

UTILIZAÇÃO DO BIM 4D NA CONSTRUÇÃO CIVIL

**Autor: Camilla Moreira Guimarães
Orientador: Prof. Dr. Eduardo Marques Arantes**

Abril/2019

CAMILLA MOREIRA GUIMARAES

UTILIZAÇÃO DO BIM 4D NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização: Produção e Gestão do Ambiente Construído do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientador(a): Prof. Dr. Eduardo Marques Arantes

**Belo Horizonte,
2019**

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado força e saúde para contornar as dificuldades.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Eduardo Marques Arantes, pelo seu apoio, confiança e dedicação.

Aos meus pais por estarem sempre na torcida pelo meu sucesso e não medir esforços para isso.

Ao Artur por todo carinho e apoio de sempre.

RESUMO

O planejamento e acompanhamento da obra são atividades fundamentais para que a conclusão seja feita dentro do prazo, com a qualidade exigida e o custo esperado. A indústria AEC vem se beneficiando cada vez mais das tecnologias do mercado, ganhando produtividade e agilidade na execução dos serviços. Em meio a essa era tecnológica, surgiu o BIM 4D para facilitar e auxiliar ainda mais no planejamento e controle dos projetos. Com ele, é possível acompanhar precisamente todas as fases do ciclo da construção, além de gerar um modelo virtual da obra, facilitando assim a visão de todos antes mesmo de começar a executar o empreendimento. Neste trabalho serão apresentados softwares e metodologias para a utilização do BIM 4D em um projeto e, ao final, será realizada uma análise comparativa entre alguns softwares do mercado. Com esse estudo, foi possível analisar e perceber que embora o investimento inicial seja alto, a implantação dessa tecnologia nas empresas possibilita um melhor controle e planejamento dos projetos, desde que seja realizada por profissionais capacitados.

Palavras-chave: BIM 4D. Planejamento. Controle de obra. Construção virtual.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Fundamentos do BIM	12
Figura 02 - Mapeamento dos desvios de uma estrutura	13
Figura 03 – Gráfico da adoção do BIM nos EUA	14
Figura 04 – Gráfico do nível de engajamento dos usuários BIM.....	14
Figura 05 - Interoperabilidade BIM	16
Figura 06 - Dimensões BIM	19
Figura 07 - Interface ArchiCAD.....	20
Figura 08 - Interface Revit	21
Figura 09 - Interface Vectorworks Architect.....	22
Figura 10 - Cronograma integrado Gantt-PERT/CPM	26
Figura 11 - Cronograma integrado Gantt-PERT/CPM	27
Figura 12 - Ciclo PDCA	28
Figura 13 - Guia Tasks	34
Figura 14 - Guia Data Sources	35
Figura 15 - Guia Simulate.....	36
Figura 16 - Guia Configure	36
Figura 17 – Gráfico de Gantt no Navisworks	37
Figura 18 - Linha de Balanço.....	40
Figura 19 – Importação do modelo para o software.....	41
Figura 20 – Quantidades geradas pelo Takeoff Model	42
Figura 21 – Cost Planner e 3D View.....	43
Figura 22 – Linha de Balanço.....	44
Figura 23 – Nomenclatura alterada	46
Figura 24 – Planejamento MS Project	46

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
1.1 OBJETIVO	8
1.2 JUSTIFICATIVA	9
1.3 METODOLOGIA	10
BUILDING INFORMATION MODELING - CONCEITOS	11
2.1 FUNDAMENTOS DO BIM.....	11
2.2 BENEFÍCIOS E FUNCIONALIDADES BIM.....	12
2.3 INTEROPERABILIDADE.....	15
2.4 PARAMETRIZAÇÃO	17
2.5 DIMENSÕES DO MODELO BIM	17
2.6 FERRAMENTAS BIM.....	19
PLANEJAMENTO E ACOMPANHAMENTO	23
3.1 BENEFÍCIOS DO PLANEJAMENTO	23
3.2 ROTEIRO DO PLANEJAMENTO.....	25
3.2.1 Cronograma integrado Gantt-PERT/CPM	26
3.3 ACOMPANHAMENTO DO PROJETO	27
3.4 INTEGRAÇÃO BIM COM O PLANEJAMENTO	29
3.4.1 Benefícios do BIM 4D	30
3.4.2 Softwares.....	32
ANÁLISE COMPARATIVA DOS SOFTWARES	33
4.1 NAVISWORKS.....	33
4.1.1 Exemplo.....	36
4.2 VICO	38
4.2.1 Linhas de Balanço	39
4.2.2 Exemplo.....	40
4.3 SYNCHRO PRO	45

4.3.1 Exemplo.....	45
CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil sempre foi muito competitiva e, cada vez mais, o nível de exigência dos consumidores aumenta. Sendo assim, as empresas acabam buscando maneiras de aperfeiçoar suas práticas e conhecimentos para conseguir se manterem ativas no mercado. Com isso, viu-se a necessidade de explorar novos estímulos e formas de melhorar os níveis de desempenho dos projetos, tendo em mente que um bom gerenciamento proporciona o alcance dos resultados esperados com relação a qualidade, custos e prazo.

É possível perceber que existem dificuldades de visualização do planejamento no espaço, ocasionando muitas vezes a interpretação errada do cronograma. Assim, para suprir essa demanda, pode-se adotar o BIM 4D. Ele trabalha juntamente com o planejamento e cronograma elaborado dentro da empresa. Para isso, é necessário a utilização de softwares específicos, onde irá ser lançado o cronograma e os projetos da obra. A partir daí, será proporcionada uma visão espacial do modelo, o que facilita o entendimento do planejamento ao longo da execução da obra e evita interpretações diferentes do previsto.

A plataforma BIM é conhecida por compatibilizar projetos e, assim, verificar se há algum erro ou falta de compatibilização. Integrando essa plataforma ao planejamento, tem-se o BIM 4D. Com ele é possível acompanhar de acordo com o cronograma gerado, o desenvolvimento da obra.

1.1 Objetivo

O objetivo geral desse trabalho é apresentar alguns softwares para a utilização do BIM 4D em um projeto e realizar uma análise comparativa e exemplificar os mesmos. Acredita-se que usufruindo da plataforma BIM, o planejamento e acompanhamento de obras se torne algo mais utilizado pelas empresas. Com os softwares, o planejamento se torna mais fácil e ainda tem como visualizar virtualmente a execução do projeto.

Já os objetivos específicos são apresentar a importância e as facilidades que o BIM traz para as empresas quando empregados corretamente e mostrar o que é

BIM 4D. Sem a adoção do BIM, empresas que não possuem um planejamento e acompanhamento adequado dentro do empreendimento, acabam gastando mais e, conseqüentemente, estourando o orçamento.

1.2 Justificativa

Para Eastman *et al* (2014), a tecnologia BIM é uma das mais promissoras na indústria AEC. Por meio dessa tecnologia é possível traçar um modelo virtual preciso do projeto. Tal modelo gerado, quando completo, pode informar a geometria exata da construção e dados relevantes e necessários durante a execução da obra, auxiliando assim, em todas as etapas da obra. Quando empregado corretamente, o BIM simplifica e contribui para que o projeto e a construção andem sempre próximas e integradas, resultando em projetos com uma qualidade mais elevada, prazos mais curtos e custos reduzidos.

Com o uso do BIM 4D, é possível obter a seqüência de construção exata, de acordo com o tempo e espaço definidos e, também, podem ser realizadas simulações com as opções de seqüência de construção e suas conseqüências geradas no meio. Além do que, os softwares podem identificar interferências existentes no projeto, melhorando assim a confiabilidade no cronograma e evitando tempo perdido durante a execução da obra.

Para que um empreendimento obtenha sucesso, é necessário um planejamento muito bem elaborado e adequado para caso ocorra algum imprevisto ou uma variabilidade dos processos e até mesmo pouca disponibilidade de recursos para resolver problemas, tudo seja resolvido sem maiores dificuldades. Além da resolução de problemas e imprevistos, o planejamento deve servir como um acompanhamento para os gestores da obra e também para comunicação entre os gestores e equipes de obra.

O planejamento e acompanhamento de obras tem como objetivo prever práticas que podem assegurar os gastos, prazos e até mesmo a qualidade da obra executada. Ele gera um conhecimento prévio do empreendimento favorecendo assim a análise dos pontos críticos, dos custos que podem ser reduzidos e também agiliza as decisões a serem tomadas, garantindo assim a eficiência durante a execução.

Durante o planejamento são analisados os melhores métodos e maneiras de execução das tarefas, fazendo com que não gere atrasos e não perca a qualidade. Além disso, através de softwares de planejamento, é possível obter a mão de obra necessária para determinada tarefa, assim como os valores orçados x valores gastos.

O planejamento é uma etapa primordial durante a elaboração do projeto, no entanto, muitos profissionais e construtoras não veem a sua relevância e o resultado são os prazos e orçamentos estourados. E, com isso, a imagem da empresa para os seus clientes e investidores vai se tornando negativa.

1.3 Metodologia

Inicialmente, será elaborada uma revisão bibliográfica com conceitos sobre a tecnologia BIM, BIM 4D e o planejamento adotado mais usualmente. Após essa pesquisa, serão coletados dados mais aprofundados de alguns softwares que operam o BIM 4D e, posteriormente, será realizada uma comparação entre os mesmos.

Para o desenvolvimento do trabalho foi utilizado como referência para os estudos de caso citados mais adiante, a dissertação de mestrado do Pedro Miguel Lopes Salgado (2016). As fontes de pesquisas se basearam no livro Manual BIM, do Chuck Eastman (2014), além de outros trabalhos científicos e artigos relacionados com o tema.

BUILDING INFORMATION MODELING - CONCEITOS

Building Information Modeling, ou BIM, não é um conceito novo, no entanto, passou a ser mais utilizado e conhecido no começo do século XXI. Seu conceito se resume em uma junção de diversos processos e tecnologias, onde é possível produzir, comunicar e analisar os modelos de edificações. Sendo assim, tem-se um único modelo onde podem ser extraídos todos os dados do projeto em questão, facilitando assim o trabalho dos gestores da empresa.

Alguns dos dados que podem ser extraídos são: quantitativos de materiais, detalhes construtivos, especificações de materiais e objetos, detecção de erros de projeto ou de execução, topografia do terreno, cortes verticais e horizontais da estrutura, entre outros.

2.1 Fundamentos do BIM

Para que o BIM tenha uma implementação efetiva na empresa é possível afirmar que ele é baseado em três importantes fundamentos: pessoas, tecnologia e processos. A tecnologia envolve toda a infraestrutura necessária para que a implantação seja realizada de modo efetivo, ou seja, softwares, equipamentos, segurança dos arquivos e treinamento caso necessário aos usuários.

Ao escolher a tecnologia que será adotada é importante levar em consideração a experiência e opinião dos funcionários com relação a escolha. É ideal que os usuários estejam abertos a novas formas de trabalho, saibam trabalhar em equipe, tenham uma capacidade de aprendizado relativamente boa e sejam flexíveis à mudanças.

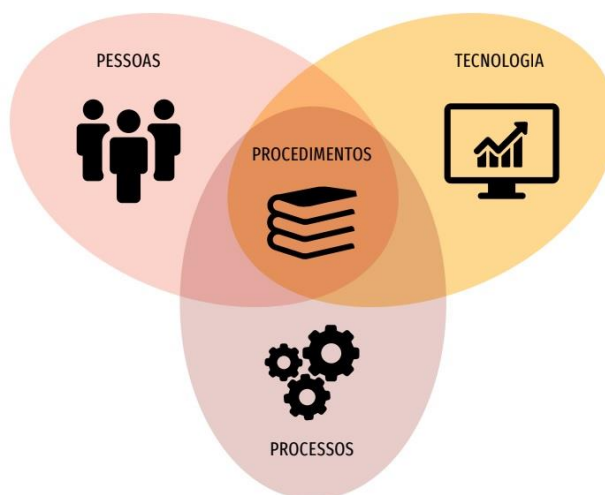
Uma vantagem do BIM é a redução de retrabalho dentro do escritório e na própria obra. Além disso, ajuda a diminuir o número de imprevistos existentes em um projeto. Por isso, a qualificação de profissionais que irão utilizar a plataforma é necessária, uma vez que, ao detectar algum erro ou imprevisto, poderá buscar maneiras de melhorar e solucionar o problema.

Com relação aos processos, não estão situados apenas os novos processos que serão aplicados na empresa, mas sim todos que diz respeito ao plano de

trabalho. Alguns deles são: o cronograma, o fluxo de trabalho, definição de funções, detalhamento das fases do projeto e a especificação do uso do modelo em todas as etapas do projeto.

Conforme a Figura 01, pode-se perceber que os três fundamentos estão relacionados e somente com a adoção de todas as partes que eles envolvem que é possível ter uma implantação BIM de sucesso na empresa.

Figura 01 - Fundamentos do BIM



Fonte: MDIC (2017).

2.2 Benefícios e funcionalidades BIM

Por não ser um conceito tão explorado ainda e não ter muitos profissionais aptos para executar um projeto em BIM, ele traz muitas dúvidas quanto as suas verdadeiras vantagens e funcionalidades dentro de uma empresa. No entanto, é possível perceber o tanto que a plataforma facilita a interação de projetos e execução da obra.

