

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



Antonio Thiago Dias Arruda

**ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA USO DE
FERRAMENTAS BIM NA FISCALIZAÇÃO DE OBRAS
E SERVIÇOS DE ENGENHARIA**

Trabalho de Graduação
2022

Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

Antonio Thiago Dias Arruda

**ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA USO DE
FERRAMENTAS BIM NA FISCALIZAÇÃO DE OBRAS
E SERVIÇOS DE ENGENHARIA**

Orientador

Prof. Dr. João Claudio Bassan de Moraes (ITA)

Coorientador

1T Caio Vale Barbosa Eiterer (Comissão de Obras)

ENGENHARIA CIVIL-AERONÁUTICA

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Divisão de Informação e Documentação

Arruda, Antonio Thiago Dias

Estudo de alternativas para uso de ferramentas BIM na fiscalização de obras e serviços de engenharia / Antonio Thiago Dias Arruda.

São José dos Campos, 2022.

55f.

Trabalho de Graduação – Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica– Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2022. Orientador: Prof. Dr. João Claudio Bassan de Moraes. Coorientador: 1T Caio Vale Barbosa Eiterer.

1. Construção Civil. 2. Implementação de projeto. 3. Estudos de caso. 4. Projeto auxiliado por computador. 5. Estudo de mercado. 6. Metodologia. 7. Engenharia civil. I. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. II. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARRUDA, Antonio Thiago Dias. **Estudo de alternativas para uso de ferramentas BIM na fiscalização de obras e serviços de engenharia**. 2022. 55f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

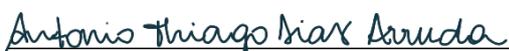
CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Antonio Thiago Dias Arruda

TÍTULO DO TRABALHO: Estudo de alternativas para uso de ferramentas BIM na fiscalização de obras e serviços de engenharia.

TIPO DO TRABALHO/ANO: Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) / 2022

É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste trabalho de graduação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.



Antonio Thiago Dias Arruda

Rua H8A, 113

12.228-460 – São José dos Campos–SP

ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA USO DE FERRAMENTAS BIM NA FISCALIZAÇÃO DE OBRAS E SERVIÇOS DE ENGENHARIA

Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação



Antonio Thiago Dias Arruda

Autor



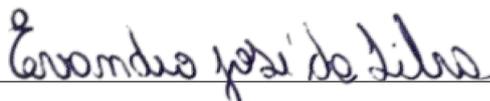
João Claudio Bassan de Moraes (ITA)

Orientador



Caio Vale Barbosa Eiterer (Comissão de Obras)

Coorientador



Prof. Dr. Evandro José da Silva

Coordenador do Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

São José dos Campos, 17 de novembro de 2022.

Agradecimentos

Dedico este trabalho a todos meus familiares que muito me apoiaram em toda caminhada até aqui, aos meus amigos que tornaram este caminho mais leve e prazeroso e a todos professores que me acompanharam no trajeto.

Ao meu orientador Prof. Dr. João Claudio Bassan de Moraes, que me acompanhou neste trabalho com muita paciência e a todos profissionais da Comissão de Obras que me auxiliaram na confecção deste trabalho, em especial ao meu co-orientador Caio Vale Barbosa Eiterer e ao arquiteto Jenner Eduardo Cardoso Arduino.

“Fomos concebidos para nos conectar uns com os outros. Esse contato é o que dá propósito e sentido à nossa vida, e, sem ele, sofreremos.”

— BRENÉ BROWN

Resumo

A metodologia BIM representa um grande avanço na área da construção civil, sendo capaz de reduzir prazos de obras e reduzir desperdícios e custos, além de possibilitar um melhor gerenciamento do empreendimento durante todo seu ciclo de vida.

Entretanto, o mercado da construção civil tem uma característica de ser um setor ainda bastante tradicional, apresentando certa barreira para adotar esta nova metodologia. Nesse cenário, o Brasil desenvolveu uma estratégia de implantação da metodologia no país a ser aplicada gradualmente em diversas fases, inicialmente em obras públicas.

Dessa forma, é necessário uma adequação também da fiscalização de obras, com a utilização e compreensão do BIM como processo. Para isso, este estudo visa a trazer opções de ferramentas a serem utilizadas para se aplicar da melhor forma o BIM na fiscalização de obras.

Ainda, o estudo apresenta a análise de um estudo de caso de uma obra realizado pela Comissão de Obras do DCTA, apresentando como o BIM foi empregado neste projeto e são sugeridas ferramentas e metodologias que levem a uma aplicação mais completa do BIM na fiscalização de obras.

Abstract

BIM methodology represents a major advance in the field of civil construction, being able to reduce construction deadlines and reduce waste and costs, in addition to enabling better management of the project throughout its life cycle.

However, the civil construction market has a characteristic of being a very traditional sector, presenting a certain barrier to adopt this new methodology. In this scenario, Brazil developed a strategy to implement the methodology in the country, to be applied gradually in several phases, initially in public works.

Thus, it is also necessary to adapt the fiscalization of works, with the use and understanding of BIM as a process. For this, this study aims to bring options of tools to be used to best apply BIM in the fiscalization of works.

Also, the study presents the analysis of a case study of a work carried out by the DCTA Works Commission, presenting how BIM was used in this project and suggested tools and methodologies that lead to a more complete application of BIM in the fiscalization of works.

Lista de Figuras

FIGURA 2.1 – Níveis de desenvolvimento	21
FIGURA 5.1 – Estande de tiro modelado em Revit. Fonte: Comissão de Obras do DCTA.	45

Lista de Tabelas

TABELA 2.1 – Uso do BIM em diferentes países do mundo.	23
TABELA 2.2 – Expectativas de implementação do BIM na FAB e devidas utilizações.	26
TABELA 2.3 – Fases de implantação do BIM na FAB e usos do BIM.	28
TABELA 4.1 – Principais ferramentas BIM mapeadas e estágio de utilização.	41
TABELA 4.2 – Ferramentas encontradas de acordo com demandas da fiscalização de obras.	41

Lista de Abreviaturas e Siglas

DCTA	Departamento de Ciência e Tecnologia da Aeronáutica
BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer Aided Design
PIB	Produto Interno Bruto
IFC	Industry Foundation Classes
TCU	Tribunal de Contas da União
PEB	Plano de Execução BIM
LOD	Level Of Development
OPUS	Sistema Unificado do Processo de Obras
FAB	Força Aérea Brasileira
DIRMAB	Diretoria de Material Aeronáutico e Bélico

Sumário

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Contextualização	14
1.2	Objetivo	15
1.3	Resultados esperados	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	BIM	17
2.1.1	Definição	17
2.1.2	Diferenças entre o CAD e o BIM	18
2.1.3	Vantagens do BIM na construção civil	19
2.1.4	Dimensões do BIM e Level Of Development	20
2.1.5	Interoperabilidade	22
2.1.6	BIM em outros países	22
2.1.7	BIM no Brasil	24
2.1.8	BIM na FAB	25
2.1.9	Uso do BIM na fiscalização de obras	28
2.2	Fiscalização de Obras Públicas	28
3	METODOLOGIA	32
3.1	Metodologia de Pesquisa	32
4	FERRAMENTAS PROPOSTAS	33
4.1	Uso do BIM 4D na fiscalização de obras	33
4.1.1	MS Project, Revit e Navisworks	33

4.1.2	Experiências relatadas	34
4.1.3	Revit, MS Project e Synchro PRO	36
4.1.4	Experiências relatadas	36
4.2	Gestão de empreendimentos no Exército Brasileiro: Sistema OPUS . . .	38
4.3	Uso do BIM 5D na fiscalização de obras	39
4.3.1	Ferramentas de orçamentação	39
4.4	Tabela resumo das ferramentas encontradas	40
5	ESTUDO DE CASO: ESTANDE DE TIRO DCTA	45
5.1	A obra	45
5.2	Modelagem do projeto	45
5.2.1	Gestão de Projeto	46
5.2.2	Disciplinas Modeladas	46
5.2.3	Orçamentação	46
5.3	Sugestões de melhoria no processo empregado	47
5.3.1	PEB	47
5.3.2	Análise de interferências	48
5.3.3	Criação de cronograma físico	48
5.3.4	Planejamento 4D	49
5.3.5	Quantitativos e Orçamentação	49
5.3.6	Controle de qualidade junto com o “As built”	50
6	CONCLUSÃO	51
6.1	Conclusões	51
	REFERÊNCIAS	53

1 Introdução

1.1 Contextualização

A atividade da fiscalização de obras é de fundamental importância na gestão do dinheiro público nacional. As grandes obras públicas são geralmente operadas por meio do modelo de licitação, seguindo a Lei 14.133 de 2021, da Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 2021b), na qual as empresas competem em preço para angariar o direito de executar a obra, enquanto os agentes contratantes ficam responsáveis por fiscalizar o andamento da obra.

Sendo o agente contratante responsável por propor o projeto básico, é de fundamental importância que este projeto esteja o mais claro e detalhado possível, pois problemas identificados somente na fase de execução implicam em atrasos na obra e novos custos ao projeto, seja por meio de aditivos, seja por retrabalho. Dessa forma, o BIM (Building Information Modeling - Modelagem da Informação da Construção) entra como um modelo de gestão das informações contidas em um empreendimento, facilitando o processo de orçamentação e combinando em apenas um local as diversas áreas do conhecimento envolvidas, como os projetos arquitetônicos, estrutural, hidráulico, elétrico, dentre outros, que geralmente são feitos por equipes diferentes.

Para entender o potencial desta metodologia, é necessário analisar e compará-la com a outra ferramenta de projeto e acompanhamento de obras utilizada no Brasil, o CAD (Computer Aided Design - Desenho assistido por computador). O CAD é uma tecnologia para design e documentação técnica que substituiu o desenho manual por um processo automatizado, podendo ser executado em 2D ou em 3D (AUTODESK, 2022a). Usualmente, cada equipe de trabalho faz seus próprios modelos e, ao final, ocorre uma compatibilização destes, que são de difícil resolução, podendo causar problemas ao projeto ou, ainda, podem ocorrer erros nesses processos ou omissões de partes importantes, que somente serão encontrados na fase de execução.

Assim, o processo como um todo é, de forma inata, interdependente e deve ser criado de forma iterativa, necessitando de um sistema que seja capaz de promover a comunicação entre os diversos sistemas de um projeto, e não apenas representá-los graficamente.

Esse processo é possível quando usado o BIM, ao adicionar uma inteligência contextual e semântica ao projeto, com a criação de objetos paramétricos.

