

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

PEDRO WARPECHOWSKI SPOHN

**PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA USO DO BIM NO PROCESSO
ORÇAMENTÁRIO**

Porto Alegre
2022

PEDRO WARPECHOWSKI SPOHN

**PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA USO DO BIM NO PROCESSO
ORÇAMENTÁRIO**

Trabalho de Conclusão apresentado ao
Departamento de Engenharia Civil da Escola de
Engenharia da Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, como requisito parcial para a
obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Luis Isatto

Porto Alegre
2022

PEDRO WARPECHOWSKI SPOHN

**PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA USO DO BIM NO PROCESSO
ORÇAMENTÁRIO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo Professor Orientador e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 26 de setembro de 2022.

Prof. Eduardo Luis Isatto
Dr. em Engenharia Civil UFRGS
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Eduardo Luis Isatto, Dra.
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof.^a Luciani Somensi Lorenzi
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Eng. Laís Jacques Linck
Engenheira pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Luci Rosane Warpechowski Spohn e Marcelo Spohn, por todo ensinamento, dedicação e amor, sem os quais não seria a pessoa que sou hoje.

Aos meus irmãos, Antônio e Luiza, por transparecem uma luz ininterrupta que ilumina e aquece meu coração.

À minha namorada e companheira, Paula, pelo amor e apoio irrestrito.

Ao meu orientador, Eduardo Luis Isatto por todo o auxílio, atenção e conhecimentos transmitidos durante essa jornada, garantindo o atendimento das minhas metas e da realização do trabalho.

A todos os professores e professoras que cruzaram meu caminho por todos os ensinamentos e trabalho desempenhado, desde o meu colégio, Província de São Pedro, o qual estudei e passei grande parte dos dias de minha vida, até a UFRGS.

A todos os meus amigos e colegas de curso que também me ensinaram muito.

À UFRGS, por todas as oportunidades e rica experiência proporcionadas, ficando aqui minha gratidão à toda instituição.

RESUMO

Perante uma realidade de expansão e competitividade, se torna imprescindível a evolução constante da indústria da construção civil através de novos mecanismos tecnológicos que auxiliem nos diversos ramos das atividades envolvidas, principalmente com a utilização da metodologia BIM (*Building Information Modeling*). Aliada a esta realidade, um fator fundamental para garantir a boa performance de um negócio é a elaboração eficiente de orçamentos precisos. O uso do BIM no Brasil vem crescendo constantemente, sendo muito aplicado nos dias presentes com a função de compatibilização de projetos. Porém ainda há muito a ser desenvolvido neste mercado, tendo em vista que se trata de um processo complexo e que altera as soluções técnicas profundamente, tanto pela adoção de novas ferramentas, como pela necessidade de modificar as metodologias envolvidas, resultando em uma mudança de cultura de toda organização e membros envolvidos. Assim, com o intuito de ampliar o entendimento sobre esta metodologia, o presente trabalho visa propor um procedimento padrão com a descrição das principais informações necessárias e etapas fundamentais para utilização do BIM no processo orçamentário por intermédio de um *software* BIM 5D (Revit) utilizando como base projetos de um empreendimento multifamiliar. A partir das análises desenvolvidas, foi estruturada uma metodologia prática e automatizada, possibilitando a orçamentação por meio do BIM, cabendo destacar que ainda há diversos pontos a serem desenvolvidos no âmbito do BIM 5D visando melhorias de processo e resultados, os quais constam como sugestão para futuras análises.

Palavras-chave: BIM (*Building Information Modeling*); Orçamento; BIM 5D

ABSTRACT

In a reality of expansion and competitiveness, the constant evolution of the construction industry through new technological mechanisms that assist in the various branches of activities involved, especially with the use of BIM (Building Information Modeling) methodology, becomes essential. Allied to this reality, a key factor to ensure a good performance of a business is the efficient elaboration of accurate cost estimations. The use of BIM in Brazil has been constantly growing, being widely applied nowadays with the function of project compatibility, yet there is still much to be developed in this market, considering that it is a complex process that changes the technical solutions profoundly, resulting in a change of culture of the entire organization and members involved. Therefore, in order to expand the understanding of this methodology, this academic work aims to propose a standard procedure with the description of the main information and key steps for BIM usage in the budgeting process through a 5D BIM software (Revit) using projects of a multifamily enterprise as a basis. From the analyses developed, a practical and automated methodology was structured, enabling budgeting through BIM, worth noting that there are still several points to be developed in the scope of BIM 5D aiming process and results improvements, which are included as a suggestion for future analysis.

Keywords: BIM (Building Information Modeling); Budget; BIM 5D

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo de formação do custo de uma obra.....	20
Figura 2 - Fluxograma de orçamentação.....	26
Figura 3 - Objeto Paramétrico Porta.....	34
Figura 4 - Dimensões do BIM.....	39
Figura 5 - Planta baixa da edificação.....	46
Figura 6 - Interação entre Dynamo e Revit.....	49
Figura 7 - Erros no projeto estrutural.....	50
Figura 8 - Identificação de erros no modelo.....	51
Figura 9 - Rotina para inserção de parâmetros no modelo.....	52
Figura 10 - Área de pórtico e volume de uma laje.....	53
Figura 11 - Rotina para criação das formas.....	54
Figura 12 - Forma com área associada.....	55
Figura 13 - Organização dos projetos no AutoCAD.....	57
Figura 14 - Pavimento tipo do empreendimento.....	59
Figura 15 - Custos dos grupos sem ajustes.....	69
Figura 16 - Custos dos grupos com ajustes.....	70
Figura 17 - Custo total dos grupos com e sem ajustes.....	71
Figura 18 - Ambientes do pavimento tipo.....	72
Figura 19 - Rotina para criação de paredes por ambiente.....	73
Figura 20 - Modelagem de revestimento de parede em um ambiente.....	74
Figura 21 - Ambiente e suas propriedades.....	75
Figura 22 - Rotina para a criação de pisos por ambiente.....	76
Figura 23 - Rotina para a criação de forros por ambiente.....	76
Figura 24 - Modelagem de revestimento de piso em um ambiente.....	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Margem de erro em função do tipo de orçamento.....	23
Quadro 2 - Parâmetros compartilháveis	51
Quadro 3 - Comparação de resultados da análise estrutural	55
Quadro 4 - Critérios de medição.....	58
Quadro 5 - Quantidades para Alvenarias	62
Quadro 6 - Quantidades para Drywall	63
Quadro 7 - Custos para Drywall	63
Quadro 8 - Quantidades para Revestimentos em Argamassa	64
Quadro 9 - Quantitativos para Revestimentos.....	65
Quadro 10 - Custos para Revestimentos	66
Quadro 11 - Quantitativo para Forros.....	66
Quadro 12 - Custos para Forros.....	66
Quadro 13 - Quantitativos para Pinturas e Limpeza da Obra.....	67
Quadro 14 - Custos para Pinturas e Limpeza da Obra.....	68
Quadro 15 - Parâmetros para a criação de paredes	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BDI - Benefícios e Despesas Indiretas

BIM – *Building Information Modeling*

CAD - *Computer Aided Design*

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	13
1.2	QUESTÃO DE PESQUISA	14
1.3	OBJETIVOS DA PESQUISA	15
1.3.1	Objetivo Principal	15
1.3.2	Objetivos Secundários	15
1.4	DELIMITAÇÕES	15
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2	ORÇAMENTO NA ENGENHARIA CIVIL	17
2.1	CLASSIFICAÇÃO DE CUSTOS	18
2.2	FORMAÇÃO DE CUSTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	19
2.3	ATRIBUTOS DE UM ORÇAMENTO	21
2.3.1	Aproximação	21
2.3.2	Especificidade	22
2.3.3	Temporalidade	22
2.4	TIPOS DE ORÇAMENTO	22
2.4.1	Estimativa de custo	24
2.4.2	Orçamento preliminar	24
2.4.3	Orçamento analítico	25
2.5	ETAPAS DE ORÇAMENTAÇÃO	25
2.5.1	Condicionantes	27
2.5.2	Composição de custos	27
2.6	LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS	29
3	BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) NA ELABORAÇÃO DE ORÇAMENTOS E CONTROLE DE CUSTOS	31
3.1	CARACTERIZAÇÃO	31
3.2	A IMPORTÂNCIA DA REPRESENTAÇÃO PARAMÉTRICA	32

3.3	USO DO BIM NO CICLO DE VIDA DA EDIFICAÇÃO	34
3.4	BIM E INTEROPERABILIDADE	36
3.5	DIMENSÕES DO BIM	38
3.6	BIM 5D E A GESTÃO DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO	41
4	ESTUDO DE CASO	44
4.1	CRITÉRIOS PARA A REALIZAÇÃO DAS ANÁLISES.....	44
4.2	O EMPREENDIMENTO.....	45
4.3	ESCOLHA DO <i>SOFTWARE</i>	46
4.4	ANÁLISE DO PROJETO ESTRUTURAL EM BIM.....	47
4.4.1	Identificação de Erros	50
4.4.2	Parâmetros Compartilháveis	51
4.4.3	Criação das Formas	53
4.4.4	Resultados da Supraestrutura.....	55
4.5	ANÁLISE DE OUTRAS DISCIPLINAS	56
4.5.1	Critérios de Quantificação	57
4.5.2	Análise do Modelo BIM de Arquitetura	59
4.5.3	Associação dos Elementos aos Serviços	61
4.5.3.1	Alvenarias.....	61
4.5.3.2	<i>Drywall</i>	62
4.5.3.3	Revestimentos em argamassa	63
4.5.3.4	Revestimentos.....	65
4.5.3.5	Forros	66
4.5.3.6	Pinturas e limpeza da obra	67
4.5.4	Custo Total.....	68
4.6	SOLUÇÕES DE APOIO PARA MODELAGEM POR AMBIENTES	71
4.6.1	Criação de Paredes por Rotina.....	72
4.6.2	Criação de Pisos e Forros por Rotina.....	75
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
5.1	CONCLUSÃO	78
5.2	SUGESTÕES DE PESQUISA	79

REFERÊNCIAS.....	81
APÊNDICE A – COMPARATIVO ENTRE QUANTITATIVOS	84

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo introdutório tem como propósito apresentar a contextualização, a questão de pesquisa, os objetivos, as delimitações e a estrutura do presente trabalho.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O *Building Information Modeling* (BIM) – ou Modelagem da Informação da Construção – tem sido classificado como uma inovação disruptiva, pois altera as soluções técnicas profundamente, levando a diversas mudanças nas tecnologias dos processos da área da construção civil. Na visão de Catelani (2016), a metodologia BIM tem potencial de alterar a cultura dos agentes do setor, pois sua utilização requer novos métodos de trabalho e formas de relacionamento entre todos os profissionais atuantes no ciclo de vida de um empreendimento.

Segundo Barros Neto, Fensterseifer e Formoso (2003), é notória a inclusão do custo como um critério competitivo da produção. Este, por sua vez, está diretamente ligado à produtividade corporativa. Assim sendo, as empresas de construção estão procurando maneiras mais eficientes e eficazes de estimar e obter os custos de um empreendimento, na tentativa de acelerar o processo e poder avaliar diversos cenários. O método convencional de orçamentação, através da união entre projetos 2D com aplicativos de orçamentos e planilhas eletrônicas, é complexo e extenso, podendo ser aperfeiçoado com a automatização do sistema por meio da vinculação das composições orçamentárias aos elementos dos modelos BIM ou aos quantitativos extraídos.

Todavia, a introdução do BIM em uma organização é um processo complicado, tendo em vista que é necessário haver uma mudança de cultura, incluindo pessoas, processos e a maneira da organização resolver os problemas e desenvolver seus produtos. Assim, é possível afirmar que a sua efetiva implantação se baseia em três dimensões fundamentais: tecnologia, pessoas e processos, concatenadas entre

si por procedimentos, normas e boas práticas (ABDI, 2017a). Desta forma, alguns cuidados quanto à modelagem devem ser respeitados em todas as fases, definindo os métodos e parâmetros que serão aplicados ao projeto para obter confiabilidade e acurácia na sua execução. Afinal, quando implementado corretamente, esta tecnologia proporciona uma integração entre o processo de projeto e construção, resultando em um produto de qualidade superior com custos e prazo de execução reduzidos (EASTMAN et al., 2014).

A partir da dificuldade de se realizar a associação dos objetos aos serviços ao se realizar um orçamento, aliada aos pontos evidenciados, o presente trabalho busca propor e atestar a eficácia de um fluxo de trabalho para uso da metodologia BIM no processo orçamentário, definindo o *software* a ser utilizado, as informações que devem estar associadas aos elementos, uma lógica para atribuir uma relação entre os objetos BIM e os serviços a eles associados, a atribuição de parâmetros no modelo necessários para o orçamento e a esquematização de composições baseadas nas delimitações do trabalho.

Portanto, em termos de aplicação, este estudo busca proporcionar uma base importante para futura implementação do processo orçamentário BIM em uma empresa e identificação de procedimentos a serem adotados para aperfeiçoamento do modelo.

1.2 QUESTÃO DE PESQUISA

A partir do que foi retratado, a questão que este trabalho busca responder é: “Que tipo de informação deve constar nos elementos de um modelo BIM para que seja possível realizar a associação entre estes objetos e os serviços atribuídos a eles, e de que forma pode-se fazê-la?”

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.3.1 Objetivo Principal

O objetivo desta pesquisa é identificar quais informações são necessárias para realizar o processo orçamentário a partir de um modelo BIM, atribuindo uma lógica entre os elementos e os itens orçamentários, que permita explicitar considerações de cálculo e automatizar a extração de quantitativos.

1.3.2 Objetivos Secundários

Os objetivos secundários desta pesquisa são:

- a) Definir um procedimento padrão para a extração de quantitativos dos elementos do modelo BIM com base no banco de dados e serviços analisados;
- b) A partir da comparação entre os quantitativos obtidos através do modelo BIM com os totais medidos analiticamente, determinar as possíveis causas das discrepâncias encontradas;
- c) Desenvolver um conjunto de soluções para problemas práticos envolvendo a associação entre objetos e serviços,.

1.4 DELIMITAÇÕES

Para aplicação do método de modelagem será utilizado um projeto de uma edificação residencial já modelada, sendo aplicadas as composições de custo da própria empresa.

Em relação aos métodos e ferramentas utilizadas, o trabalho limita-se aos critérios de levantamento de quantitativos praticados por uma única empresa, não tendo o intuito de englobar todas as diferentes maneiras de conceber quantitativos que o mercado brasileiro possa ter.

Dentre as disciplinas envolvidas, o projeto restringiu-se à realização de uma análise do projeto estrutural do modelo e a abordar os quantitativos provenientes de materiais em relação às vedações verticais (paredes) e horizontais (lajes) e seus respectivos revestimentos, a partir de uma orçamentação analítica, não sendo o foco da pesquisa a análise de preços dos itens orçamentários.

Ademais, o trabalho limita-se à análise de um pavimento tipo da edificação e à utilização de um único *software* BIM para a análise do modelo, formatação de dados, extração de quantitativos e soluções de modelagem, o Autodesk Revit.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O primeiro capítulo do trabalho introduz o assunto do tema de pesquisa, apresentando a justificativa, os objetivos gerais e específicos, a delimitação e a estrutura do trabalho.

A segunda etapa compreende a pesquisa bibliográfica, descrevendo as informações teóricas utilizadas como base para a realização do presente trabalho. O segundo capítulo trata do orçamento na engenharia civil de uma maneira geral, com enfoque em pontos de maior relevância para a realização desta pesquisa, como a formação do custo, tipos de orçamento e seus atributos, as etapas de orçamentação e levantamento de quantitativos. Ainda nesta etapa, no capítulo 3, é caracterizado o conceito de BIM, suas particularidades e aplicações, além da sua relação com a orçamentação.

O quarto capítulo trata do estudo de caso, sendo demonstrado o método de pesquisa, retratando as características da obra de estudo, a análise de projetos e a metodologia desenvolvida para a obtenção dos resultados esperados do trabalho.

Por fim, no quinto capítulo são descritas as considerações finais do trabalho a partir da análise dos resultados obtidos em relação aos objetivos traçados inicialmente, além de serem recomendados temas para futuras pesquisas.

2 ORÇAMENTO NA ENGENHARIA CIVIL

Pode-se definir orçamento como a identificação, descrição, quantificação, análise e valoração de mão de obra, equipamentos, materiais, custos financeiros, custos administrativos, impostos, riscos e margem de lucro desejada para adequada previsão do preço final de um empreendimento (SINAPI, 2015, p. 16).

Segundo Mattos (2006), orçamento não se confunde com orçamentação. Aquele é o produto; este, o processo de determinação. Ainda segundo o autor, um vasto número de variáveis influencia no custo de um empreendimento, tendo em vista que a técnica orçamentária envolve diversos fatores e requer, portanto, muita atenção e conhecimento técnico do orçamentista. Devem ser realizados muitos estudos para que não existam lacunas nem considerações descabidas no orçamento, uma vez que este é realizado antes da materialização do produto.

Devido à indubitável responsabilidade atribuída ao responsável pela elaboração do orçamento, surge, como consequência, uma busca constante no mercado por pessoas com a experiência necessária, que sejam capazes de se adaptarem às variações mercadológicas e manterem a competitividade da sua empresa frente à concorrência. Ademais, a introdução de novo *software* com ferramentas mais sofisticadas no mercado está colaborando para o avanço de algumas empresas à frente de outras, sempre com a meta de elaborar um orçamento mais próximo possível do valor real, tornando o setor da engenharia civil ainda mais competitivo. Portanto, “não basta saber elaborar o orçamento, e sim, desenvolvê-lo em um período curto, sempre se baseando em novos métodos e preços competitivos para se manter dentro do mercado da construção civil” (DIAS, 2011, p. 10).

Para realizar detalhadamente um orçamento de obras, faz-se necessário, dentre tantas outras, as seguintes documentações: os projetos básicos, tais como o arquitetônico e os complementares, memorial descritivo com o máximo de detalhes possível e normas técnicas (GOLDMAN, 2004). Segundo Mattos (2006), a análise aprofundada dos desenhos, planos e especificações da obra permite determinar a melhor maneira de realizar cada tarefa envolvida, assim como identificar as dificuldades de cada serviço e conseqüentemente seus custos de execução. Ainda

assim, alguns parâmetros não podem ser determinados com exatidão, tornando imprescindível o entendimento da composição de preços dos serviços, em que não devem ser considerados somente os materiais empregados, mas também a mão de obra necessária e todas as demais despesas do empreendimento, tais como as taxas, a despesa com administração, fiscalização, impostos, e, certamente, a margem de lucro esperada (TISAKA, 2006).

Sendo assim, é fundamental que a experiência do profissional responsável pela elaboração do orçamento vá além do processo orçamentário, englobando o conhecimento de execução do tipo da obra a ser orçada, de legislação, de normas, entre outros. “Desta maneira, podemos dizer que o orçamentista deve ser um profissional multidisciplinar, pois tem obrigação de conhecer várias áreas do saber, de modo a bem elaborar a sua tarefa” (DIAS, 2011, p. 17).

2.1 CLASSIFICAÇÃO DE CUSTOS

Usualmente, na construção civil, os custos podem ser classificados quanto à identificação com o produto. Para Dias (2011, p. 12), “O orçamento das construções ou dos serviços de engenharia civil é igual a soma do custo direto, do custo indireto e do resultado estimado do contrato (lucro previsto).” O entendimento de tais conceitos, junto ao de BDI, é de extrema importância para maior compreensão do processo orçamentário.

Para Mattos (2006, p. 29), “Os custos diretos são aqueles diretamente associados aos serviços de campo. Representam o custo orçado dos serviços levantados.” Martins (1995) define os custos diretos como aqueles que podem ser identificados ou relacionados com o produto em execução, podendo ser apropriados diretamente, bastando haver uma medida de consumo. Para Tisaka (2006, p. 37) o custo direto representa:

[...] a somatória de todos os custos dos materiais, equipamentos e mão-de-obra aplicados diretamente em cada um dos serviços na produção de uma obra ou edificação qualquer, incluindo-se todas as despesas de infraestrutura necessárias para a execução da obra.

Em relação aos custos indiretos, Tisaka (2006, p. 39) os define como “Despesas que, embora não incorporadas à obra, são necessárias para a sua execução, mais os impostos, taxas e contribuições.”

Mattos (2006, p. 200) define custos indiretos de uma maneira interessante ao afirmar que:

A melhor definição de custo indireto talvez seja uma definição por exclusão: custo indireto é todo custo que não apareceu como mão-de-obra, material ou equipamento nas composições de custos unitários do orçamento. Em outras palavras, é todo custo que não entrou no custo direto da obra, não integrando os serviços de campo orçados.

[...]

É comum utilizar o termo despesas indiretas (DI) como sinônimo do custo indireto da obra. As despesas indiretas associam-se normalmente com manutenção do canteiro de obras, salários, despesas administrativas, taxas, emolumentos, seguros, viagens, consultoria, fatores imprevistos e todos os demais aspectos não orçados nos itens de produção.

Apesar de variar de acordo com as características de cada obra, Dias (2011) identifica alguns itens de grande relevância para a composição global do custo indireto, sendo a lista apresentada a seguir:

- a) Mobilização e desmobilização de equipamentos e pessoal;
- b) Administração local e central;
- c) Despesas;
- d) Tributos;
- e) Benefícios.