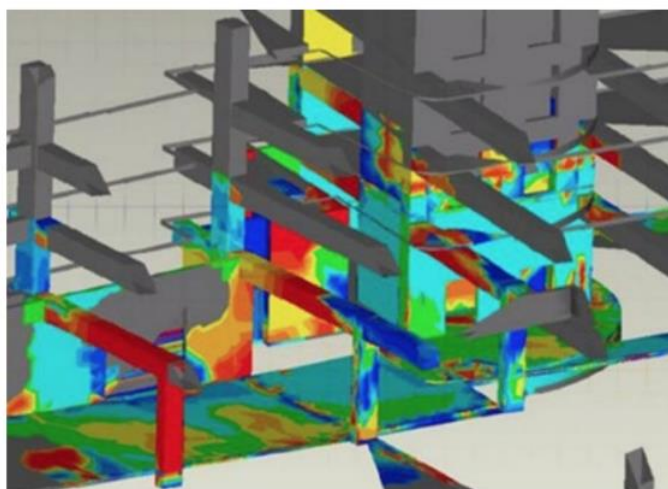
Uma vantagem da metodologia BIM é a modelagem 3D. Com ela fica mais fácil a visualização do empreendimento, independentemente do seu grau de complexidade e se a pessoa é familiarizada com a leitura de projetos ou não. Além disso, qualquer modificação ou revisão realizada no projeto, remodela automaticamente toda e qualquer região que for afetada por essa alteração. Isso facilita o não acúmulo de erros, evitando assim que durante a execução ocorra alguma discrepância.

Juntamente com a modelagem 3D está a construção virtual. Com ela é possível ensaiar a construção de um projeto antes mesmo dele começar in loco. A partir dessa construção virtual é possível analisar todos os procedimentos construtivos e, caso precise, modificar alguma coisa antes de começar o empreendimento. Dessa maneira, serão evitadas surpresas e descontinuidades de serviços, assim como gastos inesperados.

A identificação de interferências é outra vantagem da plataforma BIM. Por meio de relatórios gerados, é possível analisar se o projeto possui alguma desarmonia. Essas interferências vão desde partes estruturais, de instalações, alvenaria, até interferências funcionais.

Existem outras tecnologias que, quando trabalhadas juntamente com um software BIM, fornecem muitas informações. É o caso do *laser scanning*, que se aplicado em conjunto com uma plataforma BIM, ele poderá mostrar desvios ou simulações como, por exemplo, o desaprumo de uma edificação representada na Figura 02 abaixo. No exemplo, o aparelho fez um mapeamento da edificação que está em construção e, posteriormente, foi combinado em um programa para que fossem identificados os desvios e alinhamentos que não estavam de acordo com o projeto. A parte vermelha na figura é a região que possui maiores desvios e nos tons de cinza está representada a modelagem em BIM.

Figura 02 - Mapeamento dos desvios de uma estrutura

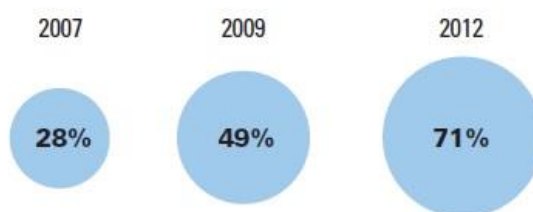


Fonte: CBIC (2016).

Em alguns países como Reino Unido, Chile e Cingapura, já tornou-se obrigatório o desenvolvimento do projeto em BIM para licitações do governo. A adesão ao BIM vêm crescendo cada vez mais e, alguns países como os Estados Unidos, construtoras aproveitaram os tempos de crise para inovar e implantar a metodologia dentro das empresas.

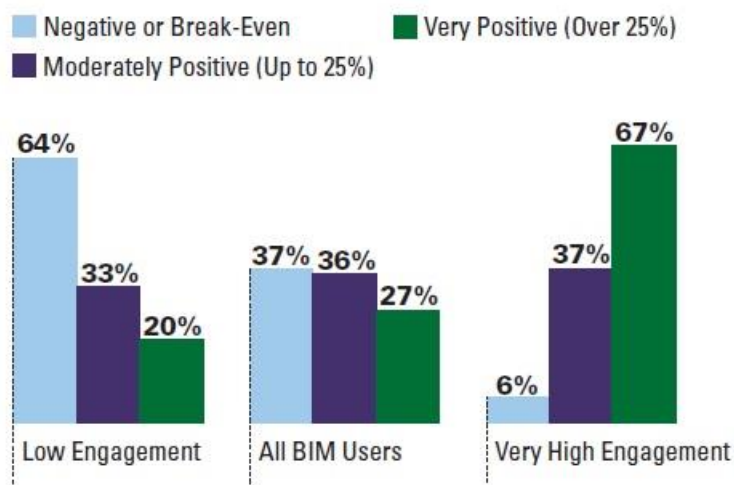
Foi realizada uma pesquisa nos Estados Unidos, onde mostrou-se alguns gráficos sobre a reação das empresas ao longo do anos com relação à implantação do BIM. E, analisando as Figuras 03 e 04, é possível notar que empresas mais envolvidas com a metodologia desfrutaram de maiores benefícios, inovação e facilidades. E, pode-se observar também, o tanto que foi crescente a adoção do BIM nos últimos anos.

Figura 03 – Gráfico da adoção do BIM nos EUA



Fonte: Mc-Graw Hill Constructions (2012).

Figura 04 – Gráfico do nível de engajamento dos usuários BIM



Fonte: Mc-Graw Hill Constructions (2012).

2.3 Interoperabilidade

A falta de interoperabilidade se deve a não padronização dos softwares, uma vez que, os dados que foram neles lançados não serão compartilhados com outros profissionais, conforme necessário. Essa carência existente em diversas empresas, acabam causando interferências e possíveis erros no projeto.

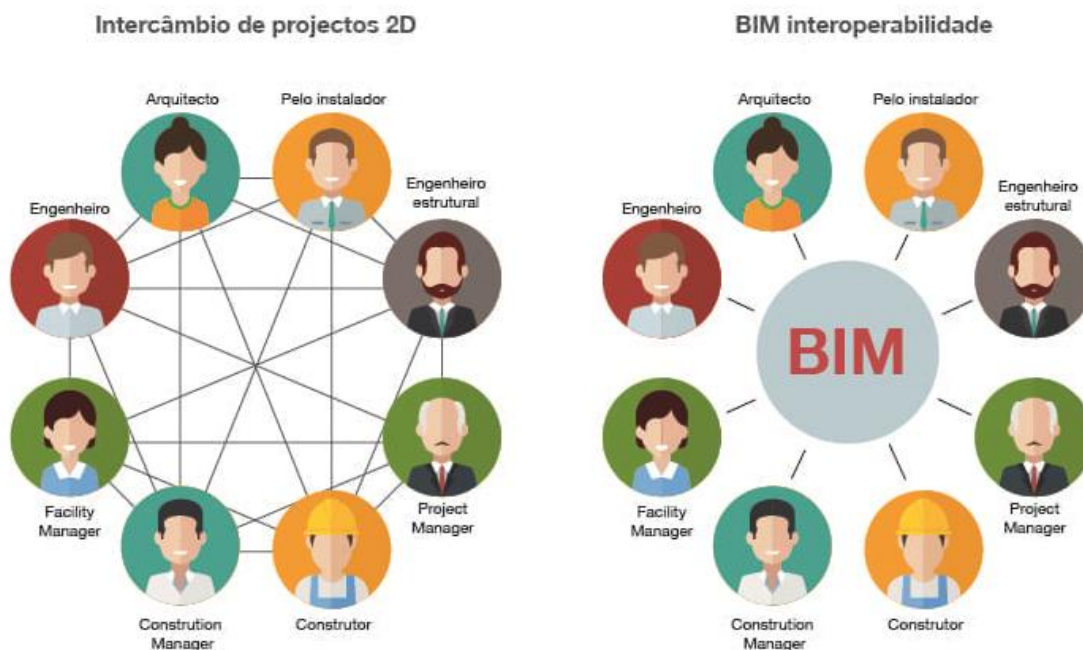
De acordo com Jacoski (2003), para que um software possua interoperabilidade é preciso que ele atenda a esses seis critérios:

1. Abertura – a partir do momento que um usuário desenvolver uma aplicação, esta deve ser integrada de maneira que qualquer usuário possa ter acesso.
2. Troca – capacidade de troca de informações e dados no sistema, livre para todos os usuários.
3. Uniformidade – buscar padrões em que os usuários já estão familiarizados.
4. Simplificação – software de fácil aprendizado e manuseio, de modo que os usuários não levem tanto tempo para aprendizagem.
5. Transparência – informação reduzida em um formato, podendo ser utilizado por qualquer usuário.
6. Similaridade – utilização das mesmas convenções pelos usuários.

Sendo assim, pode-se concluir que interoperabilidade é a capacidade de compartilhar dados no sistema, onde todos os usuários poderão ter acesso e usufruir dos mesmos. Ou seja, uma forma aberta e comum para os usuários de diferentes programas poderem compartilhar suas partes do projeto deixando todos cientes do que está sendo feito.

Como pode-se observar na Figura 05, a presença e utilização da interoperabilidade em um software é de extrema importância, uma vez que irá auxiliar os projetistas e usuários de todos os setores a identificar dados de outras áreas mais facilmente e com maior eficácia. Dessa forma, podem ser evitados erros que passariam despercebidos caso a informação fosse transmitida via papel ou em um diálogo.

Figura 05 - Interoperabilidade BIM



Fonte: BibLus (2017).

Visando facilitar a transferência de dados para um software BIM foi criado um formato de dados padrões, que abrange todo o ciclo de vida do edifício, desde o estudo de viabilidade até a manutenção, reforma ou mesmo demolição. Tal formato é conhecido com IFC (Industry Foundation Classes) e é utilizado para evitar que ocorra perdas e distorções de informações ou dados ao transferir um modelo para a plataforma.

Em um ciclo de vida do edifício existem diversos componentes, como por exemplo, pilares, vigas, tubulações, esquadrias, portas, entre outros. Sendo assim, para cada um desses componentes no IFC existem diversas características e propriedades específicas, como peso, resistência, prazo para manutenção. Portanto, para a execução de cada atividade é necessário analisar quais as propriedades do objeto são relevantes e configurar a exportação de modo que mostre apenas o desejado.

O IFC mostra-se como um importante auxílio na transferência de dados para um software BIM. Desta forma, seu uso correto permitirá uma maior qualidade do produto, menos interferências geométricas não percebidas, redução de custos, economia de tempo e coerência entre projeto e execução.

2.4 Parametrização

Segundo Eastman *et al* (2014), é imprescindível a definição de objetos paramétricos para o entendimento do BIM e, até mesmo, para conseguir distingui-los dos objetos tradicionais 2D. Portanto, um objeto paramétrico é definido por sua precisão geométrica, de acordo com os dados associados. Além disso, a parametrização também auxilia nas modificações realizadas no projeto, ou seja, caso alguma medida seja alterada ou algum objeto seja realocado, a geometria gerada a partir dessas informações serão alteradas automaticamente. Dessa forma, a chance de erros e incompatibilidades diminui bastante, além de otimizar o tempo dos projetistas.

Na parametrização, os dados inseridos podem ser editados posteriormente conforme necessidade. Caso ocorra uma modificação em algum componente do objeto, essa atualização será feita de forma automática em todo o objeto, de modo que ele esteja coerente novamente com seu componente. Com esse sistema, é possível criar bibliotecas da empresa, tornando os projetos mais práticos e rápidos.

2.5 Dimensões do modelo BIM

Através do BIM é possível recolher diversas informações em um mesmo projeto. No entanto, quando existe um determinado grupo de informação é considerado dimensão. As dimensões que são mais comuns e usuais são: a 3D, 4D, 5D, 6D e 7D.

- . 3D – Trata-se de um modelo tridimensional completo do projeto em questão. Possui todas as disciplinas envolvidas, como arquitetônico, estrutural e instalações. Essa dimensão possui como diferencial a compatibilização dos projetos inseridos no software, facilitando assim a visualização dos conflitos existentes.
- . 4D – Adiciona-se ao 3D a variável tempo. Desta maneira, é possível acrescentar ao projeto informações sobre o cronograma da obra e fases de implementação. É possível visualizar virtualmente as etapas e andamento da obra, facilitando no acompanhamento real da execução.

O BIM 4D permite que sejam realizadas simulações de uma etapa específica, e também, alterar métodos e sistemas construtivos para melhorar o resultado.

- . 5D – Nesta dimensão é inserido juntamente ao planejamento e modelo tridimensional, o custo da obra. Cada elemento e seus insumos presentes no projeto passarão a ser relacionados a um custo. Portanto, caso ocorra alguma modificação em uma etapa, o seu valor será automaticamente atualizado de acordo com tal alteração. Isso facilita na elaboração e acompanhamento de um cronograma físico-financeiro mais preciso, sem desperdícios no canteiro e sem estouro no orçamento inicial.
- . 6D – Nesta dimensão é acrescentada a análise de consumo de energia. São estimados gastos energéticos mais completos durante a construção e o seu custo.
- . 7D – É agregada às outras dimensões, a gestão da instalação/acompanhamento. Ela traz a análise do ciclo de vida do projeto, ou seja, é possível controlar a garantia de equipamentos, manutenções que devem ser realizadas, dados de fornecedores e fabricantes e as particularidades do projeto como um todo.

