

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO DETALHAMENTO DA MODELAGEM DO SISTEMA DE ALVENARIAS NO CUSTO DA OBRA

**CAMPELO, Heloísa Queiroz (1); LIMA, Tomás Bastos (2); MOTTER, Alexia
Gassenferth**

(1) e-mail: heloisa.campelo@yahoo.com (2) e-mail: lima.tomas@yahoo.com.br, (3)
agmotter@hotmail.com

RESUMO

Com o intuito de se estudar o processo de criação de modelos BIM e seus diferentes níveis de desenvolvimento, este artigo procura mostrar através de metodologia experimental os impactos de diferentes estratégias de modelagem na obtenção de dados de quantitativos de materiais em sistemas de alvenarias de vedação em blocos cerâmicos.

Palavras-chave: BIM, Nível de Desenvolvimento, Modelagem da Informação da Construção, LOD, Quantitativos.

ABSTRACT

In order to study BIM models development methodologies and their approaches regarding levels of development, this article pursues studying, through experimental analysis, the impacts of adopting two different modeling strategies during the material takeoff process.

Keywords: BIM, Level of development, Building Information Modeling, LOD, Material takeoff.

1 INTRODUÇÃO

O BIM (*Building Information Modeling* ou Modelagem da Informação da Construção) surgiu como uma ferramenta para modernizar e otimizar os processos da indústria da construção civil. Com ele é possível englobar todas as fases do projeto em um único modelo, além de criar objetos paramétricos, nos quais podem constar informações como geometria, custo e tempo de execução.

Segundo Eastman et al. (2014), o BIM é considerado uma simulação inteligente da arquitetura e deve ser digital; espacial (3D); mensurável (quantificável, dimensionável e consultável); abrangente (incorporando e comunicando a intenção de projeto, o desempenho da construção, a construtibilidade, e incluir aspectos sequenciais e financeiros de meios e métodos); acessível (a toda a equipe do empreendimento e ao proprietário por meio de uma interface interoperável e intuitiva) e durável (utilizável ao longo de todas as fases da vida de uma edificação).

Atualmente, a tecnologia vem sendo bastante difundida no Brasil, porém muitas vezes é utilizada com um baixo nível de detalhamento. Para que se tire proveito de seus maiores benefícios, é necessário um maior aprofundamento no uso da mesma.

1.1 Objetivos

O objetivo deste artigo foi apresentar uma comparação de orçamentos obtidos por meio do software utilizando um elemento genérico com uma composição de custo por m² e um elemento contendo todos os seus insumos modelados e detalhados.

1.2 Justificativa

O BIM vem sendo cada vez mais utilizado nos escritórios de engenharia e arquitetura no Brasil, porém muitas vezes é usado apenas no nível 3D (modelagem em 3 dimensões), sem abranger os níveis 4D (com informações de prazo) e 5D (com informações de prazo e custo).

Sabe-se que os softwares BIM possuem diversas ferramentas a serem exploradas e muitas vezes, por falta de conhecimento ou por não acreditar em seus benefícios, as mesmas não são devidamente utilizadas.

Dessa forma, é importante que sejam feitos estudos sobre as vantagens e desvantagens de utilizar um modelo com diversos níveis de informação e detalhamento de elementos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 BIM

A ferramenta BIM (*Building Information Modeling* ou Modelagem da Informação da Construção) pode ser considerada como uma evolução do CAD (*Computer Aided Design* ou Desenho Assistido por Computador), pois, com ela é possível acrescentar informações e dados dos elementos, além de projetar o modelo em três dimensões. Estes dados podem ser referentes ao custo, prazo, eficiência energética, plano de manutenção, entre outros.

É possível classificar o modelo BIM conforme as informações que ele contém. O BIM 3D consiste no projeto com todos os seus elementos modelados em três dimensões. Ele permite uma visão espacial e a detecção de interferências entre os elementos (*clash detection*).

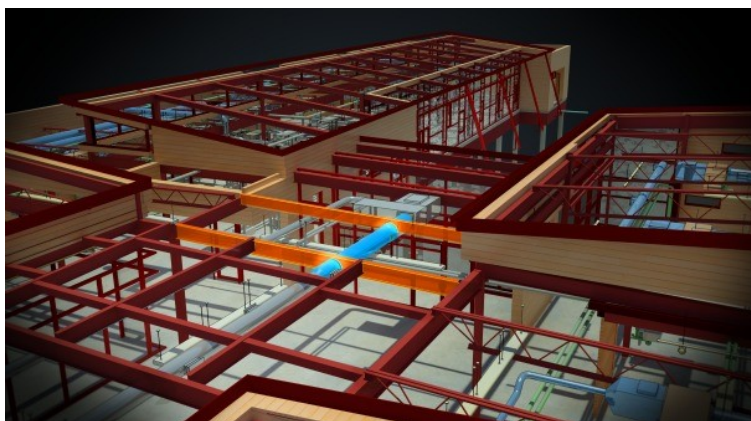


Figura 1: Detecção de conflito em modelo BIM 3D.
Fonte: www.coordenar.com.br

No BIM 4D são inseridos dados como o tempo de execução dos elementos, possibilitando a geração do cronograma da obra.

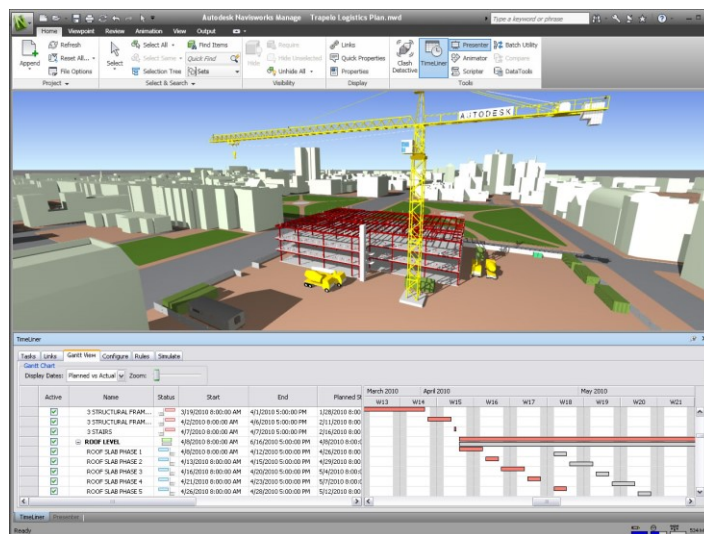


Figura 2: Modelo com cronograma da obra.

Fonte: www.keepcad.com.br

No BIM 5D são atrelados aos elementos, além das informações de prazo, os custos, dessa forma é possível gerar o orçamento da obra. Uma grande vantagem de ter o orçamento atrelado ao modelo é que ao alterar algum elemento, o orçamento da obra é alterado automaticamente. Sendo assim, é possível utilizar o BIM 5D como uma ferramenta poderosa para a análise e simulações de alternativas de projeto.

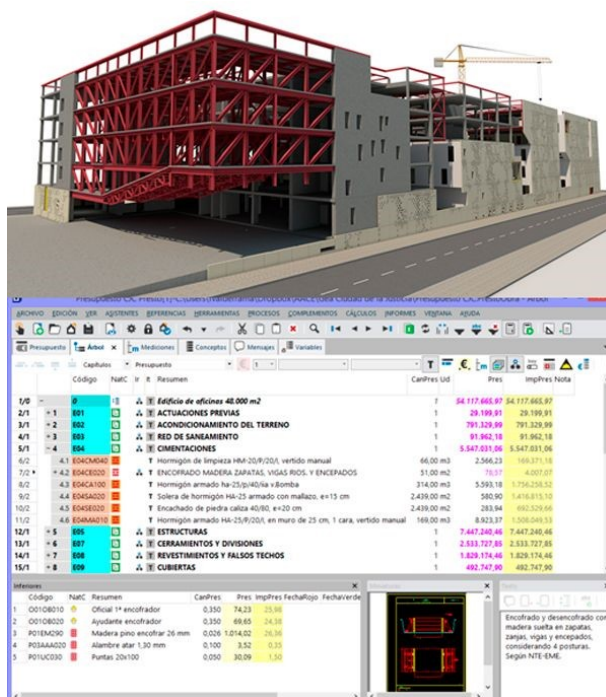


Figura 3: Modelo com orçamento da obra.

Fonte: www.presto.es

Quando o modelo também engloba dados como planos de manutenção, garantia e fornecedores dos elementos, é chamado de BIM 6D. Ele pode ser utilizado durante todo o ciclo de vida da edificação, auxiliando no controle e manutenção da obra.