Finalmente, pode-se definir o BDI como “[...] o percentual relativo às despesas indiretas que incidirá sobre os custos diretos, uma vez que, [...] é exigido que os preços unitários de venda incorporem todos os encargos que oneram os serviços a serem executados” (DIAS, 2011, p. 141).

2.2 FORMAÇÃO DE CUSTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

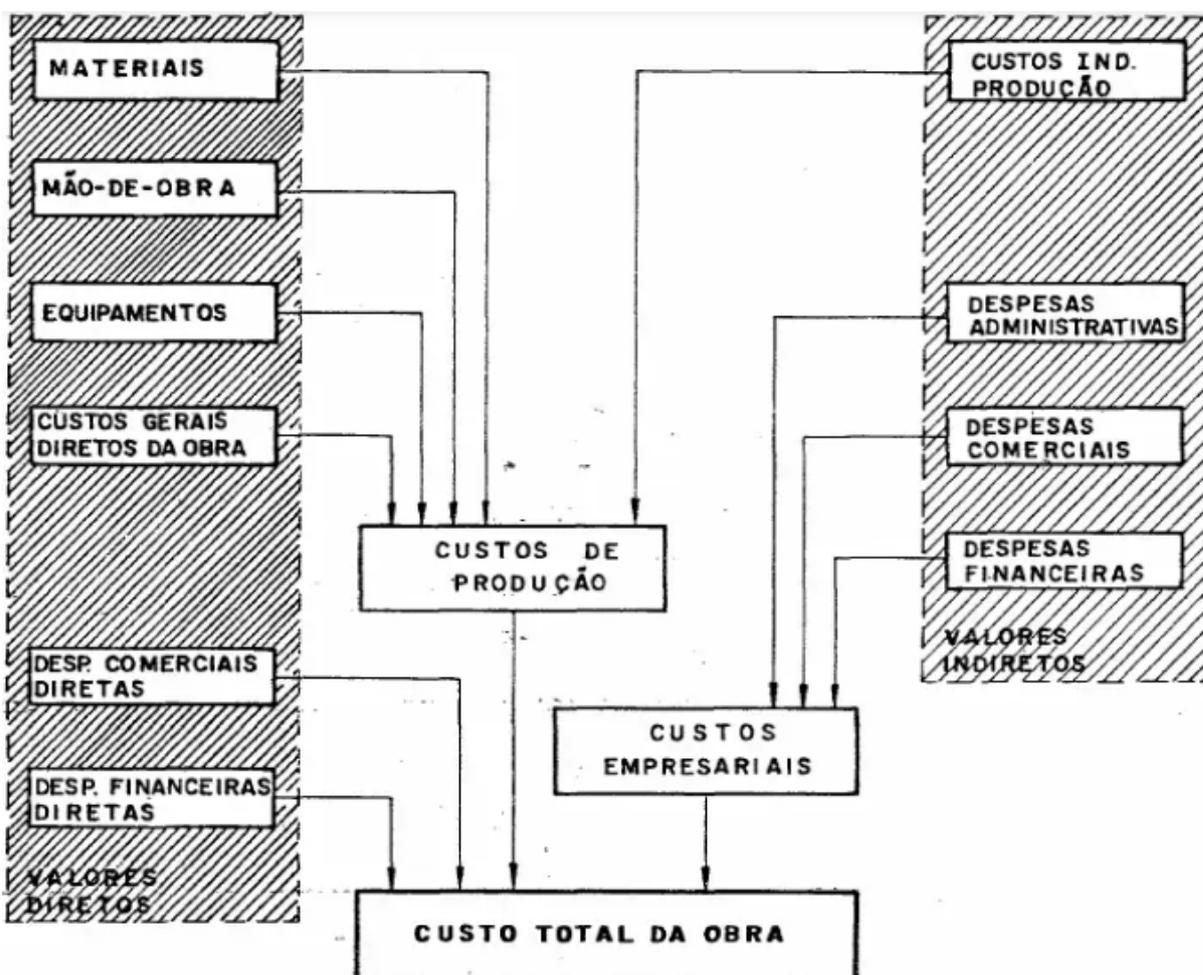
Cabral (1988) divide os custos das empresas de construção civil em dois grandes grupos:

Custos empresariais, provenientes do sistema de administração central da empresa (fazem referência aos custos de manutenção do escritório central);

Custos de produção, originados dos sistemas de produção (fazem referência às obras).

A figura a seguir representa o processo de formação do custo de uma obra de construção civil:

Figura 1- Processo de formação do custo de uma obra



Fonte: CABRAL (1988, p. 16)

Este trabalho tem como enfoque os custos dos materiais, mão-de-obra e equipamentos, sendo estes pertencentes aos métodos de elaboração de orçamento a partir dos valores diretos dos custos de produção, definidos da seguinte maneira, conforme Cabral (1988):

Materiais: todos os materiais utilizados na construção da obra;

Mão-de-obra: é a mão-de-obra diretamente empregada nos serviços da obra;

Equipamentos: compreendem todos os equipamentos estáticos ou móveis, além das ferramentas, necessários à execução da obra.

2.3 ATRIBUTOS DE UM ORÇAMENTO

Pode-se dizer que os atributos ou qualidade de um orçamento traduz a sua competência de retratar as características de um projeto. Dessa maneira, Xavier (2008, p. 19) afirma que “O orçamento e a composição de custos não podem ser simplesmente extraídos da literatura de uma forma simples e ingênua, ao contrário, e ainda que não pareça, devem ser fundamentados por conceitos mínimos e fundamentais para demonstrar o custo real e efetivo da futura obra.” Mattos (2006, p. 24) completa este raciocínio da seguinte maneira:

Por se tratar de um estudo feito a priori, há sempre uma margem de incerteza embutida no orçamento. Muitas são as premissas de cálculo adotadas e a defasagem de tempo entre o momento da orçamentação e o da realização da tarefa pode ser bastante dilatado. Os principais atributos do orçamento são aproximação, especificidade e temporalidade.

Estes atributos são descritos a seguir.

2.3.1 Aproximação

Por se basear em previsões de custo, todo orçamento é aproximado, onde há uma estimativa associada a cada item necessário durante as obras. Neste sentido, Xavier (2008) afirma que o orçamento não tem como objetivo a exatidão, mas deve existir um nível de precisão adequado, que seja o mais abrangente possível.

Tal atributo de estimar valores é de grande relevância para o trabalho e ressalta a necessidade imperativa de mecanismos de controle de custos, sendo que

estes recursos influenciam diretamente no aprimoramento das informações contidas no orçamento.

2.3.2 Especificidade

Todo orçamento está profundamente conectado à empresa ou órgão público que o está elaborando, dadas políticas e padrões técnicos praticados, e às condições locais. Assim, mesmo com um extenso banco de dados de obras, cada projeto tem fatores característicos que afetam o orçamento exclusivamente. Mattos (2006, p. 25) corrobora com esta afirmação ao dizer que “O orçamento para a construção de uma casa em uma cidade é diferente do orçamento de uma casa igual em outra cidade. [...] Por mais que um orçamentista se baseie em algum trabalho anterior, é sempre necessário adaptá-lo à obra em questão.” Para Xavier (2008, p. 22), “[...] elencar as especificidades de uma determinada obra na fase de orçamento é a precisão que o orçamento deve conter; pois quanto maior e apurado for a sua elaboração, menor será sua margem de erro.”

2.3.3 Temporalidade

Pode-se dizer que um orçamento possui uma validade temporal, tendo em vista que se trata de uma reflexão de um registro financeiro de uma obra em um determinado momento. Logo, as informações embutidas em um orçamento, sejam composições, insumos ou custos indiretos, tornam-se sem exatidão alguma ao longo do tempo.

2.4 TIPOS DE ORÇAMENTO

No setor da construção civil, o orçamento tem papel fundamental na tomada de decisões, visto que se faz necessário para análise da viabilidade de algum empreendimento. Com isso, muitas vezes orçamentos são realizados com o “[...]”

projeto arquitetônico em fase de anteprojeto, com as especificações técnicas e de acabamentos por serem totalmente definidas e ainda com os projetos complementares por fazer” (GOLDMAN, 2004, p. 105).

Como há uma relação direta entre a precisão de um orçamento e o nível de desenvolvimento de um projeto (IBRAOP, 2012), faz sentido existir uma separação de acordo com seu nível de maturidade. Para Mattos (2006), o orçamento pode ser classificado de três maneiras: estimativa de custo, orçamento preliminar e orçamento analítico ou detalhado, a depender do grau de detalhamento e etapa dos projetos, sendo representadas pela margem de erro indicada no quadro 1.

Quadro 1 - Margem de erro em função do tipo de orçamento

Tipo de orçamento	Fase de projeto	Cálculo do preço	Faixa de Precisão
Estimativa de custo	Estudos preliminares	Área de construção multiplicada por um indicador.	± 30%*
Preliminar	Anteprojeto	Quantitativos de serviços apurados no projeto ou estimados por meio de índices médios, e custos de serviços tomados em tabelas referenciais.	± 20%
Detalhado ou analítico (orçamento base da licitação)	Projeto básico	Quantitativos de serviços apurados no projeto, e custos obtidos em composições de custos unitários com preços de insumos oriundos de tabelas referenciais ou de pesquisa de mercado relacionados ao mercado local, levando-se em conta o local, o porte e as peculiaridades de cada obra.	± 10%
Detalhado ou analítico definitivo	Projeto executivo	Quantitativos apurados no projeto e custos de serviços obtidos em composições de custos unitários com preços de insumos negociados, ou seja, advindos de cotações de preços reais feitas para a própria obra ou para outra obra similar ou, ainda, estimados por meio de método de custo real específico.	± 5%

*Para obras de edificações, a faixa de precisão esperada da estimativa de custo é de até 30%, podendo ser superior em outras tipologias de obras.

Fonte: IBRAOP (2012)

2.4.1 Estimativa de custo

Segundo Xavier (2008), “Na estimativa de custos utilizamos uma avaliação histórica em comparação com projetos similares, dando uma ideia da ordem de grandeza do custo do empreendimento.”

Para Goldman (2004, p. 105),

O orçamento por estimativas nada mais é que um orçamento simplificado da obra. Ele tem como objetivo obter o custo de construção da obra levando em conta apenas os dados técnicos que ela possa dispor, assim como obter os resultados em tempo consideravelmente inferior ao que seria obtido, caso fosse executado o orçamento detalhado.

Naturalmente que, em contrapartida, [...] leva o trabalho a uma margem de incerteza que deve ser levada em conta no estudo de viabilidade do empreendimento.

Assim, a experiência e banco de dados da empresa é de extrema importância para garantir uma precisão adequada a este tipo de orçamento, tendo em vista que se tratando de uma construção convencional, “[...] com os serviços bem conhecidos pela construtora, com registros de custos de obras similares e sem grandes indefinições e interferências, a estimativa pode produzir números bem próximos da realidade” (MATTOS, 2006, p. 34).

2.4.2 Orçamento preliminar

O orçamento preliminar encontra-se um degrau acima da estimativa de custos, contando com projetos mais detalhados e um nível maior de informações, possibilitando um grau de incerteza menor do que o da estimativa de custos. Ele presume o levantamento de algumas quantidades de maneira simplificada e a atribuição do custo para certos serviços.

Segundo Mattos (2006, p. 39), “No orçamento preliminar, trabalha-se com uma quantidade maior de indicadores, que representam um aprimoramento da estimativa inicial.” Estes surgem a partir do desmantelamento da edificação em elementos, havendo uma separação entre diferentes tipologias ou identificações variáveis, e permitem a geração de pacotes de trabalho menores. Esta separação

facilita a orçamentação e permite um melhor entendimento dos custos envolvidos e análises de sensibilidade de preços. Em obras similares, a construtora pode criar indicadores próprios, tendo em vista que mesmo com projetos arquitetônicos alternativos e acabamentos diferentes, estes indicadores não apresentarão grandes variações (MATTOS, 2006).

2.4.3 Orçamento analítico

O orçamento analítico ou detalhado pode ser definido como aquele em que a engenharia de custos efetua de forma criteriosa o levantamento de todas as quantidades necessárias para a concretização de um serviço (COÊLHO, 2015).

Para Mattos (2006, p. 42), o orçamento analítico é montado a partir da cuidadosa pesquisa de preços de insumos e montagem de serviços, representando a maneira mais assertiva de previsão de custos da obra. Segundo o autor,

O orçamento analítico vale-se de uma composição de custos unitários para cada serviço da obra, levando em consideração quanto de mão-de-obra, material e equipamento é gasto em sua execução. Além do custo dos serviços (custo direto), são computados também os custos de manutenção do canteiro de obras, equipes técnica, administrativa e de suporte da obra, taxas e emolumentos, etc. (custo indireto), chegando a um valor orçado preciso e coerente.

Outros tópicos como cálculo e levantamento de quantitativos, assim como composição de custo, serão abordados mais adiante.

2.5 ETAPAS DE ORÇAMENTAÇÃO

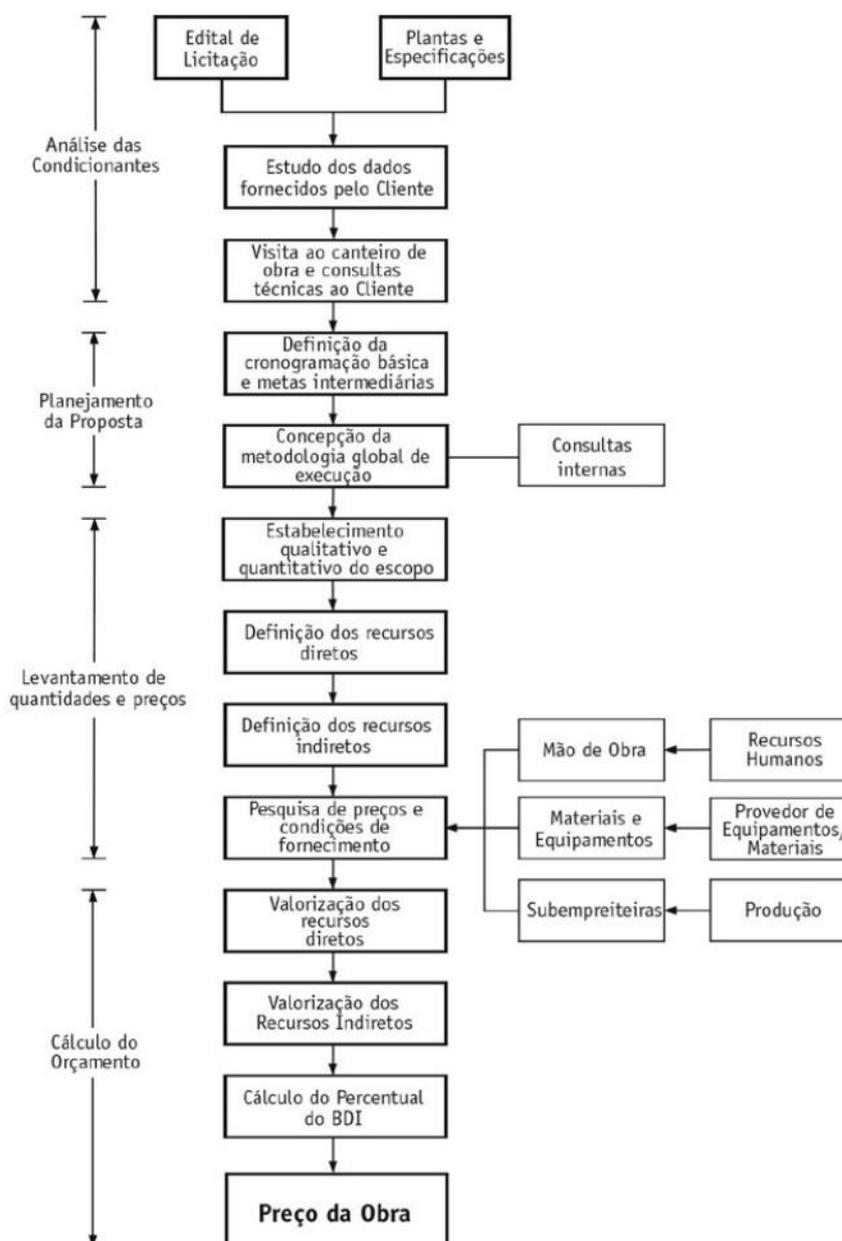
Dessa forma, Mattos (2006) separa o processo em três grandes etapas de trabalho:

- a) Estudo das condicionantes (condições de contorno);
- b) Composição de custos;
- c) Determinação do preço.

Paralelamente a estas etapas, Dias (2011) ainda adiciona o planejamento da proposta como etapa intermediária, gerando um fluxograma referente às fases de elaboração de um orçamento, sendo apresentado na figura 2.

Vale ressaltar que, no presente trabalho, as etapas de maior interesse são as de estudo das condicionantes e composição de custos, sendo estas as etapas descritas em seguida.

Figura 2 - Fluxograma de orçamentação



Fonte: DIAS (2011, p. 22)

2.5.1 Condicionantes

Para Mattos (2006, p. 27),

Todo orçamento baseia-se num projeto, seja ele básico ou executivo. [...] A partir dele serão identificados os serviços constantes da obra com suas respectivas quantidades, o grau de interferência entre eles, a dificuldade relativa de realização das tarefas, etc.

Nesta fase, de posse do edital de licitações ou memorial descritivo, deve-se realizar um aprofundamento em busca do entendimento deste material e do serviço a ser executado (DIAS, 2011). Além disso, é recomendável uma visita ao local da obra a fim de levantar dados importantes para o orçamento, além de servir “[...] para tirar dúvidas, [...], tirar fotos, avaliar o estado das vias de acesso e verificar a disponibilidade de materiais, equipamento e mão de obra na região.” (MATTOS, 2006, p. 28).

2.5.2 Composição de custos

Para Marchiori (2009), a composição de custos refere-se aos gastos gerados a partir de um determinado serviço de obra, sendo composta por insumos que contém especificações, unidades e coeficientes de consumo.

Já segundo Mattos (2006, p. 62), dá-se o nome de composição de custos ao:

[...] processo de estabelecimento dos custos incorridos para a execução de um serviço ou atividade, individualizado por insumo e de acordo com certos requisitos pré-estabelecidos. A composição lista todos os insumos que entram na execução do serviço, com suas respectivas quantidades, e seus custos unitários e totais.

Ainda para o autor, podem ser relacionadas três categorias de custo básicas: mão de obra, materiais e equipamentos. A composição de custos pode ser estabelecida com objetivo de prever o custo relativo a um serviço, assim como servir como instrumento de controle de custos.

Usualmente, o processo de montagem das composições de custo é realizado a partir de um banco de dados com índices e custos unitários praticados pela empresa, seguindo a lógica de execução de seus serviços ao buscar uma proximidade a sua realidade e condições laborais. Contudo, na inexistência dessas informações, podem ser utilizadas outras fontes como alternativa, como as Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO), que “[...] objetiva efetuar o orçamento analítico e a análise orçamentária de projeto-típico e projetos específicos, além de efetuar o acompanhamento de preços, de custos de índices da construção civil na área de fomento.” (COÊLHO, 2015, p. 267)

Mattos (2006, p. 28-29) indica uma metodologia para montagem das composições de custo, seguindo abaixo:

- a) Identificação dos serviços: O custo total de uma obra é fruto do custo orçado para cada um dos serviços integrantes da obra. Portanto, a origem da quantificação está na identificação dos serviços;
- b) Levantamento de quantitativos: Cada serviço identificado precisa ser quantificado. O levantamento de quantitativos é uma das principais tarefas do orçamentista [...]. Um pequeno erro de conta pode gerar um erro de enormes proporções e consequências nefastas;
- c) Discriminação dos custos diretos: Os custos diretos são aqueles diretamente associados aos serviços de campo. Representam o custo orçado dos serviços levantados. A unidade básica é a composição de custos, os quais podem ser unitários, ou seja, [...] quando ele é mensurável [...], ou dado como verba [...];
- d) Discriminação dos custos indiretos: Os custos indiretos são aqueles que não estão diretamente associados aos serviços de campo em si, mas que são requeridos para que tais serviços possam ser feitos;
- e) Cotação de preços: Consiste na coleta de preços de mercado para os diversos insumos da obra, tanto os que aparecem no custo direto, quanto no custo indireto;
- f) Definição de encargos sociais e trabalhistas: Consiste na definição do percentual de encargos sociais e trabalhistas a ser aplicado à mão-de-obra.

2.6 LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS

Para Goldman (2004, p. 69), deve-se ter o máximo de atenção na obtenção dos quantitativos, já que é nesta etapa “[...] que se definirão praticamente as quantidades de materiais que serão comprados na obra e o dimensionamento de equipes de trabalho em função dos prazos preestabelecidos.”

Telford (1991, tradução do autor) afirma que os propósitos do levantamento de quantitativos são:

- a) Providenciar informações dos serviços suficientes para realizar contratações eficientes e precisas;
- b) Com o contrato em vigor, proporcionar, através dos levantamentos, uma avaliação do trabalho executado.

Ainda segundo o autor, para atingir estes objetivos citados, deve ser explicitado um nível de detalhamentos que possibilite a distinção entre classes de serviços e entre serviços da mesma natureza, mas realizados em locais diferentes ou com circunstâncias que permitem diferenciações entre as considerações de custo. Com relação direta ao que foi citado, Mattos (2206, p. 44) explica que:

A quantificação dos diversos materiais (ou levantamento de quantidades) de um determinado serviço deve ser feita com base em desenhos fornecidos pelo projetista, considerando-se as dimensões especificadas e suas características técnicas.

