

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

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

MODELAGEM BIM PARA ORÇAMENTO OPERACIONAL¹

FENATO, Thalmus (1); SAFFARO, Fernanda (2); BARISON, Maria Bernardete (3)

(1) UEL, email: t.fenato@gmail.com; (2) UEL, e-mail: saffaro@uel.br; (3) UEL, e-mail: barison@uel.br

RESUMO

A gestão de custos é uma das bases mantenedoras da saúde financeira das empresas. Quando o orçamento é capaz de retratar como os custos ocorrem durante a execução da obra, é possível fazer o controle eficaz da produção. O orçamento operacional pode ser uma ferramenta eficiente na gestão de custos, pois se apresenta de forma segregada e de acordo com o desenvolvimento das atividades, ao longo da produção do edifício. Entretanto, esta característica pode tornar sua estrutura extensa e complexa, principalmente quando apresentado em formato de planilha. O uso da Modelagem da Informação da Construção (BIM) permite que informações de custos sejam inseridas no modelo, facilitando a extração automática dos quantitativos e o entendimento das considerações de orçamento por meio de visualização 3D. O objetivo deste estudo é identificar quais informações do orçamento operacional podem ser inseridas no modelo BIM e apontar estratégias para este procedimento. Inicialmente, foi realizada uma revisão da literatura para identificar quais fatores devem ser observados ao se elaborar um orçamento operacional. Em seguida, foi conduzido um estudo de caso para modelagem BIM da arquitetura (estrutura e alvenaria) de um edifício vertical. Os resultados são apresentados, em termos de dificuldades encontradas e estratégias de modelagem.

Palavras-chave: BIM. Modelagem 5D. Orçamento operacional.

ABSTRACT

Cost management is one of the provider basis of the financial health of companies. When the budget is able to depict how costs develop during the execution phase, it is possible to effectively control the production. The operational estimating can be an efficient tool in cost management as it is segregated and acceded to the activities development throughout the building construction. This feature may, however, generate a long and complex budget structure, especially when presented in spreadsheet format. The use of Building Information Modelling (BIM) allows budget information to be inserted into the models, allowing automatic quantity takeoff and comprehension of the budget considerations through 3D visualization. The objective of this study is to identify what operational estimating information can be inserted in the BIM model and to indicate strategies for this procedure. Initially, a literature review was made to identify which factors should be observed in an operational estimating. Afterwards a case study was conducted with the construction of a vertical building BIM model based on its' Architecture (structure and masonry). The results are presented according to the difficulties met and modelling strategies.

Keywords: BIM. 5D Modeling. Operational Estimating.

¹ FENATO, Thalmus; SAFFARO, Fernanda; BARISON, Maria Bernadete. Modelagem BIM para orçamento operacional. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo.

Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Mediante a necessidade de gerir os custos conforme eles ocorrem na obra o orçamento operacional pode ser uma ferramenta eficiente na gestão de custos. Por outro lado, o seu conteúdo é extenso, tornando-se complexo, principalmente quando apresentado em formato de planilha (ARAM; EASTMAN; SACKS, 2014).

O uso da Modelagem da Informação da Construção (BIM) permite que as informações de orçamento sejam conectadas aos respectivos elementos construtivos, com apresentação em 2D-3D, facilitando o entendimento das considerações do orçamento e possibilitando a extração automática de quantitativos.

Considerando que na revisão da literatura não foram encontrados estudos que abordem o uso de BIM para orçamento com enfoque operacional, formulou-se, a seguinte questão: "Uma ferramenta de autoria BIM pode ser utilizada para a elaboração de um orçamento operacional"? Assim, o objetivo do presente estudo é identificar quais informações de um orçamento operacional podem ser inseridas e extraídas do modelo BIM, utilizando-se a ferramenta Autodesk REVIT® v. 2016.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Orçamento consiste na previsão de recursos financeiros necessários para o desenvolvimento de um produto e é apontado por Cabral (1988), Bazanelli (2003) e Kern (2005), como a principal ferramenta para a gestão de custos, pois possibilita a análise comparativa entre o custo planejado e o realizado. Para tanto, é essencial que os custos sejam apresentados no orçamento, conforme eles ocorrem durante a etapa de produção ou da prestação do serviço.

Dentre os diversos tipos de orçamento citados na literatura, o mais adequado para a gestão de custo é, segundo Kern (2005), o orçamento operacional. Isto se deve ao fato de que este tipo de orçamento retrata de maneira fiel como os custos são incorridos durante o processo construtivo.

Para retratar os custos da forma como os mesmos ocorrem, Cabral (1988) destaca a necessidade de decompor os serviços orçados em atividades, sendo que o critério de decomposição segue uma abordagem operacional, isto é, segue a sequência e a forma como as equipes de mão de obra segregam suas tarefas na etapa de produção. Cabe aqui um esclarecimento quanto aos termos serviço, atividade e operação. San Martin (1999) entende serviço como o conjunto de atividades relacionadas a um determinado elemento geométrico. Por exemplo, o serviço alvenaria pode ser decomposto em outras atividades conforme operações necessárias para a sua execução: (a) marcação de alvenaria; (b) elevação de alvenaria e (c) fixação de alvenaria.

