

Método para elaboração de orçamento operacional utilizando um software de autoria BIM

Method for elaborating operational Bill of quantities through BIM authoring software

Thalmus Magnoni Fenato
Fernanda Aranha Saffaro
Maria Bernardete Barison
Luiz Fernando Mahlmann Heineck
Sergio Scheer

Resumo

O orçamento operacional é uma ferramenta eficiente na gestão de custos, pois as atividades são segregadas de acordo com o processo de produção. Entretanto, essa característica torna a estrutura do orçamento extensa. 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 desta pesquisa é propor um método para modelagem BIM de orçamento operacional que permita explicitar considerações de cálculo e automatizar a extração de quantitativos, com o uso do software REVIT. A condução dos estudos permitiu elaborar uma proposta do método de modelagem. A avaliação do método apontou: (a) falta de classes de objetos capazes de representar as atividades do orçamento operacional. Os objetos não possuem relacionamento entre si, acarretando que alterações de projeto demandem ajustes manuais; (b) a modelagem por parâmetros, embora não disponibilize visualização 3D, mostrou-se uma alternativa simples para extração de quantitativos com abordagem operacional. A deficiência do método estava associada à orientação para escolha do tipo de modelagem, o que demandou adaptações, incorporando diretrizes para auxiliar nessa escolha.

Palavras-chave: Gestão de custos. Orçamento operacional. Modelagem BIM 5D.

Abstract

The operational bill of quantities is an effective tool in cost management, since activities are segregated according to the production process. However, this feature may generate a long bill of quantities structure. The use of Building Information Modelling (BIM) allows budget information to be inserted into the models, allowing automatic quantity takeoff and understanding of the budget considerations through 3D visualisation. The objective of this study is to develop a method to prepare the operational bill of quantities through BIM that allows clarification of the calculation considerations and automation of the takeoff process. The development of the studies allowed the preparation of a proposal of a BIM modelling method. The evaluation of the proposed method indicated: (a) a lack of classes of objects able to represent the activities of the operational bill of quantities. The objects have no relationship with each other, leading design changes to require manual adjustments; (b) although the modelling using custom parameters did not permit 3D visualization, it proved to be a simple alternative for applying operational approach to quantities takeoff. The proposed method did not adequately support the choice of the best way of modelling (using objects or parameters). This deficiency demanded adjustments to the proposed method, incorporating guidelines to support the choice.

Keywords: Cost management. Operational bill of quantities. 5D modelling.

¹Thalmus Magnoni Fenato

¹Instituto Magfen
Londrina - PR - Brasil

²Fernanda Aranha Saffaro

²Universidade Estadual de Londrina
Londrina - PR - Brasil

³Maria Bernardete Barison

³Universidade Estadual de Londrina
Londrina - PR - Brasil

^{4, 5}Luiz Fernando Mahlmann
Heineck

⁴Universidade Estadual do Ceará
⁵Fundação Universidade Estadual do
Ceará
Fortaleza - CE - Brasil

⁶Sergio Scheer

⁶Universidade Federal do Paraná
Curitiba - PR - Brasil

Recebido em 19/05/17

Aceito em 20/12/17

Introdução

A gestão de custos é um importante sistema de controle e medição de desempenho, capaz de indicar como a empresa está sendo conduzida em termos financeiros. Para que a gestão de custos seja efetiva, é fundamental realizar a comparação entre os custos que foram incorridos, em um determinado tempo, e os custos que foram planejados para esse período. Isso significa que a estimativa com foco apenas na obtenção do custo total da obra não faz sentido no contexto de gestão de custos (GONÇALVES; CEOTTO, 2014).

Entretanto, a comparação entre os custos incorridos e os orçados só será possível se os custos forem levantados de acordo com o momento de sua ocorrência. De acordo com Cabral (1988) e Kern (2005), o orçamento operacional traz essa possibilidade de estruturação de custos.

A elaboração de orçamentos, em geral, tem sido feita de modo que os componentes do projeto do empreendimento sejam apurados e transcritos, manualmente, a partir de desenhos em 2D, em planilhas, para fins de armazenamento e registro das informações.

O orçamento elaborado a partir da transposição manual de dados de projetos em 2D dificulta a busca por informações. Isso decorre do fato de a transposição de dados ocorrer por intermédio de vários arquivos tipo texto¹ (FIRAT *et al.*, 2010). Esses arquivos são fragmentados, o que dificulta a recuperação de informações. As informações extraídas dos elementos contidos nos projetos e transpostas em arquivos tipo texto não são interligadas. Assim, ao se transferir as dimensões geométricas e outras informações de um componente do projeto para uma planilha, não é possível identificar a que elemento do projeto essas informações estão relacionadas.

Para que o gestor da obra atinja as metas de custos estabelecidas no orçamento, é fundamental que entenda o que está considerado no cálculo de quantitativos e em cada um dos itens do orçamento. Para tanto, é necessário que a busca por informações seja facilitada.

Além disso, Kymmel (2008) explica que outra dificuldade na elaboração de um orçamento é a visualização incorreta das informações contidas no projeto. O projeto é representado por uma série de desenhos, cujos conteúdos, em muitos casos, não estão claros para todos os usuários. Assim, se esses conteúdos não forem totalmente visualizados e

compreendidos, podem não ser considerados de forma correta no orçamento e, portanto, gerar problemas durante a construção.

A literatura aponta como solução para melhoria do processo de gestão de custos o uso de BIM 5D, processo caracterizado por adicionar informações de orçamento ao modelo 3D. Nesse processo, a extração de quantitativos é automatizada. Além disso, a busca e identificação de informações de custos são facilitadas, visto que tais informações são atreladas a componentes que podem ser visualizados em 3D. Entretanto, essa proposta de automação de processos de gestão por meio de BIM 5D ainda é deficiente, devido à falta de suporte das tecnologias existentes, para a inserção de informações específicas de orçamento no modelo. Isso tem sido uma limitação para a realização da gestão de custos por meio de BIM 5D (STAUB-FRENCH *et al.*, 2003; SHEN; ISSA, 2016; ARAM; EASTMAN; SACKS, 2014).

Além do mais, as pesquisas na área de BIM 5D abordam, principalmente, orçamentos com foco na obtenção do custo total da obra, e não foram encontradas, na literatura consultada, pesquisas específicas sobre o uso de BIM 5D em orçamento operacional.

Diante dessa lacuna na literatura, buscou-se investigar o uso de BIM em orçamentos operacionais. Um aspecto relevante na fase inicial da pesquisa consistiu na escolha de uma ferramenta BIM disponível no mercado e de fácil acesso. Após essa escolha o objetivo da pesquisa se configurou da seguinte forma: desenvolver um método de modelagem em BIM para a elaboração de orçamento operacional, com o emprego do REVIT.

Orçamento operacional

O orçamento operacional é caracterizado por retratar, com fidelidade, o processo de produção do edifício. Isso é feito a partir da programação da obra que determina as operações necessárias para a execução de um determinado serviço. Assim, esse tipo de orçamento segue a abordagem operacional por decompor os serviços conforme as operações necessárias para a execução da obra (CABRAL, 1988; ASHWORTH; SKITMORE, 2005).

O termo serviço é entendido como um conjunto de operações que resultam em uma parte funcional da obra, podendo envolver diversas categorias de mão de obra (CABRAL, 1988). Por outro lado, segundo Cabral (1988), operação é uma tarefa executada por um mesmo tipo de mão de obra ou máquina,

¹Por exemplo: planilhas, tabelas, textos e esquemas feitos em *Microsoft Excel*, *Microsoft Word* pdf.

de forma contínua, sem interrupção, com início e término bem definidos. Desse modo, no contexto do orçamento operacional, o serviço de alvenaria pode ser segregado, utilizando-se, como critério de decomposição, as operações necessárias para sua execução:

- (a) marcação de alvenaria;
- (b) elevação de alvenaria; e
- (c) fixação de alvenaria.

Observa-se também que não há uma regra sobre o nível de segregação das operações. As variações ocorrem de acordo com os propósitos gerenciais e o modo de execução de obra adotado pela empresa. Galvão, Heineck e Kliemann (1990) explicam que o grau de detalhamento pode ser tal a ponto de a segregação atingir os movimentos elementares da mão de obra como serrar, moldar, levantar e transportar. Porém, muitas vezes não há interesse na obtenção de custos em níveis muito detalhados. Para Marchiori (2009), há casos em que o alto grau de detalhamento de custos não faz sentido na prática, uma vez que o esforço e custo para controlar tal nível de discriminação podem ser maiores que os benefícios decorrentes desse nível de detalhamento. Assim, Marchiori (2009) sugere que o nível de detalhamento a ser atingido em um orçamento seja o nível que ainda tenha interesse para análises e controle.

Por retratar a execução da obra, decompondo os serviços em operações, o orçamento operacional tende a ser extenso. Além disso, esse tipo de orçamento apresenta características específicas. Segundo Galvão, Heineck e Kliemann (1990) é necessário que os custos de materiais sejam separados dos custos de mão de obra. Quando o critério de levantamento de materiais é diferente do critério de levantamento de mão de obra é imprescindível tal distinção. Por exemplo, há casos em que não se desconta vãos para o pagamento da mão de obra; entretanto, para o cálculo dos materiais é necessário descontar todos os vãos.

Além disso, no orçamento operacional, a mão de obra própria é orçada a partir da composição de equipes e da duração que essas equipes levam para concluir uma operação. Assim, a mão de obra é considerada proporcional ao tempo, em vez de apenas à quantidade física executada (GALVÃO; HEINECK; KLIEMANN, 1990). Isso ocorre porque há casos em que operações são aparentemente similares, porém possuem custos diferentes devido ao grau de dificuldade propiciado pelo ambiente ou seu entorno, como congestionamento no local de trabalho ou acesso limitado (MARCHIORI, 2009). O emboço, por exemplo, quando executado em um local estreito

ou de difícil acesso, não pode ser considerado igual ao emboço realizado em um local com acesso livre.

Kern (2005) acrescenta que a separação dos custos de mão de obra e de material facilita a gestão financeira, uma vez que, de modo geral, o pagamento da mão de obra é feito após a execução da operação, enquanto a aquisição do material é feita em um momento anterior e o pagamento pode ser parcelado.

A estruturação distinta entre material e mão de obra facilita a gestão de suprimentos de materiais. Para tanto, é necessário que as operações sejam distinguidas de acordo com o uso de diferentes tipos de materiais, mesmo que esses não causem alterações significativas de produtividade. Nesse caso, a fixação de alvenaria pode ser segregada conforme o tipo de material utilizado:

- (a) fixação de alvenaria com argamassa com aditivo expensor;
- (b) fixação de alvenaria com argamassa comum; ou
- (c) fixação de alvenaria com poliuretano.

