



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

BIM NO PROCESSO DE ORÇAMENTAÇÃO DE UM EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL¹

BAGNO, Rodrigo (1); ARANTES, Eduardo (2)

(1) UFMG, e-mail: rodrigobagno@gmail.com; (2) UFMG, e-mail: arantes@demc.ufmg.br

RESUMO

O objetivo desta pesquisa de mestrado é a análise de um modelo BIM 5D, visando comparar os resultados obtidos através desta nova tecnologia com os provenientes de métodos tradicionais de orçamentação. Os resultados deste artigo são parciais e tem referência no método de pesquisa *constructive research*. Busca-se, através da criação de um modelo BIM 5D, solucionar ou minimizar os problemas do processo tradicional de orçamentação. A pesquisa envolveu o domínio do problema, proposição, implementação e teste da solução, ponderação do escopo, identificação e análise das contribuições. O domínio do problema abrangeu os temas BIM (*Building Information Modeling*) 5D e processo de orçamentação. Utilizou-se um modelo 3D, de uma obra pública, com elementos e dados referentes à arquitetura e estrutura. Após estudo e validação do modelo 3D, realizou-se a exportação para o software Vico de orçamentação BIM 5D. Constatou-se que uma orçamentação baseada em modelos BIM gera benefícios como extração automática de quantitativos e criação de planilha orçamentária vinculada ao modelo 3D. Porém, para obtenção de todos os benefícios proporcionados pela tecnologia BIM 5D, problemas relacionados com a qualidade do modelo e falta de padronização das informações precisam ser resolvidos.

Palavras-chave: BIM 5D. Levantamento de Quantidades. Planilha de orçamento.

ABSTRACT

The purpose of this master's research is the analysis of a 5D BIM model, with focus on comparing the results obtained from this new technology with the results from traditional approach of budgeting. The results of this article are partials and have reference in the constructive research method. It is intended to create a 5D BIM model to solve or reduce problems of the traditional budgeting process. The research is developed through the following steps: understanding the problem domain, formulation of a solution, development and pre-testing, implementation and analysis. The problem domain involved the themes BIM (*Building Information Modeling*) and budgeting process. It is used a 3D BIM model from a public construction with elements and data of architecture and structure. After validation, this model was exported to Vico software, that works with BIM 5D budget. It was found that a BIM budget generates benefits such as automatic extraction of quantitative and creating budget spreadsheet linked to the 3D model. However, for obtaining all the benefits of BIM 5D, problems related to the quality of the model and lack of standardization of information need to be solved.

Keywords: BIM 5D. Quantity take-off. Cost plans.

¹ BAGNO, Rodrigo; ARANTES, Eduardo. BIM no processo de orçamentação de um empreendimento residencial. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16. 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

As principais características de um sistema de gerenciamento de custos eficiente estão relacionadas à disponibilidade das informações em todas as etapas do ciclo de vida de um projeto (EASTMAN et al., 2014) e ao tempo de geração das informações (DRUCKER², 1995 apud KERN 2005).

Dentro da gestão de custos de um projeto a orçamentação é definida por Giammusso (1991) como o processo que determina o custo de um empreendimento antes da sua realização.

O processo de orçamentação convencional, baseado em projetos 2D ou modelos 3D não paramétricos, apresenta problemas. Segundo Ferreira (2015), o principal problema está no levantamento de quantidades, que é feito de forma manual, demanda muito tempo, está sujeito a erro humano e tende a propagar imprecisões.

De acordo com Smith (2014), a tecnologia BIM 5D que trata da estimativa de custos e orçamentação das construções, proporciona quantificação automática precisa, reduz a variabilidade dos resultados e torna o processo mais ágil.

O objetivo da pesquisa é demonstrar como a tecnologia BIM pode contribuir com o processo de orçamentação. Para elaboração de um modelo BIM 5D, partiu-se de um modelo BIM 3D de uma obra do programa Minha Casa Minha Vida, do Governo Federal. Paralelamente, foi realizado um orçamento na metodologia convencional, visando comparar os métodos.

Em decorrência do estágio atual da pesquisa, o foco principal do artigo foi no processo de levantamento de quantidades e formação da planilha orçamentária. Contudo, etapas posteriores, como atualizações do orçamento e comparação de diferentes soluções de projetos, serão investigadas na continuação da pesquisa de mestrado.

2 PROCESSO DE ORÇAMENTAÇÃO

Mattos (2014) define orçamentação como o processo de elaboração do orçamento que envolve identificação, descrição, quantificação, análise e valorização de uma série de itens. Este autor determina três fases e um total de doze etapas para o processo de orçamentação.

A primeira fase consiste no estudo das condicionantes, abrangendo as etapas de: leitura e interpretação de projetos e especificações técnicas; leitura e interpretação do edital; visita técnica. A segunda fase abrange as etapas de: identificação dos serviços; levantamento de quantidades; discriminação dos custos diretos; cotação de preços; definição de encargos sociais e trabalhistas. A terceira fase é o fechamento do orçamento, através das etapas de definição da lucratividade, cálculo dos benefícios e despesas indiretas (BDI) e desbalanceamento da planilha de orçamento.

² DRUCKER, P. The information executives truly need. Harvard Business Review, Boulder, v. 73, n.1, p. 54-62, jan/fev 1995

Esta classificação de Mattos (2014) toma como base obras públicas e com regime de contratação a preço global, por se tratar da modalidade de orçamento mais complexa. Obras privadas ou com outro regime de contratação podem ter algumas etapas eliminadas.

3 BIM 5D

Um modelo BIM é uma representação digital das características físicas e funcionais de uma edificação. Ele possui uma rica base de dados que auxiliam as decisões que devem ser tomadas durante o ciclo de vida da edificação (AIA, 2007).

A capacidade de agregação de dimensões a um modelo BIM 3D é definida como modelagem “nD”. BIM 5D é a associação da variável custo ao modelo 3D, com o objetivo de obtenção instantânea de quantidades e estimativas de custo (EASTMAN *et al.*, 2014). Ferreira (2015) afirma que um modelo BIM 5D pode ser usado para monitorar e controlar os custos de uma obra.

Uma orçamentação baseada em modelos BIM gera inúmeros benefícios com relação aos processos tradicionais. Segundo Badra (2012), o modelo 3D melhora o entendimento do projeto, além de possuir todas as especificações e definições geométricas e paramétricas para geração automática dos quantitativos. Para Ferreira (2015), a modelagem 5D reduz a duração da etapa de levantamento de quantidades, permite que as restrições orçamentárias sejam levadas em consideração no processo de desenvolvimento do produto, apoiando as tomadas de decisões, desde as etapas iniciais de concepção do produto.

3.1 BIM como suporte ao processo de orçamentação

A tecnologia BIM disponível atualmente não permite uma análise orçamentária completa diretamente do software de modelagem. É necessária a transferência do modelo para uma ferramenta externa por formatos IFC (*Industry Foundation Class*) ou por transferência direta (*plug-ins*), quando os softwares utilizam o mesmo formato de definição de dados (MONTEIRO e MARTINS, 2013).

Segundo Eastman *et al.* (2014), orçamentistas podem utilizar três opções para utilização do BIM como suporte ao processo de orçamentação. A primeira opção consiste em exportar quantitativos para um software de orçamentação 2D. A segunda opção consiste em utilizar uma ferramenta específica para levantamento de quantitativos, que importa dados de ferramentas BIM e possui recursos para levantamentos manuais complementares.

A última opção se baseia na conexão direta entre componentes BIM e o software de orçamentação. Neste processo, uma ferramenta BIM conecta diretamente a um pacote de orçamentação via *plug-in*, permitindo a associação de componentes do modelo diretamente aos serviços da

planilha orçamentária.