O termo atividade, para San Martin (1999), refere-se ao encontro físico dos fluxos de processos e operações. Ou seja, toda vez que uma atividade se desenvolve, há, necessariamente, uma atuação da mão de obra (operação) sobre um material/produto (processo). Por sua vez, uma operação é definida por Cabral

(1988) como uma tarefa executada por um mesmo tipo de mão de obra/máquina, sem interrupção, com início e término bem definido.

Vale ressaltar que a denominação orçamento operacional pode levar ao entendimento de que somente os custos associados às operações estejam representados. Tal interpretação é incompatível com a afirmação de Cabral (1988) de que, neste tipo de orçamento, os custos se apresentam como ocorrem, uma vez que a aquisição antecipada de materiais acarreta a incidência de custos, embora nenhuma operação esteja sendo realizada neste momento.

Além da decomposição de serviços, a literatura aponta outros fatores que podem repercutir na gestão de custos os quais são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - fatores a serem considerados na elaboração do orçamento operacional

Agrupamento	Fatores	Autor
Produtividade	Local onde ocorre o trabalho	Stone (1975 apud Cabral (1988))
	Equipamentos	Kern (2005)
	Propriedade físicas dos materiais	Araujo e Souza (2001)
	Métodos e técnicas construtivas	Garcia (2011) e Kern (2005)
Prazo	Prazo de obra/atividade (Heineck 1986)	Heineck (1986 apud Kern 2005) e Andrade e Souza (2003)
Critérios de medição de mão de obra	Unidades de medida para pagamento de mão de obra	Kern (2005) e Cabral (1988)
Aquisição de materiais	Quantificação materiais conforme momento de utilização (programação)	Garcia (2011); Cabral (1988) e Andrade e Souza (2003)

Fonte: Os Autores

Devido aos fatores apontados no Quadro 1, ao se elaborar um orçamento operacional, a quantidade de informação pode torná-lo extenso a ponto de dificultar a recuperação de informações importantes para a gestão de custos da obra.

Com o desenvolvimento da Tecnologia de Informação (TI), espera-se que a eficiência e a precisão de orçamentos possam melhorar se forem conduzidos usando BIM (MA; LIU, 2014).

A inserção de informações de custos no modelo é denominada modelagem 5D e apresenta, como principais vantagens, a extração automática de quantitativos e precisão. Sakamori (2015) explica que ao extrair quantitativos, automaticamente do modelo BIM, nenhum elemento é esquecido e a sua conexão automática

com um banco de dados de custos reduz a intervenção humana e, consequentemente, possíveis erros no orçamento.

No entanto, a literatura aponta algumas dificuldades no processo 5D, principalmente, pelo fato dos modelos BIM 5D não serem elaborados com foco nos fatores que afetam o custo. Esses estudos são apresentados no Quadro 2.

As pesquisas apresentadas no Quadro 2 mostram a dificuldade de inserir no modelo BIM 5D informações detalhadas de custos devido à falta de suporte técnico das ferramentas BIM.

Um dos motivos dessa deficiência é a inexistência de padronizações e sistemas de classificação. Segundo Silva e Amorin (2011) esses sistemas criam classes que são relacionadas aos objetos. Esse relacionamento entre as classes dos objetos construtivos permite a criação de ontologias, que por sua vez, ordenam todo um ambiente de terminologias específicas, facilitando o acesso às informações do modelo, a todos os agentes da cadeia de produção. Essa padronização de nomenclaturas é a base para uma organização gerenciar as informações do modelo BIM ao longo do ciclo de vida do empreendimento.

Diversos sistemas de classificação para modelagem BIM 5D estão disponíveis no âmbito internacional. No Brasil um Sistema para classificação da informação da construção civil é apresentada na Norma NBR 15965-7: 2015.

Quadro 2 - Fatores a serem considerados em modelos BIM 5D

OBJETIVO	AUTOR	RESULTADO
Explicitar no modelo os aspectos que afetam o custo.	Staub-French et al (2003).	Elaboração de parâmetros específicos de custo não atribuídos aos objetos no modelo BIM.
Explorar softwares BIM para extração de quantitativos sob diferentes aspectos.	Shen e Issa (2010) Jiang (2011)	Elaboração de parâmetros específicos de custo não atribuídos aos objetos no modelo BIM.
Investigar a inserção de informações de orçamento em modelo BIM de construção.	Ma e Liu (2014)	O maior desafio é obter informações operacionais tais como: método de construção; uso de equipamentos.
	Firat et al. (2010),	A extração de quantitativos deve atender à real demanda em termos de gestão.
Customização do software	Lee, Kim e Yu (2014)	Automatizar a inserção de composições de serviços mediante o reconhecimento automático de elementos do modelo BIM.
	Aram, Eastman e Sacks (2014)	Metodologia para inserção automática de dados de custo no modelo BIM, a partir de regras inteligentes.

Fonte: Autores (2016)

Outra dificuldade para o uso do BIM 5D em orçamentos operacionais consiste no fato de que no padrão IFC (*Industry Foundation Classes*), principal padrão de trocas de dados em BIM, não existe uma classe específica para informações de custos. Para tanto, seria necessária a elaboração de um sistema de classificação que atue como interlocutor para a definição de classes do IFC (SILVA e AMORIN, 2011).

