ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Fluxograma para integração dos parâmetros de prazo e do custo no modelo BIM: um estudo de caso

Flowchart for integrating time and cost parameters into the BIM model: a case study

Carlos Francisco Minari Junior
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGECiv) | Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) | São Carlos, SP | Brasil | carlosminari@estudante.ufscar.br
Sheyla Mara Baptista Serra
PPGECiv/UFSCar | São Carlos, SP | Brasil |sheylabs@ufscar.br

Resumo

O contexto atual de inovação tecnológica orienta a aplicabilidade do *Building Information Modelling* (BIM), de forma a atender simultaneamente a gestão das várias especialidades de projeto, integrando com os parâmetros de prazo e custo do empreendimento. As atuais ferramentas tecnológicas e softwares possibilitam a integração das informações, mas os procedimentos de modelagem com o uso de diferentes programas nem sempre se apresenta detalhado e sistematizado. Neste contexto, o objetivo deste estudo é apresentar um fluxograma dos procedimentos necessários para auxiliar na integração do prazo e do custo ao modelo BIM, considerando as possibilidades de alteração de projetos. A metodologia adotada foi o estudo de caso de uma residência, utilizando programas específicos de planejamento e custo e de modelagem BIM. Foram realizadas e comparadas três opções de simulação do serviço de alvenaria, considerando alterações de materiais e de escopo do projeto. Os resultados permitiram validar o fluxograma proposto, contribuindo para sistematizar o procedimento de integração do prazo e custo durante a fase de projeto do empreendimento.
Palavras-chave: *Building Information Modelling*. Custo. Integração. Prazo. Simulação.

Abstract

The current context of technological innovation guides the applicability of the Building Information Modeling (BIM) to simultaneously meet the management of the various project specialties, integrating with the time and cost parameters of the undertaking. Current technological tools and software allow information integration, but the modeling procedures using different programs are only sometimes detailed and systematized. In this context, this study aims to present a flowchart of the procedures necessary to help integrate time and cost into the BIM model, considering the possibilities of project changes. The methodology adopted was the case study of a residence, using specific planning and cost and BIM modeling programs. Three simulation options for the masonry service were performed and compared, considering changes in materials and project scope. The results allowed the validation of the proposed flowchart, thus contributing to systematizing the procedure for integrating the expected time and cost during the project design phase.
Keywords: Building Information Modelling. Cost. Integration. Time. Simulation.

Como citar:
MINARI JUNIOR, C.F.; SERRA, S.M.B. Fluxograma para integração dos parâmetros de prazo e do custo no modelo BIM: um estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

INTRODUÇÃO

Uma das grandes prioridades do gerenciamento de obras é atender os parâmetros de custo e de prazo definidos, de forma que as estratégias de produção se adequem às metas do empreendimento da melhor forma possível. Em relação à gestão dos custos, os sistemas tradicionais não são satisfatórios por falta de informações realistas que possam nortear o desenvolvimento do produto [1].

A Indústria da Construção Civil (ICC) vem incorporando a aplicação da modelagem do planejamento em *Building Information Modeling* (BIM) gradativamente. Esta modelagem consiste em combinar modelos geométricos em realidade virtual com dados do cronograma da obra, possibilitando a visualização espacial em etapas da construção ao longo de sua execução e de suas atividades de fluxo [2]. Um modelo BIM pode ser usado para planejar, organizar ou testar simulação das atividades de construção em relação a restrições, como, tempo, recursos humanos e materiais.

Segundo [3], o BIM é uma metodologia promissora utilizada na indústria relacionada à arquitetura, engenharia, construção e operação (AECO). Por meio da criação de base de dados que permite a modelagem exata da geometria de projetos, pode ser utilizado para prover suporte à execução, à fabricação e ao fornecimento de insumos crucial para a realização da construção [4].

Segundo [5], nas últimas décadas, a ICC tem se mostrado interessada na melhoria dos processos para se obter resultados favoráveis em relação ao planejamento e à previsão e controle dos custos. Conforme menciona [6] em uma releitura de [7][8], as informações para o gerenciamento de projetos de construção podem ser automaticamente obtidas a partir de um modelo BIM. Ao se associar o modelo virtual com o cronograma de construção tem-se o modelo simulando a execução, utilizado principalmente para planejamento e gerenciamento da construção.

Além disso, integrando a dimensão de custos de material, de equipamento e de pessoal, tem-se o modelo integrado com a estimativa de custos, o qual pode ser utilizado para dar aos projetistas um retorno mais ágil e preciso de informações sobre a tomada de decisões e planejamento do custo de um projeto [9]. Além disso, comumente, pode haver alterações de materiais, componentes e de escopo nos projetos, sendo necessário alterar as modelagens realizadas.

Nesse contexto, a utilização do BIM auxilia a integração das informações entre os processos de modelagem, planejamento e orçamentação de obra, abrangendo *softwares*, informações, equipes, materiais e equipamentos utilizados desde o processo de projeto até o processo de construção. Existe uma grande disponibilidade de softwares no mercado que possibilitam a concepção em três dimensões do modelo BIM. Entretanto, pode haver a necessidade de uso integrado de softwares específicos das disciplinas de projeto, de planejamento ou de orçamentação para atender a inclusão dos parâmetros de prazo e de custo no modelo BIM. Porém, nem sempre a sequência de procedimentos de integração está esclarecida, principalmente quando se utiliza de diferentes programas computacionais, sendo cada um especializado em sua disciplina ou especialidade.

Dessa forma, o objetivo proposto neste artigo é apresentar um fluxograma dos procedimentos necessários para auxiliar na integração do prazo e do custo ao modelo BIM, considerando as possibilidades de alteração de projetos.

USOS DOS MODELOS DE PRAZO E DE CUSTO

Os modelos BIM podem representar diversas disciplinas e dimensões de informação de uma edificação. Estes modelos são uma extensão do modelo de informação da construção, o qual incorpora vários aspectos de informação de projeto requerida em cada estágio do ciclo de vida de uma edificação [10][11].

Quando a base de dados – o modelo virtual denominado de 3D – é alimentada com informações de tempo, permitindo a alocação das quantidades extraídas do modelo em um sequenciamento de atividades e junção de taxas de produtividade e dos tamanhos de equipes criando um cronograma da obra, é caracterizado o modelo denominado simplificadamente de modelagem de prazo [12]. Esse modelo também possibilita a criação de animações do sequenciamento de atividades facilitando a visualização e o acompanhamento do gestor quanto ao avanço físico da obra.

Associando informações de custos à dimensão 3D-BIM, tem-se o modelo denominado simplificadamente de modelagem de custo. A alteração de alguma propriedade do elemento altera ao mesmo tempo os dados de custo do projeto.

Dessa forma, quando os elementos do projeto estão atrelados a um custo e a um cronograma, assim quando uma alteração é feita no empreendimento, ela pode ser facilmente visualizada no orçamento e no cronograma [12].