Nas duas primeiras opções, a tecnologia BIM contribui apenas com a automatização do levantamento de quantidades. A terceira opção apresenta como diferenciais a automatização das atualizações da planilha orçamentária quando o modelo é alterado e a facilidade na comparação dos custos de diferentes soluções de projeto.

3.2 Obstáculos para utilização do BIM 5D

Em pesquisa realizada com empresas australianas, especializadas em orçamentação, constatou-se que a principal dificuldade para utilização do BIM 5D é devido a qualidade dos modelos. Se o modelo não é concebido adequadamente os resultados gerados não são confiáveis. O *clash detection* apresenta limitações para checar todas as informações que são relevantes para uma orçamentação 5D eficiente. Outros problemas citados na pesquisa se referem à baixa demanda por parte dos clientes, falta de padronização e problemas de interoperabilidade (SMITH, 2014).

4 MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa adotado foi *constructive research*, que segundo Lukka (2003) tem sido muito utilizado na engenharia. Esta ampla adoção é pela possibilidade de alinhar pesquisas acadêmicas com problemas de mercado. Este mesmo autor estabelece sete etapas para o desenvolvimento de uma *constructive research*. O quadro 1 mostra estas etapas e esquematiza o desenvolvimento desta pesquisa.

A plataforma Vico, da empresa Trimble, foi escolhida para pesquisa devido à perspectiva inovadora de trabalhar de forma integrada o gerenciamento de custos (5D) e tempo (4D) a partir de um modelo paramétrico 3D.

Quadro 1 – Delineamento adotado para *constructive research*

Fases de uma <i>constructive research</i> segundo Lukka (2003)	Fases desta pesquisa
Encontrar um problema prático relevante e com potencial de contribuição teórica	- Utilização do conceito BIM no processo de orçamentação visando à automatização e minimização de erros
Examinar o benefício potencial de pesquisa a longo prazo para o setor alvo	- Apresentação da pesquisa ao setor (academia, construtora, empresas especializada em gerenciamento de projetos, empresas de softwares BIM) e busca por parcerias
Obter domínio prático e teórico do tópico	- Revisão bibliográfica - Experiência prática do pesquisador
Propor uma solução inovadora e desenvolver uma construção que solucione um problema real	- Formulação teórica e prática para automatização do levantamento de quantidades a partir de um modelo BIM 3D
Implementar a solução e testar como ela funciona	- Extração automática de quantidades - Criação de um modelo BIM 5D

Ponderar o escopo de aplicabilidade da solução	<ul style="list-style-type: none"> - Validação do modelo BIM 3D - Validação do levantamento de quantitativos automatizado por meio da comparação com o processo tradicional; - Validação da modelagem BIM 5D por meio da comparação com o processo tradicional;
Identificar e analisar as contribuições teóricas	<ul style="list-style-type: none"> - Discussão teórica

Fonte: Os autores

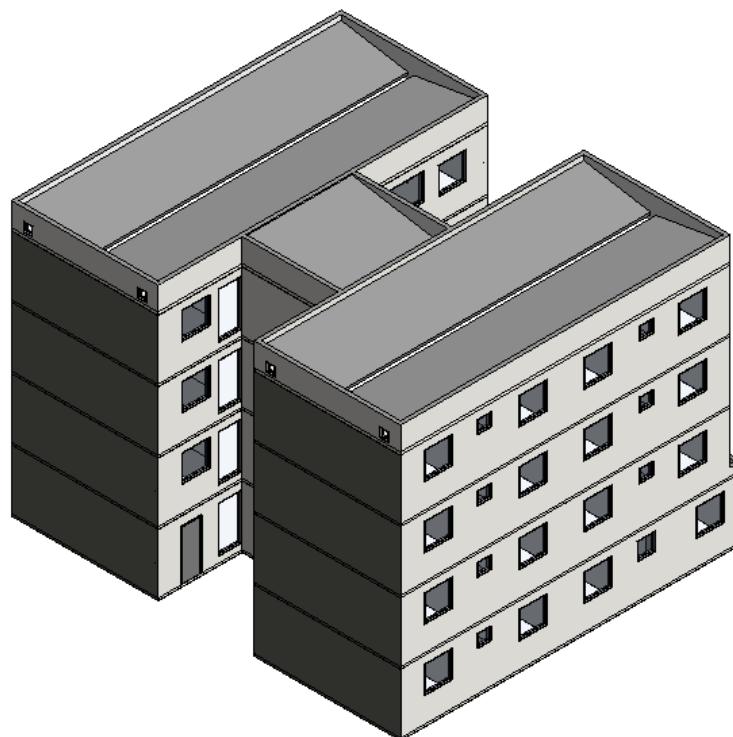
5 RESULTADOS

Os resultados obtidos tiveram como base um modelo 3D referente a um empreendimento do Programa Minha Casa Minha Vida do Governo Federal, que possui elementos e dados de arquitetura e estrutura.

5.1 Estudo e validação do modelo BIM 3D

Inicialmente fez-se um estudo do modelo BIM 3D, visando validar sua utilização para criação de um modelo BIM 5D. O modelo não possui complexidade geométrica e apresenta padronização dos pavimentos da edificação, conforme figura 1.

Figura 1 - imagem do modelo em Revit 2014



Fonte: Autores

Na análise dos objetos paredes e pisos, constatou-se uma modelagem de elementos únicos com diversas camadas. Isto significa que um elemento parede possui as diversas camadas de alvenaria, reboco/gesso liso, pintura e

cerâmica.

Outra constatação importante é o fato do modelo não possuir elementos nem dados referentes a louças, metais, acessórios, bancadas, soleiras, peitoris, rodapés, itens de serralheria, impermeabilização, instalações. Todas as informações constantes nesse modelo foram sintetizadas na tabela 1.

Tabela 1 - Elementos e dados constantes no modelo

Descrições	Parede (fachada)		Parede (entre comodos internos)		Piso	Teto	Portas	Janelas
	Revestimento	Acabamento	Revestimento	Acabamento				
Banheiro	Reboco/ Emboço	Cerâmica Incefra 32x56 cm	Reboco/ Emboço	Cerâmica Incefra 32x56 cm	contra-piso + revestimento cerâmico	forro em PVC	Porta 60x210	Janela 59x57
Estar / Jantar apartamentos 01 e 02	-	-	Gesso liso	Pintura interna branca	contra-piso + revestimento cerâmico	gesso liso + pintura sem massa	Porta 80x210	Janela 149x117
Estar / Jantar apartamentos 03 e 04	-	-	Gesso liso	Pintura interna branca	contra-piso + revestimento cerâmico	gesso liso + pintura sem massa	Porta 80x210	Janela 99x117
Quarto (entre cozinha e banho) com parede virada para Fachada Norte	Gesso liso	Pintura interna branca	Gesso liso	Pintura interna branca	contra-piso + revestimento cerâmico	gesso liso + pintura sem massa	Porta 70x210	Janela 119x117
Quarto (demais quartos)	Gesso liso	Pintura interna branca	Gesso liso	Pintura interna branca	contra-piso + revestimento cerâmico	gesso liso + pintura sem massa	Porta 70x210	Janela 119x117
Cozinha	Reboco/ Emboço	Cerâmica Incefra 32x56 cm	Reboco/ Emboço	Cerâmica Incefra 32x56 cm	contra-piso + revestimento cerâmico	gesso liso + pintura sem massa	-	Janela 119x117
Circulação	-	-	Gesso liso	Pintura interna branca	contra-piso + revestimento cerâmico	gesso liso + pintura sem massa	-	-
Hall do Térreo	Gesso liso	Pintura interna branca	Gesso liso	Pintura interna branca	contra-piso + revestimento cerâmico	gesso liso + pintura sem massa	Porta 90x210	Janela 99x117
Hall dos demais pavimentos	Gesso liso	Pintura interna branca	Gesso liso	Pintura interna branca	contra-piso + revestimento cerâmico	gesso liso + pintura sem massa	-	Janela 99x117
Escada	Gesso liso	Pintura interna branca	Gesso liso	Pintura interna branca	contra-piso + revestimento cerâmico	gesso liso + pintura sem massa	-	-
Telhados e Coberturas								
Cobertura	Gesso liso	Pintura interna branca	Gesso liso	Pintura interna branca	telhado básico / genérico		-	-
Fachada								
Fachada Norte	Reboco Externo	Pintura Externa (apenas para parede da cobertura)	-	-	-	-	-	-
	Demais pavimento bloco de concreto aparente	-				-		
Fachadas Leste, Oeste e Sul	Reboco Externo	Pintura Externa	-	-	-	-	-	-

