

# AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE MODELAGEM DA EDIFICAÇÃO E DO CANTEIRO DE OBRAS NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS 4D

**Emerson de Andrade Marques Ferreira<sup>(1)</sup>; Flávia Dantas de Matos<sup>(2)</sup>;**  
**Marina da Silva Garcia<sup>(3)</sup>**

(1) Universidade Federal da Bahia, Professor da Escola Politécnica, e-mail: [emerson@ufba.br](mailto:emerson@ufba.br)

(2) Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Arquitetura, e-mail: [flaviadmatos@gmail.com](mailto:flaviadmatos@gmail.com)

(3) Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Arquitetura, e-mail: [marinagarcia.arq@gmail.com](mailto:marinagarcia.arq@gmail.com)

## **Resumo**

*Uma das dificuldades enfrentadas pelas construtoras é a visualização correta do planejamento da obra ao longo do tempo e a sua integração com os elementos do canteiro. Este trabalho procura avaliar a utilização e a integração de um software gratuito de modelagem 3D (SketchUp), com um software de coordenação espacial e análise de projetos (Navisworks) e um software de planejamento de obras (MSProject), e identificar as etapas necessárias para a modelagem da edificação e dos elementos do canteiro, e para a exportação e integração do modelo e do planejamento no software de gerenciamento de projetos. Para o desenvolvimento do trabalho foi realizado um estudo de caso com o projeto de um edifício em 4D, incluindo a modelagem dos elementos e componentes da edificação e dos elementos do canteiro, e o planejamento da sua execução. Os resultados apresentados incluem as dificuldades enfrentadas no desenvolvimento do trabalho, as vantagens e desvantagens observadas, e as recomendações para o desenvolvimento de outros projetos em 4D com os referidos softwares.*

**Palavras-chave:** BIM, Projeto 4D, Canteiro de Obras.

## **Abstract**

*One of the difficulties faced by constructors is to view the building planning and its integration with the site elements on future dates. This study evaluates the use and integration of a free 3D modeling software (SketchUp), with a software for coordination and spatial project analysis (Navisworks) and a software for work planning (MSProject), and identify the steps needed to modeling the building and the site elements, and for export and integrate the model and the planning in the project coordination and management software. The work was developed with a case study of a 4D building project, including the modeling of building elements and components and site elements, and the planning for its implementation. The results presented include the difficulties faced during the work development, the advantages and disadvantages noted, and recommendations for the development of other projects in 4D with the above software.*

**Keywords:** BIM, 4D Project, Site Planning.

## **1. INTRODUÇÃO**

Uma das dificuldades enfrentadas pelas construtoras é a visualização correta do planejamento da obra ao longo do tempo e a sua integração com os elementos do canteiro.

A partir do desenvolvimento de projetos 4D é possível simular a sequencia construtiva e assim, visualizar de forma mais eficiente o desenvolvimento da obra ao longo do tempo e detectar interferências e falhas de projeto ou de planejamento. Os modelos 4D ajudam a visualizar as restrições e as oportunidades da programação para melhorias do planejamento

com re-sequenciamento das atividades ou da relocação do espaço de trabalho. Além disso, os modelos 4D ajudam a analisar a programação e a visualizar os conflitos que não são aparentes no gráfico de Gantt ou nos diagramas em rede (HAYMAKER; FISCHER, 2001).

A utilização de sistemas BIM para modelagem de informações da edificação, possibilita entre outros aspectos, a inclusão de informações a projetos em 3D, relacionadas aos períodos de início e término das atividades, custos, características dos materiais e análise de interferências no projeto e entre projetos, contribuindo para a coordenação e o desenvolvimento integrado de projetos, para um melhor planejamento da execução e do canteiro de obras, e para uma melhor operação e manutenção dos empreendimentos após a sua conclusão. Segundo EASTMAN et al (2011), BIM é mais do que um software ou um produto, é uma atividade humana que implica em uma nova forma de projetar, construir e gerenciar.