BIM E O ORÇAMENTO DE OBRA

[4] relatam que os orçamentistas precisarão combinar ferramentas manuais e automáticas para poder vencer o elevado número de levantamentos e verificações de condições que eles precisam executar. O mesmo autor lista as três principais formas diferentes para o desenvolvimento do processo de orçamentação, a saber:

- Exportar os quantitativos dos objetos do modelo para um *software* de orçamentação;
- Vincular a ferramenta BIM utilizada para modelar diretamente ao *software* de orçamentação;
- Usar uma ferramenta específica BIM para o levantamento dos quantitativos.

Um dos benefícios da tecnologia BIM explicado por [4] é a capacidade de responder rápido às mudanças de projetos que são modelados. Como as tabelas de quantitativos são extraídas do modelo, quando um objeto do modelo é alterado, automaticamente a tabela também é alterada, obtendo-se as alterações no mesmo instante. Dessa forma, é possível ter uma melhor dimensão dos impactos que a alteração pode fazer no orçamento.

A modelagem de custo tem como finalidade gerar as estimativas de orçamento de uma obra. Dessa forma, integra fornecedores e contratantes para determinar valores,

alocar recursos, analisar impactos no orçamento e controlar as metas da construção [13]. Conecta, portanto, os elementos paramétricos aos seus respectivos custos.

Os autores [14], mencionam que a modelagem de custo se relaciona de forma direta com a modelagem de prazo, uma vez que para uma modelagem de custo assertiva, é fundamental dispor de um planejamento da construção que possibilite analisar e simular o seu orçamento.

BIM E O CRONOGRAMA FÍSICO DE OBRA

[15] conceituam a modelagem de prazo como a ligação entre o planejamento da construção com objetos 3D-BIM do projeto, possibilitando a simulação do processo construtivo que mostra como a edificação e o canteiro de obras estariam em qualquer ponto do tempo.

Simulações de modelagem de prazo funcionam principalmente como ferramentas de comunicação para revelar potenciais gargalos e como um método para melhorar a colaboração. Os construtores podem revisar simulações de modelagem de prazo para certificar-se de que o planejamento é o mais viável e eficiente possível.

Na construção civil, trabalhadores, equipamentos, materiais e instalações disputam entre si para realizarem seus trabalhos dentro de um mesmo espaço, que se modifica tridimensionalmente e no decorrer das fases de obra. Dessa forma, com um gerenciamento falho entre tempo e espaço, pode-se perder a produtividade, a qualidade e a segurança da obra [16]. A modelagem de prazo é proposta para facilitar a relação entre esses dois fatores.

Os benefícios da modelagem de prazo são, segundo [15] [17]:

- Comunicação: os planejadores podem comunicar visualmente o processo construtivo planejado para todas as partes interessadas no empreendimento. A modelagem de prazo captura aspectos temporais e espaciais de um cronograma e comunica-o mais efetivamente do que um Diagrama de Gantt;
- Logística do canteiro: maior poder de gerenciar áreas de estoque, acessos, locação de equipamentos de grande porte, fluxos e identificar conflitos físicos;
- Assertividade do cronograma: permite-se encontrar inconsistências, ajustar o nível de detalhamento e verificar a sequência lógica do cronograma.

MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa proposta iniciou-se com a revisão bibliográfica utilizando a metodologia de Revisão Sistemática de Literatura (RSL) que se fundamentou na análise de estudos anteriores visando identificar lacunas de pesquisa. Foi observado que o procedimento para integração dos parâmetros de planejamento e de orçamento em modelos BIM com uso de *softwares* específicos necessitava de mais estudos e reflexões.

Em seguida, a estratégia considerada na pesquisa foi o Estudo de Caso, pois visa contribuir para a compreensão e resolução do estudo. Conforme [18], essa abordagem é particularmente útil para investigar questões contemporâneas em contextos reais,

oferecendo *insights* valiosos para a tomada de decisões e a implementação de ações práticas. O poder diferenciador do estudo de caso é a sua capacidade de lidar com uma ampla variedade de evidências, como documentos, artefatos, entrevistas e observações [18]. O estudo de caso, permite que os dados descritivos tratem das informações qualitativas e quantitativas sobre a pesquisa [18].

Para isso, foi selecionado um estudo de caso para verificar os procedimentos de integração do planejamento e orçamento com o uso do BIM, identificar o fluxo de trabalho para a tomada de decisão dos profissionais envolvidos nos diferentes *softwares*. A concepção do modelo virtual deu-se com foco na modelagem do serviço de alvenaria. Após a elaboração do planejamento e do orçamento da construção por meio de *softwares* específicos, foi realizada a integração destas duas áreas no modelo BIM por meio das dimensões de tempo e de custo. Em seguida, simulações foram realizadas, obtendo-se os resultados, os quais nortearam a tomada de decisão dos profissionais envolvidos no projeto. Foi elaborado o fluxograma dos procedimentos utilizados, retratando o fluxo de trabalho, e colaborando para o avanço do conhecimento na área estudada.

RESULTADOS

CONCEPÇÃO DO MODELO VIRTUAL

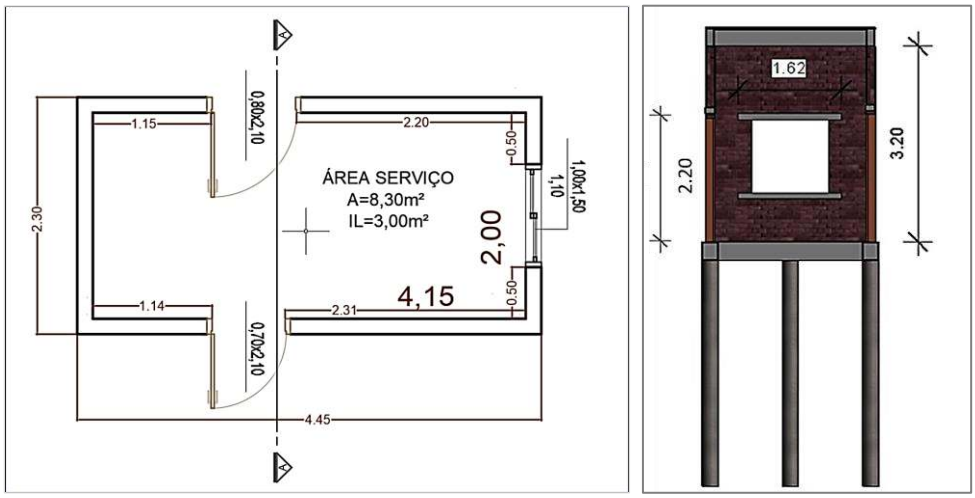
O projeto real selecionado é de uma residência composta pelo pavimento térreo e um pavimento superior, totalizando 397,26 m² de área construída. O recorte para este estudo é o ambiente denominado Área de Serviço, prevista a ser executada em alvenaria em bloco cerâmico nas dimensões 14 x 19 x 29 cm, localizada no pavimento térreo. A Figura 1 representa os detalhes do ambiente Área de Serviço.

O projeto definido da Área de Serviço foi modelado no *software* BIM. Nesse caso, a ferramenta utilizada foi o *Revit* 2020 e o *template* arquitetônico. No programa foi realizada a representação da fundação com estacas, vigas de fundação (baldrame), pilares, vergas, vigas, laje, alvenaria e afixação da alvenaria na estrutura. No projeto estrutural não estão previstos blocos de fundação para este ambiente. A modelagem do projeto da Área de Serviço é representada conforme Figura 2.