Como o orçamento operacional tem foco na gestão, as informações sobre a programação e a estratégia de condução da obra devem ser deixadas explícitas. Nesse sentido, Galvão, Heineck e Kliemann (1990) destacam outras considerações para a elaboração do orçamento como:

- (a) os custos indiretos são proporcionais ao tempo (água, telefone, luz, etc.);
- (b) as taxas de lucro, de administração e de leis sociais são agregadas em um único valor em vez de serem diluídas em todos os itens;
- (c) os equipamentos e as instalações de canteiros são especificados, assim como seus critérios de reutilização, vida útil e depreciação, sendo seus custos orçados pelo prazo em que permanecerem na obra;
- (d) os tempos de mobilização e desmobilização de canteiro devem ser deixados de forma explícita; e
- (e) as unidades dos materiais devem seguir a unidade de compra.

Desse modo, o orçamento operacional deixa transparente a forma como o projeto será executado, explicitando quais operações, quais equipamentos, quantos funcionários nas equipes, que instalações de canteiro e qual a duração da obra (GALVÃO; HEINECK; KLIEMANN, 1990).

De acordo com Skoyles (1968), o orçamento operacional retrata o que acontece no canteiro ao longo do tempo, definindo operações que sejam

relevantes dentro da unidade de tempo escolhida para o controle (hora, turno, dia, semana, mês, entre outras). Uma vez que os custos são apresentados de acordo com a programação da obra, a gestão de custos é facilitada, integrando-se a programação das operações com seus custos. Dessa forma, o custo planejado para a realização da operação pode ser comparado com o valor gasto na execução da operação, logo após a sua conclusão.

Por outro lado, o orçamento operacional é denso em informações, gerando documentos extensos, o que pode dificultar a busca por informações e entendimento de todas as considerações existentes. Como opção de melhorar a recuperação de informações desse tipo de orçamento está o conceito de BIM 5D, o qual será apresentado a seguir.

BIM 5D

Smith (2014) menciona que a quinta dimensão de BIM trata de um processo integrado para registro e recuperação das informações que compõem um plano orçamentário como, por exemplo, quantitativos, cronograma e preços, a fim de realizar a gestão de custos de um empreendimento.

Segundo Eastman *et al.* (2011), o uso de BIM em processos 5D proporciona diversas vantagens, como o alto nível de precisão e automação na atividade de extração de quantitativos. Contudo, quando o foco é orçamento operacional, nem todos os itens são passíveis de extração automática. As ferramentas de autoria BIM têm a capacidade de extrair do modelo o número de componentes e seus respectivos volumes e áreas. Tais informações, segundo Eastman *et al.* (2011), são adequadas para produzir um levantamento preliminar de custo.

Ainda há dificuldades na automatização dos processos de orçamentação a partir de BIM. Diversas pesquisas apontaram dificuldades para a modelagem de objetos 3D capazes de representar os serviços (LAASONEN; HAPPIO, 2010; SHEN; ISSA, 2016; MONTEIRO; MARTINS, 2012; LIU; LU; HUSSEN, 2014). Além disso, mesmo existindo objetos 3D pode haver falta de informações para o orçamento. Segundo Aram, Eastman e Sacks (2014) a falta de padronização de unidades de medida, de critérios de contratação e a diversidade de métodos construtivos dificultam a padronização de informações que devem ser extraídas de um objeto 3D para fins de orçamentação. Desse modo, adaptações têm sido feitas na tentativa de automatizar processos de orçamentação que envolvem informações

detalhadas e de aspectos operacionais. Dentre essas adaptações incluem-se:

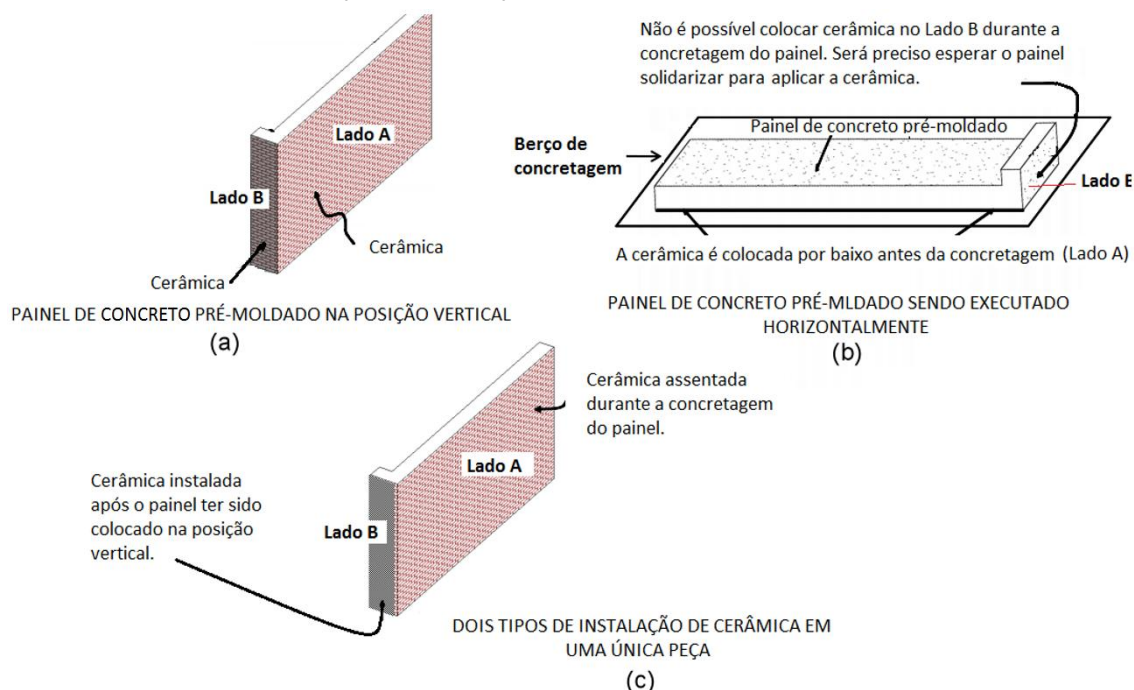
- (a) uso de planilhas fora do modelo;
- (b) desenvolvimento de algoritmos para automatizar a extração de informações; e
- (c) importação de quantitativos para banco de dados customizados para cenários específicos de empresas.

Uma das causas da falta dessas informações de custos, segundo Staub-French *et al.* (2003), é o fato de a modelagem ser elaborada com foco no produto, ou seja, os componentes são desenvolvidos e inseridos no modelo para atender a composição do produto, sem se preocupar com o processo adotado para sua produção e a repercussão em seus respectivos custos.

Um estudo realizado por Shen e Issa (2016) demonstrou que o software BIM utilizado para a modelagem de um painel de concreto pré-moldado, com geometria em L e revestimento cerâmico em duas faces, não foi capaz de suportar a inserção de informações de diferentes métodos construtivos e de produtividades em um mesmo elemento. Conforme mostra a Figura 1, o lado A do painel é concretado sobre um revestimento cerâmico. Assim, o assentamento da cerâmica, no lado A, é feito no momento da concretagem, sendo necessário apenas o posicionamento da cerâmica abaixo da armadura do painel. Já o assentamento da cerâmica, no lado B, só poderá ser feito em um momento posterior, quando o painel estiver sólido, de forma que a equipe terá que retornar a esse elemento e assentar a cerâmica de forma manual.

Foi observado na literatura que a proposta de automatização de processos de BIM5D ainda é deficiente, pois exige trabalhos manuais para atualizações e adaptações do modelo. Para possibilitar a extração de informações concernentes aos custos do modelo 5D é preciso que a modelagem 3D seja planejada para tal fim. Entretanto, ainda faltam classes de objetos e ferramentas capazes de representar a diversidade de fatores que influenciam no custo como as variadas possibilidades de execução, de critérios de pagamento e níveis de segregação dos itens do orçamento. As pesquisas apontam que há falta de uma base de conhecimento para que o modelo BIM dê suporte às informações específicas de orçamentos. Desse modo, é preciso identificar quais informações de custos são necessárias para a elaboração de um orçamento. A partir disso será possível o desenvolvimento de tecnologias de informação BIM capazes de dar suporte às informações essenciais para a elaboração de orçamento.

Figura 1 - Diferentes considerações na produção de uma placa de concreto pré-moldado



Fonte: adaptado de Shen e Issa (2010).

Método de pesquisa

Abordagem de pesquisa

A abordagem da pesquisa foi a pesquisa construtiva, caracterizada pela produção de conhecimento para desenvolvimento de artefatos inovadores com o objetivo de solucionar problemas do mundo real (LUKKA, 2003). A proposta deste estudo é caracterizada pela criação de um artefato novo para solucionar problemas do mundo real, ou seja, criar um método para modelagem BIM de orçamento operacional, empregando o software de autoria REVIT.

Delineamento da pesquisa

A pesquisa aconteceu em sete etapas conforme mostra a Figura 2.

No estudo exploratório, foi realizada a seleção do software considerando a obtenção e duração de licença gratuita, suporte de modelagem das disciplinas de arquitetura, estrutura, hidráulica e elétrica, além da disponibilidade de manuais. O software escolhido foi o Autodesk REVIT versão 2016. Nessa fase, foram realizados diversos testes para entender os critérios do software para o cálculo de quantitativos das principais classes de objetos da arquitetura: paredes, piso, janelas, portas e vigas, assim como a interação entre as classes de objetos e entre o modelo estrutural

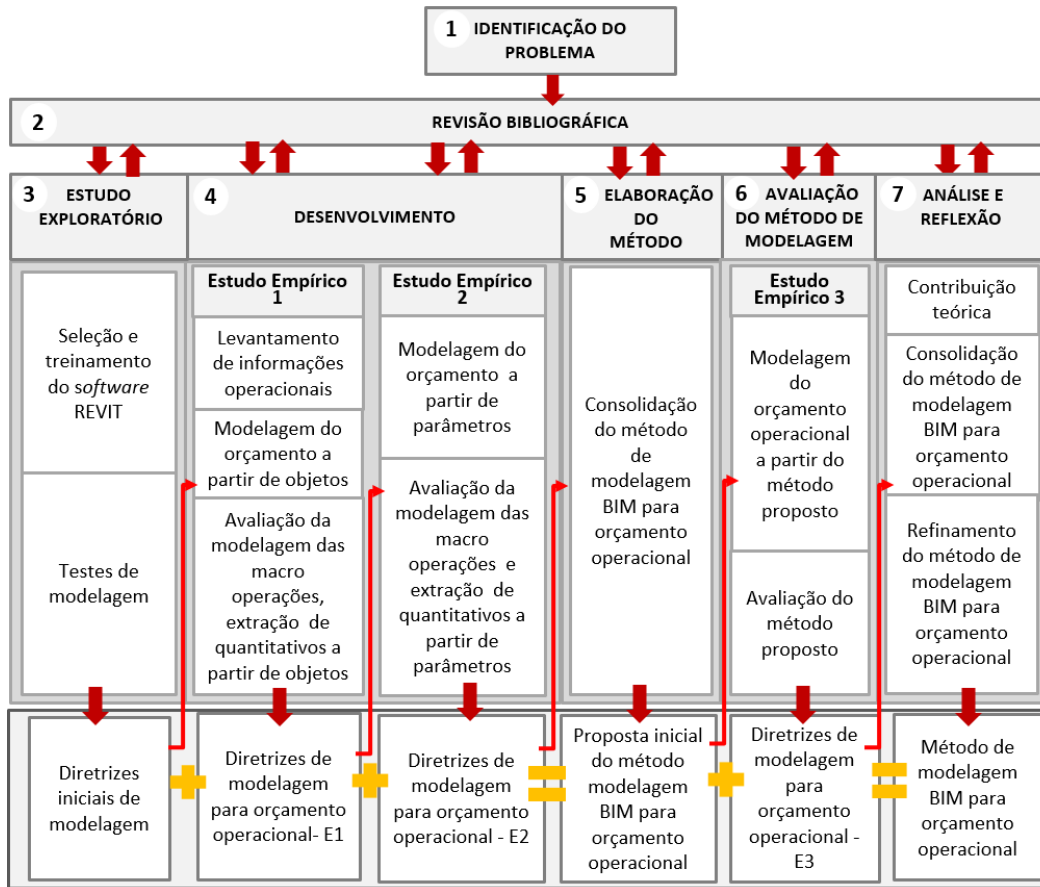
exportado em IFC pelo software estrutural TQS e o REVIT. Nessa etapa, a pesquisa foi delimitada à modelagem da estrutura e da arquitetura. Foram determinadas as diretrizes iniciais para que extração de quantitativos ocorresse a partir de objetos 3D.