O BIM 7D permite a utilização do modelo para análises energéticas da edificação, considerando, por exemplo, a eficiência energética dos materiais utilizados.

2.2 LOD

O conceito de LOD (*Level of Development* ou Nível de Desenvolvimento) foi criado para classificar o nível de desenvolvimento e detalhamento do modelo.

Segundo o AIA (Instituto Americano de Arquitetos), existem 5 graus de LOD. São eles:

- LOD 100: Conceitual - o modelo é representado como um estudo de massa e os seus elementos podem ser representados graficamente por meio de símbolos, linhas ou volumes genéricos;
- LOD 200: Básico - os elementos possuem geometrias com dimensões, formas, quantidade e localização próximos aos reais;
- LOD 300: Detalhamento - os elementos possuem geometrias com dimensões, formas, quantidade e localização que refletem as condições reais do empreendimento. Outras propriedades de informações podem estar vinculadas ao elemento;
- LOD 400: Construção - idem ao LOD 300, porém os elementos do modelo permitem ser utilizados para gerar documentos de fabricação e/ou montagem para a construção;
- LOD 500: As-built: Os elementos refletem o modelo conforme construído em termos de dimensões, forma, localização, quantidade, posição, dados técnicos e fabricante.



Figura 4: Níveis de Desenvolvimento.
Fonte: www.hitechcaddservices.com

A tabela a seguir mostra algumas diretrizes para a utilização dos diversos LOD:

Níveis de Desenvolvimento - Especificação e Usos do BIM					
Níveis >	100	200	300	400	500
Conteúdo do Modelo	Conceitual	Geometria aproximada	Geometria precisa	Execução - fabricação	As-built
Projeto e Coordenação	Estudos de massa, volumes, zonas, modelados em 3 dimensões ou representados por outros dados	Os elementos são modelados de forma genérica e aproximadas de suas dimensões, peso, quantidades, orientação e localização. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo	Os elementos são modelados de forma precisa e exata de suas dimensões, peso, quantidades, orientação e localização. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo	Os elementos são modelados com o objetivo de montagem, de forma precisa e exata de suas dimensões, peso, quantidades, orientação e localização contendo o detalhamento completo de fabricação e montagem. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo	Os elementos são modelados conforme construídos com informações precisas e exatas das dimensões, peso, quantidades, orientação e localização. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo
Usos recomendados					
Planejamento	Duração global da obra Macro-planejamento Fases e maiores elementos	Escala de tempo, apresentação ordenada dos elementos principais	Apresentação ordenada pelo tempo das atividades principais e de conjuntos detalhadas	Fabricação e detalhes de montagem, incluindo meios e métodos de construção (gruas, elevadores, escoramentos, etc)	
Estimativa de Custos	Custos estimados: exemplo R\$/m2 de área de construção, R\$/ leitos hospitalares, R\$/quarto de hotel	Custo estimado baseado em dimensões de elementos genéricos como paredes, lajes, etc.	Custos baseados em dimensões precisas e especificações completas e detalhadas	Preços confirmados em propostas de fornecedores	Custos realizados
Cumprimento de programa de necessidades	Áreas brutas dos diversos setores	Requisitos específicos de cada um dos ambientes	Casos específicos, instalações e conexões		
Materiais sustentáveis	Estratégias para atendimento dos requisitos LEED	Quantidades aproximadas de materiais organizados pelas categorias LEED	Quantidades precisas de materiais com a porcentagem de materiais reciclados	Seleção dos fornecedores específicos	Documentação das compras e especificações
Análises e simulações de iluminação, uso de energia, fluxos de ar.	Estratégia e critérios de desempenho baseado em áreas e volumes.	Projeto conceitual baseado na geometria aproximada e em pré-definições de sistemas.	Simulação aproximada baseada em sistemas projetados.	Simulação precisa baseada nas especificações do fabricante e em detalhes dos componentes dos sistemas.	Comissionamento e registro dos resultados obtidos.
Outros usos que podem ser desenvolvidos					
Circulação, rotas de fuga, acessibilidade					
Atendimento de requisitos de normas					

Figura 5: Diretrizes - LOD.
Fonte: Manzione (2013).

2.3 Composição de Custo

O orçamento de uma obra de construção civil é constituído basicamente pela multiplicação dos quantitativos pelos custos unitários dos elementos, os quais podem ser obtidos em tabelas de composição de preços unitários (CPUs), como a tabela do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil).

Esta tabela serve como uma referência dos preços dos serviços de engenharia em diversas localidades do Brasil e é montada pela Caixa Econômica Federal, a qual especifica os insumos e serviços, e pelo IBGE, o qual faz as pesquisas de preços.

Para a determinação do custo unitário, é feita uma composição dos custos do serviço para executar este elemento, ou seja, é calculada a quantidade de materiais, mão de obra e equipamentos necessários e multiplicada pelo custo de cada um destes itens. Por exemplo, para compor o custo de 1 m² de uma parede de alvenaria, podem ser considerados os seguintes insumos:

- 14 blocos cerâmicos de vedação (14x19x39cm)
- 0,0133 m³ de argamassa mista
- 1,1 hora de servente
- 1,4 hora de pedreiro

Então, são levantados os preços referentes à eles:

- Blocos cerâmicos de vedação (14x19x39cm) – R\$ 1,81/unidade x 14 = R\$ 25,40
- Argamassa mista – R\$ 418,94/m³ x 0,0133 = R\$ 5,57
- Servente – R\$ 12,63/h x 1,1 = R\$ 13,89
- Pedreiro – R\$ 15,86/h x 1,4 = R\$ 22,21

Assim, é possível obter o custo total: $(25,40 + 5,57 + 13,89 + 22,21) = \text{R\$ } 67,07/\text{m}^2$ de alvenaria em bloco cerâmico.

Na tabela do SINAPI, é possível encontrar diversas composições de custo para os serviços utilizados na construção civil. Dessa forma, ao multiplicar estes custos pelos quantitativos de projeto, obtém-se o orçamento da obra.

2.4 Curva ABC

A Curva ABC, também conhecida como Princípio 80/20 ou Lei de Pareto, é um método de classificação das informações. Ela permite visualizar quais itens são mais impactantes no custo da obra, considerando as quantidades necessárias e valores unitários.

Segundo Carvalho (2002), os insumos podem ser classificados da seguinte forma:

- de Classe A: de maior importância, valor ou quantidade, correspondendo a 20% do total;
- de Classe B: com importância, quantidade ou valor intermediário, correspondendo a 30% do total;
- de Classe C: de menor importância, valor ou quantidade, correspondendo a 50% do total.

Assim, é possível gerar uma curva, como mostra a figura a seguir, facilitando a visualização de quais itens são mais impactantes em relação ao orçamento da obra e merecem maior atenção.

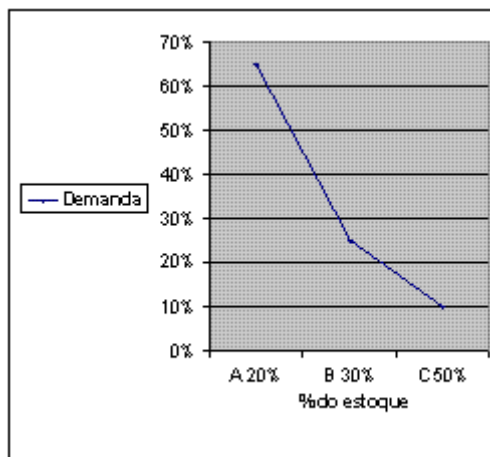


Figura 6: Curva ABC.
Fonte: Wikipedia.

2.5 Execução de Alvenarias de Blocos Cerâmicos

No Brasil, o sistema mais utilizado para fechamentos de paredes é a alvenaria de vedação em blocos cerâmicos.



Figura 7: Alvenaria com blocos cerâmicos.
Fonte: grupo21brasil.com.br

A alvenaria de vedação não possui função estrutural, porém deve apresentar a resistência necessária às cargas laterais estáticas e dinâmicas, como armários, redes de dormir, atuação do vento, entre outros.

Diretrizes para a execução podem ser encontradas na NBR 8545/1984 – Execução de Alvenaria sem Função Estrutural de Tijolos e Blocos Cerâmicos. Segundo a norma, é essencial obedecer as posições, espessuras e demais especificações apresentadas no projeto executivo.

Recomenda-se que o assentamento seja feito com juntas de amarração e que as paredes sejam moduladas de modo que seja usada a maior quantidade possível de blocos cerâmicos inteiros.