Fonte: Autores

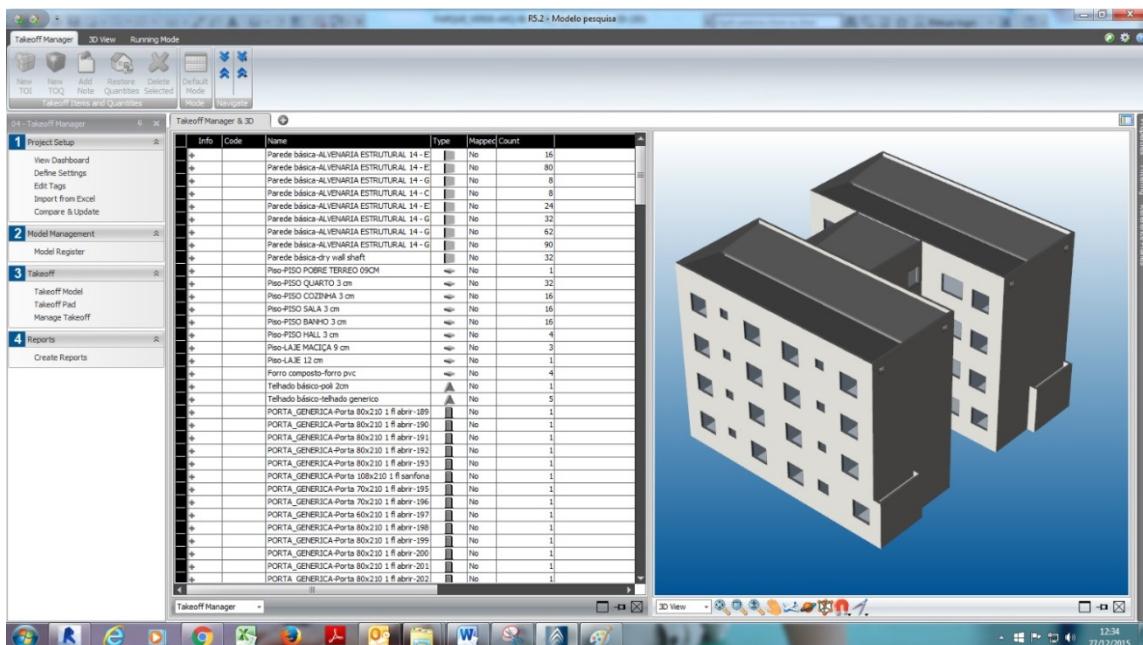
Detectou-se a inexistência de atribuição de um sistema de classificação para os objetos do modelo em estudo. Segundo Manzione (2013), os sistemas de classificação são importantes, pois auxiliam a organização dos processos.

Apesar das limitações do modelo 3D em estudo, ele foi validado por atender aos objetivos desta pesquisa, que é permitir a criação de um modelo BIM 5D e a comparação com a metodologia tradicional de orçamentação.

5.2 Levantamento de quantidades

Para possibilitar a extração automática de quantidades, o modelo do Revit foi exportado para o Vico através de um plug-in. Após verificação do modelo no Vico (figura 2), constatou-se que não há problema de interoperabilidade entre este software e o Revit, pois não houve perda de informações.

Figura 2 - Modelo no Vico



Fonte: Autores

Após a importação, o módulo Takeoff Manager, do software Vico, permitiu a extração automática de quantitativos do modelo por elemento importado, conforme figura 3. Apesar da extração de quantidades ser automática, é responsabilidade do engenheiro orçamentista avaliar, compreender e organizar as informações geradas.

Paralelamente, foi realizado o levantamento de quantidades pela metodologia tradicional em planilhas no Excel, através da leitura e interpretação de projetos de arquitetura 2D. O quadro 2 traz a comparação da quantidade de horas trabalhadas, de um orçamentista, na etapa de levantamento de quantidades para o projeto em estudo nas duas metodologias de orçamentação.

A tabela 2 apresenta a comparação dos levantamentos de quantidades, dos serviços que compõem o custo direto da obra, obtidos pela metodologia tradicional e pela metodologia BIM. A sexta coluna apresenta a diferença em percentual das duas colunas anteriores, obtidas pela equação:

$$\text{Diferença} = (\text{quantitativo 2D} - \text{quantitativo BIM}) / (\text{quantitativo BIM})$$

A sétima coluna, observação, traz as justificativas para as diferenças

encontradas. Muitos itens apresentam diferenças pouco representativas devido a arredondamentos e/ou a maior precisão das informações vinculadas a um modelo BIM.

Figura 3 - Quantitativos fornecidos pelo Vico para um elemento parede

Takeoff Manager & 3D			
Info	Code	Name	Type
Parede básica-ALVENARIA ESTRUTURAL 14 - EXTERNA/BANHO 1,20 (17)			
		Name	Unit
Count		EA	No
Length		M	No
Net Reference Side Surface Area		M2	Yes
Net Opposite Reference Side Surface Area		M2	Yes
Top Surface Area		M2	No
Bottom Surface Area		M2	No
Ends Surface Area		M2	No
Reference Side Opening Surface Area		M2	Yes
Opposite Reference Side Opening Surface Area		M2	Yes
Net Volume		M3	No
Gross Volume		M3	No
Joint Horizontal Surface Area		M2	No
Joint Vertical Surface Area		M2	No
Piece Count		EA	No
Piece Length		M	No
			16,00
			22,10
			51,97
			51,97
			3,76
			3,76
			14,25
			5,92
			5,92
			8,84
			9,84
			7,51
			0,00
			32,00
			44,20
Parede básica-ALVENARIA ESTRUTURAL 14 - EXTERNA/GESSO (16)			
Parede básica-ALVENARIA ESTRUTURAL 14 - GESSO/OSSO (15)			
Parede básica-ALVENARIA ESTRUTURAL 14 - COZINHA 1,20/OSSO (16)			
Parede básica-ALVENARIA ESTRUTURAL 14 - EXTERNA/COZINHA 1,20 (17)			
Parede básica-ALVENARIA ESTRUTURAL 14 - GESSO/COZINHA 1,20 (16)			
Parede básica-ALVENARIA ESTRUTURAL 14 - GESSO/BANHO 1,20 (16)			
Parede básica-ALVENARIA ESTRUTURAL 14 - GESSO/GESSO (15)			
Parede básica-dry wall shaft			

Fonte: Autores

Quadro 2 – Demanda de tempo do orçamentista

Descrição	Metodologia Tradicional	Metodologia BIM 5D
Estudo e interpretação dos projetos/modelo	10 horas	5 horas
Levantamento de Quantidades		0 horas
Interpretação e organização dos quantitativos para alimentação da planilha de orçamento	30 horas	10 horas
TOTAL	40 horas	15 horas

Fonte: Autores

Os itens 14.4 e 14.5, portas P04 e P05, apresentaram diferenças devido a um erro no levantamento de quantidades convencional. Esse erro teve origem na falta de detalhamento do projeto 2D que não possui legenda para esquadrias nem cota destes elementos. Assim, o orçamentista levantou a porta de 90x210 cm como sendo uma porta de 108x210 cm. Este tipo de erro não acontece com a tecnologia BIM, pois o modelo contém a informação que não está explícita no projeto 2D, conforme figura 4.