As características apresentadas acima retratam as vantagens do BIM ainda na fase de projetos. Além disso, a metodologia pode angariar bons resultados também na parte da fiscalização de obras. A modelagem do planejamento da obra, por meio do BIM 4D, é uma alternativa para se comparar o que foi proposto em projeto com o que está sendo executado em obra, além de ser possível ter um acesso mais direto às condições de qualidade exigidas para cada serviço. Ainda, com o maior detalhamento ainda na fase de projeto e com a associação de custos a cada elemento e atividade realizada, é possível se aplicar o BIM 5D, que permite tanto realizar orçamentos gerais de projeto quanto acompanhar os gastos realizados ao longo do projeto.

Entretanto, alguns desafios podem ser esperados para a implementação do BIM. A substituição do CAD 2D ou 3D envolve mais do que somente a compra de novos softwares, o treinamento da equipe e uma melhora nos hardwares para suportar os programas agora mais complexos. (EASTMAN *et al.*, 2008) Ainda, a colaboração entre as diferentes disciplinas de projeto pode representar uma grande diferença em como o projeto é realizado atualmente, devendo ser previstos métodos para a junção entre os diversos programas utilizados, além de este trabalho servir como a base para todo o projeto.

Atualmente, a fiscalização de obras na Comissão de Obras do DCTA é realizada apenas com o controle financeiro do que já foi executado. Ainda, o controle também é feito por acompanhamento das plantas que ficam no local da obra, onde são marcados nos desenhos, diariamente, o que foi executado em cada dia, o que dificulta o processo de armazenamento das informações a longo prazo. Com a utilização da metodologia BIM, estes problemas podem ser reduzidos.

1.2 Objetivo

Este projeto tem como objetivo analisar algumas ferramentas da metodologia BIM a fim de serem utilizadas no auxílio das fiscalizações de obras públicas, com um foco na Força Aérea Brasileira(FAB), propondo uma metodologia para a organização dos dados e opções que integrem a fiscalização em campo com os planejamentos feitos ainda na fase de projeto, melhorando tanto os projetos quanto o processo de fiscalização.

1.3 Resultados esperados

Espera com este trabalho encontrar soluções que possibilitem a utilização de ferramentas BIM 4D e 5D na fiscalização de obras, a fim de reduzir problemas de execução na obra relacionados a planejamento ou de interferência entre disciplinas. Ainda, é esperado a possibilidade de um acompanhamento físico da obra, e não somente financeiro.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 BIM

2.1.1 Definição

A primeira descrição do método conhecido hoje como BIM foi dada por Charles Eastman, que primeiramente denominou o método como Building Design Model (BDS). Segundo Eastman, sua visão de como seria estruturado um ambiente BIM seria o seguinte (EASTMAN, 1974):

“(...)uma base de dados computacional que poderia ser desenvolvida que permita as definições geométricas, espaciais e materiais de um grande número de elementos físicos, organizados no espaço e “conectados” como uma construção de verdade. (...)espaços, assim como os sólidos seriam explicitamente retratados. A base de dados forneceria uma única descrição de cada elemento ou espaço, relativamente aos outros, e então permitiria que qualquer mudança fosse feita apenas uma vez, sem ter que copiar para uma enorme quantidade de desenhos. As partes elementares de uma construção seriam desenhadas pelo usuário ou armazenadas em uma ou mais livrarias de componentes. (...) desta única base de dados, o desenhista poderia pedir por qualquer plano ou seção, em vista de perspectiva ou explodida e receberia os detalhes de construção em documentos de alta qualidade em um curto período de tempo e a um baixo custo.(...) qualquer tipo de análise quantitativa poderia ser diretamente associada ao sistema. Toda preparação de dados para tal análise seria automática, reduzindo seus custos. Análises qualitativas seriam similarmente facilitadas. (...) esta base de dados seria útil para futuras remodelagens e reformas ao longo de toda a vida útil da edificação.”

Dessa forma, é possível notar que o BIM é um sistema baseado em uma base de dados bem estruturada, capaz de facilitar o processo de uma construção, em comparação ao modelo CAD, que apenas fornece representações gráficas do modelo.

Outra definição, agora mais sucinta, da metodologia BIM, é dada pelo National BIM Standard - United States, associação que regula os padrões de utilização do BIM nos Estados Unidos, "BIM é uma representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação. Como tal, serve como um recurso de conhecimento compartilhado para informações sobre uma instalação, formando uma base confiável para decisões durante seu ciclo de vida desde o início"(NATIONAL..., 2022). É importante notar o foco no BIM como um sistema de controle de dados compartilhados, sendo esta uma de suas principais aplicações.

2.1.2 Diferenças entre o CAD e o BIM

Os sistemas CAD utilizam os elementos básicos (linhas, pontos, textos etc.) para representar a realidade em um espaço virtual por meio de vetores de coordenadas com precisão matemática. A maioria destes sistemas representa seus modelos em duas dimensões(2D), mas recentemente alguns evoluíram e oferecem elementos em 3D. (PELLANDA *et al.*, 2015). Ao definir o que não é um modelo BIM, Eastman expõe as grandes características do CAD e diferencia essas duas ferramentas (EASTMAN *et al.*, 2008): "Para lidar com as confusões acerca do que é um modelo em BIM, é útil descrever soluções de modelagem que não usam a tecnologia BIM:

- **Modelos que contêm dados em 3D, apenas, e sem atributos orientados aos objetos.** Estes são modelos que podem ser usados somente para visualizações gráficas, porém não têm inteligência a nível de objeto, não servindo para análises de projeto.
- **Modelos sem suporte ao comportamento.** São modelos que até definem objetos, mas não conseguem ajustar suas posições ou proporções por não possuir inteligência paramétrica, tornando as mudanças de projeto muito trabalhosas e podendo criar inconsistências.
- **Modelos compostos por múltiplas referências a arquivos de CADs 2D que precisam ser combinados para definir o projeto.** É impossível garantir que o resultado 3D será viável, consistente, quantificável e possuirá inteligência a nível de objeto contida intrinsecamente.
- **Modelos que permitam mudanças em uma vista que não sejam automaticamente refletidas em outras vistas.** Isso permite erros no modelo que são muito difíceis de se identificar.

Dessa forma, o BIM se apresenta como um modelo bem mais automatizado. Entretanto, baseado no modo como o BIM é entendido atualmente pode-se dizer que "[...] as ferramentas evoluíram, mas a forma (CAD) de pensar na solução continua a mesma da

época do papel e lápis. É inegável que o desenho ficou mais eficiente, mas o resultado final se manteve apenas na simples representação geométrica.”(PELLANDA *et al.*, 2015)

2.1.3 Vantagens do BIM na construção civil

Além de definir o que é esta metodologia, é fundamental destacar quais suas vantagens para a construção civil. Segundo o relatório da McGraw Hill Construction (CONSTRUCTION, 2014), os principais benefícios proporcionados, segundo os próprios contratantes, foram: redução de erros e omissões em projetos, colaboração com as firmas de engenharia, redução de retrabalho e redução de custos da construção, melhora na previsão de custos e redução no tempo geral da construção.

Tais vantagens tornam esta metodologia o futuro da construção civil, com benefícios tanto para os contratantes quanto para os contratados para execução de projetos. Alguns pontos do BIM tornam os projetos mais previsíveis, reduzindo, assim, os custos e o tempo de execução. Desse modo, os gastos envolvidos no projeto tornam-se mais transparentes e os erros de execução menos frequentes, o que são características muito importantes na condução de obras públicas.

Segundo Matos (MATOS, 2016), em uma análise de auditorias realizadas no TCU entre 2011 e 2014, 50% dos achados se resumiam a sobrepreço/superfaturamento, projeto básico/executivo deficiente ou desatualizado, fiscalização deficiente e existência de atrasos injustificáveis nas obras e serviços. Desse modo, ele explica que cada um desses problemas pode ser reduzido ou mesmo mitigado com o uso do BIM, graças às suas características de gerar um projeto mais bem detalhado e fornecer as bases para uma orçamentação mais criteriosa, dificultando superfaturamentos.

Ainda, pode-se dizer que as principais vantagens do sistema BIM são baseadas na capacidade de compartilhar um único modelo digital que especifica todas as etapas do projeto da edificação. Vale ressaltar a colaboração de todas as áreas envolvidas, que dividem informações, fazendo projetos com menos problemas de execução, e a simulação, onde é possível verificar de uma forma sistemática a realidade e futuras dificuldades, reduzindo erros, trazendo informações do andamento do projeto, enfim permitindo conduzir a execução com maior eficiência e segurança (RUSCHEL *et al.*, 2013).

Por fim, (GÓES *et al.*, 2020) traz diversos estudos sobre os benefícios da metodologia BIM, sobretudo em redução de custos e cumprimento de prazos, assim como vantagens relativas ao uso da mão-de-obra, sendo possível realizar obras com menos erros de gestão de recursos e de tempo, garantindo uma maior eficiência.

2.1.4 Dimensões do BIM e Level Of Development

Após todo o exposto com relação a esta metodologia, é importante citar dois conceitos existentes nesta metodologia: os conceitos das dimensões do BIM e o conceito de LOD (Level of Development).

O BIM atualmente pode ser utilizado desde seu modelo 2D até o 7D. Vale salientar que a medida que aumentamos uma dimensão, a próxima possui todas características da anterior(CAMPESTRINI *et al.*, 2015):

- 3D: é o modelo virtual do projeto, equivalente a uma maquete eletrônica. Possui a vantagem de uma mudança em uma representação modificar todos outros desenhos e cortes, otimizando o processo de modelagem.
- 4D: é quando além do modelo virtual, integra-se ao projeto a parte de planejamento. Busca definir um passo a passo do que deve ser executado, e qual sua ordem, impedindo problemas logísticos.
- 5D: é quando o modelo passa a ter uma tabela de custos associado, permitindo um orçamento do projeto. Possui o benefício de uma mudança no material ou nas dimensões, alterar automaticamente no orçamento da obra.
- 6D: a base do BIM 6D é a incorporação da sustentabilidade no projeto. As análises mais efetuadas nesse quesito são as voltadas para o consumo de energia, o uso de água e o conforto térmico.
- 7D: Esta dimensão está relacionada com os cuidados associados a uma construção ao longo de seu ciclo de vida. É possível extrair dados como manuais de operação, especificação dos materiais e datas de garantias.

Vistas todas possíveis dimensões existentes de uso do BIM, vale ressaltar que existem diversos estudos específicos para cada uma delas. No contexto da fiscalização de obras, é importante notar que as dimensões 4D e 5D são as de maior importância, uma vez que geralmente a execução e a orçamentação estão mais relacionadas com a fiscalização de obras. Para a fiscalização, é importante saber o passo a passo da construção, para ser possível evitar problemas executivos. Além disso, o BIM 5D tem fundamental importância na facilidade de acesso ao orçamento e melhor acompanhamento financeiro da obra, sendo capaz de gerar melhores cronogramas financeiros.