Diversos trabalhos discutem o desenvolvimento de projetos 4D, em que são incorporados ao projeto em 3D informações relativas ao planejamento da execução das atividades de construção da edificação, com discussão de aspectos relativos ao processo de modelagem (SILVEIRA; GÓMEZ; JUNGLES, 2004), (JONGELING; OLOFSSON, 2007), (FOUQUET; SERRA, 2011). Alguns autores discutem as possibilidades do uso de projetos 4D para o planejamento do canteiro de obras, porém os estudos encontrados foram relativos ao planejamento da segurança do canteiro (SULANKIVI et al, 2010) e orientações para utilização do BIM em diversos aspectos ligados ao gerenciamento das construções sem aplicações ao estudo dos planos de ataque e dos canteiros de obras propriamente ditos (HARDIN, 2009). Não foram encontrados até o momento trabalhos com discussão do processo de modelagem das atividades temporárias como os elementos do canteiro e as suas modificações durante a execução da edificação.

Este trabalho procura avaliar a aplicação e o processo de desenvolvimento de projetos 4D para o planejamento da construção e para o estudo do canteiro de obras de edificações.

## 2. METODOLOGIA

Para avaliar a aplicação e o processo de desenvolvimento de projetos 4D para o planejamento da construção e para o estudo do canteiro de obras de edificações, foi realizado um estudo de caso com a modelagem de uma edificação de múltiplos pavimentos.

Inicialmente, foi feita uma análise de programas de modelagem, que foram pesquisados e avaliados em relação à capacidade de modelagem da obra e estudo do canteiro de obras. O software adotado foi o Google Sketch Up, por ser de uso gratuito e, por isso, mais facilmente implementável à realidade dos canteiros de obra brasileiros.

No estudo de caso, todos os procedimentos necessários para o desenvolvimento do produto final foram executados: desde a modelagem de uma maquete eletrônica no software SketchUp, que inclui o modelo do edifício e seu canteiro com suas diferentes fases, fluxos e elementos diversos, até a criação do planejamento da obra no MS Project e a integração destes, no software de coordenação Autodesk Navisworks.

Foram identificadas as etapas necessárias para a modelagem da edificação e dos elementos do canteiro, e para a exportação e integração do modelo e do planejamento no software de gerenciamento de projetos.

O estudo do canteiro de obras proposto para a construção da edificação e utilizado na modelagem foi desenvolvido de acordo com a metodologia proposta por FERREIRA (1988). A avaliação do trabalho desenvolvido inclui as dificuldades encontradas no seu desenvolvimento, as vantagens e limitações observadas e as recomendações para o desenvolvimento de outros projetos em 4D com os referidos softwares.

### 3. ESTUDO DE CASO

Para o estudo de caso adotou-se um projeto arquitetônico existente na cidade de Salvador, a partir do qual foi elaborado o planejamento da obra e do canteiro e uma maquete eletrônica. Nesta maquete foram representados elementos do edifício, desde as garagens ao pavimento tipo, com estrutura, alvenarias e revestimento, e elementos de canteiro, com áreas de vivência incluindo escritórios, sanitários e vestiários, equipamentos de transporte gruas e elevadores, itens de segurança bandejas e guarda corpos, e centrais de produção. Concluída a maquete virtual, com o auxílio do software Autodesk Navisworks, pôde-se unir este modelo 3D ao planejamento da obra e, desta forma, realizar as análises de interferências da execução da obra na localização dos elementos do canteiro com ajuste das datas de suas modificações em função do planejamento da obra, como pode ser visto na Figura 1 e na Figura 2 a seguir.