Os demais itens que apresentaram diferença significativa apresentam

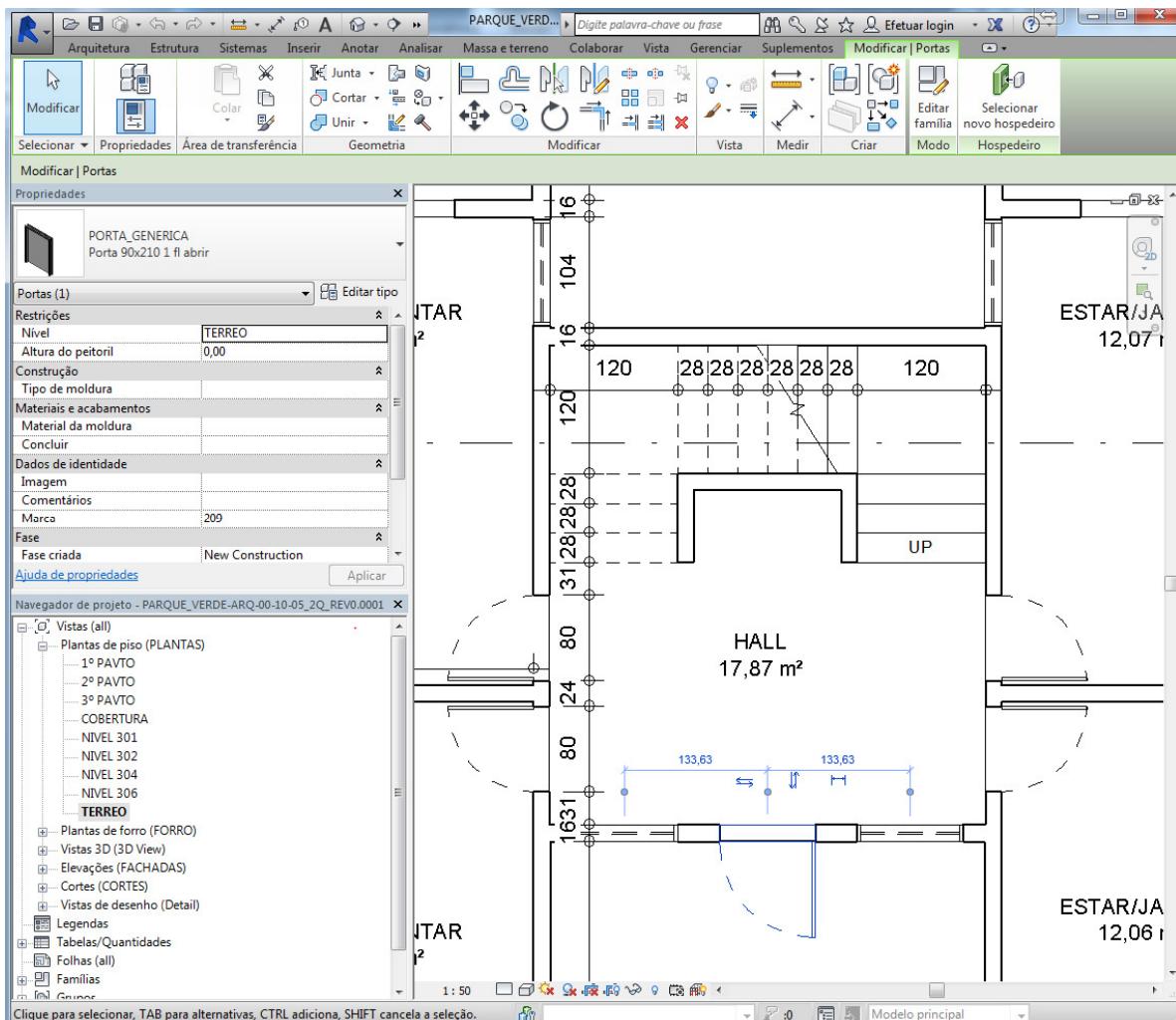
problemas de modelagem. Os quantitativos desses itens têm como origem os elementos paredes. Os problemas são referentes à ausência de modelagem por camada, à falta de critérios e padronização e às sobreposições de elementos.

Tabela 2 - Planilha comparativa dos levantamentos de quantidades

Servicos Iniciais						
7.1	Locação da obra	m2	195,63	195,63	0,00%	
Estrutura em concreto armado						
8.1	Laje de piso sobre terreno em concreto armado h=8 cm com tela soldada malha 10x15 cm diâmetro do aço de 5 mm	m2	195,63	195,63	0,00%	
8.2	Forma para estrutura em madeira plastificada 14 mm (utilização 4x), inclusive com escoramento	m2	751,29	751,29	0,00%	
8.3	Concreto Estrutural usinado e bombeado 30 Mpa	m3	73,37	73,37	0,00%	
8.4	Armacao aco CA-50/60	kg	6.603,30	6.602,96	0,01%	arredondamento
8.5	Escada em concreto armado moldada "in loco"	m2	20,74	20,75	-0,05%	arredondamento
Vedações e Alvenaria estrutural						
9.1	Alvenaria estrutural em bloco de concreto de 14 cm, com argamassa de assentamento industrializada	m2	1.476,13	1.323,26	11,55%	problemas na modelagem dos elementos paredes
9.2	Drywall	m2	29,75	29,66	0,30%	arredondamento
Revestimento Interno de Paredes						
10.1	Reboco/Emboço, com argamassa industrializada - 2 cm	m2	560,98	546,43	2,66%	problemas na modelagem dos elementos paredes
10.2	Gesso liso	m2	1.570,40	1.404,29	11,83%	problemas na modelagem dos elementos paredes
10.3	Cerâmica Incefra 32x56 cm (0,20 cm) até h=1,08 m, inclusive rejunte	m2	553,10	546,43	1,22%	problemas na modelagem dos elementos paredes
Revestimento Externo de Paredes						
11.1	Reboco/Emboço, com argamassa industrializada - 3 cm	m2	681,11	571,48	19,18%	problemas na modelagem dos elementos paredes
Revestimento Interno de Teto						
12.1	Gesso liso	m2	641,86	641,42	0,07%	arredondamento
Piso						
13.1	Contra-piso	m2	682,36	681,72	0,09%	arredondamento
13.2	Cerâmica, inclusive rejunte	m2	682,36	681,72	0,09%	arredondamento
Esquadrias de Madeira						
14.1	Porta de madeira - P01 - 60x210cm	un	14,00	14,00	0,00%	
14.2	Porta de madeira - P02 - 70x210cm	un	28,00	28,00	0,00%	
14.3	Porta de madeira - P03 - 80x210cm	un	24,00	24,00	0,00%	
14.4	Porta de madeira - P04 - 108x210cm	un	3,00	2,00	50,00%	erro no levantamento de quantidades manual (1 P05 foi
14.5	Porta de madeira - P05 - 90x210cm	un		1,00	-100,00%	
Esquadrias de alumínio com vidro						
15.1	Janela de alumínio com vidro - J01 - 40x40cm	un	8,00	8,00	0,00%	
15.2	Janela de alumínio com vidro - J02 - 59x57cm	un	14,00	14,00	0,00%	
15.3	Janela de alumínio com vidro - J03 - 79x77cm	un	2,00	2,00	0,00%	
15.4	Janela de alumínio com vidro - J04 - 99x117cm	un	8,00	8,00	0,00%	
15.5	Janela de alumínio com vidro - J05 - 99x197cm	un	8,00	8,00	0,00%	
15.6	Janela de alumínio com vidro - J06 - 119x117cm	un	46,00	46,00	0,00%	
Forros						
16.1	Forro de PVC	m2	39,75	39,72	0,08%	arredondamento
Pintura						
18.1	Pintura látex sem massa. Subempreitado material e mão de obra.	m2	641,86	641,42	0,07%	arredondamento
18.2	Pintura látex com massa. Subempreitado material e mão de obra.	m2	1.578,28	1.404,29	12,39%	problemas na modelagem dos elementos paredes
18.3	Textura (fachada)	m2	681,11	571,48	19,18%	problemas na modelagem dos elementos paredes
Telhados e Coberturas						
19.1	Telhado em telha de fibrocimento com estrutura de sustentação metálica	m2	174,32	174,28	0,02%	arredondamento