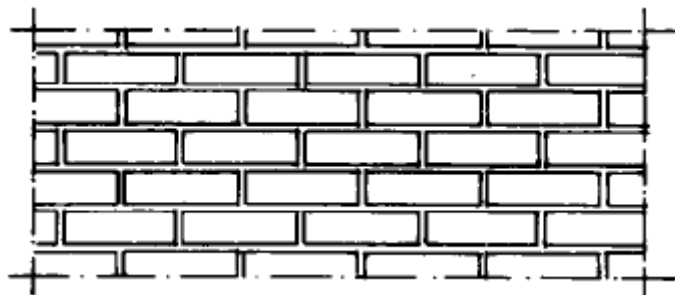


Figura 8: Juntas de amarração.
Fonte: NBR 8545/1984.

A ligação com pilares de concreto armado pode ser efetuada com o emprego de barras de aço de diâmetro de 5 a 10 mm, distanciadas de cerca de 60 cm e com o comprimento da ordem de 60 cm, engastadas no pilar e na alvenaria (aproximadamente 10 cm engastada no pilar e 50 cm engastada na alvenaria).

Nos vãos de esquadrias devem ser previstas as folgas necessárias para o encaixe do batente, as quais devem ser preenchidas com argamassa de cimento e areia.

As juntas de argamassa devem ter no máximo 10 mm de espessura.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

De modo a dimensionar a diferença no quantitativo de insumos entre modelos com alto e baixo nível de detalhamento, foram modeladas as alvenarias de um pavimento de um edifício real em LOD 400 e em LOD 300.

O objeto de estudo foi o pavimento térreo de uma obra real do padrão Minha Casa, Minha Vida.

Dessa forma, o método da pesquisa se classifica como experimental.

4 ESTUDO DE CASO

O sistema escolhido foi alvenaria de blocos cerâmicos, por fazer parte da curva AB do orçamento e impactar no custo do empreendimento.

Composição	Descrição	Unidade	% Acum.	
TEMP20510	ARMADURA de aço para estruturas em geral, CA-50, diâmetro 8,0 mm, corte e dobra na obra e montagem	M3	8,62%	A
TEMP20484	FABRICAÇÃO e montagem de formas para laje feitas na obra, com chapa plastificada e=12mm	M3	16,02%	A
09640.8.7.1	CARPETE DE MADEIRA estruturado, inclusive colocação e acabamento	M2	22,78%	B
09606.8.5.2	PORCELANATO polido 40 x 40 cm, assentado com argamassa pré-fabricada de cimento colante - (com mão-de-obra empreitada)	M2	28,95%	B
09705.8.2.36	EMBOÇO para parede interna com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:11, e=20 mm - (com mão-de-obra empreitada)	M2	34,41%	B
09705.8.2.27	EMBOÇO para parede externa com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:6 - (com mão-de-obra empreitada)	M2	39,02%	B
04211.8.2.20	ALVENARIA de vedação com blocos cerâmico 9 x 19 x 19 cm, espessura da parede 19 cm, juntas de 12 mm com argamassa industrializada	M2	43,19%	B
TEMP20491	FABRICAÇÃO e montagem de formas para pilar feitas na obra, com chapa plastificada e=12mm	M3	47,19%	B

Figura 9: Parte da curva ABC do orçamento da obra em estudo
Fonte: Os autores

Primeiramente, foi preciso classificar as alvenarias conforme a relação paredes/estrutura e presença ou não de aberturas para se analisar os efeitos destas variáveis nos dados

obtidos da extração de quantitativos em ambos os níveis de desenvolvimento dos modelos. As paredes foram classificadas em: alvenaria entre pilares estruturais, alvenaria com pilar estrutural em um dos cantos, alvenaria sem pilares estruturais e sem abertura, alvenaria com abertura, alvenaria com abertura entre pilares estruturais e alvenaria com abertura e pilar estrutural em um dos cantos.

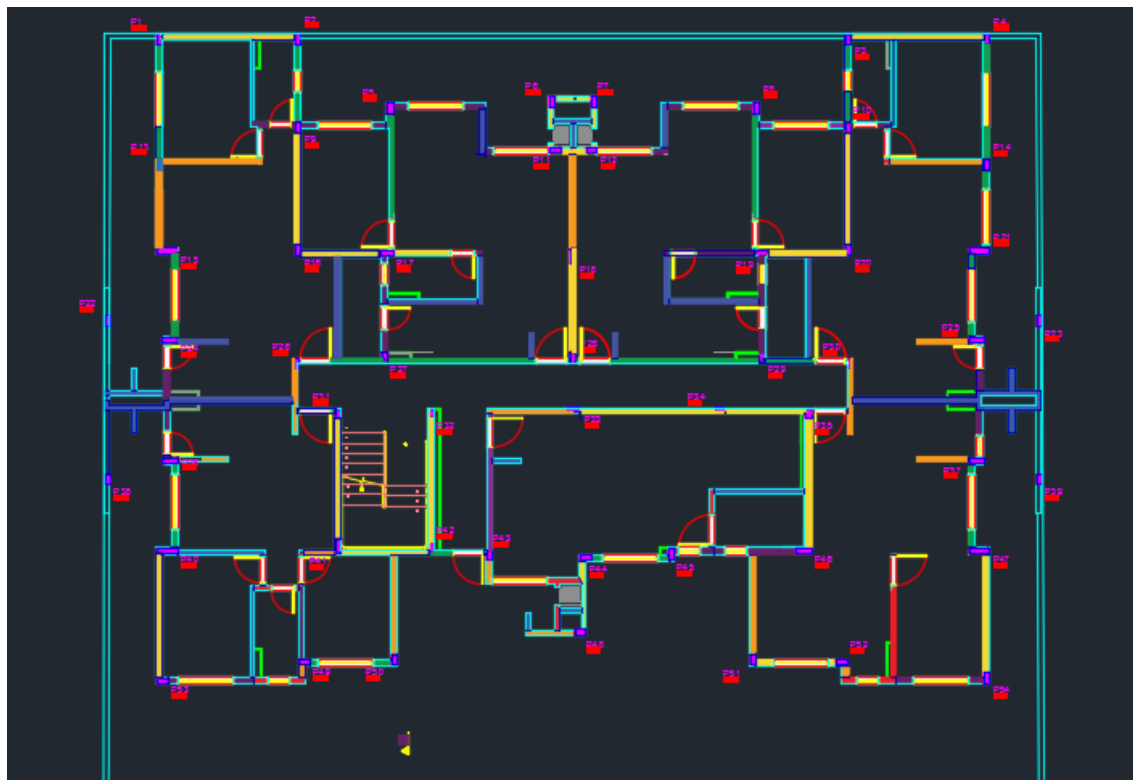


Figura 10: Projeto escolhido para o estudo com alvenarias classificadas por cores
Fonte: Os autores

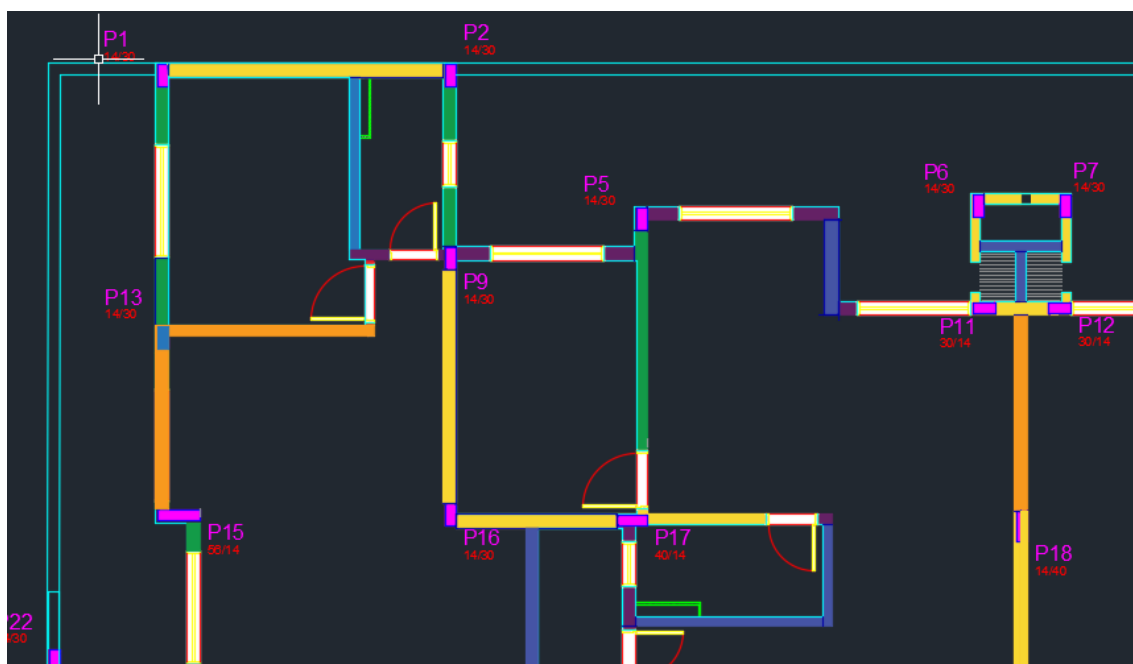


Figura 11: Projeto escolhido para o estudo com alvenarias classificadas por cores
Fonte: Os autores

LEGENDA	
Alvenaria entre pilares	
Alvenaria entre pilares com abertura	
Alvenaria	
Alvenaria com abertura	
Alvenaria com abertura e com pilar em um canto	
Alvenaria com pilar em um canto	

Tabela 1: Legenda de classificação das alvenarias
Fonte: Os autores

Em seguida, foram levantadas as diferentes composições de custo para o sistema de alvenaria de blocos cerâmico. Elas se diferenciam pela espessura do bloco, pelo traço da argamassa, pelo preparo da argamassa, espessura das juntas, perda, tijolos assentados na horizontal ou vertical e presença de vãos. Não foram encontradas composições de custo específicas para alvenarias entre pilares estruturais.