O projeto arquitetônico foi desenvolvido atendendo o nível de detalhamento (*Level Of Development* - LOD) 400, em que os elementos são representados graficamente no modelo como um sistema, parametrizado, incluindo quantidade e dimensões. Este nível de detalhamento permite que os elementos possam ser analisados aplicando critérios reais de desempenho. As estimativas de custo estão embasadas no custo real e no planejamento, os elementos podem ser utilizados para apontar componentes específicos, incluindo método de construção.

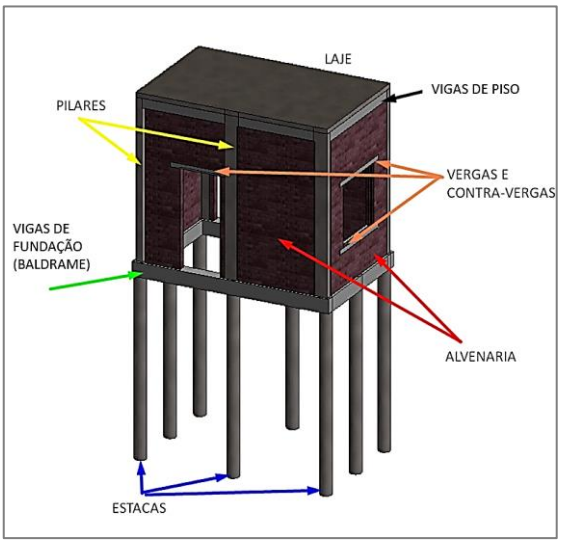
Para a obtenção das informações dos elementos foram utilizadas as bibliotecas BIM, em que as famílias estão separadas para cada grupo de material.

Figura 1: Área de Serviço – Planta (à esquerda); Area de Serviço – Corte AA (à direita)



Fonte: os autores.

Figura 2: Fundação em estacas, Vigas de Fundação (Baldrame), Pilares, Vergas, Contraverga, Vigas de Piso, Laje e Alvenaria



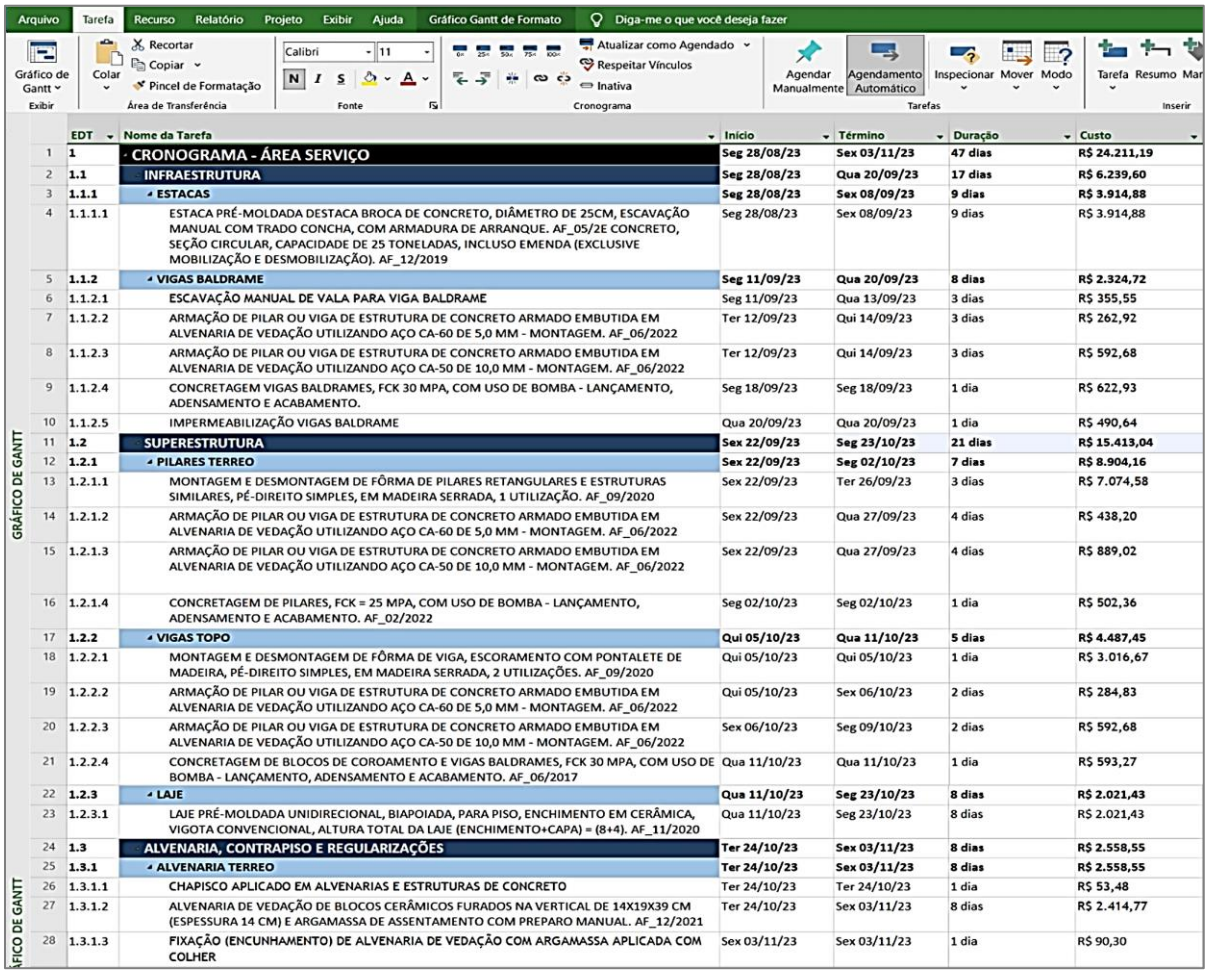
Fonte: os autores.

PLANEJAMENTO DA CONSTRUÇÃO

A partir da construção da Estrutura Analítica de Projeto (EAP) foi elaborado o cronograma por meio do *software Ms Project*, sendo definidas, de acordo com a projeção inicial, a data de início em 28/08/23 e a data de término em 03/11/23, conforme Figura 3. Os valores de custo utilizados foram referentes ao orçamento inicial da obra considerada como sendo a Área de Serviço, com base na planilha de referência SINAPI, SP, publicada em maio de 2023.

A data de início prevista para a execução da alvenaria em bloco cerâmico foi 24/10/23 e o término em 03/11/23, totalizando oito dias, incluindo os serviços de chapisco aplicado em estrutura de concreto e o encunhamento. O custo previsto para esta atividade foi de R$ 2.558,55, referente ao mês de maio/2023.