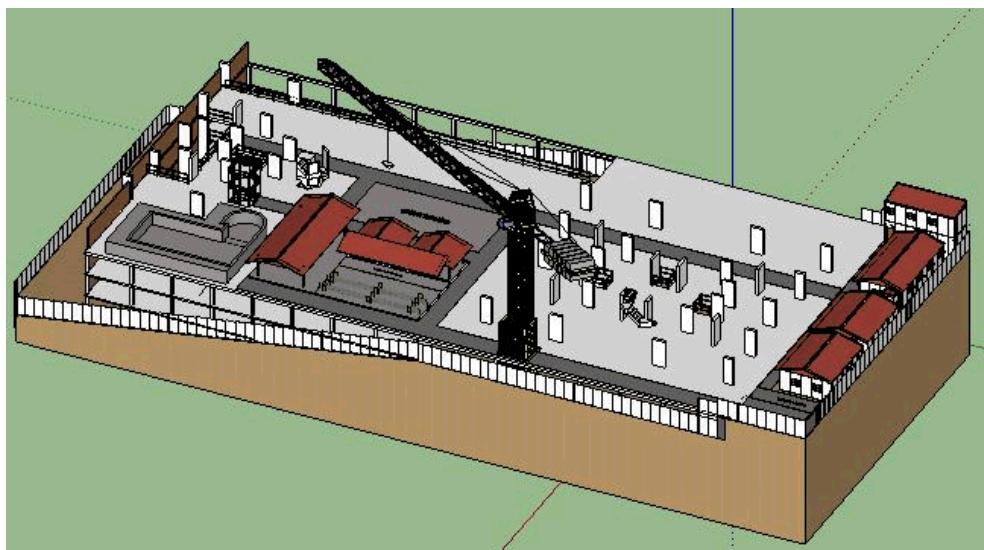


Figura 1 – Desenvolvimento da obra Fase 2

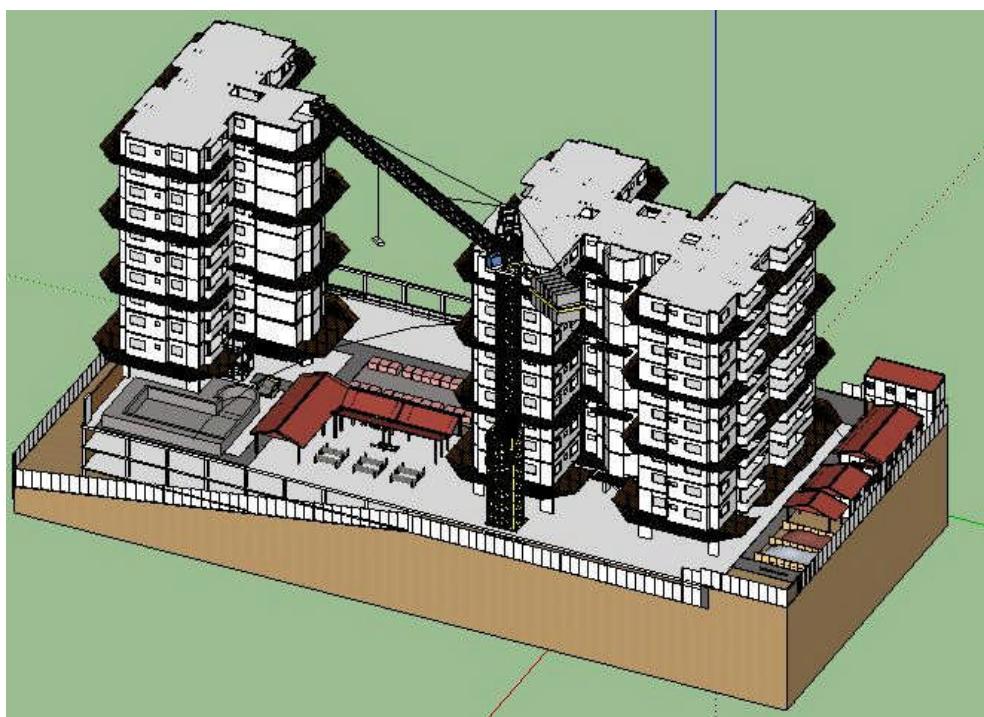


Figura 2 – Desenvolvimento da obra Fase 3

### 3.1. Aspectos de modelagem e interligação com o cronograma

Para o desenvolvimento de uma maquete eletrônica, inicialmente, deve-se fazer o planejamento da modelagem – o que consiste em definir quais componentes serão representados e o nível de detalhamento destes (CIC, 2010), (AUTODESK, 2010). Para agilizar o processo de modelagem é recomendável a criação de uma biblioteca de elementos utilizados nas construções, esta deve ser alimentada a longo prazo, à medida que novos projetos surjam e esta tecnologia seja aplicada.

No caso, do Google SketchUp, a modelagem é feita através da criação de objetos que são constituídos de linhas e faces, estas podem ser associadas e formar grupos que devem ser organizados em layers. No entanto, é importante ressaltar que o Navisworks – software de visualização 4D utilizado no estudo de caso – reconhece o layer primário do elemento (linha, face), ainda que este esteja em um grupo de layer diferente, o que pode gerar erros no link com o cronograma do MS Project. Dessa forma, para evitar problemas e retrabalho, deve-se modelar todos os elementos e organizá-los em grupos no “Layer 0”, somente os grupos globais que efetivamente aparecerão no cronograma devem ser nomeados em seus respectivos layers.