3 MÉTODO DA PESQUISA

Neste trabalho empregou-se o estudo de caso como estratégia para coleta de dados. O estudo de caso envolveu a modelagem BIM da alvenaria de vedação de um edifício vertical. A Figura 1 apresenta o delineamento da pesquisa.

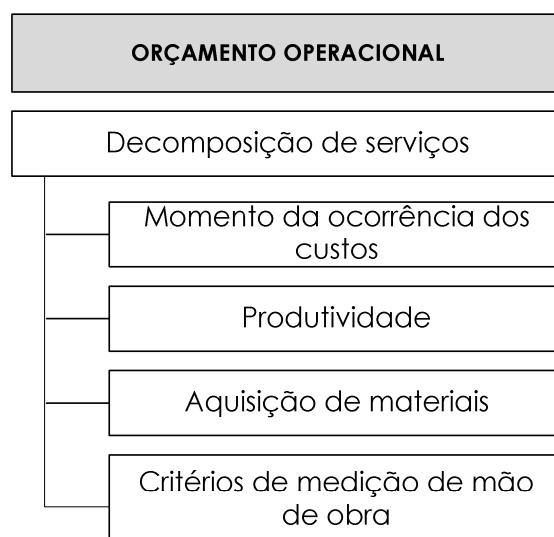
Figura 1 – Delineamento da pesquisa



Fonte: Os Autores

Durante a modelagem, foram considerados os fatores apresentados na Figura 2.

Figura 2 – Fatores utilizados para a coleta de dados



Fonte: Os Autores

Para efetuar a modelagem, utilizou-se o software REVIT® v. 2016. A construtora forneceu os arquivos digitais das plantas e elevações do edifício. Entretanto, foram criados apenas os modelos BIM de arquitetura e de estrutura.

4 MODELAGEM

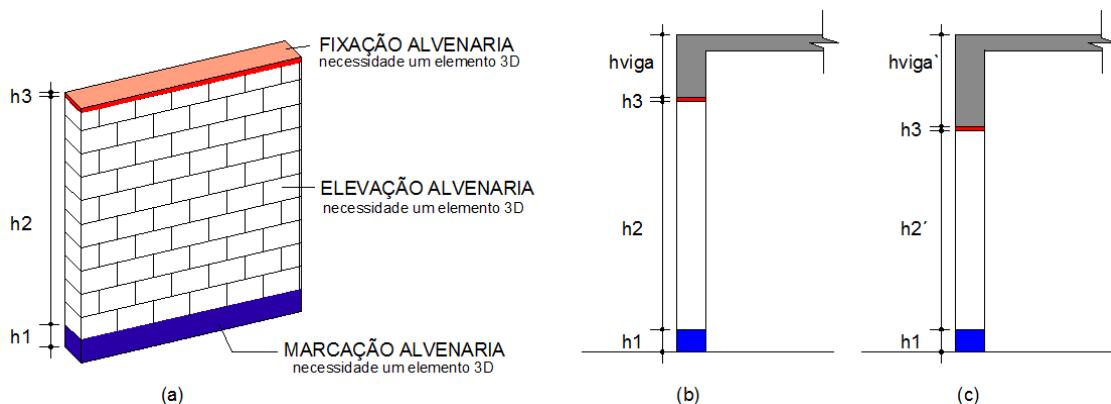
4.1 Decomposição dos serviços

O serviço de alvenaria foi decomposto com base nas seguintes atividades: (a) marcação de alvenaria; (b) elevação de alvenaria; (c) colocação de vergas e contravergas e (d) fixação de alvenaria.

Para elaborar o orçamento operacional, é necessário extrair os quantitativos de cada atividade que compõe o serviço de alvenaria. Ao se utilizar o REVIT®, somente um objeto pode ser representado em formato 3D e ter sua quantidade extraída diretamente na tabela de quantitativos. Por este motivo, é necessário haver um elemento 3D que represente cada atividade do serviço de alvenaria.

O REVIT® disponibiliza uma família de objetos chamada parede, sendo possível criar novos objetos do tipo parede, duplicando-se o objeto parede padrão. Usando este procedimento é possível criar objetos que representem as atividades: elevação de alvenaria e fixação da alvenaria, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – Criação de objetos que representam a decomposição de serviços.



Fonte: Autores (2016)

Ao modelar a fixação da alvenaria utilizando-se o objeto parede padrão, perde-se tempo devido à falta de regras de relacionamento de vinculação automática entre os níveis dos objetos dessa família. Para torná-los independentes, é necessário inserir, de forma manual, as alturas e os níveis de cada objeto. Além disso, ao se modificar a altura da elevação da alvenaria, é preciso fazer ajustes manuais e individuais. Na Figura 3, é possível observar, nos esquemas (b) e (c), a mudança dos níveis da fixação e da elevação de alvenaria mediante mudança na altura da viga.