Composição	Descrição	UN	Qtde	\$ Unit	\$ Total
87510	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 14X9X19CM (ESPESSURA 14CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014	M2			113
87369	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MANUAL. AF_06/2014	M3	0,014	399,3	5,39
88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	3,1	20,87	64,7
88316	SERVEITE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,55	16,26	25,2
7267	BLOCO CERÂMICO (ALVENARIA VEDAÇÃO), 6 FUIROS, DE 9 X 14 X 19 CM	UN	55,85	0,27	15,08
34547	TELA DE AÇO SOLDADA GALVANIZADA/ZINCADA PARA ALVENARIA, FIO D = *1,20 a 1,70* MM, MALHA 15 X 15 MM, (C X L) *50 X 12* CM	M	0,805	1,74	1,4
37395	PINO DE AÇO COM FURO, HASTE = 27 MM (AÇÃO DIRETA)	CENTO	0,019	44,29	0,85

Composição	Descrição	UN	Qtde	\$ Unit	\$ Total
87518	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 14X9X19CM (ESPESSURA 14CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014	M2			132,89
87369	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MANUAL. AF_06/2014	M3	0,014	399,3	5,39
88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	3,71	20,87	77,43
88316	SERVEITE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,855	16,26	30,16
7267	BLOCO CERÂMICO (ALVENARIA VEDAÇÃO), 6 FUIROS, DE 9 X 14 X 19 CM	UN	56,62	0,27	15,29
34547	TELA DE AÇO SOLDADA GALVANIZADA/ZINCADA PARA ALVENARIA, FIO D = *1,20 a 1,70* MM, MALHA 15 X 15 MM, (C X L) *50 X 12* CM	M	1,51	1,74	2,63
37395	PINO DE AÇO COM FURO, HASTE = 27 MM (AÇÃO DIRETA)	CENTO	0,036	44,29	1,61
87501	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 14X9X19CM (ESPESSURA 14CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	M2			122,66

Composição	Descrição	UN	Qtde	\$ Unit	\$ Total
87502	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 14X9X19CM (ESPESSURA 14CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014	M2			123,98
87369	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MANUAL. AF_06/2014	M3	0,014	399,3	5,39
88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	3,41	20,87	71,17
88316	SERVEITE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,705	16,26	27,72
7267	BLOCO CERÂMICO (ALVENARIA VEDAÇÃO), 6 FUIROS, DE 9 X 14 X 19 CM	UN	55,85	0,27	15,08
34547	TELA DE AÇO SOLDADA GALVANIZADA/ZINCADA PARA ALVENARIA, FIO D = *1,20 a 1,70* MM, MALHA 15 X 15 MM, (C X L) *50 X 12* CM	M	1,51	1,74	2,63
37395	PINO DE AÇO COM FURO, HASTE = 27 MM (AÇÃO DIRETA)	CENTO	0,036	44,29	1,61

Composição	Descrição	UN	Qtde	\$ Unit	\$ Total
87524	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X14X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014	M2			90,42
87369	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MANUAL. AF_06/2014	M3	0,011	399,3	4,23
88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	2,58	20,87	53,84
88316	SERVEITE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,29	16,26	20,98
7267	BLOCO CERAMICO (ALVENARIA VEDACAO), 6 FUROS, DE 9 X 14 X 19 CM	UN	37,74	0,27	10,19
34557	TELA DE ACO SOLDADA GALVANIZADA/ZINCADA PARA ALVENARIA, FIO D = *1,20 a 1,70* MM, MALHA 15 X 15 MM, (C X L) *50 X 7,5* CM	M	0,58	1,07	0,62
37395	PINO DE ACO COM FURO, HASTE = 27 MM (ACAO DIRETA)	CENTO	0,007	44,29	0,31

Composição	Descrição	UN	Qtde	\$ Unit	\$ Total
87508	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X14X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014	M2			85,35
87369	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MANUAL. AF_06/2014	M3	0,011	399,3	4,23
88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	2,41	20,87	50,3
88316	SERVEITE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,205	16,26	19,59
7267	BLOCO CERAMICO (ALVENARIA VEDACAO), 6 FUROS, DE 9 X 14 X 19 CM	UN	37,24	0,27	10,05
34557	TELA DE ACO SOLDADA GALVANIZADA/ZINCADA PARA ALVENARIA, FIO D = *1,20 a 1,70* MM, MALHA 15 X 15 MM, (C X L) *50 X 7,5* CM	M	0,58	1,07	0,62
37395	PINO DE ACO COM FURO, HASTE = 27 MM (ACAO DIRETA)	CENTO	0,007	44,29	0,31

Composição	Descrição	UN	Qtde	\$ Unit	\$ Total
87516	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X14X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014	M2			103,71
87369	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MANUAL. AF_06/2014	M3	0,011	399,3	4,23
88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	3,01	20,87	62,82
88316	SERVEITE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,505	16,26	24,47
7267	BLOCO CERAMICO (ALVENARIA VEDACAO), 6 FUROS, DE 9 X 14 X 19 CM	UN	37,74	0,27	10,19
34557	TELA DE ACO SOLDADA GALVANIZADA/ZINCADA PARA ALVENARIA, FIO D = *1,20 a 1,70* MM, MALHA 15 X 15 MM, (C X L) *50 X 7,5* CM	M	1,09	1,07	1,17
37395	PINO DE ACO COM FURO, HASTE = 27 MM (ACAO DIRETA)	CENTO	0,013	44,29	0,58

Composição	Descrição	UN	Qtde	\$ Unit	\$ Total
87500	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X14X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014	M2			95,16
87369	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MANUAL. AF_06/2014	M3	0,011	399,3	4,23
88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	2,72	20,87	56,77
88316	SERVEITE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,36	16,26	22,11
7267	BLOCO CERAMICO (ALVENARIA VEDACAO), 6 FUROS, DE 9 X 14 X 19 CM	UN	37,24	0,27	10,05
34557	TELA DE ACO SOLDADA GALVANIZADA/ZINCADA PARA ALVENARIA, FIO D = *1,20 a 1,70* MM, MALHA 15 X 15 MM, (C X L) *50 X 7,5* CM	M	1,09	1,07	1,17
37395	PINO DE ACO COM FURO, HASTE = 27 MM (ACAO DIRETA)	CENTO	0,013	44,29	0,58

Figura 12: Composições unitárias de custo utilizadas
Fonte: Sinapi 2016 abril

Em um software de modelagem BIM, foi desenvolvida uma família do tipo "Elementos Genéricos" (denominação característica do software escolhido) para representar os blocos cerâmicos de vedação e suas argamassas de assentamento. Em seguida, duas tipologias foram criadas: bloco cerâmico de 9x14x19 cm deitado e bloco cerâmico de 9x14x19 cm em pé, conforme especificações do projeto arquitetônico

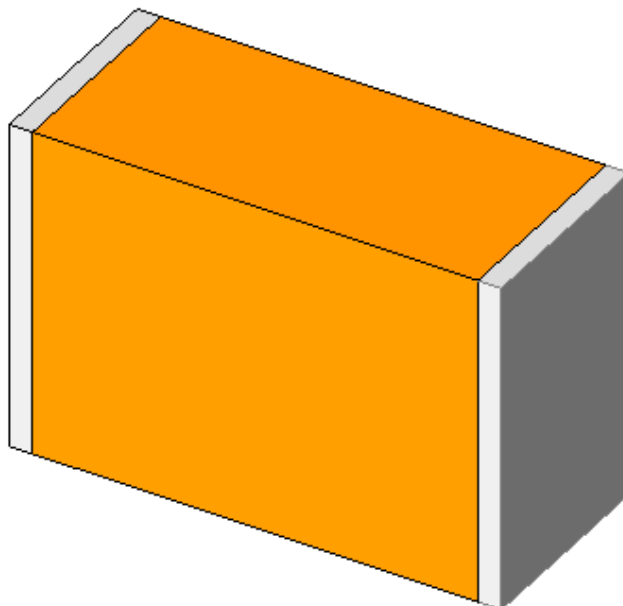


Figura 12: Componente de bloco cerâmico
Fonte: Os autores

No desenvolvimento do modelo em LOD 300, as paredes definidas pela arquitetura foram modeladas com o uso da família de Paredes, nativa do software de modelagem. Cada elemento modelado foi adaptado à geometria da estrutura de concreto armado do edifício para que não houvessem sobreposições entre os modelos de cada uma das disciplinas que gerassem dados de quantitativos imprecisos.