A Figura 06 mostra as dimensões do BIM e algumas de suas características.

Figura 06 - Dimensões BIM



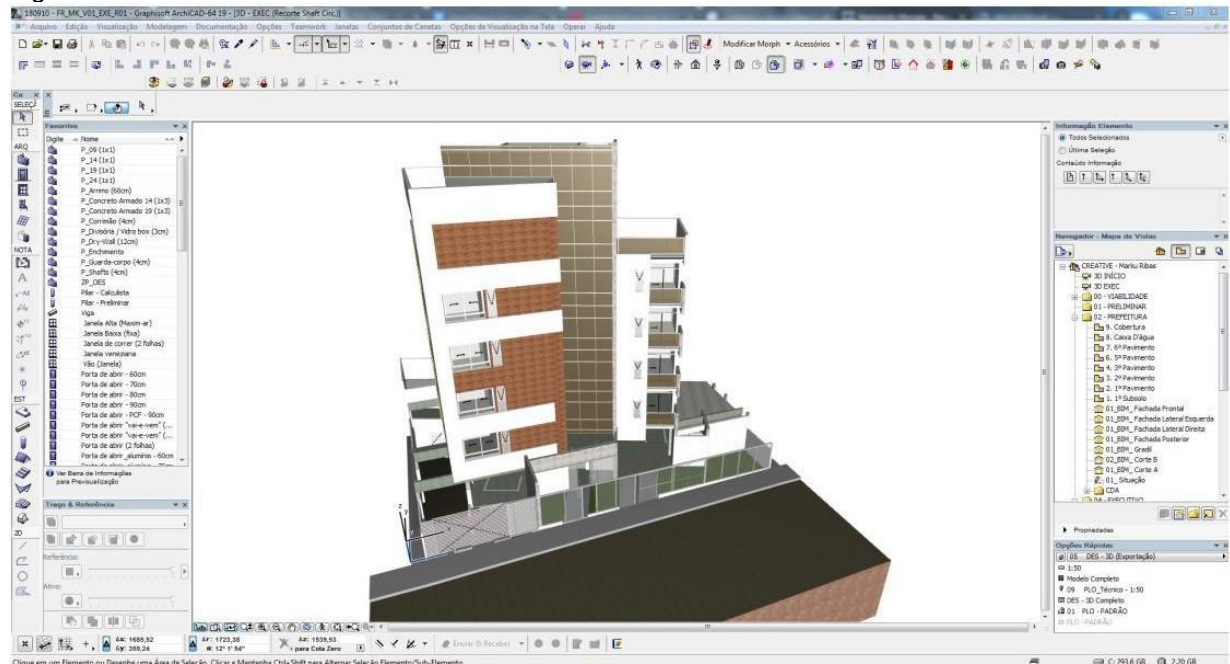
Fonte: Adaptado de HashtagBIM (2015).

2.6 Ferramentas BIM

Atualmente, existem diversos softwares BIM no mercado. Cada um com suas características específicas, público alvo e focos de atuação diferentes. Alguns programas possuem maior complexidade, assim como outros são mais completos nos objetos e bibliotecas. Abaixo serão citados os softwares mais conhecidos e utilizados no mercado, com uma breve explicação.

- ArchiCAD – É um programa arquitetônico da Graphisoft, empresa húngara, que é bastante difundido na Europa. Possui ótimos níveis de detalhamento nos modelos 3D, compartilhamento em plataforma online com outros usuários, tem biblioteca integrada e possui bastante variedade com relação às suas ferramentas. Outra característica do software é o seu ajuste de acordo com a região em que ele é comprado. No Brasil, por exemplo, quem adquiri-lo poderá usufruir de bibliotecas e templates locais. Seus padrão de exportação para abrir em outros programas é o IFC. Na Figura 07 é possível ver a interface do ArchiCAD.

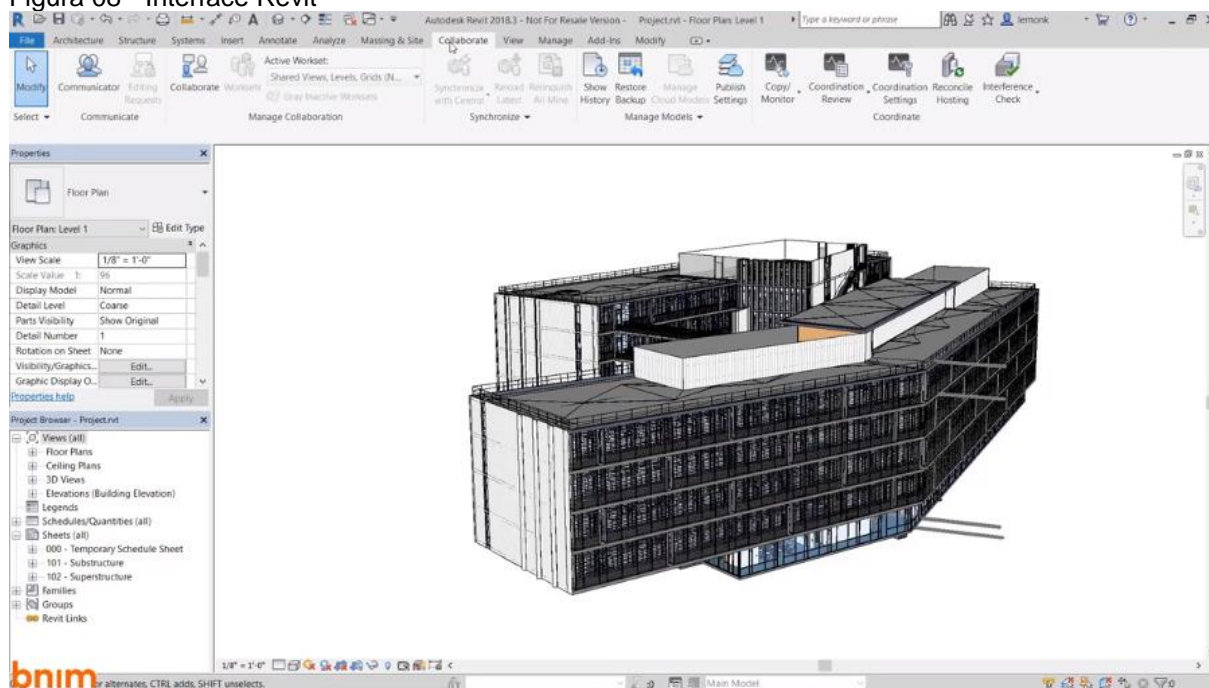
Figura 07 - Interface ArchiCAD



Fonte: A Autora (2018).

- Revit – Bastante usual e conhecido na América, é um software de arquitetura da Autodesk. Possui uma interface mais intuitiva que o ArchiCAD e, por isso, torna-se mais usado. O Revit tem interfaces para todas as funções durante a elaboração de um projeto sendo elas: arquiteto, projetista estrutural, elétrico, hidráulico, mecânico. No entanto, sua biblioteca deixa a desejar em alguns itens. Na Figura 08 é possível ver a interface do Revit.

Figura 08 - Interface Revit



Fonte: Autodesk (2018).

- Vectorworks Architect – É um software voltado para a engenharia civil, arquitetura e até mesmo para o próprio design da edificação. Ele é oriundo do Vectorworks da Nemetschek, onde seu foco é design gráfico. O Vectorworks Architect possui um excelente processamento gráfico e altas definições, além disso dispõe de ferramentas mais elaboradas. Na Figura 09 é possível ver a interface do Vectorworks.

Figura 09 - Interface Vectorworks Architect



Fonte: Vectorworks (2018).

PLANEJAMENTO E ACOMPANHAMENTO

O planejamento é um dos principais aspectos do gerenciamento de uma obra, uma vez que ele trabalha juntamente com o orçamento, compras, comunicação entre obra e escritório, gestão de pessoas e qualidade. Durante a elaboração de um planejamento são implantados objetivos e definidos os procedimentos para alcançá-los, mas para que seja eficiente é preciso que ser realizado juntamente com o controle do projeto. Através do planejamento são priorizadas atividades, acompanhado o andamento dos serviços, assim como comparado o desenvolvimento in loco com a linha de base realizada pelo planejador.

Através de um planejamento bem feito é possível prever riscos, pontos críticos e as principais situações recorrentes em obras, evitando atrasos no prazo da entrega e estouro do orçamento, além de poder prejudicar o sucesso do empreendimento.

De acordo com Barbosa (2014), o equilíbrio de um projeto é baseado em três vertentes, sendo elas: tempo, qualidade e custo. Juntas são conhecidas como o “triângulo de gestão de projeto” e não é possível alterar uma das vertentes sem que pelo menos outra não seja influenciada.

Segundo Mattos (2010) uma das principais causas da baixa produtividade no setor de construção seria a falta de planejamento e controle de obra. Resultando também na baixa qualidade e perdas elevadas do empreendimento.

3.1 Benefícios do planejamento

Para Mattos (2010) os principais benefícios do planejamento são:

a. Conhecimento pleno da obra

Para um planejamento bem feito é preciso que o profissional tenha acesso e estude os projetos, observe o método construtivo adotado, tenha acesso ao orçamento e saiba exatamente o período e frente de trabalho para cada serviço executado. Dessa forma, o conhecimento pela obra se torna mais amplo e sua visão juntamente com o planejamento é aprimorada.

b. Detecção de situações desfavoráveis

Através do planejamento é possível identificar desconformidades e possíveis situações prejudiciais e, com isso, o profissional poderá ter tempo para tomar decisões que influenciem menos no prazo e custo da obra. (gráfico oportunidade construtiva? Pag 22 Mattos)

c. Agilidade de decisões

O planejamento possibilita uma visão real do canteiro, ou seja, por meio dele é possível estudar se ocorrerá um aumento ou redução de mão de obra, se será necessário acelerar alguma etapa ou serviço, prevê a alteração de métodos construtivos, etc. Desse modo, pode-se considerar que ele é um base confiável para tomada de decisões.

d. Relação com o orçamento

Ao utilizar os dados fornecidos pelo planejamento e juntá-los com o orçamento, torna-se possível analisar incoerências e propor melhorias.

e. Otimização da alocação de recursos

Mediante o planejamento o profissional poderá analisar qual serviço e despesa pode ser postergada sem atrapalhar o prazo, assim como datas limites para mobilização de recursos.

f. Referência para acompanhamento

Possibilita a comparação do previsto com o executado e, caso necessário, permite a tomada de medidas corretivas.

g. Padronização

Com o planejamento fica mais fácil o acordo entre as pessoas que gerenciam a obra, uma vez que todos possuirão a mesma visão do empreendimento para que o cronograma seja seguido.

h. Referência para metas

Com o cronograma é possível implantar metas e bônus para o cumprimento das atividades dentro do prazo.

i. Documentação e rastreabilidade

É proporcionado pelo planejamento um histórico de dados da obra em questão, facilitando assim a resolução de possíveis pendências e resgate de informações.

j. Criação de dados históricos

Dados utilizados em um obra para a elaboração do cronograma da mesma podem ser aproveitados em obras similares. Portanto, o armazenamento e criação de um banco de dados é muito útil para a empresa.

k. Profissionalismo

Por meio de um bom planejamento, a imagem da empresa e do próprio empreendimento passa a transmitir seriedade e compromisso com os clientes, além da confiança gerada.

3.2 Roteiro do planejamento

O roteiro de um planejamento não muda, será sempre o mesmo, independente se é para obras de pequeno, médio ou grande porte. Um planejamento segue um caminho muito bem determinado e, a cada passo, algumas informações e dados são coletados para agregar aos passos posteriores. Para Mattos (2010), o roteiro do planejamento possui algumas fases, que serão descritas abaixo.

Um bom planejamento começa com a identificação das atividades que irão consistir no cronograma. O método mais prático para tal identificação é a utilização da EAP (Estrutura Analítica de Projeto), que consiste em subdivisões de componentes menores de trabalho e das entregas do projeto facilitando o gerenciamento, checagem e correção da etapa.

Após a elaboração da EAP é preciso definir o tempo que cada tarefa leva para ser executada. Segundo Mattos (2010) essa duração depende de basicamente três fatores, sendo eles a produtividade da mão de obra, a quantidade de recursos alocados e a quantidade de serviço.

Posteriormente deve ser decididas as atividades de precedência em relação a outras. Isto é, para que uma determinada atividade tenha início é preciso que a sua predecessora termine. Para que a precessão seja coerente é necessário analisar os métodos construtivos adotados no empreendimento, assim como consultar a equipe da obra para que tenha um consenso entre as execuções das atividades.

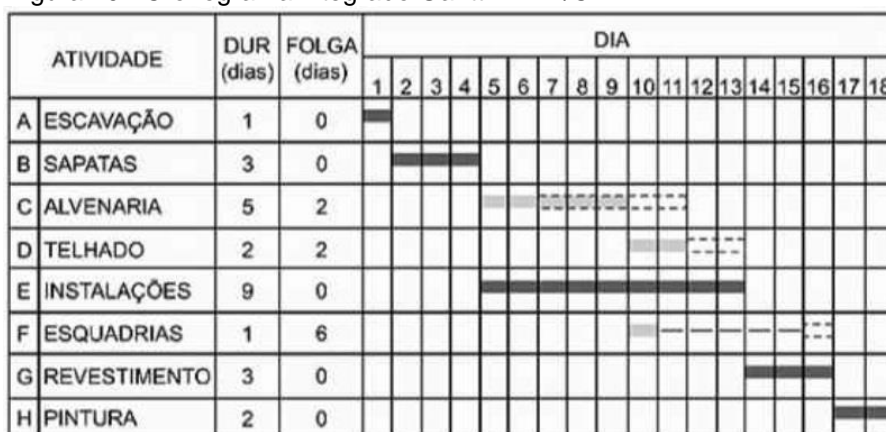
Com todos esses dados já estruturados, é necessário elaborar um diagrama de rede onde são representadas as atividades e suas dependências lógicas. O

diagrama possibilita uma visão clara da interdependência das tarefas, sendo útil também para a análise do caminho crítico e folgas das atividades por meio da técnica PERT/CPM. A partir do diagrama de rede elaborado terá início a análise das atividades críticas do projeto, assim como o caminho crítico.