O estudo empírico 1 teve como objetivo:

- (a) identificar as informações necessárias para a extração de quantitativos das operações de acordo com a abordagem operacional; e
- (b) verificar a possibilidade de modelagem dessas informações.

Foram investigadas apenas as operações referentes aos serviços de alvenaria, reboco e enchimento hidráulico de um pavimento tipo. Primeiramente, foram feitas duas reuniões com a equipe de obra e consultas a contratos e medições de empreiteiros, a fim de identificar as operações, o modo como a execução seria conduzida e as considerações do orçamento da empresa. Em seguida, foi feita a modelagem seguindo as diretrizes estabelecidas no estudo exploratório. Por fim, foi realizada a extração de quantitativos e novas diretrizes foram descritas, estabelecendo que as operações deveriam ser modeladas a partir de parâmetros personalizados pelo modelador. Além disso, foi observada a necessidade de criação de uma nova classe de objetos para modelagem de requadros no emboço.

Figura 2 - Delineamento da pesquisa



O estudo empírico 2 consistiu na modelagem de objetos capazes de extrair os quantitativos das operações necessárias para execução da fachada do edifício, a partir das diretrizes estabelecidas no estudo empírico 1. O procedimento para a definição das operações foi o mesmo para o estudo empírico 1. Foi dada preferência para a modelagem realizada a partir de parâmetros personalizados pelo modelador. Esse procedimento consiste na criação de novos parâmetros a partir dos parâmetros geométricos existentes nos objetos 3D ou campos para a inserção de textos com informações específicas ao objeto 3D. Ao término, foi feita uma primeira consolidação dos resultados dos estudos empíricos 1 e 2 e proposta a primeira versão do método de modelagem de orçamento operacional com o uso de BIM.

Em seguida, no terceiro estudo empírico, o método de modelagem foi avaliado de modo que a fachada de um edifício fosse modelada por uma engenheira civil com experiência em REVIT. O objetivo principal foi avaliar se o método estava claro e se era capaz de permitir que um profissional, diferente do pesquisador, elaborasse o orçamento operacional por meio de BIM. A avaliação do

método foi baseada em dois constructos: utilidade e facilidade.

- (a) o constructo utilidade foi avaliado a partir das variáveis:
- (b) capacidade de representação das operações no modelo; e
- (c) capacidade de extração de quantitativos segregados de acordo com a abordagem operacional.

O constructo facilidade foi avaliado pelas variáveis:

- (a) clareza; e
- (b) complexidade do uso do método.

Por último, foi feita análise e reflexão acerca dos resultados obtidos para que o método fosse consolidado.

Contexto da pesquisa

A construtora na qual foram realizados os estudos de caso é de pequeno porte. O desenvolvimento de projetos é terceirizado e a equipe de projeto não usa BIM. O orçamento é elaborado após o desenvolvimento dos projetos executivos e a

definição dos métodos construtivos é feita pelos departamentos de obras e de planejamento. O setor de planejamento também monitora e atualiza os padrões executivos assim como os custos da produção.

O processo de gestão da construtora estabelece a meta de 1% para o desvio de custos de suas obras, e a variação do custo final de produção da obra deve permanecer no intervalo entre -1% e +1% do valor estabelecido no orçamento. Os custos são monitorados mensalmente, no decorrer do andamento da obra, o que possibilita à empresa a visualização da necessidade de captação de recursos. O monitoramento e o controle dos custos são feitos com alto nível de detalhamento, tendo como premissa a identificação dos motivos dos desvios, tanto para valores acima como abaixo da meta. Assim, mensalmente é elaborado pelo orçamentista um relatório das obras com os vinte itens que mais apresentam desvios, sendo dez com os maiores custos excedentes e dez com as maiores economias. O orçamentista vai a campo para identificar os motivos dos desvios que são descritos em um relatório e apresentados para a coordenação e para a diretoria da empresa. A partir desse mecanismo os processos de orçamentação e execução de obras são melhorados. O funcionamento desse mecanismo exige uma busca constante por informações contidas no orçamento.

O presente estudo limitou-se a investigar o uso de BIM somente para extração de quantitativos.

Nos estudos empíricos 1 e 2 foi modelado o empreendimento chamado de Edifício 1, que possui duas torres residenciais de 12 pavimentos e seis apartamentos por pavimento cada uma. Para o estudo empírico 3, a obra modelada foi o Edifício 2, que é residencial e composto por uma torre de 11 pavimentos e oito apartamentos por pavimento.

Resultados do estudo exploratório

Estudo exploratório

No estudo exploratório foi observado que o REVIT não é capaz de reconhecer os objetos do modelo estrutural em IFC, como elementos estruturais: pilar, viga e laje, o que impossibilita a modelagem de furos nas vigas para passagens de tubulações e também a subtração automática da geometria da estrutura na alvenaria.

Tendo como base o trabalho de Monteiro e Martins (2012) que apresentou quatro métodos para modelagem BIM, escolheu-se pelo método de

modelagem que aplica objetos por camadas². No caso do orçamento operacional, isso significa que para cada operação deve ser modelado um objeto independente, conforme apresenta a Figura 3. Para a extração de quantitativos no REVIT foi utilizado o método de tabelas³, que extrai os quantitativos por classes de objetos (porta, janela, piso, parede, etc.) em tabelas independentes.

Referente aos testes de quantitativos, foi observado que o REVIT não desconta a largura das portas ao calcular o perímetro de paredes. Além disso, foi verificado que a área dos objetos é calculada descontando-se todos os vãos existentes (portas, janelas e outros) e que não é possível identificar na tabela de quantitativos quais esquadrias estão inseridas nas paredes.

Assim, foi possível identificar que o software possui regras de cálculos fixas, sendo necessário identificar e compatibilizar os critérios de quantificação utilizados na construtora e pelo software de modelagem.

Em seguida, foi observado que o REVIT possui classes de objetos pré-definidas e as tabelas de quantitativos são emitidas por classes de objetos. Desse modo, para permitir o intercâmbio das informações presentes nas diversas classes de objetos, as tabelas foram inseridas em um único arquivo. Esse procedimento facilitou a adequação dos quantitativos extraídos do software de acordo com os critérios da construtora.

As diretrizes estabelecidas no estudo exploratório foram organizadas em três partes:

- (a) preparação;
- (b) modelagem 3D; e
- (c) extração de quantitativos, conforme apresenta a Figura 4.

Estudo empírico 1

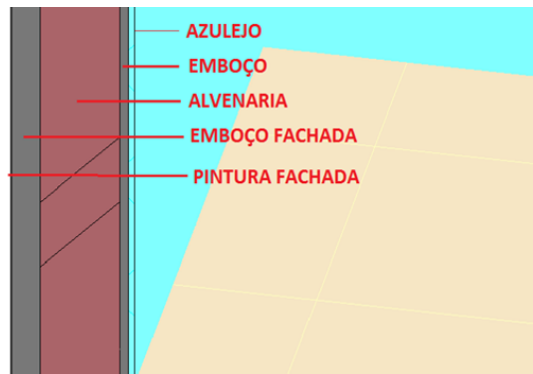
O primeiro passo correspondeu à segregação dos serviços em operações, com base no conceito operacional, isto é, identificando tarefas realizadas por um mesmo tipo de mão de obra, de forma contínua, com início e término bem definidos (Figura 5).

Em seguida foi realizada a modelagem a partir de objetos 3D para fins de extração de quantitativos das operações estabelecidas no estudo empírico 1. A Figura 6 apresenta os objetos 3D que representam as operações.

²Monteiro e Martins (2012) denominam como método de modelagem por materiais.

³No REVIT há outro tipo de extração chamado "Material Takeoff" baseado nos materiais apropriados em cada objeto.

Figura 3- Exemplo de modelagem por camadas



<Tabela de parede>

A	B	C	D	E
Tipo	Largura	Comprimento	Altura	Área
Alvenaria	14,000 cm	274,000 cm	315,000 cm	6,576 m ²
Azulejo	1,000 cm	137,000 cm	250,000 cm	3,425 m ²
Emboço Fachada	6,000 cm	358,000 cm	315,000 cm	11,277 m ²
Emboço Interno	2,000 cm	274,000 cm	288,000 cm	7,891 m ²
Pintura Fachada	0,400 cm	358,000 cm	280,000 cm	10,024 m ²

Figura 4 - Diretrizes estabelecidas no estudo exploratório

PREPARAÇÃO	MODELAGEM 3D	EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS
Listar as operações que serão modeladas	Modelar a estrutura no REVIT®	Inserir as tabelas de quantitativos de todas as classes de objetos em uma única planilha
Levantar o critério da empresa para extração de quantitativos de cada operação		
Levantar as regras de extração de quantitativos do <i>software</i>	Modelar um objeto para cada operação (método de camadas)	Fazer as adaptações necessárias com o auxílio de fórmulas em uma planilha de apoio, compatibilizando regras de extração do <i>software</i> e critérios de extração de quantitativos da construtora