[...] O processo de levantamento das quantidades de cada material deve sempre deixar uma memória de cálculo fácil de ser manipulada, a fim de que as contas possam ser conferidas por outra pessoa e que uma mudança de características ou dimensões do projeto não acarrete um segundo levantamento completo. Em vista disso, são normalmente usados formulários padronizados por cada empresa.

“Os materiais empregados numa obra podem ser de caráter permanente, ou seja, ficam incorporados ao produto final, [...] e materiais de caráter não permanentes, que são utilizados somente na fase da construção e removidos depois de utilizados.” (XAVIER, 2008, p. 34)

Além desse caráter, tendo em vista que em um orçamento há elementos de diversas naturezas, torna-se evidente a presença de diferentes dimensões entre os

objetos. Enquanto alguns são medidos linearmente, outros variam de acordo com seu volume, área, peso ou até mesmo podem ser adimensionais.

Para o levantamento de quantidades de alvenaria, Mattos (2006) destaca que a partir da área de parede a ser edificada, é possível realizar um desmembramento dessa área em termos dos insumos que entram na execução do serviço. Assim, a área de alvenaria servirá de base para o levantamento de quantidades de outros serviços relacionados, tais como chapisco, emboço, reboco e revestimentos.

Além disto, é muito comum que existam regras em relação aos levantamentos, também denominadas como critérios de levantamento, que variam de acordo com a execução do serviço. Para um trecho de parede com aberturas, Mattos (2006, p. 50) faz uma analogia a esta afirmação da seguinte maneira: “se a área da abertura for inferior a 2 m^2 , despreza-se o vão da abertura, isto é, não se faz desconto algum na parede; se a área da abertura for igual ou superior a 2 m^2 , desconta-se da área total o que exceder aos 2 m^2 .” Essa regra parte da conjectura que a execução da alvenaria nas bordas da abertura requer tempo adicional de mão de obra e que esse tempo seria equivalente ao que o trabalhador levaria para preencher o vão se a parede fosse inteira. “A regra não é perfeita porque faz uma compensação de homem-hora por material, mas ainda assim é uma prática muito difundida entre os orçamentistas.”

Adicionalmente, um ponto crucial diz respeito ao pagamento dos serviços levantados, sendo muito relevante a correta leitura das especificações e critérios estabelecidos pelo cliente.

Outro item que pode levar a um erro no orçamento é a não inclusão das perdas de material, que, muitas vezes, são inerentes à atividade. Isso se deve à cultura presente nos processos construtivos realizados atualmente, sendo necessário incluir um percentual nos quantitativos levantados visando suprir estes desperdícios. Para os serviços analisados no presente trabalho, as perdas de materiais já estão inclusas nas suas composições.

3 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) NA ELABORAÇÃO DE ORÇAMENTOS E CONTROLE DE CUSTOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO

A maneira tradicional de conduzir os processos que são envolvidos na construção civil por muitos anos tem sido a mesma, com múltiplas equipes desenvolvendo soluções separadamente e em um ambiente com trocas de informações limitadas e, muitas vezes, com erros de comunicação. Isso se deve a diversos fatores, sendo possível destacar o fato de que, historicamente, a aplicação de novas tecnologias na construção civil brasileira ocorre de maneira gradual e lenta, o que contribuiu para o atraso da implantação da tecnologia BIM em relação a outros mercados e para que outros setores produtivos avançassem de maneira muito superior em termos de eficiência e inovação.

Segundo Eastman et al (2014), o BIM é um dos mais promissores desenvolvimentos na indústria relacionada à arquitetura, engenharia e construção (AEC). Com esta tecnologia, um modelo virtual preciso de uma edificação é construído digitalmente, tornando possível a extração de quantitativos diretamente do modelo, o que permite tomar decisões de projeto envolvendo custos de maneira bem mais objetiva e exata.

Eastman et al (2014) definem BIM como

[...] uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção. Modelos de construção são caracterizados por:

- a) Componentes de construção, que são representados com representações digitais inteligentes (objetos) que "sabem" o que eles são, e que podem ser associados com atributos (gráficos e de dados) computáveis e regras paramétricas;
- b) Componentes que incluem dados que descrevem como eles se comportam, conforme são necessários para análises e processos de trabalho, por exemplo, quantificação, especificação e análise energética;
- c) Dados consistentes e não redundantes de forma que as modificações nos dados dos componentes sejam representadas em todas as visualizações dos componentes;

- d) Dados coordenados de forma que todas as visualizações de um modelo sejam representadas de maneira coordenada.

Complementando, Underwood e Isikdag (2010) estabelecem as seguintes características aos Modelos de Informação da Construção:

- a) São orientados a objetos;
- b) Ricos em dados e abrangentes: incluem características físicas e funcionais dos elementos;
- c) Tridimensionais;
- d) As relações espaciais entre os elementos do edifício são mantidas nos modelos de maneira hierárquica;
- e) Os modelos mantêm uma vasta quantidade de informação semântica sobre os elementos do empreendimento;
- f) Capazes de gerar automaticamente diferentes vistas com base no modelo principal.

Como pode-se perceber, a implantação desta tecnologia envolve uma mudança em relação ao fluxo de trabalho da organização e de todos os participantes. Afinal, além de trazer discussões sobre o uso de *software* e computadores, deve ser levada em conta a mudança de cultura necessária, incluindo pessoas e processos e a maneira que a empresa analisa seus problemas e desenvolve suas soluções. Eastman (2014, p. 22) reforça este pensamento dizendo que “Substituir um ambiente de CAD 2D ou 3D por um sistema BIM envolve mais do que aquisição de software, treinamento e atualização de hardware. O uso efetivo do BIM requer que as mudanças sejam feitas em quase todos os aspectos do negócio das empresas [...]”. Ou seja, deve ser realizada uma reestruturação estratégica corporativa e não apenas a contratação de novos profissionais sem que existam mudanças na maneira de trabalhar.

3.2 A IMPORTÂNCIA DA REPRESENTAÇÃO PARAMÉTRICA

A base para a consolidação de um projeto em BIM está nas informações que podem ser incorporadas no modelo de construção. Pensando na criação e

manipulação destas relações, Alexander et al. (1977) ressalta que é essencial que o projetista inicie o processo de projeto embasado pelas especificidades do contexto. Os autores dissertam ainda sobre a potencialidade de relações entre os parâmetros de projeto e suas diferentes possibilidades de conexão.

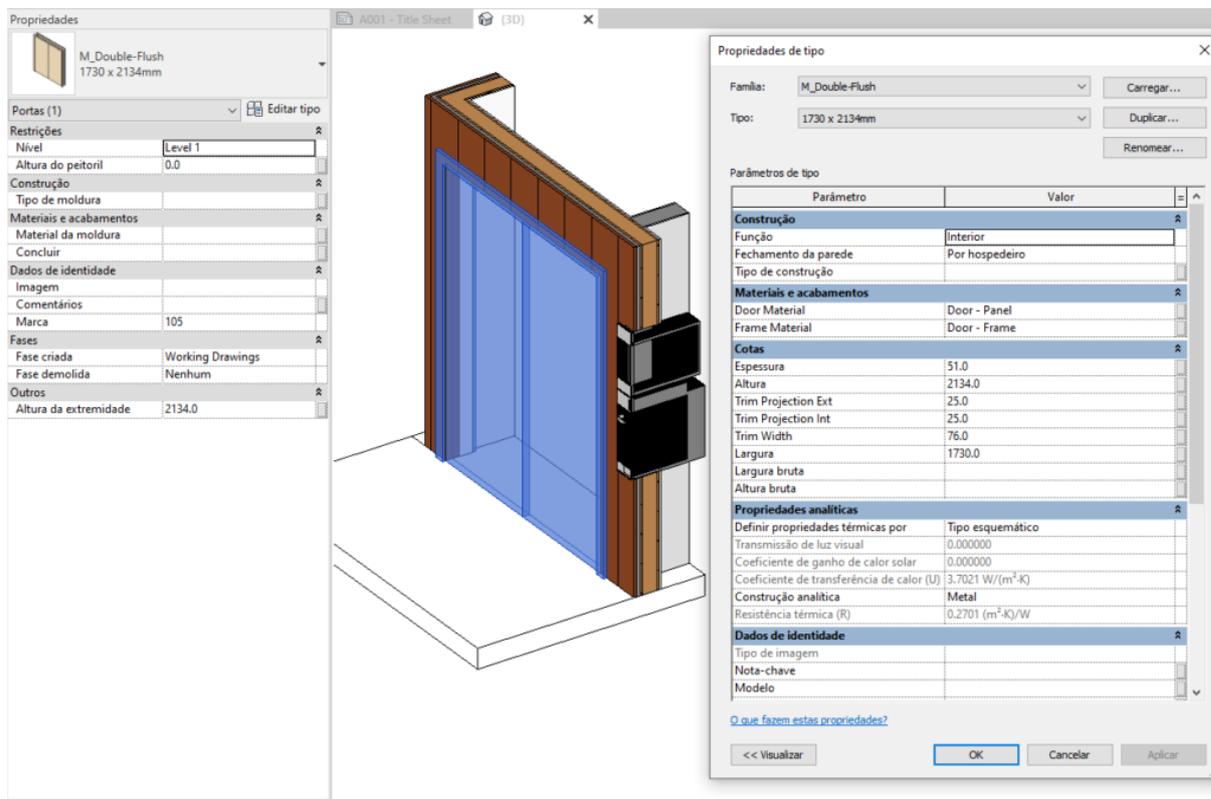
Os parâmetros de projeto são armazenadores de informações e são usados para definir e modificar elementos, bem como para comunicar as informações sobre o modelo nos identificadores e tabelas. (AUTODESK, 2020)

De acordo com Eastman et al. (2014, p. 14) os objetos BIM paramétricos são definidos da seguinte maneira:

- a) Consistem em definições geométricas e dados e regras associadas;
- b) A geometria é integrada de maneira não redundante e não permite inconsistências. Quando um objeto é mostrado em 3D, a forma não pode ser representada internamente de maneira redundante, por exemplo, como múltiplas vistas 2D. Uma planta e uma elevação de dado objeto devem sempre ser consistentes. [...];
- c) As regras paramétricas para os objetos modificam automaticamente as geometrias associadas quando inseridas em um modelo de construção ou quando modificações são feitas em objetos associados. Por exemplo, uma porta se ajusta imediatamente a uma parede, um interruptor se localizará automaticamente próximo ao lado certo da porta, uma parede automaticamente se redimensionará para se juntar a um teto ou telhado [...];
- d) Os objetos podem ser definidos em diferentes níveis de agregação, então podemos definir uma parede, assim como seus respectivos componentes. Os objetos podem ser definidos e gerenciados em qualquer número de níveis hierárquicos. Por exemplo, se o peso de um subcomponente de uma parede muda, o peso de toda a parede também deve mudar;
- e) As regras dos objetos podem identificar quando determinada modificação viola a viabilidade do objeto no que diz respeito a tamanho, construtibilidade, [...];
- f) Os objetos têm a habilidade de vincular-se a ou receber, divulgar ou exportar conjuntos de atributos, por exemplo, materiais estruturais, dados acústicos, dados de energia, etc. para outras aplicações e modelos.

Assim, componentes BIM, como mostrado na figura 3, podem ser associados a dados de todos os tipos, sejam textuais, como especificações, numéricos, tais como dados relativos ao seu peso, links para documentos externos, como um manual de uso ou um termo de garantia, ou ainda um detalhe construtivo ou uma especificação mais complexa. (ABDI, 2017a)

Figura 3 - Objeto Paramétrico Porta



Fonte: SPBIM (2021)

Dessa maneira, pensando no aspecto da orçamentação, em que são necessárias certas especificidades para definir os serviços envolvidos em um processo, faz-se imprescindível que determinadas informações estejam contidas no modelo e que a atribuição dos parâmetros seja realizada de maneira adequada.

3.3 USO DO BIM NO CICLO DE VIDA DA EDIFICAÇÃO

O BIM possui diversas aplicabilidades e pode ser utilizado em todas as fases do ciclo de vida de um projeto e, seguindo esta lógica, Eastman et al. (2014) definiram os benefícios desta tecnologia segundo as suas etapas, com a finalidade de demonstrar quais mudanças podem ser esperadas com o uso do BIM. Esses benefícios são melhores descritos na sequência.

Benefícios na pré-construção para o proprietário: Verificar se o empreendimento com determinado tamanho, nível de qualidade e necessidades satisfará os requisitos financeiros e de cronograma, suprimindo as necessidades do proprietário. Pode ser determinado um modelo de construção aproximado construído e vinculado a uma base de informações de custos e ser de grande valor ao proprietário, evitando esforços e tempo desperdiçados, caso o empreendimento esteja significativamente acima do orçamento estipulado. Além disso, pode-se determinar certos níveis de desempenho da edificação, ao analisar requisitos funcionais e de sustentabilidade da construção por meio de um modelo esquemático;

Benefícios no projeto: Como o modelo é projetado diretamente em 3D, ao invés de ser gerado através de múltiplas vistas 2D, ele pode ser utilizado para visualizar o modelo em qualquer etapa processual e terá nível de precisão consistente. Outro benefício é o de redução na necessidade de mudanças manuais no projeto, uma vez que, por os objetos conterem regras paramétricas, é garantido o correto alinhamento e as correções são automatizadas. Este benefício também é um resultado da possibilidade do trabalho simultâneo de múltiplas disciplinas de projeto, já que essa colaboração permite uma facilitação em identificar e eliminar as incompatibilidades entre os projetos. Além dos pontos descritos, podem ser gerados desenhos 2D precisos e consistentes de qualquer natureza, pode-se quantificar áreas de espaços e quantidades de materiais, possibilitando a extração de estimativas de custo e verificando as implicações dos custos associados às mudanças de projeto e é possível obter uma incrementação da eficiência energética e maior sustentabilidade, por meio da vinculação de diversos tipos de ferramentas de análise ao modelo;

Benefícios à construção e à fabricação: Pode-se sincronizar o planejamento da construção ao projeto, permitindo uma facilitação da compreensão sobre a execução de tarefas, além de identificação de oportunidades de melhoria e potenciais problemas. Devido a maneira que o projeto é modelado, também se eliminam os problemas relacionados às inconsistências de desenhos 2D, já que podem ser realizadas verificações sistemáticas e visuais no modelo, o que permite uma implementação mais adequada de técnicas de construção enxuta. Além disso, destaca-se a possibilidade reação rápida a problemas de projeto ou do canteiro e o

uso do modelo de projeto como base para compra de componentes fabricados, como pré-moldados, fechamentos e vidros;

Benefícios pós-construção: Com a possibilidade de extrair informações gráficas e de especificações de todos sistemas usados em uma construção, pode-se verificar o funcionamento dos sistemas após a construção, o que melhora o gerenciamento e a operação das edificações, além de proporcionar um ambiente ideal para o seu desenvolvimento de maiores capacidades.

Pode-se dizer que são inúmeras as vantagens da utilização do BIM, entretanto cabe destacar que essas vantagens são esperadas apenas com o desenvolvimento da aplicação da tecnologia, não sendo imediatas. Isso demonstra a importância do investimento que deve existir, não somente na compra de *software* de modelagem e visualização, mas principalmente no ensino pleno do uso dessa tecnologia, com o objetivo de usufruir parte dos benefícios apresentados.

3.4 BIM E INTEROPERABILIDADE

No setor da construção civil, múltiplos participantes são envolvidos e cada um emprega diversas aplicações que são necessárias para a realização das tarefas de projeto, construção, operação e manutenção. Conseqüentemente, é preciso haver um fluxo de trabalho colaborativo que suporte o compartilhamento e a troca facilitada de informações entre os aplicativos e projetistas envolvidos.

Dessa maneira, pode-se definir o conceito de interoperabilidade, que, para Eastman (2014, p. 65), “[...] representa a necessidade de passar dados entre aplicações, permitindo que múltiplos tipos de especialistas e aplicações contribuam para o trabalho em questão.”

Os problemas de interoperabilidade, principalmente em relação à perda de dados, são relacionados principalmente aos quatro problemas técnicos descritos a seguir (Lee, 2011):

- a) Cobertura restrita de um modelo de dados: Os dados de interesse não estão dentro do escopo de um modelo de dados ou de um formato de arquivo intermediário, não permitindo o intercâmbio de certos tipos de dados;

- b) Problemas na tradução: Um tradutor não suporta os dados de interesse, embora estejam especificados em um modelo de dados;
- c) Falhas nos software ou problemas de implementação: Apesar do correto intercâmbio e leitura de dados pelo aplicativo, a plataforma apresenta um problema para carregar ou visualizar os dados, em razão de um *bug* ou de outros problemas de implementação;
- d) Problemas no domínio do aplicativo: Os dados de interesse não constam no escopo do aplicativo. Por exemplo, uma aplicação com funcionalidade de orçamentação geral inclui o comprimento, o volume e os dados de área extraídos do modelo 3D, mas não armazena internamente os dados do modelo 3D.

A interoperabilidade tradicionalmente foi baseada pelo intercâmbio de arquivos com formatos limitados a geometria, como os clássicos DXF (*Drawing Exchange Format*) e IGES (*Initial Graphics Exchange Specification*), carecendo de informações paramétricas e do projeto. Atualmente, criado pela *International Alliance for Interoperability* (IAI), também conhecida como *buildingSMART*, destaca-se o *Industry Foundation Classes* (IFC) como um dos principais modelos de dados para planejamento, projeto, construção e gerenciamento de edificações.

Diretamente relacionado ao conceito de interoperabilidade, a *buildingSMART* desenvolveu uma iniciativa denominada *openBIM*. Segundo a *buildingSMART* (2021), *openBIM* é uma maneira de se ter uma visão universal para o *design* colaborativo, realização e operação de construções, baseado em padrões e processos de livre utilização, independentemente do software utilizado. Para a *buildingSMART* (2021) os princípios do *openBIM* reconhecem que:

- a) Interoperabilidade é a chave para a transformação digital na indústria da construção;
- b) Padrões abertos e neutros devem ser desenvolvidos para facilitar a interoperabilidade;
- c) Trocas de informações seguras dependem da qualidade individual de cada fornecedor;

- d) Fluxos colaborativos são melhorados por meio de formatos de dados abertos e ágeis;
- e) Flexibilidade de escolha da tecnologia agrega mais valor a todas partes interessadas;
- f) Sustentabilidade é resguardada por padrões de dados abertos interoperáveis de longo prazo.

Assim, o *openBIM* é uma ideia simples, porém extremamente difícil de ser executada. Dentre diversos motivos, pode-se citar que os arquivos do tipo IFC, da maneira que existem hoje, podem apresentar falta de informações, o que vai de desacordo com o conceito apresentado. Nesse contexto, Eastman et. al (2014) afirmam que a interoperabilidade demanda um novo nível de rigor de modelagem, em que as empresas ainda estão aprendendo a lidar, além de existir uma necessidade crescente de centralizar dados por meio de um repositório de modelos de construção.

3.5 DIMENSÕES DO BIM

Como já mencionando anteriormente no presente trabalho, o BIM envolve todas as esferas de uma obra, desde estudos de viabilidade iniciais até o pós-construção, contendo informações gráficas e não gráficas em um repositório compartilhado de informações e, à medida que esses projetos avançam, tais dados tornam-se cada vez mais detalhados. Dessa maneira, o BIM não se limita à modelagem 3D, podendo também coordenar diversas informações sobre materiais, custos e tempo, e é por isso que foram definidas as dimensões do BIM, passando por um sistema de classificações, que podem ser visualizadas na figura 4:

Figura 4 - Dimensões do BIM

Fonte: BIBLUS (2018)

Gonçalves (2018) delimita sete dimensões que dizem respeito aos diferentes níveis de informação de um modelo BIM, sendo elas:

- a) BIM 3D – Modelo paramétrico: É o protótipo visual da edificação, com os projetos representados em três dimensões. Nessa etapa pode-se realizar a análise de interferência entre os elementos e estes elementos possuem informações que podem ser utilizadas como base para as etapas seguintes de concepção da edificação;

- b) BIM 4D – Tempo e planejamento de execução da obra: No BIM 4D, os elementos gráficos da edificação podem ser associados ao cronograma da obra, vinculando tarefas, tempos e gerando um planejamento visual de andamento da obra. Esta correlação torna possível ao gestor acompanhar o avanço físico de cada etapa;
- c) BIM 5D – Orçamento: Sendo esta dimensão o foco para o presente trabalho, trata-se da vinculação dos custos da obra ao modelo. Desta forma, pode-se acompanhar e simular diversos cenários financeiros dos gastos da obra completa ou de determinadas etapas, permitindo uma previsibilidade assertiva dos gastos envolvidos e possibilitando a atualização automática dos valores conforme alterações de projeto;
- d) BIM 6D – Sustentabilidade: Nesta etapa, é realizada a análise de eficiência energética da edificação, auxiliando no processo de tomada de decisões durante a fase de concepção de um edifício para garantir que o resultado seja o mais sustentável possível;
- e) BIM 7D – Manutenção e operação: Esta dimensão trata do gerenciamento do ciclo de vida do bem em questão, a partir do controle da garantia de fabricantes, planos de manutenção, custos de operação, dados de equipamentos e diversas informações que podem ser compartilhadas entre as empresas prestadoras de serviço.