Nos dois modelos foram feitas as aberturas para as esquadrias.

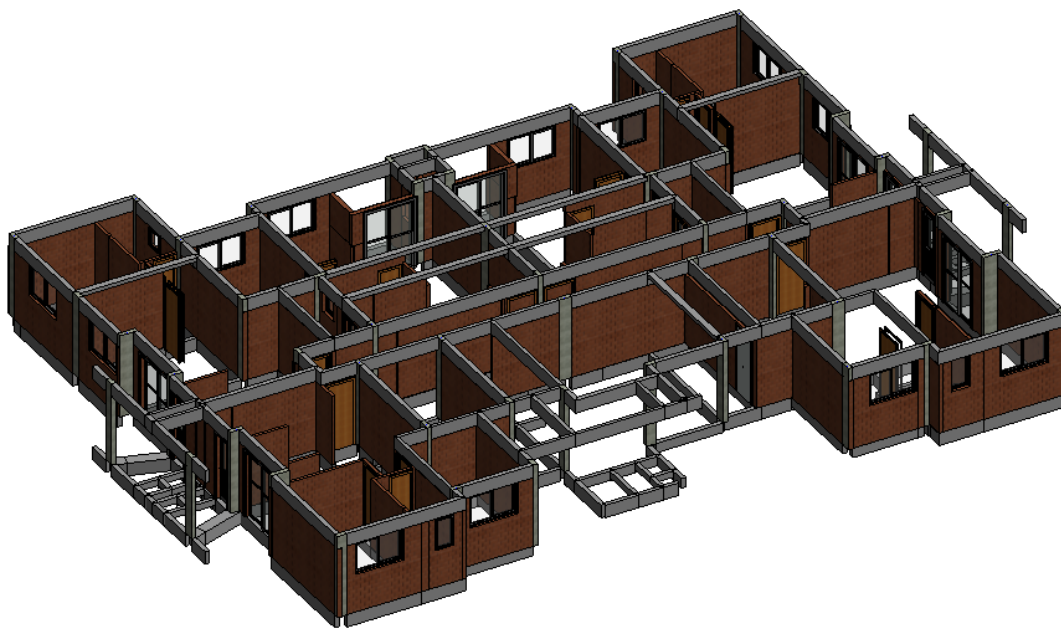


Figura 13: Modelo LOD 300
Fonte: Os autores

O modelo LOD 400 foi feito fiada a fiada, considerando a primeira camada de argamassa da primeira fiada e o encunhamento.

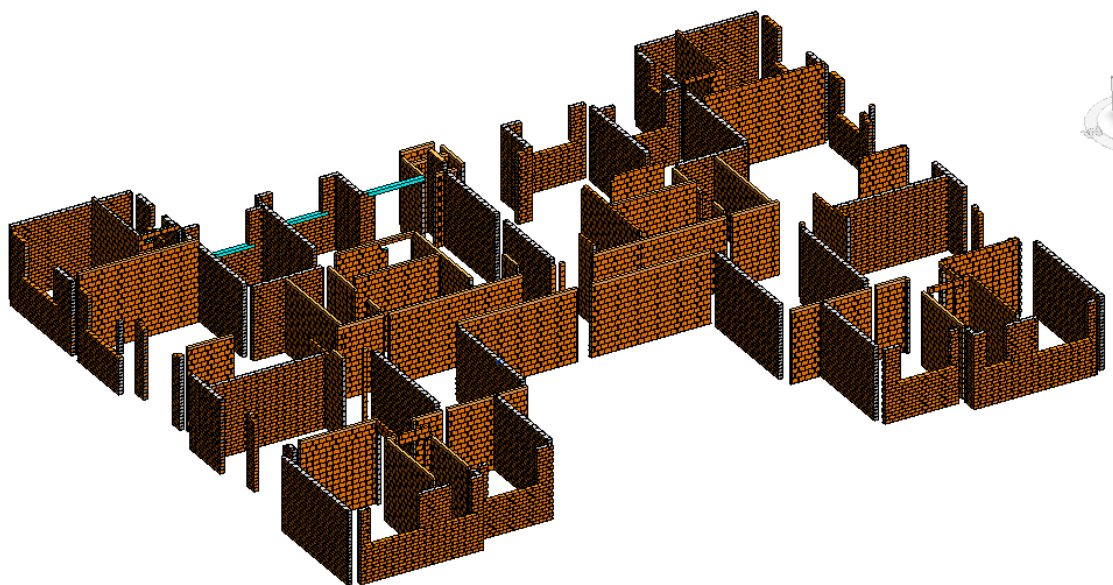


Figura 14: Modelo LOD 400
Fonte: Os autores

No próprio software BIM utilizado, foram extraídas tabelas de quantitativos de alvenaria por metragem quadrada.

Com a metragem quadrada total encontrada no modelo LOD 300, multiplicou-se os rendimentos dos materiais presentes nas composições de custos unitários utilizadas para obter-se as quantidades dos componentes das paredes separadamente.

LOD 300			
Composição	Area (m²)	Qtd Alvenaria (un)	Qtd Argamassa (m³)
Alvenaria com pilar em um canto			
87500	76,51	2.849,08	0,81
87502	45,56	2.544,36	0,01
87508	25,96	966,68	0,28
87510	12,39	691,76	0,17
87516	13,84	522,25	0,15
87518	41,89	2.371,98	0,57
	216,14	9.946,10	1,98
Paredes entre pilares			
87500	28,48	1.060,63	0,30
87502	32,98	1.842,04	0,45
87508	22,50	837,71	0,24
87510	43,05	2.404,34	0,58
87516	22,18	837,00	0,24
87518	40,16	2.273,86	0,54
87524	6,37	240,44	0,07
	195,72	9.496,03	2,41
Total	411,86	19.442,14	4,39

Tabela 1: Quantitativos LOD 300

Fonte: Os autores

Com o modelo em LOD 400, foi possível extrair a quantidade de blocos cerâmicos e o volume de argamassa diretamente.

LOD 400		
Composição	Qtd Alvenaria (un)	Qtd Argamassa (m³)
Alvenaria com pilar em um canto		
87500	2.704,00	0,98
87502	2.288,00	0,80
87508	695,00	0,25
87510	638,00	0,24
87516	907,00	0,32
87518	1.500,00	0,52
	8.732,00	3,12
Paredes entre pilares		
87500	672,00	0,25
87502	2.233,00	0,83
87508	555,00	0,20
87510	2.596,00	0,96
87516	1.482,00	0,58
87518	2.809,00	1,01
87524	588,00	0,21
	10.935,00	4,05
Total	19.667,00	7,17

Tabela 2: Quantitativos LOD 400

Fonte: Os autores

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tabelas 3 e 4 demonstram as diferenças em custos e porcentagens dos quantitativos obtidos através das modelagens de cada uma das tipologias de paredes em seus respectivos níveis de desenvolvimento de modelo.