O prazo de um projeto é definido a partir do tempo de duração das atividades críticas, ou seja, caso ocorra algum atraso em uma dessas atividades, o prazo da obra também se estenderá. Do mesmo modo que, caso uma atividade esteja antecipada de acordo com o cronograma e ela seja crítica, o prazo da obra será reduzido.

O resultado final das fases do planejamento é o cronograma que é representado pelo Gráfico de Gantt. Ao analisá-lo, é possível perceber que as atividades que não são críticas possuem uma maior flexibilidade para serem executadas, desde que terminem até a data em que sua sucessora terá início. Esse período é denominado como folga. Conforme a Figura 10, essa folga é representada no gráfico de Gantt quando integrado com PERT/CPM de forma tracejada, demarcando assim o prazo máximo para término da atividade em questão.

Figura 10 - Cronograma integrado Gantt-PERT/CPM



Fonte: Mattos (2010).

3.2.1 Cronograma integrado Gantt-PERT/CPM

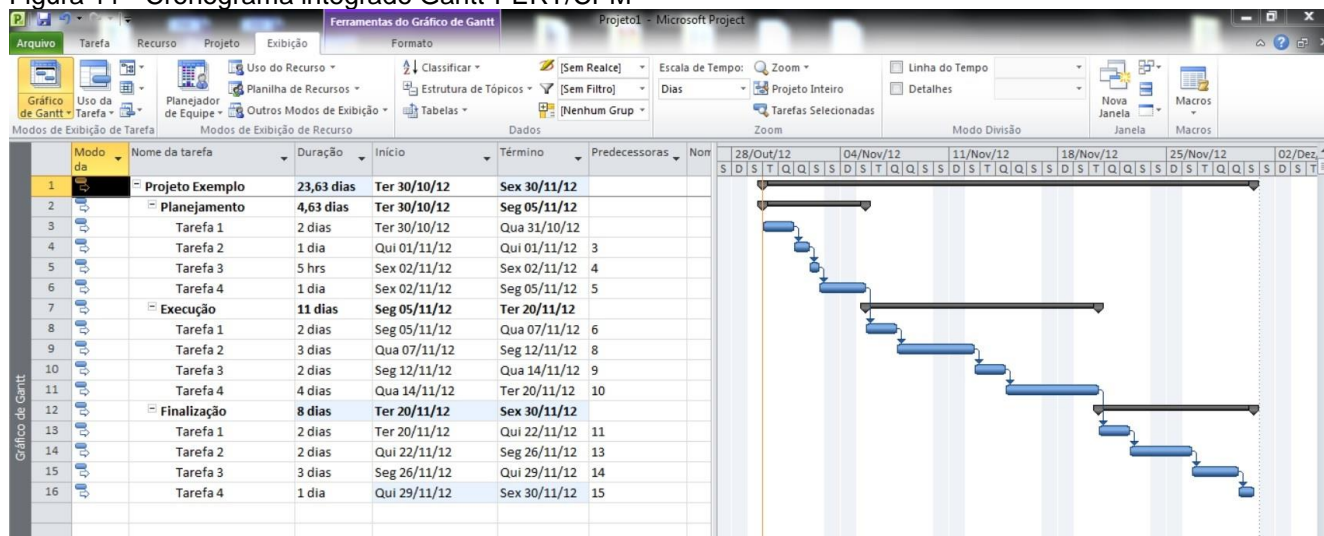
O cronograma de Gantt é um diagrama de barras importante para controle e acompanhamento da obra principalmente pela sua facilidade de leitura e clareza. No

entanto, esse tipo de diagrama é desprovido de algumas informações que são importantes para manter o controle correto da obra. Originalmente, o cronograma de Gantt não mostra a ligação das atividades, o caminho crítico do projeto e as folgas que certas atividades possuem, por isso viu-se necessário a integração com a rede PERT/CPM.

Os diagramas PERT/CPM são diagramas de rede onde são levados em consideração os vínculos entre as atividades. Nesses diagramas é possível identificar as relações de interdependência das atividades e também as folgas que elas dispõem. O caminho crítico também é determinado através dos diagramas de rede e, nada mais são do que as atividades que não podem sofrer atraso em sua duração, já que afetam o término da obra.

Os softwares mais utilizados e reconhecidos no mercado são o MS Project e o Primavera. Ambos são programas de gerenciamento de projetos e fornecem o cronograma integrado Gantt-PERT/CPM. Na Figura 11 é um exemplo de como são os cronogramas gerados pelo software MS Project.

Figura 11 - Cronograma integrado Gantt-PERT/CPM



Fonte: In Company TI (2012).

3.3 Acompanhamento do projeto

Para que o planejamento seja eficaz é necessário que a execução das atividades e o acompanhamento do cronograma sejam atualizados juntos. Desse

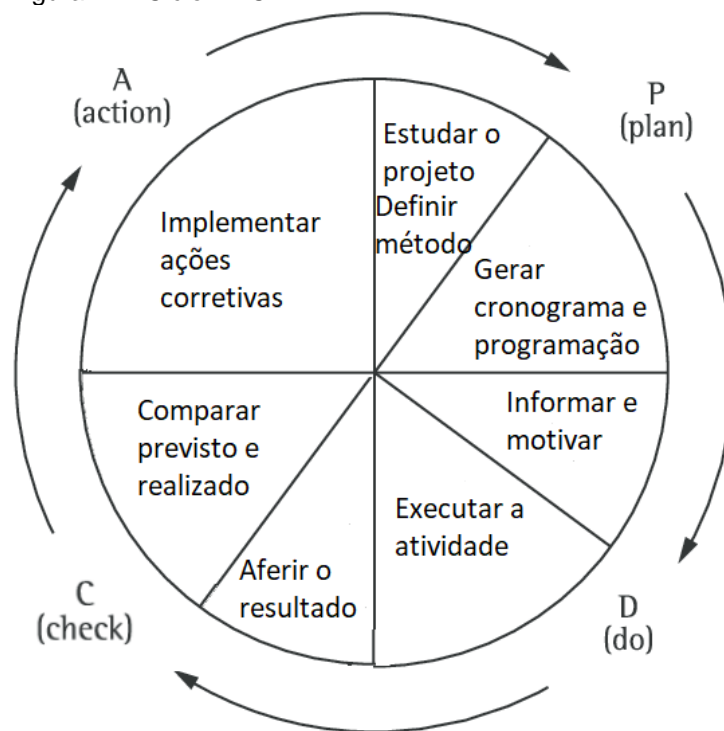
modo, será possível identificar o andamento da obra e verificar se está conforme o planejado. Isso se torna essencial no setor da construção civil, uma vez que existem diversas variáveis que podem prejudicar o desempenho das obras, como intempéries, mão de obra, retrabalho, etc. Para auxiliar nesse processo é muito comum o uso do princípio da melhoria contínua e, um de seus princípios mais utilizados é conhecido como ciclo PDCA.

Para Mattos (2010), o ciclo PDCA é:

O conjunto de ações ordenadas interligadas entre si, dispostas graficamente em um círculo em que cada quadrante corresponde a uma fase do processo: P {plan =planejar}; D (do = fazer, desempenhar); C {check = checar, controlar}; A (act = agir, atuar).

Ver Figura 12 abaixo:

Figura 12 - Ciclo PDCA



Fonte: Adaptado de Mattos (2010).

Portanto, pode-se notar que o ciclo PDCA destaca a importância de um planejamento bem feito, o controle da obra e as ações corretivas e preventivas adequadas para as situações. Como o próprio nome diz, esse princípio é um ciclo, ou seja, não deve ser realizado apenas uma vez, deve estar sempre em aplicação no canteiro, evitando riscos e aprimorando o acompanhamento no local.

O acompanhamento é feito em etapas, sendo elas a conferência das atividades in loco, para que posteriormente sejam comparadas com o previsto no cronograma. Depois é feita a atualização e gerada a comparação previsto e executado, colocando em questão os métodos construtivos adotados e até mesmo uma possível alteração no caminho crítico. Sucessivamente a esse passo, será realizada uma análise, onde poderá saber se a obra está em dia com o prazo, se já atrasou ou se está adiantada.

3.4 Integração BIM com o planejamento

A dimensão tempo, quando incorporada ao modelo BIM tridimensional gera gráficos que dão uma perspectiva do planejamento e acompanhamento da obra que facilita muito para os colaboradores. Essa nova dimensão é denominada BIM 4D.

Nessa dimensão, todo o planejamento feito em um software externo será extraído para um software BIM e irá interagir com o modelo tridimensional já existente do projeto. Com isso, é possível acompanhar os métodos construtivos da obra em qualquer ponto no tempo. Além disso, com essa simulação gráfica pode-se acompanhar prováveis erros, conflitos de espaço e até mesmo para estudar alguma otimização possível dentro do canteiro.

De acordo com Eastman *et al* (2014), existem algumas questões que devem ser consideradas independentemente das ferramentas adotadas para o desenvolvimento do modelo 4D, como é a questão do o escopo do modelo. O detalhamento do modelo irá depender do que foi solicitado. Portanto, caso o modelo seja utilizado durante toda a obra, é necessário especificar nos mínimos detalhes todas as atividades que poderão vir a ser empregadas.

Outra questão abordada é o nível de detalhe, onde a escolha do nível de detalhamento de um modelo depende do seu propósito de uso, dos recursos adotados, do tamanho do modelo e dos seus pontos críticos. Além disso, também é citada as diferentes formas com que os sistemas de componentes são agrupados dependendo do projetista ou do planejador. Ambos empregam da maneira que mais lhes convém para a função.

Ao elaborar um modelo 4D, é preciso pensar também nos componentes temporários que serão utilizados no canteiro. É importante que eles apareçam nas

simulações para auxiliar a equipe de planejamento na exploração da obra, como por exemplo, a verificação da segurança dos funcionários, onde ficarão os maquinários e equipamentos caso tenha obstrução de passagem, entre outros.

Os objetos considerados componentes únicos para os projetistas, muitas vezes precisam ser fragmentados pelos planejadores que, por sua vez, possuem dificuldades em dividir os componentes. Essas quebras são feitas dentro de softwares 3D/BIM. E, por fim, as propriedades do cronograma. As datas de início e fim são muito usadas nas simulações 4D, entretanto, é possível visualizar os impactos caso algum início ou final de atividade fosse alterado. Além disso, é possível mostrar os responsáveis por cada atividade no cronograma, facilitando assim a identificação das disciplinas e coordenação da equipe.

3.4.1 Benefícios do BIM 4D

Para Eastman *et al* (2014), modelos 4D são principalmente mecanismos para verificar erros e faltas de compatibilidade, assim como uma ferramenta para melhorar o acompanhamento e métodos construtivos utilizados. Para ele, os principais benefícios do modelo 4D são:

- . Comunicação
A capacidade de fornecer gráficos que são alimentados por um cronograma, ajuda e muito, a visão dos planejadores e equipe técnica da obra a perceber o que está acontecendo de fato. O modelo 4D é capaz de fornecer um acompanhamento muito mais completo que o diagrama de Gantt.
- . Contribuição de múltiplas partes interessadas
Com o modelo 4D, é mais simples de realizar demonstrações sob como o entorno do empreendimento mudaria, por exemplo, o tráfego e acessos de carros.
- . Logística do canteiro
É possível prever as melhores áreas de armazenamento, locação de equipamentos e acesso ao canteiro.
- . Coordenação de disciplinas

É possível coordenar as atividades de acordo com o tempo e liberação de frente de serviço, e também a organização do trabalho quando for em espaços apertados.

- . Comparação de cronogramas e acompanhamento do progresso da construção
Identificação rápida do andamento da obra, através das análises de programações.

Além dos benefícios citados acima, pode-se considerar também outras vantagens da adoção desse modelo como, por exemplo, a redução de tempo nas atividades, uma vez que identificará conflitos antes de executá-las, otimização de modelos e métodos construtivos, e conseqüentemente, redução do prazo total da obra.

Embora o BIM tenha grandes vantagens, existem alguns aspectos que dificultam e são limitantes para sua adoção nas empresas. Alguns deles são:

- . Alto investimento inicial: para que uma empresa usufrua melhor de todos os benefícios que o modelo pode oferecer, é necessário um alto investimento inicial para a utilização de softwares e treinamentos para os profissionais manuseá-los corretamente.
- . Tempo inicial: para implantar o BIM na empresa, é necessário que os profissionais sejam liberados para fazer treinamentos e cursos para aprender a mexer na plataforma. Com isso, a empresa perderá temporariamente sua mão de obra.
- . Trabalho em equipe: ao mesmo tempo que é uma vantagem, ainda é difícil conseguir conciliar e fazer com que todos os projetistas se comuniquem. Considerando que o BIM necessita de tal interação colaborativa das equipes, não alcançará um sucesso a empresa que não conseguir essa cooperação de todos.
- . Interoperabilidade: a importação/exportação de dados de plataformas BIM diferentes ainda não é totalmente livre de falhas e isso pode prejudicar nos projetos e execução da obra.
- . Tempo requerido para elaborar o modelo: quanto mais complexo o projeto, mais tempo demandará sua modelagem.