Além das sete dimensões citadas acima, atualmente há um debate aberto sobre três novas dimensões do BIM, sendo elas relacionadas à segurança no canteiro de obras (BIM 8D), construção enxuta (BIM 9D) e industrialização da construção (BIM 10D). (BIBLUS, 2018)

O presente estudo tem por foco o BIM 5D, embora não limitado apenas ao orçamento, mas também ao acompanhamento de custos ao longo da execução, de forma a verdadeiramente favorecer a gestão dos custos de produção.

3.6 BIM 5D E A GESTÃO DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO

Conforme descrito, o BIM 5D é a dimensão que trata da orçamentação, e, para um melhor entendimento do seu processo, é necessário evidenciar sua aplicabilidade desde o início da fase de projeto, em que “as únicas quantidades disponíveis para estimativas são aquelas associadas a áreas e volumes, como tipos de espaço, perímetros, comprimentos, etc. Essas quantidades podem ser adequadas para a chamada "estimativa de custos paramétrica" [...]” (EASTMAN et al. 2014, p. 217). Assim, pode-se afirmar que o amadurecimento do projeto classificará a precisão de um orçamento.

Seguindo esta lógica, Badra (2018, p,62) afirma que

“É necessário tomar conhecimento dos níveis de detalhamento em que se apresenta a documentação, para qualificar a orçamentação e seu grau de precisão. Quando focado a utilização de BIM na obtenção de informações, é válido considerar que seus componentes sejam caracterizados por diferentes níveis de desenvolvimento e estes níveis classificarão a precisão dos elementos a serem quantificados e precificados.”

Portanto, se os modelos arquitetônico, estrutural e de instalações estiverem no mesmo nível de desenvolvimento, as quantidades podem ser extraídas de modo claro. Pensando na verificação da qualidade do modelo BIM, a ABDI (2017b, p. 20) indica condições básicas que devem ser atendidas para evitar falhas ao realizar levantamentos:

- a) Todos os elementos, bem como componentes e equipamentos que compõem o modelo estão corretamente classificados de acordo com o sistema de classificação adotado no empreendimento;
- b) Todos os elementos, componentes e equipamentos que compõem o modelo estão especificados de acordo com as regras definidas para o empreendimento, inclusive quanto aos parâmetros que devem ser incluídos nos componentes BIM;
- c) A modelagem deste conjunto está consistente e sem conflitos.

Assim sendo, a primeira etapa é efetuar uma verificação de qualidade e consistência do modelo BIM, com uma aplicação capaz de indicar conflitos e falhas de junções, antes mesmo de qualquer levantamento.

Os orçamentistas utilizam diversos critérios para aplicar o BIM no levantamento de quantitativos e para dar suporte ao processo orçamentário. Entretanto, visto que as ferramentas BIM ainda não compõem todas as funcionalidades de uma planilha eletrônica ou *software* de orçamentação que supram as necessidades distintas e únicas de cada empresa, Eastman et al. (2014, p. 218) indicam três métodos principais para dar auxílio ao levantamento de quantitativos, sendo eles:

a) Exportar quantitativos de objetos da edificação para um *software* de orçamentação: [...] a maioria das ferramentas BIM oferecidas por empresas de *software* incluem recursos para a extração e quantificação de propriedades dos componentes BIM. Essas ferramentas também incluem recursos para exportar dados de quantitativos para uma planilha ou para um banco de dados externo.

b) Conectar a ferramenta BIM diretamente ao software de orçamentação: A segunda alternativa é usar uma ferramenta BIM capaz de conectar-se diretamente a um pacote de orçamentação via plug-in ou a uma ferramenta desenvolvida por terceiros.

c) Usar uma ferramenta BIM de levantamento de quantitativos: Uma terceira alternativa [...] consiste em usar uma ferramenta especializada de levantamento de quantitativos que importa dados de várias ferramentas BIM. Isso permite que os orçamentistas usem a ferramenta de levantamento especificamente projetada para suas necessidades sem precisar aprender todos os recursos contidos numa dada ferramenta BIM.

As duas últimas alternativas apresentadas funcionam bem para construtoras que possuem um pacote de orçamentação e uma ferramenta BIM padronizados. Já o primeiro método mostrou-se o mais adequado para o presente trabalho, tendo em vista que a empresa cujos processos foram utilizados como base ainda não possui uma metodologia BIM voltada à orçamentação sendo aplicada.

Percebe-se então, que o BIM demonstra-se como uma excelente alternativa para alcançar um orçamento com adequado grau de precisão e traduz o futuro da construção civil.

Para tornar possível a implantação dessa metodologia, reduzindo erros de custo, melhorando a precisão e a confiabilidade da estimativa de custos, Eastman et al. (2014, p. 220-221) descreve algumas diretrizes a serem consideradas:

a) O BIM é apenas o ponto inicial para a orçamentação: Nenhuma ferramenta pode fornecer uma estimativa completa automaticamente a partir do modelo da edificação;

b) Inicie com simplicidade: Se você está estimando custos por meio de processos tradicionais e manuais, primeiramente use digitalizadores ou levantamentos na tela para se ajustar aos métodos de levantamento digital. À medida que os orçamentistas ganham confiança e conforto com levantamentos digitais, considere mudar para um levantamento baseado em BIM;

c) Inicie pela contagem: O lugar mais fácil de começar é estimando as tarefas que envolvem a quantificação [...];

d) Comece com uma ferramenta, então mude para um processo integrado: É mais fácil iniciar fazendo um levantamento no *software* BIM ou com uma aplicação especializada. Isso limita erros potenciais ou questões relacionadas à tradução e a movimentação de dados de modelo de uma aplicação para outra;

e) Estabeleça as expectativas: O nível de detalhe no levantamento via BIM é um reflexo do nível de detalhe do modelo da edificação como um todo. [...] O orçamentista precisa entender o escopo da informação contida no modelo e o que está representado ali;

f) Inicie com uma única disciplina ou tipo de componente e resolva os problemas que aparecerem;

g) Automação começa com padronização: Para alavancar o BIM totalmente, projetistas e orçamentistas precisarão promover a coordenação de métodos para a padronização de componentes da edificação e os atributos associados com tais componentes para o levantamento de quantitativos. Além disso, para gerar quantitativos precisos de subcomponentes e montagens [...], é necessário o desenvolvimento de padrões para essas montagens.

4 ESTUDO DE CASO

Este capítulo tem como objetivo apresentar os resultados obtidos, realizando a sua análise e identificando os fatores envolvidos nos métodos aplicados.

É de extrema relevância ressaltar que certas informações relacionadas a este trabalho, tais como composições, o processo de orçamento gráfico e planilhas eletrônicas, são baseados no método de orçamentação aplicado em uma empresa conceituada no mercado regional e não serão citados por motivos éticos, juntamente com os critérios de medição detalhados praticados pela mesma, cujos dados estão inseridos nos cálculos das planilhas eletrônicas. Além disso, pelo mesmo motivo, certos detalhamentos aprofundados do empreendimento utilizado como base não serão descritos.

4.1 CRITÉRIOS PARA A REALIZAÇÃO DAS ANÁLISES

De igual destaque, cabe citar alguns critérios preestabelecidos pelo autor para as análises realizadas envolvendo os modelos BIM, sendo eles:

- a) Sem mudanças de modelagem dos projetos: No máximo, porém ainda evitado, modelados novos elementos por meio de rotinas, ou *scripts*¹, que possuem fácil rastreabilidade e identificação. Isso se deve ao fato de que, caso haja alterações de projeto, o processo não fica limitado a um grande retrabalho;
- b) Soluções focadas para uma fácil extração de quantitativos;
- c) Utilizados parâmetros existentes ou compartilháveis, permitindo uma uniformização de nomenclaturas;
- d) Utilização de planilhas eletrônicas para geração de quantitativos finais de serviços e associação de dados.

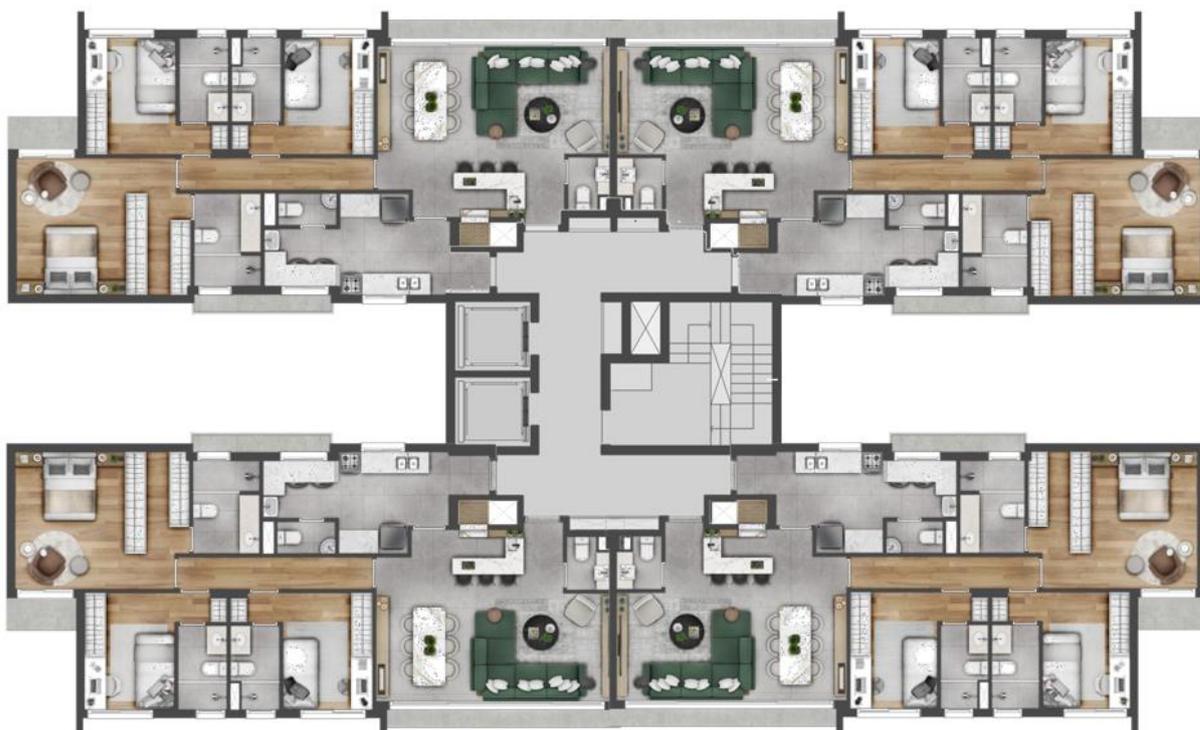
¹ Rotinas, ou *Scripts*, são códigos usados para dar instruções a programas que estão sendo executados em um computador.

4.2 O EMPREENDIMENTO

Visto a necessidade de definir um estudo de caso para a realização do trabalho, prevendo a aplicabilidade dos conhecimentos adquiridos em uma empresa, alguns critérios foram estabelecidos para a seleção do projeto, sendo eles:

- a) A obra deve possuir projetos das diversas disciplinas envolvidas na sua construção com um nível de desenvolvimento que permita o processo orçamentário;
- b) A empresa responsável pela obra disponibilizará todas informações necessárias para a realização do presente trabalho.

Assim, a partir dos critérios identificados, definiu-se a obra a ser utilizada como base para o estudo de caso deste trabalho, tratando-se de uma edificação multifamiliar formada por uma torre única localizada em um bairro nobre no município de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. O empreendimento conta com 14 pavimentos, incluindo um subsolo e 12 pavimentos tipo, cada um com quatro apartamentos de mais de 100 m². Este trabalho tem como foco a análise de um pavimento tipo do empreendimento, cuja planta baixa segue apresentada na figura 5.

Figura 5 - Planta baixa da edificação

Fonte: Autor (2022)

Os projetos que compõe o empreendimento foram elaborados por diferentes empresas, variando para cada disciplina envolvida, sendo compatibilizados pela corporação responsável pela obra. Destaca-se que o projeto arquitetônico foi elaborado por meio do uso do *software* AutoCAD e sua representação virtual por meio do *software* Revit e o projeto estrutural foi elaborado com o programa TQS, sendo disponibilizado também em formato IFC.

4.3 ESCOLHA DO SOFTWARE

Como passo inicial ao desenvolvimento de uma metodologia BIM, deve-se definir quais programas serão utilizados, além de suas versões, uma vez que existem diversos *software* que trabalham com o BIM, mas que possuem diferentes especificidades, tecnologias e formatos de arquivos, e podem apresentar mudanças de acordo com suas versões. O IFC, conforme descrito no capítulo 3.4 do presente

trabalho, se constitui em uma solução eficaz para o problema de interoperabilidade entre as aplicações BIM. Todavia, o IFC é um formato de troca de informações, raramente sendo usado para a modelagem em si. Os seguintes pontos apresentados determinaram a escolha do Autodesk Revit, versão de 2021, como o *software* BIM utilizado para a criação da metodologia produzida:

- a) Alguns *software*, ao transformar o formato de seu arquivo em IFC, podem perder informações relevantes devido a não abrangência de certos dados na linguagem;
- b) É um dos *software* de modelagem mais difundido e utilizado no Brasil, atualmente;
- c) O autor do presente trabalho possui conhecimento e prática com a aplicação;
- d) O projeto arquitetônico, crucial para o desenvolvimento dos processos a seguir descritos, foi desenvolvido neste *software*;
- e) É possível, através de uma API, ou interface de programação de aplicação, programações visuais e automatização de processos.

Lançado em 1997 por uma empresa iniciante e posteriormente adquirido pela Autodesk, o Revit é um *software* BIM completamente separado do AutoCAD. Eastman et al. (2014, p. 58) o caracterizam como de fácil aprendizagem e com uma interface bem projetada e amigável, possuindo um extenso conjunto de bibliotecas de objetos que suportam uma interface com múltiplos usuários. Além disso, “*Seu suporte bidirecional a desenhos permite a geração e o gerenciamento de informações com base em atualizações tanto do desenho quanto de vistas do modelo; ele dá suporte a operações simultâneas no mesmo projeto [...].*”

4.4 ANÁLISE DO PROJETO ESTRUTURAL EM BIM

Para servir como teste à metodologia idealizada pelo autor deste trabalho às outras disciplinas que serão descritas mais adiante, realizou-se, primeiramente, uma análise do projeto estrutural da obra, buscando soluções para contornar problemas

encontrados e avaliando a maneira ideal de se realizar uma correlação entre os elementos do modelo e os serviços analisados.

O projeto estrutural do empreendimento utiliza o sistema de concreto armado e, conforme mencionando, foi elaborado pelo projetista por meio do programa de cálculo estrutural TQS e exportado para um modelo IFC. O Revit permite a importação de um arquivo IFC, criando um novo projeto utilizando o modelo padrão, e, dessa maneira, iniciou-se o estudo do modelo.

Como primeira etapa, foi necessário identificar quais serviços têm vínculo direto com a estrutura de um pavimento tipo do prédio analisado, sendo eles:

- a) Formas de concreto armado;
- b) Escoramentos metálicos;
- c) Armaduras;
- d) Concreto;
- e) Mão de obra para execução de concreto armado.

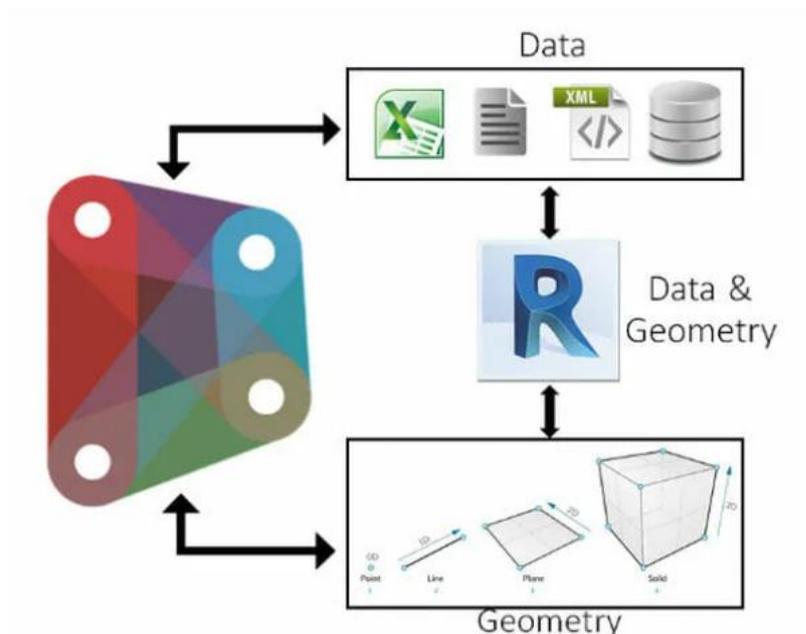
Prosseguindo para o modelo BIM, ao realizar uma análise inicial, foi identificado que os projetos estavam modelados com informações suficientes para a caracterização de insumos, permitindo um nível de orçamentação que viabiliza testes. Resumindo os pontos principais desta análise inicial, destacam-se:

- a) Para todas categorias, menos escadas, foi possível quantificar o volume de concreto por meio de planilhas no modelo, sem ajustes;
- b) Com o nível de informação presente, não seria possível extrair dos elementos a quantidade corresponde à área de escoramentos metálicos e de formas.

A partir da problematização identificada e dos critérios estabelecidos no capítulo 4.1, com o auxílio do Dynamo, foi possível criar um fluxo de trabalho para a determinação dos quantitativos.

O Dynamo é uma linguagem de programação visual *open source*² orientada a objetos, desenvolvida tanto para se comunicar com a API do Revit, como para funcionar de forma independente para a criação de geometrias complexas, conforme apresentado na figura 6. Dentre as suas funcionalidades, pode-se destacar a manipulação de dados, modelagem paramétrica, comunicação entre aplicativos e automatização de processos, através de um ambiente de fácil comunicação.

Figura 6 - Interação entre Dynamo e Revit



Fonte: SIGMA (2018)

Cabe destacar que o Dynamo é apenas uma ferramenta utilizada como auxílio para o desenvolvimento de parte das soluções a seguir descritas, sendo o cerne do trabalho a lógica criada e aplicada através deste instrumento, podendo ser replicada através de outros métodos.

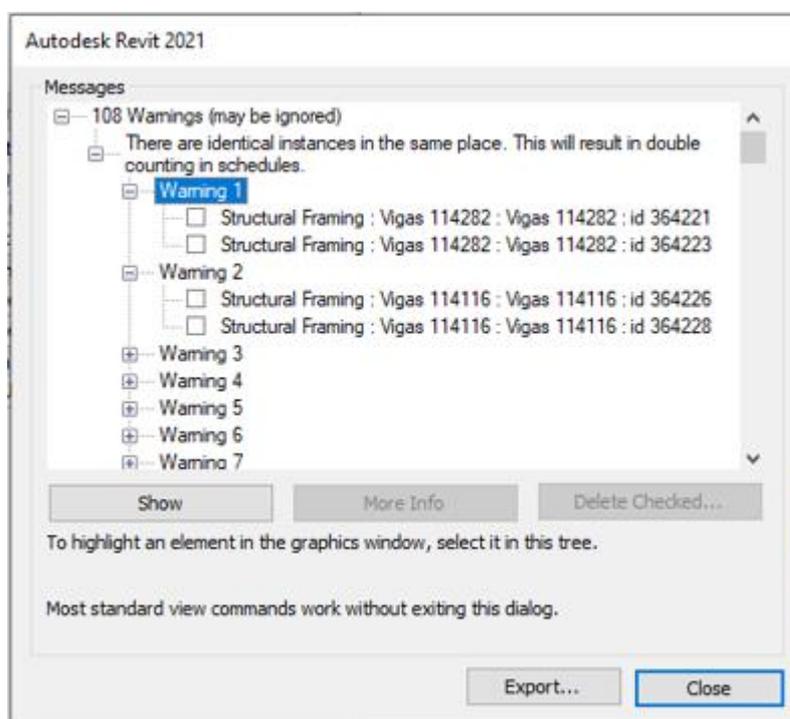
² Projetado para ser acessado abertamente por quem se interessar: todas as pessoas podem vê-lo, modificá-lo e distribuí-lo conforme suas necessidades.

A rotina elaborada pode ser resumida em quatro passos principais, sendo eles descritos dos capítulos 4.4.1 ao 4.4.4.

4.4.1 Identificação de Erros

Ao abrir o projeto estrutural no Revit, 108 erros foram evidenciados pelo programa, causados por erro de modelagem do projetista ou por problemas ocasionados pela conversão do formato do modelo, conforme demonstrado abaixo.