Composição	Qtd Alvenaria (un) - LOD 300	Custo Alvenaria (R\$) - LOD 300	Qtd Alvenaria (un) - LOD 400	Custo Alvenaria (R\$) - LOD 400	Diferenças Alvenarias (R\$)	Diferenças Alvenaria
Alvenaria com pilar em um canto						
87500	2.849	R\$ 769,25	2.704	R\$ 730,08	-R\$ 39,17	-5,09%
87502	2.544	R\$ 686,98	2.288	R\$ 617,76	-R\$ 69,22	-10,08%
87508	967	R\$ 261,00	695	R\$ 187,65	-R\$ 73,35	-28,10%
87510	692	R\$ 186,77	638	R\$ 172,26	-R\$ 14,51	-7,77%
87516	522	R\$ 141,01	907	R\$ 244,89	R\$ 103,88	73,67%
87518	2.372	R\$ 640,44	1.500	R\$ 405,00	-R\$ 235,44	-36,76%
Paredes entre pilares						
87500	1.061	R\$ 286,37	672	R\$ 181,44	-R\$ 104,93	-36,64%
87502	1.842	R\$ 497,35	2.233	R\$ 602,91	R\$ 105,56	21,22%
87508	838	R\$ 226,18	555	R\$ 149,85	-R\$ 76,33	-33,75%
87510	2.404	R\$ 649,17	2.596	R\$ 700,92	R\$ 51,75	7,97%
87516	837	R\$ 225,99	1.482	R\$ 400,14	R\$ 174,15	77,06%
87518	2.274	R\$ 613,94	2.809	R\$ 758,43	R\$ 144,49	23,53%
87524	240	R\$ 64,92	588	R\$ 158,76	R\$ 93,84	144,55%
Total	19.442	R\$ 5.249,38	19.667	R\$ 5.310,09	R\$ 60,71	1,16%

Tabela 3: Análise comparativa de quantitativos de alvenarias obtidos nas duas modelagens
Fonte: Os autores

Composição	Qtd Argamassa (m³) - LOD 300	Custo com Argamassas - LOD 300	Qtd Argamassa (m³) - LOD 400	Custo com Argamassas - LOD 400	Diferenças Argamassa (R\$)	Diferenças Argamassa (%)
Alvenaria com pilar em um canto						
87500	0,81 m³	R\$ 323,82	0,98 m³	R\$ 392,00	R\$ 68,19	21,06%
87502	0,01 m³	R\$ 5,39	0,80 m³	R\$ 321,33	R\$ 315,94	5861,04%
87508	0,28 m³	R\$ 109,87	0,25 m³	R\$ 100,49	-R\$ 9,38	-8,54%
87510	0,17 m³	R\$ 66,77	0,24 m³	R\$ 94,96	R\$ 28,20	42,23%
87516	0,15 m³	R\$ 58,57	0,32 m³	R\$ 128,09	R\$ 69,52	118,70%
87518	0,57 m³	R\$ 225,83	0,52 m³	R\$ 208,70	-R\$ 17,13	-7,58%
Paredes entre pilares						
87500	0,30 m³	R\$ 120,55	0,25 m³	R\$ 99,38	-R\$ 21,17	-17,56%
87502	0,45 m³	R\$ 177,79	0,83 m³	R\$ 332,38	R\$ 154,58	86,95%
87508	0,24 m³	R\$ 95,21	0,20 m³	R\$ 81,71	-R\$ 13,50	-14,18%
87510	0,58 m³	R\$ 232,06	0,96 m³	R\$ 383,17	R\$ 151,11	65,11%
87516	0,24 m³	R\$ 93,87	0,58 m³	R\$ 230,79	R\$ 136,92	145,86%
87518	0,54 m³	R\$ 216,48	1,01 m³	R\$ 405,25	R\$ 188,77	87,20%
87524	0,07 m³	R\$ 26,97	0,21 m³	R\$ 83,92	R\$ 56,96	211,22%
Total	4,39 m³	R\$ 1.753,18	7,17 m³	R\$ 2.862,18	R\$ 1.109,01	63,26%

Tabela 4: Análise comparativa de quantitativos de argamassas obtidos nas duas modelagens
Fonte: Os autores

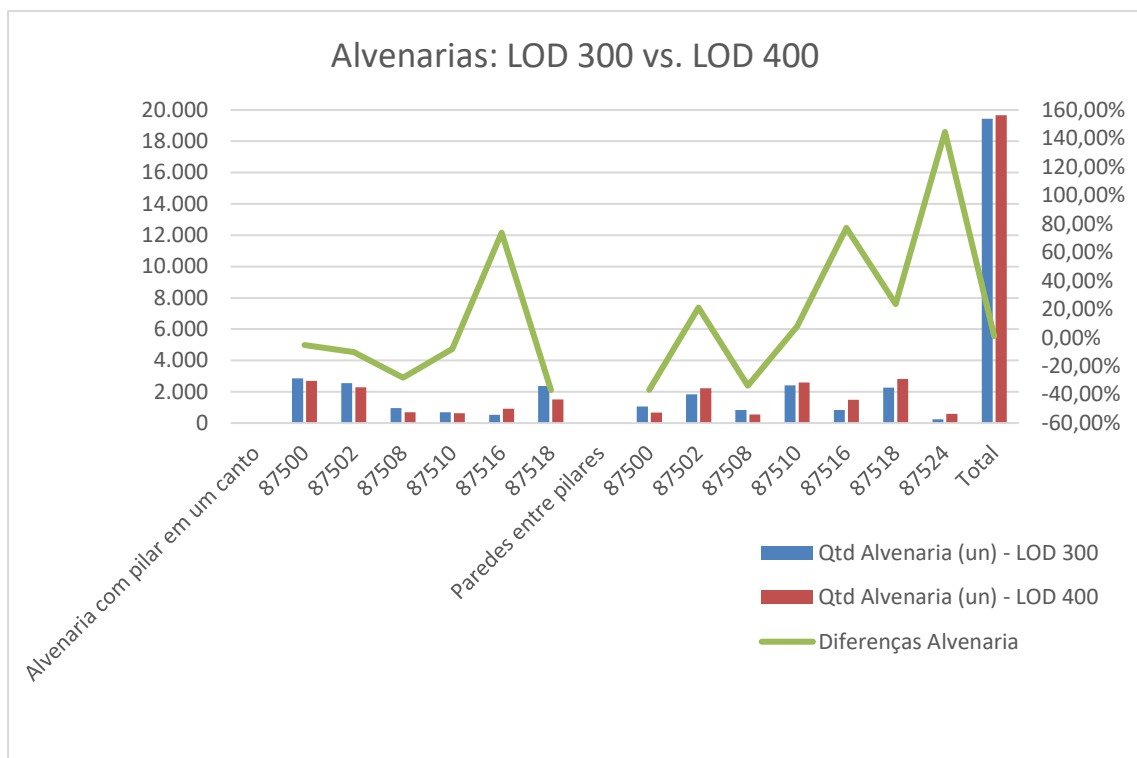


Figura 15: Análise comparativa de quantitativos de alvenarias obtidos nas duas modelagens
Fonte: Os autores

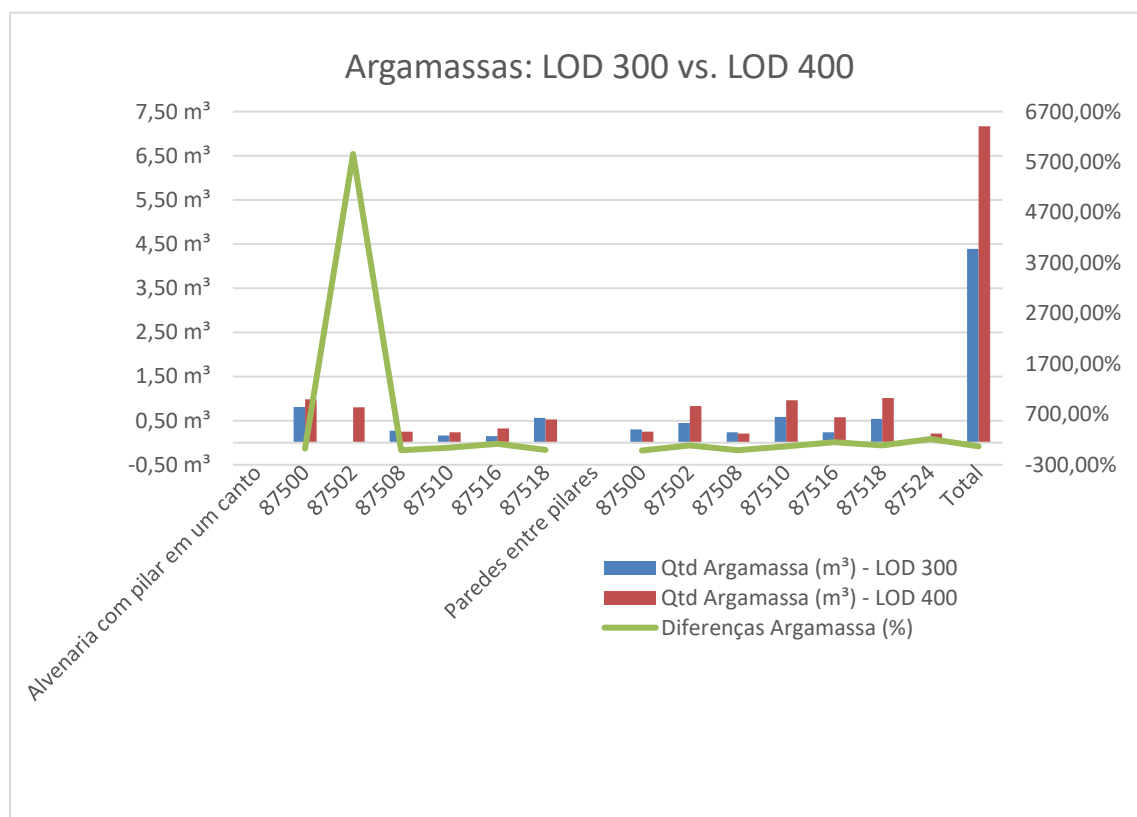


Figura 16: Análise comparativa de quantitativos de argamassas obtidos nas duas modelagens
Fonte: Os autores