Por fim, é necessário adicionar o conceito de Level of Development(LOD), uma vez que ele pode ser considerado um requisito de projeto. O nível de desenvolvimento é o que classifica o quão detalhado são os objetos presentes no projeto, quanto maior seu detalhamento, mais informações podem ser obtidas, porém isto causa um maior custo

computacional. Tal conceito foi criado pelo The American Institute of Architects(AIA), o qual definiu 5 tipos progressivos de LOD, onde Cada LOD subsequente é baseado no nível anterior e inclui todas as características dos níveis anteriores.

BIM Mandate é um documento que aborda as boas práticas de uso do BIM em uma instituição, de modo a trazer especificações comuns a todos projetos. No documento BIM Mandate da FAB, há a diferenciação em 6 níveis de desenvolvimento, os quais são especificados a seguir (BRASIL, 2021a):



FIGURA 2.1 – Níveis de desenvolvimento

É possível notar que o nível de detalhamento de projeto aumenta gradativamente a medida que aumentamos o número de LOD, sendo o LOD 100 a representação mais básica de um elemento, representando somente seu volume, enquanto o LOD 500 representa cada objeto da forma como ele realmente foi feito. Níveis de desenvolvimento mínimos são necessários para que seja possível acompanhar o projeto de forma satisfatória, devendo tal informação estar contida no PEB (Plano de Execução BIM), que é o plano de ação para a realização de um projeto em BIM.

O plano desenha a visão a geral juntamente com detalhes da implementação a serem seguidos pelo time durante todo o projeto. Este PEB deve ser desenvolvido no início do projeto, mas também deve ser continuamente atualizado, revisado e monitorado. (CARVALHO, 2018)

Além disso, o PEB é um documento feito para cada projeto específico, diferente do

BIM Mandate que é um conjunto de padrões relativos a toda uma instituição.

2.1.5 Interoperabilidade

A interoperabilidade representa a necessidade de passar dados entre aplicações, permitindo que múltiplos tipos de especialistas e ferramentas contribuam para o trabalho em questão. Com isso, elimina-se a necessidade de replicar dados de entrada que já foram gerados e facilita o fluxo de trabalho entre os diferentes softwares, durante o processo de projeto.(EASTMAN *et al.*, 2008)

O Industry Foundation Classes (.ifc) é um formato de dados cuja principal função é permitir o intercâmbio de informações do modelo sem perda ou distorções de dados. Permite a interoperabilidade entre diversas plataformas, sem estar atrelado a nenhum formato proprietário (BRASIL, 2021a).

Por ser um padrão aberto, neutro e normatizado pela ISO 16739, o formato .ifc demonstra ser a melhor forma de trocar informações entre diferentes softwares e seus diferentes formatos proprietários sem perda de semântica dos objetos que compõe o modelo (BRASIL, 2021a).

Desse modo, para que o BIM consiga assumir as funções que se propõe a fazer, dentre elas permitir que profissionais se comuniquem apesar de utilizarem diferentes programas, é necessário o desenvolvimento de um formato de arquivo universal, sem que informações sejam perdidas, sendo este formato .ifc o mais utilizado e estudado atualmente.

2.1.6 BIM em outros países

Na tentativa de impulsionar seu uso, diversos países já implementaram políticas públicas para o uso do BIM, uma vez que é necessário que haja normas e cobranças por parte dos contratantes para o uso do BIM para que este passe a ser mais amplamente utilizado, já que seu uso implica a aplicação de uma nova metodologia que ainda não é maioria no mercado (MATOS, 2016).

Abaixo, podem ser observados as medidas públicas adotadas por alguns países na tentativa de intensificar o uso do BIM em suas obras públicas(MCGRAW HILL CONSTRUCTION, 2014):

TABELA 2.1 – Uso do BIM em diferentes países do mundo.

País	Razões para o estabelecimento da Política	Data de Origem/ Lei Vigente
Finlândia: Propriedades do Senado	<ul style="list-style-type: none"> - Suporte da execução do projeto e construção para um processo seguro do ciclo de vida e em conformidade com o desenvolvimento sustentável; - Utilização do modelo do gerenciamento da manutenção e operação do edifício 	2007/2012
Noruega: Statsbygg	<ul style="list-style-type: none"> - Redução de erros e omissões; -Melhoria da coordenação e comunicação; -Ganhos de eficiência, melhoria da eficiência energética; -Emprego de pesquisa de ponta, tecnologias e processos para melhorar o ambiente construído 	2005/2013
Reino Unido: Escritório do Gabinete da Diretoria de Construção do Governo	<ul style="list-style-type: none"> - Redução dos custos de construção; - Redução de tempo de entrega do projeto; - Tornar a indústria da construção mais competitiva ajudar a atingir as metas de redução de carbono para os prédios 	2011

Fonte: McGraw Hill Construction (2014).

2.1.7 BIM no Brasil

Nesse sentido, em maio de 2018 o Brasil lançou a Estratégia BIM BR (BRASIL, 2022), um plano de duração de 10 anos, que objetiva implementar a metodologia no país de maneira gradual até o ponto em que será obrigatório o uso de BIM em todas obras públicas no país. Esta estratégia foi criada por um Comitê Estratégico de Implementação do BIM, nomeado pelo Governo Federal composto por 7 Ministérios, presidido pelo Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. Tal Estratégia traz nove objetivos específicos:

1. Difundir o BIM e seus benefícios;
2. Coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM;
3. Criar condições favoráveis para o investimento, público e privado, em BIM;
4. Estimular capacitação em BIM;
5. Propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e contratações públicas com uso do BIM;
6. Desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para a adoção do BIM;
7. Desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional BIM;
8. Estimular o desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM;
9. Incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM.

O objetivo deste trabalho encontra-se representado nos 1º, 2º e 8º objetivos, estando de acordo com os planos de expansão do BIM no Brasil.

Seguindo estes objetivos, a Estratégia BIM BR tem metas e indicadores muito bem definidos. Segundo a Fundação Getúlio Vargas, em 2018 apenas 9,2% das empresas de construção já implementaram a política BIM em suas rotinas de trabalho, o que corresponde a 5% do PIB da construção civil. Ao final deste período, espera-se:

- Aumento de produtividade em 10%;
- Reduzir custos em 9,7%;
- Aumentar em 10 vezes a adoção do BIM (equivalendo a 50% do PIB da construção civil adotando ao BIM);
- Elevar em 28,9% o PIB da construção Civil.

Tais metas serão alcançadas por meio de um processo que ocorrerá de maneira escalonada, acontecendo em três fases. Responsável por implementar e gerenciar a Estratégia foi criado o Comitê Gestor, composto por representantes de 9 Ministérios, mais uma vez presidido por um representante do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços.

A ideia de implementação escalonada parte do pressuposto de que à medida que as obras públicas forem cobrando a implementação de políticas BIM, o mercado começará a utilizá-lo, devendo haver um tempo para o mercado se adaptar a esta mudança.

De fato, segundo (SUCCAR, 2009) a iniciação em BIM não ocorre de forma imediata e há vários estágios para sua implementação: No primeiro estágio ocorre uma comunicação ainda assíncrona, com apenas modelos em 3D e seus respectivos quantitativos, como produto esperado. Cada disciplina gera seus modelos próprios e os objetos em 3D já são paramétricos.

No segundo estágio, há um ênfase na multidisciplinaridade, com foco no planejamento de obra - dimensão 4D- e no gerenciamento de custos - dimensão 5D. Nesta fase, passa a haver um foco em interoperabilidade.

Por fim, o terceiro estágio é baseado na integração total entre as disciplinas, com realização do projeto de maneira simultânea, integrada e compartilhada, desde sua concepção até o produto final.

2.1.8 BIM na FAB

As fases de implementação adotadas na FAB podem ser vistas abaixo, sendo bastante condizentes com o apresentado por Succar (BRASIL, 2022):

TABELA 2.2 – Expectativas de implementação do BIM na FAB e devidas utilizações.

Fase	Data de Implementação	Projetos	Utilização
1°	janeiro 2021	Projetos de arquitetura e engenharia para construções novas, ampliações ou reabilitações quando consideradas de grande relevância para disseminação do BIM.	Utilização das disciplinas de estrutura, hidráulica, de AVAC (aquecimento, ventilação e ar-condicionado) e de elétrica. Além da extração de quantitativos e documentação gráfica.
2°	janeiro 2024	Execução direta ou indireta de projetos de arquitetura e de engenharia e também obras, referentes a construções novas, reformas, ampliações ou reabilitações, quando consideradas de grande relevância para a disseminação do BIM.	Usos previstos na fase anterior, orçamentação e planejamento da execução de obras e a atualização do modelo e de suas informações como construído (as built).
3°	janeiro 2028	Mesmos da fase anterior	Usos previstos nas fases anteriores, serviços de gerenciamento e de manutenção do empreendimento após sua construção, cujos projetos de engenharia e arquitetura e obras tenham sido realizados ou executados com aplicação em BIM.

Fonte: Estratégia BIM BR (2021).

É possível ver, então, que o Brasil encontra-se hoje na primeira fase de implementação, com um foco na integração entre as diversas disciplinas envolvidas em um projeto. Nesta primeira fase, “BIM será exigido pelo Ministério da Defesa nos imóveis jurisdicionados ao Exército Brasileiro e à Marinha do Brasil, e pelo Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil, por intermédio das atividades coordenadas e executadas pela Secretaria Nacional de Aviação Civil, para o programa de aviação regional, e pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), para reforço e reabilitação estrutural de obras de arte especiais.”(ABDI, 2022)

Apesar de a Força Aérea Brasileira (FAB) não estar contemplada na primeira fase da Estratégia BIM BR, regulamentos internos já foram criados para impulsionar a utilização desta ferramenta na Instituição, além de definir metas próprias e padrões de uso. O principal documento é a MCA 86-1/2021, também chamada de Manual de Modelagem BIM - BIM Mandate, aprovado pelo Diretor de Infraestrutura da Aeronáutica.

Segundo o próprio documento, seu objetivo pode ser definido por(BRASIL, 2021a):

”O objetivo do BIM Mandate é apresentar as regras sobre a organização das informações, os processos e ações de uso da metodologia BIM para as benfeitorias da FAB, de modo a fornecer orientações e subsídios para os profissionais de engenharia e arquitetura das diferentes unidades da FAB. Essa primeira versão do BIM Mandate FAB se atém às definições de modelagem para a fase de projeto abrangendo modelagem 3D, orçamento e planejamento de obra (dimensões BIM 3D, 4D e 5D). Já neste primeiro momento, pretende-se reduzir significativamente as incompatibilidades de projeto e aumentar a precisão dos orçamentos, visando a consecução de obras descomplicadas para a Administração, Fiscalização e Contratada.”