Figura 3: Cronograma – Alvenaria em Bloco Cerâmico (projeção inicial física e financeira)



	EDT	Nome da Tarefa	Início	Término	Duração	Custo
1	1	CRONOGRAMA - ÁREA SERVIÇO	Seg 28/08/23	Sex 03/11/23	47 dias	R$ 24.211,19
2	1.1	INFRAESTRUTURA	Seg 28/08/23	Qua 20/09/23	17 dias	R$ 6.239,60
3	1.1.1	ESTACAS	Seg 28/08/23	Sex 08/09/23	9 dias	R$ 3.914,88
4	1.1.1.1	ESTACA PRÉ-MOLDADA DESTACA BROCA DE CONCRETO, DIÂMETRO DE 25CM, ESCAVAÇÃO MANUAL COM TRADO CONCHA, COM ARMADURA DE ARRANQUE. AF_05/2E CONCRETO, SEÇÃO CIRCULAR, CAPACIDADE DE 25 TONELADAS, INCLUSO EMENDA (EXCLUSIVE MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO). AF_12/2019	Seg 28/08/23	Sex 08/09/23	9 dias	R$ 3.914,88
5	1.1.2	VIGAS BALDRAME	Seg 11/09/23	Qua 20/09/23	8 dias	R$ 2.324,72
6	1.1.2.1	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA PARA VIGA BALDRAME	Seg 11/09/23	Qua 13/09/23	3 dias	R$ 355,55
7	1.1.2.2	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO EMBUTIDA EM ALVENARIA DE VEDAÇÃO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	Ter 12/09/23	Qui 14/09/23	3 dias	R$ 262,92
8	1.1.2.3	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO EMBUTIDA EM ALVENARIA DE VEDAÇÃO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	Ter 12/09/23	Qui 14/09/23	3 dias	R$ 592,68
9	1.1.2.4	CONCRETAGEM VIGAS BALDRAMES, FCK 30 MPA, COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO.	Seg 18/09/23	Seg 18/09/23	1 dia	R$ 622,93
10	1.1.2.5	IMPERMEABILIZAÇÃO VIGAS BALDRAME	Qua 20/09/23	Qua 20/09/23	1 dia	R$ 490,64
11	1.2	SUPERESTRUTURA	Sex 22/09/23	Seg 23/10/23	21 dias	R$ 15.413,04
12	1.2.1	PILARES TERREO	Sex 22/09/23	Seg 02/10/23	7 dias	R$ 8.904,16
13	1.2.1.1	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 1 UTILIZAÇÃO. AF_09/2020	Sex 22/09/23	Ter 26/09/23	3 dias	R$ 7.074,58
14	1.2.1.2	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO EMBUTIDA EM ALVENARIA DE VEDAÇÃO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	Sex 22/09/23	Qua 27/09/23	4 dias	R$ 438,20
15	1.2.1.3	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO EMBUTIDA EM ALVENARIA DE VEDAÇÃO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	Sex 22/09/23	Qua 27/09/23	4 dias	R$ 889,02
16	1.2.1.4	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	Seg 02/10/23	Seg 02/10/23	1 dia	R$ 502,36
17	1.2.2	VIGAS TOPO	Qui 05/10/23	Qua 11/10/23	5 dias	R$ 4.487,45
18	1.2.2.1	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM PONTALETE DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	Qui 05/10/23	Qui 05/10/23	1 dia	R$ 3.016,67
19	1.2.2.2	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO EMBUTIDA EM ALVENARIA DE VEDAÇÃO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	Qui 05/10/23	Sex 06/10/23	2 dias	R$ 284,83
20	1.2.2.3	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO EMBUTIDA EM ALVENARIA DE VEDAÇÃO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	Sex 06/10/23	Seg 09/10/23	2 dias	R$ 592,68
21	1.2.2.4	CONCRETAGEM DE BLOCOS DE COROAMENTO E VIGAS BALDRAMES, FCK 30 MPA, COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_06/2017	Qua 11/10/23	Qua 11/10/23	1 dia	R$ 593,27
22	1.2.3	LAJE	Qua 11/10/23	Seg 23/10/23	8 dias	R$ 2.021,43
23	1.2.3.1	LAJE PRÉ-MOLDADA UNIDIRECIONAL, BIAPOIADA, PARA PISO, ENCHIMENTO EM CERÂMICA, VIGOTA CONVENCIONAL, ALTURA TOTAL DA LAJE (ENCHIMENTO+CAPA) = (8+4). AF_11/2020	Qua 11/10/23	Seg 23/10/23	8 dias	R$ 2.021,43
24	1.3	ALVENARIA, CONTRAPISO E REGULARIZAÇÕES	Ter 24/10/23	Sex 03/11/23	8 dias	R$ 2.558,55
25	1.3.1	ALVENARIA TERREO	Ter 24/10/23	Sex 03/11/23	8 dias	R$ 2.558,55
26	1.3.1.1	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO	Ter 24/10/23	Ter 24/10/23	1 dia	R$ 53,48
27	1.3.1.2	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA VERTICAL DE 14X19X39 CM (ESPESSURA 14 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF_12/2021	Ter 24/10/23	Sex 03/11/23	8 dias	R$ 2.414,77
28	1.3.1.3	FIXAÇÃO (ENCUNHAMENTO) DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO COM ARGAMASSA APLICADA COM COLHER	Sex 03/11/23	Sex 03/11/23	1 dia	R$ 90,30

Fonte: os autores.

Após a modelagem no Revit e o cronograma de atividades gerado no Ms Project, os resultados obtidos foram transferidos para o software Navisworks. Com isso, foi possível ter uma visão integrada do projeto (modelagem e cronograma), conectando cada tarefa de um Diagrama de Gantt gerado no Ms Project ao seu modelo BIM. A exportação do cronograma no Ms Project foi realizada por meio do Timeliner > Data Sources. A Figura 4 representa o cronograma exportado para o Navisworks; em uma visão parcial.