Fonte: Autores

Figura 4 - Informações sobre uma esquadria em um modelo BIM



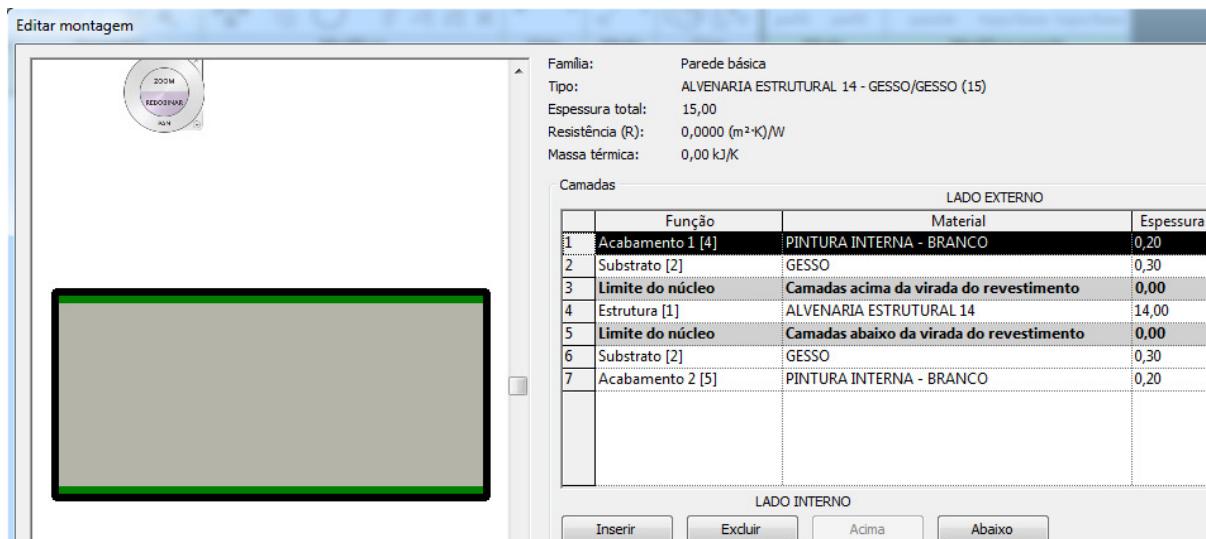
Fonte: Autores

No modelo em estudo foi diagnosticado que os objetos paredes foram modelados como elementos únicos que possuem diversas camadas, conforme figura 5. Por esse critério existem oito tipos de paredes diferentes no Revit, devido às especificações e espessuras das camadas conforme figura 3.

Este critério de modelagem gera algumas limitações. Primeiramente, para obtenção do quantitativo de cada serviço da planilha de orçamento é necessário criar uma fórmula que some os quantitativos de cada um dos elementos. Isso pode ser mais trabalhoso do que o levantamento tradicional para obras complexas que possuam inúmeros elementos.

Outro problema é que este tipo de modelagem não permite a diferenciação de alturas das camadas dentro de um mesmo elemento. Assim, dificulta-se ou inviabiliza-se a orçamentação BIM 5D para obras que possuem paredes revestidas em cerâmica somente até certa altura. O mesmo ocorre para obras, nas quais o revestimento da parede vai até a altura do forro, enquanto a alvenaria vai até o fundo de um elemento estrutural.

Figura 5 - Existência de diversas camadas em um elemento parede

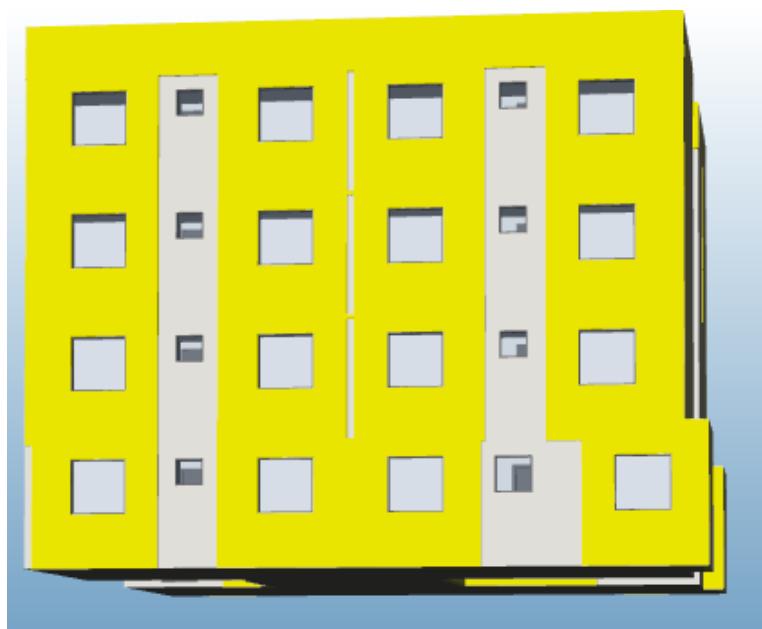


Fonte: Autores

Como a obra em questão é muito simples, a estrutura, em alvenaria autoportante, não possui vigas e as poucas paredes revestidas com cerâmica têm todas as camadas com mesma altura, isto não prejudicou a pesquisa.