- . Não oferece suporte para etapas anteriores ao início da construção, como por exemplo, licenças e alvará. Essas etapas precedentes do início da edificação devem constar no cronograma e planejamento, no entanto, não conseguirão ser inseridas no modelo 4D.

3.4.2 Softwares

Para a junção dos arquivos de diferentes projetos e até mesmo do cronograma, cada um de um programa diferente, são utilizados softwares que tornam o modelo único para a plataforma de trabalho. Sendo assim, os mais utilizados no mercado são o Navisworks da Autodesk, o Synchro Pro da Synchro Ltd, o Virtual Construction da Vico Software, o ProjectWise da Bentley e o Visual 4D Simulation da Innovaya. No próximo capítulo será abordada uma comparação de alguns dos programas BIM 4D.

ANÁLISE COMPARATIVA DOS SOFTWARES

Neste capítulo, serão abordados os seguintes softwares: Navisworks, Synchro Pro e Vico. Eles são comumente utilizados no BIM 4D e serão apresentados ao longo do capítulo suas principais funções e vantagens de uso. Vale ressaltar que os estudos foram baseados em outros trabalhos e críticas sobre os programas.

4.1 Navisworks

O software da Autodesk possibilita o acompanhamento da obra, desde sua concepção até a entrega final do produto. Por se tratar de um programa de análise de projeto, auxilia os profissionais da indústria AEC a manter um maior controle dentro da obra e, conseqüentemente, nos resultados gerados. Ao analisar a evolução da obra através da plataforma, é possível avaliar os conflitos existentes de projeto e até mesmo os que possam vir a ocorrer durante a execução.

Também é de capacidade do Navisworks a identificação de interferências e simulações gráficas. Estas, por sua vez, analisam diversos cenários de uma obra com o auxílio de opções de câmeras e modos de visualização. Essas análises geradas podem ser desde as fases iniciais e preliminares de uma obra até alguma etapa que ainda não ocorreu. Desse modo, auxilia na melhoria dos resultados do projeto. Tais simulações favorecem na busca da melhoria contínua, auxilia na avaliação dos métodos construtivos adotados, contribui para uma maior previsibilidade das atividades, logística no canteiro para alocação de maquinário e mão de obra.

Segundo Autodesk (2018), a ferramenta TimeLiner é responsável pela simulação da dimensão 4D, sendo capaz de importar o planejamento de diversas fontes. Portanto, é possível conectar o planejamento com os objetos presentes no projeto e assim, criar a simulação. Tal simulação torna-se importante para que o acompanhamento do planejado x executado seja realizado de forma mais ágil. Caso ocorra alguma modificação tanto no planejamento quanto em algum objeto, o TimeLiner irá atualizar automaticamente a simulação do modelo.

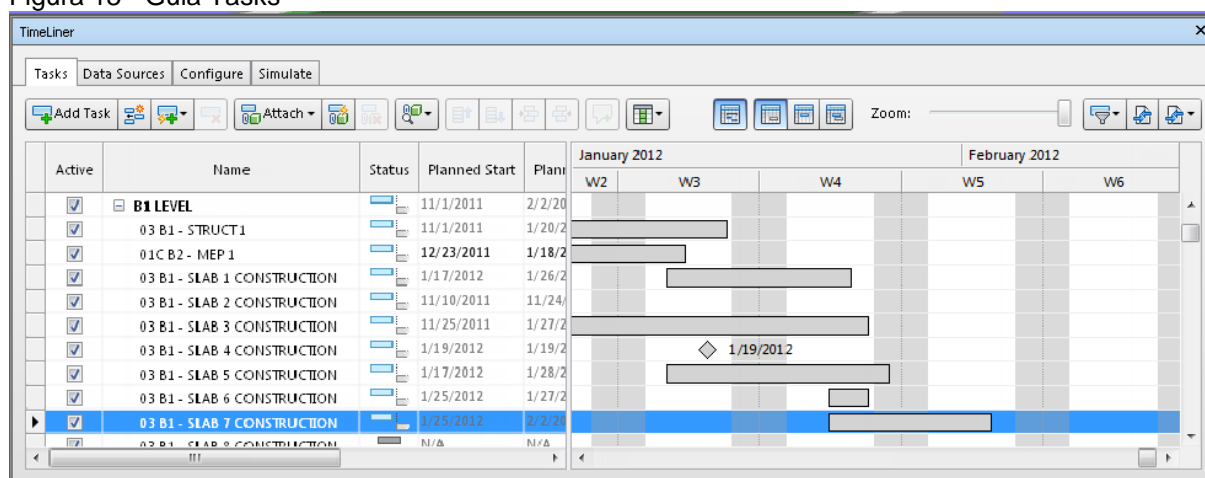
Ao vincular o TimeLiner com outras ferramentas do Navisworks também é possível obter várias funcionalidades, como por exemplo a vinculação com um Object Animation. Esse comando permite que o movimento de um objeto seja determinado com base em uma hora inicial ou no tempo das tarefas. Desta forma é possível otimizar o canteiro de obras, prevendo a locomoção de equipamentos e obstrução de caminhos.

Outra vinculação interessante é a com o Clash Detective. Nela, são permitidas as verificações de interferência no projeto com base no horário. Sua utilização pode ajudar a reduzir os riscos de erros humanos durante as inspeções do projeto. Ele pode ser usado como uma verificação de alteração do projeto, assim como, para checar um projeto inteiro.

Ao vincular o Object Animation e o Clash Detective com a TimeLiner é possível gerar testes de interferências de planejamentos com uma animação. Portanto, ao invés de verificar visualmente alguma tarefa ou sequência do TimeLiner, é mais fácil executar o teste de interferência.

Para Autodesk (2018), na janela do TimeLiner existem quatro guias e a primeira delas é a Guia Tasks. Conforme Figura 13, essa guia mostra todas as tarefas do planejamento e permite criar, alterar e gerenciar tarefas no cronograma do projeto. A tabela em que é mostrada o cronograma é permitido alterar suas colunas de tamanho, colocar em ordem crescente ou decrescente e também, adicionar colunas caso necessário.

Figura 13 - Guia Tasks

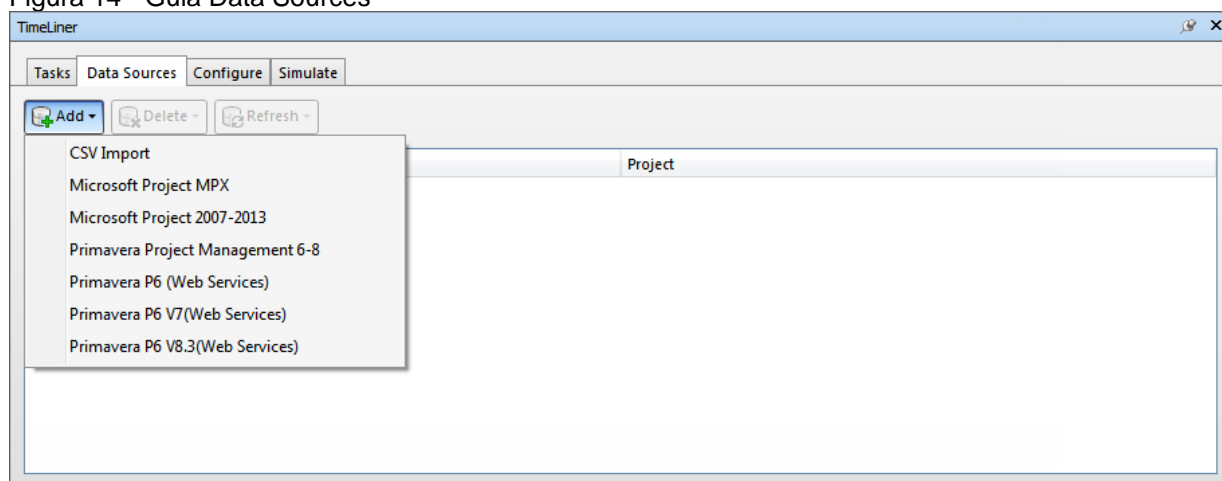


Fonte: Autodesk (2018).

O gráfico de barras gerado na Guia Tasks é o gráfico de Gantt. Com ele é possível analisar o status do projeto, sendo que cada linha é uma tarefa diferente a ser executada. Nesse gráfico é possível alterar a data e ordem das tarefas, assim como estender ou encurtar sua duração e todas as alterações são atualizadas automaticamente no programa.

A segunda guia do TimeLiner é a Data Sources. A Figura 14 mostra que essa guia é utilizada para importar arquivos de origem externa, como por exemplo arquivos salvos em MS Project. Com ela é possível atualizar o planejamento tanto dentro do TimeLiner quanto externamente e depois importá-lo de novo.

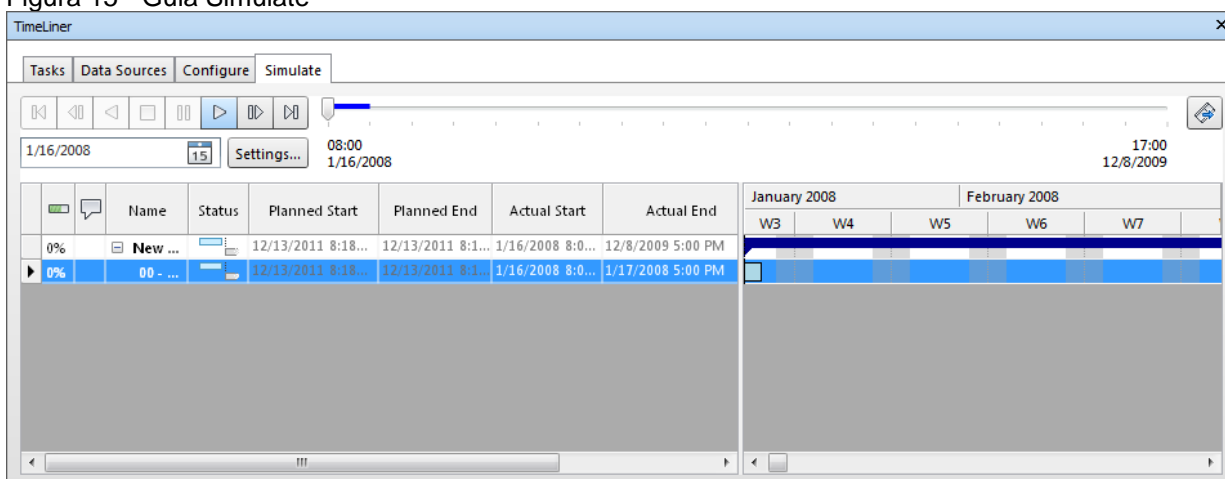
Figura 14 - Guia Data Sources



Fonte: Autodesk (2015).

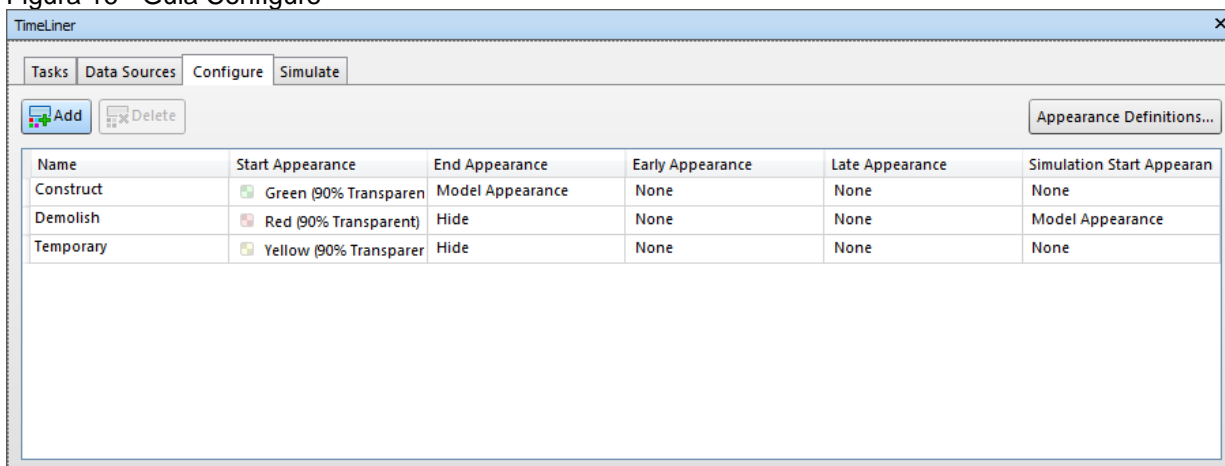
A guia Simulate permite que o projeto seja visualizado em qualquer data do planejamento, com as tarefas ativas no momento. E a guia Configure é capaz de criar novas tarefas e editar as antigas. Ao definir o tipo de uma tarefa, já fica estabelecido o que acontecerá no início e fim de tarefas desse tipo, sendo possível ocultar objetos ou alterar sua aparência. As Figuras 15 e 16 mostram a guia Simulate e a guia Configure, respectivamente.