Neste objetivo são destacados as melhorias esperadas com a utilização desta metodologia e qual a complexidade de BIM a ser empregada. Ainda, no BIM Mandate são retrados algumas especificações com relação à expectativa de uso do BIM, na FAB. Diferentemente da Estratégia BIM BR, aqui a implementação é dividida em 4 fases, e seu uso na fase de projeto é classificado em níveis de implementação de projeto. A tabela abaixo descreve melhor as fases e os usos do BIM em cada fase (BRASIL, 2021a):

TABELA 2.3 – Fases de implantação do BIM na FAB e usos do BIM.

Fases de Implantação	Fase do empreendimento	Usos BIM
1	Projeto	Modelo 3D compatibilizado com extração de quantitativos; Clash Detection; Planejamento de Obra; Orçamento e cronograma físico-financeiro.
2	Construção	Planejamento de Construção; Projeto do Sistema de Construção; Planejamento e Controle 3D; Coordenação Espacial 3D.
3	Operação	Planejamento de Manutenção; Gestão de ativos; Modelagem de registros; Modelagem das condições existentes.
4	Gestão Patrimonial	Ambiente Comum de Dados Incorporar modelos, informações e documentos ao SISOP ou equivalente

Fonte: Bim Mandate(2021)

2.1.9 Uso do BIM na fiscalização de obras

Além destas definições de fases de implementação, são indicados 4 ferramentas iniciais para utilização na primeira fase, sendo estes: QiBuilder, Eberick, Revit, Navisworks e OrçaBim, utilizados para dimensionamento, modelagem e integração de modelos, criação de cronogramas e “clash detection”, e orçamentação, respectivamente.

Devido a tais predefinições de softwares, as ferramentas a serem utilizadas na fiscalização de obras se focaram em utilidades fornecidas por tais ferramentas.

2.2 Fiscalização de Obras Públicas

Segundo o Manual de obras públicas elaborado pelo TCU, a fiscalização pode ser definida como “[...]a atividade que deve ser realizada de modo sistemático pelo contratante e seus prepostos, com a finalidade de verificar o cumprimento das disposições contratuais, técnicas e administrativas em todos os seus aspectos.

O contratante manterá, desde o início dos serviços até o recebimento definitivo, profissional ou equipe de fiscalização constituída de profissionais habilitados, os quais deverão ter experiência técnica necessária ao acompanhamento e controle dos serviços relacionados com o tipo de obra que está sendo executada. Os fiscais poderão ser servidores do órgão da Administração ou pessoas contratadas para esse fim. No caso da contratação da

fiscalização, supervisão ou gerenciamento da execução da obra, essas atividades podem ser incluídas no edital de elaboração do projeto básico.”(TCU, 2014)

Segundo o decreto de lei 14.133,art.1º, de 2021, da Constituição Federal de 1988, também chamado de Lei de Licitações e Contratos Administrativos (BRASIL, 2021b):

Esta Lei estabelece normas gerais de licitação e contratação para as Administrações Públicas diretas, autárquicas e fundacionais da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios.

Aqui são especificadas as particularidades do processo licitatório e põe sob responsabilidade da entidade licitante a fiscalização do contrato gerado, em caso de a obra ser realizada por agente externo. O regime jurídico dos contratos instituído por esta Lei confere à Administração, em relação a eles, as prerrogativas de fiscalizar sua execução, segundo o art. 1º, inciso III.

O processo licitatório tem por objetivos:

- I - assegurar a seleção da proposta apta a gerar o resultado de contratação mais vantajoso para a Administração Pública, inclusive no que se refere ao ciclo de vida do objeto;
- II - assegurar tratamento isonômico entre os licitantes, bem como a justa competição;
- III - evitar contratações com sobrepreço ou com preços manifestamente inexequíveis e superfaturamento na execução dos contratos;
- IV - incentivar a inovação e o desenvolvimento nacional sustentável.

A Lei 14.133/2021, art.11 especifica o objetivo de ocorrerem as licitações. Ainda nessa lei, é definido o processo e as fases existentes em um processo licitatório, em seu art.17:

“O processo de licitação observará as seguintes fases, em sequência:

- I - preparatória;
- II - de divulgação do edital de licitação;
- III - de apresentação de propostas e lances, quando for o caso;
- IV - de julgamento;
- V - de habilitação;
- VI - recursal;
- VII - de homologação.”

Finalizados todos esses passos, a licitação dá-se por concluída e “é indicado um fiscal de obra: Caberá à autoridade máxima do órgão ou da entidade, ou a quem as normas de organização administrativa indicarem, promover gestão por competências e designar agentes públicos para o desempenho das funções essenciais à execução desta Lei”, segundo o art.7°.

Ao fiscal suas atribuições são listadas de forma não-exautivas no Manual de Obras Públicas - Edificações - Construção da Secretaria de Estado da Administração e Patrimônio do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. (TCU, 2014)

Para entender melhor a parte técnica presente em uma licitação, é necessário entender que no edital geralmente é necessário que se conste um projeto básico, a não ser em caso de contratação integrada, podendo este ser caracterizado segundo o art.6°, inciso XXV, como: conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado para definir e dimensionar a obra ou o serviço, ou o complexo de obras ou de serviços objeto da licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegure a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução, devendo conter os seguintes elementos:

a) levantamentos topográficos e cadastrais, sondagens e ensaios geotécnicos, ensaios e análises laboratoriais, estudos socioambientais e demais dados e levantamentos necessários para execução da solução escolhida;

b) soluções técnicas globais e localizadas, suficientemente detalhadas, de forma a evitar, por ocasião da elaboração do projeto executivo e da realização das obras e montagem, a necessidade de reformulações ou variantes quanto à qualidade, ao preço e ao prazo inicialmente definidos;

c) identificação dos tipos de serviços a executar e dos materiais e equipamentos a incorporar à obra, bem como das suas especificações, de modo a assegurar os melhores resultados para o empreendimento e a segurança executiva na utilização do objeto, para os fins a que se destina, considerados os riscos e os perigos identificáveis, sem frustrar o caráter competitivo para a sua execução;

d) informações que possibilitem o estudo e a definição de métodos construtivos, de instalações provisórias e de condições organizacionais para a obra, sem frustrar o caráter competitivo para a sua execução;

e) subsídios para montagem do plano de licitação e gestão da obra, compreendidos a sua programação, a estratégia de suprimentos, as normas de fiscalização e outros dados necessários em cada caso;

f) orçamento detalhado do custo global da obra, fundamentado em quantitativos de

serviços e fornecimentos propriamente avaliados.

Desse modo, o projeto básico deve ser realizado da melhor forma possível, de modo a se evitar mudanças posteriores em prazo, qualidade e orçamento.

O BIM, portanto, é uma importante ferramenta para auxiliar que todos estes requisitos sejam realizados de forma mais ágil e detalhada, ajudando desde o período da criação do projeto base até a fiscalização da obra como um todo.

3 Metodologia

3.1 Metodologia de Pesquisa

Na tentativa de encontrar ferramentas que possam ajudar a fiscalização de obras da melhor forma possível, buscou-se focar nas ferramentas BIM mais utilizadas tanto na fase de projeto, uma vez que o projeto básico é parte inerente à licitação de uma obra e sua execução afeta diretamente a posterior fiscalização desta, quanto na fase da fiscalização em si.

A escolha das ferramentas escolhidas se baseou na pesquisa por meio de palavras chaves com foco no BIM 4D e BIM 5D, buscando-se estudos de caso e analisando as principais funções e auxílios do BIM com as ferramentas utilizadas. Os estudos escolhidos não utilizaram nenhum critério específico de escolha.

De modo a identificar as principais atividade envolvidas na fiscalização de obras, buscou-se informações na Comissão de Obras do DCTA, Organização Militar responsável por projetar e fiscalizar obras tanto no âmbito do DCTA quanto para outras Organizações Militares. Assim, por meio de conversas com engenheiros e com o arquiteto da organização, além da experiência do autor com um estágio de férias na Comissão de Obras, expôs-se algumas dessas atividades.

Por fim, foi feito um estudo de caso de um projeto desenvolvido na Comissão de Obras e entregue em 2022, de modo a analisar as ferramentas BIM utilizadas na modelagem e fiscalização. Com essas informações e os estudos realizados, fez-se um conjunto de sugestões de ferramentas a serem utilizadas de modo a se aumentar o nível de BIM utilizado no projeto.

4 Ferramentas propostas

Na tentativa de estudar alternativas de ferramentas para a fiscalização de obras, tomou-se como base alguns estudos de caso realizados, de preferência, no meio militar. Analisando estes estudos, foi possível notar a utilização principalmente do BIM 4D, junto com o BIM 5D, na atividade de fiscalização.

4.1 Uso do BIM 4D na fiscalização de obras

Para análise do BIM 4D na fiscalização e acompanhamento de obras tomou-se como base 3 estudos de estudos de caso com utilização dos softwares MS Project, Revit e Navisworks para análise em 2 dos estudos e uso do Synchro PRO em 1 dos estudos, abordado como contraponto. Os estudos citados são:

- Uso do BIM na fiscalização de obras públicas (MATOS, 2016)
- Modelagem 4D aplicada ao planejamento e controle de obras (BRITO, 2014)
- O uso da modelagem da informação da construção 4D (BIM 4D) nos projetos de obras militares. (BROCARDO, 2017)

Dividindo os estudos de acordo com as ferramentas utilizadas, analisou-se os principais benefícios obtidos em cada estudo e as dificuldades enfrentadas.

4.1.1 MS Project, Revit e Navisworks

4.1.1.1 As ferramentas

MS project é um software da empresa Microsoft difundidamente empregado no gerenciamento de projetos. Possui funcionalidades que permitem uma visualização da linha do tempo do projeto com as durações e relações entre diferentes tarefas. Permite modificações simultâneas nos projetos, além de permitir associar tarefas aos membros da equipe. Por

fim, possui ainda capacidade de gerar relatórios e opções de gerenciamento de recursos. (MICROSOFT365, 2022)

Revit é um software da Autodesk, utilizado para modelar formas, estruturas e sistemas em 3D com exatidão, precisão e facilidade paramétricas. Ainda, simplifica o trabalho de documentação, com revisões instantâneas em plantas, elevações, tabelas e seções à medida que os projetos mudam, além de propiciar um ambiente de projeto unificado. (AUTODESK, 2022b)

Navisworks é um software também pertencente a Autodesk, com funções de visualizar e unificar dados de projeto e construção em um só modelo federado. Ainda, traz possibilidade de identificar e resolver problemas de compatibilização antes do início da construção, economizando tempo e retrabalho. Por fim, permite manter as equipes de projeto em colaboração e conectadas. (AUTODESK, 2022c)

4.1.2 Experiências relatadas

Geralmente, os projetos básicos e executivo não são executados pela administração pública, que não possui recursos humanos e tecnológicos para tal, sendo objetos de contratação específica. (MATOS, 2016)

Baseado nisso, Matos atenta para uma necessidade de análise de consistência do modelo, que visa a investigar como foi feita a modelagem e se as especificações técnicas e orçamentárias previstas no projeto básico constam na modelagem realizada. Ainda, de modo a se obter um modelo mais robusto e de fato se utilizar a metodologia BIM, ele ainda aconselha que as especificações, feitas em Microsoft Word, neste caso, e o detalhamento orçamentário tenham relação direta com o modelo. No estudo de caso de (MATOS, 2016), utilizou-se *plug-ins* para conectar as especificação, em Microsoft Word, e o orçamento, feito em Excel, com o modelo Revit projetado, de modo que uma mudança no modelo fosse capaz de alterar os outros arquivos, de modo a se evitar a ocorrência de divergências.