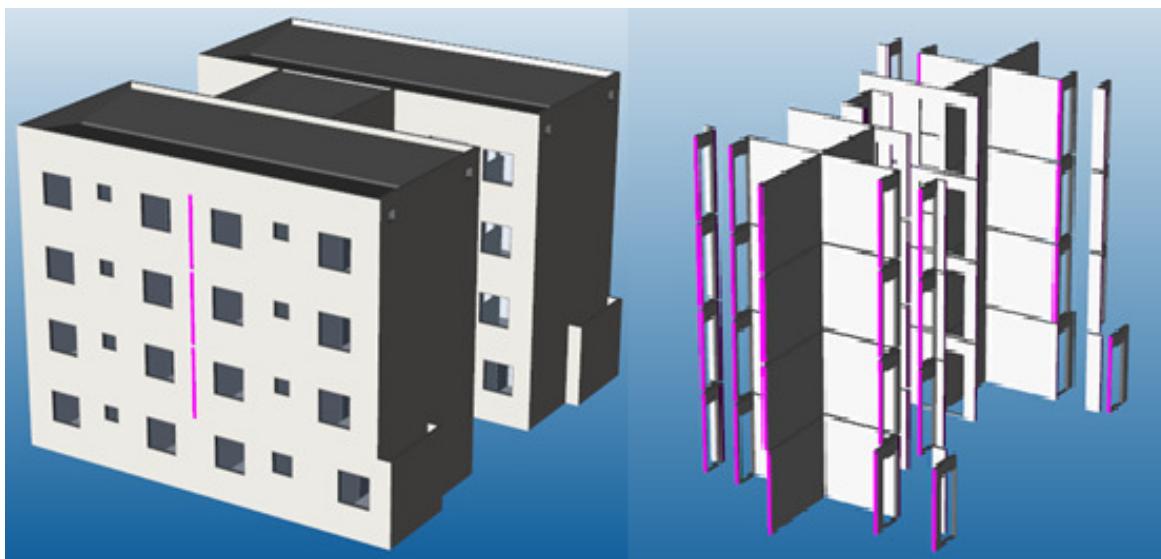
Além da ausência da modelagem por camadas, outro problema identificado foi a falta de critérios e padronizações de modelagem. Na figura 6, o elemento destacado em amarelo foi modelado com um critério no primeiro pavimento e outro nos demais. Nos pavimentos 2, 3 e 4, parte do trecho destacado em rosa, na figura 7, não foi incluído na área de fachada, pois faz parte da área lateral de outro elemento parede. Isto gera um trabalho extra e não automatizado para obtenção de áreas parciais de um elemento.

Figura 6 - Destaque em amarelo de um elemento parede



Fonte: Autores

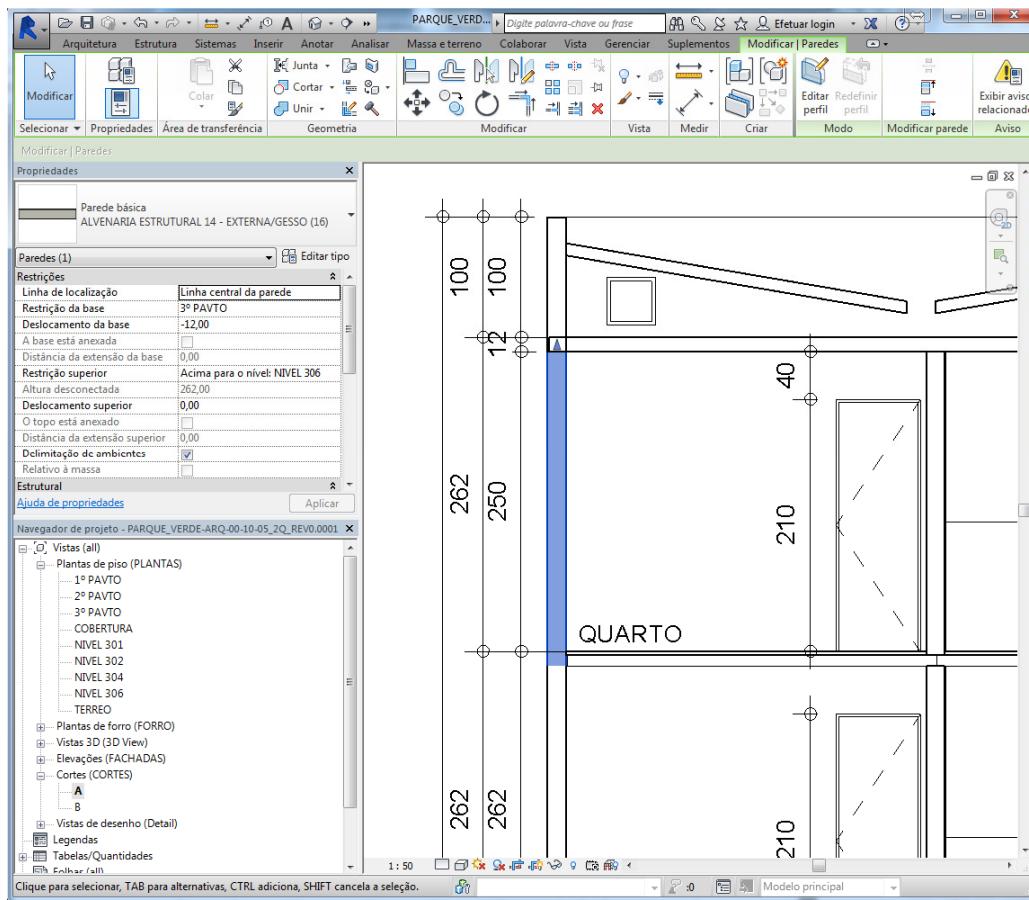
Figura 7 - Destaque em rosa da área lateral de um elemento parede



Fonte: Autores

Outro erro de modelagem descoberto foi a sobreposição de elementos. O elemento parede selecionado na figura 8 é representado apoiando no elemento parede do pavimento inferior. Assim, há uma sobreposição com o elemento laje.

Figura 8 - Elemento parede selecionado no corte



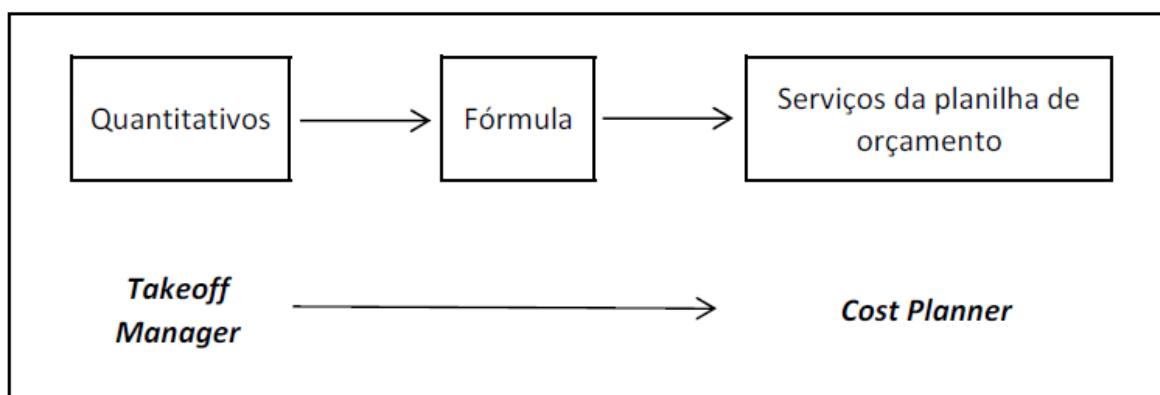
Fonte: Autores

5.3 Planilha de Orçamento

A elaboração da planilha de orçamento pela metodologia convencional foi realizada no excel e no software de orçamento Compor 90, ao passo que pela metodologia BIM, foi realizada no módulo Cost Planner do software Vico.

Para não inviabilizar a criação de uma planilha de orçamento com a tecnologia BIM 5D, utilizou-se a flexibilidade do software de orçamentação 5D. Esse, assim como é feito no processo convencional, permite a criação de fórmulas para associação das quantidades, do Takeoff, à planilha orçamentária, do Cost Planner, conforme figura 9. Este procedimento visou contornar o problema das quantidades que estavam com erro devido às falhas na concepção do modelo 3D.

Figura 9 - Fluxo das informações entre o Cost Planner e o Takeoff



Fonte: Autores

A tecnologia BIM não apresentou benefícios iniciais para elaboração da planilha de orçamento, pois não foi criada de forma automatizada nem reduziu a quantidade de horas trabalhadas conforme quadro 3. Em ambas as metodologias, os quantitativos e relação dos serviços diretos foram obtidos através da definição de fórmulas que relacionam a planilha ao levantamento de quantidades.