Figura 15 - Guia Simulate



Fonte: Autodesk (2015).

Figura 16 - Guia Configure



Fonte: Autodesk (2015).

4.1.1 Exemplo

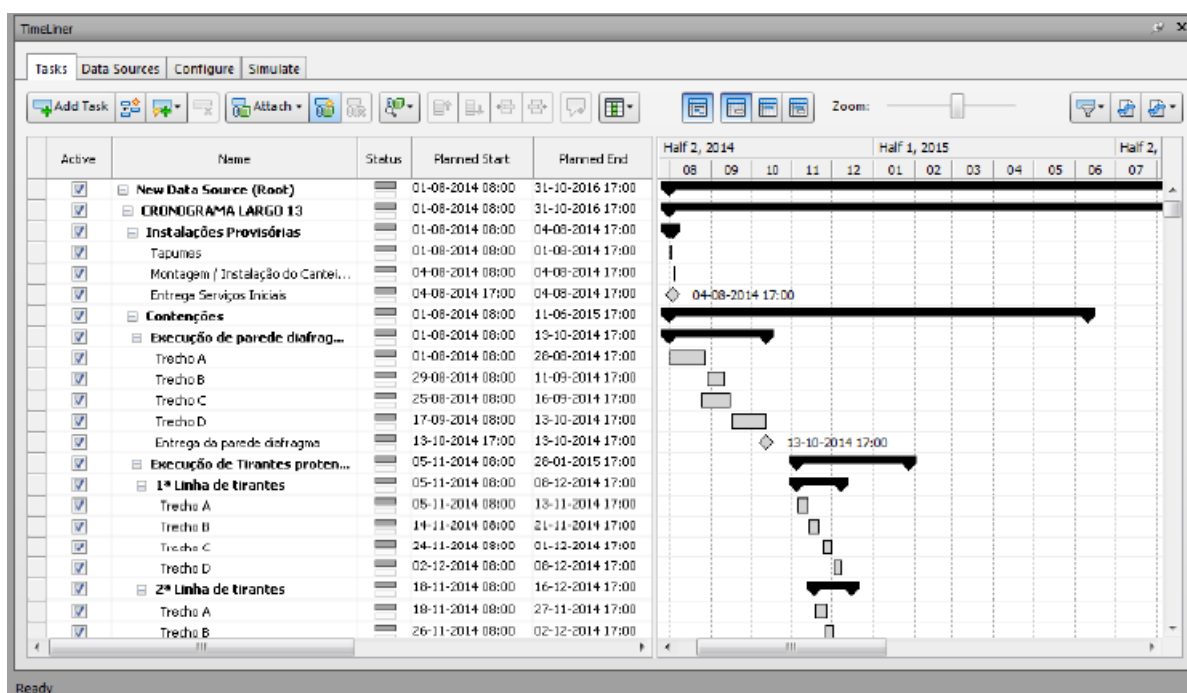
O estudo de caso a seguir foi elaborado pelo Salgado (2016). O projeto arquitetônico trata-se de um edifício com diversos pavimentos e subsolos e o cronograma são cerca de 2500 linhas do MS Project. Os softwares utilizados para essa análise foram o ArchiCAD, MS Project e Navisworks.

O primeiro passo é importar o arquivo em ficheiro *.ifc* para o programa. Por não conseguir ler os layers do Archicad, portanto foi necessário modificar o nome das propriedades IFC. Optou-se por colocar o mesmo nome dos elementos que os representam. Após essa alteração, importou-se novamente os ficheiros *.ifc*. Em

seguida, foi necessário importar o cronograma para o “TimeLiner” do Navisworks. É preciso mantê-lo atualizado, caso ocorra alguma alteração no planejamento base importado para o software.

Embora seja um software que consiga unir planejamento e modelo virtual, o Navisworks não possui ferramentas avançadas de planejamento como o MS Project, apenas permite adicionar novas tarefas, datas de início e finalização, entre outras funções básicas. A Figura 17 mostra o gráfico de Gantt no Navisworks.

Figura 17 – Gráfico de Gantt no Navisworks



Fonte: Salgado (2016).

A ligação das tarefas aos elementos foi feita por meio da opção “Auto-Attach”, onde são criados sets automáticos, sendo que os sets são um grupo de elementos que possui a mesma tarefa. Os sets são ligados automaticamente às tarefas e, para preenchê-los, foram utilizadas duas ferramentas do software: “Selection Tree” e “find items”. O “Selection Tree” localiza os objetos pelos nomes, já o “find items” localiza os elementos por meio de suas propriedades no campo ifc. Para cada tarefa dentro do cronograma, deve-se seguir o mesmo processo. Após a finalização da ligação dos objetos e tarefas, foi possível realizar a simulação 4D.

Por meio da simulação realizada pelo Navisworks, é possível verificar o tempo planejado e o real, assim como a diferença entre eles. Além disso, é possível separar por cor os tipos de tarefas, como por exemplo, construção e demolição.

4.2 Vico

O software Vico é uma abreviação de Virtual Construction, uma plataforma BIM, uma vez que oferece soluções de questões orçamentárias, planejamento, gestão de projeto, de custos, etc. É um sistema operacional de bastante interesse, por ser um software de planejamento e orçamento, operando de forma integrada. O Vico possui compatibilidade com diversos programas de modelação e tem como base modelos 3D do projeto.

Embora o foco do estudo seja o planejamento integrado com a modelagem 3D, para iniciar o planejamento é necessário antes realizar o orçamento da obra. Para o software é uma questão lógica, já que custo e tempo estão sempre dependendo um do outro, por exemplo, o prazo de execução de uma atividade varia com o custo da mesma, uma modificação no planejamento está diretamente relacionada com a mão de obra e prazo. Além disso, outra característica muito relevante do Vico e, única entre os três softwares estudados, é a sua capacidade de atualizar automaticamente as quantidades e duração das tarefas quando o projeto sofre alterações. Dessa forma, com o planejamento e orçamento sendo alterados, evita-se maior chances de erros.

Portanto, sua principal função é integrar o planejamento e orçamento ao modelo BIM. Com relação ao planejamento e acompanhamento da obra, a plataforma oferece diversas ferramentas que facilitam sua execução, como por exemplo, a Schedule Planner. Com ela, todos os insumos de materiais, equipamentos e mão de obra são associados às tarefas do planejamento, já com quantidades e custos. Vale ressaltar que o planejamento realizado no Vico é baseado em Linha de Balanço facilitando a otimização, estudo de cenários e análise de risco do projeto. Além disso, com essa ferramenta também é possível calcular durações com base na produtividade e planejar tarefas por localização com organização de equipes.

Outra ferramenta que vale o destaque é a LBS Manager. Ela permite a divisão da estrutura em partes menores, facilitando assim a gestão do projeto. A partir do momento em que ocorrem essas repartições, as quantidades são automaticamente divididas e, posteriormente, todos os custos.

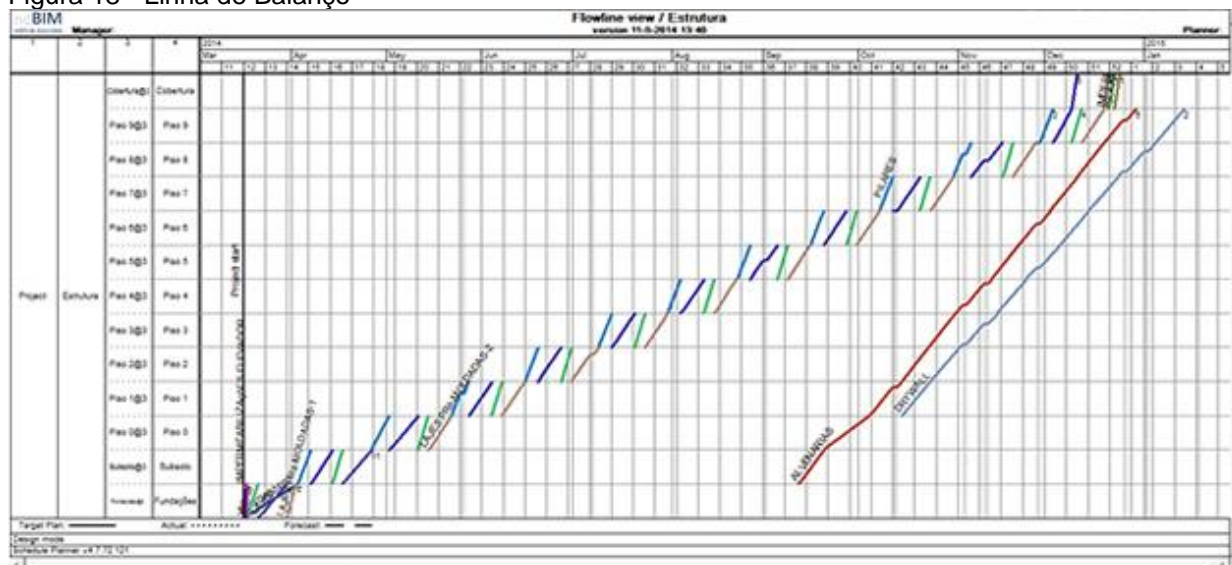
O Production Controller possibilita que a produtividade real seja calculada pelo software a partir das informações de acompanhamento de obra. Além disso, ela é capaz de gerar relatórios para comparar os dados executados com os planejados na linha de base. Tais relatórios são em forma de histograma de recursos e dados físico-econômicos. Nessa ferramenta existe também alertas para identificar interferências que necessitam de planos de ação. Outra capacidade do Vico é através da ferramenta Takeoff Manager. Por meio dela são gerados quantitativos com base nas propriedades dos elementos 3D do modelo, criando assim um mapa de quantitativo.

4.2.1 Linhas de Balanço

Segundo ndBIM (2016), o método de planejamento e acompanhamento de projeto mais comum é por meio dos diagramas de Gantt. Seu principal objetivo é planejar carga de trabalho, prazos e responsabilidades, no entanto, essa metodologia não foi desenvolvida para monitorar múltiplas equipes, embora seja bastante usado para esse fim. Já a Linha de Balanço apresenta algumas características em que se destaca do diagrama de Gantt, algumas delas são: múltiplas localizações, representação da continuidade das tarefas, visualização de dependências, planejamento de equipes e produtividade.

Desse modo, pode-se concluir que a Linha de Balanço é uma metodologia gráfica de planejamento, onde em uma só vista é possível identificar todas as atividades, representadas pelas linhas, e as localizações, representadas no eixo vertical. No eixo horizontal se encontra o tempo e a inclinação das linhas revelam a produtividade das atividades, dado que quanto maior a inclinação da linha, maior o rendimento. Na Figura 18 é possível ver um gráfico Linha de Balanço.

Figura 18 - Linha de Balanço



Fonte: ndBIM (2016).

Como pode-se observar, a Linha de Balanço indica o sequenciamento das atividades pelas unidades de repetição da obra (por exemplo, pavimentos). E, por essa facilidade de visualização e análise de tarefas, acaba ocasionando em uma otimização na gestão e uma melhor continuidade nos serviços, além de maior aproveitamento das regiões do canteiro ao longo da obra.

Algumas vantagens da Linha de Balanço, de acordo com a ndBIM (2016) são:

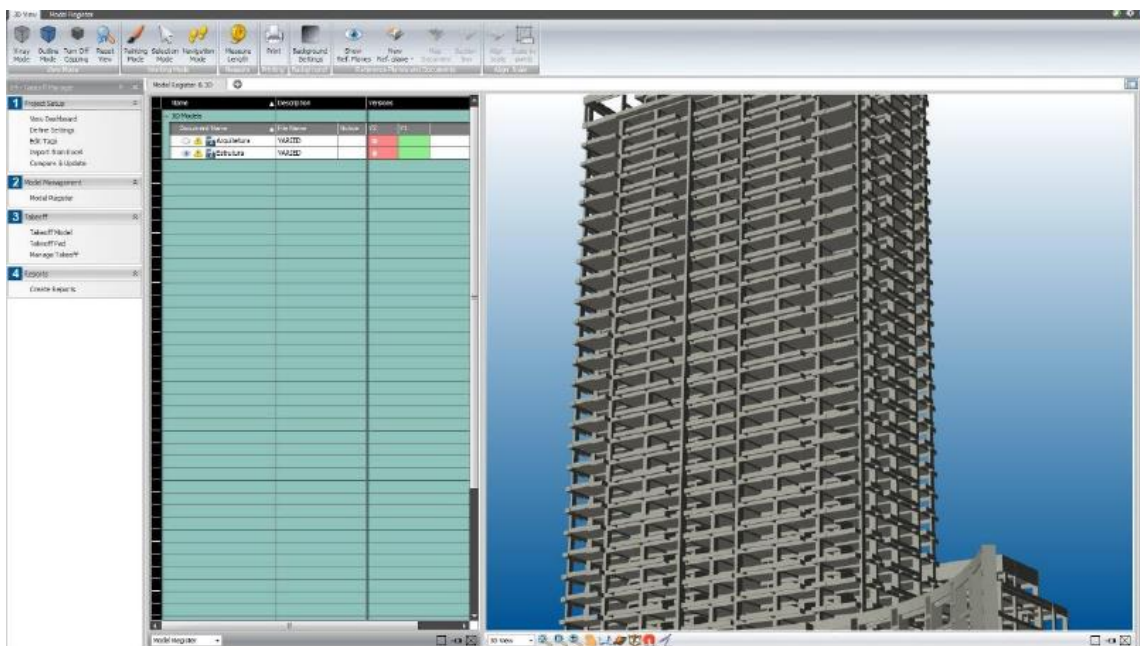
- Redução do prazo total da obra: ocorre devido à otimização por meio da Linha de Balanço.
- Permite gerir riscos, continuidade, reduzir conflitos entre análises críticas gerir durações e continuidade.
- Maior continuidade da obra, já que reduziu as interrupções e manteve as equipes para trabalhar por mais tempo.
- A duração das tarefas é de forma automática.

