

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**COMPARATIVO DE ORÇAMENTAÇÃO EM
FERRAMENTAS COM METODOLOGIA BIM 5D**

PEDRO OTÁVIO MARTINS MOREIRA

ORIENTADOR: MICHELE TEREZA CARVALHO

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA
CIVIL**

BRASÍLIA/DF: MAIO/2022

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**COMPARATIVO DE ORÇAMENTAÇÃO EM
FERRAMENTAS COM METODOLOGIA BIM 5D**

PEDRO OTÁVIO MARTINS MOREIRA

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADA POR:

**MICHELE TEREZA CARVALHO, DSc. (ENC-UnB)
(ORIENTADORA)**

**CLÁUDIA MÁRCIA COUTINHO GURJÃO, DSc (ENC-UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**LISSA GOMES ARAÚJO, MSc (PECC-UnB)
(EXAMINADOR EXTERNO)**

BRASÍLIA/DF, 06 de MAIO de 2022.

FICHA CATALOGRÁFICA

MOREIRA, PEDRO OTÁVIO MARTINS

Comparativo de orçamentação em ferramentas com metodologia BIM 5D

[Distrito Federal] 2022.

ix, 58 p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2022)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. BIM

2. Construção Civil

3. Orçamentação

4. BIM 5D

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MOREIRA, P.O.M. (2022). Comparativo de orçamentação em ferramentas com metodologia BIM 5D. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 58 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Pedro Otávio Martins Moreira

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Comparativo de orçamentação em ferramentas com metodologia BIM 5D

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2022

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Pedro Otávio Martins Moreira

SHVP, Rua 08, Chácara 221, Lote 12

72.007-045 - Brasília/DF – Brasil

pedro.moreiraproj@gmail.com

RESUMO

O BIM 5D consiste na utilização das informações extraídas de um modelo de construção 3D para embasar a elaboração de estimativas de custos e orçamentos para todo o ciclo de vida de um empreendimento e, com métodos e processos compatíveis com o contexto, é possível alcançar elevados níveis de precisão. Com o intuito de usufruir destes benefícios, o mercado busca ferramentas que suportam o BIM 5D e depara-se com variados softwares e *plug-ins* para as mais variadas utilizações e cenários. Nestas circunstâncias, esta pesquisa busca analisar e comparar algumas das mais utilizadas ferramentas do mercado de forma a auxiliar futuras tomadas de decisão e produções científicas acerca dos assuntos aqui desenvolvidos. Para viabilizar tal discussão, verificou-se a necessidade de elaborar um modelo suficientemente alimentado com informações, para propiciar a elaboração de orçamento referenciado em IFCs e a aplicação das ferramentas Navisworks, OrçaBIM e QiVisus, selecionadas dentre as ferramentas disponíveis, para auxiliar o desenvolvimento de uma Estrutura Analítica de Projeto (EAP), a extração de quantitativos e elaboração de orçamento. A metodologia adotada é composta por três etapas que visam atingir cada um dos objetivos, a modelagem, orçamentação e comparação de ferramentas e possibilita a aplicação em outros softwares. As principais contribuições deste trabalho incluem a apresentação de informações que auxiliem a escolha das ferramentas aqui analisadas, no processo de orçamentação, ou a necessidade de analisar outras possibilidades. Além disso, traz algumas informações sobre os processos reais de orçamentação com o auxílio das ferramentas já citadas, que podem auxiliar futuros trabalhos ou pesquisas acadêmicas. Por fim, esta pesquisa conclui que não há ferramentas que se destacam, pois cada uma tem benefícios e limitações em situações específicas e podem, dessa forma, ser aplicadas em diversos contextos.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVOS.....	3
1.1.1. OBJETIVO GERAL	3
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. CONCEITO DO BIM	4
2.2. MODELAGEM BIM EM “N” DIMENSÕES.....	9
2.3. MODELAGEM BIM 5D	12
2.4. MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA	16
3. METODOLOGIA.....	28
3.1. ETAPA 1: MODELAGEM E VALIDAÇÃO DO MODELO BASE.....	29
3.2. ETAPA 2: APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS BIM 5D	31
3.3. ETAPA 3: COMPARATIVOS ENTRE AS FERRAMENTAS	31
4. RESULTADOS.....	33
4.1. ETAPA 1: MODELAGEM E VALIDAÇÃO DO MODELO BASE.....	33
4.2. ETAPA 2: APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS NA METODOLOGIA BIM 5D.....	37
4.2.1. NAVISWORKS	37
4.2.2. PLUG-IN ORÇABIM (ORÇAFASCIO).....	42
4.2.3. QIVISUS.....	48
4.3. ETAPA 3: COMPARATIVOS ENTRE AS FERRAMENTAS	51
4.3.1. PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE ORÇAMENTO	52
4.3.2. RECURSOS DIPONÍVEIS	53
4.3.3. MANIPULAÇÕES PERMITIDAS	53
4.3.4. EXPORTAÇÃO E IMPORTAÇÃO DE INFORMAÇÃO.....	54
4.3.5. TABELA COMPARATIVA.....	54
5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	56
5.1. CONCLUSÃO	56
5.2. RECOMENDAÇÕES	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Dimensões BIM	10
Tabela 2.2 - Identificação* dos <i>clusters</i> e descrição dos grupos de artigos pesquisados no <i>Web of Science</i>	23
Tabela 2.3 - Principais abordagens dos artigos selecionados.....	24
Tabela 2.4 - Pesquisa das Ferramentas BIM	26
Tabela 3.1- Estrutura Analítica de Projeto adotada.....	29
Tabela 3.2 - Exemplo de Tabela comparativa.....	32
Tabela 4.2 - Tabela de desempenho das ferramentas analisadas	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Conotações do termo BIM Modificado de Succar (2009).....	5
Figura 2.2 - Análise triaxial Modificado de Succar (2009).....	5
Figura 2.3 - Campos BIM Modificado de Succar (2009)	6
Figura 2.4 - Estágios BIM Modificado de Succar (2009).....	7
Figura 2.5 - Modificada de Arnal (2018)	11
Figura 2.6 - Método de modelagem proposto por Fenato <i>et al.</i> (2018)	15
Figura 2.7 - Processo do Mapeamento Sistemático da Literatura elaborado pelo autor	18
Figura 2.8 - Nuvem de palavras dos artigos selecionados elaborada pelo autor.....	20
Figura 2.9 - Quantidade de artigos por ano de publicação (19/04/2022) baseado nos resultados do <i>Web of Science</i> elaborado pelo autor.....	21
Figura 2.10 - Nuvem de Co-citações de autores no resultado da pesquisa <i>Web of Science</i>	22
Figura 2.11 - Mapeamento de palavras-chaves no resultado da pesquisa <i>Web of Science</i>	23
Figura 3.1 - Fluxo de metodologia	28
Figura 4.1 - Vista 3D da modelagem da Estrutura do empreendimento em estudo.....	33
Figura 4.2 - Vista 3D da modelagem do Hidrossanitário e Elétrico do empreendimento em estudo.....	34
Figura 4.3 - Tubulação de esgoto e suas propriedades.....	35
Figura 4.4 - Bloco de concreto e suas propriedades.....	35
Figura 4.5 - Processo de utilização do Navisworks	37
Figura 4.6 - EAP lançada no Navisworks	38
Figura 4.7 - Árvore de seleção do Navisworks	39
Figura 4.8 - Procura de itens do Navisworks	39
Figura 4.9 - Atribuição de itens à EAP no Navisworks	40
Figura 4.10 - Propriedade personalizada no Navisworks.....	41
Figura 4.11 - Navegador superior do Revit com OrçaBIM instalado	42
Figura 4.12 - Processo de utilização do OrçaBIM	42
Figura 4.13 - EAP no OrçaBIM	43
Figura 4.14 - Filtros de família no OrçaBIM	44
Figura 4.15 - Composição do SINAPI no OrçaBIM.....	45
Figura 4.16 - Editor de subcritérios no OrçaBIM	46
Figura 4.17 - Composições de serviço no site eletrônico do OrçaFascio	47
Figura 4.18 - Processo de utilização do QiVisus	48

Figura 4.19 - Configuração de EAP no QiVisus	49
Figura 4.20 - EAP gerada no QiVisus	49
Figura 4.21 - Parametrização personalizada no QiVisus	50
Figura 4.22 - Orçamento no QiVisus	51

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
BIM	<i>Building Information Modeling</i> (Modelagem da Informação da Construção)
CAD	<i>Computer Aided Design</i> (Desenho Assistido por Computador)
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
EAP	Estrutura Analítica de Projeto
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
IPD	<i>Integrated Project Delivery</i> (Entrega Integrada de Projeto)
LOD	<i>Level of development</i> (Nível de desenvolvimento)

1. INTRODUÇÃO

Existem vários indicadores para analisar o sucesso de uma obra ou empreendimento, um dos mais impactantes, sem dúvida, é o desempenho de custos, como abordam Rahman *et al.* (2013). Ainda assim, é um item que, na literatura, mostra-se um dos mais negligenciados e um dos que mais contribui para o insucesso de diversas gestões de projeto dentro do contexto da construção civil.

Como explica Doloi (2013), a falta de acurácia na elaboração de orçamento é um impactante causador de falha do desempenho de custos de empreendimentos, como Babatunde *et al.* (2019) abordam, estas imprecisões são decorrentes, entre outros fatores, da utilização de processos antigos e produtos ultrapassados no mercado da construção civil, ou seja, modelagem em CAD 2D e falta de colaboração entre as partes envolvidas resultam em documentações imprecisas e que induzem ao erro os profissionais que extraem informação destes documentos.

Frente a esta e outras problemáticas é que as discussões sobre o BIM se desenvolvem, a fim de aperfeiçoar os processos que envolvem a produção e gestão de projetos e empreendimentos.

Observando o contexto brasileiro, conforme abordam Aline *et al* (2021), embora existam normativos, como o Decreto N° 9.983 (2019) e o Decreto 10.306 (2020), os quais estabelecem a utilização de ferramentas e metodologias BIM para prestação de serviços diretos ou indiretos à esfera pública, ainda é notável a dificuldade e o despreparo das empresas em acompanhar as exigências, o que se deve não só pela dificuldade na implementação dos conceitos BIM, como também a falta de conhecimento de projeto e gerenciamento neste setor.

Frente a estas incertezas, também surgem os questionamentos quanto às ferramentas, seus produtos, utilizações e, dentro do contexto BIM, como a modelagem 3D com informação pode guiar na elaboração de quantitativos e orçamentos.

Desta forma, este trabalho se desenvolveu com o intuito de verificar, analisar e comparar a utilização de algumas das ferramentas mais usuais disponíveis no mercado a fim de trazer mais insumos para a tomada de decisões e para guiar futuras produções científicas e profissionais. Estas ferramentas são o Navisworks, o OrçaBIM e o QiVisus, distribuídos, respectivamente, pela AutoDesk, pelo OrçaFascio e pela AltoQi.

Para que este trabalho seja eficaz, foi realizada uma modelagem 3D com parâmetros suficientes para o processo de orçamentação utilizando ferramentas BIM 5D, de um empreendimento de quatro pavimentos com dois apartamentos por andar e que já foi projetado em CAD 2D anteriormente por uma empresa do ramo da construção civil no programa “Casa Verde e Amarela”.

Após a realização destas proposições, será possível entender um pouco mais da utilização das ferramentas já citadas em um processo real de orçamentação e como cada uma desempenha em relação às outras.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é analisar e comparar o processo de utilização de ferramentas disponíveis no mercado da construção civil no Brasil com aplicação de metodologia BIM 5D.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar modelo 3D com parâmetros suficientes para extração de quantitativos e elaboração de orçamento;
- Aplicar e descrever algumas das ferramentas BIM 5D mais comuns no mercado brasileiro para elaboração de quantitativos e orçamentos;
- Elaborar e aplicar matriz de comparação das ferramentas selecionados.

1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos, sendo eles: introdução; fundamentação teórica e revisão bibliográfica; metodologia; resultados; conclusão e recomendações.

Na introdução, é apresentado um breve contexto sobre o tema abordado de forma a ambientar o leitor, os objetivos propostos, a justificativa para a realização do trabalho e sua estrutura.

Na fundamentação teórica e revisão bibliográfica serão tratadas diversas definições para embasar futuras discussões e o processo de revisão sistemática da literatura, que por meio de um processo bem definido, verificou o estado atual da produção científica na área deste trabalho.

Na metodologia, serão explicados os procedimentos, de forma mais detalhada possível, para viabilizar os objetivos propostos.

Nos resultados, foi especificado todo o caminho e todas as dificuldades para a aplicação de tudo o que foi exposto na metodologia.

Já na conclusão e recomendações, foi feita uma síntese e uma análise de tudo o que foi feito sob a ótica do que foi proposto para o trabalho.

Além dos capítulos anteriormente apresentados, será apresentada a relação de artigos, livros e outros materiais acadêmicos que embasaram todo o desenvolvimento deste trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão feitas conceituações importantes sobre a metodologia BIM e sobre a modelagem 5D aplicada aos trabalhos de orçamentação na indústria da construção civil, além do mapeamento bibliográfico realizado durante o processo de pesquisa deste trabalho, de forma a ambientar e embasar as discussões, resultados e conclusões obtidas.

2.1. CONCEITO DO BIM

Na literatura, é possível encontrar diversas definições e utilizações da sigla “BIM” nos mais variados cenários. Dentre elas, pode-se destacar os conceitos desenvolvidos por Eastman *et al.* (2018), que definem o BIM (Building Information Modeling) como uma tecnologia de modelagem associada a um conjunto de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção, onde estes modelos BIM caracterizam-se por:

- Representações digitais dos componentes da construção que carregam atributos gráficos e de informação paramétricas;
- Componentes que possuem informações sobre como se comportam na edificação de forma a basear análises sobre o processo construtivo, assim como extração de quantitativos, especificações e análises energéticas;
- Informação consistente e não-redundante de forma que todas as janelas de visualização de um modelo retratem a mesma representação atualizada do modelo do qual fazem parte.

Para Succar (2009), o BIM é uma tecnologia emergente e uma mudança de processos dentro da indústria da arquitetura, engenharia, construção e operação. Na Figura 2.1, é possível observar outras conotações e entendimentos sobre o termo “BIM”.

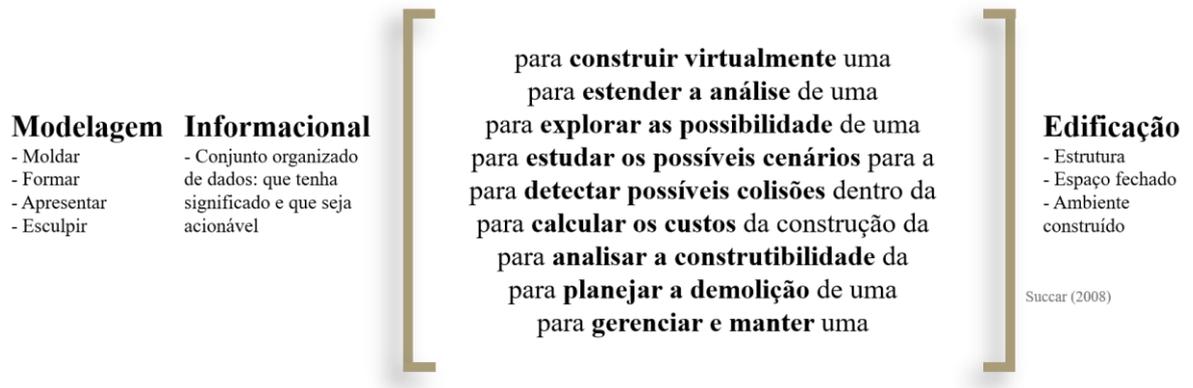


Figura 2.1 – Conotações do termo BIM Modificado de Succar (2009)

Succar (2009) traz uma abordagem sobre o BIM que se baseia em uma análise triaxial (Figura 2.2) que compreende:

- Eixo X - Campos BIM: identifica os atuantes e seus entregáveis;
- Eixo Y - Estágios BIM: identifica a maturidade da implementação BIM;
- Eixo Z - Lentes BIM: tem como objetivo dar “profundidade” à análise dos campos e estágios BIM.