Quadro 3 – Demanda de tempo do orçamentista

Descrição	Metodologia Tradicional	Metodologia BIM 5D
Definição da EAP	4 horas	4 horas
Alimentação das quantidades dos serviços através de fórmulas que relacionam os resultados do levantamento de quantidades com os serviços.	8 horas	8 horas
Associação dos serviços ao banco de dados de custo do software de orçamentação	4 horas	4 horas
TOTAL	16 horas	16 horas

Fonte: Autores

Apesar de não apresentar benefícios em um primeiro momento, a tecnologia BIM 5D apresentou como vantagem o fato dos serviços da planilha orçamentária estarem diretamente vinculados aos elementos do modelo 3D. Isso significa que qualquer alteração no modelo gera atualizações automáticas na planilha de orçamento.

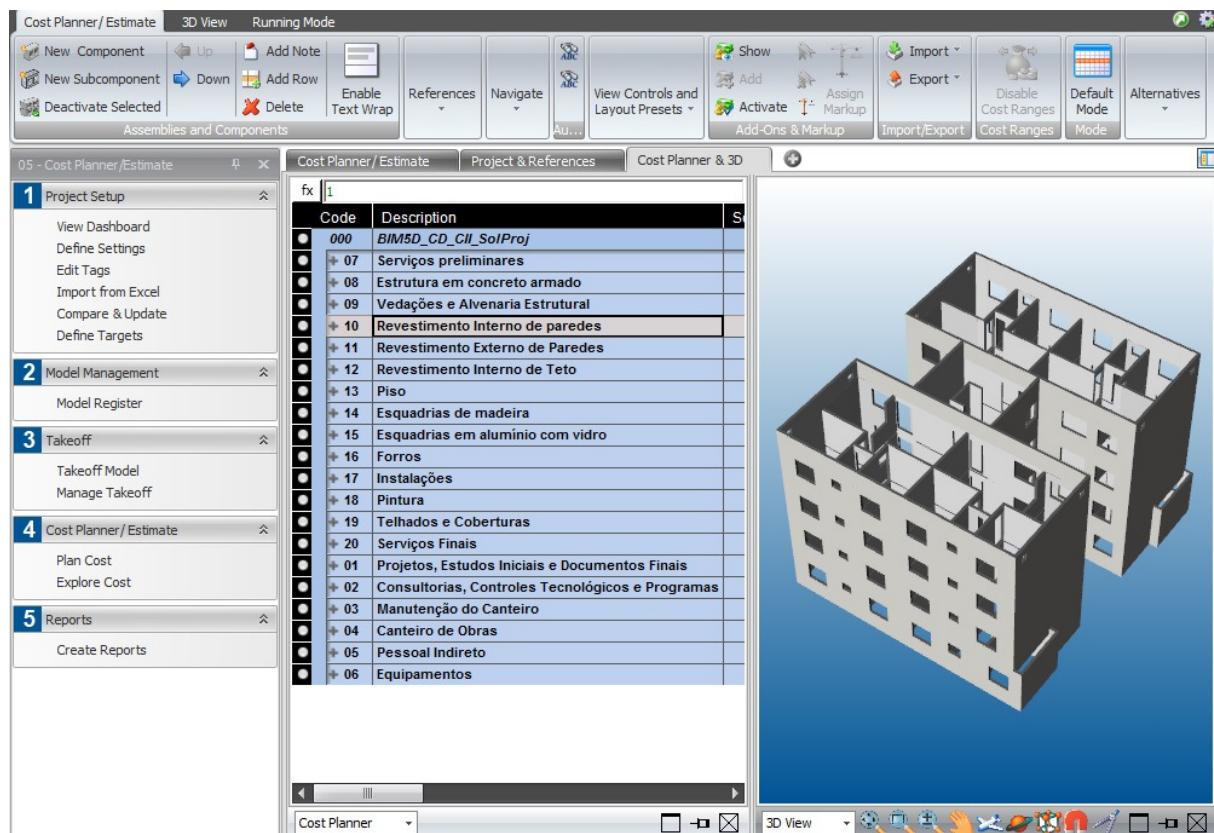
Até o momento da elaboração deste artigo a pesquisa encontrava-se com o modelo BIM 5D criado, ou seja, existe uma planilha orçamentária associada aos elementos do modelo, conforme figura 10 e 11. Na continuação dos estudos serão exploradas a atualização automática do orçamento e a comparação de diferentes soluções de projetos e métodos construtivos.

Figura 10 - Planilha orçamentária BIM 5D

Code	Description	Source ..	Qty	Base Cost
000	BIM5D_CD_CI	1,00	1,00	836.503,30
+ 01	Projetos, Estudos Iniciais e Documentos Finais	1,00	1,00	21.000,00
+ 02	Consultorias, Controles Tecnológicos e Programas	1,00	1,00	4.953,76
+ 03	Manutenção do Canteiro	1,00	1,00	18.420,00
+ 04	Canteiro de Obras	1,00	1,00	12.787,58
+ 05	Pessoal Indireto	1,00	1,00	79.447,61
+ 06	Equipamentos	1,00	1,00	35.985,49
+ 07	Serviços preliminares	1,00	1,00	1.145,93
+ 08	Estrutura em concreto armado	1,00	1,00	159.788,08
+ 09	Vedações e Alvenaria Estrutural	1,00	1,00	80.198,37
+ 10	Revestimento Interno de paredes	1,00	1,00	101.843,72
+ 11	Revestimento Externo de Paredes	1,00	1,00	28.730,01
+ 12	Revestimento Interno de Teto	1,00	1,00	18.180,98
+ 13	Piso	1,00	1,00	64.940,40
+ 14	Esquadrias de madeira	1,00	1,00	19.550,00
+ 15	Esquadrias em alumínio com vidro	1,00	1,00	49.843,02
+ 16	Forros	1,00	1,00	794,35
+ 17	Instalações	1,00	1,00	69.500,00
+ 18	Pintura	1,00	1,00	59.622,69
+ 19	Telhados e Coberturas	1,00	1,00	6.971,32
+ 20	Serviços Finais	1,00	1,00	2.800,00

Fonte: Autores

Figura 11 - Planilha orçamentária vinculada ao modelo 3D



Fonte: Autores

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONTRIBUIÇÕES

Objetivando uma maior redução das horas trabalhadas de um orçamentista, sugere-se que a concepção do modelo siga um sistema de classificação como *OmniClass*, *Uniformat* ou que seja adotada uma estrutura analítica de projeto (EAP) modelo da empresa. Assim, os quantitativos já seriam extraídos agrupados por serviços e/ou por itens da EAP. A padronização permitiria a utilização de templates da planilha orçamentária (módulo *Cost Planner*) com vínculos pré-definidos com o módulo *Takeoff*.