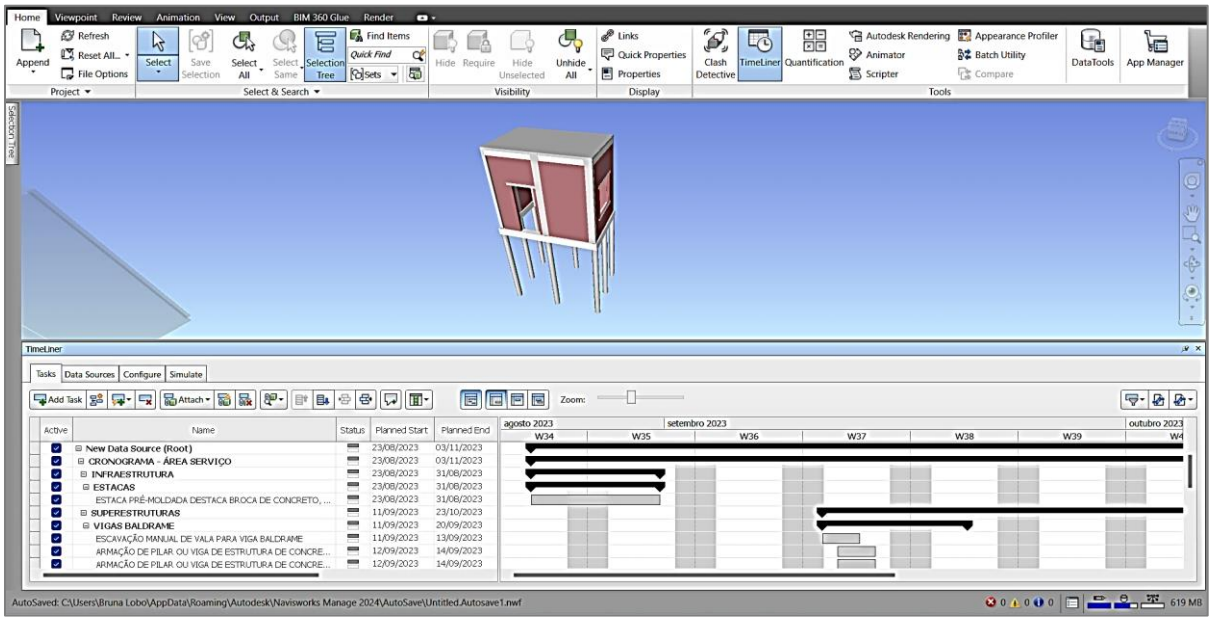
ORÇAMENTO DA CONSTRUÇÃO

Os valores referentes aos custos diretos foram considerados da planilha de referência (SINAPI), no formato sintético, data base maio/2023, para o estado de São Paulo (SP).

A extração de quantidades do modelo foi por meio do *software Revit*.

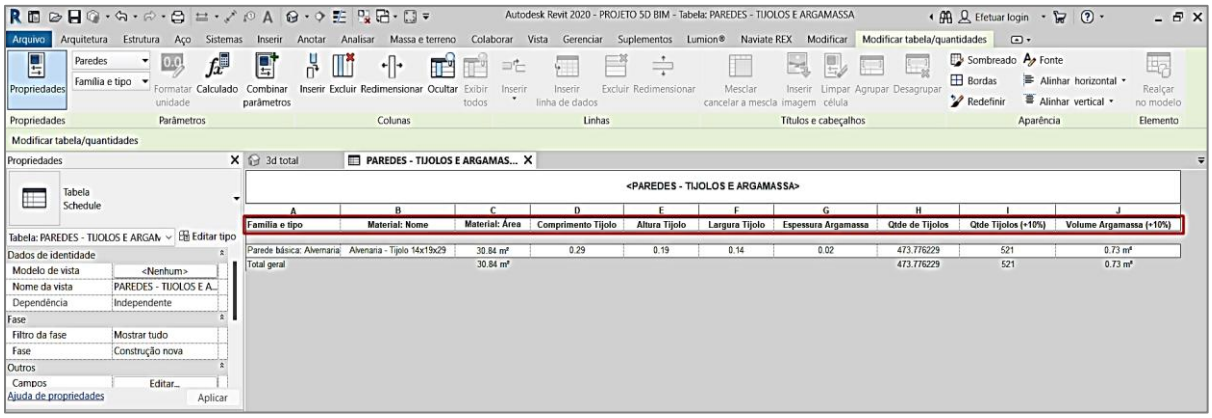
A partir do lançamento das informações referentes às dimensões do material utilizado na alvenaria, as demais informações foram calculadas automaticamente pelo *software,* conforme Figura 5.

Figura 4: Estação de trabalho no *Navisworks* após exportar os arquivos do *Revit* e do *Ms Project*



Fonte: os autores.

Figura 5: Tabela de quantitativos da alvenaria



Fonte: os autores.

Para a extração das quantidades (fôrma, aço e concreto) referentes ao projeto estrutural (infraestrutura e superestrutura), foi utilizado o *software Cypecad* 2019.

Após as quantidades alocadas, juntamente com a descrição dos itens dos serviços e seus valores unitários, obtêm-se o orçamento da construção referente aos custos diretos. A Figura 6 representa a Planilha do orçamento da construção, utilizando bloco cerâmico para a execução da alvenaria.

Figura 6: Orçamento de obra (Alvenaria em Bloco Cerâmico)