Ainda, o BIM pode ser utilizado para análise de interferências, o que pode ser feito com a ferramenta “Clash detection” do Navisworks, como foi feito nos dois estudos. Essa etapa evita retrabalhos e permite um melhor planejamento das atividades, seja prevendo passagem de tubulações por lajes, seja realocando tubulações, por exemplo.

O melhor momento para análise dessas interferências é no momento da elaboração dos projetos e dessa forma deveriam ser feitas pela equipe de fiscalização do contrato. (MATOS, 2016)

Com relação a elaboração do planejamento da obra, este é de responsabilidade da construtora, cabendo a fiscalização aprová-lo. Entretanto, há uma falta de exigência do poder público da entrega de documentação do planejamento da obra pela construtora

contratada aliado ao rito para o início da execução das obras.(MATOS, 2016)

Dessa forma, para usufruir dos benefícios do planejamento da obra, incluindo a metodologia 4D, a administração pública deve prever no edital de contratação de obras que o planejamento seja desenvolvido até o nível de detalhamento de curto prazo, considerando o planejamento um serviço integrante do contrato com prazo de entrega e valores estabelecidos. (MATOS, 2016)

De posse do planejamento, nos dois estudos que se utilizaram do Navisworks, a sua principal ferramenta para se utilizar do BIM 4D é o “Time Liner”, a qual consegue mostrar visualmente a sequência de construção ao se utilizar das informações de duração e precedência das atividades da obra. Tal ferramenta permite, ainda, comparar o realizado com o planejado, sendo possível identificar atrasos de obra.

Para se atingir os objetivos de uma modelagem 4D, segundo (BRITO, 2014), cada elemento do modelo 3D deve estar associado a uma atividade prevista pelo cronograma. Caso haja algum elemento não utilizado, deve-se analisar a necessidade de criação de uma nova atividade no cronograma ou simplesmente retirar o elemento devido a incompatibilidade com o que está sendo proposto de cronograma.

Diferentemente dos cronogramas tradicionais, os quais indicam, por exemplo, em que pavimento e módulo uma equipe está trabalhando, o modelo 4D fornece também a dimensão espacial, o deslocamento das equipes e a localização dentro do contexto global, analisando melhores sequenciamentos que combinem esses deslocamentos com o layout do canteiro. (BRITO, 2014)

Como forma de melhorar a comunicação e o entendimento destes modelos de planejamento 4D gerados, é necessário a criação de sistemas de cores padronizados para definir os processos. O mais comumente utilizado é uma separação entre atividades atrasadas, de acordo com o planejado e adiantadas.

Por fim, para tal modelagem alguns problemas principais foram notificados. Dentre eles, a dificuldade de representar atividades internas ao modelo se mostrou comum aos dois estudos. É comum ao final de obras, principalmente as mais complexas, que diversas atividades aconteçam ao mesmo tempo, o que também pode dificultar o entendimento claro do planejamento.

(BRITO, 2014) traz como sugestão de melhora para o primeiro problema a utilização de um sistema de cores específico para descrição de atividades internas. Para o segundo, cita possibilidade da divisão da simulação em diferentes “sets”, de modo a possibilitar a análise de obras complexas de modo simplificado e mais localizado.

Por fim, uma limitação dessa ferramenta é comentada ao se analisar as ferramentas disponíveis de simulação: Limitações na detecção de possíveis problemas através da aná-

lise do modelo 4D pelos espectadores, em função do nível de conhecimento e experiência individual, também é citado como um entrave ao pleno desenvolvimento. Como desafio, propõem-se melhorias de funcionalidades que reconheçam problemas na sequência construtiva e transmitam essa informação ao usuário, identificando omissões de componentes ou contradições no cronograma. Conflitos de espaço e tempo e questões envolvendo produtividade das equipes encontram dificuldades em serem detectados devido a falta de alguns dados no modelo 4D, tais como tamanhos das equipes e dos equipamentos, requisitos de espaços de trabalho e zonas de segurança. (KOO *et al.*, 2000)

4.1.3 Revit, MS Project e Synchro PRO

4.1.3.1 As ferramentas

Para este estudo Revit foi utilizado na criação dos modelos 3D e o MS project para a criação do cronograma. Uma vez que estes softwares já foram abordados, focaremos no Synchro PRO. O Synchro PRO é uma solução com alta capacidade de desenvolvimento de cronogramas e planejamento 4D baseado em BIM. É capaz de associar recursos às atividades programadas (mão de obra, equipamentos, materiais, etc.), realizar análises de riscos, verificação de folgas no planejamento das atividades, animações, comparações entre atividades planejadas e efetivamente executadas, dentre outras funcionalidades complexas. Além disso, integra-se com todas as principais ferramentas específicas de planejamento, incluindo o MS Project, e com os principais softwares de modelagem 3D, como o Revit. (MATSUI, 2017)

4.1.4 Experiências relatadas

Uma vez que as vantagens do planejamento 4D já foram amplamente abordadas, o foco aqui será na escolha de uma ferramenta em detrimento de outra.

Vale ressaltar que o Navisworks é um software com várias funcionalidades diferentes, dentre elas a ferramenta “Timeliner”, que é destinada à criação de simulações 4D, enquanto o Synchro é um programa totalmente destinada ao planejamento em 4D e, portanto, apresenta um maior número de funções essenciais para a realização do mesmo. (MATSUI, 2017)

(MATSUI, 2017) cita ainda uma série de motivos que justifica a escolha do Synchro PRO em detrimento do Navisworks, baseados na aplicação de ambas as ferramentas e da experiência obtida com ambos:

- Capacidade de planejamento e criação de cronograma:

- Synchro PRO: É uma plataforma de planejamento em que o usuário pode usar dependências entre as atividades, restrições e relações lógicas para avaliar rapidamente os pequenos efeitos das mudanças do projeto inteiro.
- Navisworks: Ignora toda a lógica do cronograma, transformando todas as tarefas em uma série de datas de início e fim independentes, o que torna quase impossível de ver os efeitos reais das mudanças no cronograma. No Timeliner, não é possível fazer operações básicas como adicionar a data de início e a duração de uma tarefa para se obter a data de fim da mesma.
- Comparação de cenários e sincronização:
 - Synchro PRO: permite criar vários cenários do seu cronograma atual e permite a sincronização do cronograma com programas de planejamento populares como Primavera P6 e MS Project, incluindo a habilidade de reter detalhes ou atividades logísticas adicionadas no Synchro.
 - Navisworks: Não permite criar cenários e a sincronização pode causar perdas e informações de acordo com o uso do cronograma.
- Exportação de cronogramas:
 - Synchro PRO: Dá suporte para exportar em múltiplos formatos de arquivos de programas como Asta Powerproject, MS Project XML, Primavera P6 e P3, Excel e SDEF (Standard Data Exchange Format).
 - Navisworks: Apenas permite exportar para CSV e MS Project XML.
- Filtros para tarefas:
 - Synchro PRO: Apresenta filtro para tarefas por nome, campos do usuário, códigos das atividades, caminho crítico, etc.
 - Navisworks: Permite filtrar objetos apenas pela árvore de seleção e não possui filtros diretos.
- Perfis de aparição:
 - Synchro PRO: Apresenta simulações de crescimento dos objetos o que indica a direção de trabalho e melhor comunica a sequência de tarefas. Além disso, vários recursos podem ser atrelados a uma única tarefa, com diferentes perfis de aparição – o que é muito útil quando se tem equipamentos e uma parte da construção atuando no mesmo momento na mesma tarefa.
 - Navisworks: Não permite criar diretamente simulações de crescimento de elementos e apenas um perfil de aparição pode ser usado por tarefa, o que leva

o usuário a criar tarefas duplicadas, que serão provavelmente perdidas em sincronizações e terão que ser sempre refeitas.

- Validação rápida e confiável do cronograma:
 - Synchro PRO: Permite validar instantaneamente qualquer ajuste no cronograma enquanto o usuário está o fazendo, apenas ao mover a barra do tempo de foco da esquerda para a direita.
 - Navisworks: No Timeliner a seção onde se vê a animação é separada de onde se altera as tarefas, o que torna difícil ver as mudanças no cronograma enquanto você está alterando-o.

Ainda, são trazidas algumas sugestões de boas práticas para simulações 4D. Dentre elas, as principais são: limpeza de dados do material 3D a ser importado, deixando apenas os dados que serão importantes para a modelagem, de modo a otimizar o trabalho e utilizar filtros nos elementos 3D para se facilitar a associação dos objetos às atividades correspondentes.

4.2 Gestão de empreendimentos no Exército Brasileiro: Sistema OPUS

Ao se analisar possíveis ferramentas a serem utilizadas na FAB, é importante analisar o que já vem sendo utilizado em outras forças. Sendo o Exército Brasileiro a primeira força a ser implementada na Estratégia BIM BR, há um avanço considerável nessa área que pode ser ilustrado pelo sistema OPUS (Sistema Unificado do Processo de Obras).

Com o objetivo de gerir todas as informações relacionadas às edificações militares, foi desenvolvido, em 2008, um sistema web denominado Sistema Unificado do Processo de Obras (OPUS). A criação do OPUS impulsionou a utilização do BIM, sendo uma grande base de dados para gestão e controle de todos os processos que envolvem o ciclo de vida das edificações e Plano Diretor onde estão inseridas.(BROCARD, 2017)

Dentre as vantagens e funcionalidades abrangidas pelo sistema OPUS, pode-se citar o georreferenciamento dos planos diretores, com representações 2D e 3D, controle de arquivos de projetos em nuvem e padrões abertos de interoperabilidade, gerando uma sinergia entre o sistema OPUS e outros softwares BIM.(PELLANDA *et al.*, 2015)

Dentre as ferramentas utilizadas, pode-se destacar o Revit, Infracore e Navisworks, as quais estão sendo ainda implementadas. Para projetos complementares são utilizados outros softwares como Lumini, Hydros e Eberick. Outra ferramenta é a utilização de VANT para o levantamento topográfico, através da conversão de uma nuvem de ponto.