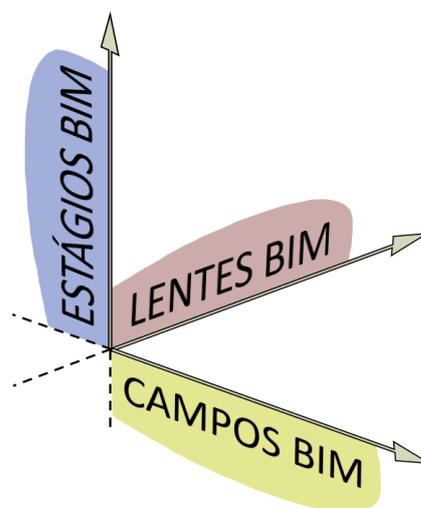


Figura 2.2 - Análise triaxial Modificado de Succar (2009)

Na análise dos Campos BIM (Eixo X), tem-se uma subdivisão em três campos, sendo eles os de tecnologia, processos e regras, que se sobrepõem e interagem entre si, como pode ser observado na representação da Figura 2.3. Cada um dos campos são definidos como:

- Campo da Tecnologia BIM: Agrupa os atuantes especialistas no desenvolvimento de *softwares*, *hardwares*, equipamentos e sistemas de rede necessários para aumentar a eficiência, produtividade e lucratividade dos setores da construção civil;
- campo do Processo BIM: Agrupa os atuantes que adquirem, projetam, constroem, fabricam, usam, gerenciam e mantêm estruturas;
- campo das Regras BIM: Agrupa os atuantes focados na preparação dos praticantes, contribuição de pesquisa, distribuição de benefícios, alocação de riscos, minimização de conflitos na indústria da construção;

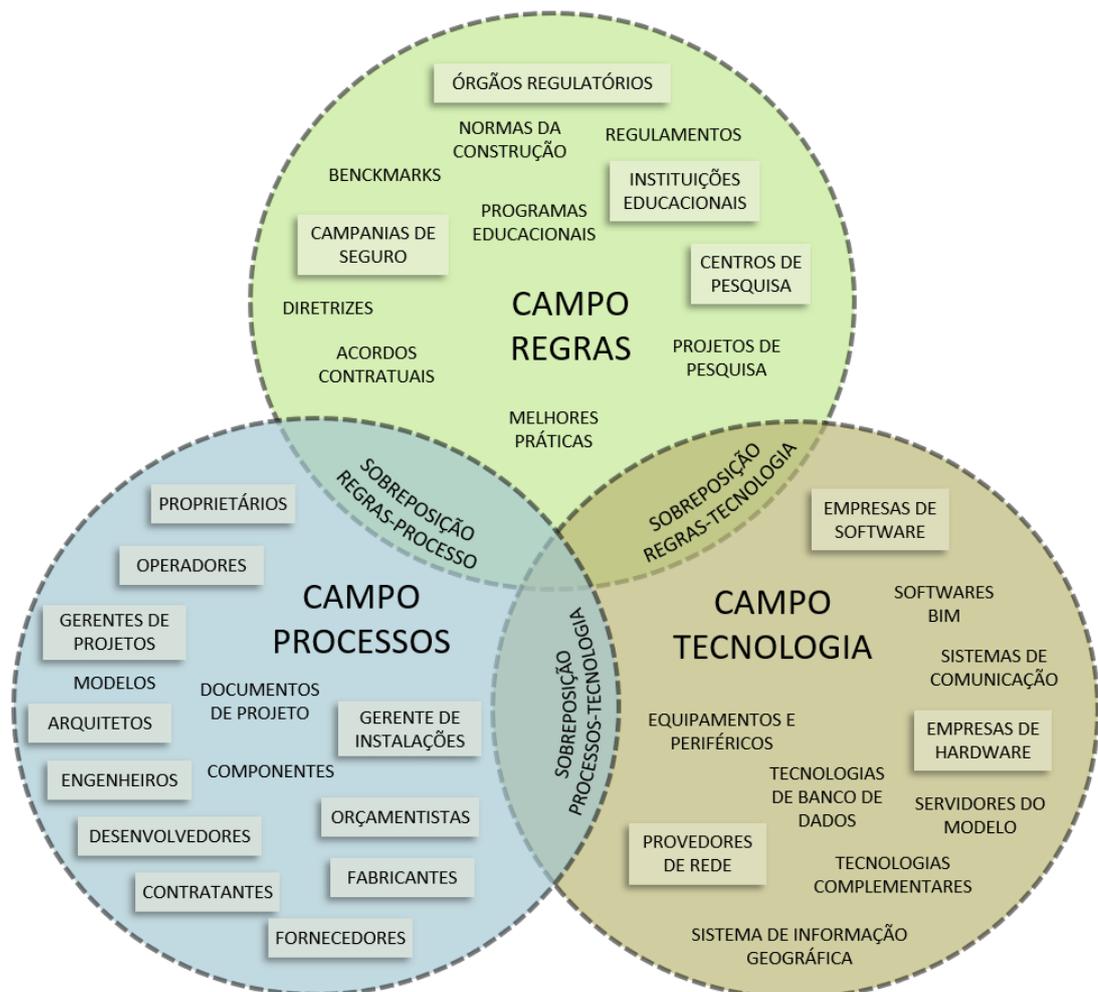


Figura 2.3 - Campos BIM Modificado de Succar (2009)

Ainda na análise de Succar (2009), define-se os Estágios BIM (Eixo Y) em três níveis de maturidade a partir do ponto de implementação BIM até a Entrega de Projeto Integrada ou *Integrated Project Delivery* (IPD), bem ilustrada na Figura 2.4.

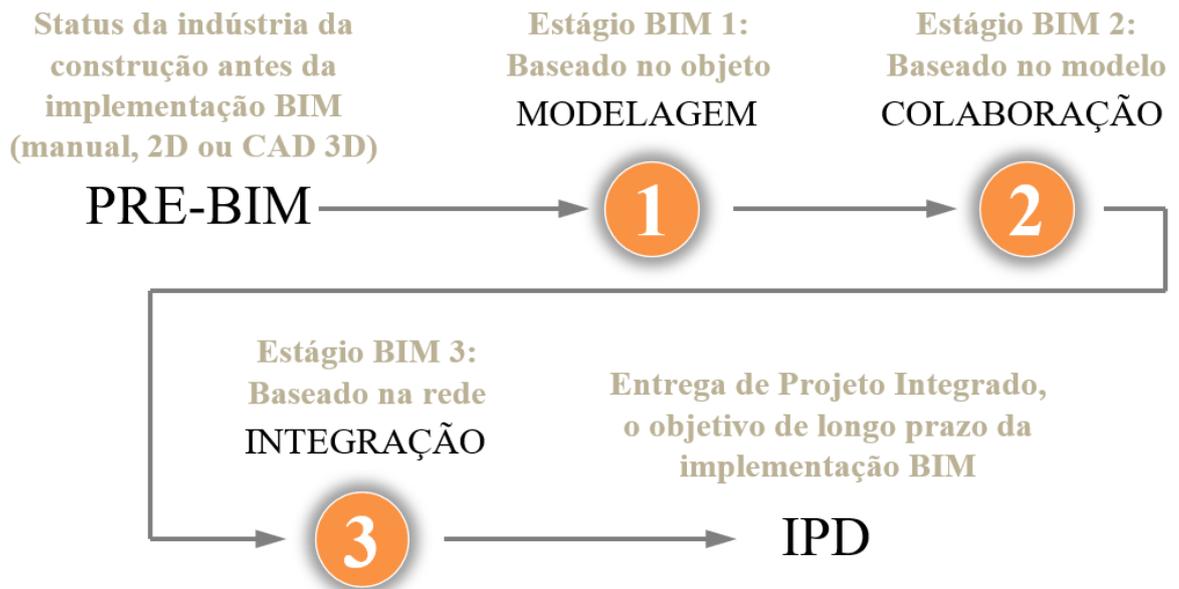


Figura 2.4 - Estágios BIM Modificado de Succar (2009)

- Estágio PRE-BIM: Muita dependência de documentos 2D para descrever uma realidade 3D. Mesmo quando algumas visualizações 3D são geradas, é comum a existência de incongruências. Os quantitativos, as estimativas de custos e as especificações geralmente não são derivadas do modelo e não são paramétricas;
- estágio BIM 1: A implementação BIM é iniciada pelo desenvolvimento em uma ferramenta 3D paramétrica baseada no objeto. Nesta etapa, os usuários geram modelos unidisciplinares de projeto, construção ou operação. As práticas colaborativas ainda são parecidas ao estágio PRE-BIM, onde não há colaborações, baseadas no modelo, significativas;
- estágio BIM 2: Neste estágio, os atuantes colaboram ativamente com outras disciplinas. Isto ocorre por meio de diversas tecnologias, decorrentes de cada ferramenta BIM, e a utilização de arquivos IFC começa a ser comum no intercâmbio de informações entre as disciplinas. Ainda assim, a comunicação entre os atuantes é assíncrona;

- estágio BIM 3: Ao alcançar esta etapa, os modelos informacionais são criados, compartilhados e mantidos de forma colaborativa pelo ciclo de vida da edificação. Esta integração pode ser obtida através da utilização de tecnologias de rede. Nesta etapa, os modelos passam a ser interdisciplinares e permitem análises nos primeiros momentos de projeto e construção. Além disso, os entregáveis do modelo se estendem à inteligência empresarial *-lean construction-* a políticas sustentáveis e a todo o custo do ciclo de vida da edificação;
- *Integrated Project Delivery (IPD)*: Define-se como uma entrega de projeto que integra pessoas, sistemas, estruturas empresariais e práticas em um processo que colaborativamente atrela os talentos e novas ideias dos participantes para otimizar os resultados do projeto, agregar valor ao proprietário, reduzir desperdícios e maximizar a eficiência de todas as etapas de projeto, fabricação e construção da edificação (Succar, 2009).

Para completar sua análise, Succar (2009) define as Lentes BIM (Eixo Z) como camadas distintas de análise aplicadas aos Campos BIM e aos Estágios BIM de forma a abstrair os domínios BIM e controlar a sua complexidade removendo detalhes desnecessários. Diferentemente de filtros, as lentes têm o objetivo de dar enfoque aos pontos importantes para o estudo e não de esconder dados.

Frente à interpretação de Succar (2009) sobre os níveis de maturidade com os Estágios BIM (Eixo Y), é possível inferir uma relação indireta com outro conceito abordado na literatura, que por sua vez é discutido no Caderno de Apresentação de Projetos BIM (2014), que traz uma tradução/interpretação do *Level of development*, ou LOD, conceituado no BIM FORUM (2013) e que define:

- **ND 100**: Inclui elementos do projeto, como objetos 3D que são usados para estudos de massa. Esses elementos podem ser representados graficamente com um símbolo ou outra representação genérica. Devem ser suficientes para os estudos preliminares e conceituais, e orientativos para o planejamento do projeto;
- **ND 200**: Os elementos conceituais são convertidos em objetos genéricos com a definição de suas dimensões básicas. Essa fase permite desenvolver o partido arquitetônico e demais elementos do empreendimento, definindo e consolidando as

informações necessárias a fim de verificar sua viabilidade técnica e econômica. Esse conjunto possibilita a elaboração dos projetos legais;

- **ND 300:** Os elementos do modelo são graficamente representados como um sistema específico, objeto ou conjunto em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação;
- **ND 350:** Os elementos genéricos são transformados para os elementos finais, com visão da construção e da identificação das interfaces entre as especialidades;
- **ND 400:** Contempla o desenvolvimento final e o detalhamento de todos os elementos do empreendimento, de modo a gerar um conjunto de informações suficientes para a perfeita caracterização das obras/serviços a serem executadas, bem como a avaliação dos custos, métodos construtivos e prazos de execução. São elaborados todos os elementos do empreendimento e incorporados os detalhes necessários de produção, dependendo do sistema construtivo. O resultado deve ser um conjunto de informações técnicas claras e objetivas sobre todos os elementos, sistemas e componentes do empreendimento;
- **ND 500:** Nesta etapa, tem-se o fim da gestão das fases de obra, e o fim da gestão das fases de projeto da edificação com a geração do projeto de “As Built” e manuais.

2.2. MODELAGEM BIM EM “N” DIMENSÕES

O termo “nD” é decorrente da evolução das dimensões que definem o modelo de projeto trabalhado, passando do 2D para o 3D e conseqüentemente para o 4D, 5D, 6D e assim sucessivamente até que se perceba a possibilidade de “n” dimensões em que um modelo possa apoiar-se. É importante não confundir a modelagem nD com o Nível de desenvolvimento ND ou, como originalmente conceituado pelo BIM FORUM (2013), o *Level of Development* LOD.

Segundo Lee *et al.* (2006), a definição de um modelo nD se ergue sobre o conceito do BIM 4D com uma integração adicional de “n” dimensões de projeto dentro de um modelo holístico, que permite os usuários retratarem e visualizarem a edificação por todo o seu ciclo de vida.

Ding *et al.* (2014) explicam as dimensões (3D, 4D e 5D) comumente como níveis de um modelo BIM, onde o 3D representa a base de desenvolvimento BIM. O 4D utiliza o BIM para uma alocação de tempo de projeto, sequência construtiva e simulação de execução. Já o 5D adiciona o aspecto de custo ao modelo.

Para Eastman *et al.* (2018) em um modelo 4D, o cronograma de construção está ligado aos objetos BIM representados no 3D, permitindo a visualização da sequência construtiva de uma edificação. Já na análise do BIM 5D, é possível utilizar as informações do modelo BIM para quantitativos, estimativas e orçamentação antes mesmo de se ter alcançado o 4D ou até mesmo sem muitos avanços no modelo 3D.

A GUIA BIM 03 - ABDI (2017) também traz uma análise sobre as dimensões, onde define o 3D como a utilização BIM para modelagem autoral além de coordenação espacial. Na quarta dimensão tem-se a adição do componente “tempo”, permitindo a visualização do modelo em diferentes etapas construtivas. No modelo 5D inclui-se o fator custo que possibilita criar estimativas, planejar e gerenciar os desembolsos durante a obra. E finalmente na sexta dimensão observa-se a inclusão de dados sobre a manutenção e operação da edificação, buscando atender a fase mais longa do ciclo de vida da edificação.

Pärn *et al.* (2017) trazem uma breve descrição das dimensões assim como os setores e/ou profissionais mais impactados por cada uma delas como se pode verificar na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Dimensões BIM

Dimensão de desenvolvimento	Descrição	Partes impactadas
3D	Consiste nos dados bi ou tridimensionais do modelo da edificação. BIM 3D pode ser definido como “apresentação geométrica, descrições paramétricas e normativos legais associados com a construção de um edifício”	Equipe de projeto, fornecedor
4D (3D + tempo)	Relaciona as informações de cronograma/tempo aos objetos do modelo 3D com objetivo de sequenciar o processo construtivo pelo tempo.	Construtor, subempreiteiro

5D (3D + custo)	Adiciona informações de custo aos elementos do modelo 3D. Habilita uma antecipada estimativa de custos e extração de quantitativos diretamente de um arquivo 3D.	Orçamentista
6D (3D + manutenção)	+ Integra o gerenciamento de facilities e a informação do ciclo de vida da edificação. 6D está associado a ativos de informação úteis no processo de gestão, porém, após o 5D, a literatura ainda não entrou em um consenso.	Gestor de facilities e proprietário
nD (3D + ...nD)	Outras possíveis dimensões associadas ao modelo BIM.	Pode estar relacionado com qualquer parte interessada

Fonte: Modificado de Pärn *et al.* (2017)

É importante comentar sobre a heterogeneidade do meio acadêmico em relação às definições para 7D ou mais dimensões, mas no geral, trazem as mesmas ideias, muitas vezes em ordens diferentes, como as 10 dimensões propostas por Arnal (2018) e que podem ser verificadas na Figura 2.5.

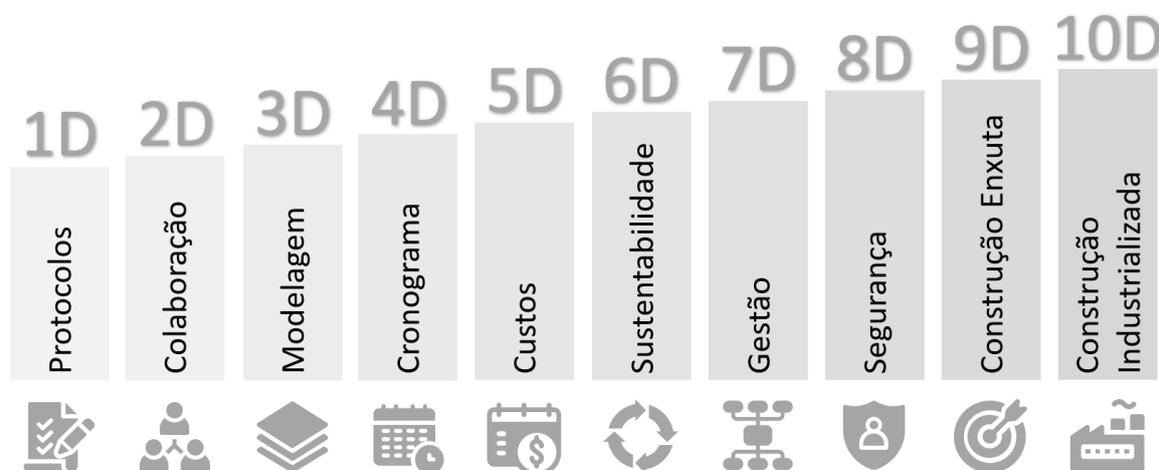


Figura 2.5 - Modificada de Arnal (2018)

2.3. MODELAGEM BIM 5D

Assim como foi mostrado anteriormente neste trabalho, a utilização do BIM dentro da engenharia de custos abrange diversas atividades e níveis de desenvolvimento de projeto, e dessa forma é notório o impacto que a qualidade do modelo elaborado tem sobre as diversas etapas de orçamentação.