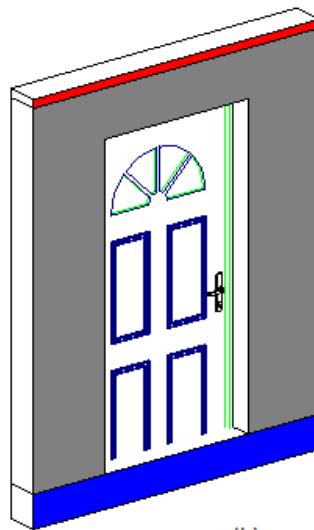
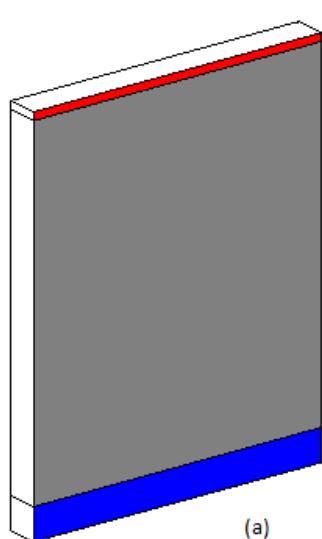
Contornando este problema, para representar a atividade fixação da alvenaria pode ser criado um parâmetro tipo texto, chamado 'fixação'. Toda vez que um novo objeto da família parede é criado, o parâmetro 'fixação' é atribuído a esse objeto.

Com relação à atividade de marcação de alvenaria, não é possível criar um objeto que a represente de forma direta. A família parede possui uma regra de relacionamento com as janelas e portas de forma que estas, quando instanciadas em algum objeto da família parede, têm seu volume subtraído da parede. Entretanto, isto não ocorre quando a porta é inserida, simultaneamente, em dois objetos paredes. Nas tabelas da Figura 4, é possível observar que o comprimento e a área do objeto marcação de alvenaria, não são alterados, mediante a inserção da porta, ao contrário do que ocorre com o objeto elevação de alvenaria. Da mesma forma, também não é possível criar um objeto que represente a atividade marcação de alvenaria.

Figura 4 – Relacionamento entre objetos da mesma categoria

Tabela de parede		
A	B	C
Tipo	Área	Comprimento
Marcação alvenaria	0.38 m ²	190
Elevação Alvenaria	4.18 m ²	190
Fixação	0.10 m ²	190

<Tabela de parede>		
A	B	C
Tipo	Área	Comprimento
Marcação alvenaria	0.38 m ²	190
Elevação Alvenaria	2.37 m ²	190
Fixação	0.10 m ²	190



Fonte: Os Autores.

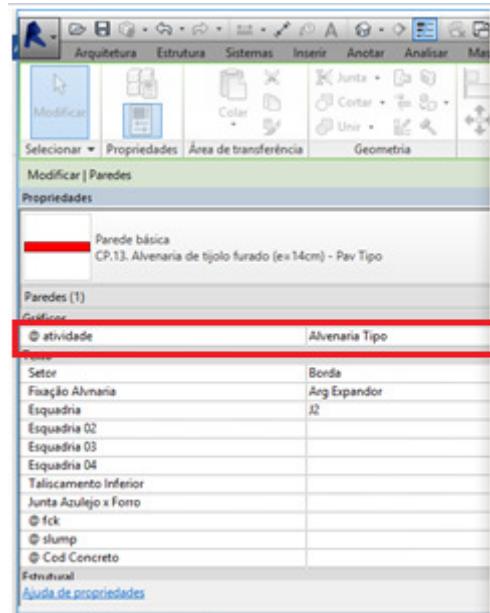
Para a atividade de 'colocação de vergas e contravergas', podem ser utilizados os objetos da família de 'vigas'. Contudo, é necessário inserir no modelo um objeto de cada vez. Além disso, como esses elementos estão relacionados às esquadrias, se houver alguma modificação nas esquadrias, as vergas e contravergas devem ser refeitas ou reinseridas manualmente.

Para resolver este problema, é possível customizar a planilha de quantitativos. Como o comprimento dos elementos vergas e contravergas estão ligados à largura das esquadrias, o cálculo dessa atividade na planilha de quantitativos depende de uma fórmula. Outra estratégia é automatizar a modelagem, de forma a criar novas esquadrias que contêm os elementos ‘vergas e contravergas’ em sua estrutura padrão, com regras de relacionamentos de propriedades geométricas entre si. Para tanto, é necessário customizar o software.

4.2 Momento da ocorrência dos custos

A construtora executa as paredes dos fechamentos dos *shafts* em momento posterior à execução das demais paredes. Então, para inserir a informação do momento de execução da parede é necessário atribuir um parâmetro ao objeto que represente a elevação de alvenaria. O parâmetro pode ser do tipo texto, que no presente estudo, é chamado de '@atividade', (Ver Figura 5).