Esta metodologia é utilizada tanto a nível preliminar para análise do terreno quanto a nível posterior para criação do "as built". (BROCARD, 2017)

Dessa forma, é importante analisar o que pode ser adaptado desse sistema utilizado pelo exército para os sistemas já existentes na FAB, de modo a entender se a gestão de obras pode ser adequada a algum sistema já existente na FAB. Ainda, a geolocalização e controle de informações de reformas ou andamento de obras permite um maior controle das edificações, devendo ser adicionados estes dados em uma base de dados para gestão de ativos.

4.3 Uso do BIM 5D na fiscalização de obras

A utilização de BIM no processo de orçamentação é de fundamental importância para a fase de projetos em fiscalização de obras. A utilização de ferramentas que automatizem o processo tanto de consulta a bases de dados federados, quanto de ferramentas que gerem quantitativos proporcionam um grande ganho de produtividade.

A cada alteração no projeto, é desperdiçado muito tempo com modificações e novas quantificações dos serviços e materiais, o que gera erros tanto no orçamento quanto na execução da obra. (PIRES, 2018)

Por fim, pode-se dizer que o emprego do modelo BIM 5D fornece as quantidades exatas dos componentes da obra, os quais podem ser interligados ao custo, permitindo o controle do fluxo de caixa e faturamento da obra, sendo possível visualizar graficamente o trabalho concluído, o que facilita o acompanhamento da obra. (MATOS, 2016)

4.3.1 Ferramentas de orçamentação

Dentre as ferramentas disponíveis no mercado, a que mais se destaca é o OrçaBIM, criado pela Orçafascio com o objetivo de integrar o sistema de dados para a orçamentação com o Revit, da empresa Autodesk, permite o desenvolvimento do projeto com redução do tempo. Com o plug-in, é possível exportar automaticamente os quantitativos do Revit, relacionando com as composições de custo unitário para compor os custos do projeto. (MACHADO, 2019)

Sobre a ferramenta, pode-se citar que a vantagem da utilização do OrçaBIM é poder analisar os valores das composições em qualquer fase do projeto, pois o sistema se conecta diretamente com as bases de preços selecionadas, alterando o orçamento sempre que disponibilizado o preço mais atualizado. Com relação aos quantitativos, o plug-in também promove a retificação do orçamento em tempo real toda vez que se der a alteração de algum elemento de projeto que já esteja selecionado para fazer parte da planilha. Com

isso, é possível, inclusive, prever cenários diferentes e comparar soluções técnicas com a avaliação dos custos em tempo apropriado. (MACHADO, 2019)

Na tentativa de se buscar outras alternativas de ferramentas para orçamentação, (SOUSA, 2021) fez um estudo comparativo entre o plug-in OrçaBIM e o software Navisworks, ambos utilizados para a orçamentação de uma mesma obra. Podendo o processo de orçamentação ser dividido em quantificação e associação a uma tabela de custos, analisou-se o tempo e a facilidade para uso. O resultado do experimento foi que o OrçaBIM se demonstrou um ganho de tempo de 23% em relação a uma orçamentação realizada pelo Navisworks.

4.4 Tabela resumo das ferramentas encontradas

Baseado na Tabela 4.1 proposta pelo Bim Mandate da FAB, que apresenta algumas opções de softwares a serem utilizados em diversas disciplinas de projeto, foi feito um novo quadro.

Na tentativa de correlacionar as principais atividades da fiscalização de obras, este novo quadro foi feito com os principais softwares existentes no mercado e indica as funções da fiscalização de obras que podem ser melhoradas com seu uso.

TABELA 4.1 – Principais ferramentas BIM mapeadas e estágio de utilização.

<i>Disciplina</i>	<i>Plataformas</i>	<i>Software</i>	<i>Estágio</i>
Arquitetura e urbanismo	Autodesk	Revit	em homologação
	Trimble	SketchUp	inicial
	Graphisoft	Archicad	inicial
Fundações e estruturas	Autodesk	Revit	em homologação
	Autodesk	Advance Steel	em homologação
	AltoQi	Eberick	em homologação
	Autodesk	Robot structural Design	inicial
	TQS	TQS	inicial
Instalações hidrosanitárias	Autodesk	Revit	em homologação
	AltoQi	QiBuilder	em homologação
Instalações elétricas e eletrônicas	Autodesk	Revit	em homologação
	AltoQi	QiBuilder	em homologação
Instalações de Prevenção e Combate a Incêndio	Autodesk	Revit	em homologação
Instalações mecânicas e de utilidades	Autodesk	Revit	em homologação
Planejamento	Autodesk	Navisworks	em homologação
	Microsoft	Project	em homologação
	Orçafascio	Módulo Planejamento	em homologação
	Dassault	Project Management	inicial
Orçamento	Orçafascio	OrçaBIM	em homologação
	Microsoft	Excel	em homologação
	Autodesk	Navisworks	em homologação
	AltoQi	QiVisus	inicial
Infraestrutura	Autodesk	Civil 3D	inicial
	Autodesk	Infraworks	inicial
Geoprocessamento e Topografia	Bentley	OpenRoads Designer	inicial
Caderno de Especificações Técnicas	Microsoft	Word	em homologação

Fonte: BIM Mandate(2021)

Baseado no estudos encontrados e em opções de softwares disponíveis no mercado, foi possível criar o seguinte quadro, de modo a associar os problemas que podem ser resolvidos com cada ferramenta:

TABELA 4.2 – Ferramentas encontradas de acordo com demandas da fiscalização de obras.

<i>Demanda da Fiscalização</i>	<i>Ferramenta oferecida em BIM</i>	<i>Opções de Aplicação</i>
Maior integração entre as diversas disciplinas de projeto	Possibilidade de juntar diversos projetos por meio de pontos georreferenciados.	Navisworks

Projetos básicos mais bem detalhados	Uma vez que o projeto é realizado em 3D, ele acaba sendo bem mais específico, reduzindo dúvidas sobre o projeto e erros devido baixas especificações.	Revit, ArchiCAD.
Análise de interferências entre projetos das diversas disciplinas	Após juntar diversos projetos em um único ambiente, é possível realizar um "clash detection", onde se analisa as interferências físicas entre dois objetos de um projeto impedindo que haja problemas durante a construção.	Navisworks - "Clash detection"
Acompanhamento entre executado e planejamento na obra	Opções relacionadas a estratégias de gestão de projetos, possibilitando ao fiscal saber se a obra encontra-se de acordo com o planejado em cronograma ou se houve algum atraso/adiantamento que posso alterar o prazo da obra.	MSProject, Navisworks, Syncro.
Acompanhamento físico do andamento da obra	A simulação do andamento da obra por meio de opções de modelagem em 4D, com acompanhamento temporal permite uma informação mais visual e direta a cerca do andamento da obra.	Navisworks - Time Liner

Georreferenciamento das obras	Possibilidade de georreferenciar a obra, possibilitando o uso de tecnologias como óculos de realidade aumentada, além de possibilitar a correta junção entre diversos projetos.	OpenRoads Designer ou utilização de drones para imageamento a laser.
Criação de cronograma de obras e Gráfico de Gantt	Ferramenta de gestão bastante utilizada em gestão de projetos, porém não tão usual ainda na fiscalização de obras, permitindo a criação de uma sequência estruturada de obra e a definição de um caminho crítico, com melhor acurácia na previsão da duração da obra.	MSProject, Navisworks, Syncro.
Orçamentação de projeto básico	Com a produção de projetos mais detalhados, é possível montar orçamentos mais precisos, reduzindo necessidade de aditivos contratuais e dificultando superfaturamento de obras públicas.	OrçaBIM
Registro do modelo "como executado"	O registro do modelo "como realizado" é de fundamental importância para as futuras manutenções a serem realizadas na construção, detalhando as mudanças que foram realizadas durante a construção.	Navisworks, Revit.

Gestão de Contratos e Aditivos	Importante atividade de gestão de ativos, necessária para possibilitar um rápido acesso aos projetos em execução, permitindo melhores decisões estratégicas.	Empresas de serviços de gestão de obras, Microsoft Word.
Atualizações de modelo mais rápidas	Ao se atualizar modelos é possível que uma determinada mudança seja refletida em todas plantas de projeto automaticamente.	Revit
Gestão de Contratos e Integração de informações	Importante atividade de gestão de ativos, necessária para possibilitar um rápido acesso aos projetos em execução, permitindo melhores decisões estratégicas.	Empresas de serviços de gestão de obras, Microsoft Word, OPUS

Fonte: Autor.

Vale ressaltar que estas demandas da fiscalização de obras públicas foram feita baseada não só nos estudos encontrados, mas também com pesquisa a profissionais da Comissão de obras do DCTA.

Dentre as ferramentas sugeridas, buscou-se apresentar as mais utilizadas para cada atividade, havendo ainda muitos outros softwares para realização de cada uma dessas atividades.

5 Estudo de Caso: Estande de tiro DCTA

5.1 A obra

A obra é referente a um estande de tiro implementado no DCTA, em São José dos Campos, no estado de São Paulo. O projeto é um modelo realizado para apoiar a DIRMAB (Diretoria de Material Aeronáutico e Bélico), uma vez que foi feito de acordo com os padrões de implementação.

O projeto pode ser definido como um estande em recinto fechado, projetado e construído com parabolas superiores, muros laterais e um talude de contenção frontal. A obra ocupa $204.48 m^2$, sendo executados 6 boxes de linhas de tiro, um depósito de gás e uma área para abrigar um estande virtual de tiro.

O projeto pode ser visualizado na figura 5.1:

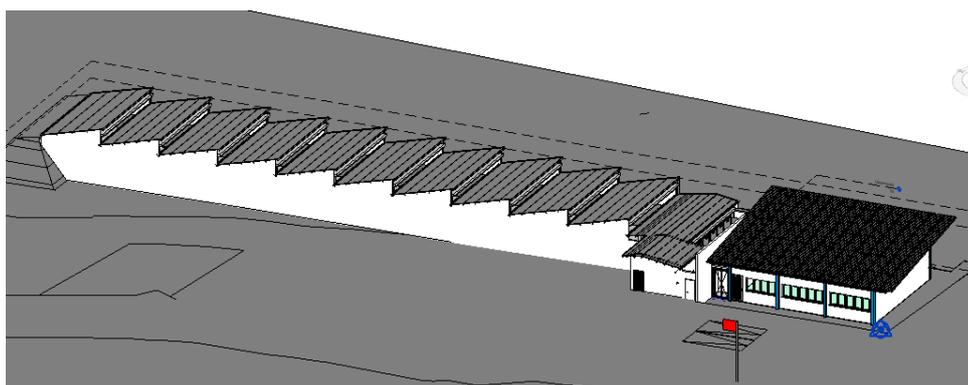


FIGURA 5.1 – Estande de tiro modelado em Revit. Fonte: Comissão de Obras do DCTA.