Eastman *et al.* (2018) explicam que o processo de orçamentação envolve acessar condições ou parâmetros de projeto que impactam custos. A identificação inteiramente automática destas condições por ferramentas BIM ainda não é viável. Desta forma, os orçamentistas devem considerar usar a tecnologia BIM para facilitar as tarefas laboriosas na extração de quantitativos e para rapidamente visualizar, identificar, analisar condições e providenciar mais tempo para revisões no projeto e otimizar preços dos subempreiteiros e fornecedores.

No GUIA BIM 03 – ABDI (2017) é exposto que a automação de processos dos levantamentos de quantitativos é uma das principais vantagens do BIM atrelado à engenharia de custos, mas que para uma boa confiabilidade e assertividade é necessário que se tenha responsabilidade durante a definição dos métodos a serem adotados no modelo BIM. Apenas partindo de correta especificação de elementos, componentes e equipamentos, associados aos seus respectivos dados de custos, é possível obter uma base sólida para demonstração de múltiplas visões do empreendimento.

Na perspectiva de Forgues (2012), a orçamentação baseada em modelo somente se tornou possível após a implementação da modelagem paramétrica baseada no objeto nos softwares de modelagem. Modelagens com metodologia BIM usam parâmetros e regras para determinar a geometria, assim como propriedades não-geométricas e características de objetos.

Segundo Eastman *et al.* (2018) os profissionais de custos podem utilizar diversas opções para aproveitar o BIM na extração de quantitativos e para o processo de estimativa, porém nenhuma ferramenta BIM tem a totalidade das capacidades de planilhas especializadas, então os profissionais devem identificar o melhor método de trabalho para a estimativa específica. De acordo com o autor, são quatro as possíveis abordagens:

- **Exportar as quantidades dos elementos da edificação para um software de orçamento usando as próprias ferramentas de extração dos softwares utilizados:**

desta maneira, é necessário exportar os quantitativos em arquivos de texto ou planilhas, sem informações geométricas. Com o auxílio de outras ferramentas, normalmente o MS Excel ou Google Spreadsheets, estes arquivos serão tratados para a geração de estimativas de custo. Utilizando esta solução, não há necessidade de um modelo BIM interoperável em rede, porém, a cada modificação do modelo é preciso atualizar as informações no software de apoio para retificar as orçamentações.

- **Exportar os objetos da edificação e/ou quantidades para softwares de orçamentação utilizando *Add-ons*:** com a utilização desta solução, é empregado um dos complementos disponibilizados especificamente para os softwares de modelagem BIM, para a realização da exportação de informações diretamente para o software de orçamento de escolha. Algumas destas ferramentas ajudam os profissionais ao indicar os objetos atualizados ou não no orçamento e outras análises mais específicas sobre a exportação. Embora exista uma comunicação mais automatizada entre as plataformas, ainda não há interoperabilidade, ou seja, deve-se solicitar ao complemento que sejam feitas novas exportações para que o orçamento retrate o modelo atual.
- **Exportar os objetos da edificação usando o IFC ou outros formatos semelhantes:** Usando esta solução, é possível fazer o mesmo procedimento para qualquer modelo que tenha sido desenvolvido em plataformas com suporte à extração de IFC. Ainda assim, não conta com interoperabilidade. E deve ter seu arquivo IFC reexportado a cada modificação.
- **Exportar os objetos do modelo BIM, incluindo suas geometrias, para um software de gerenciamento de construção multifuncional e integralizado:** Com a utilização desta solução, o usuário tem uma integração em tempo real do seu orçamento e do seu modelo, ou seja, não é necessário intervir no processo para obter orçamentos atualizados de qualquer disciplina do projeto.

Ainda sob a ótica de Eastman *et al.* (2018), os orçamentistas devem entender como o BIM pode auxiliar atividades específicas na orçamentação através de redução de erros, melhoria de precisão e confiabilidade do orçamento. Mais importante, eles podem se beneficiar da habilidade de responder rapidamente a mudanças durante fases críticas do projeto, um desafio que muitos orçamentistas enfrentam constantemente.

Smetanková *et al.* (2018) salientam que o mercado da construção entende os méritos de eliminar erros causados por levantamentos incorretos, que serão transferidos para o preço

real, e dessa forma, existe uma crescente quantidade de softwares para a criação de cálculos, orçamentos e cotações.

Fenato *et al.* (2018) discorrem em seu artigo sobre as dificuldades tecnológicas e deficiências relacionadas ao uso do BIM 5D especificamente no software Autodesk Revit. Ele explica que a modelagem por meio de objetos 3D para a extração de quantitativos é trabalhosa. A falta de classes de objetos capazes de representar as operações de um orçamento operacional é evidenciada, sendo o desenvolvimento de tais classes, uma atividade complicada que demanda conhecimento avançado na plataforma e o emprego de ferramentas de programação para a melhor customização do sistema. De forma a mitigar estas problemáticas os autores propõem um método de modelagem, que pode ser observado na Figura 2.6.

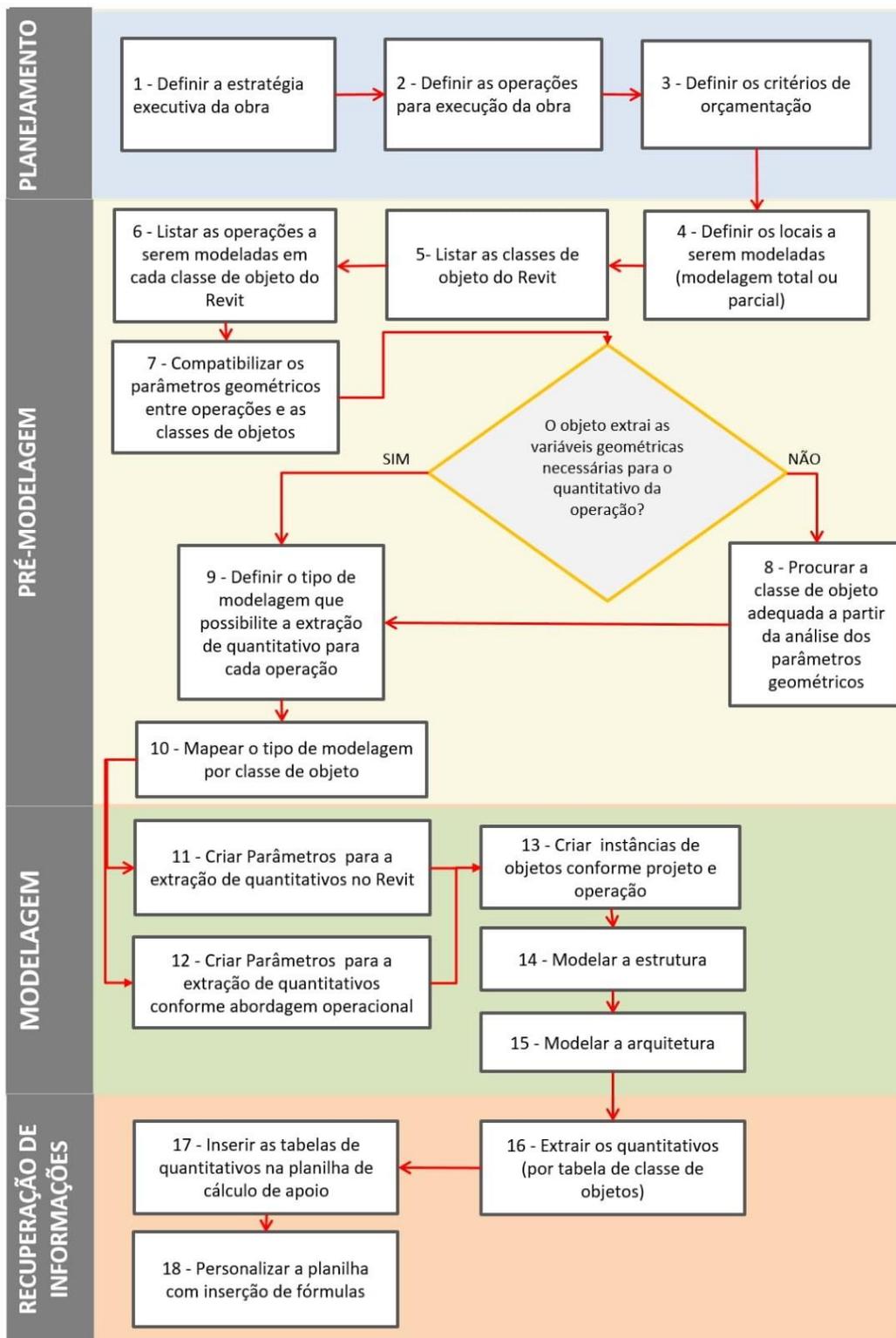


Figura 2.6 - Método de modelagem proposto por Fenato *et al.* (2018)

Na etapa de modelagem é possível fazer um paralelo com os Estágios BIM de Succar (2009) já discutidos neste trabalho. No caso da representação da Figura 2.6, a abordagem

sequencial na produção dos modelos de projeto, mostra uma solução dentro do Estágio BIM 1, onde as disciplinas ainda não colaboram de forma significativa.

A última etapa do método mostrado caracteriza-se pela necessidade de extrair dados do modelo trabalhado para obtenção de quantitativos e, na atual conjuntura, este processo pode ser facilitado à partir da interoperabilidade entre as diversas aplicações usadas em um projeto. Para Eastman *et al* (2018), a interoperabilidade é a capacidade de várias ferramentas trocarem informações entre si e contribuírem, em conjunto, com o trabalho a fazer.

Assim, para a continuidade do trabalho, surge a necessidade da discussão sobre o Open BIM e sobre a extensão IFC. A organização criadora e mantenedora do processo Open BIM, o define como um extensor dos benefícios do BIM através da melhoria de acessibilidade, usabilidade, gestão e sustentabilidade dos dados digitais na indústria da construção.

Neste contexto, como Eastman *et al* (2020) também abordam, o formato mais comumente usado para permitir o processo open BIM é o formato IFC, regulado pela normatização presente na ISO 16739-1 (2018). IFC é a abreviação de *Industry Foundation Classes* e é um padrão de organização de dados. Este formato permite que as informações e geometrias sejam exportadas para diferentes ferramentas digitais durante todo o ciclo de vida de uma construção, e que sejam corretamente lidas e interpretadas por estas aplicações.

O IFC permite a interoperabilidade, ou seja, que diversas aplicações possam interpretar e contribuir com a geometria e com as informações atribuídas juntamente com os diversos trabalhos que envolvem o ciclo de vida de uma construção, das etapas de planejamento até o uso e operação.

2.4. MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA

A partir dos conceitos abordados e objetivos deste trabalho, entende-se necessário a realização de um mapeamento sistemático da literatura a fim de melhor compreender a atual conjectura da produção científica, na ótica, especificamente, do desenvolvimento de orçamentação com o auxílio da metodologia BIM.

Segundo Dermeval (2020) “o levantamento do estado da arte é atividade obrigatória na realização de qualquer pesquisa científica de qualidade. Seja para delinear um novo projeto

de pesquisa, escrever uma monografia/dissertação/tese ou propor um artigo científico, pesquisadores precisam realizar um levantamento da literatura existente sobre determinado tópico de pesquisa.”

Dessa maneira, foi elaborado e seguido um protocolo de busca, seleção e análise da produção científica de forma a possibilitar resultados objetivos, relevantes e enxutos. O procedimento está ilustrado na Figura 2.7.

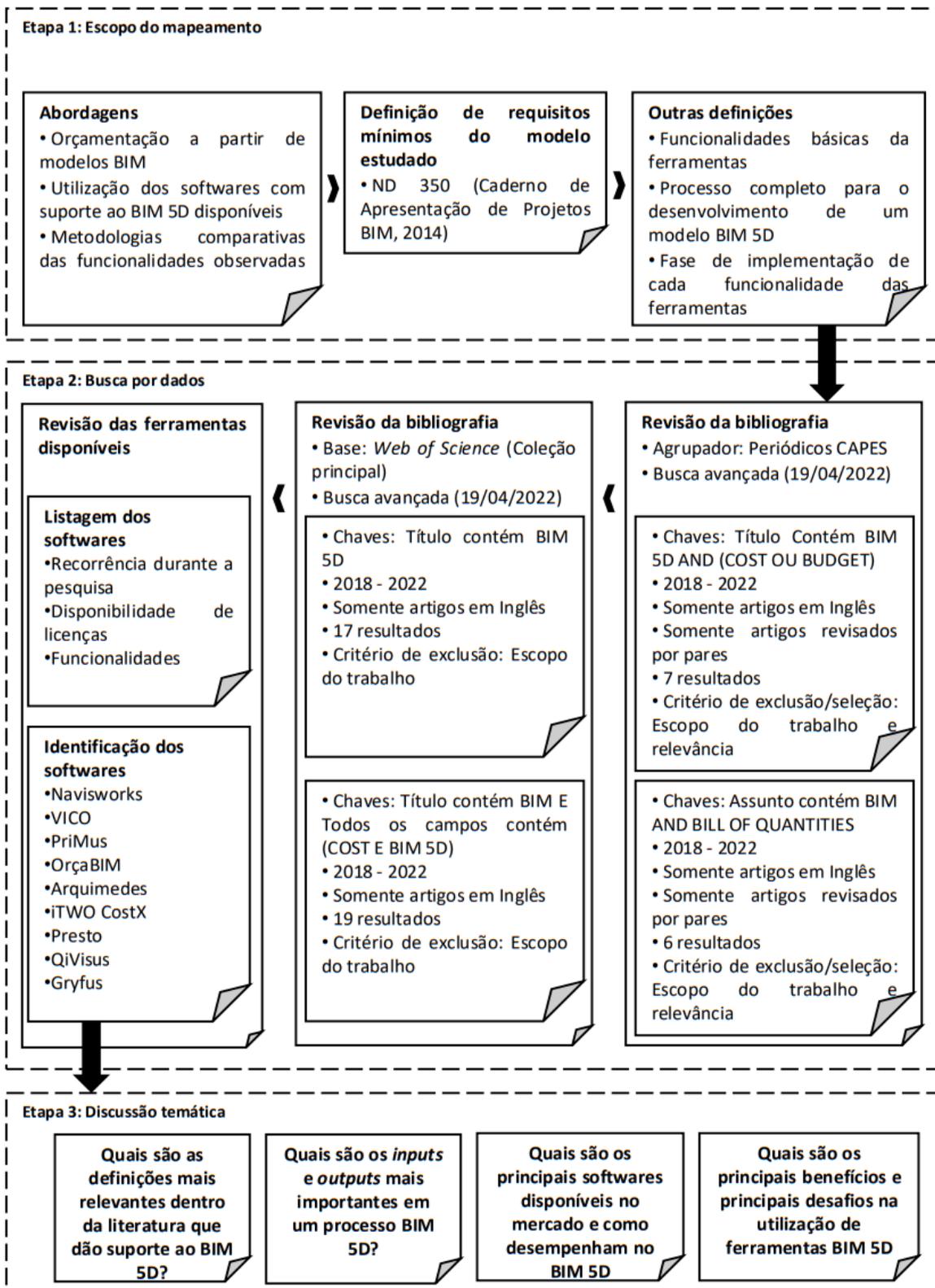


Figura 2.7 - Processo do Mapeamento Sistemático da Literatura elaborado pelo autor

A partir da Etapa 1 do processo de mapeamento, foi possível definir como seriam analisados os trabalhos obtidos na Etapa 2, de forma que trabalhos que abordam assuntos que não se alinham estritamente aos objetivos deste trabalho, mas que de alguma maneira ajudem na elaboração de análises, fluxos de trabalho, definições ou até figuras didáticas possam ser selecionados durante as buscas.

Durante a Etapa 2 foi efetivamente feita a pesquisa na bibliografia. As buscas foram feitas no agrupador Periódicos CAPES e na base *Web of Science*, que apresentaram resultados similares. No *Web of Science*, obteve-se um apanhado mais geral onde vários dos trabalhos no campo dos resultados não estavam diretamente ligados aos conceitos de BIM 5D, porém, foi de extrema importância para o entendimento do contexto BIM na ótica das produções científicas mais recentes (2018, 2019, 2020 e 2021). Já no Periódicos CAPES os resultados foram bem mais específicos e direcionados, embora grande parte deles já tivessem sido observados na busca anterior.