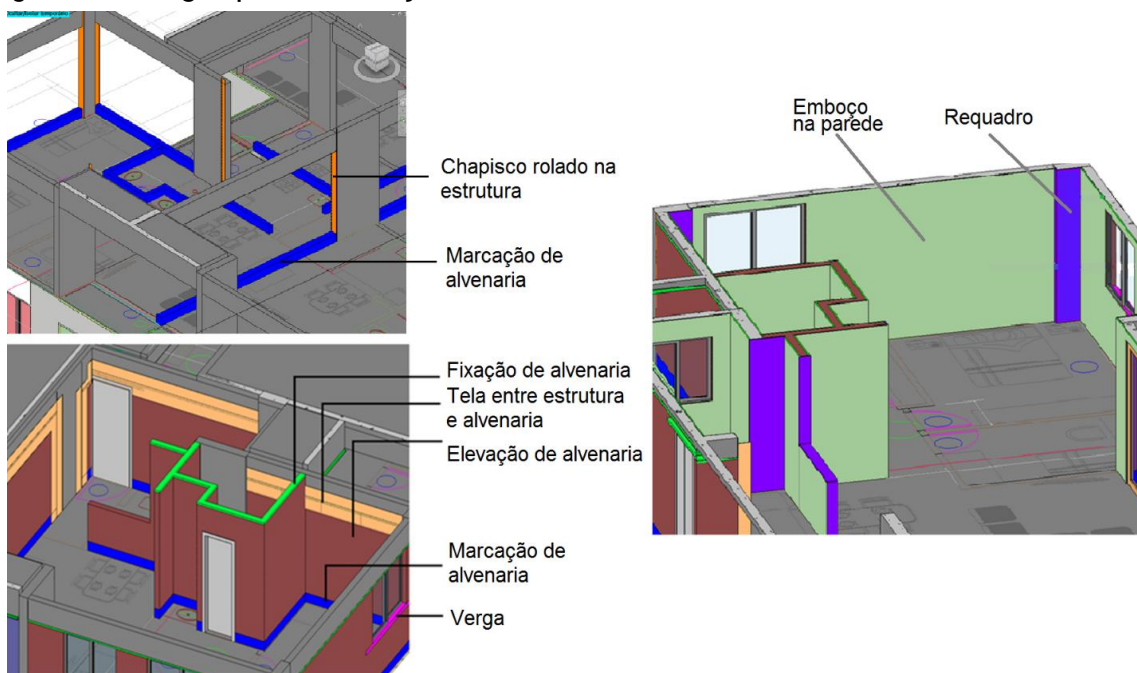
Figura 5 - Operações estabelecidas para o estudo empírico 1

SERVIÇO DE ALVENARIA
Chapisco rolado entre estrutura e alvenaria
Marcação de alvenaria
Elevação de alvenaria
Fabricação de vergas e contra vergas
Instalação de vergas e contravergas
Fixação de alvenaria

SERVIÇO DE REBOCO
Fixação de tela entre estrutura e alvenaria
Taliscamento de paredes
Chapisco de paredes
Chapisco de teto (rolado)
Emboço desempenado de teto
requadro de tetos
Emboço desempenado de parede
Requadro de paredes

SERVIÇO DE ENCHIMENTO HIDRÁULICO
Grauteamento de vão de passagem de tubos na laje
Enchimento hidráulico

Figura 6 - Modelagem por meio de objetos 3D



Embora tenha sido possível modelar objetos 3D capazes de representar as operações, foi observado que as classes de objetos existentes como padrão no REVIT não são adequadas para a modelagem do orçamento operacional. Isso se deve ao fato de que os objetos 3D não estão programados para simular o comportamento real dos elementos pelos quais as operações foram representadas no modelo. Isso significa que não há relacionamento automático entre os objetos que representam tais

operações. Desse modo, se um objeto for alterado, outro objeto conectado a este não é modificado automaticamente. Isso impacta em ajustes manuais mediante alterações de projeto. Essas observações puderam ser evidenciadas a partir dos seguintes casos:

- (a) a operação fixação de alvenaria consistem uma tarefa de fixar a alvenaria a um elemento estrutural, no caso uma viga. O REVIT não possui

uma classe de objeto específica para a fixação, sendo esta modelada a partir da classe de objeto parede. Nesse caso, se houver alteração da altura ou do nível inferior da viga, como o objeto não entende o comportamento da fixação, o objeto 3D que representa a fixação permanece estático na mesma posição, sendo necessário fazer o ajuste manualmente (Figura 7). O mesmo ocorre para a marcação de alvenaria;

(b) não há classe de objetos específicas para vergas e contravergas. Nesse caso, foi utilizada a classe de objeto viga. Desse modo, quando a largura de uma esquadria é alterada o comprimento do objeto 3D que representa a verga ou contraverga não é ajustado automaticamente. O mesmo ocorre nas situações em que a esquadria muda de posição; e

a modelagem do requadro foi realizada a partir de duas classes de objetos: parede e piso. Isso foi necessário devido à possibilidade de o requadro acontecer no plano horizontal (XZ), representado pela classe de objeto piso, e vertical (YX), representado pela classe de objeto parede. O quantitativo do requadro é extraído em metros. A classe de objeto piso não contempla o parâmetro comprimento nas tabelas de quantitativos. A classe

parede inclui o comprimento; contudo, o eixo referente ao comprimento, contabilizado para fins de pagamento de mão de obra, é alternado entre os parâmetros: comprimento, altura e largura, de acordo com o posicionamento da parede, estando ora no eixo x, ora no eixo y e ora no eixo z. Assim, a soma total do comprimento dos requadros é impossibilitada. A Figura 8 apresenta um exemplo de como os eixos referentes a comprimento são apresentados de forma alternada na tabela de quantitativo.

Neste estudo empírico, os quantitativos das operações deveriam ser extraídos por pavimento de acordo com a unidade de controle da produção estabelecida pela construtora. O pavimento continha seis apartamentos, sendo três tipologias distintas. Como havia restrições de hardware referentes ao tamanho do arquivo gerado pelo REVIT, foi modelado apenas um apartamento de cada tipologia, sendo necessário que os quantitativos fossem multiplicados por um índice de correção. Para tanto, foi criado um parâmetro personalizado chamado setor, para identificar o objeto 3D de acordo com o índice necessário para a respectiva correção de quantitativos.

Figura 7 - Falta de representação do comportamento real da fixação de alvenaria

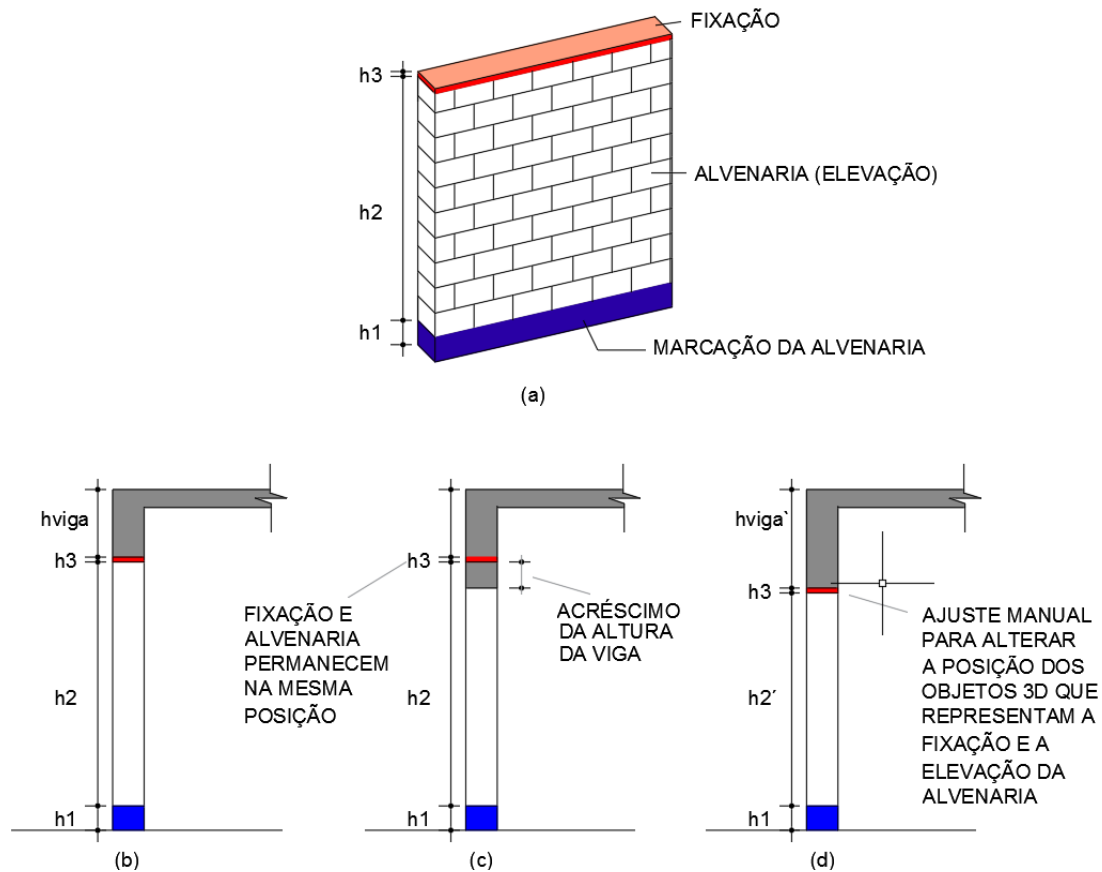
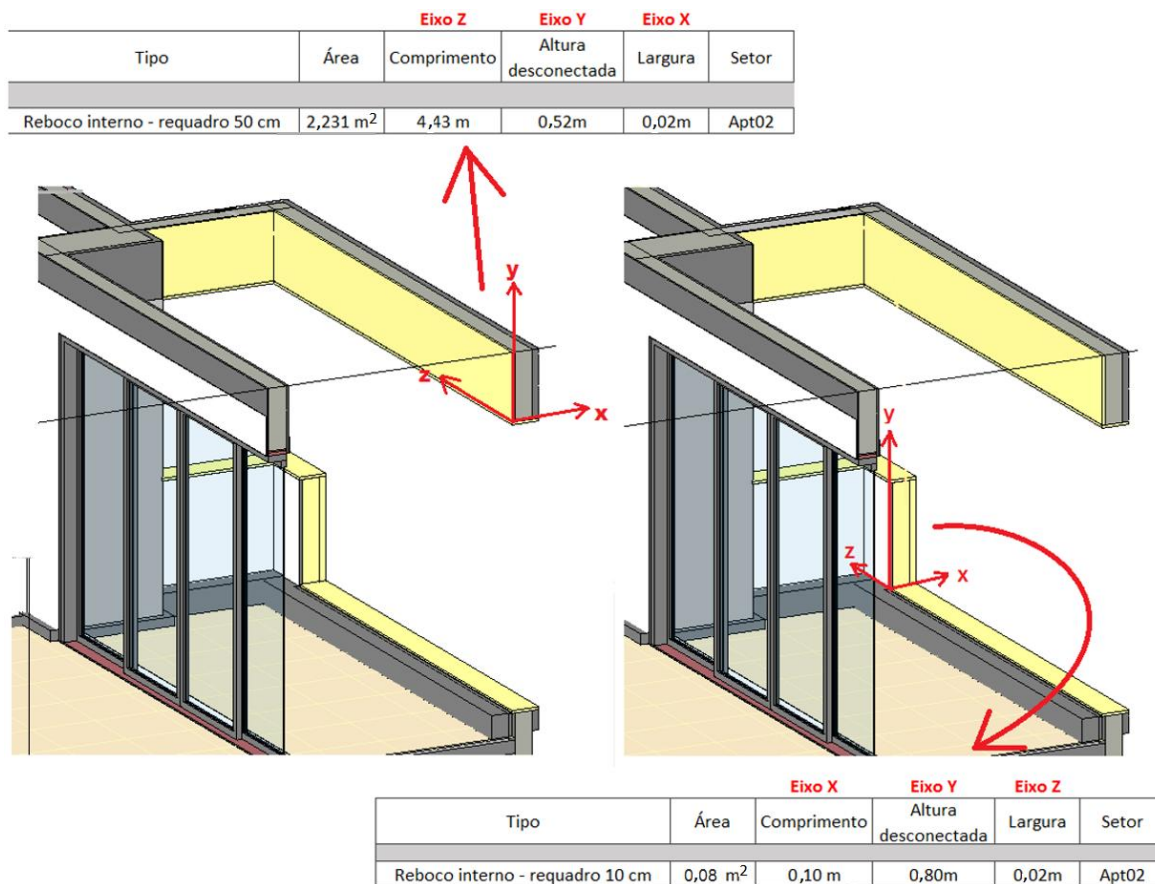