5.2 Modelagem do projeto

Para a modelagem do projeto, algumas dificuldades foram enfrentadas, uma vez que no corpo de projetistas haviam profissionais com diferentes níveis de contato com o BIM.

Além disso, apesar de as instalações hidráulicas terem sido modeladas, devido a uma gestão dos recursos disponibilizados para obra, não houve aplicação destas no projeto executivo, uma vez que os banheiros pararam de fazer parte do escopo de projeto.

5.2.1 Gestão de Projeto

Com relação a gestão BIM, o projeto chegou a ter a criação de um Plano de Execução BIM, porém ainda muito incipiente e não chegou a ser utilizado, apesar de servir de forte embasamento para projetos futuros.

Dessa forma, a gestão de projeto se deu aos moldes tradicionais, com criação assíncrona dos modelos e reuniões compatibilização, porém sem fluxograma em BIM plenamente desenvolvido.

Com relação ao cronograma de projeto, apenas um cronograma físico-financeiro guiou o andamento das obras.

5.2.2 Disciplinas Modeladas

Uma vez que as instalações hidrossanitárias saíram do escopo do projeto, não serão tratadas neste estudo.

As disciplinas modeladas em Revit a nível de projeto foram:

- Arquitetônico
- Fundações e estrutura
- Elétrico

Vale destacar que apenas o modelo arquitetônico foi atualizado após a conclusão da obra, sendo feito o modelo "as built". Ainda, devido a falta de experiência com o software e trocas de pessoal durante a fase de projeto, apenas parte do projeto estrutural foi modelado. Vale destacar ainda que como a modelagem ocorreu antes do lançamento do BIM Mandate, não houve uma preocupação muito grande em seguir padrões fixos de modelo.

5.2.3 Orçamentação

A orçamentação é uma parte da modelagem, caracterizada como o BIM 5D. Devido a uma fase ainda de transição entre o método tradicional e o BIM, o orçamento foi feito de diferentes formas de acordo com cada disciplina.

Dessa forma, apenas o modelo arquitetônico conseguiu ser inteiramente quantificado e orçado apenas de acordo com o modelo. Apesar de o modelo 3D não ter sido base para todas as orçamentações, foi utilizado o plug-in OrçaBim para a criação do cronograma físico-financeiro, sendo este posteriormente exportado para o Excel.

5.3 Sugestões de melhoria no processo empregado

De maneira a aplicar ao menos em partes os estudos aplicados e conferir sugestões de diretrizes para uma melhor aplicação do BIM, algumas sugestões podem ser aplicadas.

5.3.1 PEB

Primeiramente, a elaboração de um PEB mais bem estruturado e que seja formalizado por toda equipe é essencial para a aplicação do BIM de maneira mais organizada e padronizada. O modelo preliminar feito trazia algumas informações importantes de projeto, e serviu como base para projetos futuros, capacitando melhor a equipe.

O PEB inicial traz em partes a expectativa do escopo BIM a ser utilizado em projeto, com algumas expectativas de uso e com descrição superficial de quais ferramentas serão utilizadas. Ainda o planejamento das atividades BIM a serem executadas, como modelagens ou extrações de quantitativos foi feito de maneira ainda muito incipiente, sem definições de prazo, apenas listando as atividades.

Desse modo, para se aumentar a qualidade deste PEB deve-se especificar ainda mais o planejamento. Além da descrição dos objetivos BIM para o projeto, pode-se elencar prioridades para que tais objetivos sejam realizados, demandando maiores esforços e tempo para atividades de maior prioridade, alguns exemplos de atividades seriam: obter maior fidelidade de custo ou reduzir as incompatibilidades entre projeto e obra.

Além disso, é necessária uma reunião com todos projetistas envolvidos de modo a padronizar as ferramentas de software utilizadas em cada disciplina, assim como a versão (ano), o formato de saída dos arquivos (.rvt, .nwd, .ifc) e o uso dessa ferramenta. Dessa forma, a documentação do projeto fica mais fidedigna e é possível se acessar a informações importantes de maneira rápida.

De modo a tornar mais claro o fluxograma de mudanças de projeto e de atividades, uma possibilidade é agregar ao PEB uma matriz de responsabilidades, listando os principais interessados no projeto e definir suas atuações nos momentos de projeto, como planejamento, execução ou escopo, sendo estas atuações podendo de indicar que o interessado: participa, deve ser consultado, deve ser informado, deve aprovar ou é o responsável pela atividade. Assim, esse sistema torna mais clara a burocracia envolvida nas diversas

decisões de projeto.

Por fim, é necessário ainda definir a regularidade das reuniões de projeto e os objetivos específicos de cada uma delas. Uma vez que o BIM proporciona as facilidades de muitos projetos sendo executados concomitantemente, este aspecto também gera a necessidade de constantes alinhamentos de equipe. É importante salientar que para a melhor utilização do BIM não basta simplesmente aplicar diversas ferramentas de software, mas também novas técnicas de gestão de projeto são necessárias, como estas reuniões mais frequentes e com objetivos específicos como: compatibilização e análise de interferências.

Por fim, cabe ao PEB definir as devidas especificações de LOD de cada elemento, a depender das necessidades de cada modelo e de detalhamento. Pode-se definir estas especificações para cada objeto, dividindo-os por cômodos.

5.3.2 Análise de interferências

Dentre as vantagens de utilização do BIM, as ferramentas de clash são de grande importância. A análise de interferências a partir de modelos 2D possui uma grande dificuldade pois envolve muito da capacidade imaginativa e experiência dos projetistas envolvidos.

No projeto do Estande de tiro não foi utilizada uma ferramenta de identificação de interferências. Desse modo, a utilização de uma ferramenta de compatibilização entre as diversas disciplinas de projeto permitiria a realização desta análise a qual reduz bastante a possibilidade de erros executivos na fase executiva.

Entretanto, uma vez que há uma nova fase de análise de projeto, é fundamental a criação de um fluxograma de atividades para que as devidas responsabilidades sejam atribuídas em cada mudança.

Assim, a metodologia proposta pelo autor é uma que ocorra de forma iterativa, envolvendo, de forma conjunta, todos projetistas. Assim, o fluxo de projetos se inicia pela criação de um modelo arquitetônico, o qual servirá de base para a criação dos modelos das outras disciplinas. Feito isso, para se seguir para um próximo nível de aplicação BIM, cada disciplina realiza suas modelagens de maneira assíncrona.

Após esse projeto, as análises de clashes são realizadas e reuniões de decisão são feitas de modo a decidir as mudanças a serem feitas em projeto, com a assinatura dos responsáveis técnicos das disciplinas envolvidas para cada mudança aprovada.

5.3.3 Criação de cronograma físico

De modo a promover um melhor acompanhamento de obras e possibilitar a criação de um acompanhamento 4D, é necessário a criação de um cronograma físico de obras,

trazendo informações de duração, precedências e sequenciamento de cada atividade, ferramentas de gestão de obras sugeridas por (MATOS, 2010). Desse modo, os fiscais de obra conseguem ter um melhor acompanhamento da obra e prever com maior antecedência a possibilidade de futuros atrasos de obra.

Como citado por (MATOS, 2016), é fundamental a participação da empresa executora no processo de planejamento. Como ainda não é plenamente difundido a necessidade de elaboração deste, principalmente em obras de pequeno e médio porte, é necessário que se adicione aos requisitos básicos de projeto a elaboração de cronograma físico e a inserção deste já no processo licitatório, com valor em contrato.

5.3.4 Planejamento 4D

Havendo um cronograma físico com detalhamento adequado tendo sido criado, é possível modelar o planejamento das etapas a serem realizadas durante a obra. Várias ferramentas podem ser utilizadas nesse processo, havendo a análise nesse trabalho de duas principais: Navisworks e Synchro Pro.

A simulação 4D auxilia a fiscalização a ter um maior controle do que está sendo realizado na obra e possibilita identificar as etapas que encontram-se atrasadas, adiantadas ou de acordo o planejamento de modo rápido e visual. Para se atingir esse resultado é necessário uma atualização frequente do modelo com as etapas realizadas.

Para que estas ferramentas possam ser levadas para o campo uma ferramenta disponibilizada pela própria Autodesk é o A360 mobile App, um aplicativo disponível tanto para Android quanto para iOS, de maneira gratuita. Ele pode ser acessado de tablets e celulares, possibilitando um acesso a um projeto de maneira compartilhada, permitindo visualizar, comentar, rever e compartilhar projetos. Com esta possibilidade é possível trazer os modelos mais próximos da obra, permitindo inclusive consultas ao modelo de maneira mais prática e rápida. Ainda, há a possibilidade de armazenamento em nuvem permitindo que algumas informações possam ser compartilhadas entre os diversos stakeholders do projeto. (FFSOLUTIONS, 2017)

5.3.5 Quantitativos e Orçamentação

Uma vez que apenas o projeto arquitetônico utilizou os quantitativos obtidos pelo próprio Revit para a realização de sua orçamentação, a melhoria seria que todos os outros projetos também utilizassem estas ferramentas para gerar um maior ganho de produtividade e assertividade nas medições.

Ainda, vale salientar que a fase de projeto deve estar também alinhada com a fase de

orçamentação, criando projetos já com itens que constem em bases federadas de dados de orçamentação, sempre que possível. Ainda, como forma de auditar as quantidades adquiridas pelo modelo, sugere-se realizar uma segunda medição por meio de outro software. Uma possibilidade é realizar medições tanto com o Revit quanto com o Navisworks, uma vez que ambos possuem estas funcionalidades.

5.3.6 Controle de qualidade junto com o “As built”

A atualização dos modelos para seu formato “as built” é de fundamental importância para a gestão dos empreendimentos realizados. Assim, uma vez que é de responsabilidade dos órgãos públicos, muitas vezes, também a manutenção das construções, é essencial que haja descritivos de todos os modelos de seus “as built”.

Ainda, uma sugestão para se facilitar posteriores análises de qualidade e mesmo identificação de problemas, uma possibilidade seria se adicionar notas nos modelos “as built” relativas ao controle de qualidade.

Um exemplo seria adicionar as informações de slump, resistência do concreto, dados da hora de saída e chegada do caminhão associadas ao modelo estrutural, por exemplo.

6 Conclusão

Este capítulo visa a trazer as conclusões deste trabalho e apresenta sugestões de estudos futuros de modo a fomentar ainda mais a utilização do BIM tanto em projetos quanto na fiscalização de obras no Brasil.

6.1 Conclusões

Diante do que foi discutido e dos objetivos expostos inicialmente neste trabalho, pode-se fazer uma revisão geral da importância do BIM e sobre sua implementação tanto no Brasil quanto no mundo. Além disso, a correlação entre BIM e fiscalização de obras é imediata, uma vez que esta ferramenta traz diversas possibilidades reduzindo tempo de obras, dificultando superfaturamentos e tornando o processo de orçamentação mais transparente e detalhado.