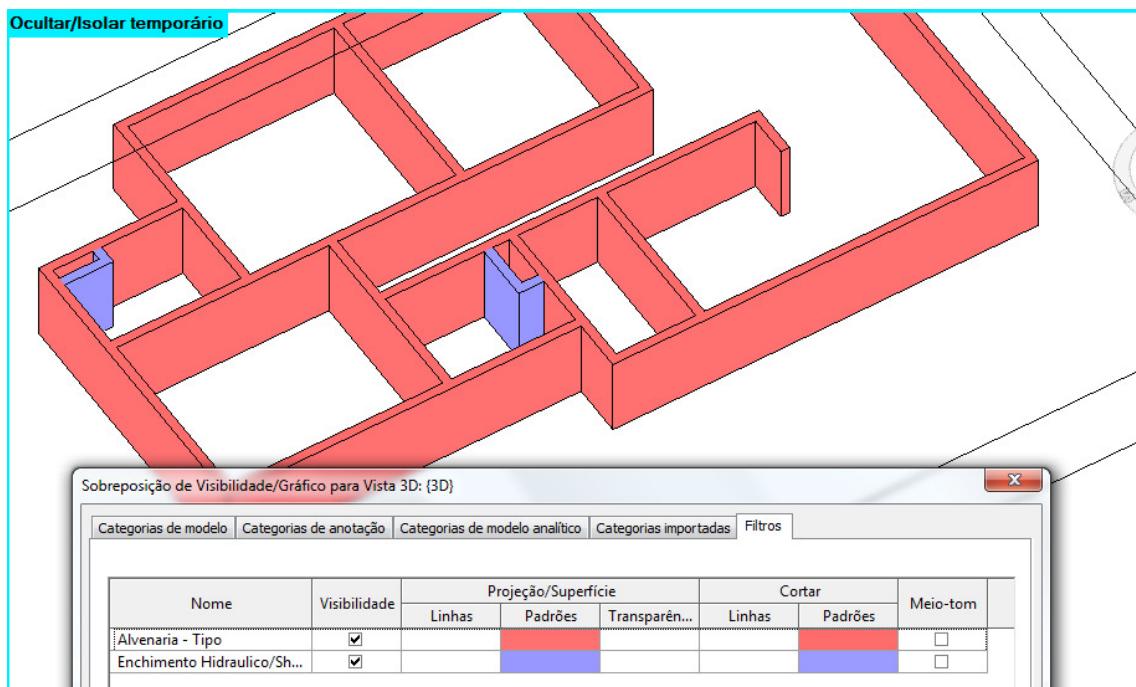
Figura 5 – Parâmetros do elemento 3D



Fonte: Os Autores

O software suporta a criação de parâmetros do tipo texto, os quais auxiliam na organização dos dados inseridos no modelo. Além disso, eles permitem fazer filtros com visualização 3D. Na figura 6 é possível observar um filtro que diferencia as paredes executadas em diferentes atividades do cronograma. O parâmetro tipo texto funciona como classificador do filtro.

Figura 6 – Visualização 3D com classificação por dados não geométricos



Fonte: Os Autores

Qualquer parâmetro do tipo texto pode ser utilizado como critério de organização em tabelas de quantitativos. A Figura 7 apresenta uma tabela contendo classificação de atividades (Pavimento Tipo), segundo o critério do cronograma (@atividade).

Figura 7 – Classificação dos objetos segundo o parâmetro atividade.

<Tabela de parede>			
A	B	C	D
@ Atividade	Tipo	Área	Comprimento
Alvenaria - Tipo	Fixação	0.10 m ²	190
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	6.43 m ²	250
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	2.25 m ²	90
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	6.25 m ²	250
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	2.00 m ²	80
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	9.00 m ²	360
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	5.50 m ²	220
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	5.50 m ²	220
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	7.50 m ²	300
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	16.25 m ²	650
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	8.50 m ²	340
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	7.25 m ²	290
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	2.25 m ²	90
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	3.25 m ²	130
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	1.25 m ²	50
Alvenaria - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	9.33 m ²	380
Enchimento Hidráulico/Shaft - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	4.93 m ²	190
Enchimento Hidráulico/Shaft - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	1.50 m ²	60
Enchimento Hidráulico/Shaft - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	5.50 m ²	220
Enchimento Hidráulico/Shaft - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	2.25 m ²	90
Enchimento Hidráulico/Shaft - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	6.25 m ²	250
Enchimento Hidráulico/Shaft - Tipo	CP.03 Alvenaria bloco cerâmico (14cm) - Tipo	2.08 m ²	90

Fonte: Os Autores

O fator momento de incidência do custo é uma informação que depende de como será a sequência na produção. Para inserir este tipo de informação no modelo, é necessário construir o modelo 4D. No presente estudo, a alternativa encontrada foi criar um parâmetro para inserir, manualmente, esta informação.

4.3 Produtividade

O orçamento operacional leva em consideração fatores que afetam a produtividade. No presente estudo, as atividades são desmembradas quando algum fator afeta a produtividade da mão de obra.

Devido a este procedimento, há preços diferentes para as atividades, o que afeta o custo da obra. O Quadro 3 apresenta esses fatores.

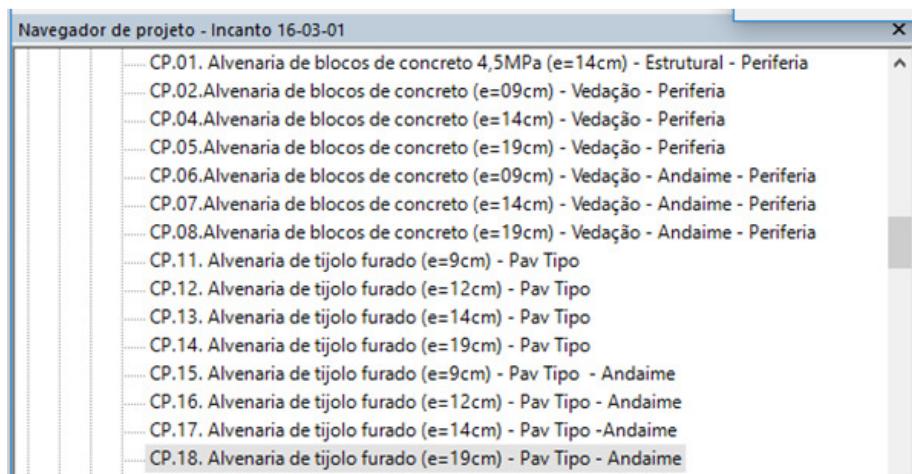
Quadro 3 – Fatores que afetam a produtividade