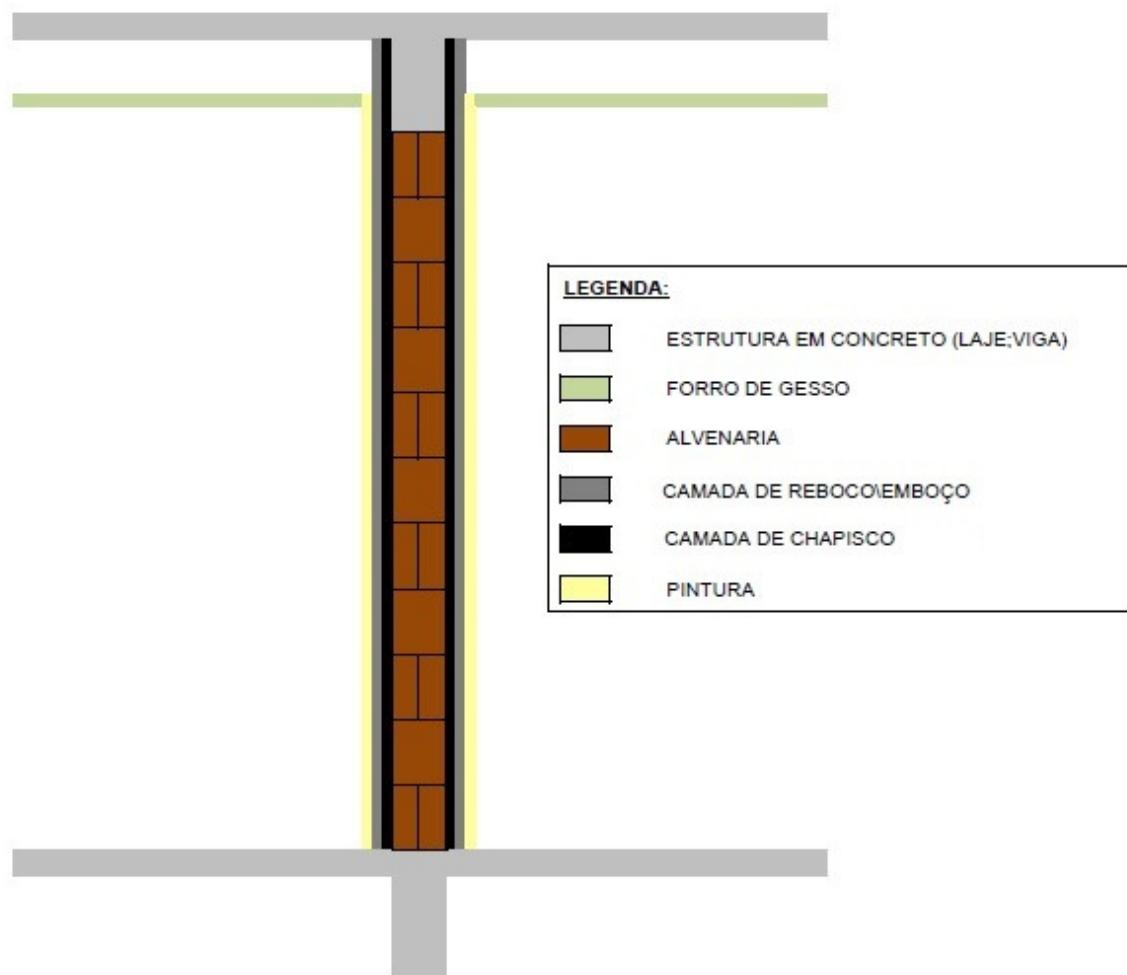
Para solucionar o problema dos elementos únicos com diversas camadas, sugere-se a modelagem por camadas. Neste tipo de modelagem cada camada deve ser representada por um elemento, conforme figura 12.

A adoção deste critério de modelagem resolveria vários problemas: os quantitativos no software de orçamentação BIM referente à alvenaria, reboco, gesso liso, pintura, contra-piso, revestimento de piso, revestimento de parede estariam agrupados e em um item único; os quantitativos seriam precisos para obras mais complexas, que possuem camadas com alturas diferentes.

Um modelo com este critério poderia ser utilizado para outros fins. Seria possível realizar simulações 4D, com a execução das camadas em momentos diferentes. Seria possível também o monitoramento e controle do custo de uma obra comparando o previsto com o realizado para cada

camada.

Figura 12 - Sugestão de modelagem por camadas para o elemento parede



Fonte: Autores

Uma contribuição obtida nesta etapa da pesquisa é a constatação da necessidade de padronização dos critérios de modelagem e que os modelos sejam concebidos pensando nas etapas e formas de execução da obra.

Para evitar sobreposição de elementos sugere-se que o modelo BIM 3D seja verificado e validado antes da modelagem 5D. Segundo Forgues *et al.* (2012), é necessário a validação do modelo BIM 3D por um software que permita identificar erros de modelagem e interferências, antes da criação de um modelo 5D.

Na geração do orçamento, a vinculação dos elementos do modelo com os serviços da planilha orçamentária proporciona atualizações automáticas e facilidade na comparação dos custos de diferentes soluções. Ao passo que na metodologia tradicional, estas atualizações e simulações de diferentes soluções de projetos são realizadas manualmente.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Até o presente momento da investigação, os resultados apresentam-se satisfatórios, na medida em que foi possível a criação de um modelo BIM 5D e a sua comparação com um orçamento na metodologia tradicional. As análises comparativas confirmam alguns benefícios gerados pela tecnologia BIM 5D, citados na literatura, como extração automática de quantidades e criação de uma planilha orçamentária vinculada ao modelo 3D. Outros benefícios como atualizações automáticas do orçamento serão aprofundados no decorrer da pesquisa de mestrado.

Destacam-se nas análises do trabalho a questão de que o modelo 3D parametrizado necessita ser concebido, desenvolvido e preparado para o melhor uso do BIM 5D, de forma a atingir melhores resultados e benefícios oriundos dessa tecnologia. Nessa direção, a pesquisa de mestrado tem a pretensão de concluir seus estudos com a elaboração de diretrizes para o processo de modelagem.

Considerando as etapas de orçamentação definidas por Mattos (2014), constatam-se as principais contribuições da tecnologia BIM para as etapas de identificação dos serviços e levantamento de quantidades. Vantagens também são obtidas na discriminação dos custos diretos, devido à associação direta dos elementos do modelo à planilha orçamentária.

Os problemas encontrados nesta pesquisa destacam a importância da realização paralela do processo tradicional de orçamentação em uma etapa inicial de implantação da tecnologia BIM 5D. Isto é fundamental para validação do modelo e dos resultados.

Vale lembrar que a investigação em curso limita-se a analisar dados de um modelo BIM de um empreendimento público específico. Para que os resultados sejam generalizados para as demais construções, outras pesquisas precisam ser desenvolvidas.

REFERÊNCIAS

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. **Integrated Project Delivery: a working definition.** California 2007.

BADRA, P. A. L. **Guia prático de orçamento de obras: do escalímetro ao BIM.** 1. ed. São Paulo: PINI, 2012. 266p.

EASTMAN, C.; TEICHLER, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM:** Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483p.

FERREIRA, B. M. L. **Desenvolvimento de metodologias BIM de apoio aos trabalhos construtivos de medição e orçamentação.** 2015, 52f. Dissertação – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2015.

FORGUES, D; IORDANOVA, I; VALDIVIESO, F; STAUB-FRENCH, S. **Rethinking the cost estimating process through 5D BIM: a case study.** Construction Research Congress. 2012. ASCE, p. 778-786. 2012.

GIAMMUSSO, S. E. **Orçamento e custos na construção civil.** 2.ed. São Paulo: PINI, 1991, 181 p.

KERN, Andréa Parisi. **Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimentos de construção.** Tese. Doutorado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, 2005.

LUKKA, K. **The constructive research approach.** In Ojala, L. & Hilmola, O.-P. (eds.) Case study research in logistics. Publications of the Turku School of Economics and Business Administration, Series B1: 2003, p.83-101.

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM.** 2013. 324 f. Tese de Doutorado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras:** dicas para orçamentistas, estudo de caso, exemplos. 2. ed. São Paulo: PINI, 2014. 277p.

MONTEIRO, A.; MARTINS, J. P. **A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design.** Automation in Construction. v. 35, p. 238-253. 2013. Disponível em: <http://www-sciencedirect-com.ez27.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0926580513000721> Acesso em: 14/09/2015.

SMITH, P. BIM & the 5D Project cost manager. Procedia – Social and Behavioral Sciences, Dubrovnik, v. 199, p. 475-784, mar. 2014.