Figura 7 - Erros no projeto estrutural

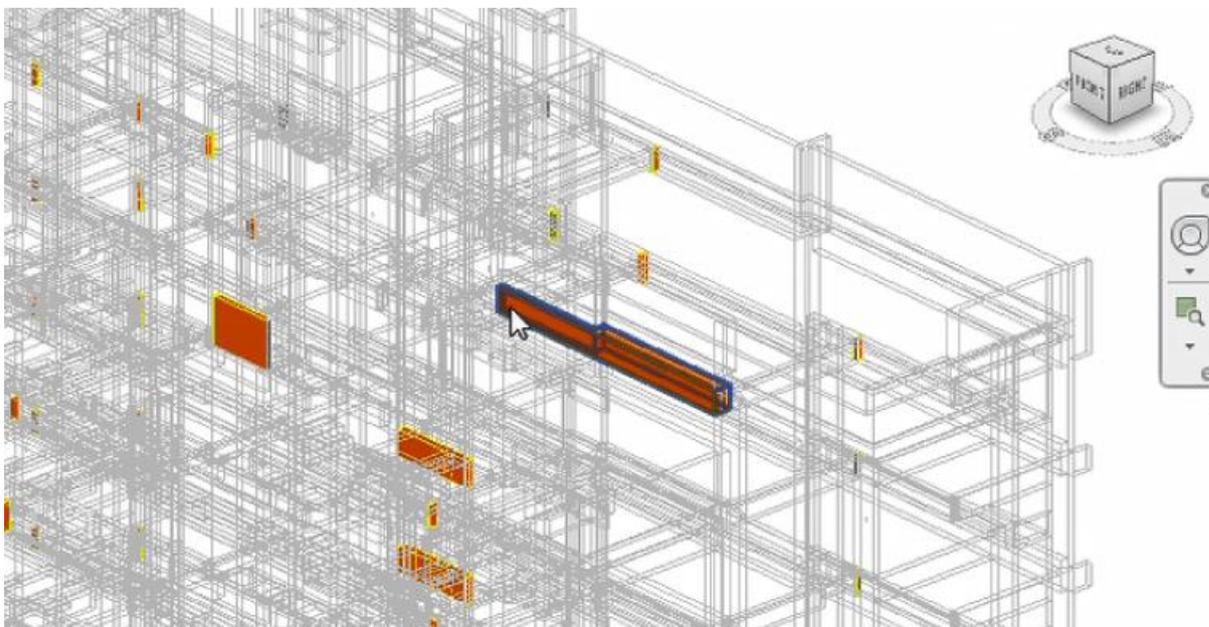


Fonte: Autor (2022)

Para facilitar a visualização e identificação dos erros, prezando pela qualidade do modelo, elaborou-se uma rotina para identificação dos elementos com problemas, destacando estes objetos no próprio projeto a partir dos avisos emitidos pelo próprio Revit, conforme a figura 8, e outra para eliminação dos elementos duplicados (idênticos e na mesma posição), sendo esta replicação a causa dos erros

mencionados. Esta falha, se não resolvida, geraria quantitativos de volume de concreto, por exemplo, incoerentes.

Figura 8 - Identificação de erros no modelo



Fonte: Autor (2022)

4.4.2 Parâmetros Compartilháveis

Com o modelo livre de erros, separou-se um pavimento tipo e foram escritos, no Excel, os parâmetros necessários para as análises que não estavam contidos no modelo, como segue abaixo.

Quadro 2 - Parâmetros compartilháveis

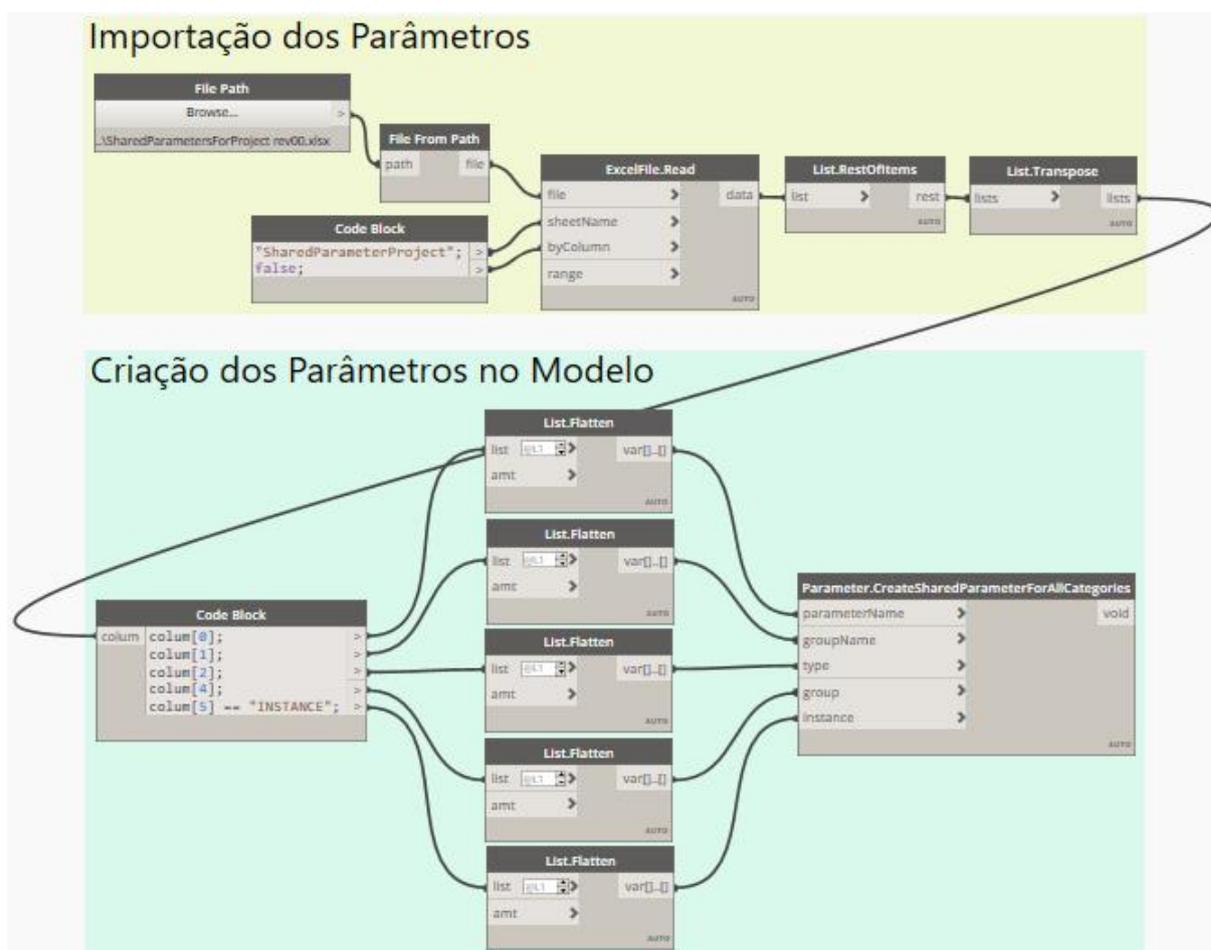
Shared Parameter Name	Parameter Type	Parameter Group	Instance
ORC_ÁREA PÓRTICO	Area	Analysis Results	INSTANCE
ORC_VOLUME	Volume	Analysis Results	INSTANCE
ORC_FORMA	Area	Analysis Results	INSTANCE

Fonte: Autor (2022)

O primeiro parâmetro da tabela representará as áreas de projeção dos elementos do modelo, em que se dará os escoramentos metálicos, enquanto os outros se referem, respectivamente, aos seus volumes e às áreas de forma que estão associadas às suas faces.

A primeira coluna refere-se ao nome do parâmetro que será apresentado no modelo; a segunda ao tipo de informação que ele armazenará; a terceira ao grupo do parâmetro, descrevendo se se trata de um resultado de uma análise, categoria de material, informações sobre a identidade, entre outros; e a quarta diz respeito à aplicabilidade do parâmetro, isto é, se ele é o mesmo para todos os elementos de uma mesma família ou se varia de acordo com cada instância. Assim, por meio da rotina apresentada na figura 9, os parâmetros foram passados do Excel para o modelo.

Figura 9 - Rotina para inserção de parâmetros no modelo

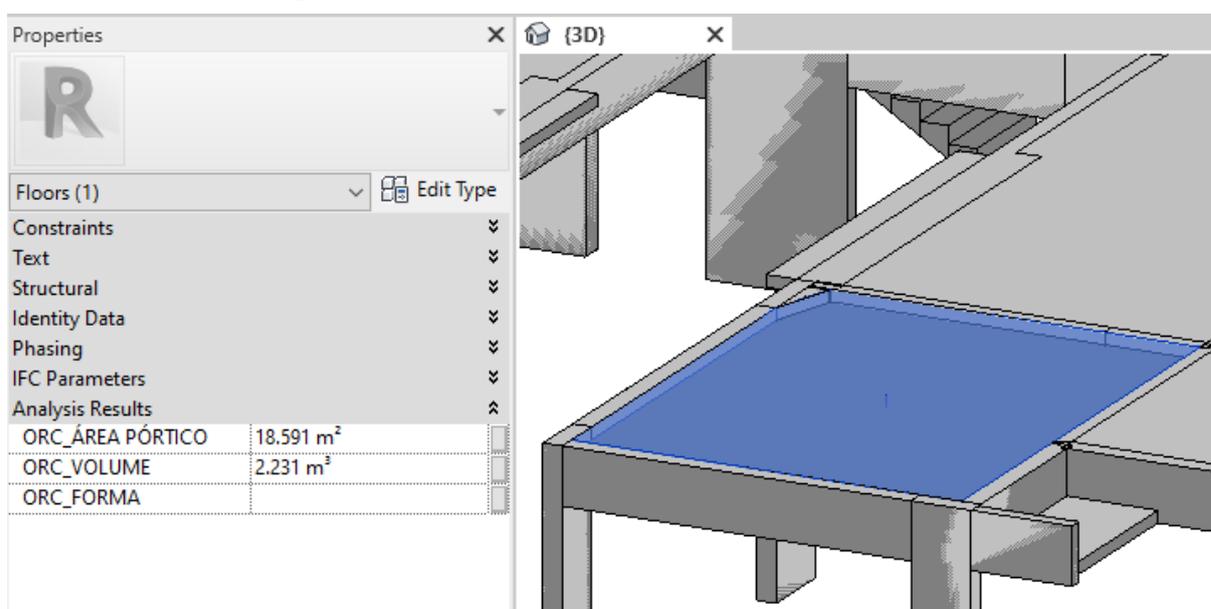


Fonte: Autor (2022)

A parte de importação dos parâmetros serve para selecionar o arquivo e a aba desejados e transcrever os dados separadamente por meio de colunas, que, na segunda etapa da rotina são associados às informações que compõe um parâmetro, os criando.

Após, montou-se uma rotina para associar os volumes dos elementos estruturais ao parâmetro criado, para que todos elementos tivessem essa característica associada a uma mesma identificação. Além da associação do volume, estabeleceu-se a “área de pórtico” de cada elemento. Dessa maneira, ao selecionar um elemento qualquer, esses parâmetros agora terão valores, como demonstrado na figura 10.

Figura 10 - Área de pórtico e volume de uma laje



Fonte: Autor (2022)

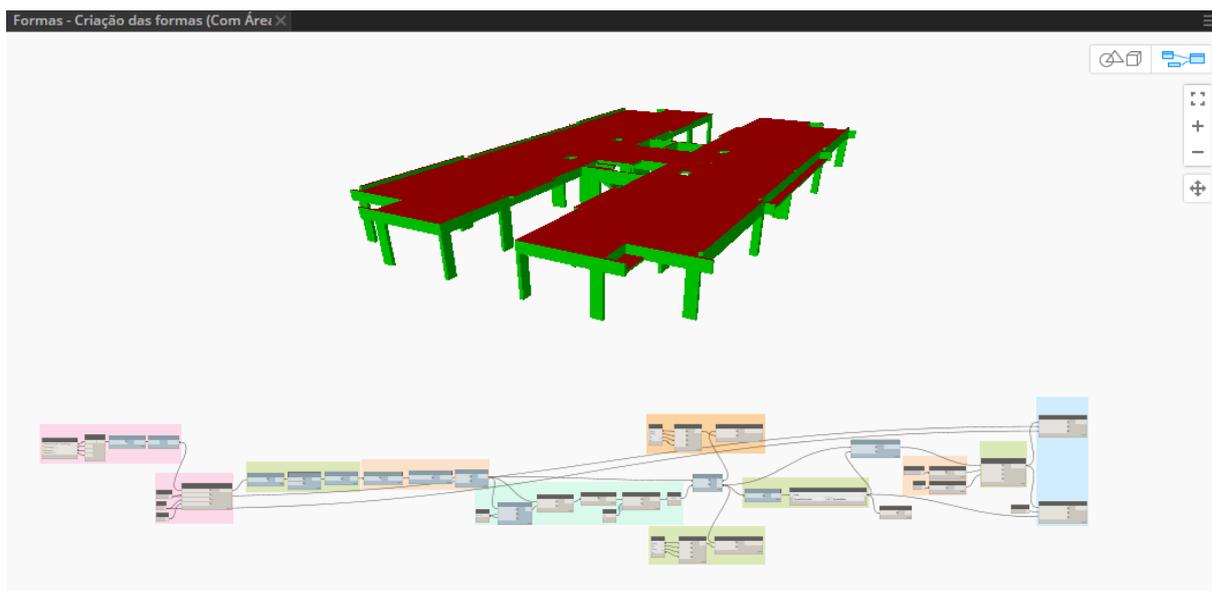
4.4.3 Criação das Formas

Para poder quantificar a área de formas foi elaborada uma rotina para criação destes elementos, que podem ser definidos como a área da estrutura de concreto em contato com as formas, contando com os seguintes passos:

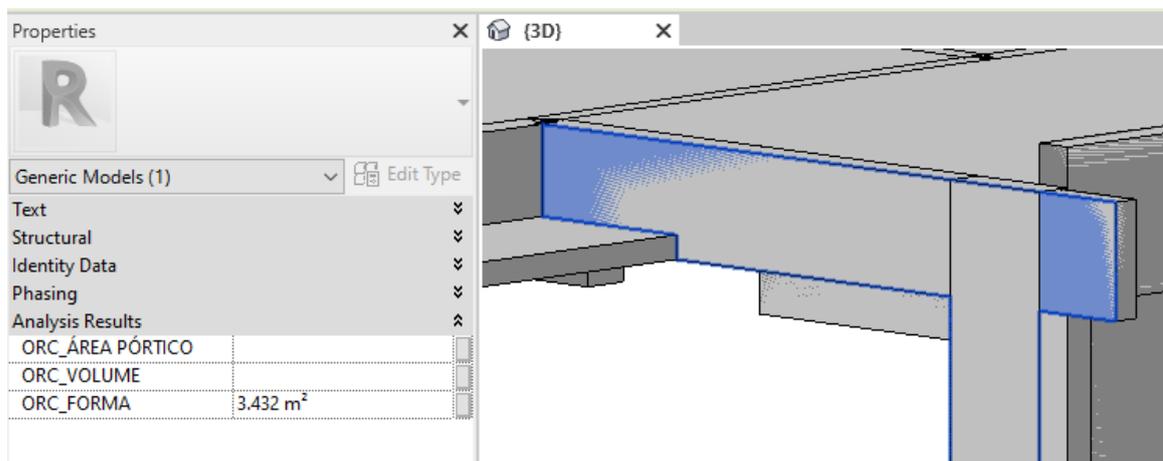
- a) Identificação de todos elementos estruturais;
- b) Exclusão de elementos sem volume;
- c) União dos elementos;
- d) Geração das superfícies dos elementos;
- e) Exclusão das superfícies apontadas para cima;
- f) Cálculo das áreas das superfícies;
- g) Criação das superfícies, como elementos;
- h) Atribuição da área ao parâmetro de forma dos elementos.

As figuras 11 e 12 demonstram, respectivamente, a esquematização da rotina com a identificação, em verde, das superfícies utilizadas e um elemento representando uma forma, com sua área associada.

Figura 11 - Rotina para criação das formas



Fonte: Autor (2022)

Figura 12 - Forma com área associada

Fonte: Autor (2022)

4.4.4 Resultados da Supraestrutura

Com os passos anteriores realizados, montou-se tabelas no Revit com as informações referentes aos parâmetros criados, sendo exportadas diretamente para planilhas eletrônicas (Excel). Como pode-se ver no quadro abaixo, os resultados demonstraram-se extremamente próximos aos quantitativos obtidos através de medições usuais, realizadas por meio da análise de projetos no AutoCAD.

Quadro 3 - Comparação de resultados da análise estrutural

SUPRAESTRUTURA	un.	MEDIÇÃO NORMAL	BIM	DIF (%)
FORMAS E ESCORAMENTO				
Formas de Concreto Armado	m2	1045,408	1045,574	-0,02%
Escoramentos Metálicos	m2	536,440	537,620	-0,22%
ARMAÇÃO				
Armadura CA50/60 - 10 mm	kg	9635,600		100,00%
CONCRETO				
Concreto Pré-Misturado MPA 30	m3	117,208	117,179	0,02%
MÃO DE OBRA DE CONCRETO ARMADO				
Mão de Obra de Execução de Concreto Armado	m3	117,208	117,179	0,02%

Fonte: Autor (2022)

Os quantitativos referentes às armaduras foram calculados por meio da aplicação de uma taxa de aço relacionada ao volume de concreto, não havendo projeto específico para análise, por isso não lhe é atribuído um valor para os resultados do BIM.

Ao longo desse processo, percebeu-se duas fragilidades principais, relacionadas à qualidade do modelo, sendo elas:

- a) Alguns scripts foram montados de tal maneira que procuram determinadas informações dos elementos através de uma nomenclatura que pode variar de modelo a modelo, tendo em vista que pode não existir uma uniformização de classificações;
- b) Como nem todos elementos estavam associados a um nível, realizar a extração de quantitativos diretamente do modelo, sem realizar uma prévia análise, resultaria em erros, caso sejam analisadas quantidades por pavimento;

Mesmo com estas limitações, a metodologia desenvolvida para associação dos elementos aos serviços mostrou-se eficiente e válida para as próximas análises descritas.

4.5 ANÁLISE DE OUTRAS DISCIPLINAS

No estudo de caso desenvolvido, os itens orçamentários envolvidos puderam ser agrupados nos seguintes grupos:

- a) Alvenarias;
- b) Drywall;
- c) Revestimentos em argamassa;
- d) Revestimentos;
- e) Forros;
- f) Pinturas e limpeza da obra.

Para a análise destes grupos não se fez necessário a utilização do Dynamo, sendo suficiente a interação entre Revit e planilhas eletrônicas.

4.5.1 Critérios de Quantificação

Neste capítulo será exemplificada a metodologia tradicional para a extração de quantitativos, a partir de projetos 2D, com o objetivo de comparar os resultados entre os diferentes métodos.

Como passo inicial, montou-se um arquivo no AutoCAD com plantas de fachada e plantas baixas arquitetônicas e estruturais, conforme ilustrado na figura 13. Esta disposição gerada pelo agrupamento de projetos permite uma melhor visualização e gestão de informações, além de reduzir o tempo de trabalho, se comparado a um processamento individual de projetos.

Figura 13 - Organização dos projetos no AutoCAD



Fonte: Autor (2022)

A partir deste arranjo, foi aplicado um método gráfico de levantamento de quantidades, criando *layers* específicos para mensurar os itens de interesse. Após a quantificação dos serviços, estes foram dispostos no AutoCAD por meio de tabelas e estas informações foram exportadas para planilhas eletrônicas com formulações preestabelecidas, gerando as quantidades para orçamento, que podem ser identificadas, em conjunto com os quantitativos obtidos pelo método BIM, que serão

explicados mais adiante, no Apêndice A. Conforme mencionado anteriormente, estas etapas não serão detalhadas por motivos de sigilo empresarial.

Com os serviços quantificados, realizou-se uma análise com o objetivo de descrever os critérios de levantamento aplicados para se chegar aos resultados esperados. As principais regras são apresentadas no quadro a seguir.