Figura 8 - Requadros executados em dois planos distintos



Como contribuição do estudo empírico 1 foram acrescentadas diretrizes iniciais àquelas estabelecidas no estudo exploratório, as quais serão apresentadas a seguir. A partir dos resultados do estudo empírico 1, foi verificado que mesmo as operações sendo modeladas por meio de objetos 3D, foram necessários ajustes manuais no modelo e uso de planilhas auxiliares nos cálculos dos quantitativos. Isso ocorreu devido ao fato de não existirem classes de objetos específicas para representar o comportamento real das operações. Desse modo, foi proposto o uso de parâmetros personalizados em vez dos objetos 3D para representar as operações. Tal diretriz otimiza o tempo de modelagem e reduz chances de retrabalhos mediante alterações de projetos. Além disso, foi proposto o desenvolvimento de uma classe de objeto específica para requadro.

Estudo empírico 2

Primeiramente foram identificadas as operações referentes à fachada do edifício descritas na Figura 9.

Em seguida o processo de modelagem foi iniciado com o desenvolvimento da classe de objeto de requadro. A classe de objeto de requadro tem a

característica de extrair o parâmetro comprimento, independentemente do eixo e do plano em que o objeto for modelado. A Figura 10 mostra quatro objetos modelados a partir da nova classe de objetos criada. Cada objeto foi modelado com o comprimento em um eixo diferente. Foi possível observar na tabela de quantitativos da Figura 10 que o comprimento é extraído sempre com base no mesmo parâmetro (apresentado em uma coluna da tabela), independentemente do eixo em que foi modelado.

Neste estudo empírico foram modeladas a partir de objetos 3D apenas as operações enquadradas nos casos em que as classes de objeto eram capazes de representar o comportamento real da operação. Nas demais situações optou-se por utilizar a modelagem por meio de parâmetros personalizados. O software permite a criação de parâmetros personalizados, com inserção de fórmulas para cálculos de quantidades. Por exemplo, em vez de modelar o vidro de uma janela como um objeto 3D, dentro do objeto janela, cria-se um parâmetro chamado vidro, programando-se o software para que calcule o quantitativo do parâmetro vidro, a partir de uma fórmula que multiplique o comprimento pela altura da janela.

Assim, sempre que o comprimento e a altura da janela forem alterados, o quantitativo do vidro será modificado automaticamente. Outra categoria de parâmetro é o tipo texto, pela qual o modelador cria um campo e pode escrever um texto para inserir uma informação em um objeto 3D. Por exemplo, no presente estudo empírico algumas paredes não eram fixadas e nas paredes nas quais se executava a fixação havia uso de materiais diferentes como argamassa com aditivo expander e espuma de poliuretano. Assim, criou-se um parâmetro na classe de objeto parede denominado fixação no qual foi inserido um texto contendo o nome do material a ser utilizado na fixação da parede. Com isso, foi possível sumarizar, na tabela de quantitativo, o total de fixação de paredes e dos

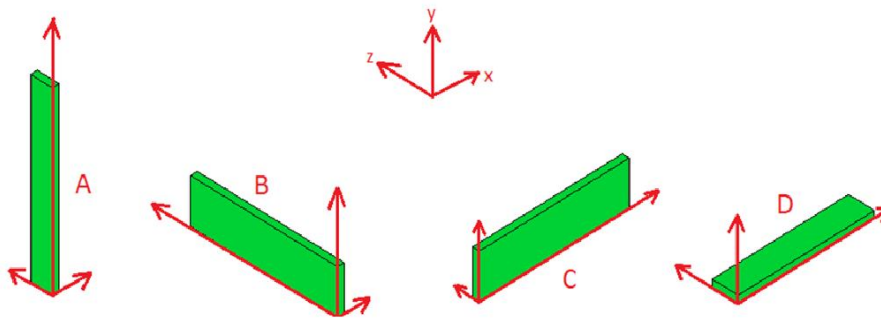
respectivos materiais. A Figura 11 apresenta o tipo de modelagem aplicado para a representação das operações.

A Figura 12 apresenta as operações que tiveram seus quantitativos extraídos a partir do objeto janela. Nesse caso apenas a instalação da janela foi representada por um objeto 3D. O requadro em torno da esquadria, a impermeabilização entre a pingadeira e a esquadria e a instalação de pingadeira tiveram seus quantitativos extraídos a partir dos parâmetros geométricos já existentes no objeto janela (largura e altura). O quantitativo de instalação do contramarco foi calculado em uma planilha de apoio, utilizando a mesma área da esquadria.

Figura 9 - Operações para execução da fachada no estudo empírico 2

SERVIÇO DE ALVENARIA	SERVIÇO DE REBOCO DE FACHADA
Chapisco rolado entre estrutura e alvenaria	Instalação de rede de proteção
Marcação de alvenaria	Execução de prumo da fachada
Elevação de alvenaria	Chapisco de fachada
Fabricação de vergas e contra vergas	Fixação de tela entre estrutura e alvenaria
Instalação de vergas e contravergas	Emboço externo com uso de balancim
Fixação de alvenaria	Execução de friso
	Execução de requadros
	Execução de junta de dilatação
SERVIÇO DE INSTALAÇÃO DE ESQUADRIA	SERVIÇO DE INSTALAÇÃO DE PINGADEIRA
Instalação de contramarco	Assentamento de pingadeira
Impermeabilização de contramarco	
Instalação de esquadrias de alumínio	
SERVIÇO DE PINTURA DE FACHADA	
Proteção de pingadeira	
Pintura de requadro de esquadria	
Pintura texturizada com uso de balancim	
Pintura de frisos	

Figura 10 - Classe de objeto requadro

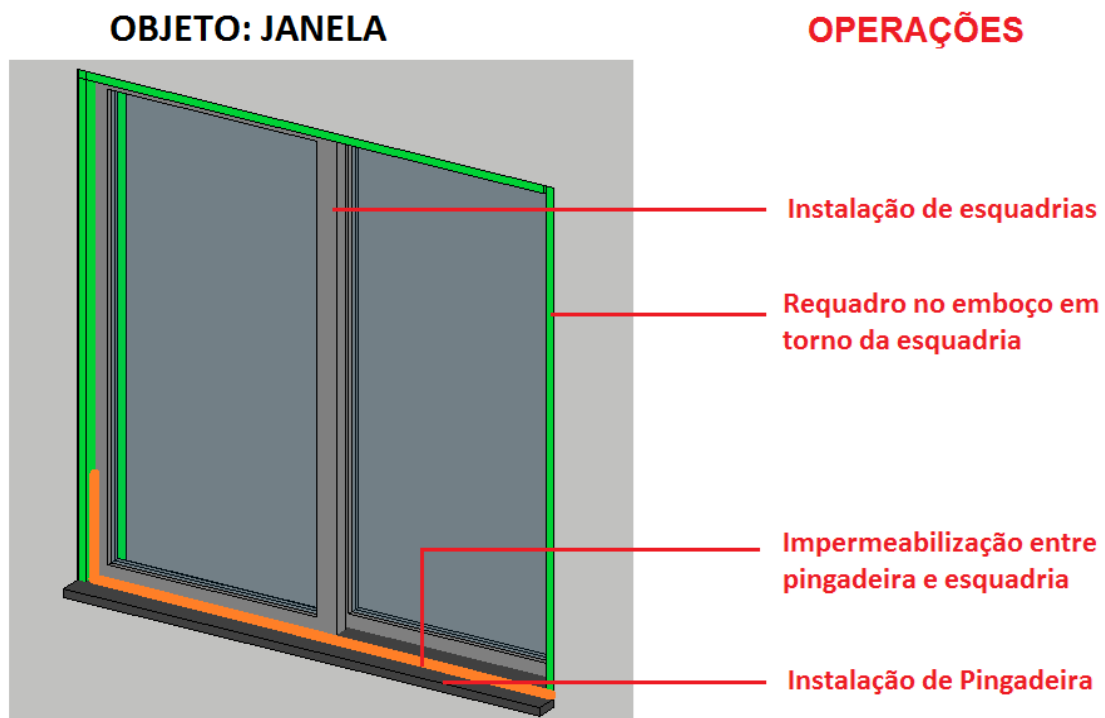


<Tabela de multi-categorias>					
A	B	C	D	E	F
Familia	Tipo	@ Comprimento	@ Espessura	@ Largura	Nível
Requadro Fachada e 5cm	Requadro A	1228	20	160	
Requadro Fachada e 5cm	Requadro B	1080	20	300	
Requadro Fachada e 5cm	Requadro C	1100	20	300	
Requadro Fachada e 5cm	Requadro D	1000	20	190	

Figura 11 - Tipo de modelagem para representação das operações no modelo do estudo empírico 2

Nº	OPERAÇÕES	TIPO DE MODELAGEM
1	Elevação de alvenaria	Objeto 3D: classe parede
2	Fixação de tela entre estrutura e alvenaria	
3	Emboço externo com uso de balancim	
4	Instalação de rede de proteção de fachada	
5	Textura com uso de balancim	
6	Instalação de esquadria de alumínio	Objeto 3D: classe janela
7	Chapisco rolado entre estrutura e alvenaria	Objeto 3D: classe requadros
8	Execução de requadros (mão de obra)	
9	Execução de friso no emboço	
10	Execução de junta de dilatação	
11	Execução de requadros (materiais)	Parâmetro calculado inserido na classe de objeto janela
12	Execução de requadros em torno das esquadrias	
13	Assentamento de pingadeira (material)	
14	Assentamento de pingadeira (mão de obra)	
15	Proteção de pingadeiras	
16	Impermeabilização de contramarcos	
17	Fabricação de vergas e contra-vergas	
18	Instalação de vergas e contra vergas	
19	Pintura de requadros da esquadria	
20	Fixação de alvenaria	Parâmetro tipo texto criado na classe de objeto parede
21	Chapisco de fachada	Não foi modelada - calculado direto na planilha de apoio
22	Marcação de alvenaria	
23	Pintura de frisos	
24	Instalação de contramarco	
25	Instalação de prumo da fachada	Não houve como modelar

Figura 12 - Operações representadas a partir do objeto janela



Ainda no objeto janela foram criados parâmetros tipo texto para informar qual a cor de pintura dos requadros em torno da janela. Como mostra a Figura 13, a cor dos requadros depende de como a fachada é concebida pelo arquiteto, podendo variar de janela para janela. Assim, foi necessário utilizar parâmetro tipo texto.