FATOR	EXEMPLO
Método construtivo	As alvenarias de bloco de concreto e de bloco cerâmico possuem operações distintas que afetam a produtividade.
Propriedade física do material	Para cada tamanho de bloco é atribuído um preço diferente da mão de obra, sendo mais cara a mão de obra para assentamento do bloco mais pesado.
Local	As plantas dos pavimentos são idênticas, proporcionando agilidade no trabalho da equipe.
Uso do equipamento	Há necessidade de utilizar andaime em paredes com altura superior a 2,80 m, diminuindo a produtividade.

Fonte: Os Autores

Um procedimento para diferenciar esses fatores é a criação de atividades, de forma que cada uma represente um dos fatores que influenciam na produtividade. Por exemplo, na Figura 8 é possível observar que a atividade de elevação de alvenaria possui uma lista com 15 atividades, representando cada fator.

Figura 8 – Tipos de elevações de alvenaria diferenciadas por atividades.



Fonte: Os Autores

4.4 Aquisição de materiais e critérios de medição de mão de obra

Em alguns casos, os materiais e a mão de obra de uma mesma atividade possuem critérios diferentes de levantamento. Nesses casos, é necessário separar o levantamento de ambos. Por exemplo, o critério de pagamento de mão de obra da atividade elevação de alvenaria desconta da área total, somente vãos acima de 2 m². Contudo, para comprar os materiais é necessário encontrar a

área total da alvenaria, descontando todos os vãos, independente de seu tamanho.

Quando um serviço possui duas operações com unidades de medida diferentes, as atividades também devem ser consideradas separadamente. É o caso da mão de obra de execução da alvenaria que é medida em metros quadrados, ao passo que da marcação de alvenaria é em metros.

Os custos de materiais e de mão de obra das atividades também devem ser separados, uma vez que os materiais são comprados antes do início da atividade o que influencia no desembolso financeiro, impactando na gestão de custos. Contudo, segundo Kern (2005), esta separação pode ser feita com ajuda de TI.

No presente estudo foram encontradas dificuldades e restrições para os casos em que há diferença entre levantamento de mão de obra e de material. Como a atividade é representada por um único objeto e não é possível extrair dois quantitativos de um único objeto, uma solução é inserir fórmulas na tabela de quantitativos. Assim, para adequar os critérios de medição de alguns serviços, foram utilizados dados de tabelas de quantitativos de diferentes categorias de objetos. Por exemplo, para o caso da atividade marcação de alvenaria, em que a largura das portas é descontada², é preciso saber o comprimento da parede, informação esta que só aparece na tabela de quantitativo da categoria de objetos parede. Também é preciso saber a largura da porta, informação que está em outra tabela de quantitativo da categoria de objetos portas.

Uma solução para esta dificuldade é mapear os critérios de medição de mão de obra de todas as atividades com o objetivo de: (a) identificar quais dados são necessários para calcular os quantitativos e (b) identificar em qual categoria de objetos os dados aparecem na tabela de quantitativo (Quadros 4, 5 e 6).

Quadro 4 – Mapeamento de dados para cálculo das quantidades de Marcação de alvenaria.

DADO NECESSÁRIO	CATEGORIA DE OBJETO	CRITÉRIO
Perímetro da alvenaria	Parede	Comprimento da alvenaria descontado a largura da porta.
Largura da porta	Porta	

Fonte: Os Autores

² Procedimento adotado para adequar o critério de pagamento de mão de obra e levantamento de material, os quais descontam todos os vãos.

Quadro 5 – Mapeamento de dados para cálculo das quantidades de elevação de alvenaria.

DADO NECESSÁRIO	CATEGORIA DE OBJETO	CRITÉRIO
Área da alvenaria	Parede	Área da parede descontando todos os vãos
Área da porta	Porta	
Área da janela	Janela	

Fonte: Os Autores

Quadro 6 – Mapeamento de dados para cálculo das quantidades de fixação de alvenaria.

DADO NECESSÁRIO	CATEGORIA DE OBJETO	CRITÉRIO
Perímetro da alvenaria	Parede	Comprimento da alvenaria

Fonte: Os Autores

Conforme mostra o Quadro 4, o quantitativo da atividade elevação de alvenaria foi obtido diretamente na tabela de quantitativo da categoria parede. Isto se deve ao fato de que a construtora pratica o mesmo critério utilizado pelo software no cálculo das quantidades do objeto parede.

5 EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS

Os softwares BIM estão preparados para extração automática de quantitativos, contudo requer muito trabalho manual para obtê-los, segundo os critérios utilizados na obra (ARAM; EASTMAN; SACKS, 2014).