Ainda, com a exposição de alguns estudos anteriores, buscou-se trazer relatos de ferramentas sendo utilizadas hoje no mercado e quais suas vantagens e dificuldades enfrentadas, na tentativa de se adequar estas ferramentas à realidade da FAB.

Com base nesses dados, foi possível trazer a listagem de uma gama de ferramentas que utilizam a metodologia BIM associadas a diversas demandas da fiscalização de obras.

Em um primeiro instante, se baseando nos principais softwares atuantes no mercado e nas próprias diretrizes do BIM Mandate, os softwares com maior potencial de serem utilizados e que representam uma boa iniciação ao ambiente BIM são: Revit, Navisworks, MS Project e o plug-in OrçaBIM. Vale ressaltar que há estudos que apontam para a maior eficácia do Synchro PRO na realização de modelagem do planejamento, sendo que este software não está presente dentre os softwares a serem homologados pela FAB.

Revit enquadrando-se como um software de modelagem 3D, com possibilidade de extração de quantitativos. Navisworks com ferramentas de compatibilização de projetos de diferentes disciplinas, possuindo a possibilidade de realizar testes de interferência e até mesmo simulações de planejamento de obra. Com uma funções mais administrativas, o MS project e o OrçaBIM se configuram como importantes ferramentas no planejamento de

obra e na orçamentação de projetos, respectivamente.

Apesar de o cronograma físico não ser um papel da fiscalização de obras, a cobrança desse item em licitação, com um valor associado é de fundamental importância para se melhorar a qualidade dos projetos licitados.

Por fim, com a realização de um estudo de caso de um projeto realizado na Comissão de Obras do DCTA, foi possível se realizar um estudo crítico das ferramentas empregadas. Com isso, uma série de possibilidades foi sugerida para se aumentar a qualidade do projeto, aumentando os usos BIM ao longo do ciclo de vida do empreendimento.

Dentre as possibilidades sugeridas, pode-se destacar:

- Criação de um Plano Executivo BIM mais detalhado, com maiores informações sobre a gestão de projeto e sobre os detalhamentos de objeto necessários;
- Análise de interferências, com reuniões de compatibilização de obras periódicas até finalização dos projetos;
- Criação de um cronograma físico, aderindo à fase de licitação do projeto esta atividade com um valor agregado;
- Planejamento 4D, com detalhamentos da finalidade desta atividade no PEB;
- Realização de quantitativos e orçamentação com uso de ferramentas BIM ao longo de todas disciplinas;
- Realização de um controle de qualidade associado ao modelo “as built”.

Estas sugestões de aplicação são todas de acordo com os estudos teóricos realizados. Dessa forma, para uma evolução do BIM no Brasil e uma maior disseminação destas ferramentas no mercado é necessário uma menor distância entre o meio prático e o acadêmico.

Em estudos futuros, pode-se analisar sobre mais opções de melhorias a serem adicionadas no PEB e se as melhorias sugeridas melhoram o fluxo de trabalho. Ainda, são necessários mais estudos sobre o Synchro PRO para analisar sobre as potencialidades de seu uso na FAB. Por fim, as diversas ferramentas e aplicações BIM sugeridas podem ser testadas e validadas separadamente em estudos de caso de projetos reais, com análise desde a fase de projeto até a execução e a fiscalização, de fato.

Referências

ABDI. 2022. Available at:

<https://www.abdi.com.br/postagem/bim-a-inteligencia-da-construcao>. Accessed on: 11 nov. 2022.

AUTODESK. 2022. Available at: <https://www.autodesk.com.br/solutions/cad-software>. Accessed on: 08 nov. 2022.

AUTODESK. 2022. Available at:

<https://www.autodesk.com/products/revit/overview?term=1-YEARtab=subscription>. Accessed on: 08 nov. 2022.

AUTODESK. 2022. Available at: <https://www.autodesk.com.br/products/navisworks/overview?term=1-YEARtab=subscription>. Accessed on: 08 nov. 2022.

BRASIL. Comando da aeronáutica. diretoria de infraestrutura da aeronáutica. portaria nº 82/gc3, de 04 de maio de 2021. aprova a edição do mca 86-1 “manual de modelagem bim - bim mandate”. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, DF, 2021.

BRASIL. Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2021. Available at:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14133.htm.

BRASIL. 2022. Available at: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/images/REPOSITORIO/sdci/CGMO/26-11-2018-estrategia-BIM-BR-2.pdf>. Accessed on: 11 nov. 2022.

BRITO, D. M. de. **MODELAGEM 4D APLICADA AO PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS**. Trabalho de Conclusão de Curso — Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2014.

BROCARD, F. L. M. **O USO DA MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO 4D (BIM 4D) EM PROJETOS DE OBRAS MILITARES**.

Dissertação de Mestrado — Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

CAMPESTRINI, T. F.; GARRIDO, M. C.; JUNIOR, R. M.; SCHEER, S.; FREITAS, M. Entendendo bim. **Curitiba, PR**, 2015.

CARVALHO, A. A. de V. **ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PROCESSOS PARA ELABORAÇÃO DE PLANO DE EXECUÇÃO BIM, VISANDO À APLICAÇÃO NA FAB**. Trabalho de Conclusão de Curso — Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2018.

CONSTRUCTION, M. M.-H. The business value of bim for construction in major global markets: how contractors around the world are driving innovation with building information modeling. **Report**, McGraw-Hill Construction Bedford, MA, 2014.

EASTMAN, C. **An Outline of the Building Description System**. Institute of Physical Planning, Carnegie-Mellon University, 1974. (Research report (Carnegie-Mellon University. Institute of Physical Planning)). Available at: <https://books.google.com.br/books?id=mCpsHAAACAAJ>.

EASTMAN, C.; EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. [S.l.]: Wiley, 2008.

FFSOLUTIONS. 2017. Available at: <https://www.frazillio.com.br/blog-conheca-a360/>. Accessed on: 10 nov. 2022.

GÓES, M. B. de; RIOGA, C. L.; CAMPOS, I. L. de A.; FREITAS, L. D. de; BARBOSA, S. J.; SOUZA, F. T. de. Benefícios da implementação do método bim no planejamento e gerenciamento de obras. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**, v. 8, n. 14, p. 107–126, 2020.

KOO, B.; FISCHER, M.; MARTIN; ADVISOR. Feasibility study of 4d cad in commercial construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 126, 07 2000.

MACHADO, C. T. **MODELAGEM 5D: ESTUDO DE CASO DE UM PROCESSO DE ORÇAMENTAÇÃO BIM**. Trabalho de Conclusão de Curso — Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2019.

MATOS, C. R. de. **O USO DO BIM NA FISCALIZAÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS**. Dissertação de Mestrado — Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

MATSUI, A. G. **APLICAÇÃO DO BIM 4D PARA OTIMIZAÇÃO DO CRONOGRAMA FÍSICO DE UMA OBRA**. Trabalho de Conclusão de Curso — Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2017.

MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras**. [S.l.]: PINI, 2010.

MICROSOFT365. 2022. Available at: <https://www.microsoft.com/pt-br/microsoft-365/project/compare-microsoft-project-management-software?activetab=tabs\%3aprimariyr1>. Accessed on: 08 nov. 2022.

NATIONAL BIM Standard. 2022. Available at: <https://www.nationalbimstandard.org/nbims-us-v3>. Accessed on: 11 nov. 2022.

PELLANDA, P.; NACIMENTO, A.; FERREIRA, E. Opus: o sistema de gestão de obras do exército brasileiro baseado em bim – building information modeling. *In: _____*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 55–72. ISBN 978-85-402-0463-8.

PIRES, L. S. R. **EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS COM USO DE BIM: ESTUDO DE CASO EM EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR**. Trabalho de Conclusão de Curso — Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2018.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X. d.; MORAIS, M. d. O ensino de bim no brasil: onde estamos? **Ambiente construído**, SciELO Brasil, v. 13, p. 151–165, 2013.

SOUSA, K. C. **COMPARAÇÃO DE ORÇAMENTAÇÃO COM FERRAMENTAS BIM: AUTODESK NAVISWORKS X ORÇABIM**. Trabalho de Conclusão de Curso — Universidade Federal do Tocantins, Tocantins, 2021.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357–375, 2009. ISSN 0926-5805. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580508001568>.

TCU. **Obras públicas: Recomendações Básicas para a Contratação e Fiscalização de Obras de Edificações Públicas**. 4rd. ed. Brasília: Tribunal de Contas da União, 2014.

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO

1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO <p style="text-align: center;">TC</p>	2. DATA <p style="text-align: center;">22 de novembro de 2022</p>	3. DOCUMENTO Nº <p style="text-align: center;">DCTA/ITA/TC-078/2022</p>	4. Nº DE PÁGINAS <p style="text-align: center;">55</p>
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Estudo de alternativas para uso de ferramentas BIM na fiscalização de obras e serviços de engenharia			
6. AUTOR(ES): Antonio Thiago Dias Arruda			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: BIM; Fiscalização de Obras; Estudo de caso; BIM 4D; BIM 5D; ITA; Ferramentas BIM			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Construção civil; Implementação de projetos; Estudo de caso; Projeto auxiliado por computador; Estudo de mercado; Metodologia; Engenharia civil			
10. APRESENTAÇÃO: (X) Nacional () Internacional ITA, São José dos Campos. Curso de Graduação em Engenharia Civil-Aeronáutica. Orientador: Prof. João Cláudio Bassan de Moraes. Coorientador: Prof. Caio Vale Barbosa Eiterer. Publicado em 2022.			
11. RESUMO: A metodologia BIM representa um grande avanço na área da construção civil, sendo capaz de reduzir prazos de obras e reduzir desperdícios e custos, além de possibilitar um melhor gerenciamento do empreendimento durante todo seu ciclo de vida. Entretanto, o mercado da construção civil tem uma característica de ser um setor ainda bastante tradicional, apresentando certa barreira para adotar esta nova metodologia. Nesse cenário, o Brasil desenvolveu uma estratégia de implantação da metodologia no país a ser aplicada gradualmente em diversas fases, inicialmente em obras públicas. Dessa forma, é necessário uma adequação também da fiscalização de obras, com a utilização e compreensão do BIM como processo. Para isso, este estudo visa a trazer opções de ferramentas a serem utilizadas para se aplicar da melhor forma o BIM na fiscalização de obras. Ainda, o estudo apresenta a análise de um estudo de caso de uma obra realizado pela Comissão de Obras do DCTA, apresentando como o BIM foi empregado neste projeto e são sugeridas ferramentas e metodologias que levem a uma aplicação mais completa do BIM na fiscalização de obras.			
12. GRAU DE SIGILO: <p style="text-align: center;"> (X) OSTENSIVO () RESERVADO () SECRETO </p>			