A Figura 14 mostra os nomes dos parâmetros existentes no objeto janela e os parâmetros criados de forma personalizada pelo modelador.

A modelagem com o auxílio de parâmetros personalizados contribuiu para a automatização da extração de quantitativos das operações que têm suas geometrias proporcionais a algum parâmetro geométrico de um objeto 3D. Constatou-se, também, a necessidade de se criar uma nova classe de objetos, para representar operações que dependem de mais de uma classe de objeto para sua modelagem, como foi o caso do requadro que dependendo do eixo/plano de modelagem é preciso utilizar ora a classe de objeto parede, ora piso/viga para possibilitar a extração correta do comprimento.

A modelagem por meio de parâmetros, entretanto, desfavorece o uso de BIM 4D, pois como não há objetos 3D para representar a operação, não será possível fazer a representação física da execução. Por outro lado, mostrou-se eficaz quando o

objetivo foi extrair quantitativos para o orçamento operacional.

Para resolver o problema de critérios de pagamento específicos da construtora foi necessário o desenvolvimento de uma planilha de apoio que, depois de elaborada, auxiliou a automatização dos cálculos de quantitativos. Havia diferenças entre os critérios dos cálculos de quantitativos da construtora e do software, como, por exemplo, a quantificação da área de reboco. Nesse caso, o software desconta todos os vãos e a construtora apenas aqueles com área maior que dois metros quadrados. Para realizar o cálculo conforme o critério da construtora é necessária a identificação e análise da área de cada esquadria presente no reboco. Contudo, pelo método de tabelas, os parâmetros geométricos de cada classe de objetos são impressos em uma tabela independente. Não é possível extrair a área das esquadrias na tabela de quantitativo da classe de objetos parede. As tabelas das classes de objetos foram inseridas em abas separadas dentro de uma única planilha a fim de possibilitar interação entre os dados mediante uso de fórmulas.

A partir do estudo exploratório e dos estudos empíricos 1 e 2, foi elaborado o método de modelagem para a extração de quantitativos de orçamentos operacionais, o qual será descrito a seguir.

Figura 13 - Possibilidade de cores na fachada em torno das janelas

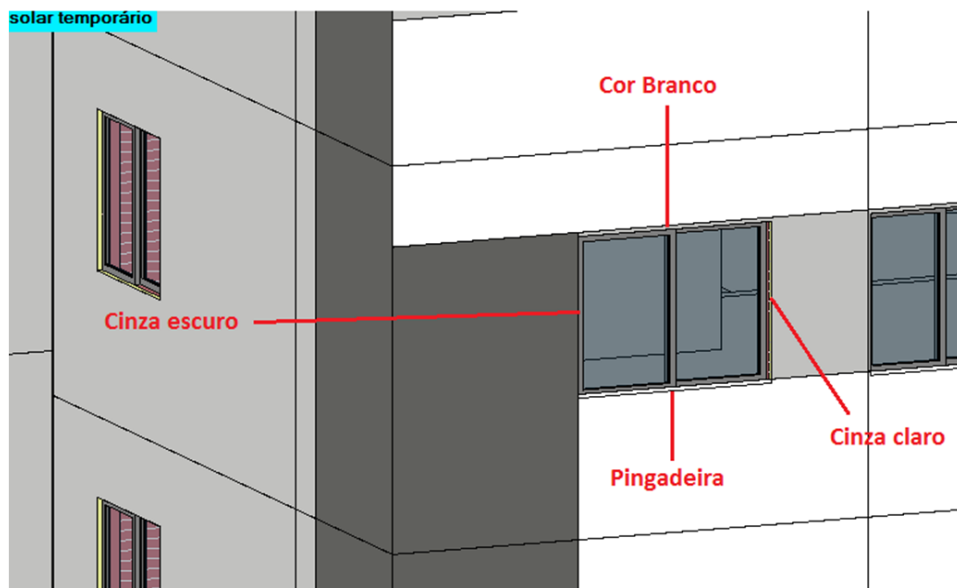
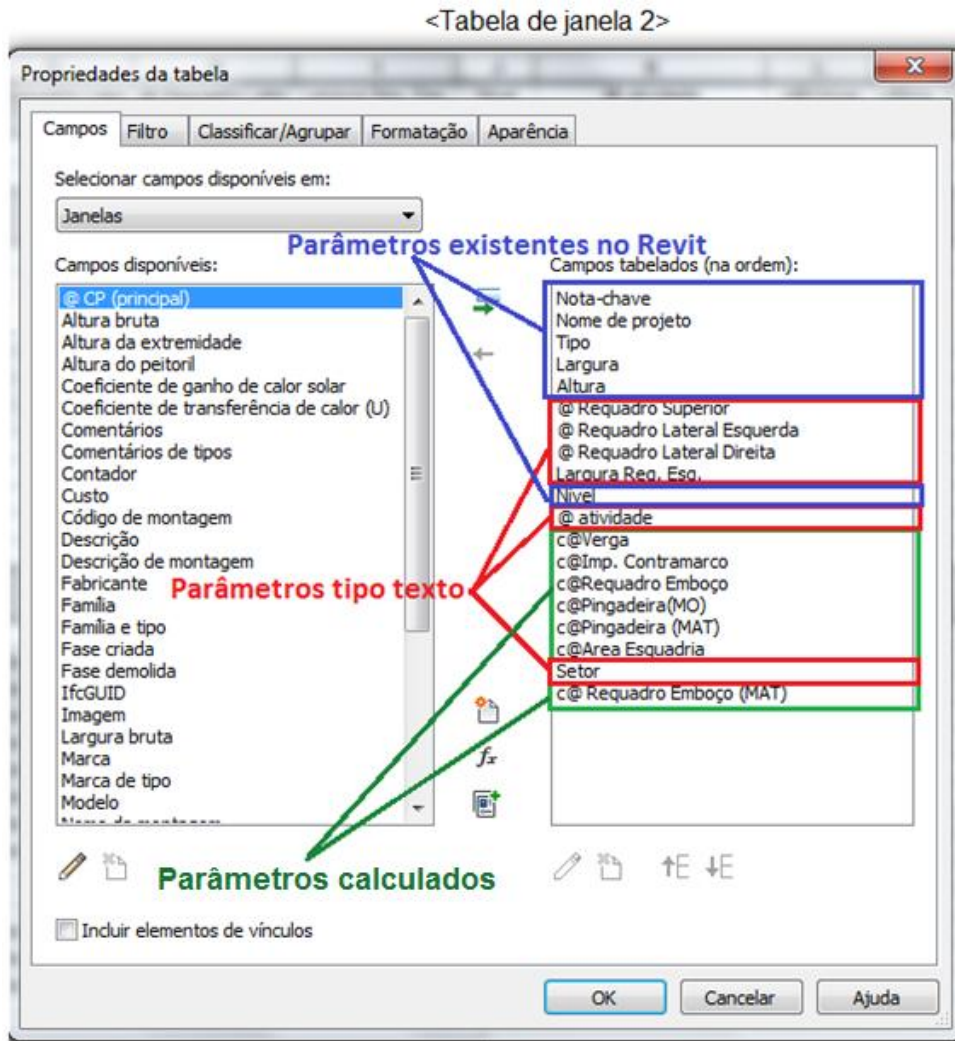


Figura 14 - Parâmetros existentes e personalizados no objeto janela



Método de modelagem

Proposta

O presente método de modelagem BIM para a elaboração de orçamento operacional foi desenvolvido, especificamente, para uso do software REVIT. O objetivo é o uso de BIM para a recuperação de informações de custos, conforme a abordagem operacional. O método propõe a modelagem por meio de objetos 3D e, preferencialmente, por meio de parâmetros personalizados, com o objetivo de otimizar tempo de modelagem e automatizar a extração de quantitativos das operações.

O método foi estruturado em quatro etapas:

- (a) planejamento;
- (b) pré-modelagem;
- (c) modelagem; e

- (d) recuperação da informação.

Na etapa de planejamento são levantadas as operações necessárias para a elaboração do orçamento e suas respectivas considerações de quantificação. A pré-modelagem é a etapa na qual se estabelece como o modelo será construído, em termos dos tipos de modelagem, a fim de possibilitar a extração de quantitativos das operações. A etapa de modelagem compreende a construção do modelo conforme as definições da etapa anterior. Na etapa de recuperação da informação são realizadas as extrações dos quantitativos relativos às operações, os ajustes frente aos critérios de cálculo definidos pela construtora e, por fim, a sumarização dos dados. O fluxograma do método está apresentado na Figura 15.

Avaliação do método de modelagem: estudo empírico 3

As operações para a execução da fachada do edifício modelado neste estudo são idênticas às

descritas no estudo empírico 2, conforme mostra a Figura 11. A Figura 16 apresenta o modelo 3D elaborado neste estudo empírico.