O REVIT® só exporta quantitativos referentes às informações relacionadas aos elementos 3D do modelo. Assim, só é possível extrair as informações da elevação de alvenaria, pois esta contém um objeto 3D que a representa. As demais informações do orçamento podem ser calculadas, a partir da criação de parâmetros tipo texto e customizações da tabela de quantitativo com uso de fórmulas.

Por exemplo, na Figura 9, é possível visualizar a coluna ‘B’ que contém os nomes dados aos objetos 3D, que no presente estudo, significam cada atividade. Os parâmetros criados durante a modelagem são listados nas colunas A, D, E, G, I, J e K.

Figura 9 - Exemplo de Tabela de quantitativo contendo as atividades

A @ atividade	B Tipo	C Área	D Setor	E Fixação Alvenaria	F Comprimento	G Comentários	<Tabela de parede 2>				
							H Esquadria	I Esquadria 02	J Esquadria 03	K Esquad.	L Largura
Alvenaria Tipo	CP.12. Alvenaria de tijolo furado (e=12cm) - Pav Ti	0,858			0,715					0,120	
Alvenaria Tipo	CP.12. Alvenaria de tijolo furado (e=12cm) - Pav Ti	5,343	Apt Tipo - canto dir inferi	Arg Expander	2,01					0,120	
Alvenaria Tipo	CP.12. Alvenaria de tijolo furado (e=12cm) - Pav Ti	1,712	Apt Tipo - canto dir inferi	Arg Expander	0,685					0,120	
Alvenaria Tipo	CP.12. Alvenaria de tijolo furado (e=12cm) - Pav Ti	2,779	Apt Tipo - canto dir inferi	Arg Expander	1,413		P1			0,120	
Alvenaria Tipo	CP.12. Alvenaria de tijolo furado (e=12cm) - Pav Ti	1,740	Apt Tipo - canto dir inferi	Arg Expander	0,635					0,120	
Alvenaria Tipo	CP.12. Alvenaria de tijolo furado (e=12cm) - Pav Ti	2,274	Apt Tipo - canto dir inferi	Arg Expander	0,95					0,120	
Alvenaria Tipo	CP.12. Alvenaria de tijolo furado (e=12cm) - Pav Ti	4,918	Apt Tipo - canto dir inferi	Arg Expander	1,785					0,120	
Alvenaria Tipo	CP.12. Alvenaria de tijolo furado (e=12cm) - Pav Ti	4,685	Apt Tipo - canto dir inferi	Arg Expander	1,84					0,120	
Alvenaria Tipo	CP.12. Alvenaria de tijolo furado (e=12cm) - Pav Ti	0,262	Apt Tipo - canto dir inferi	Arg Expander	1,075		P3			0,120	
Alvenaria Tipo	CP.12. Alvenaria de tijolo furado (e=12cm) - Pav Ti	0,954	Apt Tipo - canto dir inferi	Arg Expander	0,855					0,120	
Alvenaria Tipo	CP.20. Alvenaria dry wall (e=9,5cm) - Pav Tipo	6,281	Apt Tipo - canto dir super	Arg Expander	2,255					0,095	
Alvenaria Tipo	CP.20. Alvenaria dry wall (e=9,5cm) - Pav Tipo	5,027	Apt Tipo - canto dir super	Arg Expander	3,11		P2	P2		0,095	
Alvenaria Tipo	CP.20. Alvenaria dry wall (e=9,5cm) - Pav Tipo	2,198	Apt Tipo - canto dir super	Arg Expander	1,405		P1			0,095	
Alvenaria Tipo	CP.20. Alvenaria dry wall (e=9,5cm) - Pav Tipo	6,712	Apt Tipo - canto dir super	Arg Expander	2,567					0,095	
Alvenaria Tipo	CP.20. Alvenaria dry wall (e=9,5cm) - Pav Tipo	8,898	Apt Tipo - canto dir super	Arg Expander	3,365					0,095	
Alvenaria Tipo	CP.20. Alvenaria dry wall (e=9,5cm) - Pav Tipo	6,343	Apt Tipo - canto dir super	Arg Expander	2,258					0,095	
Alvenaria Tipo	CP.20. Alvenaria dry wall (e=9,5cm) - Pav Tipo	5,000	Apt Tipo - canto dir super	Arg Expander	3,1		P2	P2		0,095	
Alvenaria Tipo	CP.20. Alvenaria dry wall (e=9,5cm) - Pav Tipo	2,253	Apt Tipo - canto dir super	Arg Expander	1,425		P2			0,095	
Alvenaria Tipo	CP.20. Alvenaria dry wall (e=9,5cm) - Pav Tipo	6,741	Apt Tipo - canto dir super	Arg Expander	2,578					0,095	

Fonte: Os Autores

Conforme mostra a Figura 9, para o cálculo da atividade 'fixação de alvenaria', é necessário inserir no campo do parâmetro fixação (coluna E) o tipo de material que será utilizado. Adotou-se este procedimento porque a construtora emprega dois tipos de métodos construtivos: (a) fixação com argamassa contendo expansor ou (b) poliuretano expandido. Assim, é preciso somar os perímetros das paredes conforme o tipo de fixação. Utilizou-se, portanto, o parâmetro 'Fixação de Alvenaria' como critério de soma, não sendo necessário modelar um objeto para essa atividade.