4.2.2 Exemplo

O estudo de caso a seguir foi realizado pelo Salgado (2016). O projeto arquitetônico trata-se de um edifício com diversos pavimentos e subsolos e o cronograma são cerca de 2500 linhas do MS Project. Os softwares utilizados para essa análise foram o ArchiCAD, MS Project e VICO.

Primeiramente foi preciso importar o arquivo para o VICO conforme a Figura 19. Em seguida, foi preciso ativar o modelo, para que ele gere quantitativos. Tais quantitativos são multiplicados pela produtividade e, com isso, fornecem a duração da tarefa. Isso é uma das principais características do programa que o torna diferente e mais completo que os outros citados.

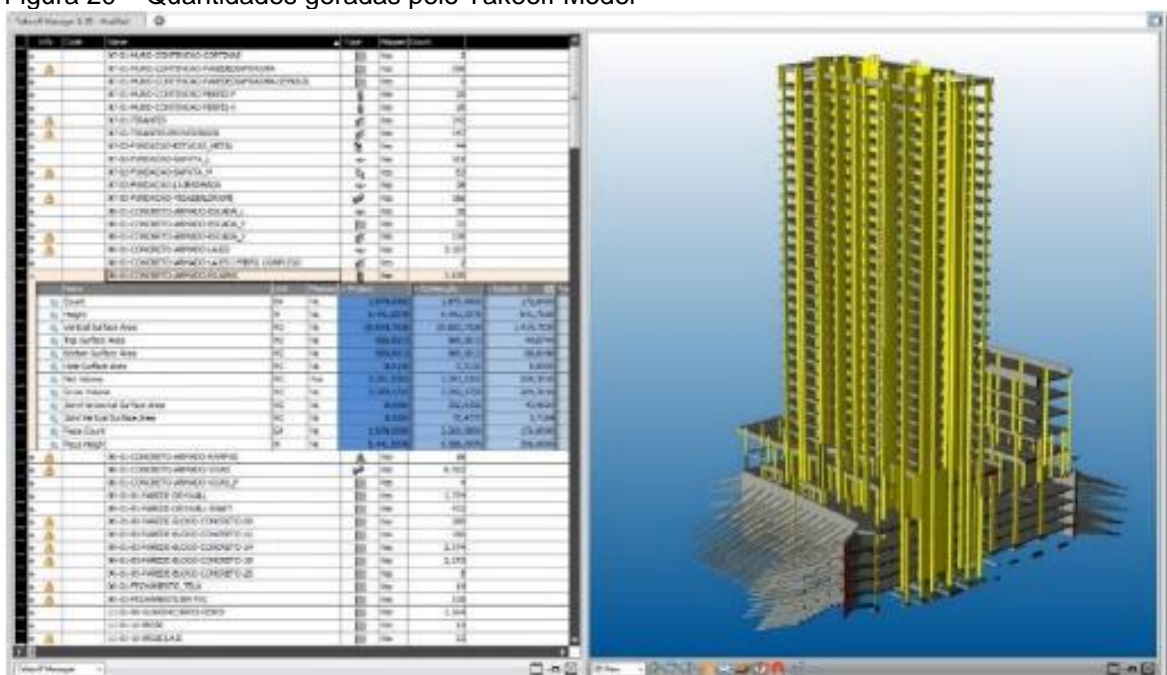
Figura 19 – Importação do modelo para o software



Fonte: Salgado (2016).

Após todo o processo de ativação do modelo, espera-se para que sejam calculadas todas as quantidades do projeto. É possível conferir, por meio de uma janela chamada “Takeoff Manager” e em seguida clicando em “Takeoff Model”, se todos os requisitos para levantar o quantitativo estão corretos, assim como obter a informação de quantos elementos existem para cada tipo. Pode-se analisar a janela “Takeoff Model” aberta no programa na Figura 20. Observa-se também que existem duas cores predominantes no presente modelo, elas também fazem parte da configuração, facilitando a visualização.

Figura 20 – Quantidades geradas pelo Takeoff Model

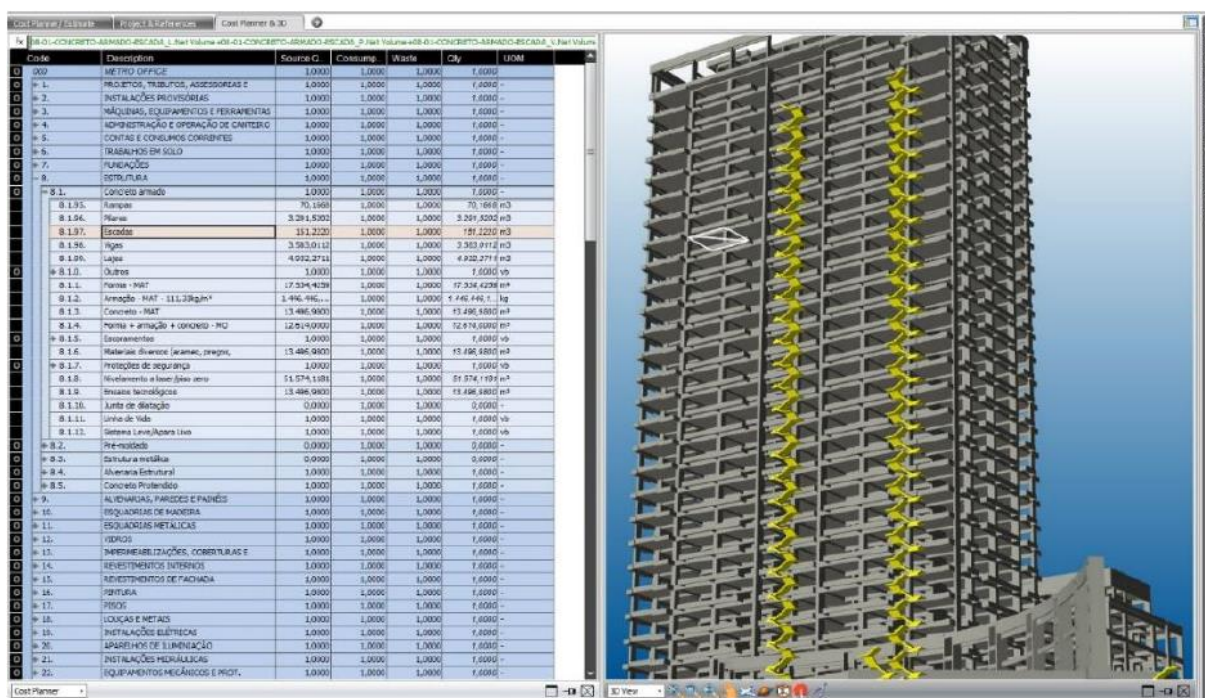


Fonte: Salgado (2016).

Outra característica do VICO que o torna mais completo é a solicitação da criação do orçamento para que ele também seja integrado com o planejamento referente ao modelo BIM. Dessa forma, os custos e serviços já estarão distribuídos no tempo e, o planejamento físico andarรก sempre com o planejamento financeiro do empreendimento. Sendo assim,   necessário obter um orçamento para o modelo. O software possibilita importar a partir do Excel ou criar um orçamento pelo próprio programa mesmo.

Com o orçamento finalizado,   necessário relacionar os elementos aos itens do orçamento. Para facilitar a relação, pode-se visualizar o “Cost Planner” e o “3D View” em janela dupla, conforme mostrado na Figura 21.

Figura 21 – Cost Planner e 3D View



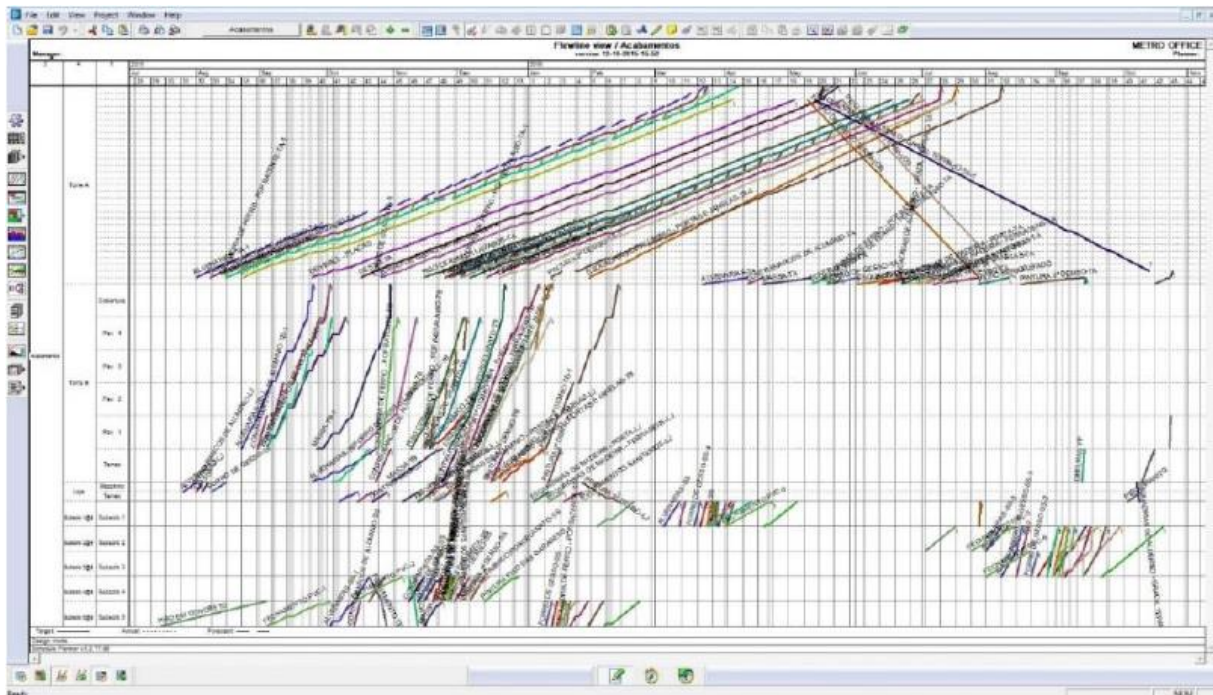
Fonte: Salgado (2016).

A próxima etapa é a criação de tarefas e, para isso, utilizou-se a ferramenta “Task Manager” que faz parte da “Schedule Planner” já citada anteriormente. O software permite a criação de tarefas, portanto, foi inserido apenas as tarefas resumo e o próprio VICO faz as divisões de onde se encontram os elementos do detalhamento do planejamento. No entanto, embora tenha essa função, ele também aceita cronogramas do MS Project ou Excel.

Devido ao planejamento do software ser a base das Linhas de Balanço e o MS Project ser basicamente o CPM, não é indicado que o cronograma seja copiado para a plataforma diretamente. Aconselha-se que seja preparada uma folha de anexo tanto no MS Project quanto no Excel. Já com as tarefas criadas e o orçamento elaborado, o próximo passo é associar o orçamento às tarefas, de modo que os custos sejam ligados aos seus respectivos elementos.

Optou-se por planejar pelo método das Linhas de Balanço, já que o VICO é o único software que permite planejar tanto em Gantt quanto em Linhas de Balanço. Depois de todas as informações inseridas é possível obter o planejamento e, este pode ser visualizado e modificado a qualquer momento. A Figura 22 mostra uma parte do cronograma na linha de balanço.

Figura 22 – Linha de Balanço



Fonte: Salgado (2016).

Por fim, executa-se a simulação 4D para verificar erros de incompatibilidade, principalmente após relacionar as tarefas com os objetos. Durante a simulação, é possível adicionar cores ao modelo para facilitar a leitura e entendimento do sistema. Conforme análises de Salgado (2016), por possuir ferramentas avançadas, O VICO pode ser considerado um verdadeiro software de planejamento. No entanto, seu fabricante sugere uma memória RAM de 16GB para que o software flua melhor, dificultando seu acesso.

4.3 Synchro Pro

O Synchro Pro é um software que permite trabalhar em tempo real com a funcionalidade 4D. Ele tem a capacidade de comunicar, planejar e gerenciar tarefas de forma eficiente e rápida, além disso, busca descobrir e reduzir os riscos do projeto acompanhando o progresso e conflitos ao longo do planejamento e execução.

Essa plataforma é caracterizada por ter uma ótima interoperabilidade, o que significa uma boa relação entre os profissionais na hora da elaboração do projeto, além de não ter perdas significativas durante a transferência de dados para o software. Ademais, o Synchro oferece análise de cenários, elaboração de relatórios capazes de identificar as atividades, as áreas de trabalho e os equipamentos e customização e animação 4D.