Quadro 4 - Critérios de medição

SERVIÇO	UN	CRITÉRIO DE MEDIÇÃO
Alvenaria	m2	Área parede - área esquadria
Mão de Obra Complementar de Alvenarias	m2	Vão $\leq 2m^2$: sem descontos para Vão $> 2m^2$: 50% de desconto da área que exceder os $2m^2$
Verga	m	Perímetro esquadria + 0,1m
Contra Verga	m	Se for janela, perímetro esquadria + 0,1m
Encunhamento/Argamassa Expansiva Interno	m	Perímetro da alvenaria - Perímetro das janelas da fachada
Encunhamento/Argamassa Expansiva Externo	m	Perímetro alvenaria externa em contato com vigas
Chapisco Interno	m2	Toda parte vertical da estrutura interna
Reboco Interno	m2	Laje a Laje das alvenarias - 2*área esquadrias internas - área esquadrias externas
Reboco Externo	m2	Área parede - área esquadrias
Reboco em faixa	m	Se alguma dimensão for $< 0,5m$
Mão de Obra Complementar de Reboco Interno	m2	Se vão $> 2m^2$, Área esquadrias internas + metade área esquadrias externas
Negativo em Fachada	m	Perímetro da torre - perímetro das esquadrias
Mão de Obra Complementar de Reboco Externo	m2	Vão $\leq 2m^2$: Sem desconto do vão $2m^2 < \text{Vão} \leq 4m^2$: 50% de desconto da área que exceder os $2m^2$ Vão $> 4m^2$: desconto total da área
Requadro Esquadrias	m	Se vão $> 4m^2$: Largura da esquadria + 2*altura
Nateamento/Feltro de Lajes	m2	Área inferior das lajes técnicas

Fonte: Autor (2022)

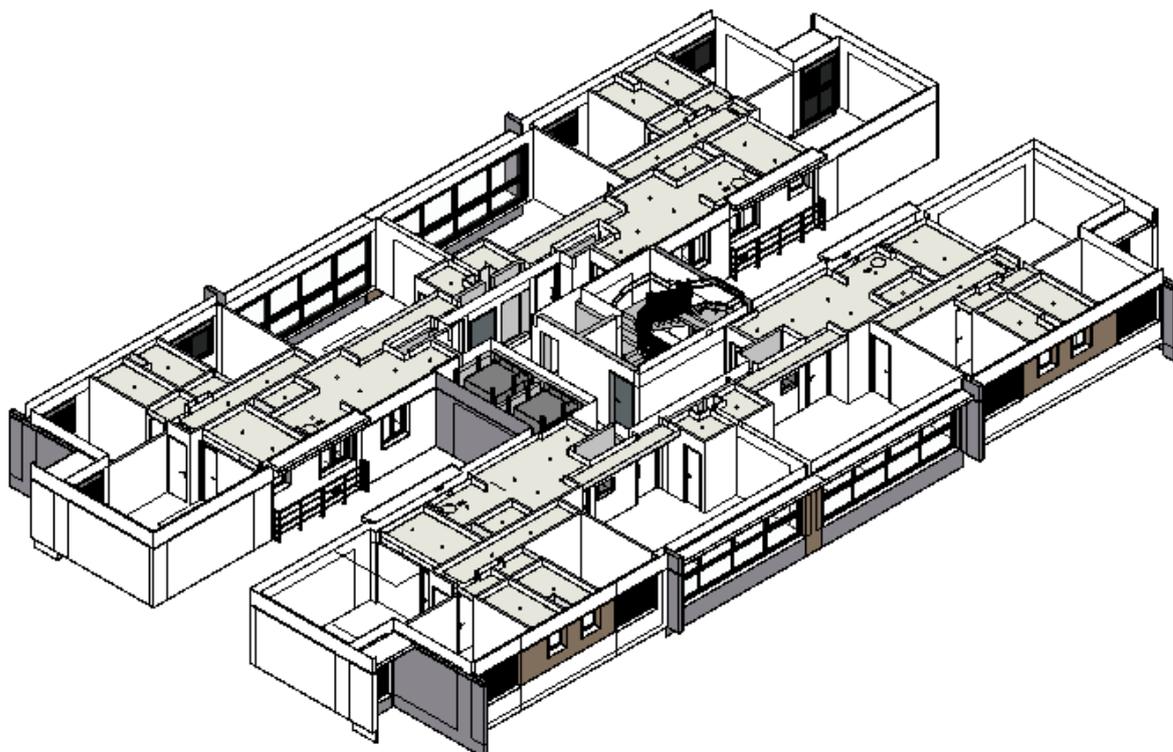
Com os resultados apresentados, cabe destacar que este capítulo não busca detalhar um orçamento completo, e sim estabelecer os critérios de medição utilizados para ser possível determinar as informações necessárias para quantificar ou calcular a partir do modelo os serviços estipulados. Definindo de outra maneira, pode-se dizer que foi preciso encontrar a semântica correta para correlacionar os elementos e os serviços que os compõe ou que se originam a partir deles, assim identificado o nível de qualidade que se espera do modelo.

4.5.2 Análise do Modelo BIM de Arquitetura

Antes de se iniciarem os estudos do modelo arquitetônico, elaborou-se um planejamento para sua execução, a partir dos resultados obtidos através das análises do projeto estrutural, mencionadas anteriormente.

Inicialmente, separou-se um pavimento tipo no modelo BIM, conforme a figura abaixo.

Figura 14 - Pavimento tipo do empreendimento



Fonte: Autor (2022)

A partir dessa separação, foi possível identificar que a composição do pavimento tipo se dá através do projeto de dois módulos um referente a um apartamento, sendo replicado quatro vezes no pavimento, e outro compondo a circulação entre os apartamentos. Então, explodiu-se um dos blocos do apartamento

para identificar a maneira que os elementos estavam modelados, sendo considerados relevantes os seguintes pontos:

- a) O projeto encontra-se compatibilizado com o projeto estrutural;
- b) As paredes foram modeladas com múltiplas camadas, contendo, além das alvenarias e *drywall*, revestimentos ou reboco. Todos estes elementos foram modelados como “paredes”;
- c) Tendo em vista que as esquadrias influenciam diretamente em diversos serviços, julgou-se necessário uma análise das informações associadas a estes elementos. Identificou-se que eles não somente estavam modelados corretamente, como também já apresentavam dados úteis para uso posterior, incluindo a identificação do tipo de parede em que o elemento se encontra, e uma codificação que permite a diferenciação entre janelas, portas e as demais esquadrias;
- d) O projeto demonstrou-se de acordo com o memorial descritivo do empreendimento.

Com essa caracterização inicial, montou-se tabelas no Revit contando com informações relacionadas às especificações, geometria e localização dos elementos, não sendo inserida nenhuma informação que não constava no próprio modelo, com exceção da tabela das paredes. Nesta tabela foram inseridas colunas adicionais contando com parâmetros calculáveis para identificar trechos que continham alguma dimensão muito pequena, pensando nos critérios de medição estabelecidos. Se um trecho de parede, por exemplo, tiver menos que 50 cm de comprimento, o custo da mão de obra para execução do seu reboco será diferente. Segue abaixo uma lista das tabelas montadas em conjunto com um detalhamento dos dados que as compõem:

- a) Tabela de Paredes: Incluindo revestimentos, elementos de vedação, como alvenaria e *drywall*, reboco e pinturas. Basicamente contando com os elementos “verticais”;
- b) Tabela de Forros: Forros em *drywall*;
- c) Tabela de Pisos: Revestimentos “horizontais”;
- d) Tabela de Janelas;
- e) Tabela de Portas;

- f) Tabela de Rodapés;
- g) Tabela de Mureta.

O próximo passo foi a exportação das tabelas para o Excel.

4.5.3 Associação dos Elementos aos Serviços

A partir dos dados obtidos pelo Revit, em conjunto com os serviços e critérios de levantamento identificados, foram elaboradas fórmulas com filtros, sendo explicadas mais profundamente nos próximos capítulos, de acordo com os grupos estabelecidos. Além de evidenciada a lógica por trás das fórmulas, serão demonstradas as diferenças entre os quantitativos, e os problemas que ocasionaram as divergências apontadas.

4.5.3.1 Alvenarias

Este grupo pode ser diferenciado dos outros em razão da presença de critérios de medições que ocasionam em diferenças entre as quantidades de material e mão de obra para a execução de um serviço. Os vãos em alvenaria, por exemplo, necessitam um tempo maior de mão de obra para realização do seu acabamento. Dessa maneira, essa diferenciação ocorre devido ao método de execução aplicado, e, portanto, ao modo de contratação dos serviços, sendo utilizado o item de *mão de obra complementar* para tal fim.

Um problema identificado no modelo foi a separação incorreta entre alvenarias internas e externas. Esta situação não ocasionaria em um erro de orçamentação, mas poderia impossibilitar a utilização do orçamento do modelo como referência para um banco de dados com indicadores que permitam parametrizar orçamentos de obras futuras em fase inicial.

Dessa maneira, encontram-se dispostos, no quadro abaixo, os quantitativos do grupo, sem a separação entre elementos internos e externos.

Quadro 5 - Quantidades para Alvenarias

CÓD.	SERVIÇO	UN	QTDE.		VARIÇÃO (%)
			CAD	BIM	
1	ALVENARIAS				
1.1 + 1.6	Alvenaria Bloco Cerâmico 19cm	m2	233,37	233,47	-0,04%
1.2 + 1.7	Alvenaria Bloco Cerâmico 14cm	m2	81,36	79,18	2,68%
1.8	Alvenaria Bloco Cerâmico 12cm - Shafts	m2	33,27	31,84	4,32%
1.3 + 1.9	Mão de Obra Complementar de Alvenarias - Critérios de Medição	m2	86,09	83,31	3,23%
1.10	Verga	m	19,92	14,08	29,32%
1.4 + 1.11	Contra Verga	m	72,84	70,41	3,34%
1.5 + 1.12	Encunhamento/Argamassa Expansiva	m	151,66	150,97	0,45%

Fonte: Autor (2022)

Como pode-se ver, as diferenças entre os quantitativos demonstram-se muito pequenas. As diferenças dos quantitativos de mão de obra complementar, verga e contra verga são resultantes da não inclusão dos vãos de churrasqueiras e elevadores nas tabelas de portas e janelas, o que impede a sua quantificação por meio delas.

Para criar as fórmulas que associam as informações das tabelas provindas do Revit com os serviços, as seguintes informações fizeram-se necessárias:

- a) Na tabela de paredes, identificação do elemento como alvenaria na especificação do elemento e identificação das suas espessuras;
- b) Na tabela de janelas e portas, se as esquadrias se encontram em alvenaria ou *drywall*.

Em termos quantitativos, pelo método convencional o grupo totaliza R\$43.018,14, enquanto que pelo método proposto tem-se R\$42.106,66, o que resulta em uma diferença de cerca de 2,12%, demonstrando resultados muito próximos e coerentes.

4.5.3.2 *Drywall*

Para o grupo de *drywall*, destaca-se que o modelo não contava com a diferenciação entre as tipologias indicadas no memorial descritivo da obra, constando apenas como elementos genéricos. Esta questão pode gerar erros significativos uma vez que há uma variação de preços unitários consideráveis entre essas

especificações. Além disso, não foi possível calcular os reforços para *drywall* e um trecho de parede não estava modelado na circulação, reduzindo um pouco o quantitativo, como pode-se ver abaixo.

Quadro 6 - Quantidades para *Drywall*

CÓD.	SERVIÇO	UN	QTDE.		VARIÇÃO (%)
			CAD	BIM	
2	DRYWALL				
2.1 até 2.3	Meia Parede Dry Wall	m2	29,09	35,53	-22,11%
2.4 até 2.8	Parede Simples Dry Wall	m2	454,10	427,48	5,86%
2.9	Revestimento em Placa de Gesso ST Colada	m2	54,78	42,35	22,69%
2.10 + 2.11	Faixa em Meia Parede Dry Wall	m	42,88	53,20	-24,07%
2.12	Faixa em Revestimento de Placa de Gesso ST Colada	m	102,56	84,84	17,28%
2.13	Reforço para Dry Wall (AC, Tampos)	un	100,00	0,00	100,00%

Fonte: Autor (2022)

Este grupo não exigiu formulações muito avançadas, sendo necessário apenas a correta identificação na especificação dos elementos.

O quadro 7 demonstra os custos do grupo em duas linhas: a primeira com os valores do orçamento sem alterações e a segunda com ajustes, sendo eles a retirada dos itens em que não foi possível fazer a medição e a distribuição das paredes entre as especificações do memorial descritivo.

Quadro 7 - Custos para *Drywall*

	PREÇO TOTAL		VARIÇÃO (%)
	CAD	BIM	
Sem ajustes	R\$96.196,14	R\$83.138,91	13,57%
Com ajustes	R\$90.072,14	R\$85.780,22	4,76%

Fonte: Autor (2022)

4.5.3.3 Revestimentos em argamassa

Neste grupo não foi possível extrair diretamente do modelo as quantidades de chapisco, uma vez que estes não estavam modelados, mas, elaborando uma solução

semelhante à da criação das formas, evidenciada no capítulo 4.4.3, fez-se possível a sua quantificação. Além disso, o reboco não estava corretamente separado entre suas espessuras e não foi possível quantificar negativos e encunhamento.

Para os revestimentos em argamassa, têm-se, novamente, critérios de medição adicionais para diferenciar custos de mão de obra de acabamentos, sendo aplicado um critério para elementos em faixas de até 50 cm de largura, muito comuns em faces de vigas e pilares. As quantidades do grupo seguem abaixo.

Quadro 8 - Quantidades para Revestimentos em Argamassa

CÓD.	SERVIÇO	UN	QTDE.		VARIÇÃO (%)
			CAD	BIM	
3	REVESTIMENTOS EM ARGAMASSA				
	REVESTIMENTOS EM ARGAMASSA INTERNOS - PAREDES				
3.1	Chapisco Interno	m2	275,84	333,6	-20,96%
3.2	Reboco Interno	m2	477,29	467,5	2,05%
3.3	Reboco Interno 3 cm	m2	37,19	0	100,00%
3.4	Reboco Interno em faixa	m	20,14	95,76	-375,47%
3.5	Mão de Obra Complementar de Reboco Interno - Critérios de Medição	m2	92,29	102	-10,52%
	REVESTIMENTOS DE ARGAMASSAS EXTERNAS				
3.6	Chapisco Externo - Sobre Alvenaria	m2	224,48	232,4	-3,53%
3.7	Chapisco Externo - Sobre Estrutura	m2	144,87	153,4	-5,85%
3.8	Reboco externo	m2	330,52	355,6	-7,59%
3.9	Reboco Externo Até 3m	m2	24,17	0	100,00%
3.10	Reboco Externo em Faixa	m	66,68	150,5	-125,76%
3.11	Negativo em Fachada	m	97,66	0	100,00%
3.12	Encunhamento/Argamassa Expansiva Externo	m	82,79	0	100,00%
3.13	Mão de Obra Complementar de Reboco Externo - Critérios de Medição	m2	39,55	39,55	-0,01%
3.14	Requadro Esquadrias	m	40,48	40,48	0,00%
3.15	Limpeza de Elementos da Fachada Após Alvenaria	m2	354,69	355,6	-0,26%
3.16	Lavagem de Estrutura de Concreto	m2	354,69	355,6	-0,26%
3.17	Nateamento/Feltro de Lajes	m2	22,47	24,37	-8,46%

Fonte: Autor (2022)

Dentre os filtros utilizados nas fórmulas de cada serviço, destaca-se, adicionalmente aos critérios apontadas no grupo de alvenarias, a necessidade de um parâmetro que identifique se o elemento é externo ou interno. Mesmo com alguns itens não computados, os custos ficaram bem próximos. Pelo CAD, foi totalizado o valor de R\$ 83.065,16, enquanto que pelo BIM chegou-se em R\$ 81.820,62, o que corresponde a uma variação de 1,50%.

4.5.3.4 Revestimentos

Para o grupo de revestimentos, os critérios se deram basicamente pelas especificações dos elementos, e as diferenças entre quantitativos se dá devido à falta de representação destes elementos no modelo. Grande parte dos itens apresentados abaixo encontra-se na circulação entre os apartamentos, ambiente que não continha elementos modelados.

Quadro 9 - Quantitativos para Revestimentos

CÓD.	SERVIÇO	UN	QTDE.		VARIACÃO (%)
			CAD	BIM	
4	REVESTIMENTOS				
	AZULEJOS DE PAREDES				
4.1	Porcelanato TIPO 1	m2	84,39	83,52	1,03%
4.2	Porcelanato TIPO 2	m2	42,69	0,00	100,00%
4.3	Corte de Porcelanatos Retificados para Cantos Vivos	m	9,60	0,00	100,00%
4.4	Mão de Obra Complementar para Azulejos	m2	14,63	0,00	100,00%
	CERÂMICAS E PORCELANATOS DE PISO				
4.5	Porcelanato TIPO 3	m2	33,62	0,00	100,00%
4.6	Porcelanato TIPO 4	m2	41,45	41,78	-0,80%
4.7	Rodapé Porcelanato TIPO 1	m	47,18	47,14	0,08%
4.8	Corte de Porcelanatos Retificados para Ralos	un	36,00	0,00	100,00%
4.9	Corte de Porcelanatos Retificados - Muretas Box	m	33,12	33,12	0,00%
4.10	Proteções Plásticas	m2	75,07	41,78	44,35%
	REVESTIMENTO CERÂMICO EXTERNO				
4.11	Plaqueta Cerâmica	m2	18,59	18,81	-1,15%
4.12	Virada - Faixa de Pastilhas (Com Material)	m	32,24	32,24	0,00%
4.13	MOT Complementar Colocação de Pastilhas	m2	5,71	5,71	-0,03%
4.14	Junta de Dilatação na Fachada Cerâmica	m	25,69	17,74	30,93%
	REVESTIMENTOS EM MADEIRA				
4.15	Rodapé de madeira	m	24,10	0,00	100,00%

Fonte: Autor (2022)

Em relação ao custo do grupo, montou-se um comparativo que segue a mesma lógica do quadro apresentado no grupo de *drywall*, e pode-se afirmar que a diferença entre custos se deu devido a erros de projeto, conforme representado abaixo.

Quadro 10 - Custos para Revestimentos

	PREÇO TOTAL		VARIACÃO (%)
	CAD	BIM	
Sem ajustes	R\$55.827,49	R\$33.908,60	39,26%
Com ajustes	R\$33.939,86	R\$33.562,75	1,11%

Fonte: Autor (2022)

4.5.3.5 Forros

O grupo de forros apresenta problemas devido à impossibilidade de medir certos elementos que não se encontram modelados, como sancas, tabica e canaletas, sendo, muitas vezes, dependentes de projetos específicos para uma análise precisa. Além disso, um trecho de forro de gesso da circulação não estava modelado, ocasionando nas diferenças visualizadas neste serviço.

Em relação aos critérios, destaca-se apenas a necessidade da correta identificação da especificação do elemento. Os quantitativos do grupo, assim como os custos sem e com ajustes, seguem, respectivamente, nos próximos quadros.

Quadro 11 - Quantitativo para Forros

CÓD.	SERVIÇO	UN	QTDE.		VARIACÃO (%)
			CAD	BIM	
5	FORROS				
5.1	Forro de Gesso Acartonado Liso	m2	174,28	145,17	16,70%
5.2	Alçapão de Gesso	un	4,00	0,00	100,00%
5.3	Faixa em Gesso	m	49,25	46,72	5,14%
5.4	Sanca (3 Faixas)	m	4,13	0,00	100,00%
5.5	Tabica	m	39,65	0,00	100,00%
5.6	Canaleta para Luminária	m	14,13	0,00	100,00%

Fonte: Autor (2022)

Quadro 12 - Custos para Forros

	PREÇO TOTAL		VARIACÃO (%)
	CAD	BIM	
Sem ajustes	R\$20.875,40	R\$16.003,48	23,34%
Com ajustes	R\$16.184,38	R\$16.003,48	1,12%

Fonte: Autor (2022)

4.5.3.6 Pinturas e limpeza da obra

Analisando o grupo de pinturas, verifica-se que as diferenças encontradas para as pinturas internas são provenientes da não modelagem de elementos na circulação e na escada. Além da redução de quantitativos, o modelo BIM não contava com uma diferenciação entre as especificações das pinturas.

Em relação aos serviços, evidencia-se a presença de critérios para faixas de pinturas, assim como nos revestimentos em argamassa. As quantidades do grupo de pinturas e limpeza da obra podem ser vistas no quadro 13.

Quadro 13 - Quantitativos para Pinturas e Limpeza da Obra

CÓD.	SERVIÇO	UN	QTDE.		VARIÇÃO (%)
			CAD	BIM	
6	PINTURAS				
	PINTURAS INTERNAS DE PAREDES				
6.1	Pintura sobre Dry Wall	m2	813,10	805,44	0,94%
6.2 até 6.4	Pintura sobre Reboco	m2	528,22	557,91	-5,62%
6.5 + 6.6	Pintura em Faixa	m	164,84	95,76	41,91%
	PINTURAS INTERNAS DE FORROS E PISOS				
6.7	Pintura sobre Forro de Gesso Rebaixado	m2	174,28	145,17	16,70%
6.8	Pintura sobre Reboco/Concreto	m2	2,31	0,00	100,00%
6.9	Pintura teto Escadas	m2	16,08	0,00	100,00%
6.10	Pintura sobre Forro de Gesso / Gesso Liso em Faixa	m	61,64	46,72	24,21%
6.11	Pintura nos Pisos das Escadas	m2	11,32	0,00	100,00%
6.12	Pintura em Faixa nos Pisos das Escadas	m	33,60	0,00	100,00%
6.13	Pintura PNE Saída Emergência	un	1,00	0,00	100,00%
	PINTURA EXTERNA DE FACHADAS				
6.14	Pintura TIPO 3	m2	418,68	389,42	6,99%
6.15	Pintura TIPO 3 em Faixa	m	116,84	139,34	-19,26%
7	LIMPEZA DA OBRA				
7.1	Limpeza de Fachada Pastilhas	m2	18,59	18,81	-1,15%
7.2	Limpeza de Fachada Pintura	m2	369,94	366,95	0,81%

Fonte: Autor (2022)

Ao analisar o custo para as pinturas, evidencia-se que, apesar da ausência de certos elementos no modelo, estes demonstram-se como uma pequena parcela do custo global do grupo, conforme quadro abaixo.