Para calcular as quantidades de vergas e contravergas, podem ser utilizadas as tabelas de portas e janelas, observando-se as suas respectivas larguras e respeitando o avanço para os lados, de acordo com os padrões da construtora.

No caso da fixação de alvenaria, para extrair as quantidades, calcula-se o perímetro da alvenaria, uma vez que para esta atividade é preciso descontar os vãos das portas e não há elemento 3D que a represente. Embora a tabela de quantitativo da alvenaria apresente a área da alvenaria (já descontada a área da porta), não é possível identificar quais são as portas que estão instanciadas na parede. Daí a necessidade de criar parâmetros tipo texto para inserir, de forma manual, o nome das esquadrias que estão inseridas em cada uma das paredes.

A Figura 9 apresenta os parâmetros que são utilizados para calcular o perímetro da parede (colunas J e K). A identificação das portas que estão inseridas na parede facilita sua busca na tabela de portas. Ao utilizar-se uma fórmula ('procV' do Excel), a largura da porta é inserida na tabela de paredes e, posteriormente, descontada do perímetro total.

6 CONCLUSÃO

Por meio de BIM, observou-se que é possível inserir e extraer do modelo, informações do orçamento operacional, relacionadas aos seguintes fatores: decomposição de serviços; produtividade; aquisição de materiais e critérios de medição da obra. Para as informações do momento da ocorrência dos custos, faz-se necessário construir o modelo 4D.

Entretanto, a falta de mecanismos, nos softwares, para a inserção e representação de informações de caráter operacional, exigiu adaptações no modelo, que em sua maioria, ocorreram mediante inserção de dados de forma manual. Consequentemente, o orçamento operacional com uso de BIM ficou vulnerável a imprecisões.

Foi necessário criar parâmetros do tipo texto e customizar a tabela de quantitativos. Esta estratégia implica na inserção manual de dados, podendo ocasionar erros, além de, não permitir a visualização automática de todas as atividades.

Existe a possibilidade de automatizar a modelagem por meio da customização do software criando novas famílias de objetos com regras específicas. Contudo, este procedimento demanda conhecimento avançado de modelagem.

Assim, a necessidade de adaptações na modelagem, evidenciou a carência de padronização e de sistema de classificação apropriados para a elaboração do orçamento operacional com BIM. Portanto, os processos e descrições concernentes ao orçamento operacional, não estão disponíveis para BIM e devem ser desenvolvidos.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. C.; SOUZA, U. E. L. Críticas ao processo orçamentário tradicional e recomendações para confecção de um orçamento integrado ao processo de produção de um empreendimento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 3., 2003, São Carlos. **Anais...** São Carlos. 2003.
- ARAUJO L. O. C.; SOUZA U. E. L. Produtividade da mão de obra na execução da alvenaria: detecção e quantificação de fatores influenciadores. **Boletim técnico da Escola Politécnica da USP.** BT/PCC/269. São Paulo, EPUSP, 2001.
- ARAM, S.; EASTMAN, C.; SACKS R. A Knowledge-Based Framework for Quantity Takeoff and Cost Estimation in the AEC Industry Using BIM. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION AND MINING (ISARC), 31, 2014, Sydney. **Proceedings... Sydney**, 2014.
- BAZANELLI, A. C. D. R. **Uma nova abordagem do orçamento na construção civil frente a filosofia gerencial do pensamento enxuto.** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003.
- CABRAL, E. C. C. **Proposta de metodologia de orçamento operacional para obras de edificação.** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1988.
- EASTMAN, C. et al. **BIM handbook:** a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011. 626p.
- GARCIA, L. E. M., **Avaliação de orçamentos em Obras Públicas.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2011.

FIRAT, C. E. et al. Quantity take-off in model based systems. In CIB W78, 27, Cairo. **Proceedings...** Cairo, 2010.

JIANG, X. **Developments in cost estimating and scheduling in bim technology.** Tese de Doutorado. Northeastern University. Evanston, 2011.

KERN, A. P., **Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimentos de construção.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2005.

LEE, S.; KIM, k.; YU, J. BIM and Ontology-based approach for building cost estimation. **Journal of Information Technology in Construction (iTcon).** v. 41, p. 96-105. 2014.

MA, Z.; LIU, Z. Bim-based intelligent acquisition of construction information for cost estimating of building projects. **Procedia Engineering.** v. 85. p 358-367. 2014.

SAKAMORI, M. M. **Modelagem 5D (BIM): processo de orçamentação com estudo sobre controle de custos e valor agregado para empreendimentos da construção civil.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

SAN MARTIN, A. P. **Método de Avaliação de Tecnologias de Edificação para a Habitação de Interesse Social sob o Ponto de Vista da Gestão dos Processos de Produção.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

SHEN Z.; ISSA R. R. A. Quantitative Evaluation of the BIM-Assisted Construction Detailed Cost Estimates - **Journal of Information Technology in Construction (iTcon)** v. 15, p. 234-257. 2010.

SILVA, J. C. B; AMORIM, S. R. L. A contribuição dos sistemas de classificação para a tecnologia BIM. In TECNOLOGIA E INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO, 5, Salvador, 2011. **Anais...** Salvador, 2011.

STAUB-FRENCH et al. A feature ontology to support construction cost estimating. **AI EDAM: Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing,** v. 17, n. 02, p. 133-154, 2003.