RESIDÊNCIA
CONDOMÍNIO GUAPORÉ - MATÃO-SP

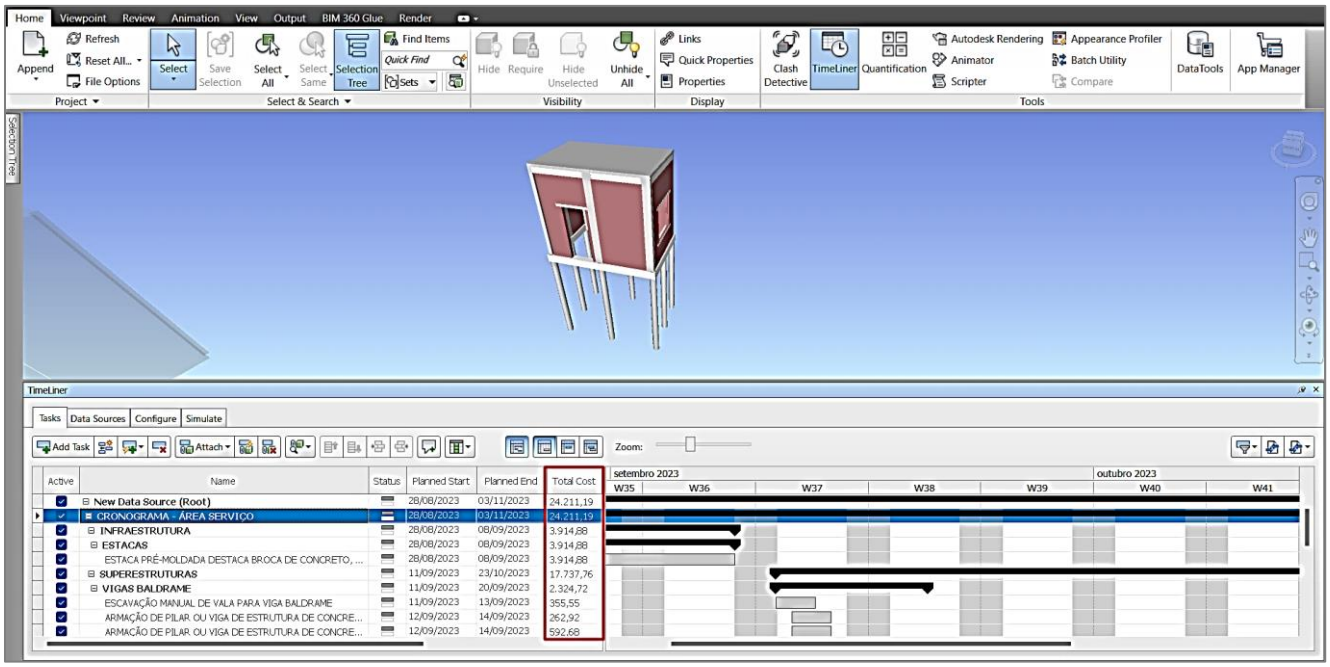
Item	Código	Descrição	UM	Qtde	Vr. Unit. MOB/MAT	Valores Totais				Total Geral
						M. O.	%M. O.	MAT	%MAT	
TT		TOTAL GERAL				R$ 6.929,46		R$ 16.737,44		R$ 24.211,19
2		Infraestrutura				1.008,63		4.740,30		6.239,60
2.1		Estacas				507,47		3.407,41		3.914,88
2.1.1	101174	ESTACA BROCA DE CONCRETO, DIÂMETRO DE 25CM, ESCAVAÇÃO MANUAL COM TRADO CONCHA, COM ARMADURA DE ARRANQUE. AF_05/2020	M	48,00	81,56	507,47	12,96%	3.407,41	87,04%	3.914,88
2.2		Vigas Baldrame				501,16		1.332,89		2.324,72
2.2.1	96526	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA PARA VIGA BALDRAME	M3	1,05	338,62	251,37	70,70%	104,14	29,29%	355,55
2.2.2	104111	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO EMBUTIDA EM ALVENARIA DE VEDAÇÃO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	12,00	21,91	113,36	43,12%	149,56	56,88%	262,92
2.2.3	104108	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO EMBUTIDA EM ALVENARIA DE VEDAÇÃO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	44,00	13,47	117,04	19,75%	475,64	80,25%	592,68
2.2.4	96557	CONCRETAGEM DE VIGAS BALDRAMES, FCK 30 MPA, COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_06/2017	M3	1,05	593,27	19,39	3,11%	603,55	96,89%	622,93
2.2.5	98562	IMPERMEABILIZAÇÃO DE VIGA BALDRAME COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA, COM ADITIVO IMPERMEABILIZANTE, E = 2 CM.	M2	11,90	41,23	231,92	47,27%	258,08	52,60%	490,64
3		Supraestrutura				4.935,20		10.477,84		15.413,04
3.1		Vigas Superiores				1.438,74		3.048,70		4.487,45
3.1.1	92447	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM PONTALETE DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	13,16	229,23	1.180,43	39,13%	1.836,23	60,87%	3.016,67
3.1.3	104111	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO EMBUTIDA EM ALVENARIA DE VEDAÇÃO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	13,00	21,91	122,81	43,12%	162,02	56,88%	284,83
3.1.4	104108	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO EMBUTIDA EM ALVENARIA DE VEDAÇÃO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	44,00	13,47	117,04	19,75%	475,64	80,25%	592,68
3.1.5	96557	CONCRETAGEM DE VIGAS BALDRAMES, FCK 30 MPA, COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_06/2017	M3	1,00	593,27	18,46	3,11%	574,81	96,89%	593,27
3.2		Pilares				3.163,60		5.740,56		8.904,16
3.2.1	92409	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 1 UTILIZAÇÃO. AF_09/2020	M2	19,26	367,32	2.768,32	39,13%	4.306,27	60,87%	7.074,58
3.2.2	103672	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	M3	0,87	577,42	30,79	6,13%	471,57	93,87%	502,36
3.2.4	104111	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO EMBUTIDA EM ALVENARIA DE VEDAÇÃO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	20,00	21,91	188,94	43,12%	249,26	56,88%	438,20
3.2.5	104108	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO EMBUTIDA EM ALVENARIA DE VEDAÇÃO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	66,00	13,47	175,55	19,75%	713,47	80,25%	889,02
3.3		Laje pré moldada				332,86		1.688,57		2.021,43
3.3.1	101964	LAJE PRÉ-MOLDADA UNIDIRECIONAL, BIAPOIADA, PARA FORRO, ENCHIMENTO EM CERÂMICA, VIGOTA CONVENCIONAL, ALTURA TOTAL DA LAJE (ENCHIMENTO+CAPA) = (8+3). AF_11/2020	M2	11,69	172,92	332,86	16,47%	1.688,57	83,53%	2.021,43
4		Alvenaria				985,63		1.519,30		2.558,55
4.1	87878	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO	M2	11,50	4,65	29,40	54,97%	24,08	45,03%	53,48
4.2	103325	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA VERTICAL DE 14X19X39 CM (ESPESSURA 14 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF_12/2021	M2	30,84	78,30	930,59	38,54%	1.484,18	61,46%	2.414,77
4.3	93201	FIXAÇÃO (ENCUNHAMENTO) DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO COM ARGAMASSA APLICADA COM COLHER	M	14,00	6,45	55,04	60,95%	35,12	38,89%	90,30

Fonte: os autores.

INTEGRAÇÃO DAS DIMENSÕES TEMPO E CUSTO

A partir dos custos, das quantidades, dos serviços e dos prazos compilados na planilha de planejamento no *software MS Project*, o próximo passo foi conectar esses dados ao *software* de gestão *Navisworks*. A Figura 7 mostra a integração entre o planejamento e o orçamento da obra, possibilitando a visualização do prazo e do custo.

Figura 7: Planejamento e custo integrados (visão parcial)



Fonte: os autores.

Para a execução da obra têm-se como informações o prazo total da construção de 47 dias e o custo de R$ 24.211,19, o que condiz com a EAP do planejamento físico e a planilha de orçamento inicialmente elaboradas.

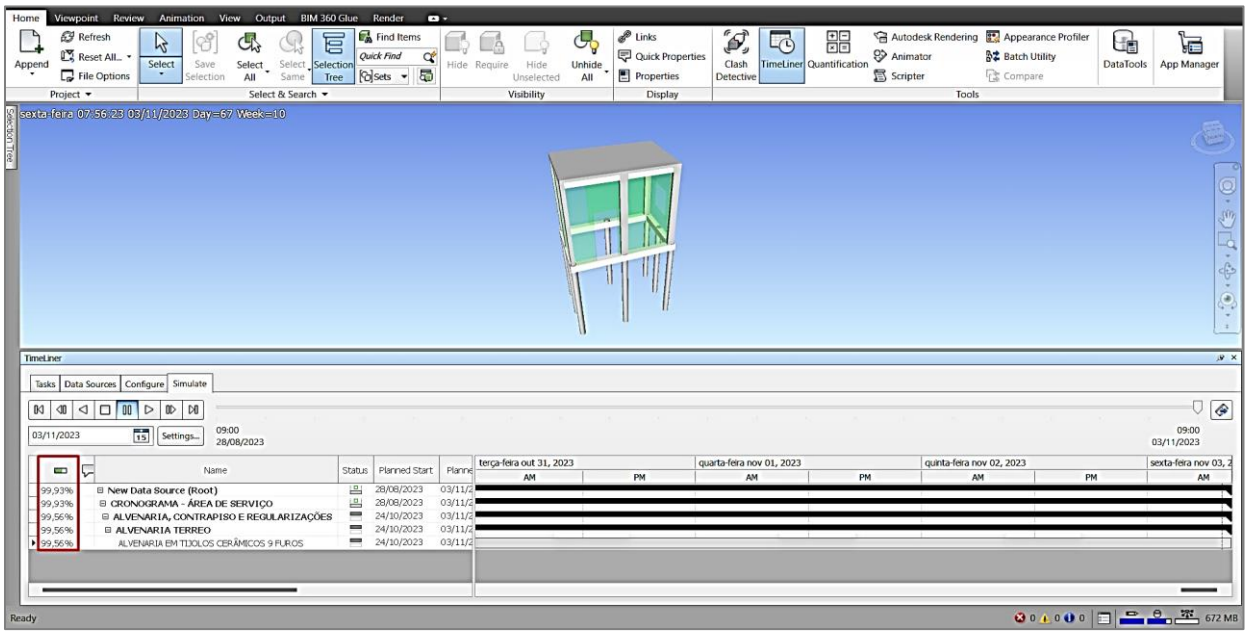
SIMULAÇÕES DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO

Para testar o procedimento de modelagem do tempo e do custo foram realizadas três simulações no estudo de caso, a saber: Simulação 1 - com base no projeto original, Simulação 2 – supondo-se alteração da especificação do material a ser utilizado na alvenaria, e Simulação 3 - supondo-se alteração no escopo do projeto (alterando uma das paredes para ser parede hidráulica). Esta última simulação foi considerada devido à possibilidade de abrigar tubulações hidráulicas e não haver espessura de alvenaria suficiente para este fim. Diante destas simulações em função de alteração de projeto é possível obter informações de forma direta referentes às mudanças de prazo no planejamento físico e de custo no orçamento de obra. Desta forma, foi proporcionado aos gestores do projeto tomarem a melhor decisão técnica e financeira.

Simulação 1

A Figura 9 representa o acompanhamento por meio de intervalos de tempo. Desta forma, foi possível visualizar a evolução física da obra ao longo do tempo em diferentes etapas. A data de início prevista para a execução da construção era 28/08/23 e o término em 03/11/23, totalizando um prazo de 47 dias e o custo de R$ 24.211,19.

Figura 9: Alvenaria em bloco cerâmico concluída



Fonte: os autores.

Simulação 2

Durante o desenvolvimento do estudo de caso, foi solicitado pelo proprietário da residência, substituir a especificação do bloco cerâmico de vedação previsto inicialmente, para bloco de concreto de vedação.

Após a atualização do cronograma físico e orçamento considerando a mudança de especificação do material e conectando ao *software* de gestão *Navisworks* para obter a simulação 2, notou-se que o prazo final teve uma alteração em comparação com o prazo inicialmente previsto; ou seja, alterou de 03/11/23 para 08/11/23, totalizando um prazo de 50 dias de construção e o custo de R$ 24.762,92.

Simulação 3

Durante o desenvolvimento do estudo de caso, foi solicitado inserir no projeto uma alvenaria (parede hidráulica) para abrigar as instalações hidráulicas, não prevista inicialmente. Neste caso, após a integração das modelagens de prazo e de custo, foi possível obter a informação referente à postergação de prazo e o acréscimo de custo, devido à inserção de uma atividade adicional.

Após a atualização do cronograma físico e orçamento considerando a inserção da parede hidráulica utilizando bloco cerâmico e conectando ao *software* de gestão *Navisworks* para obter a simulação 3, notou-se que o prazo final teve uma alteração em comparação com o prazo inicialmente previsto; ou seja, alterou de 03/11/23 para 22/11/23, totalizando 59 dias de construção e o custo de R$ 27.146,02.

Diante as simulações e em conjunto com o proprietário da residência, decidiu-se executar a alvenaria (parede hidráulica) em bloco cerâmico e manter as demais paredes com a especificação do bloco cerâmico.

Desta forma, em relação ao custo, houve o acréscimo de 12,12% em relação ao orçamento inicial, passando de R$ 24.211,19 para R$ 27.146,02. Em relação ao prazo, houve um acréscimo de 25,53%; o cronograma sofreu uma alteração no prazo total do projeto, passando de 47 dias para 59 dias.

A Tabela 1 representa de forma compilada, os resultados obtidos nas três simulações, devido às alterações de projeto referentes à alvenaria e como consequência as alterações no planejamento físico e no orçamento.

Tabela 1: Resultados obtidos nas simulações

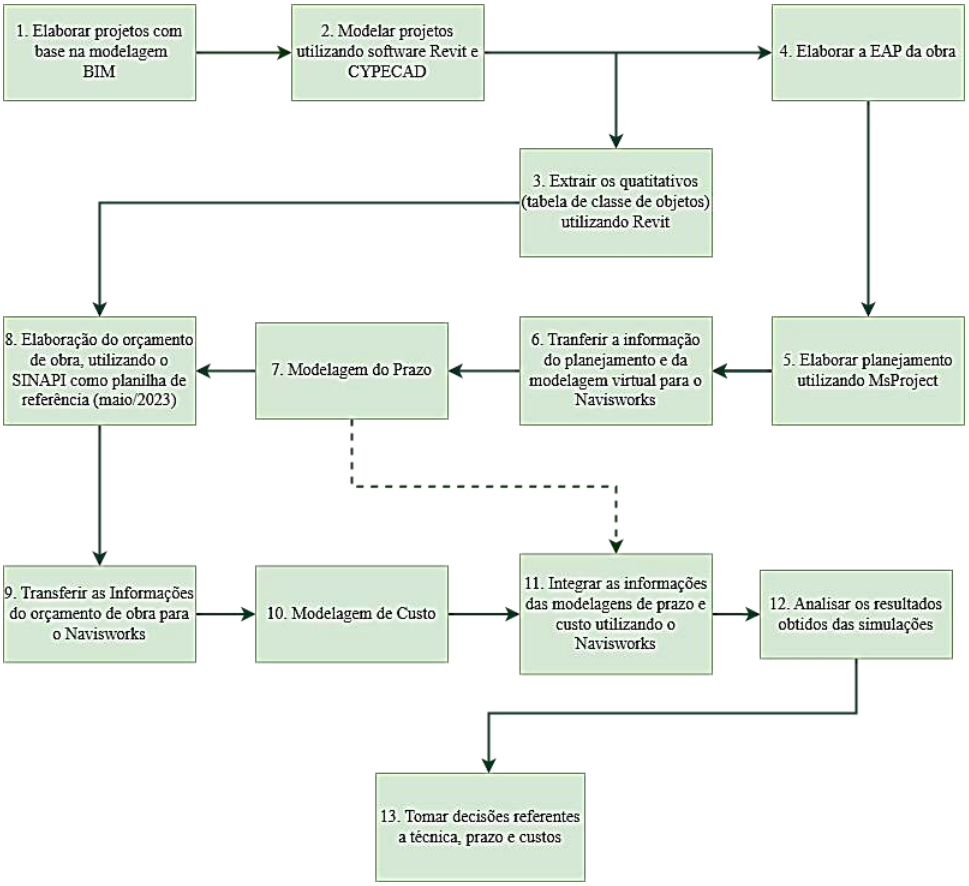
Simulação	Descrição do cenário	Prazo da obra		Duração da obra	Custo total da obra
		Início	Término		
1	Alvenaria em Bloco Cerâmico	28/08/2023	03/11/2023	47 dias	R$ 24.211,19
2	Alvenaria em Bloco de Concreto	28/08/2023	08/11/2023	50 dias	R$ 24.762,92
3	Inserção de Alvenaria (parede hidráulica) em Bloco Cerâmico	28/08/2023	22/11/2023	59 dias	R$ 27.146,02

Fonte: os autores.