Exemplo (modelagem de bandeja do primeiro pavimento):

- Tábuas de madeira – Layer 0
- Elemento de fixação – Layer 0
- Unidade de bandeja – Layer 0
- Conjunto de bandejas do 1º pavimento – Layer Bandeja1

No Autodesk Navisworks é possível criar uma interligação entre o cronograma do MSProject e os objetos em layers do SketchUp e simular o andamento da obra ao longo do tempo. Para que este link seja realizado automaticamente, é imprescindível que os layers e as atividades do planejamento estejam exatamente com o mesmo nome – sem alteração de letras maiúsculas e minúsculas ou espaçamentos, caso contrário, o Navisworks não reconhecerá a relação entre os arquivos e o procedimento precisará ser feito manualmente, o que não é vantajoso devido à alta complexidade do objeto de estudo. Além disso, é importante atentar para o fato de que, antes de exportar o arquivo do SketchUp para o software 4D é necessário que todos os layers estejam ativados, pois os elementos contidos em layers desativados não são identificados pelo Navisworks.

### 3.2. Aspectos de organização no Navisworks

Após feita a interligação entre o cronograma e o modelo 3D no Navisworks, para que seja possível a visualização da simulação, é preciso determinar o **Tipo de Tarefa** de cada atividade, que pode ser: **a construir, temporária, ou a demolir**. Estes tipos de tarefa serão tratados de maneira distinta, influenciando a forma de exibição dos objetos na simulação 4D.

A diferenciação dos tipos de tarefa é um aspecto que deve ser tratado com atenção. Equipamentos que mudam de posição de acordo com a mudança de layout do canteiro precisam ser modelados como temporários e tantas vezes quantas forem as diferentes posições nas quais ele se encontrará. Por exemplo, para que o aumento da altura de uma grua seja percebido ao longo do tempo na simulação, é necessária a modelagem 3D de complementos da torre e tantos braços quantas forem as modificações que se deseja planejar, como pode ser visto na Figura 3, cabendo esclarecer que estas repetições não serão vistas durante a simulação.

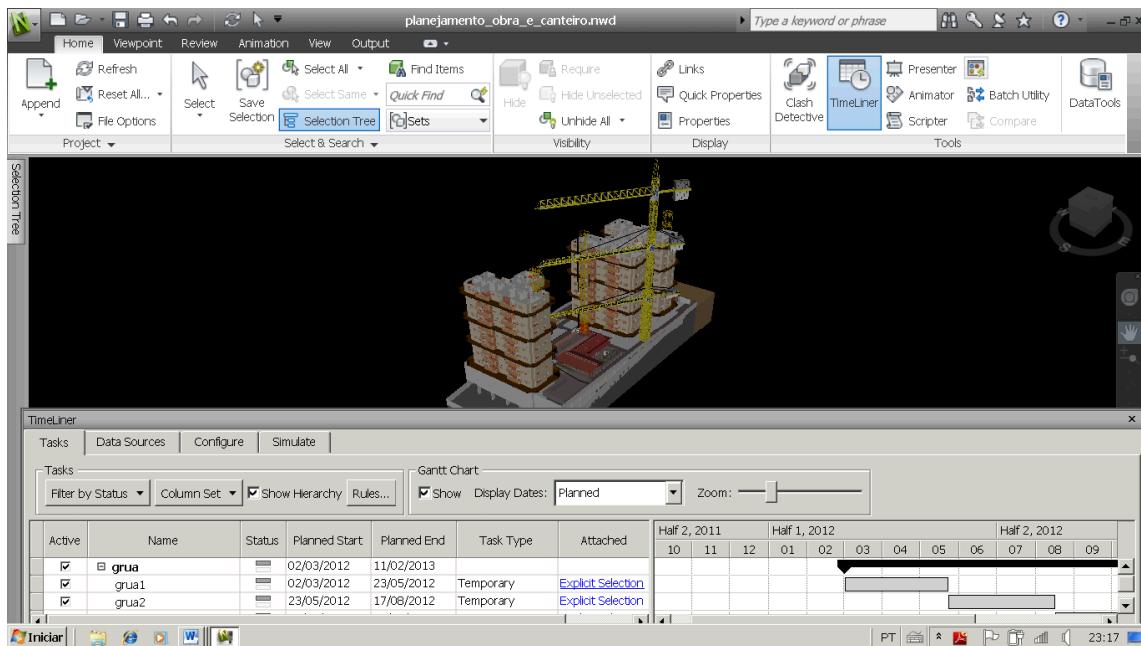


Figura 3 – Tela com a visão de elementos temporários repetidos para efeito da simulação 4D

#### 4. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi possível verificar a importância da utilização de projetos 4D para o estudo do planejamento da obra e do canteiro.