Na Etapa 3 foi factível a identificação de algumas discussões que poderiam ser desenvolvidas com o auxílio dos artigos selecionados na etapa de pesquisa, de forma a corroborar e alcançar os objetivos deste trabalho.

A partir de algumas rodadas de análise sobre todos os 49 resultados obtidos (Periódicos CAPES e *Web of Science*) foram selecionados 15 artigos que trazem conceitos e análises úteis ao desenvolvimento deste trabalho. Uma quantidade relevante de artigos não foi selecionada por trazerem escopos muito parecidos ou inferiores aos anteriormente selecionados, de forma a se obter um campo amostral mais representativo dos conceitos trabalhados na literatura e menos influenciado por grandes quantidades de uma certa metodologia replicada por pesquisadores.

Para entender melhor a generalidade dos artigos selecionados foi feita uma nuvem de palavras, representada na Figura 2.8, onde as palavras com maior quantidade de ocorrências nos textos se destaca por maiores tamanhos e as palavras utilizadas de maneira mais branda se mostram menores. A nuvem foi elaborada com o auxílio da ferramenta online *wordclouds.com*.



Figura 2.8 - Nuvem de palavras dos artigos selecionados elaborada pelo autor

Com a Nuvem de pontos apresentada, é possível verificar a congruência dos estudos obtidos com o escopo deste trabalho. É clara a abordagem do tema BIM 5D associado aos estudos sobre modelo (*model*), projeto (*project*), informação (*information*) e custo (*cost*). Grande parte das outras ocorrências também contribuem para o desenvolvimento das palavras supracitadas ou do tema proposto neste trabalho.

Também como forma de entender o contexto geral da literatura, foi feita uma análise das palavras-chaves a partir da extração de dados no *Web of Science* sob o critério de busca: Título contém “BIM 5D”.

A primeira análise foi feita em cima do histórico de publicações. Foi percebido um aumento gradativo de publicações sobre o tema durante os últimos anos, como pode ser verificado na Figura 2.9. Assim podemos inferir o quão importante a utilização de ferramentas BIM 5D está se tornando no contexto da produção científica.

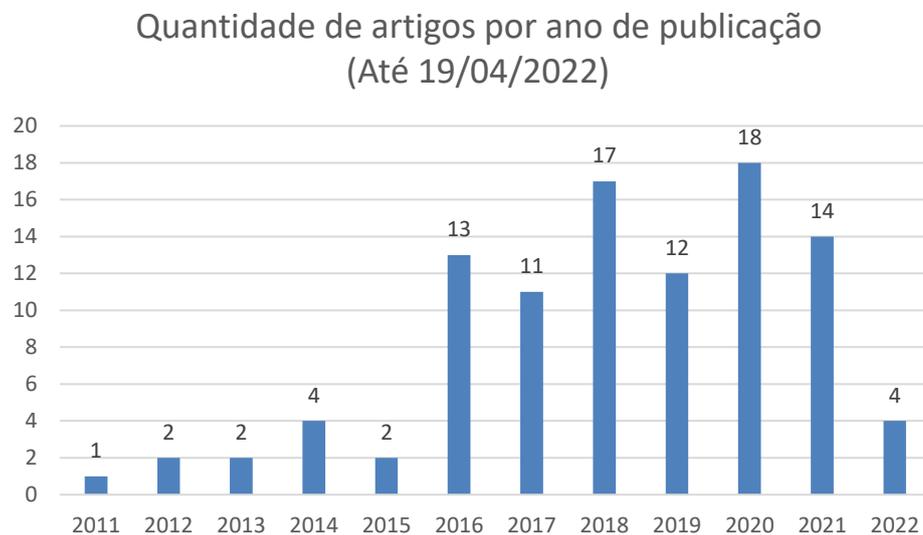


Figura 2.9 - Quantidade de artigos por ano de publicação (19/04/2022) baseado nos resultados do *Web of Science* elaborado pelo autor

Para entender ainda melhor como se dá o contexto da produção científica dos assuntos abordados, foi utilizado o software VOSviewer para a análise de artigos, com o objetivo de abordar a relação de co-citações de autores. Dessa forma, obteve-se o que está representado na Figura 2.10. Na imagem, as circunferências representam os autores citados, onde seus tamanhos são proporcionais à quantidade de ocorrências. Já as linhas representam as vezes que os autores foram citados juntos, onde a largura da linha é proporcional a quantas vezes isto ocorreu. Analisando a figura mencionada infere-se que a produção científica neste tema tem suas referências concentradas em autores consolidados no tema. Assim, é notável que as bases utilizadas neste documento, como Eastman, Succar e Smith são importantes para o desenvolvimento do trabalho.

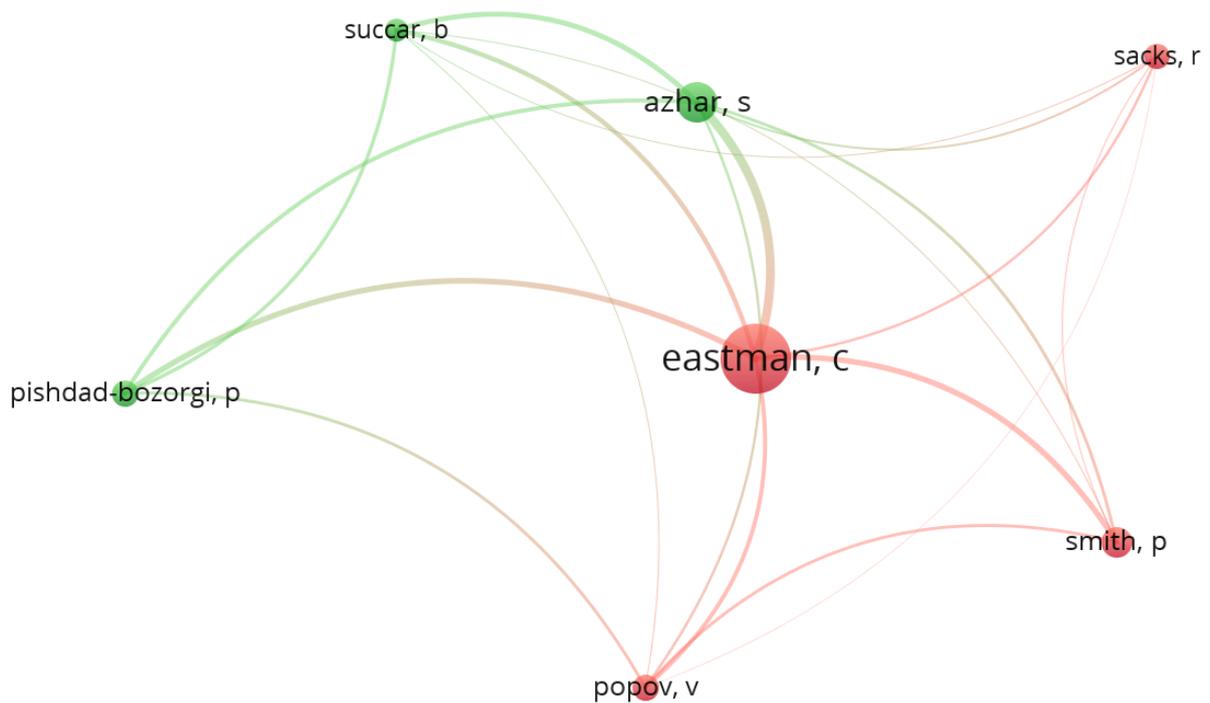


Figura 2.10 - Nuvem de Co-citações de autores no resultado da pesquisa *Web of Science*

Outro tipo de relação utilizada, com o auxílio do software VOSviewer, foi a de co-ocorrência de palavras-chave, onde é feita uma ponderação em cima das vezes em que aparecem juntas de forma a gerar um mapa, representado pela Figura 2.11. Com ela, é possível notar os pares de palavras-chave que comumente aparecem juntas na literatura, ligadas por uma linha de espessura proporcional à quantidade de ocorrências. Além dos *links* é notória a presença de cores diferentes que o software usa para identificar *clusters* de artigos aos quais os pares de palavras são mais comuns.

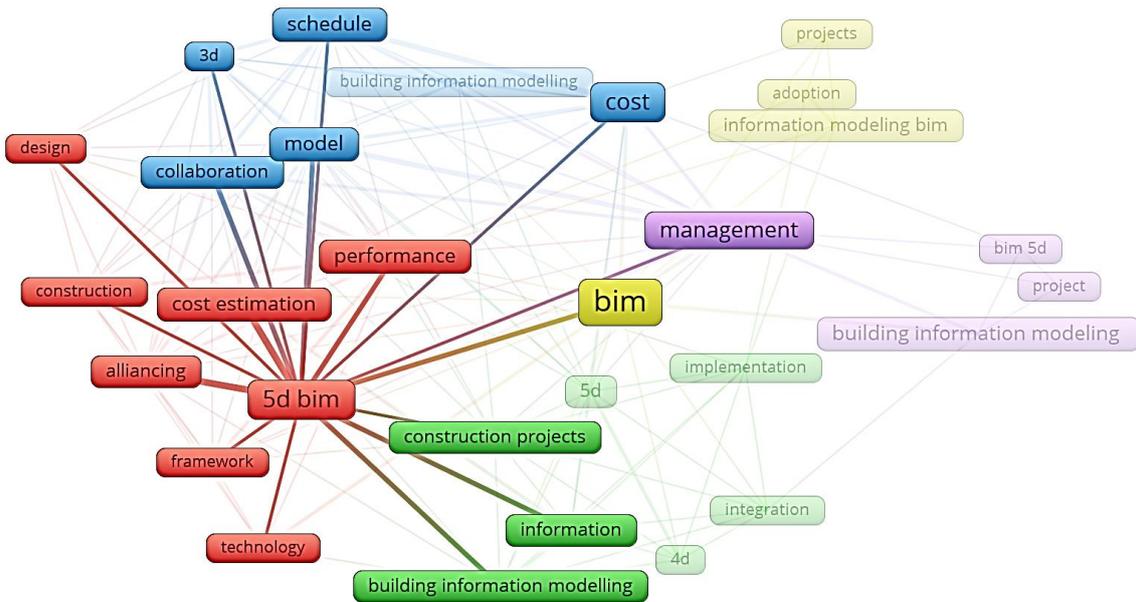


Figura 2.11 - Mapeamento de palavras-chaves no resultado da pesquisa *Web of Science*

A partir do mapeamento de palavras-chave é possível entender a forte relação do termo “5D BIM” com a estimativa de custo (*cost estimation*), performance (*performance*) e a própria gestão (*management*). Já como forma de tornar mais clara a interpretação do mapa, foi elaborada a Tabela 2.2 para identificar e descrever os grupos multicolores, já mencionados.

Tabela 2.2 - Identificação* dos *clusters* e descrição dos grupos de artigos pesquisados no *Web of Science*

Vermelho ●	Azul ●	Verde ●	Roxo ●	Amarelo ●
Objetivam apresentação de modelos de trabalho em ferramentas 5D	Focam na relação do BIM 5D com outras disciplinas de projeto	Tendem a trazer a relação de tempo e custo (BIM 4D+5D)	Discutem a ótica da gestão dentro de projetos BIM 5D	Buscam o estudo de casos em situações de adoção BIM em custos

* Em apêndice a este trabalho é apresentada a Figura 3.8 e a tabela 3.2 adaptada para permitir a interpretação dos grupos e suas respectivas identificações e descrições por pessoas com dificuldades na percepção de cores.

De forma a consolidar o processo de mapeamento sistemático da literatura destacou-se os principais temas abordados pelos autores, representada na Tabela 2.3 e uma relação de pontos fortes e principais limitações da produção científica observados durante o processo de pesquisa deste trabalho.

Tabela 2.3 - Principais abordagens dos artigos selecionados

Autor	Principais temas abordados								
	Entrega de Projeto Integrada	Planejamento da construção	Metodologia BIM 5D	Estudo de caso BIM 5D	Implementação BIM 5D	Estudo da bibliografia	Metodologia BIM nD	Custo no ciclo de vida	
Alrashed <i>et al.</i> (2018)				✓					
Babatunde <i>et al.</i> (2019)				✓	✓	✓			
Biancardo <i>et al.</i> (2020)				✓					
Elghaish <i>et al.</i> (2021)	✓		✓	✓					
Hasan <i>et al.</i> (2019)				✓	✓				
Husin <i>et al.</i> (2019)			✓			✓			
Jin <i>et al.</i> (2019)		✓			✓	✓			
Khalil (2018)				✓	✓				
Leicht <i>et al.</i> (2020)		✓					✓		
Mayouf <i>et al.</i> (2019)			✓		✓				
Pučko <i>et al.</i> (2020)				✓			✓	✓	
Smetanková <i>et al.</i> (2018)					✓	✓			
Vigneault <i>et al.</i> (2019)		✓	✓			✓		✓	
Vitasek (2019)			✓						
Vycital <i>et al.</i> (2020)							✓		

Os artigos analisados desempenham um papel muito importante no desenvolvimento do BIM no mundo por incentivarem a constante discussão dos conceitos, que se mostram bastante mutáveis no tempo. Dessa forma, agregam visões complementares, e facilitam o entendimento, principalmente nos vários artigos que trazem estes conceitos para aplicações reais, sejam elas em iniciativas públicas ou privadas.

Outra característica observada na produção científica, está relacionada na preocupação de elaborar modelos e processos bases para promover a utilização e implantação, mais rápida e confiável, das diversas soluções com metodologia BIM disponíveis.

Durante a pesquisa, é notável que a produção científica deste assunto ainda tem dificuldade de continuar os estudos de modelos de trabalho para âmbito real de utilização, ou seja, após a elaboração de processos e fluxogramas, é difícil verificar quais delas são as soluções para as atuais necessidades.

Outra dificuldade encontrada na verificação da produção científica é a generalidade ao falar especificamente sobre o BIM 5D, e assim, é escasso informações que exemplificam as particularidades encontradas durante processos de orçamentação, principalmente sobre como as manipulações de informações devem ser realizadas para permitir levantamentos mais coesos.

Principais pontos fortes da produção científica analisada:

- Traz boas definições para o entendimento dos principais conceitos relacionados a ferramentas BIM, mesmo que estejam em constante melhoria.
- Representa bem a realidade das iniciativas de implementação BIM com foco em extração de quantitativos e orçamento em várias localidades no mundo.
- Faz-se muito ativa nos estudos de processos e modelos de trabalho para a uma boa implementação BIM.

Principais limitações da produção científica analisada:

- Pouca interação entre estudos de modelos propostos de implementação e estudo real da eficácia dos fluxos e processos apresentados.
- Bem generalista no processo de extração de quantitativos, de forma que os pormenores e especificidades de cada modelo ou ferramenta não é comumente discutido.
- Pouco estudo direcionado à modelagem BIM 5D dentro dos softwares de Engenharia.

Como mencionado anteriormente, durante a Etapa 2 deste processo de mapeamento sistemático, foi feita uma pesquisa sobre quais são as principais ferramentas disponíveis no mercado e suas funcionalidades, de acordo com os distribuidores. O resultado pode ser verificado na Tabela 2.4. As ferramentas escolhidas para a realização do estudo foram: Navisworks, OrçaBIM e QiVisus. A escolha das ferramentas foi baseada na maior quantidade de ocorrências durante a pesquisa, na disponibilidade de licenças de uso acadêmico, em funcionalidades únicas descritas pelos fornecedores e limitações de tempo disponível para o desenvolvimento do trabalho.

Tabela 2.4 - Pesquisa das Ferramentas BIM

Ferramenta	Distribuidora	Tipo	Principais funcionalidades
Navisworks	AutoDesk	Software	Controle de cronograma e custos (BIM 4D e 5D); Extração de quantitativos e outros tipos de medição; Detecção de colisão.
VICO	Trimble	Software	Ambiente de gestão com base de dados compartilhada (interoperabilidade); Atualização automática e em tempo real das informações; Elaboração, análise e ajuste de cronograma e orçamento.
PriMus	ACCA Software	Software	Elaboração de orçamento baseado em IFC; Medições automáticas; Análise e ajuste de cronograma e orçamento.
OrçaBIM	OrçaFascio	Plugin Revit	Integração automática e em tempo real com o modelo BIM; Interoperabilidade entre disciplinas; Parametrização ajustável.
Arquimedes	Multiplus	Software	Orçamento, planejamento e medição de projetos; Banco de dados compartilhado; Auxílio de compras e cotação.
iTWO CostX	RIB Software	Software	Orçamentação baseada em model BIM; Alimentação em tempo real de planilhas integradas; auto-revisão de informações.
Presto	RIB Software	Plugin Revit	Módulos de orçamento, planejamento e construção; Interação com outros softwares como MS Project e Primavera;

			Parametrização ajustável.
QiVisus	AltoQi	Software	Orçamentação a partir de modelo BIM; Rastreabilidade de objetos; Quantitativo de elementos não modelados; Parametrização ajustável.
Gryfus	Gryfus	Software	Interoperabilidade com Revit e Navisworks; Templates de modelagem focados em orçamentação; Ajuste da parametrização; Identificação automática de inconformidades nas composições.

3. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho foi estruturada de forma a possibilitar, não apenas a obtenção dos produtos que aportam as discussões e análises, como também garantir a máxima confiabilidade, dentro das condições físico-financeiras, destas saídas no fluxo de trabalho. Esta estruturação está organizada em três etapas sequenciais com entradas e saídas bem definidas, sendo elas a modelagem e validação do modelo a ser utilizado (1), a aplicação das ferramentas BIM 5D para a obtenção de orçamento (2), realização de um processo comparativo e analítico entre as ferramentas (3).

O fluxo resumido que representa a metodologia adotada, está representado na Figura 3.1 abaixo.

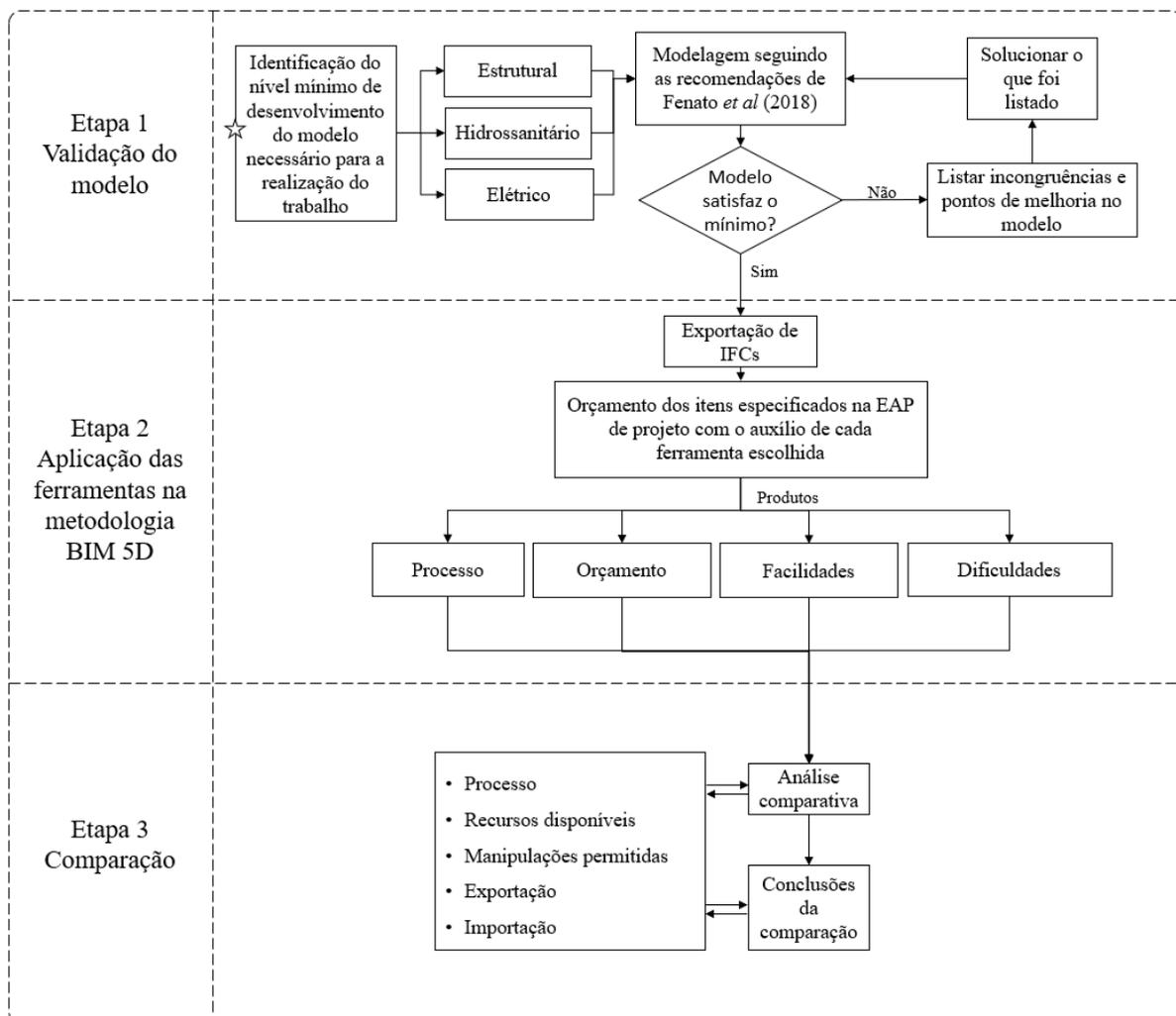


Figura 3.1 - Fluxo de metodologia

3.1. ETAPA 1: MODELAGEM E VALIDAÇÃO DO MODELO BASE

Para que a modelagem tenha um caminho a seguir e itens específicos tenham verificações direcionadas, uma EAP – Estrutura Analítica de Projeto foi adotada, ou seja, uma organização de todo o escopo da edificação com todos os itens e subitens necessários para a realização da orçamentação a partir da informação associada aos objetos do modelo. Esta estrutura pode ser verificada na Tabela 3.1 a seguir. Os itens escolhidos, embora não sejam representativos de todo um real orçamento, tem como objetivo analisar como as ferramentas lidam com alguns tipos de quantificação. Com contagem para o caso dos blocos de concreto, com volume para as lajes e grautes, quantificação relativa para as armaduras e argamassa de assentamento e quantificação de cadastro de software de dimensionamento com o Hidrossanitário e Elétrico.

Tabela 3.1- Estrutura Analítica de Projeto adotada

Item	Descrição
1	Estrutura
1.1	Alvenaria
1.1.1	Blocos de concreto
1.1.2	Argamassa de Assentamento
1.2	Lajes
1.2.1	Concreto 25 Mpa
1.2.2	Armaduras
1.3	Graute
1.3.1	Preenchimentos horizontais (Canaletas)
1.3.2	Preenchimentos Verticais (Pontos de graute)
2	Instalações Hidrossanitárias
2.1	Hidráulica
2.1.1	Tubulações
2.1.2	Conexões
2.1.3	Caixas
2.2	Esgoto
2.2.1	Tubulações
2.2.2	Conexões
2.2.3	Caixas
2.3	Águas Pluviais
2.3.1	Tubulações
2.3.2	Conexões
2.3.3	Caixas
3	Elétrica
3.1	Eletrodutos

3.2	Cabeamento
3.3	Conexões

Para o desenvolvimento do projeto foi utilizado um modelo de um edifício de quatro pavimentos com dois apartamentos de dois quartos (uma suíte). O edifício é modelo para empreendimentos do “Casa Verde e Amarela” e tem acabamentos compatíveis com este contexto. São edifícios de alvenaria estrutural (bloco de concreto) e sua arquitetura pode ser verificada nas Figuras 3.1 e 3.2 a seguir.

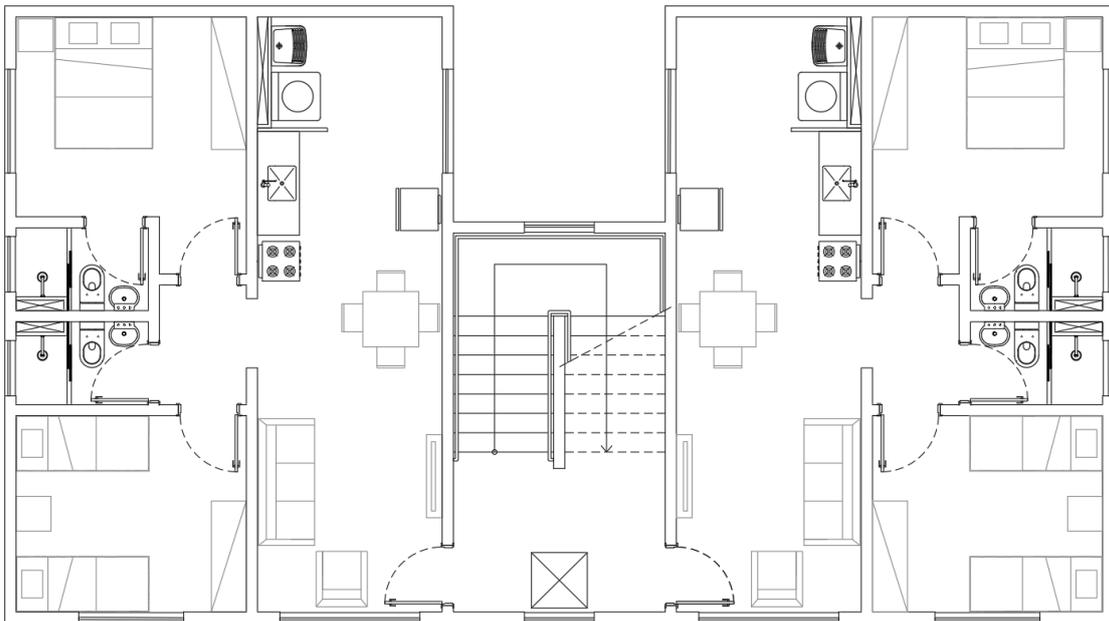


Figura 3. 1 - Planta baixa do empreendimento em estudo

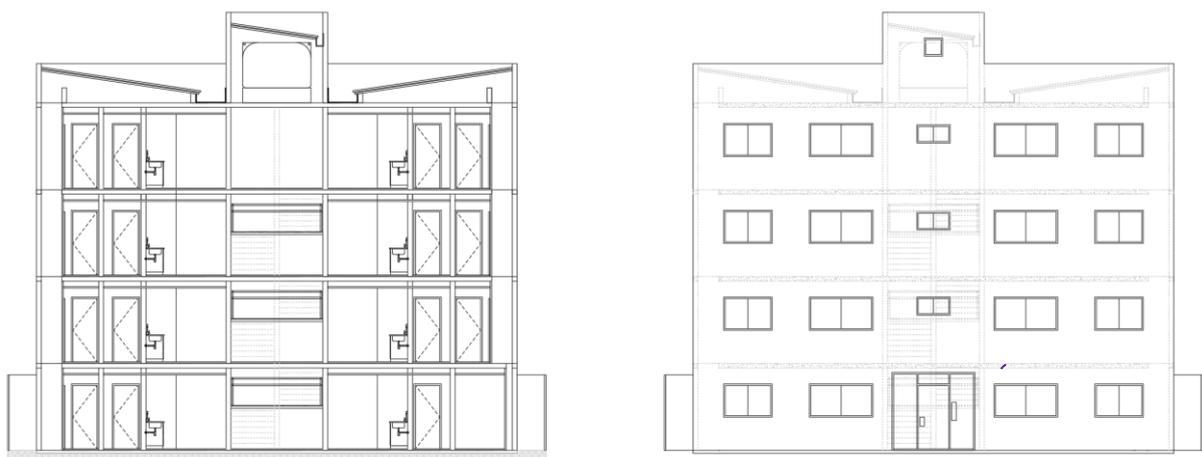


Figura 3. 2 - Corta na escada e Fachada frontal do empreendimento em estudo

A partir destas informações será feita a modelagem e verificação do modelo a fim de deixá-lo mais completo possível para a realização da orçamentação desejada.

3.2. ETAPA 2: APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS BIM 5D

A partir da finalização da verificação do modelo utilizado será iniciado o processo de aplicação das ferramentas BIM 5D selecionadas (Navisworks, OrçaBIM e QiVisus).

A obtenção dos orçamentos foi balizada pelo que foi definido na Etapa 1 para a Estrutura Analítica de Projeto, ou seja, dentro dos softwares e *plug-ins* será lançada a mesma estrutura.

3.3. ETAPA 3: COMPARATIVOS ENTRE AS FERRAMENTAS

Após a realização do processo de elaboração dos orçamentos com o auxílio das ferramentas BIM 5D, os resultados serão apresentados e brevemente comentados, separadamente, para cada uma das ferramentas e logo em seguida serão comparados.

Para uma comparação mais ampla, será realizada uma análise de vários aspectos e características na utilização das ferramentas, ou seja, não apenas os resultados serão contrastados, mas também outros elementos como:

- Processo para a elaboração de orçamento;
- Recursos disponíveis;
- Manipulações permitidas;
- Exportação e Importação de informação;

Para facilitar a comparação, será elaborada uma tabela com os diversos elementos considerados na análise e qual foi o software com melhor desempenho dentre os analisados, como se pode notar na Tabela 3.1 exemplo a seguir

Tabela 3.2 - Exemplo de Tabela comparativa

Item analisado	Ferramenta com melhor desempenho	Ferramenta com mais limitação
Item 01	Ferramenta X	Ferramenta X
Item 02	Ferramenta Y	Ferramenta Y
...

Caso se mostre necessário, outras comparações podem ser discutidas para itens não propostos anteriormente na metodologia, principalmente para possíveis dificuldades encontradas.

Para garantir uma boa análise comparativa e consolidar tudo o que foi verificado durante os processos de elaboração dos orçamentos, serão expostos os diversos pontos fortes e fracos de cada uma das ferramentas.

4. RESULTADOS

4.1. ETAPA 1: MODELAGEM E VALIDAÇÃO DO MODELO BASE

Baseando-se na EAP apresentada, foi realizada a modelagem dos elementos necessários ao processo de orçamentação das disciplinas de estrutura, hidrossanitário e elétrico. A modelagem da estrutura foi realizada no software Revit, da Autodesk, enquanto as instalações hidrossanitárias e elétricas foram desenvolvidas no QiBuilder, da AltoQi e posteriormente importadas no modelo estrutural por meio da extensão IFC. A modelagem pode ser verificada na Figura 4.1 e Figura 4.2 a seguir. Assim como especificado na metodologia, o modelo 3D passou por uma verificação e algumas rodadas de correção a fim de chegar a um resultado mais detalhado e mais direcionado à obtenção do orçamento.