FLUXOGRAMA DAS MODELAGENS REALIZADAS

Após a realização das simulações, foi elaborado o fluxograma dos procedimentos utilizado no estudo de caso que auxiliaram na integração do prazo e do custo ao modelo BIM, conforme Figura 8.

Figura 8: Fluxograma de integração do prazo e do custo ao modelo BIM



Fonte: os autores.

Os seguintes passos são propostos para a realização da modelagem BIM com integração do prazo e do custo:

1. Elaborar projetos com base na modelagem BIM;
2. Modelar projetos utilizando *software Revit* e *CYPECAD*;
3. Extrair os quantitativos (tabela de classe de objetos) utilizando Revit;
4. Elaborar a EAP da obra;
5. Elaborar planejamento utilizando *Ms Project*;
6. Transferir a informação do planejamento e da modelagem virtual para o *Navisworks*;
7. Modelagem do prazo;
8. Elaboração do orçamento de obra, utilizando o SINAPI como planilha de referência (maio/2023);
9. Transferir as informações do orçamento de obra para o *Navisworks*;
10. Modelagem de custo;
11. Integrar as informações das modelagens de prazo e custo utilizando o *Navisworks*;
12. Analisar os resultados obtidos das simulações;
13. Tomar decisões referentes à técnica, prazo e custos.

Os procedimentos descritos foram testados e apresentaram conformidade às três simulações realizadas, considerando alteração de material e de escopo de projeto.

CONCLUSÃO

As simulações realizadas permitiram estabelecer um procedimento de forma a auxiliar os profissionais e pesquisadores a implementarem os parâmetros de planejamento e de custo em modelos BIM. De uma forma geral, outras considerações foram obtidas:

- A integração das áreas de conhecimento de gestão do projeto permitiu a obtenção de informações as quais apoiam aos gestores para a tomada de decisões dentro do domínio da gestão da produção;
- Questões relevantes, como, a gestão de tempo envolvendo a geração e atualização de cronogramas e simulação de tempo das obras e a gestão de custos envolvendo a geração e atualização de levantamentos quantitativos e estimativas de custos e simulação de custo das obras poderão ser respondidas de forma satisfatória com o uso do BIM;
- A disponibilização de softwares específicos de planejamento e orçamentação de obra deve possibilitar a integração das informações com os softwares BIM, facilitando os processos de modelagem e simulação de soluções sobre equipes, materiais e equipamentos a serem utilizados;
- A informações obtidas devido à integração das áreas proporcionarão uma melhora na comunicação e o entendimento das decisões entre os participantes dos processos de projeto e de construção;
- O fluxograma proposto permitirá a simulação de cenários alternativos de integração do prazo e do custo no processo de projeto na construção civil.

Após a implementação do fluxograma proposto, podem ser obtidas melhorias como o processamento e análise do *feedback* a partir dos resultados obtidos na gestão do empreendimento.

Finalmente, pode-se concluir que a adoção dos usos do modelo integrando planejamento e custo demonstra potencial para trazer benefícios e contribuições à indústria da construção, bem como atender a legislação vigente. Além disso, a implementação desses usos viabiliza a implementação de sistemas de acompanhamento e controle da gestão da produção com maior precisão e assertividade às informações obtidas, as quais apoiam aos profissionais envolvidos no projeto. Além disso, a pesquisa acadêmica contribui significativamente para o avanço do conhecimento em planejamento e orçamento e para a integração dessas duas áreas utilizando o BIM.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Brasil - Código Financeiro 001.

REFERÊNCIAS

[1] KERN, A.P. **Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimentos de construção**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2005.

[2] CORRÊA, L.; MARCHIORI, F. 4D BIM na construção civil e sua relação com lean construction: revisão sistemática da literatura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO (SIBRAGEC), 10., 2017. **Anais [...]** Fortaleza: Universidade Federal de (UFC), 2017.

[3] SOUZA, N.; CARNEIRO, R. **Panorama do uso do BIM 4D E 5D no planejamento e gerenciamento de obras na construção civil.** 2019. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, 2019.

[4] EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM: um guia de modelagem da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** Tradução de Cervantes Gonçalves Ayres Filho et al. Porto Alegre, RS: Bookman, 2014.

[5] MATOS, P. R. F.; LIMA, M. G.; BARROS NETO, J. P. O uso do BIM no planejamento e controle de prazos e custos: uma revisão sistemática da literatura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO (SIBRAGEC), 12., 2021. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2021. p.1-8. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/427. Acesso em: 2 out. 2023.

[6] SANTOS, M. C.F. **Método para integração do orçamento, planejamento e acompanhamento da produção com apoio de Building Information Modeling**. 2018. 209p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador, 2018.

[7] LEE, S.; KIM, K.; YU, J. BIM and ontology-based approach for building cost estimation. **Automation in Construction**, v.41, p. 96–105, 2014. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.020

[8] CHEN, S.; GRIFFIS, F.H.; CHEN, P.H.; CHANG, L.M. A framework for an automated and integrated project scheduling and management system. **Automation in Construction**, v.35, p. 89-110, 2013. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.04.002

[9] SATTINENI, A.; MACDONALD, J. 5D-BIM: A case study of an implementation strategy in the construction industry. In: International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining (ISARC), 31., 2014. **Proceedings [...]** Sydney: International Association for Automation and Robotics in Construction (IAARC), 2014, p. 361-367. https://doi.org/10.22260/ISARC2014/0048

[10] LEE, A.; SEXTON, M. G. nD modelling: industry uptake considerations. **Construction Innovation**, v.7, n.3, p.288-302, 2007. https://doi.org/10.1108/14714170710754768

[11] BIOTTO, C. N.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E.L. Uso de modelagem 4D e Building Information Modeling na gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção. **Ambiente Construído**, v. 15, n. 2, p. 79-96, 2015. https://doi.org/10.1590/s1678-86212015000200015

[12] VICO. 5D BIM. **VICO Software**, 2011. Disponível em: <www.vicosoftware.com/what-is-5D-BIM>. Acesso em: 3 de agosto 2023.

[13] PEREIRA, D. M.; FIGUEIREDO, K. O impacto da metodologia BIM na elaboração de orçamentos em projetos de obras civis. **Boletim do Gerenciamento**, v. 17, n. 17, p. 30-44, 2020. https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/380/281

[14] MILANA, G.S.; FIGUEIREDO, K.V. A Metodologia BIM como fortalecedora do planejamento e controle de obras. **Boletim do Gerenciamento**, v. 41, n.41, p. 1-12, 2024. https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/1145

[15] EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook. A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors**. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., 2011.

[16] ELSHEIKH, A. Construction workspace management using 4D BIM. **AIP Conference Proceedings**, v. 2559, n. 1, 040010, 2022. https://doi.org/10.1063/5.0099410

[17] WANG, L. **Using 4D modeling to advance construction visualization in engineering education**. Technical Report No. 51. Computer Integrated Construction Research Program, Pennsylvania State University, 2007. 137p. https://www.engr.psu.edu/ae/cic/publications/TechReports/TR_051_Wang_2007_4D_Modeling_in_Education.pdf

[18] YIN, R. K. **Estudo de Caso:** planejamento e métodos. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.