No tocante à modelagem 3D, uma questão observada é a importância do seu planejamento, o qual deve ser analisado previamente e feito de forma organizada para evitar trabalhos desnecessários ou retrabalhos, com a modelagem de objetos ou detalhes que não serão condizentes com a escala do modelo. O software Google SketchUp não atende a todas as características de sistemas para BIM, pois não possibilita a incorporação de informações aos objetos, entretanto a sua facilidade de modelagem e a biblioteca de elementos disponível na internet o torna viável para estudos de massa, avaliações do plano de ataque e estudos de canteiro.

Algumas das dificuldades encontradas no desenvolvimento de projetos 4D podem vir a ser sanadas a partir da evolução dos softwares. Por exemplo, seria interessante que no software Navisworks fosse criado um novo tipo de tarefa referente a elementos móveis, os quais poderiam obedecer a diferentes coordenadas de localização ao longo do tempo, isso pouparia o trabalho da repetição de componentes iguais no modelo 3D. Dessa forma, um elemento que tem sua posição modificada durante as fases da obra, como um estoque de aço, seria modelado apenas uma vez e mudaria de posição de acordo com as coordenadas e períodos de tempo estabelecidos pelo projeto no Navisworks.

Chega-se à conclusão de que é possível, através do desenvolvimento de projetos em 4D, elaborar para os canteiros de obras uma forma de visualização do planejamento em 4D de fácil entendimento para toda a equipe, e que poderá contribuir para o aumento da produtividade através da pré-construção virtual da edificação e a resolução prévia de conflitos de diversas naturezas. A existência de softwares de desenho 3D gratuitos compatíveis com programas de visualização 4D, como é o caso do Google SketchUp, facilita a propagação desta metodologia de estudo do canteiro o que pode tornar a construção civil mais eficiente.

## REFERÊNCIAS

- AUTODESK. **Autodesk BIM deployment plan:** a practical framework for implementing BIM. Autodesk, Inc. San Rafael, 2010.
- CIC – The Computer Integrated Construction Research Group. **Building information modeling execution planning guide.** The Pennsylvania State University, 2010.
- EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **BIM Handbook:** a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. John Wiley & Sons, Inc. 2ed. New Jersey, 2011.
- FERREIRA, Emerson A. M. **Metodologia para elaboração do projeto do canteiro de obras de edifícios.** São Paulo, 1998. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- FOUQUET, Jean; SERRA, Sheyla, M. B. Planejamento de edifícios através de software 4D. V TIC. **Anais.** Salvador, 2011.
- HARDIN, Brad. **Bim and construction management:** proven tools, methods, and workflows. Wiley Publishing, Inc. Indianapolis, 2009.
- HAYMAKER, John; FISCHER, Martin. **Challenges and Benefits of 4D Modeling on the Walt Disney Concert Hall Project.** CIFE – Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University, 2001.
- JONGELING, Rogier; OLOFSSON, Thomas. A method for planning of work-flow by combined use of location-based scheduling and 4D CAD. **Automation in Construction** n.16, p.189-198, 2007.
- KYMMELL, W. **Building Information Modeling:** Planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations. EUA, The McGraw-Hill Companies, 2008.
- SILVEIRA, Samuel J.; GÓMEZ, Luis A.; JUNGLES, Antônio E. Simulação virtual do planejamento de um edifício (planejamento 4D). XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais.** P.101-108, Florianópolis, 2004.
- SULANKIVI, K.; KÄHKÖNEN, K.; MÄKELÄ, T.; KIVINIEMI, M. 4D-BIM for construction safety planning. CIB World Building Congress. **Proceedings**, p.117-128. Salford, 2010.