Percebem-se algumas discrepâncias significativas nos comparativos apresentados. No caso dos blocos cerâmicos, em uma das tipologias de parede, representada pela composição de custos SINAPI 87524, a modelagem em LOD 400 retornou quantidades 144,55% maiores que as obtidas na modelagem em LOD 300. Entretanto, analisando os quantitativos totais de alvenarias, a diferença cai a 1,16%. Isto ocorre devido às peculiaridades de cada uma das metodologias de modelagem.

As figuras a seguir mostram uma mesma região do projeto modeladas nos diferentes níveis de desenvolvimento de modelo.

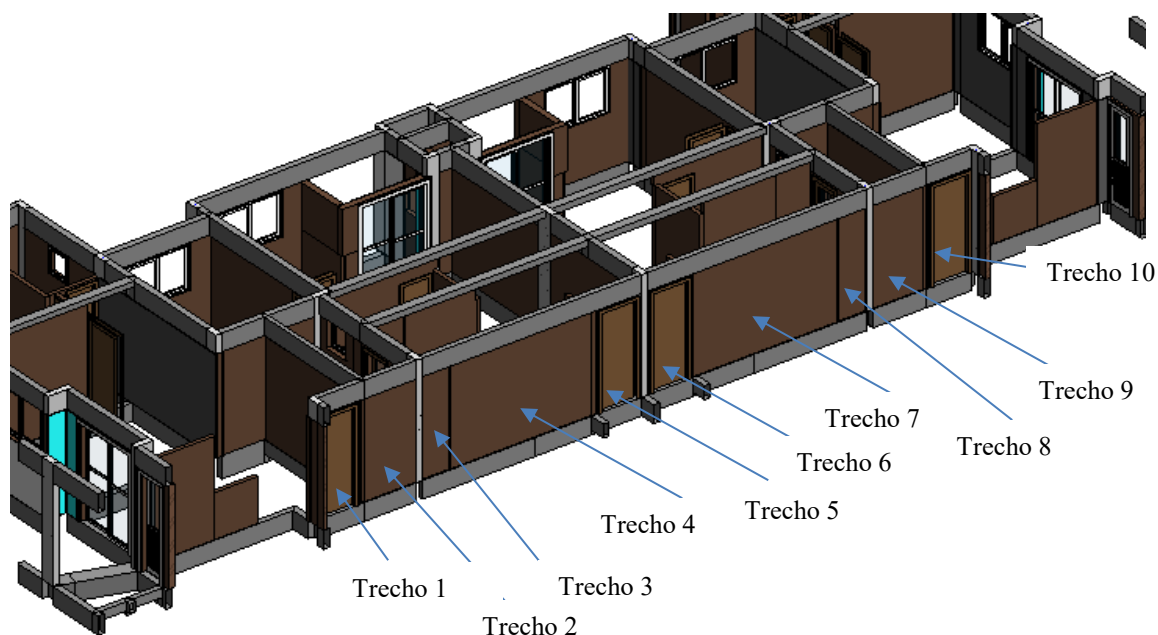


Figura 17: Modelo em LOD 300 das paredes do corredor do Térreo com seus respectivos trechos

Fonte: Os autores

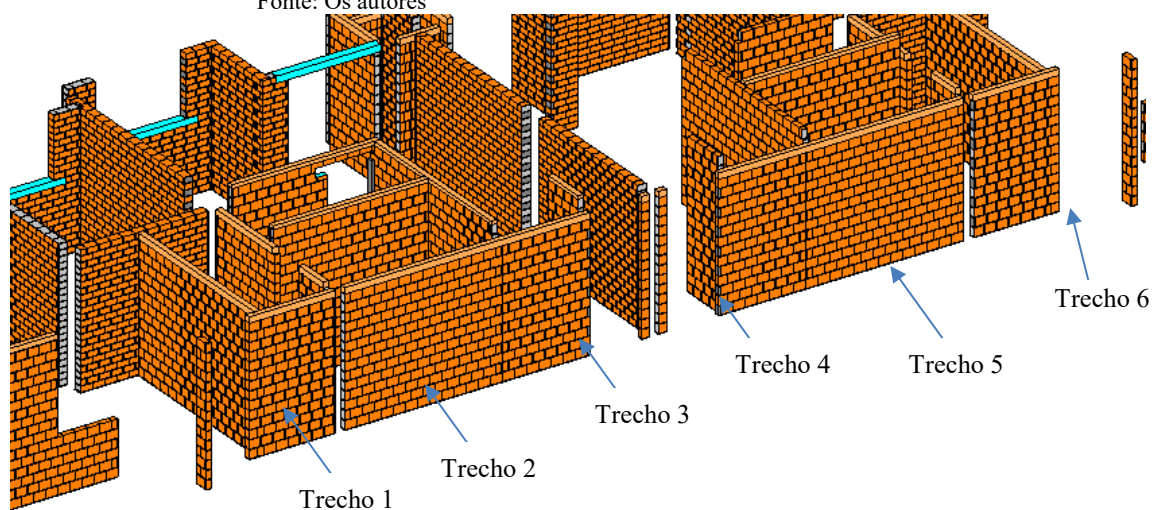


Figura 18: Modelo em LOD 400 das paredes do corredor do Térreo com seus respectivos trechos

Fonte: Os autores

É possível notar que apesar de terem as mesmas áreas totais e as mesmas aberturas, o modelo em LOD 300 possui 10 trechos diferentes de panos de paredes, definidos pelas segmentações dos elementos. Estas segmentações existem porque cada uma destas paredes tem um tipo diferente de camada de acabamento e, em modelagens neste nível de desenvolvimento, modelam-se todas as camadas de uma parede simultaneamente ao seu núcleo, gerando a descontinuidade apresentada na figura 17.

No caso do modelo detalhado, os panos de parede são maiores pois são descontinuados apenas quando interrompidos por um pilar estrutural, pois são modelados independentemente os revestimentos das vedações.

Isto posto, conclui-se que a diferença entre segmentação de paredes faz com que um pano de vedação no LOD 400 seja parametrizado com informações de composição de maneira diferente ao que se propõe para o LOD 300, causando as diferenças entre quantitativos por composição de custo apresentados na tabela 3. Já a diferença global de 1,16% pode ser explicada pelos dados de consumo de material trazidos pela composição de custo não serem compatíveis com a modelagem.

Quanto às diferenças nos consumos de argamassa, notamos que o LOD 300 permite a inserção de informações pertinentes à aplicação de argamassas de preenchimento em situações em que a distância do último bloco da fiada é pequena e não permite o uso de meio bloco no encontro da parede com janelas, portas, pilares e vigas. Tais considerações não são abordadas no LOD 300 e causam impactos significativos nos quantitativos extraídos. Aplicando-se a isso o conceito das diferenças entre segmentação de paredes mencionados anteriormente, temos as diferenças demonstradas na tabela 4.