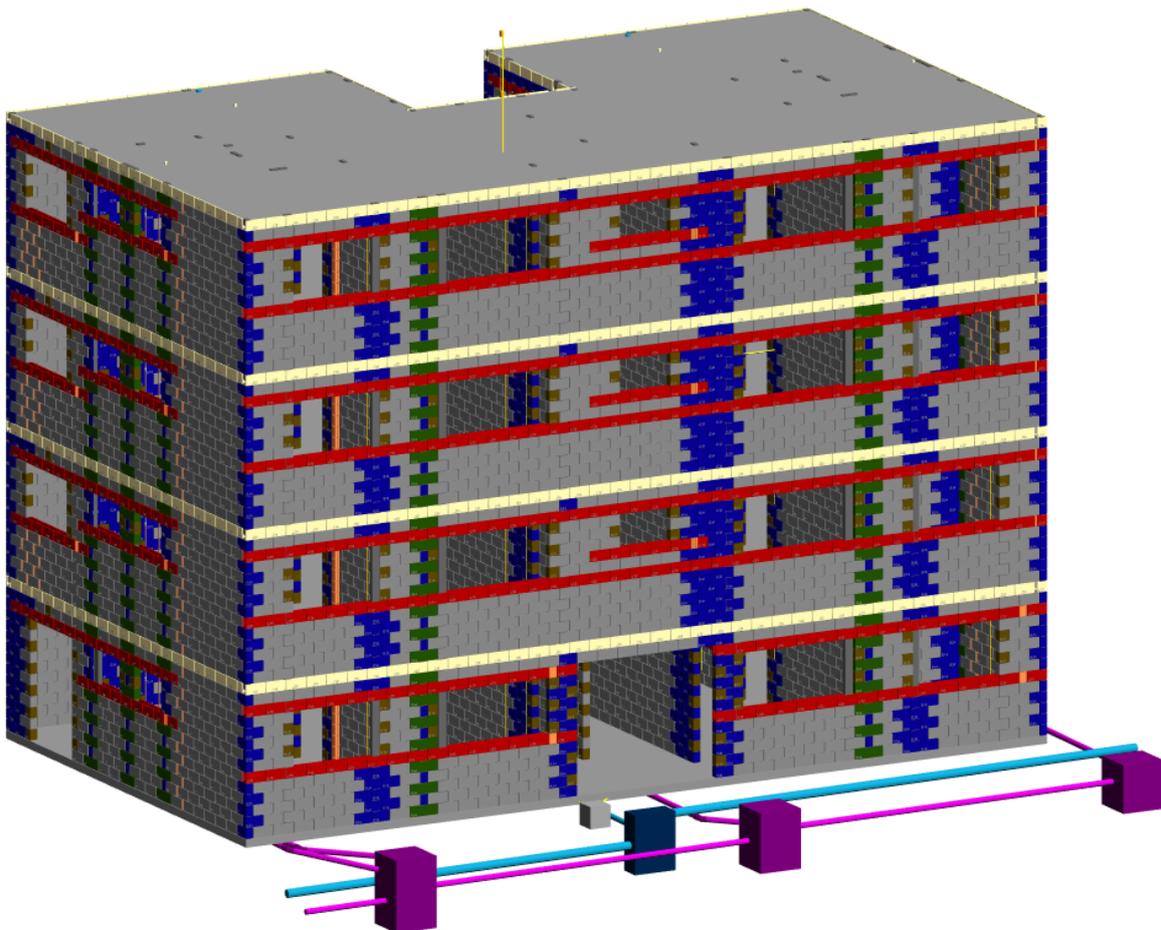


Figura 4.1 - Vista 3D da modelagem da Estrutura do empreendimento em estudo

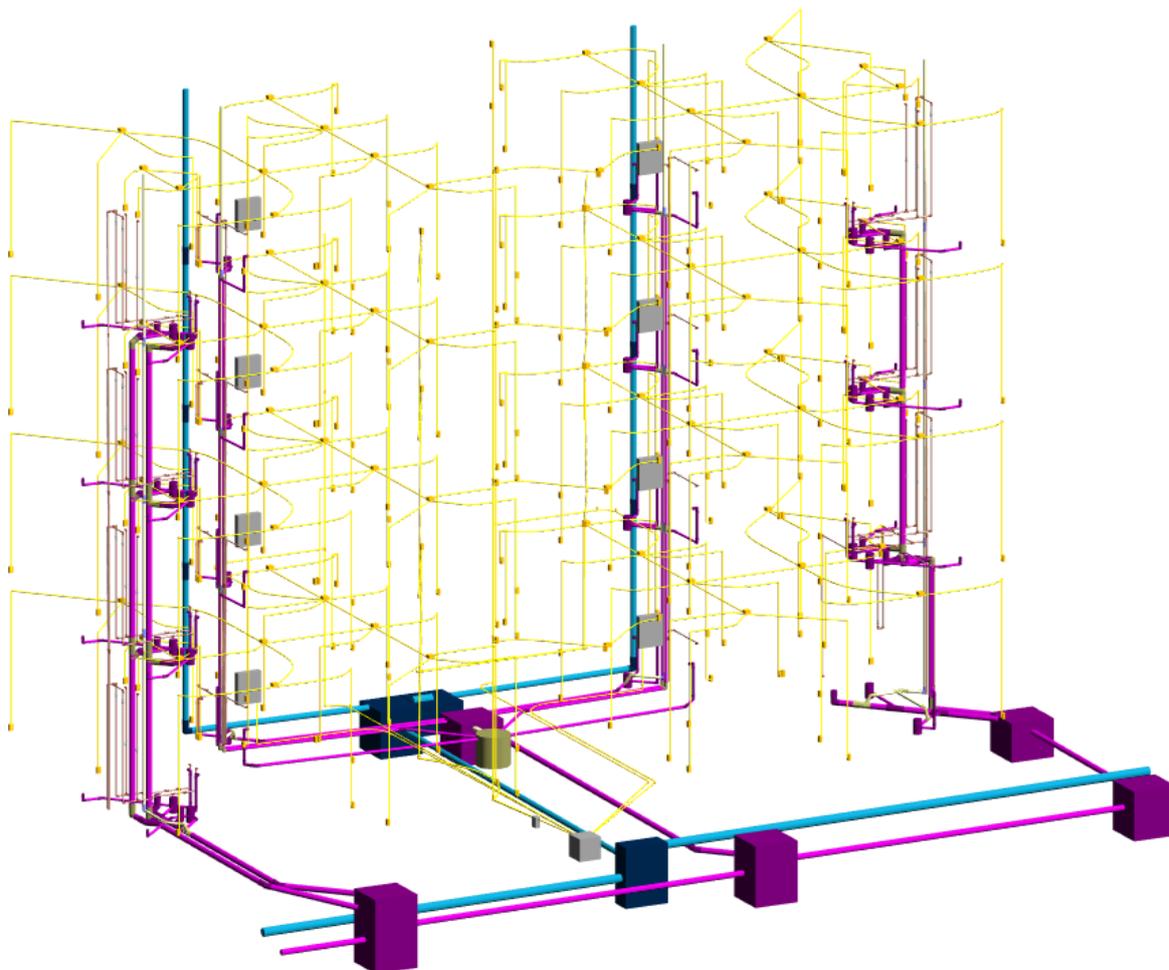
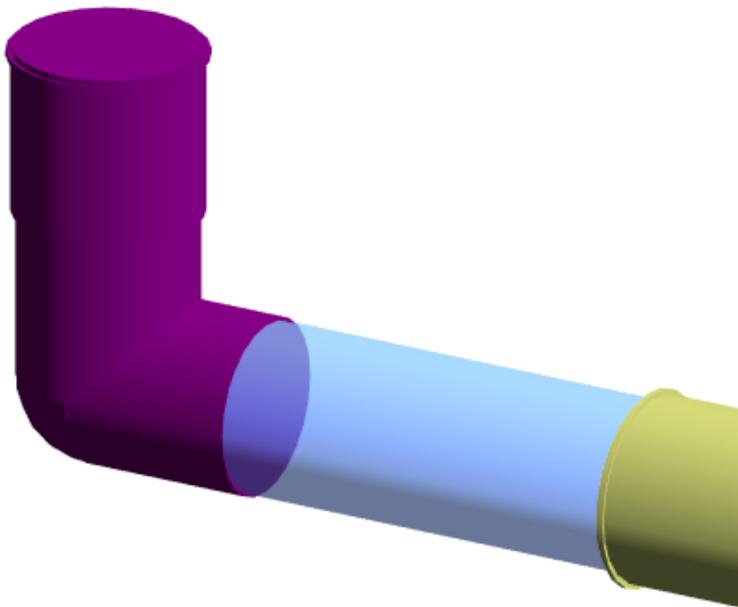


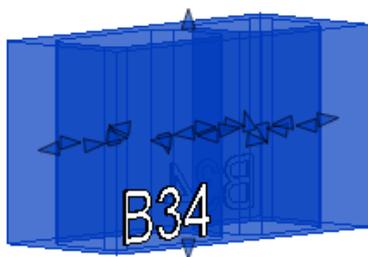
Figura 4.2 - Vista 3D da modelagem do Hidrossanitário e Elétrico do empreendimento em estudo

É importante considerar também que, como a modelagem foi realizada com a prerrogativa de elaboração de orçamento, todos os elementos foram alimentados com informações específicas de seus materiais, suas descrições, suas dimensões, especificações, etc. Assim, todos os itens do modelo são passíveis de interpretação, pelas ferramentas a serem analisadas, a partir destes parâmetros. Dois exemplos dessa parametrização podem ser verificados nas Figuras 4.3 e 4.4, onde um tubo de esgoto é identificado por diversas especificações, como Diâmetro, Rede, Tipo e Comprimento e os blocos de concreto classificados por Famílias e Tipos distintos, cada um com seus materiais específicos.



Parâmetros IFC	
IfcGUID	1nuU9QQ35CHuve...
IfcName	
IfcDescription	
IfcExportAs	IfcPipeSegmentTyp...
IfcPresentationLayer	Sanitário_Esgoto_C...
IfcSpatialContainer	Térreo
IfcPropertySetList	"Pset_AltoQj_QiBui...
Indicação(Pset_Alt...	100 mm
Nome(Pset_Identif...	100 mm - 4"
Aplicação(Pset_Id...	Circular
Classe(Pset_Identif...	PVC Esgoto
Tipo(Pset_Identific...	Tubo rígido c/ pon...
Rede(Pset_Identifi...	Esgoto
Comprimento má...	600.00 cm
Diâmetro interno(...	10.00 cm
Diâmetro(Pset_Alt...	ø4"
Espessura(Pset_Alt...	0.18 cm
Comprimento(Pse...	47.90 cm
InnerDiameter(Pse...	10.00 cm
NominalDiameter(...	ø4"
PVC rígido soldáv...	
Inclinação(Pset_Al...	1.000000
PVC Esgoto - Tub...	
PVC Esgoto - Tub...	47.90 cm
PVC Esgoto - Tub...	
PVC Esgoto - Tub...	
PVC Esgoto - Tub...	

Figura 4.3 - Tubulação de esgoto e suas propriedades



Restrições	
Final da extrusão	190.00
Início da extrusão	0.00
Plano de trabalho	<não associado>
Gráficos	
Visível	<input checked="" type="checkbox"/>
Visibilidade/Sobreposição de gráficos	Editar...
Materiais e acabamentos	
Material	Amarração L - Família 14 x 34 - B34
Dados de identidade	
Subcategoria	<Nenhum>
Sólido/Vazio	Sólido

Figura 4.4 - Bloco de concreto e suas propriedades

O processo de modelagem, descrito na metodologia, enfatiza a realização de algumas rodadas de verificação do modelo e para isso foi realizada uma análise dos itens que o Revit conseguia classificar de forma correta a partir dos atributos de classe dos elementos. Durante

esse processo, as principais alterações feitas de forma a mitigar futuros erros, foram a melhoria das informações atribuídas, inclusão de novos atributos aos elementos, atribuição de informação de material utilizado e a revisão da geometria dos elementos.

Para facilitar este processo de identificação de pontos de melhoria na modelagem, foi feito um teste de aplicação deste modelo nas ferramentas propostas, onde alguns itens passaram por um procedimento de levantamento de quantitativo. A partir deste teste, foi identificado, por exemplo, que os blocos de concreto não possuíam informação suficiente para a correta quantificação, pois não carregavam informação do modelo de bloco na sua identificação de material, ou seja, as ferramentas não conseguiam identificar os diversos tamanhos de bloco diretamente pela classe do objeto pois todos eram filtrados apenas por “Bloco de concreto”. Para mitigar o problema, foi trocada a informação de material atribuída como “Bloco de concreto” por uma nomenclatura padrão que contém o tipo de amarração, a família de bloco pertencente e o comprimento padrão de norma daquele bloco, como pode ser verificado na Figura 4.4 já mencionada.

Este problema de classificação do objeto não teria sido recorrente caso os IFCs extraídos da modelagem dos projetos não apresentassem perda de informações. Essa perda pôde ser verificada nos blocos de concreto, pois mesmo a modelagem no Autodesk Revit carregar esta informação na forma da identificação visual na lateral do bloco, não foi possível realizar esta classificação por este parâmetro nas ferramentas analisadas pois ele não estava atrelado ao objeto.

Nesta incompatibilidade entre a modelagem e a orçamentação, é possível verificar um conceito de Succar (2009) abordado na revisão bibliográfica deste trabalho. Os Estágios BIM descrevem a necessidade de evoluir a metodologia de desenvolvimento de projeto de forma que as disciplinas cooperem entre si para que a entrega seja feita da forma mais compatibilizada e madura possível, aproximando-se assim, a uma *IPD* ou Entrega Integrada de Projeto.

Também sobre o processo de desenvolvimento do modelo com informação atribuída, foi identificado como os níveis de desenvolvimento, discutidos no BIM FORUM (2013), influenciam na assertividade dos projetos desenvolvidos, de forma que a definição prévia destes níveis de detalhe pode guiar o projetista. No caso deste estudo, o modelo foi sendo aprimorado por entre os diferentes níveis de maturidade e desenvolvimento para que pudesse ser suficiente para as análises aqui feitas.

Com o objetivo de melhor ambientar o leitor e o desenvolvimento dos orçamentos com as ferramentas, foi extraído um quantitativo diretamente das tabelas de materiais do Autodesk Revit organizada com a EAP já definida neste trabalho. Estas quantidades podem ser verificadas no Apêndice B e foram usadas de forma a balizar os quantitativos obtidos nas ferramentas analisadas, assim como uma maneira de identificar, de forma objetiva, tudo o que foi efetivamente modelado neste trabalho.

Este quantitativo foi gerado a partir das classes dos objetos, utilizando o próprio Autodesk Revit, e foi organizado posteriormente dentro da EAP definida.

4.2. ETAPA 2: APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS NA METODOLOGIA BIM 5D

4.2.1. NAVISWORKS

O processo de aplicação do software Navisworks foi exemplificado na Figura 4.5 a seguir, de forma a facilitar o entendimento e análise.

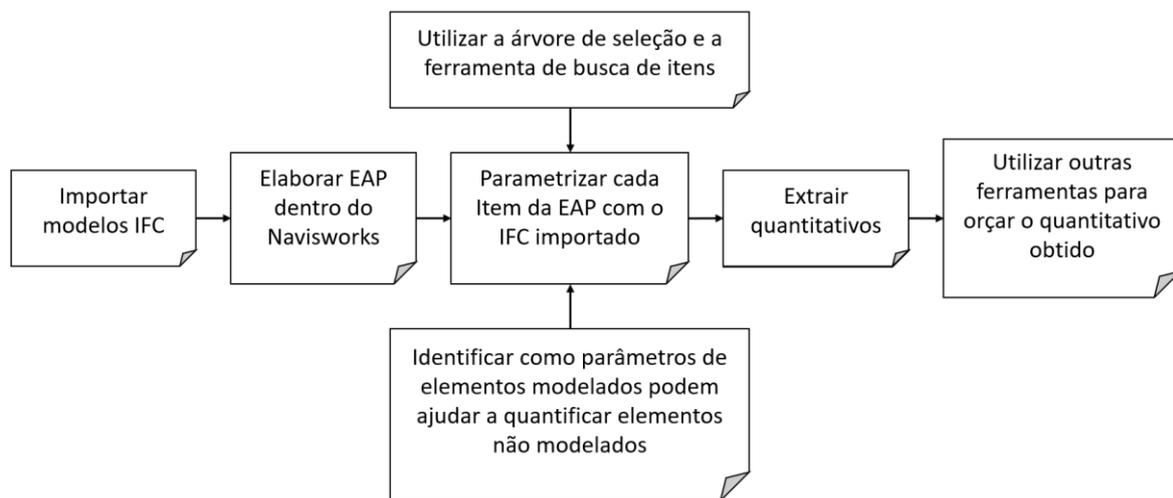


Figura 4.5 - Processo de utilização do Navisworks

Assim como foi mostrado, para utilização do Navisworks a primeira etapa se caracteriza pela importação dos modelos IFC da estrutura e das instalações hidrossanitárias e elétrica.

O software se mostra muito intuitivo e de fácil entendimento. Embora tenha muitas funcionalidades, as ferramentas mais importantes são bem visíveis e, no geral, exige pouca capacidade de processamento do computador do usuário.

O programa permite uma personalização completa de toda a Estrutura Analítica de Projeto, e assim foi possível seguir fielmente a EAP base deste estudo, definida na metodologia. Dessa forma são criados itens dentro de cada subgrupo da EAP a fim de quantificar aqueles elementos de mesma propriedade, no caso da Figura 4.6, por exemplo, foi feita a contagem dos blocos de concreto de amarração L a partir de uma seleção na visualização 3D e na árvore de seleção, como está ilustrado na Figura 4.7.