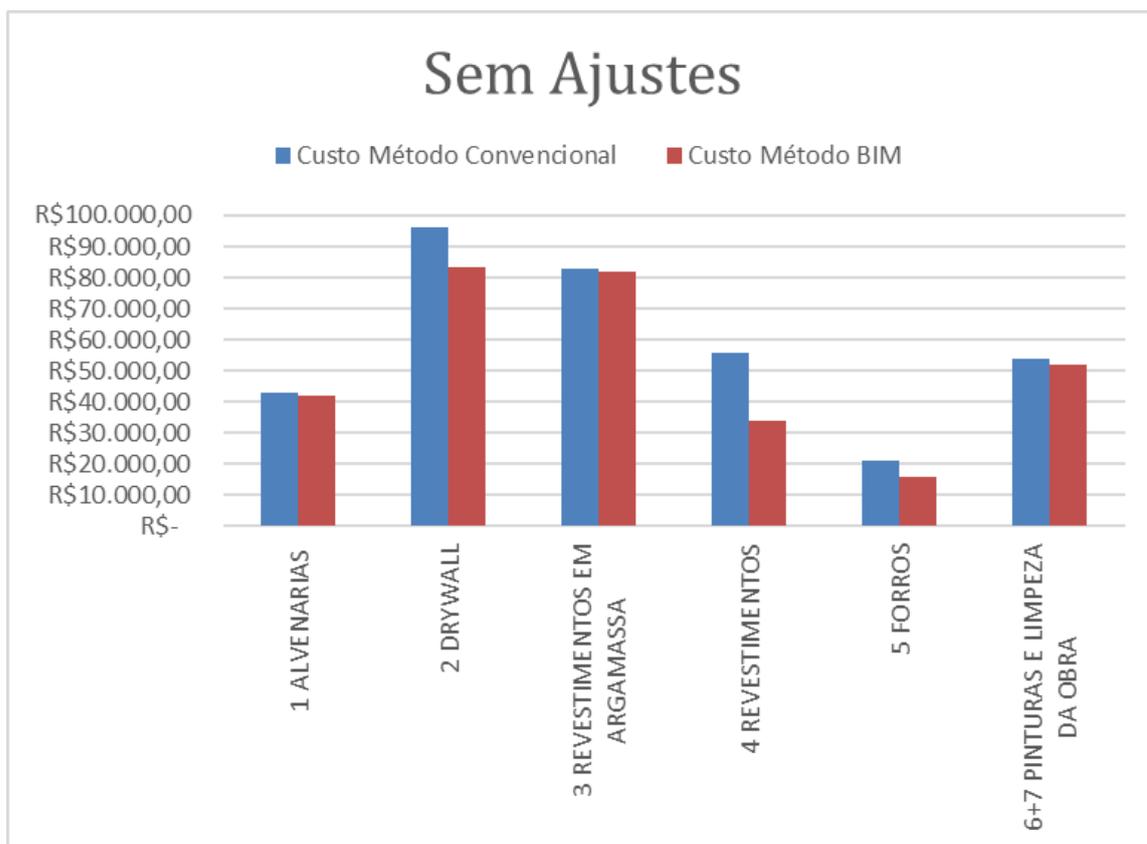
Quadro 14 - Custos para Pinturas e Limpeza da Obra

	PREÇO TOTAL		VARIACÃO (%)
	CAD	BIM	
Sem ajustes	R\$53.657,91	R\$51.953,19	3,18%
Com ajustes	R\$52.475,34	R\$51.953,19	1,00%

Fonte: Autor (2022)

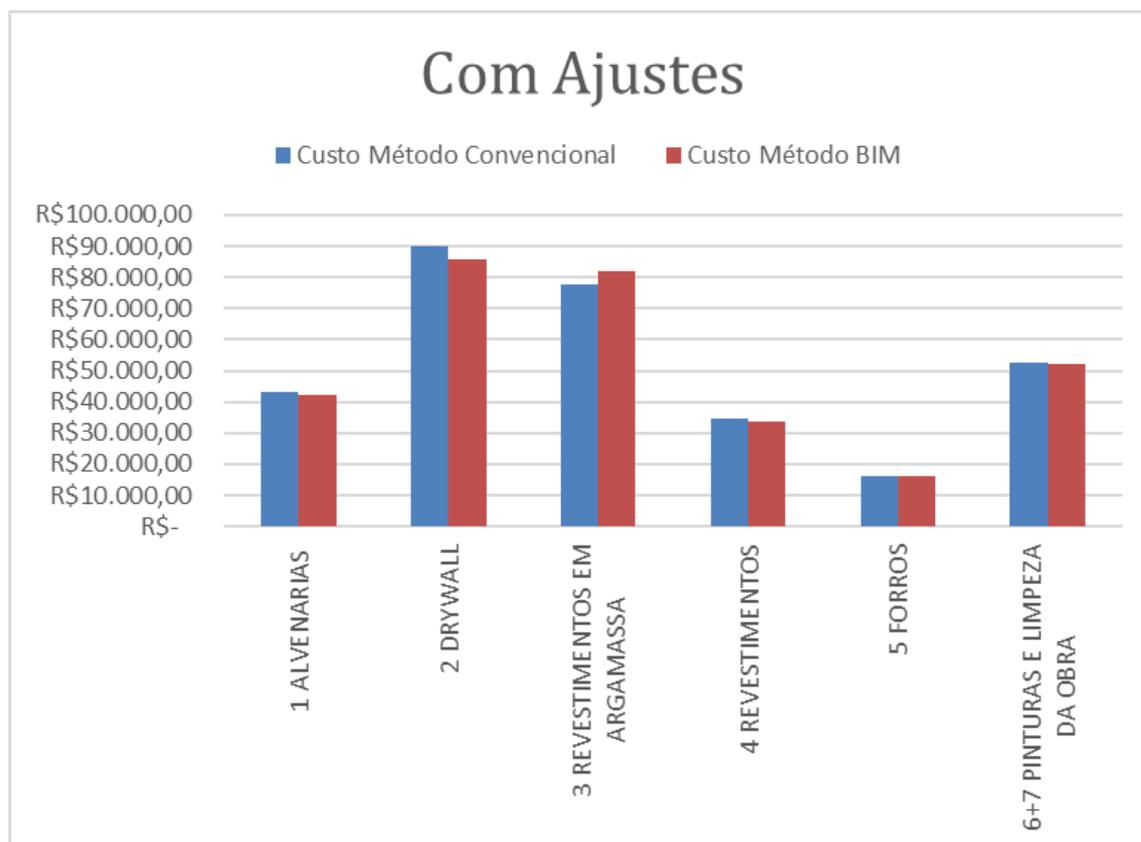
4.5.4 Custo Total

Após apresentação e detalhamento das especificidades de cada grupo, envolvendo critérios, custos e quantidades, este capítulo contempla os custos totais para cada método aplicado. Dessa maneira, seguem, nas figuras abaixo, gráficos com os custos de cada grupo envolvido para as duas metodologias, sem, e com ajustes, respectivamente. Estes ajustes, conforme mencionando anteriormente, implicam na distribuição das paredes de *drywall* entre as suas corretas especificações e na remoção de serviços compostos exclusivamente por elementos não modelados, para um melhor entendimento crítico em relação à precisão do método, ao não ser influenciado pela qualidade do modelo.

Figura 15 - Custos dos grupos sem ajustes

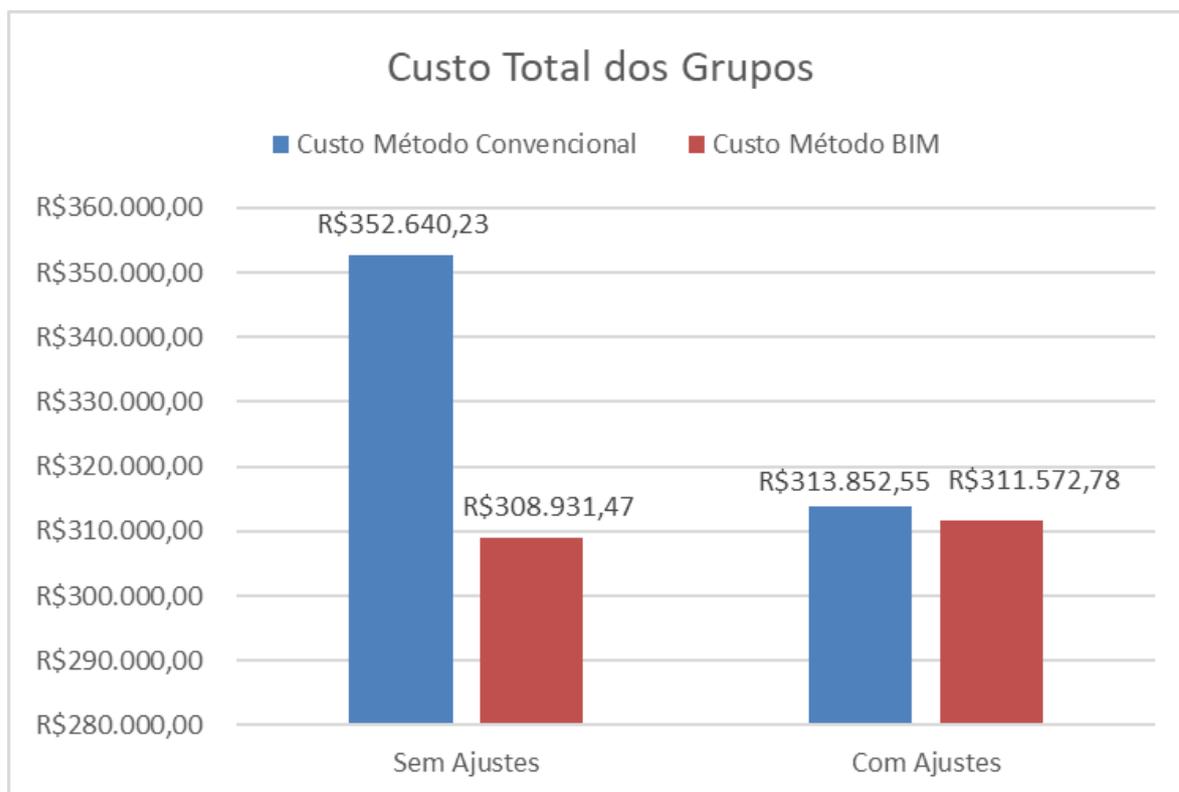
Fonte: Autor (2022)

Figura 16 - Custos dos grupos com ajustes



Fonte: Autor (2022)

Somando os custos de cada grupo, pelo método convencional foram totalizados R\$ 352.640,24, enquanto que, pelo método BIM, estimou-se um custo total de R\$ 308.931,47, resultando em uma diferença de aproximadamente 12,39%. Apesar da alta diferença, percebe-se que praticamente sua totalidade é fruto da qualidade do projeto, em que diversos elementos não foram modelados ou não estavam com a correta especificação. Assim, ao realizar os ajustes mencionados, incluindo a remoção de certos itens orçamentários e a distribuição de paredes de *drywall* entre suas diversas especificações, pode-se chegar a uma diferença de custos de apenas 0,73% entre os métodos analisados, conforme a figura 17.

Figura 17 - Custo total dos grupos com e sem ajustes

Fonte: Autor (2022)

4.6 SOLUÇÕES DE APOIO PARA MODELAGEM POR AMBIENTES

Esta seção tem por objetivo trazer propostas de soluções adicionais que, todavia, não são absolutamente necessárias para a implementação da metodologia desenvolvida, servindo apenas para aumentar o nível de abrangência das informações disponíveis no modelo de maneira facilitada.

A partir da análise dos grupos verificou-se que a principal causa das discrepâncias entre os quantitativos foi a falta de modelagem de elementos. Visando rapidamente contornar este problema, sem ter que recorrer ao projetista para com que pequenas mudanças sejam feitas, buscou-se criar um método voltado à modelagem de elementos por meio de ambientes, também conhecidos como *rooms*, ou *ifcSpaces*. A separação entre estes ambientes no pavimento tipo é demonstrada na figura 18.

Figura 18 - Ambientes do pavimento tipo



Fonte: Autor (2022)

A ideia baseia-se nos mesmos critérios estipulados no capítulo 4.1, em que os elementos faltantes não devem ser modelados manualmente, e sim por meio de uma rotina. Desta maneira, foram criadas rotinas para a criação de paredes, pisos e forros a partir desta lógica.

4.6.1 Criação de Paredes por Rotina

Ao citar paredes, neste caso, o termo faz referência à nomenclatura presente em um modelo BIM, sendo englobados, além de paredes, seus revestimentos.

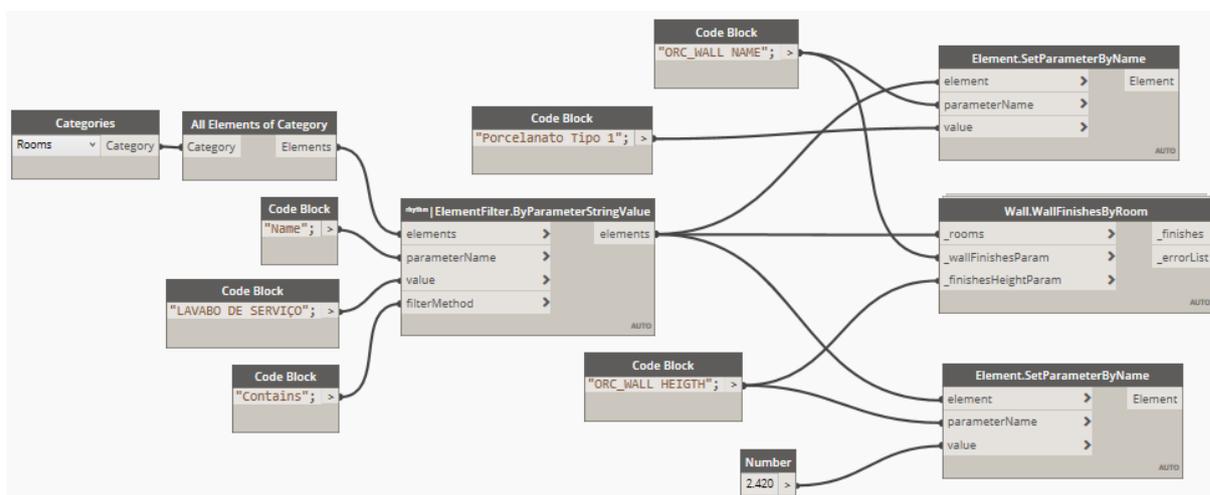
Para a criação de paredes por este método, o primeiro passo foi o de montar os parâmetros compartilháveis necessários para atribuir as informações desejadas no modelo, através do mesmo raciocínio descrito no capítulo 4.4.2. Os parâmetros encontram-se identificados no quadro abaixo, sendo relacionados ao revestimento do ambiente e à sua altura.

Quadro 15 - Parâmetros para a criação de paredes

Shared Parameter Name	Parameter Type	Parameter Group	Instance
ORC_WALL NAME	Text	Text	INSTANCE
ORC_WALL HEIGHT	Length	Analysis Results	INSTANCE

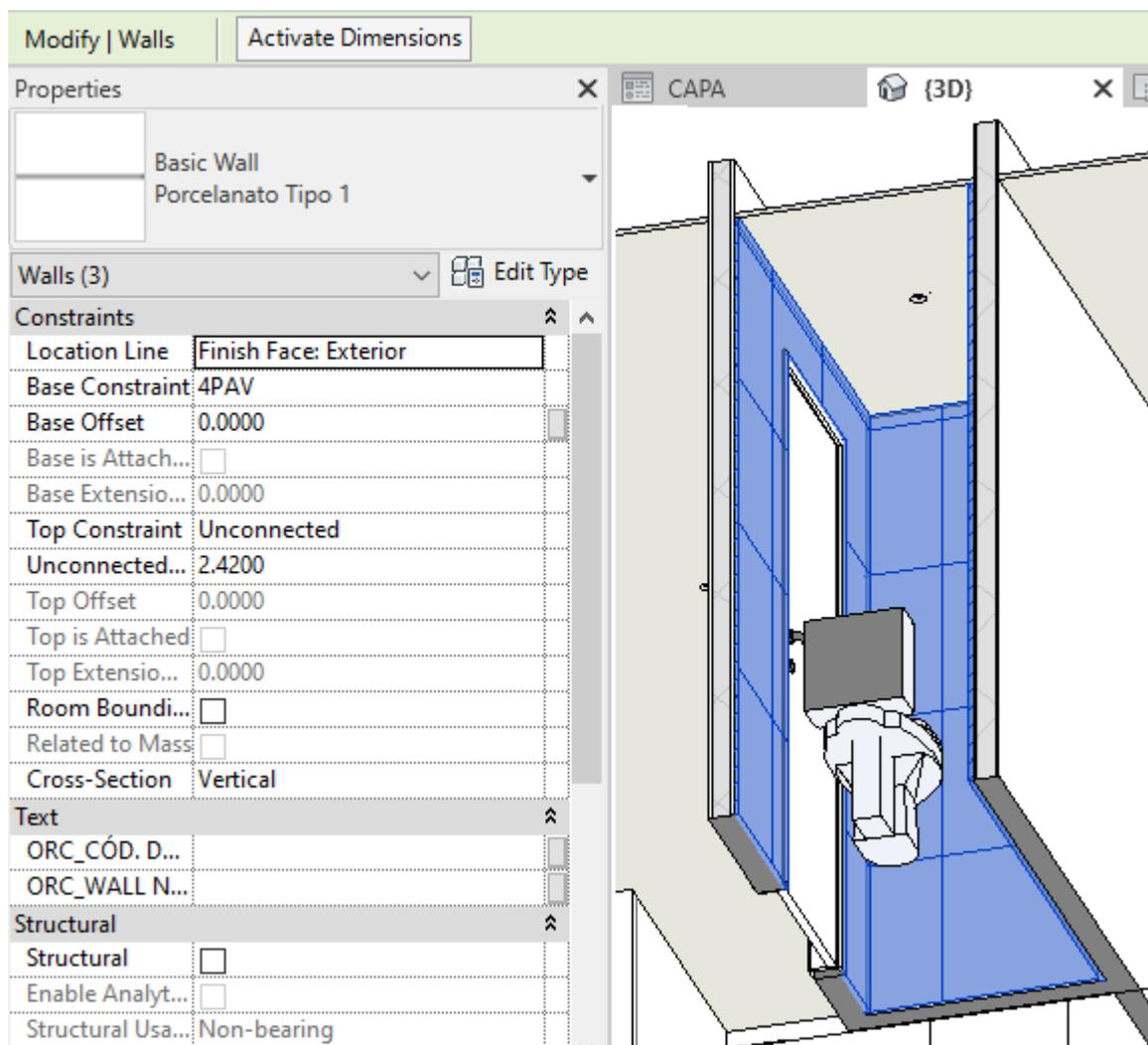
Fonte: Autor (2022)

Após a importação dos parâmetros e verificação da existência do revestimento de interesse no modelo, foi elaborada a rotina presente na figura 19 que possibilita a criação de paredes, a partir da definição do ambiente, revestimento e altura desejados.

Figura 19 - Rotina para criação de paredes por ambiente

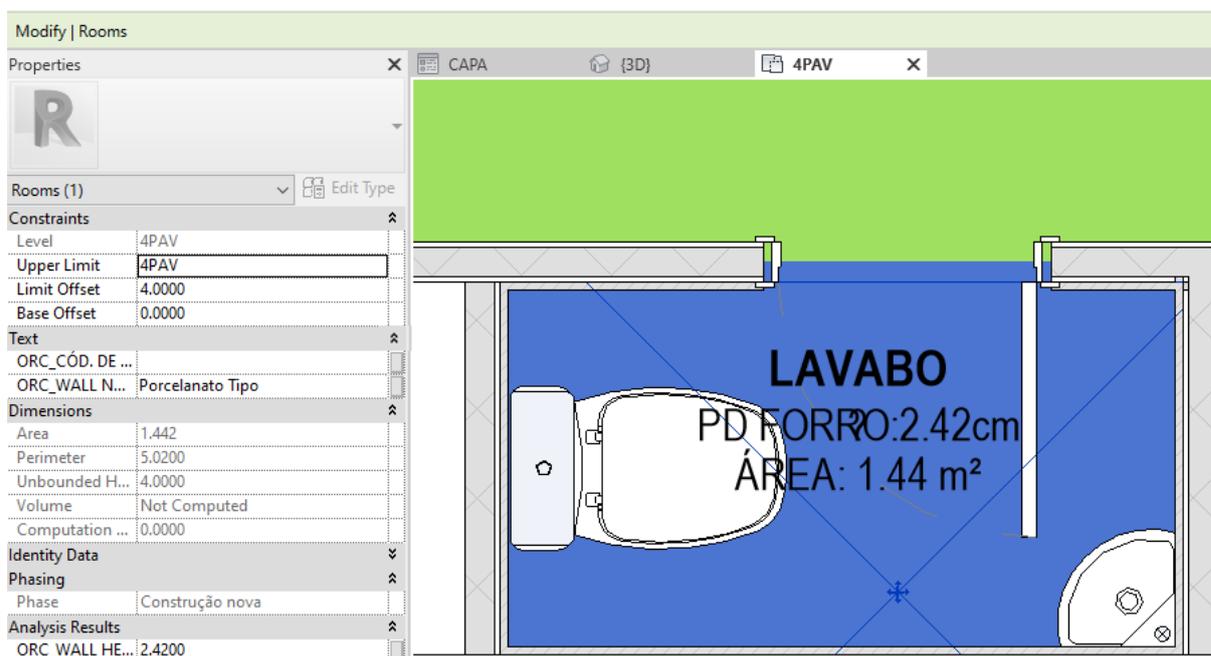
Fonte: Autor (2022)

Com a execução da rotina, cria-se, no modelo, os elementos indicados. Como pode ser visto nas figuras 20 e 21, além de uma correta modelagem, ao selecionar as propriedades do ambiente envolvido, podem ser visualizadas a especificação do revestimento e sua altura, sendo estas informações contidas nos parâmetros criados previamente.