Figura 15 - Método de modelagem

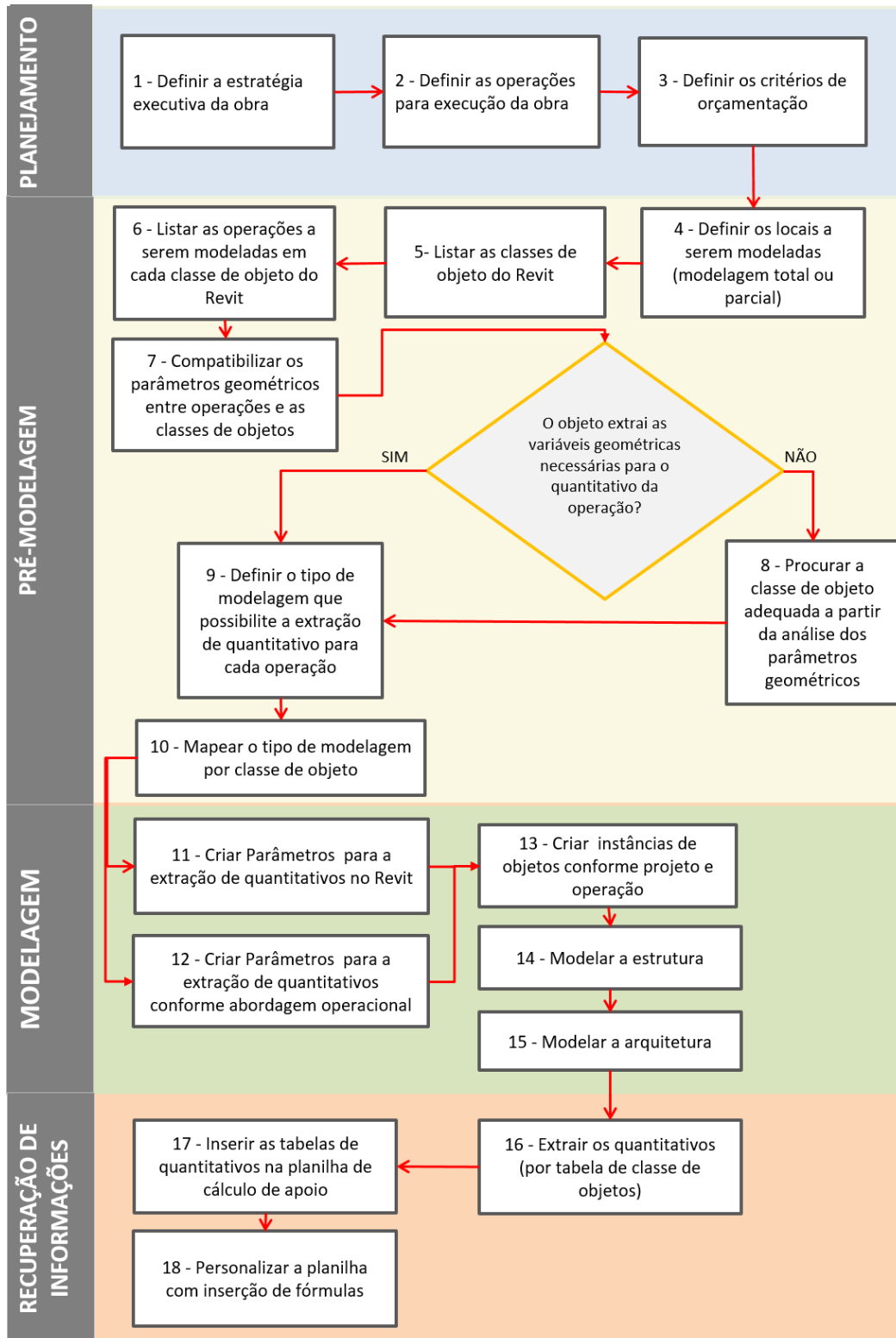
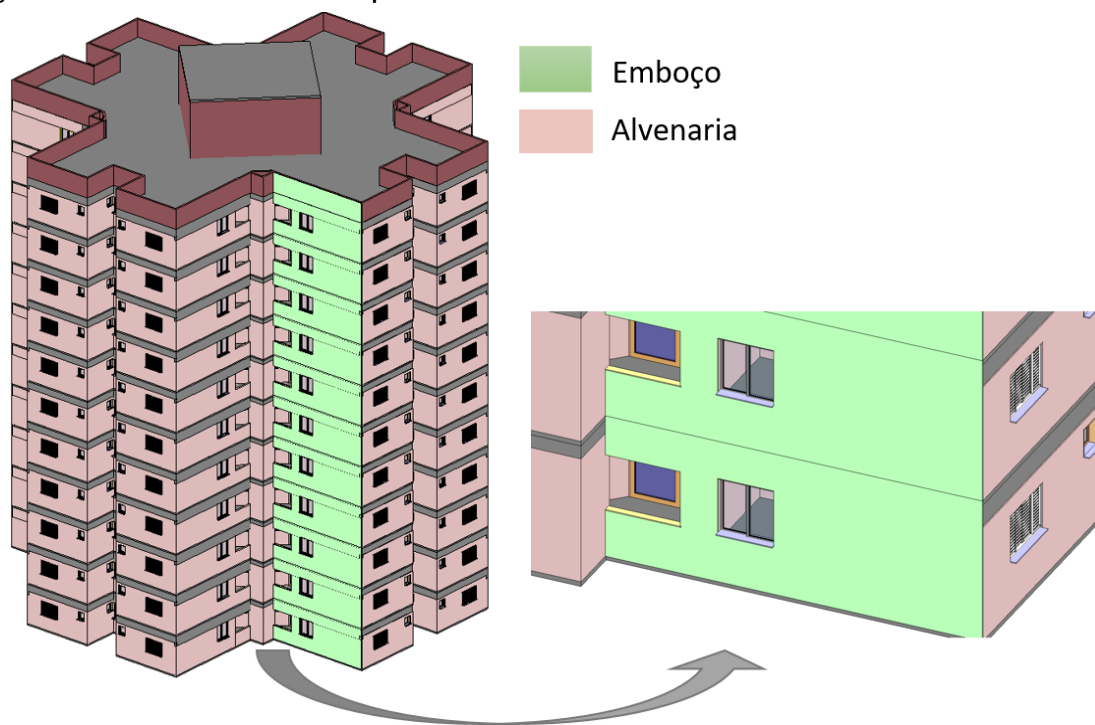


Figura 16 - Modelo 3D do estudo empírico 3



Utilidade

O método seria considerado útil se fosse capaz de auxiliar a modelagem e a extração de quantitativos das operações. Para tanto, foi verificado:

- (a) o número de operações possíveis de serem representadas no modelo; e
- (b) o número de operações que tiveram os quantitativos extraídos de acordo com a abordagem operacional, a partir das etapas sugeridas pelo método.

Com exceção da operação de execução de prumo da fachada, todas as demais (93,3% das operações) foram representadas no modelo e tiveram os respectivos quantitativos extraídos. A modelagem da operação de execução de prumo da fachada dependia de softwares específicos, como, por exemplo, o Navisworks. Assim, o método foi considerado útil.

Facilidade

Para a avaliação da facilidade de uso do modelo, foram avaliados dois subconstructos:

- (a) clareza; e
- (b) complexidade de uso do método.

A clareza foi avaliada mediante a ocorrência de solicitações de esclarecimento sobre o método por parte do modelador e a incidência de retrabalhos por falta de clareza das etapas do método. Durante

a modelagem do estudo empírico 3 não ocorreram dúvidas que demandassem esclarecimentos sobre o método de modelagem e também não houve incidência de retrabalhos por falta de clareza.

Em relação à complexidade de uso do método, foi relatado pelo modelador que o método é intuitivo e o respectivo fluxo de trabalho trata de uma prática que já é adotada pelos modeladores. O fato de o modelador ⁴ possuir vasta experiência em modelagem no REVIT pode ter influenciado a inexistência de dúvidas no uso do método. Entretanto, houve dificuldade em relação ao modo como as operações seriam representadas no modelo. As dificuldades relatadas pelo modelador estiveram relacionadas à tomada de decisão sobre o tipo de modelagem a ser empregado para possibilitar a extração de quantitativos das operações, isto é, se as operações eram representadas por meio de objetos 3D ou se era necessário lançar mão de parâmetros. Foi necessário testar mais de um tipo de modelagem até encontrar qual o tipo mais adequado para cada uma das operações. Desse modo, o modelador teve retrabalhos e despendeu tempo testando qual seria a melhor alternativa. O método de modelagem proposto não restringe o tipo de modelagem a ser definido para as operações. Essa decisão fica a critério do modelador, pois as operações, assim

⁴O modelador é uma engenheira civil, professora de REVIT e desenvolvedora de classes de objetos na empresa BIM Object.

como seus respectivos critérios de levantamento, podem variar de empresa para empresa.

A escolha do tipo de modelagem é necessária pelo fato de o software não possuir classes de objetos capazes de representar as operações do orçamento operacional. Assim, pode-se fazer adaptações das classes de objetos já existentes, criar novas classes, ou então utilizar outros recursos, como o uso de parâmetros para simplificar a modelagem e sanar a falta de classes de objetos adequadas à abordagem operacional.

No estudo empírico 3 o modelador iniciou a modelagem representando as operações por meio de objetos 3D e, posteriormente, percebeu que esse tipo de modelagem era complexo, pois os objetos 3D não representavam o processo de execução da obra e requeriam adaptações e trabalhos manuais, principalmente frente a alterações de projeto. Por exemplo, os objetos 3D utilizados para representar a marcação, a elevação e a fixação de alvenaria estavam apenas sobrepostos, sem interação dinâmica, de modo que se uma parede fosse alterada de lugar seria necessário remodelar os três objetos. O mesmo ocorre para o caso das vergas sobre as janelas. Uma vez alterando a janela de posição, as vergas permaneceriam no mesmo lugar. Logo, o modelador refez a modelagem, utilizando o tipo de modelagem por parâmetro personalizado, sempre que possível.

Tal fato evidenciou que o método, embora fácil de ser utilizado, não contribuiu para que o processo de modelagem ocorresse de forma ágil, caso contrário o modelador não teria enfrentado as mesmas dificuldades experimentadas pelo modelador dos estudos empíricos 1 e 2. Desse modo, era necessário desenvolver um modo de deixar evidente que, a menos que houvesse classes de objetos específicas, a alternativa que resulta em agilidade do processo de modelagem para a extração de quantitativos, de acordo com a abordagem operacional, é aquela que faz uso de parâmetros. Porém, deve ser considerado que há uma diversidade de possibilidades de operações e seus respectivos critérios de quantificação são, muitas vezes, singulares a cada empresa. Portanto, cada caso deverá ser analisado de forma específica. A generalização ou desenvolvimento de regras e padrões de modelagem demandaria a investigação de muitos casos.

O fato de a sequência de etapas não deixar dúvidas para o modelador e de não haver qualquer questionamento que demandasse esclarecimento sobre o método evidenciou que o método de modelagem BIM para a elaboração de orçamento operacional é fácil de ser utilizado. Porém, devido à falta de classes de objetos específicos, a

construção de modelos que visam à extração de quantitativos segundo a abordagem operacional, por meio do REVIT, é trabalhosa e depende da decisão sobre o tipo de modelagem. Nesse sentido, faz-se uma crítica ao método, pois este não demonstrou auxílio efetivo para a tomada de decisão sobre o tipo de modelagem. Para melhoria do método de modelagem foram elaboradas diretrizes para auxiliar a tomada de decisão sobre o tipo de modelagem. Essas diretrizes são apresentadas a seguir.