Items	WBS	Status	WBS/RBS	Name	Length	Area	Volume	Count
ESTRUTURA	1		1.1.1.1	Bloco de Concreto - Amarra	0,000 m	0,000 m ²	0,000 m ³	2.697,000 ea
ALVENARIA	1.1							
BLOCOS DE CONCRETO	1.1.1							
Bloco de Concreto - Amarração L:Familia 15 x 40...	1.1.1.1							
ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO	1.1.3							
LAJES	1.2							
CONCRETO USINADO	1.2.1							
ARMADURAS	1.2.2							
GRAUTES	1.3							
PREENCHIMENTOS HORIZONTAIS	1.3.1							
PREENCHIMENTOS VERTICAIS	1.3.2							
INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS	2							
HIDRÁULICA	2.1							
CAIXAS	2.1.1							
ACESSÓRIOS	2.1.2							
TUBULAÇÕES	2.1.3							
CONEXÕES	2.1.4							
ESGOTO	2.2							
ACESSÓRIOS	2.2.1							
CONEXÕES	2.2.2							
TUBULAÇÕES	2.2.3							
ÁGUAS PLUVIAIS	2.3							
CAIXAS	2.3.3							
TUBULAÇÕES	2.3.4							
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	3							
CABEAMENTO	3.1							
ELETRODUTOS	3.2							
ACESSÓRIOS	3.3							

Status	WBS	Object	Width	Thickness
	1.1.1.1.2	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.3	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.4	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.5	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.6	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.7	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.8	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.9	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.10	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.11	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.12	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.13	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.14	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.15	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.16	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.17	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.18	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.19	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.20	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.21	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.22	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.23	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.24	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.25	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.26	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.27	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.28	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.29	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m
	1.1.1.1.30	Bloco de Concreto - Amarra...	0,000 m	0,000 m

Figura 4.6 - EAP lançada no Navisworks

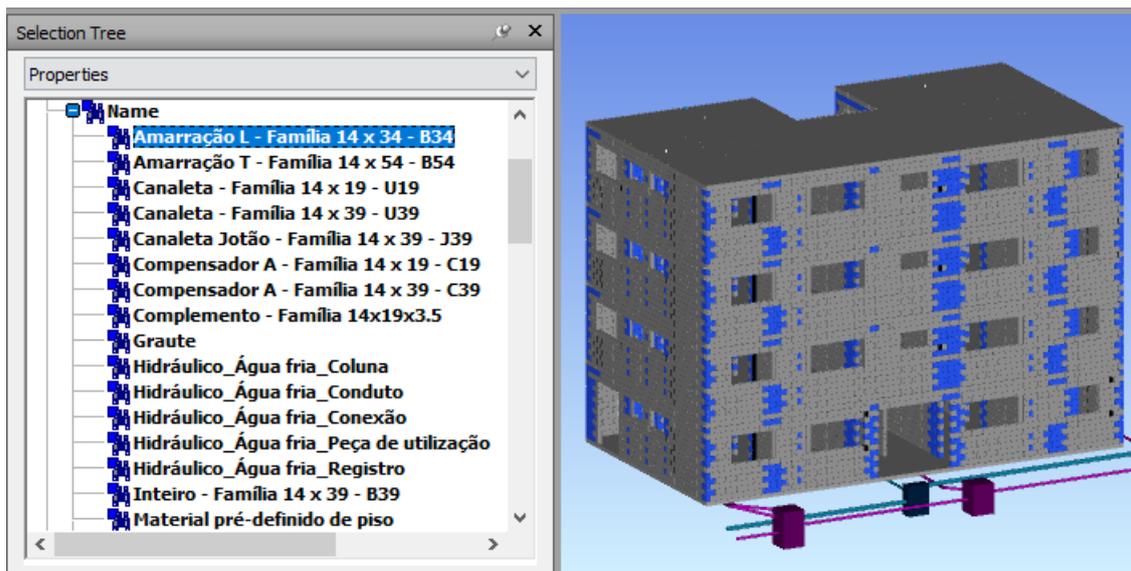


Figura 4.7 - Árvore de seleção do Navisworks

A Árvore de seleção da ferramenta, ajuda a selecionar os elementos corretos baseando-se nos parâmetros previamente definidos durante o processo de modelagem, como a rede associada de uma tubulação ou o material de um bloco estrutural, por exemplo.

Outra possibilidade durante a seleção de objetos é a ferramenta de procura de itens (Figura 4.8), onde é possível filtrar, como uma série de regras, os itens a serem buscados no modelo, facilitando, principalmente, a encontrar objetos pequenos ou escondidos dentro de outros elementos, como eletrodutos e tubulações, por exemplo.

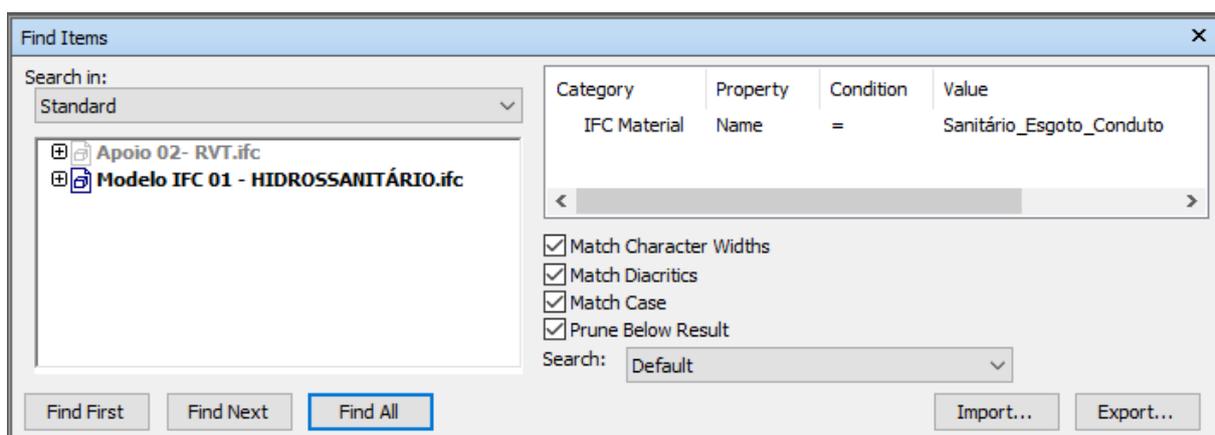


Figura 4.8 - Procura de itens do Navisworks

A partir da seleção de objetos já explicada, é possível fazer a atribuição dos itens a serem quantificados à EAP, simplesmente arrastando estas seleções diretamente da visualização 3D para os seus subitens (Figura 4.9), criando instâncias de contagem à partir de parâmetros escolhidos pelo usuário, como soma de áreas, volumes, quantitativos ou parâmetros personalizados.

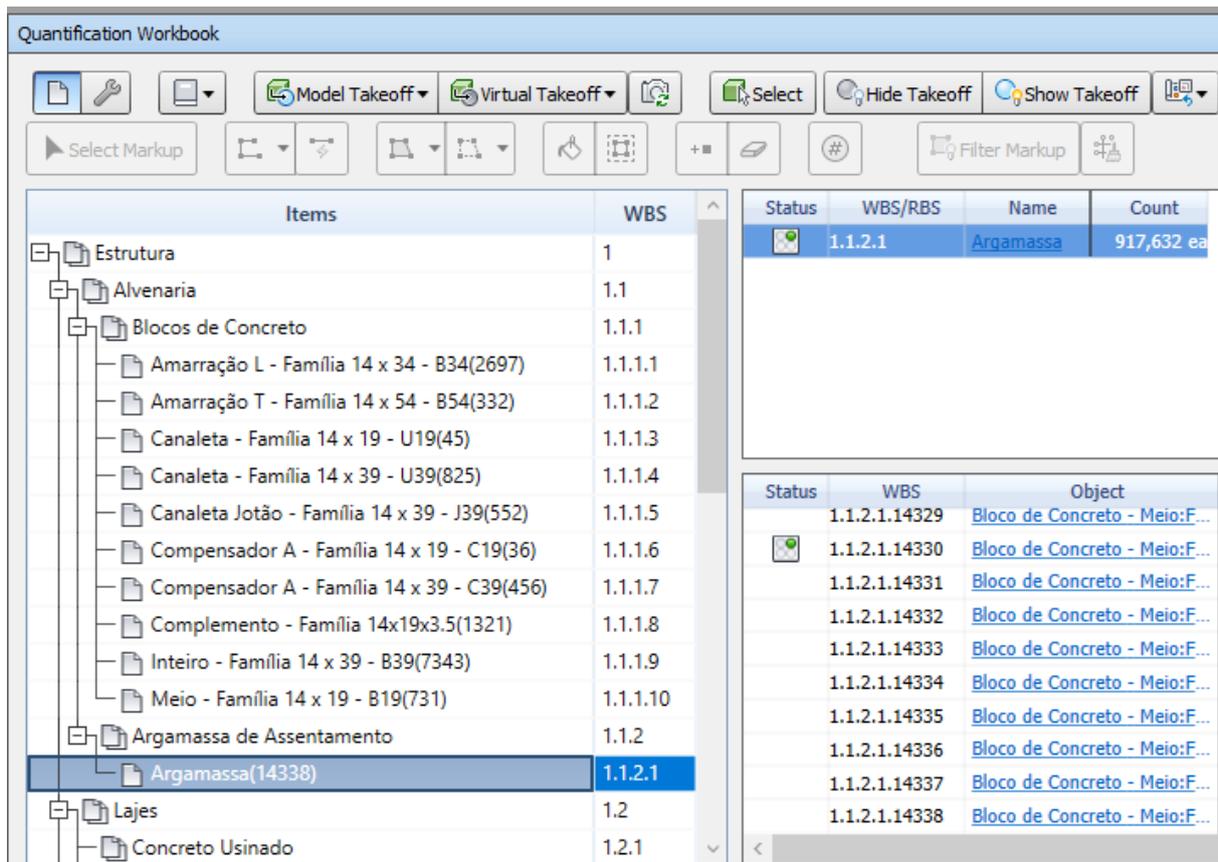


Figura 4.9 - Atribuição de itens à EAP no Navisworks

Para os itens que não estão modelados, mas que fazem parte da EAP, foi necessário a adoção de levantamento virtual a partir dos parâmetros de outros objetos modelados. Isso é possível dentro do Navisworks a partir da edição de parâmetros personalizáveis. Assim, é criada uma regra de levantamento de quantitativo com um parâmetro de dentro do próprio software que tem sua referência em parâmetros do modelo IFC importado. Para a argamassa de assentamento, por exemplo, foi utilizado um fator de 0,064 sacos de 20 Kg de argamassa para cada bloco de concreto contado pelo programa, como é verificado na Figura 4.10 a

seguir. O parâmetro foi simplificado para evitar graus de complexidades desnecessários para o objetivo deste estudo.

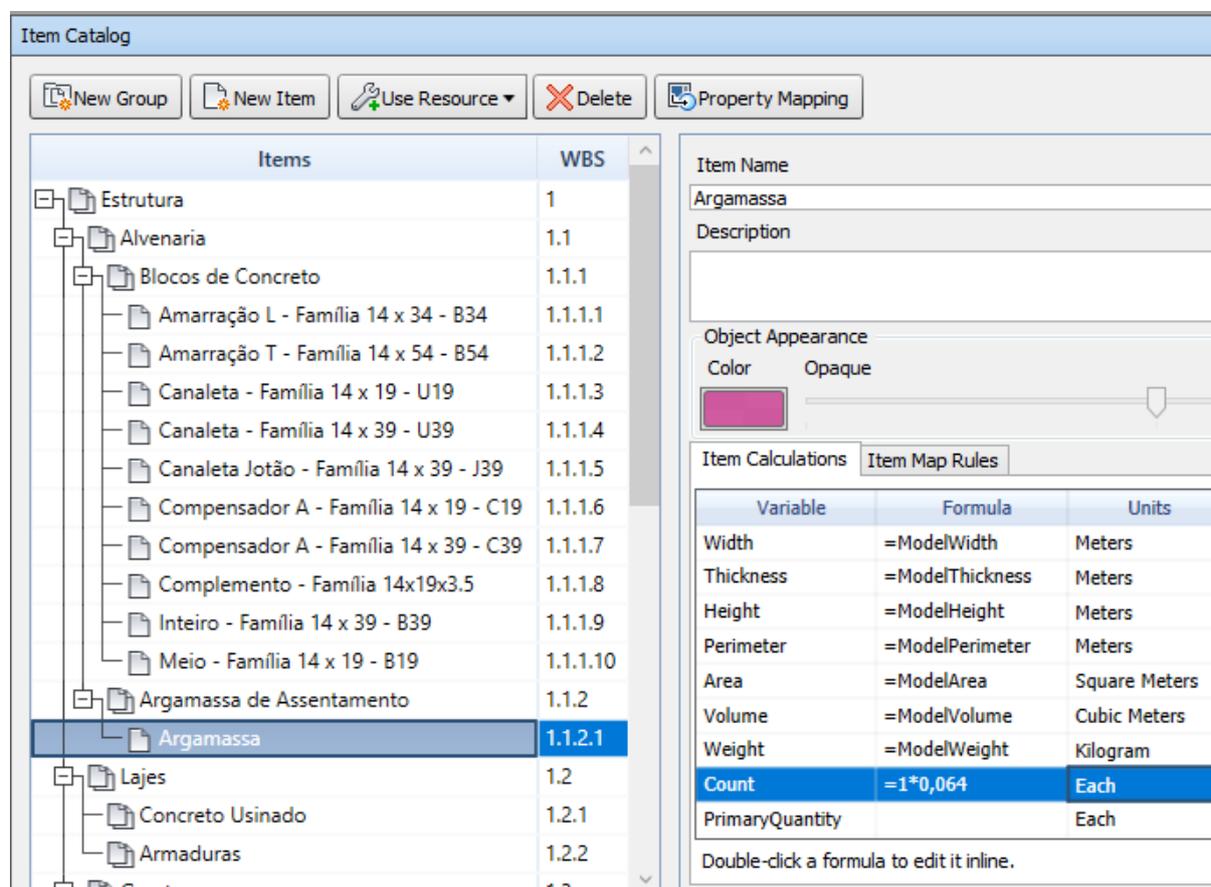


Figura 4.10 - Propriedade personalizada no Navisworks

A partir do levantamento de quantidades realizado, apenas com o auxílio da ferramenta Navisworks não é possível proceder para orçamentação dos itens dentro do próprio software, configurando uma das grandes desvantagens da utilização do Navisworks. Dessa forma, é necessário que o usuário utilize outros programas, como planilhas ou outros softwares para atribuir preço e custo aos itens da EAP. Como a proposta deste estudo é a análise, especificamente do Navisworks, não se prosseguiu para a análise de custos, tendo em vista que já foi possível verificar como esta ferramenta pode auxiliar durante a orçamentação.

Assim, o Navisworks caracteriza-se por ser uma ferramenta que fornece diversos recursos no processo de referência dos itens da EAP aos elementos importados pelo IFC, se tornando fácil o levantamento de quantitativos. Sua limitação está na impossibilidade de realizar a análise de custos, a partir de tabelas referenciais como o SINAPI, por exemplo,

sendo necessária a utilização de outras ferramentas e softwares para transformar os quantitativos em um orçamento.

4.2.2. PLUG-IN ORÇABIM (ORÇAFASCIO)

O OrçaBIM é um plug-in para instalação no Revit, da Autodesk, distribuído pela OrçaFascio. Pelo fato de ser um plug-in, não há necessidade de programas diferentes para a modelagem e para a orçamentação, é possível acessá-lo pelo navegador superior do Revit, como observa-se na Figura 4.11.

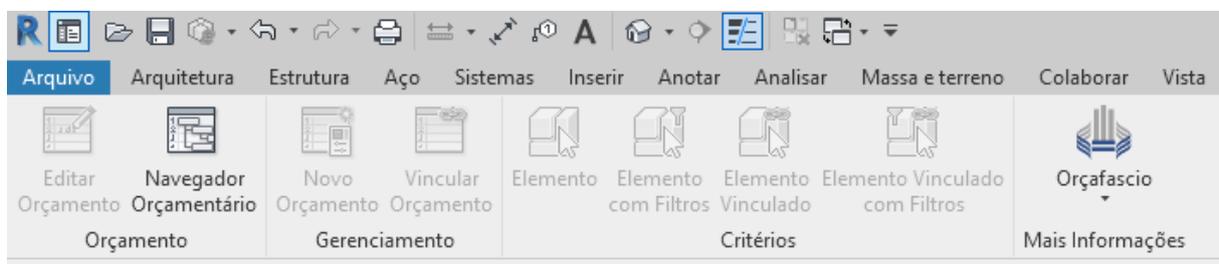


Figura 4.11 - Navegador superior do Revit com OrçaBIM instalado

O processo para utilizar o plug-in está exemplificado na Figura 4.12.

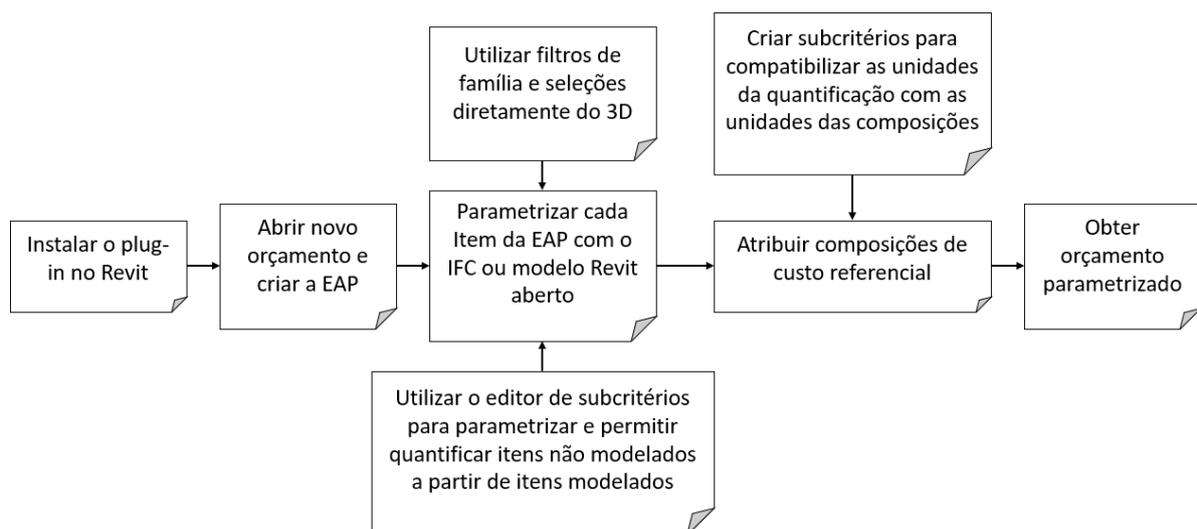


Figura 4.12 - Processo de utilização do OrçaBIM

A ferramenta trabalha com uma integração direta com uma conta online e todas as informações e trabalho feito dentro do plug-in são automaticamente levados à uma nuvem de armazenamento, facilitando a utilização simultânea dos orçamentos e facilitando o compartilhamento de informação.