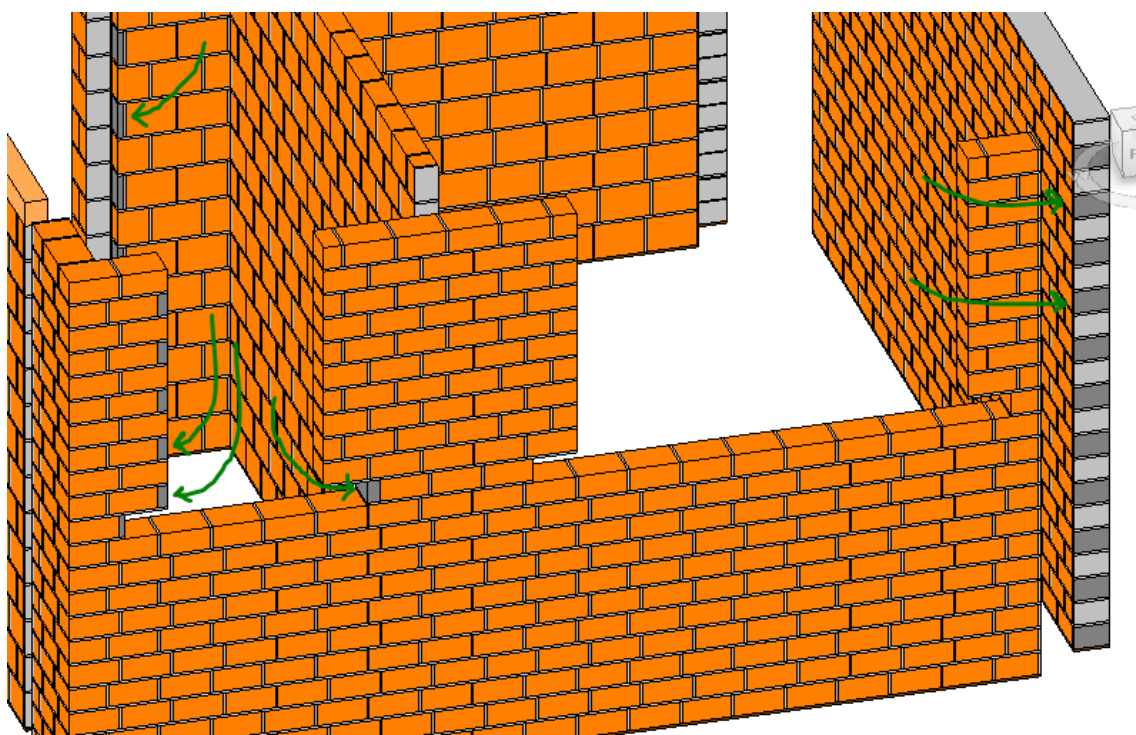


Figura 19: Modelo em LOD 400 de preenchimentos de argamassa.
Fonte: Os autores

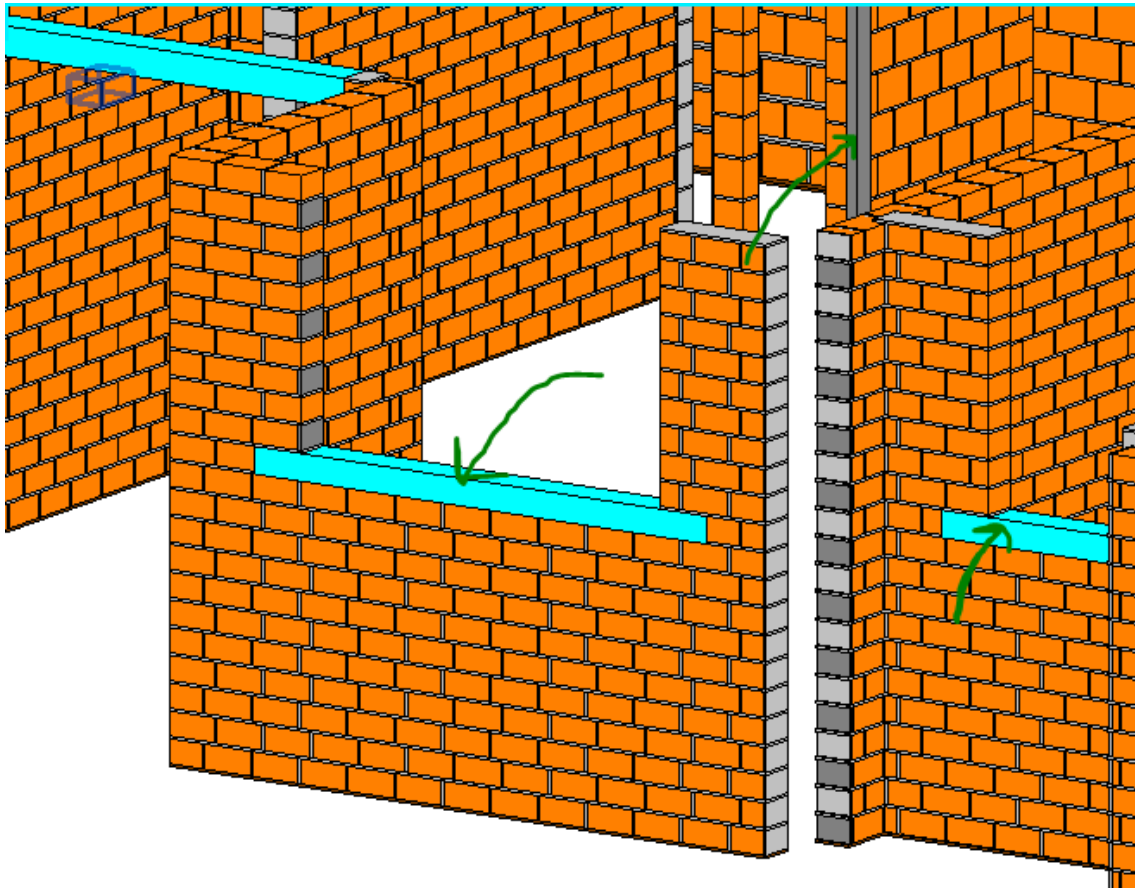


Figura 20: Modelo em LOD 400 mostrando detalhes que causam as diferenças de quantitativos.
Fonte: Os autores

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A diferença nos quantitativos dos insumos gerou acréscimo de R\$1169,72 no custo total da obra.

Um modelo com nível de detalhamento maior, necessita de mais horas de modelagem para ser concluído. No estudo, o tempo gasto para modelagem em LOD 300 foi de 1h30min, e para o LOD 400, 15h.

Considerando um valor de hora de modelagem de R\$7,58, conclui-se que o serviço de modelagem das alvenarias em LOD 400 é R\$102,33 maior que o custo de se modelar em LOD 300.

Este estudo de caso foi baseado em um projeto cujo custo total orçado foi definido em R\$ 1.363.813,55. Portanto, os acréscimos originados da modelagem em LOD 400, representam aproximadamente 0,086% do valor estimado da obra.

A precisão que o modelo em LOD 400 trouxe à estimativa de custos do empreendimento se mostra útil e financeiramente vantajosa. Entretanto, se analisada sob outras perspectivas como tamanho de arquivo e sua operação, desgaste psicológico e físico do modelador e, finalmente, prazos para desenvolvimento, este nível de detalhamento pode ser inviabilizado.

As características do empreendimento em questão foram favoráveis à sua modelagem em LOD 400. O edifício é simétrico em dois eixos (à exceção de algumas poucas paredes), sua área em planta é relativamente pequena, totalizando 336 m² e possui 4 pavimentos tipo. No caso de empreendimentos mais complexos, os resultados financeiros obtidos neste estudo de caso possivelmente não se repetiriam. Como ferramenta para análises BIM 5D, a modelagem em LOD 400 não se mostra uma alternativa eficiente pois não permite simular rápida e repetitivamente alternativas de projeto que busquem, por exemplo, sua viabilização.

Finalmente, recomendamos que estudos como este continuem sendo desenvolvidos com o intuito de refinamento e aprimoramento das composições de custo unitários. Desta forma, modelagens BIM em LOD 300 poderiam utilizar dados de preços unitários mais acurados, originados de modelagens experimentais em LOD 400.

REFERÊNCIAS

- AIA Document G202. **Project Building Information Modeling Protocol Form**. 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8575**. Execução de alvenaria sem Função Estrutural de Tijolos e Blocos Cerâmicos. 1984.
- BLOG REXPERTS. **Composição de Preços Unitários (CPU): Técnica Simples para um Orçamento Mais Preciso**. Disponível em < [http:// rexperts.com.br/composicao-de-precos-unitarios-cpu/](http://rexperts.com.br/composicao-de-precos-unitarios-cpu/)>. Acesso em: 13/01/2017.
- CAIXA ECÔNOMICA FEDERAL. **SINAPI**. Disponível em < <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 13/01/2017.
- CAMPELO, Heloísa; MOTTER, Alexia. **Implantação da Tecnologia BIM em Escritórios de Projetos na Região de Curitiba - Estudo de Casos**. 2014. 1 v. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, UFPR, Curitiba, 2014.
- CARVALHO, José Mexia Crespo de. **Logística**. 3ª ed. Lisboa: Edições Silabo, 2002
- EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathellen. **Manual de BIM**. Bookman, 2013.
- GIL, Antonio. Métodos e Técnicas da Pesquisa Social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- MANZIONE, Leonardo. **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão de Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM**. 2013. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, USP, São Paulo, 2013.