Figura 20 - Modelagem de revestimento de parede em um ambiente

Fonte: Autor (2022)

Figura 21 - Ambiente e suas propriedades

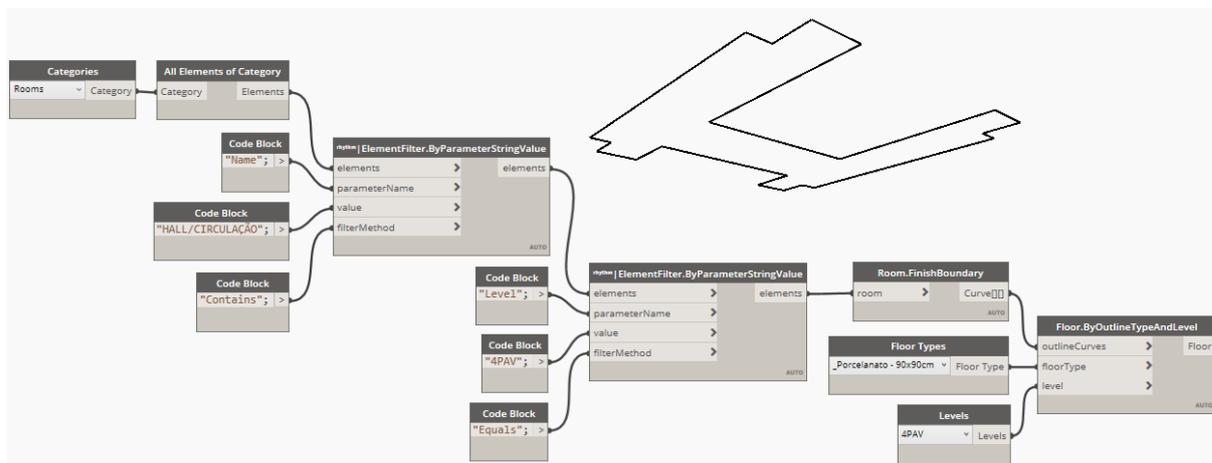


Fonte: Autor (2022)

4.6.2 Criação de Pisos e Forros por Rotina

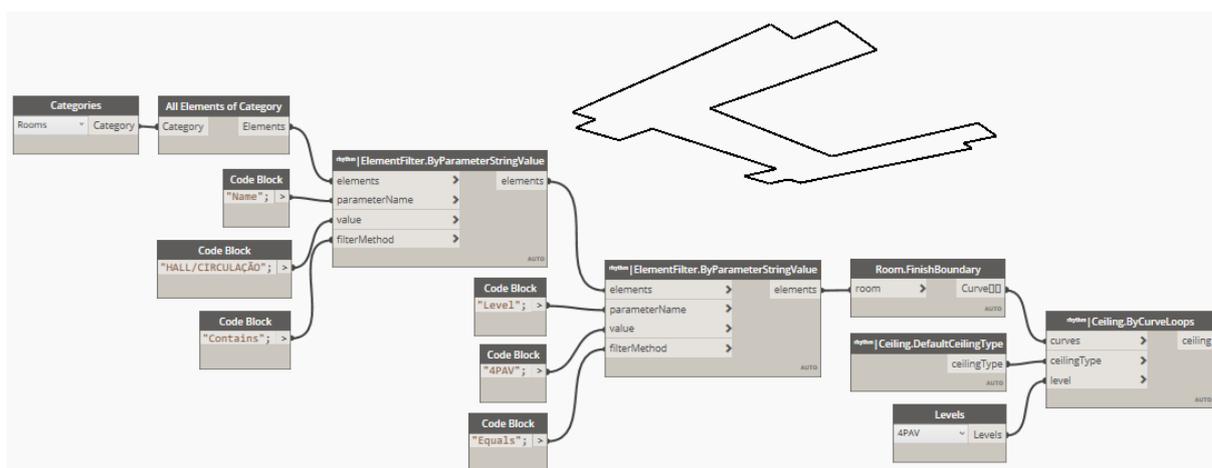
A lógica envolvida na criação de pisos e forros por meio de uma rotina se diferencia da estabelecida no capítulo anterior pois não há a necessidade de se criarem parâmetros compartilháveis, portanto uma simplificação do método para a concepção das paredes. Para o funcionamento das rotinas, deve ser determinada a especificação do elemento a ser modelado, o ambiente em que estará presente e, se necessário, ainda pode-se filtrar a criação para ambientes de pavimentos específicos, conforme as figuras 22 e 23.

Figura 22 - Rotina para a criação de pisos por ambiente



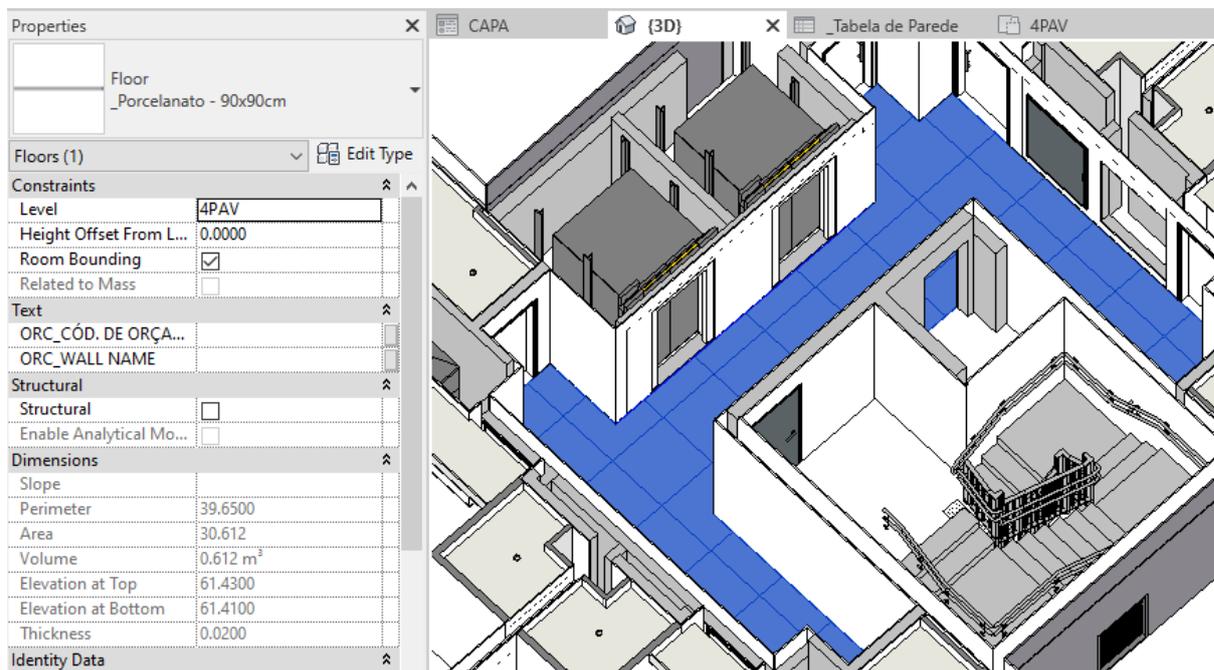
Fonte: Autor (2022)

Figura 23 - Rotina para a criação de forros por ambiente



Fonte: Autor (2022)

Executando as rotinas, os elementos são criados a partir das delimitações dos ambientes em que estão inseridos, conforme exemplificado na próxima figura, em que um revestimento de piso é modelado.

Figura 24 - Modelagem de revestimento de piso em um ambiente

Fonte: Autor (2022)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo serão descritas as conclusões obtidas a partir do trabalho e as sugestões de pesquisa para estudos futuros.

5.1 CONCLUSÃO

A essência deste trabalho consistiu na exploração do uso e das peculiaridades da tecnologia BIM voltada à orçamentação, realizando uma comparação com a metodologia mais comumente utilizada no mercado atual. Durante toda pesquisa desenvolvida, a busca do entendimento de dois pontos primordiais serviu como guia, sendo eles relacionados à qualidade do modelo, no que tange às informações necessárias para identificar uma semântica correta entre elementos e itens orçamentários, e a como se realizar a associação dessas informações.

A partir das diversas análises realizadas em um modelo de edificação, foi possível estruturar estes pontos em um procedimento prático e automatizado, além de não serem exigidas mudanças manuais de modelagem nos projetos para permitir seu correto funcionamento.

Em relação às discrepâncias evidenciadas entre os quantitativos, verificou-se que erros de modelagem ou de incompatibilidade entre os projetos são as principais causas. Rastreando os outros problemas encontrados, eles se devem ao fato de que alguns serviços não estavam diretamente relacionados a algum elemento, sendo medidos de maneira parametrizada a algum ambiente, por exemplo. Dessa maneira, a metodologia desenvolvida deve ser ajustada para se adequar a estas e outras situações, mas pode-se afirmar que, com projetos bem elaborados, já pode-se usufruir do uso da tecnologia BIM com extrema segurança, eficiência e eficácia. Adicionalmente, nesse mesmo sentido, foram desenvolvidas soluções para contornar problemas específicos relacionados à inexistência de certos elementos a partir de rotinas.

Ao examinar os quantitativos, verificou-se a necessidade de implementar critérios relacionados à execução dos serviços no método BIM, devendo existir uma

adequação à maneira que se realiza a contratação de mão de obra. Com o desenvolvimento de formulações que trabalham com os dados obtidos do modelo, foi possível estabelecer esta lógica fora do *software* BIM, através de planilhas eletrônicas, garantindo uma fácil rastreabilidade das informações.

Tendo em vista que a tecnologia BIM se faz cada dia mais presente na engenharia civil e está sendo responsável por diversas mudanças nesse meio, ressalta-se a importância da amplificação de estudos sobre o assunto. Apesar de terem sido encontrados problemas em algumas etapas analisadas, o presente trabalho pode desempenhar uma importante função na empresa como ponto inicial de desenvolvimento dessa metodologia voltada à área de orçamentação.

5.2 SUGESTÕES DE PESQUISA

A partir da realização do presente trabalho, algumas questões surgiram e merecem destaque ao se pensar no desenvolvimento de trabalhos futuros de mesmo âmbito, sendo elas:

- a) Análise de um empreendimento como um todo e de outras obras para validação e adaptação deste trabalho;
- b) Verificação do PEB (Plano de Execução BIM) proposto como requisito aos projetistas, analisando se o que se pede atende à demanda existente para orçamentos e sugerindo melhorias;
- c) Elaboração de um procedimento para confirmar se a modelagem é realizada segundo os padrões estabelecidos;
- d) Análise de quais informações podem agregar à geração de quantitativos e quais são desnecessárias;
- e) Experimentação de outras disciplinas, serviços e de outros tipos de projetos, focando na extração de quantitativos que podem ser úteis ao solicitar cotações;

- f) Aprofundar a investigação quanto à análise por ambientes, idealizando uma fusão entre o memorial descritivo e o BIM e viabilizando a geração de indicadores;
- g) Elaboração de rotinas a serem aplicadas no modelo com a finalidade de padronização da extração de quantitativos.

REFERÊNCIAS

ABDI. **Guia BIM ABDI - MDIC - v1. Processo de Projeto BIM**. Brasília: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2017a.

ABDI. **Guia BIM ABDI - MDIC – v3. BIM na Quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção**. Brasília: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2017b.

ALEXANDER, C.; ISHIKAWA, S.; SILVERSTEIN, M. **A Pattern Language**. New York: Oxford University, 1977.

AUTODESK. **Sobre parâmetros**. 2020. Disponível em: <<https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2022/PTB/Revit-Model/files/GUID-AEBA08ED-BDF1-4E59-825A-BF9E4A871CF5-htm.html>>. Acesso em: 30 jul. 2022.

BADRA, Pedro. **Orçamento de obras em tempo BIM**. Construliga, São Paulo, 2018.

BARROS NETO, J. P.; FENSTERSEIFER, J. E.; FORMOSO, C. T. Os critérios competitivos da produção: um estudo exploratório na construção de edificações. **Revista de Administração Contemporânea**, v.7, n. 1, p. 67-85, mar. 2003.

BIBLUS. **As dimensões do BIM: 3D, 4D, 5D, 6D, 7D, 8D, 9D, 10D**. 2018. Disponível em: <<https://biblus.accasoftware.com/ptb/as-dimensoes-do-bim-3d-4d-5d-6d-7d/>>. Acesso em 31 jul. 2022.

BUILDINGSMART. **What is openBIM?** 2021. Disponível em: <<https://www.buildingsmart.org/about/openbim/openbim-definition/>>. Acesso em: 30 jul. 2022.

CABRAL, Eduardo C. C. **Proposta de metodologia de orçamento operacional para obras de edificação**. 1988. 106 f. Tese (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CATELANI, Wilton. **Fundamentos BIM – Parte 1: Implementação do BIM Para Construtoras e Incorporadoras**. Brasília: Gadioli Cipolla Branding e Comunicação, 2016.

COÊLHO, Ronaldo Sérgio de Araújo. **Orçamento de obras na construção civil**. São Luís: Edição do Autor, 2015.

DIAS, Paulo Roberto Vilela. **Engenharia de Custos: Estimativa de Custo de Obras e Serviços de Engenharia**. Rio de Janeiro: Edição do autor, 2011.

EASTMAN, C.; et al. **Manual de BIM: Um guia de modelagem a informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

GOLDMAN, Pedro. **Introdução ao planejamento e controle de custos na construção civil brasileira**. São Paulo: Pini, 2004.

GONÇALVES, Francisco. **BIM: Tudo o que você precisa saber sobre esta metodologia**. Florianópolis: Autoqi, 2018.

IBRAOP. **Orientação Técnica-IBR 004/2012 - precisão do orçamento de obras públicas**. Brasil: 2012.

LEE, G. What Information Can or Cannot Be Exchanged? **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 25, n. 1, p. 1–9, 2011.

MARCHIORI, Fernanda Fernandes. **Desenvolvimento de um método para elaboração de redes de composições de custo para orçamentação de obras de edificações**. 2009. 238 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de custos**. São Paulo: Atlas, 1995.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras**. São Paulo: Pini, 2006.

SIGMA. **Algorithms for MEP Design**. 2018. Disponível em: <<https://www.sigma-aec.com/post/algorithms-for-mep-design>>. Acesso em 15 jul.2022.

SINAPI. **Metodologias e conceitos: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil / Caixa Econômica Federal**. Brasília: CAIXA, 2015.

SPBIM. **Parametrização no BIM**. 2021. Disponível em: <<https://spbim.com.br/parametrizacao-no-bim/>>. Acesso em: 30 jul. 2022.

TELFORD, Thomas. **The Civil Engineering Method of Measurement**. London: Institution of Civil Engineers, 1991.

TISAKA, Maçahiko. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução**. São Paulo: Pini, 2006.

XAVIER, Ivan. **Orçamento, planejamento e custos de obras**. São Paulo: Fupam, 2008.

APÊNDICE A – COMPARATIVO ENTRE QUANTITATIVOS

CÓD.	SERVIÇO	UN	QTDE.	
			CAD	BIM
1	ALVENARIAS			
	ALVENARIAS EXTERNAS			
1.1	Alvenaria Bloco Cerâmico 19cm	m2	194,77	49,73
1.2	Alvenaria Bloco Cerâmico 14cm	m2	20,27	0,00
1.3	Mão de Obra Complementar de Alvenarias - Critérios de Medição	m2	63,34	64,63
1.4	Contra Verga Externa	m	69,44	70,41
1.5	Encunhamento/Argamassa Expansiva Externo	m	82,62	-40,47
	ALVENARIAS INTERNAS			
1.6	Alvenaria Bloco Cerâmico 19cm	m2	38,59	183,74
1.7	Alvenaria Bloco Cerâmico 14cm	m2	61,09	79,18
1.8	Alvenaria Bloco Cerâmico 12cm - Shafts	m2	33,27	31,84
1.9	Mão de Obra Complementar de Alvenarias - Critérios de Medição	m2	22,76	18,69
1.10	Verga Interna	m	19,92	14,08
1.11	Contra Verga Interna	m	3,40	0,00
1.12	Encunhamento/Argamassa Expansiva Interno	m	69,04	191,44
2	DRYWALL			
2.1	Meia Parede Dry Wall TIPO 1	m2	11,46	35,53
2.2	Meia Parede Dry Wall TIPO 2	m2	8,09	0,00
2.3	Meia Parede Dry Wall TIPO 3	m2	9,54	0,00
2.4	Parede Simples Dry Wall TIPO 1	m2	105,11	0,00
2.5	Parede Simples Dry Wall TIPO 2	m2	226,25	427,48
2.6	Parede Simples Dry Wall TIPO 3	m2	53,01	0,00
2.7	Parede Simples Dry Wall TIPO 4	m2	31,49	0,00
2.8	Parede Simples Dry Wall TIPO 5	m2	38,24	0,00
2.9	Revestimento em Placa de Gesso ST Colada	m2	54,78	42,35
2.10	Faixa em Meia Parede Dry Wall TIPO 1	m	10,72	0,00
2.11	Faixa em Meia Parede Dry Wall TIPO 2	m	32,16	53,20
2.12	Faixa em Revestimento de Placa de Gesso ST Colada	m	102,56	84,84
2.13	Reforço para Dry Wall (AC, Tampos)	un	100,00	0,00

CÓD.	SERVIÇO	UN	QTDE.	
			CAD	BIM
3	REVESTIMENTOS EM ARGAMASSA			
	REVESTIMENTOS EM ARGAMASSA INTERNOS - PAREDES			
3.1	Chapisco Interno	m2	275,84	333,65
3.2	Reboco Interno	m2	477,29	467,51
3.3	Reboco Interno 3 cm	m2	37,19	0,00
3.4	Reboco Interno em faixa	m	20,14	95,76
3.5	Mão de Obra Complementar de Reboco Interno - Critérios de Medição	m2	92,29	102,00
	REVESTIMENTOS DE ARGAMASSAS EXTERNAS			
3.6	Chapisco Externo - Sobre Alvenaria	m2	224,48	232,41
3.7	Chapisco Externo - Sobre Estrutura	m2	144,87	153,35
3.8	Reboco externo	m2	330,52	355,62
3.9	Reboco Externo Até 3m	m2	24,17	0,00
3.10	Reboco Externo em Faixa	m	66,68	150,54
3.11	Negativo em Fachada	m	97,66	0,00
3.12	Encunhamento/Argamassa Expansiva Externo	m	82,79	0,00
3.13	Mão de Obra Complementar de Reboco Externo - Critérios de Medição	m2	39,55	39,55
3.14	Requadro Esquadrias	m	40,48	40,48
3.15	Limpeza de Elementos da Fachada Após Alvenaria	m2	354,69	355,62
3.16	Lavagem de Estrutura de Concreto	m2	354,69	355,62
3.17	Nateamento/Feltro de Lajes	m2	22,47	24,37
4	REVESTIMENTOS			
	AZULEJOS DE PAREDES			
4.1	Porcelanato TIPO 1	m2	84,39	83,52
4.2	Porcelanato TIPO 2	m2	42,69	0,00
4.3	Corte de Porcelanatos Retificados para Cantos Vivos	m	9,60	0,00
4.4	Mão de Obra Complementar para Azulejos	m2	14,63	0,00
	CERÂMICAS E PORCELANATOS DE PISO			
4.5	Porcelanato TIPO 3	m2	33,62	0,00
4.6	Porcelanato TIPO 4	m2	41,45	41,78
4.7	Rodapé Porcelanato TIPO 1	m	47,18	47,14
4.8	Corte de Porcelanatos Retificados para Ralos	un	36,00	0,00
4.9	Corte de Porcelanatos Retificados - Muretas Box	m	33,12	33,12
4.10	Proteções Plásticas	m2	75,07	41,78
	REVESTIMENTO CERÂMICO EXTERNO			
4.11	Plaqueta Cerâmica	m2	18,59	18,81
4.12	Virada - Faixa de Pastilhas (Com Material)	m	32,24	32,24
4.13	MOT Complementar Colocação de Pastilhas	m2	5,71	5,71
4.14	Junta de Dilatação na Fachada Cerâmica	m	25,69	17,74
	REVESTIMENTOS EM MADEIRA			
4.15	Rodapé de madeira	m	24,10	0,00

CÓD.	SERVIÇO	UN	QTDE.	
			CAD	BIM
5	FORROS			
5.1	Forro de Gesso Acartonado Liso	m2	174,28	145,2
5.2	Alçapão de Gesso	un	4,00	0
5.3	Faixa em Gesso	m	49,25	46,72
5.4	Sanca (3 Faixas)	m	4,13	0
5.5	Tabica	m	39,65	0
5.6	Canaleta para Luminária	m	14,13	0
6	PINTURAS			
	PINTURAS INTERNAS DE PAREDES			
6.1	Pintura sobre Dry Wall	m2	813,10	805,4
6.2	Pintura TIPO 1 sobre Reboco	m2	393,76	557,9
6.3	Pintura TIPO 2 sobre Reboco	m2	86,37	0
6.4	Pintura Escadas	m2	48,09	0
6.5	Pintura TIPO 1 em Faixa	m	142,44	95,76
6.6	Pintura TIPO 2 em Faixa	m	22,40	0
	PINTURAS INTERNAS DE FORROS E PISOS			
6.7	Pintura sobre Forro de Gesso Rebaixado	m2	174,28	145,2
6.8	Pintura sobre Reboco/Concreto	m2	2,31	0
6.9	Pintura teto Escadas	m2	16,08	0
6.10	Pintura sobre Forro de Gesso / Gesso Liso em Faixa	m	61,64	46,72
6.11	Pintura nos Pisos das Escadas	m2	11,32	0
6.12	Pintura em Faixa nos Pisos das Escadas	m	33,60	0
6.13	Pintura PNE Saída Emergência	un	1,00	0
	PINTURA EXTERNA DE FACHADAS			
6.14	Pintura TIPO 3	m2	418,68	389,4
6.15	Pintura TIPO 3 em Faixa	m	116,84	139,3
7	LIMPEZA DA OBRA			
7.1	Limpeza de Fachada Pastilhas	m2	18,59	18,81
7.2	Limpeza de Fachada Pintura	m2	369,94	367