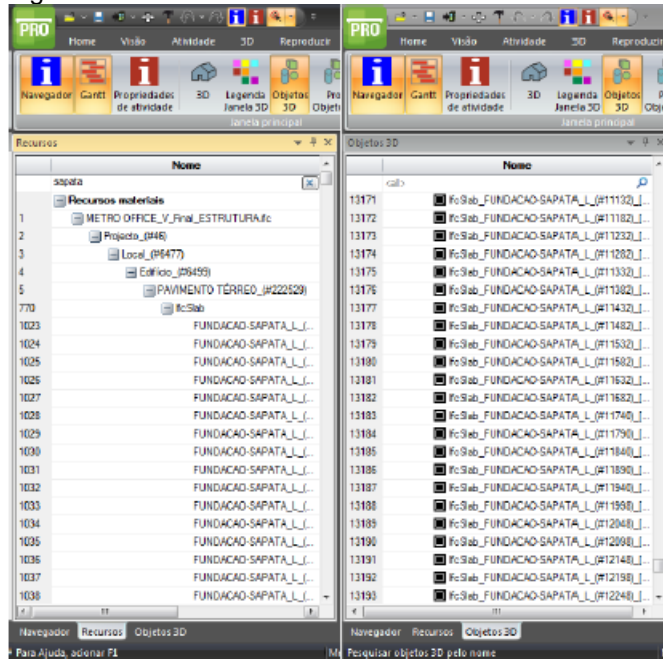
O software possui ótimas ferramentas voltadas ao planejamento e ao importar uma planilha de planejamento, é preciso escolher o que deseja importar, tais informações podem ser: tarefas, calendários, custos, entre outros. Desse modo, pode-se considerar o Synchro um software completo de planejamento juntamente com a modelagem virtual. Uma característica relevante do programa é que seu ficheiro aceita apenas o formato XML.

4.3.1 Exemplo

O exemplo a seguir foi realizado pelo Salgado (2016) e tem como base as mesmas informações iniciais do projeto citado anteriormente nos itens 4.1.1 e 4.2.2 – Exemplo Navisworks/VICO. Partindo desse pressuposto, o modelo foi importado para o software via IFC e após a importação, não apresentou perdas visuais de informação. Assim como o Navisworks, o Synchro também apresentou um problema no reconhecimento dos layers do Archicad, sendo necessário alterar o nome dos objetos importados.

Após a alteração dos nomes, importou-se novamente o arquivo e, como é possível observar na Figura 23, tanto os elementos como os objetos estão com o mesmo nome, o do vegetal que pertencem.

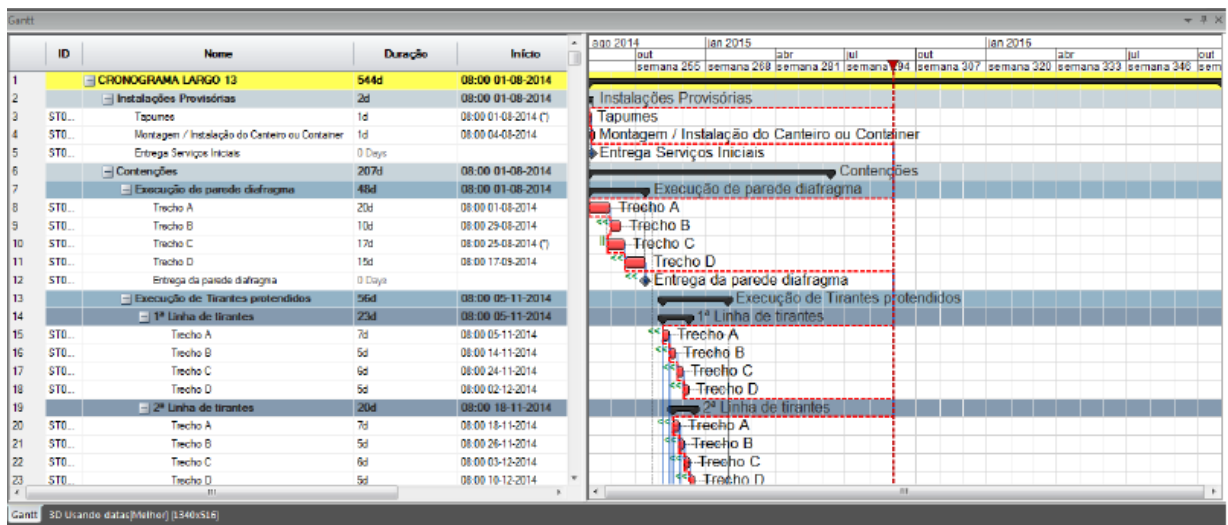
Figura 23 – Nomenclatura alterada



Fonte: Salgado (2016).

Já com a alteração de nome dos arquivos e com o modelo 3D pronto, o próximo passo é a importação do cronograma em ficheiro MS Project. Ao importar o planejamento, o software abre uma janela para que seja importado apenas o que gostaria, como por exemplo, tarefas, calendários, custos e recursos. Assim, já se tem um planejamento com o gráfico de Gantt, de acordo com Figura 24.

Figura 24 – Planejamento MS Project



Fonte: Salgado (2016).

Para que a simulação 4D seja criada, é preciso que tarefas e objetos estejam interagindo entre si. Por se tratar de um modelo com diversos objetos, fazer a ligação entre elementos e tarefas iria demandar muito tempo, portanto, optou-se pelos filtros do Synchro Pro. O software possui duas opções de filtros, os que são criados manualmente e os de criação automática por meio de regras.

Para a criação manual são necessárias três janelas: recursos, navegador e objetos. O navegador é para criar novos filtros, ativa-los ou desativa-los, já os recursos são para visualização dos elementos e seus nomes e a janela objeto possui o mesmo significado que os recursos. Com os filtros finalizados, é preciso que eles sejam ligados às tarefas correspondentes. Após todas as tarefas relacionadas com os objetos, é dado início à simulação 4D.

A partir dessa simulação, é possível observar se houve erros de incompatibilidade, além de visualizar pelo menos uma vez depois que as tarefas e objetos estejam relacionados. O Synchro é um software mais complicado para trabalhar e exige um computador com uma boa capacidade de memória RAM. No entanto, possui ferramentas avançadas de planejamento

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A indústria da construção civil está em constantes mudanças, visto que a competitividade está aumentando, a busca por tecnologias que facilitem o dia a dia da empresa e até mesmo para ser utilizada em marketing, os consumidores que estão cada vez mais exigentes para a aquisição de bens, todos esses fatores acabaram levando diversas construtoras a uma busca por métodos de planejamento e controle mais eficazes.

E assim, encontrou-se a plataforma BIM. Suas áreas de aplicação no setor de construção são enormes e possuem diversas ramificações. O BIM pode ser utilizado como auxílio para demolição, fase inicial, preparação, construção, ou seja, ele pode estar presente em todo o ciclo de vida do empreendimento. Durante a elaboração desse trabalho foram utilizados os seguintes softwares 4D: Navisworks, Vico e Synchro Pro e ao longo dos estudos foi possível perceber suas vantagens e suas particularidades.

O Navisworks é uma plataforma mais intuitiva e de ótima usabilidade, no entanto, ainda tem o que melhorar em alguns aspectos. Por ser um programa que integra planejamento e modelagem virtual, deveria possibilitar alterações no cronograma no software além de mais ferramentas e recursos mais avançados de planejamento. Sua interoperabilidade também é deficiente, ao importar arquivos de programas de modelagem ocorre perda de dados do projeto, além disso os layers dos programas comumente utilizados não são reconhecidos no Navisworks.

Já o Vico é o software mais completo dos três estudados. Por ele exigir o orçamento da construção antes mesmo do planejamento, ele acaba sendo diferenciado dos demais. Isso se torna uma vantagem, uma vez que estará tudo interligado e qualquer alteração feita no modelo, afetará tanto o tempo quanto o custo evitando erros despercebidos e gastos indevidos. Por ser um software mais completo, ele acaba exigindo um conhecimento prévio para que possa usufruir de todas suas atribuições.

O Synchro Pro é um software que integra modelagem 3D com planejamento, permitindo que alterações ao cronograma sejam realizadas por meio da plataforma, o que auxilia bastante assim como o Vico, a evitar erros despercebidos. Ao contrário

do Navisworks, ele possui diversas ferramentas voltadas para o planejamento, mas não se compara com o Vico que vai além do planejamento e possui cálculo de quantidades e orçamentos. O Synchro Pro possui uma particularidade, o ficheiro do MS Project só é aceito em formato XML.

Assim como qualquer outro programa de modelagem ou planejamento, os softwares citados no trabalho tem suas vantagens e pontos a melhorar. A interoperabilidade foi um item que, durante estudos e leituras, percebeu-se maior fonte de reclamação devido à perda de informação durante a importação dos arquivos. Acredita-se que todos estão em constante transformação para que cada vez mais atenda a indústria AEC.

Embora ainda tenha alguns dispêndios, o planejamento 4D é viável e até mesmo importante para as empresas do ramo de construção. Com o BIM 4D é possível ter um acompanhamento virtual e preciso das obras, assim como a identificação rápida de conflitos por meio da modelagem 3D, detecção e testes de impacto para alterações de cronograma, além de possibilitar simulações para qualquer situação auxiliando na tomada rápida de decisão e evitando riscos e acidentes no canteiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUTODESK. **Revit**. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/revit/overview>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

BibLus. **IFC e BIM: IFC, o que é e para que serve? Qual é a ligação com o BIM?**. 2017. Disponível em: <<http://biblus.accasoftware.com/ptb/ifc-o-que-e-e-para-que-serve-qual-e-a-ligacao-com-o-bim/>>. Acesso em: 08 nov. 2018.

CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO.
Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras – Fundamentos BIM. Brasília, CBIC, 2016.

EASTMAN, Chuck *et al.* **Manual de BIM**. Porto Alegre. Bookman, 2014.

HAMED, Luciano. **BIM DO 3D AO 7D. 2017**. Disponível em: <<https://hashtagbim.wordpress.com/2015/10/12/bim-do-3d-ao-7d/>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

HASHTAGBIM. **Bim do 3D ao 7D**. Disponível em: <<https://hashtagbim.wordpress.com/2015/10/12/bim-do-3d-ao-7d/>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

HELP, Autodesk. **Guia Tasks**. 2018. Disponível em: <<https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/navisworks-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/PTB/Navisworks/files/GUID-91B08CFD-0B6B-4A2B-A853-BC8E173BA78C-htm.html>>. Acesso em: 16 dez. 2018.

IN COMPANY TI. **Gráfico de Gantt: Project Professional 2010**. Disponível em: <<https://incompanyti.wordpress.com/2012/10/30/o-grafico-de-gantt/>>. Acesso em: 19 dez. 2018.

JACOSKI, C.. **Integração e interoperabilidade em projetos de edificações: uma implementação com IFC XML**. 2003. 219f. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção)–Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Acesso em 06/11/2018.

Mattos, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: Pini, 2010.

MCGRAW-HILL CONSTRUCTION. **Interoperability in the construction industry smartmarket report**. Nova Iorque, 2012. Disponível em: <<https://bimforum.org/wp-content/uploads/2012/12/MHC-Business-Value-of-BIM-in-North-America-2007-2012-SMR.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2018.

MDIC, Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Guias BIM ABDI-MDIC: Processo de Projeto BIM**. 2017. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/ce-bim/guias-bim>>. Acesso em: 08 out. 2018.

MÜLLER, F. M. **A interoperabilidade entre sistemas CAD de projetos de estruturas de concreto armado baseada em arquivos IFC**. 2011. 129f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011. Acesso em 06/11/2018.

NAVISWORKS, Autodesk. **Fluxo de trabalho do TimeLiner**. 2016. Disponível em: <<http://help.autodesk.com/view/NAV/2016/PTB/?guid=GUID-96D92B8A-CD9D-4E25-A549-0EB2BF15B5CE>>. Acesso em: 18 dez. 2018.

NAVISWORKS, Autodesk. **Uma metodologia avançada de planejamento potenciada pelo BIM. 2016**. Disponível em: <<http://help.autodesk.com/view/NAV/2016/PTB/?guid=GUID-96D92B8A-CD9D-4E25-A549-0EB2BF15B5CE>>. Acesso em: 18 dez. 2018.

NAVISWORKS, Autodesk. **Visão geral da ferramenta TimeLiner**. 2018. Disponível em: <<https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/navisworks-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/PTB/Navisworks/files/GUID-D0D36E3D-F1D0-43B6-AB4E-2E7799B340A3-htm.html>>. Acesso em: 16 dez. 2018.

ndBIM, Virtual Building. **Uma Metodologia de Planejamento Potenciada pelo BIM**. Disponível em: <<http://ndbim.com/index.php/pt/component/k2/item/4-uma-metodologia-avancada-de-planeamento-potenciada-pelo-bim>>. Acesso em: 12 dez. 2018.

NEMETSCHek COMPANY. **Vectorworks**. Disponível em: <<https://www.vectorworks.net/en/architect>>. Acesso em: 10 dez. 2018.

SALGADO, Pedro Miguel Lopes. **Planeamento e controlo de projetos em ambiente colaborativo com recurso a ferramentas BIM**. 2016. 146 p. Dissertação de Mestrado (Mestre em Engenharia Civil) - Universidade do Minho, [S.l.], 2016. Disponível em:

<https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/40367/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Pedro_Salgado_2015.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2018.