Diretrizes para decisão da escolha do tipo de modelagem

As condições sugeridas para emprego da modelagem por meio de objetos 3D foram:

- (a) existência de classes de objetos específicas para representar no modelo a operação em questão;
- (b) quando não houver classes de objetos específicas, porém as classes existentes forem capazes de representar a geometria da operação e extrair as variáveis geométricas necessárias para o respectivo cálculo do quantitativo;
- (c) existência de objeto 3D cuja geometria e/ou posicionamento são alterados de modo automático, frente às modificações de outros objetos 3D com os quais mantêm interações. Nos casos em que isso não ocorrer não é recomendado o uso de objetos 3D. Por exemplo, no caso de uma verga não ter seu comprimento alterado automaticamente, mediante a alteração do comprimento da janela, na qual está inserida; e
- (d) comprometimento da visualização de um elemento 3D de forma a prejudicar o entendimento do produto final e tal repercussão for significativa para a gestão de custos ou demais áreas que estiverem integradas ao modelo. Nesse caso, independentemente de existir uma classe específica ou existir automatização em caso de alterações, recomenda-se a modelagem por meio de objetos. Por exemplo, a falta de modelagem 3D de pingadeira nas janelas pode levar ao entendimento de que tal item não faz parte do produto.

As condições para modelagem por parâmetro calculado foram:

- (a) situações em que as diretrizes apresentadas para a modelagem por objetos 3D não forem satisfeitas; e
- (b) possibilidade de extrair quantitativos relativos a uma operação, a partir das variáveis geométricas presentes em um objeto 3D. Por exemplo, a partir das variáveis geométricas da janela (largura e altura), é possível extrair o quantitativo do

assentamento de pingadeira em função do comprimento da janela.

Já o parâmetro tipo texto é recomendado para as seguintes situações:

(a) inexistência de lógica que permita a classificação ou identificação automática de uma característica em um objeto no REVIT. Por exemplo, quando houver dois tipos de materiais aplicados na fixação da alvenaria. Nas alvenarias de borda, utiliza-se argamassa com aditivo expansor. Nas paredes dos banheiros, que não são de borda, utiliza-se o poliuretano expandido. As demais paredes não são fixadas. Se essas condições não estabelecerem uma lógica possível de ser programada no REVIT, de forma que seja possível classificar os objetos 3D automaticamente, deve ser criado um parâmetro tipo texto para que o modelador insira tais informações no modelo; e

(b) necessidade de inserir informações complementares nos objetos 3D. Isso pode acontecer para auxiliar a extração de quantitativos a partir do critério adotado pela construtora. Por exemplo, o critério de marcação de alvenaria da construtora utilizado nesta pesquisa era descontar as larguras das portas do comprimento da parede. Entretanto, o REVIT não calcula o quantitativo com o mesmo critério. Sendo assim, foi criado um parâmetro tipo texto para inserir o nome das esquadrias que existiam em cada uma das paredes, para em seguida identificar a largura de cada uma das portas e permitir, portanto, o desconto da largura no cálculo do quantitativo da marcação.

Há, ainda, condições em que é mais adequado que a extração de quantitativos ocorra diretamente a partir da planilha de apoio. São elas:

(a) situações em que o quantitativo de uma operação for idêntico à outra. Por exemplo, nos casos em que a área de emboço for igual à área de chapisco em qualquer situação. Esse tipo de modelagem pode ser aplicado mesmo nos casos em que houver classes de objeto 3D possíveis de representar a operação, desde que a falta de visualização 3D não comprometa o entendimento do produto; e

(b) necessidade de flexibilização, como, por exemplo, nos casos em que os critérios de extração de quantitativos do software não sejam os mesmos da construtora, sendo preciso empregar fórmulas na planilha de apoio para cálculo dos quantitativos. Por exemplo, cálculo de quantitativos, quando o critério de cálculo de mão de obra é diferente do critério para cálculo de material.

Conclusão

Durante as modelagens desenvolvidas nos estudos empíricos, diversas dificuldades foram encontradas, evidenciando as falhas tecnológicas que expõem a deficiência do BIM 5D, com o emprego específico do sistema REVIT para gestão efetiva dos custos. A modelagem por meio de objetos 3D para extração de quantitativos das operações, realizada no REVIT, mostrou-se trabalhosa. A falta de classes de objetos capazes de representar as operações de um orçamento operacional foi a principal deficiência encontrada. As classes de objetos podem e devem ser desenvolvidas, o que demanda conhecimento avançado de REVIT e o emprego de ferramentas de programação que visam à customização de sistemas como esses.

A presente pesquisa apresentou um método de modelagem capaz de superar as dificuldades mencionadas anteriormente, utilizando a versão padrão do REVIT, sem necessidade de conhecimento avançado do software. Foi verificado que é possível usar o BIM, com o emprego do REVIT, para a elaboração do orçamento operacional. Para isso, a modelagem deve ser realizada principalmente com o uso de parâmetros calculados. Esse procedimento permite usufruir os benefícios de automatização do processo de extração de quantitativos, propostos pelo BIM. No entanto, a modelagem por parâmetro calculado não permite visualizar no modelo 3D como se desenvolvem as operações para produzir o produto. O BIM 5D poderá ter uso de forma efetiva, proporcionando os benefícios propostos pelo conceito, mediante o desenvolvimento de classes de objetos específicos para modelagem das operações. Como há diversidade de processos construtivos, as operações variam de acordo com o processo adotado pela construtora. Sendo assim, é importante que o desenvolvimento dessas classes de objetos seja feito de modo associativo, agrupando empresas com mesmos padrões construtivos, com o intuito de diluir custos de desenvolvimento e de garantir ampla abrangência para aplicação de BIM em orçamentos com abordagem operacional. Desse modo, o uso de BIM pode vir a ser um vetor para ampliar o uso do orçamento operacional e, consequentemente, efetivar o seu emprego no canteiro de obras, propiciando a gestão de custos.

Destaca-se também que este trabalho possui resultados específicos para o uso de um software de autoria, havendo necessidade de investigar o uso de outros softwares de autoria, além de softwares específicos para BIM 5D e softwares baseados em linguagem de programação visual, a

fim de verificar e buscar soluções para as dificuldades apresentadas neste artigo.

Referências

- ARAM, S.; EASTMAN, C.; SACKS, R. A Knowledge-Based Framework For Quantity Takeoff and Cost Estimation in the AEC Industry Using BIM. In: THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION AND MINING, 31., Sidney, 2014. **Proceedings...** Sidney, 2014.
- ASHWORTH, A.; SKITMORE, R. M. Accuracy in Estimating. In SKITMORE, M.; MARSTON, V. **Cost Modeling**. 2nd. ed. London: Taylor & Francis e-Library, 2005.
- CABRAL, E. C. C. **Proposta de Metodologia de Orçamento Operacional para Obras de Edificação**. Florianópolis, 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1988.
- EASTMAN, C. *et al.* **BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. 2nd. ed. London: Whurr, 2011.
- FIRAT, C. E. *et al.* Quantity Takeoff in Model Based Systems. In CIB W78 CONFERENCE, 27., Cairo, 2010. **Proceedings...** Cairo, 2010.
- GALVÃO, M. S.; HEINECK, L. F.; KLIEMANN, F. J. Orçamentos Operacionais e Sua Aplicação na Gerência de Construção Civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 10., Belo Horizonte, 1990. **Anais...** Belo Horizonte, 1990.
- GONÇALVES, C. M.; CEOTTO, L. H. **Custo Sem Susto: projetando por objetivos**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2014.
- KERN, A. P. **Proposta de Um Modelo de Planejamento e Controle de Custo de Empreendimentos de Construção**. Porto Alegre, 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- KYMMEL, W. **Building Information Modeling: planning and managing construction projects with 4D CAD and Simulation**. New York: McGraw-Hill, 2008.
- LAASONEN, M. H.; HAPPIO J. BIM Based Manufacturing Cost Estimation of Building Products. In: WORK AND EBUSINESS IN ARCHITECTURE, ENGINEERING AND CONSTRUCTION, ECPPM, Ireland, 2010. **Proceedings...** Ireland, 2010.
- LIU, H.; LU, M.; HUSSEIN, M. A. BIM-Based Integrated Framework For Detailed Cost Estimation and Schedule Planning of Construction Projects. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION, 2014. **Proceedings...** 2014.
- LUKKA, K. The Constructive Research Approach. In: CASE study research in logistics: Series B1. Turku: Turku School of Economics and Business Administration, 2003.
- MARCHIORI, F. F. **Desenvolvimento de Um Método Para Elaboração de Redes de Composições de Custo Para Orçamentação de Obras de Edificações**. São Paulo, 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- MONTEIRO, A.; MARTINS, J. P. BIM Modeling For Contractors: improving model takeoffs. In: CIB W78 CONFERENCE, 29., Beirut, 2012. **Proceedings...** Beirut: CIB, 2012.
- SHEN, Z.; ISSA, R. R. A. Quantitative Evaluation of the BIM-Assisted Construction Detailed Cost Estimates. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 15, p. 234-257, 2016.
- SKOYLES, E. R. Introducing Bills of Quantities (Operational Format). **Building Research Station**, v. 24, n. 6, p. 139-146, 1968.
- SMITH, P. BIM & the 5D Project Cost Manager. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 119, p. 475-484, 2014.
- STAUB-FRENCH, S. *et al.* A Feature Ontology to Support Construction Cost Estimating. **AI EDAM: Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing**, v. 17, n. 2, p. 133-154, 2003.

Thalmus Magnoni Fenato

Coordenação de Cursos | Instituto Magfen | Alameda Pé Vermelho, 50 | Londrina - PR - Brasil | CEP 86050-492 | Tel.: (43) 3338 1123 | E-mail: t.fenato@gmail.com

Fernanda Aranha Saffaro

Departamento de Construção Civil, Centro de Tecnologia e Urbanismo | Universidade Estadual de Londrina | Rodovia Celso Garcia Cid, PR-445, Km 380, Campus Universitário, Perobal | Londrina - PR - Brasil | Caixa Postal 6001 | CEP 86051-990 | Tel.: (43) 3371-4455 | E-mail: saffaro@uel.br

Maria Bernardete Barison

Centro de Ciências Exatas | Universidade Estadual de Londrina | Campus Universitário | Londrina- PR - Brasil | Caixa Postal 6001 | CEP 86051-970 | Tel.: (43) 3371-4236 Ramal 4236 | E-mail: barison@uel.br

Luiz Fernando Mahlmann Heineck

Centro de Estudos Sociais Aplicados | Universidade Estadual do Ceará | Fundação Universidade Estadual do Ceará | Av. Fr. Silas Munguba, 1700, Itaperi | Fortaleza - CE - Brasil | CEP 60714-903 | Tel.: (85) 3101-9940 | E-mail: freitas8@terra.com.br

Sergio Scheer

Centro de Estudos de Engenharia Civil Prof. Inaldo Ayres Vieira, Setor de Tecnologia | Universidade Federal do Paraná | Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 100 Jardim das Américas | Curitiba - PR - Brasil | Caixa Postal 19011 | CEP 81531-980 | Tel.: (41) 3361-3218 Ramal 3437 | E-mail: scheer@ufpr.br

Revista Ambiente Construído

Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3º andar, Centro

Porto Alegre - RS - Brasil

CEP 90035-190

Telefone: +55 (51) 3308-4084

Fax: +55 (51) 3308-4054

www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido

E-mail: ambienteconstruido@ufrgs.br



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License.