Com a abertura de um novo orçamento, o primeiro passo dentro da ferramenta é a montagem da Estrutura Analítica de Projeto. Dentro do que já foi definido na metodologia deste trabalho, foi realizado o lançamento dos itens e subitens que guiam o processo de orçamentação. Este processo foi muito simples devido à interface direta da ferramenta, como podemos verificar na Figura 4.13.

Item	Código	Banco	Descrição	Unid.	Quant.	V. Unitário	Valor (BDI)	Total
1			ESTRUTURA		1			0,00
1.1			ALVENARIA		1			0,00
			BLOCOS DE ALVENARIA		1			0,00
			ARGAMASSA		1			0,00
1.2			LAJES		1			0,00
			CONCRETO USINADO		1			0,00
			ARMADURAS		1			0,00
1.3			GRAUTE		1			0,00
			PREENCHIMENTOS HORIZONTAIS (CANALETAS)		1			0,00
			PREENCHIMENTOS VERTICAIS (PONTOS DE GRAUTE)		1			0,00
2			INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS		1			0,00
2.1			HIDRÁULICA		1			0,00
			TUBULAÇÕES		1			0,00
			CONEXÕES		1			0,00
			ACESSÓRIOS		1			0,00
2.2			ESGOTO		1			0,00
			TUBULAÇÕES		1			0,00
			CONEXÕES		1			0,00
			ACESSÓRIOS		1			0,00
			CAIXAS		1			0,00
2.3			ÁGUAS PLUVIAIS		1			0,00
			TUBULAÇÕES		1			0,00
			CAIXAS		1			0,00
3			INSTALAÇÃO ELÉTRICA		1			0,00
3.1			ELETRODUTOS		1			0,00
3.2			CABEAEMNTO		1			0,00

TOTAL: 0,00

Figura 4.13 - EAP no OrçaBIM

Com a EAP lançada foi possível prosseguir para o levantamento de quantidades. Nesse sentido, o plug-in conta com uma interação simples com a própria interface do Revit, dessa forma, é possível selecionar um objeto para que o programa identifique suas propriedades e quantifique elementos similares ou com as configurações de filtro desejadas, como pode-se observar na Figura 4.14, onde utilizou-se de um filtro de famílias para obter todas as instâncias de bloco de concreto utilizadas no projeto estrutural.

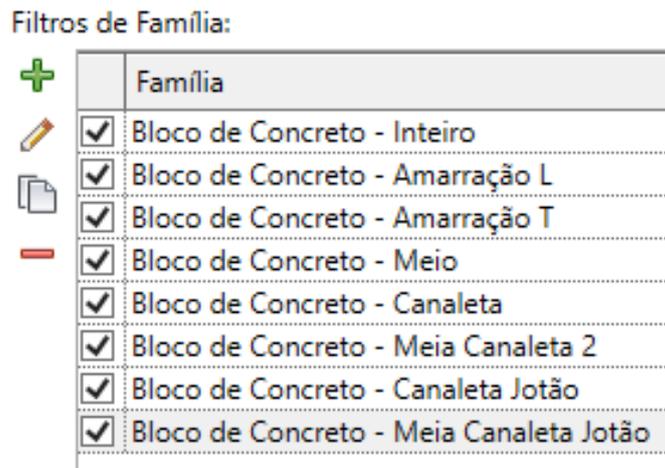


Figura 4.14 - Filtros de família no OrçaBIM

Dentro do plug-in do OrçaBIM, diferentemente do Navisworks, existe uma interação com referências de preços e custos, como o SINAPI da Caixa Econômica Federal, por exemplo. O SINAPI é utilizado aqui como tabela de composições unitárias já associadas com a tabela de preços do mês referência selecionado na criação do orçamento. Assim, após a quantificação é possível relacionar os quantitativos com composições de serviços e insumos tabelados para chegar a preços dentro da EAP.

Com esta possibilidade, o desafio foi relacionar parâmetros de modelagem com as unidades de medição das composições de serviço das referências de preços. No caso dos blocos de concreto, embora a quantificação inicial seja feita em número de blocos, a composição do SINAPI para execução de parede de alvenaria estrutural com blocos de concreto precisa de uma informação de área de parede a ser executada para obtenção de preço como observa-se na Figura 4.15. Como o tipo de modelagem não conta com essa informação parametrizada de forma direta, foi necessário parametrizar por fórmulas dentro da opção de subcritérios. Neste caso, foi feita uma consideração de área ocupada com cada bloco

considerando as espessuras de argamassa de assentamento de 1cm e os parâmetros de altura e comprimento dos blocos, como se verifica na Figura 4.16.

Item	Código	Banco	Descrição	Unid.	Quant.	V. Unitário	Valor (BDI)	Total
1			ESTRUTURA		1			103.066,09
1.1			ALVENARIA		1			103.066,09
1.1.1	89477	SINAPI	ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAL 14X19X39... m ²		897,71	114,81	114,81	103.066,09
1.2			ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAL 14X19X39 CM, (ESPESSURA 14 CM) FBK = 14,0 MPA, PARA PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M ² , COM VÃOS, UTILIZANDO COLHER DE PEDREIRO. AF_12/2014					
1.2.1								

Figura 4.15 - Composição do SINAPI no OrçaBIM

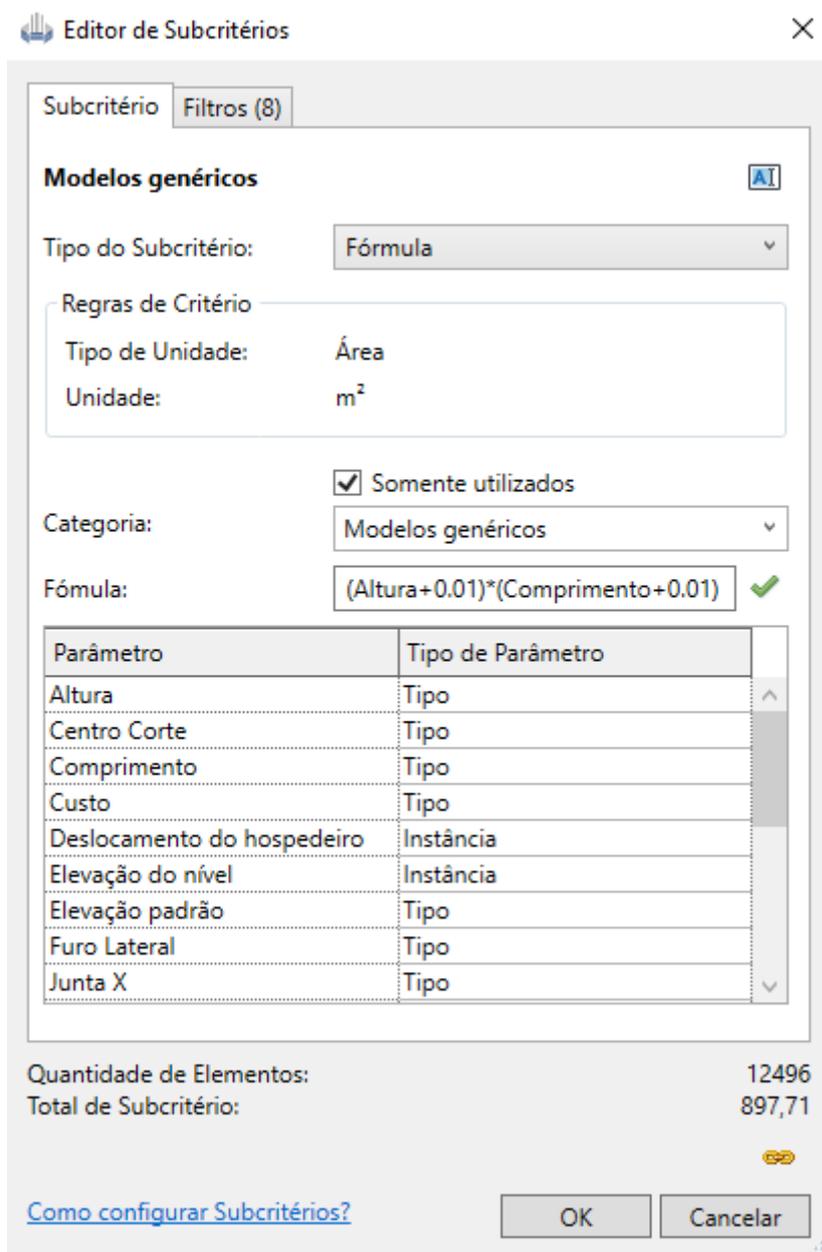


Figura 4.16 - Editor de subcritérios no OrçaBIM

Além das funcionalidades para a montagem do orçamento dentro do Revit com o auxílio do plug-in, também é possível acessar o orçamento dentro da conta online no endereço eletrônico do OrçaFascio. Além disso, é possível trabalhar com a análise dos orçamentos extraídos, verificar, editar e incluir composições referenciais (Figura 4.17), administrar os usuários do sistema, entre outras opções.

Distrito Federal		Valor Não Desonerado R\$ 114,81			Valor Desonerado R\$ 111,09			
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	TIPO	UNIDADE	VALOR UNITÁRIO NÃO DESONERADO	VALOR UNITÁRIO DESONERADO	COEFICIENTE	VALOR NÃO DESONERADO	VALOR DESONERADO
C 88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS	H	25,09	22,61	0,98	24,58	22,15
C 88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS	H	18,65	17,03	0,73	13,61	12,43
C 88626	ARGAMASSA TRAÇO 1:0,5:4,5 (EM VOLUME DE CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA ÚMIDA), PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L, AF_08/2019	SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS	m³	529,26	522,47	0,0164	8,67	8,56
I 00034547	TELA DE AÇO SOLDADA GALVANIZADA/ZINCADA PARA ALVENARIA, FIO D = +1,20 A 1,70* MM, MALHA 15 X 15 MM, (C X L) *50 X 12* CM	Material	M	5,75	5,75	0,395	2,27	2,27
I 00034570	BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 39 CM, FBK 14 MPA (NBR 6136)	Material	UN	5,02	5,02	9,27	46,53	46,53
I 00038593	MEIO BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 19 CM, FBK 14 MPA (NBR 6136)	Material	UN	2,84	2,84	1,43	4,06	4,06
I 00038594	MEIO BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 34 CM, FBK 14 MPA (NBR 6136)	Material	UN	4,48	4,48	0,71	3,18	3,18
I 00038598	MEIA CANALETA DE CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 19 CM, FBK 14 MPA (NBR 6136)	Material	UN	3,01	3,01	0,12	0,36	0,36
I 00038600	CANALETA DE CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 39 CM, FBK 14 MPA (NBR 6136)	Material	UN	5,40	5,40	2,14	11,55	11,55

Figura 4.17 - Composições de serviço no site eletrônico do OrçaFascio

Durante o processo de orçamentação, o OrçaBIM se mostrou ser uma ferramenta bem simples, porém eficaz. Trabalhar com as informações de forma coerente se torna bem intuitivo pelo fato de o *plug-in* sempre fornecer prévias da quantidade total de itens contados das seleções e qual o quantitativo parcial seguindo as regras e fórmulas definidas, como pode ser verificado na parte inferior da janela de subcritérios na Figura 4.16, mostrada anteriormente. Além disso, fornece ao usuário a análise do orçamento pelo navegador de internet, assim, o Revit não é sobrecarregado e, em casos extremos, não se perde o trabalho realizado ao salvar tudo em nuvem em tempo real.

4.2.3. QIVISUS

O QiVisus é um software de distribuição da AltoQi e auxilia na elaboração de orçamentos a partir da quantificação baseada em parâmetros de modelos IFC. A utilização do software foi exemplificada na Figura 4.18.

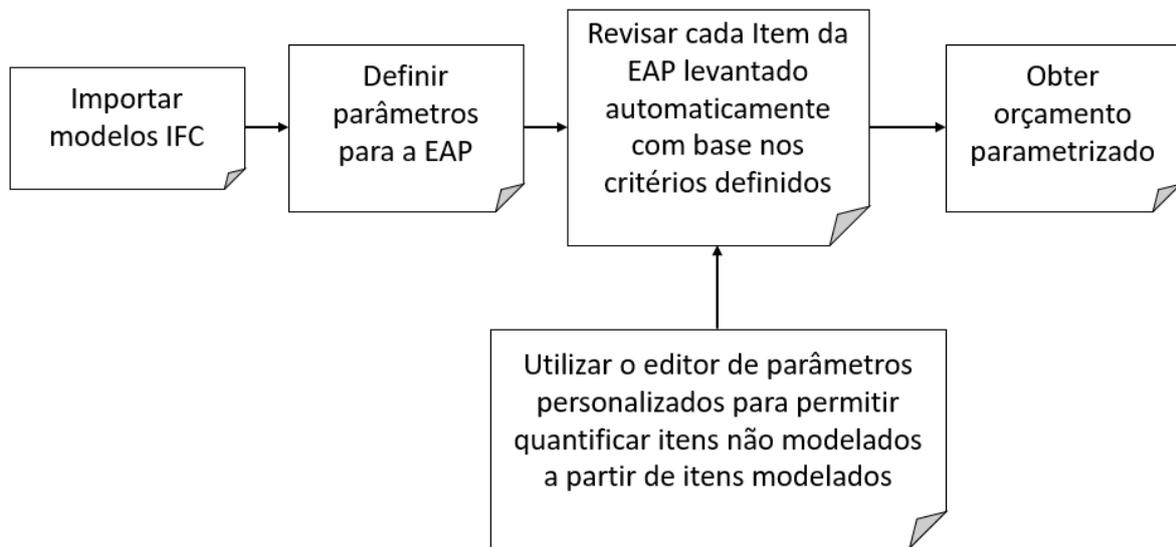


Figura 4.18 - Processo de utilização do QiVisus

Diferentemente dos outros softwares verificados, não é possível lançar todos os itens e subitens da EAP de forma direta. Para a definição de uma estrutura de projeto próxima ao que foi definido na metodologia é necessário definir as regras de montagem das hierarquias. Para isso, orientou-se a busca do software no primeiro nível pela disciplina (Estrutura e Instalações) e por Rede (Água Fria, Esgoto, Elétrica, etc.) e no segundo nível buscou-se pela entidade e pela classe, de forma a quantificar todos os itens modelados presentes nos IFCs importados. Estas regras de EAP e o resultado de itens e subitens que estas regras geraram podem ser verificadas, respectivamente, nas Figuras 4.19 e 4.20.

Configurações

Dados da obra		Estrutura analítica (EAP)		Orçamento e sistema		Planejamento 4D	
+ -							
Ativo	Nível	Propriedades				Filtro	
1º Nível							
<input checked="" type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	QiVisus - Disciplina			Filtro	1
<input checked="" type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	Rede (Pset_Identificação_Elemento)			Filtro	1
2º Nível							
<input checked="" type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	Entidade			Filtro	1
<input checked="" type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	Classe (Pset_Identificação_Elemento)			Filtro	1

Figura 4.19 - Configuração de EAP no QiVisus

Modelo 5D		Modelo 4D		Propriedades		BCF	
() Lista Orçamento Analítico Insumos							
Índice	Descrição	Quant.	Unid				
1.	Estrutura						
1.1.	Elemento construtivo genérico						
1.1.1.	Família 14x19x3.5						
▲ 1.1.1.1	Família 14x19x3.5	1.321,00	un				
1.1.2.	Família 15 x 20 - Classe B - Meia Canaleta						
▲ 1.1.2.1	Família 15 x 20 - Classe B - Meia Canaleta	16,00	un				
1.1.3.	Família 15 x 40 - Classe B						
▲ 1.1.3.1	Família 15 x 40 - Classe B	13.001,00	un				
1.2.	Laje						
1.2.1.	Piso:Genérico 100 mm						
▲ 1.2.1.1	Laje Material pré-definido de piso (esp= 0,1 m) Genérico 100 mm (Laje)	491,38	m²				
1.2.2.	Piso:Genérico 150 mm						
▲ 1.2.2.1	Laje Material pré-definido de piso (esp= 0,15 m) Genérico 150 mm (Laje)	130,90	m²				
1.3.	Pilar						
1.3.1.	Ponto de Graute						
▲ 1.3.1.1	Volume Pilar Ponto de Graute Graute (Pilar ou Viga)	8,10	m³				
2.	Instalações						
2.1.	Conexão						
2.1.1.	Alvenaria - piso						
▲ 2.1.1.1	Caixa de passagem embutir, Alvenaria - 400x400x400mm	1,00	un				
▲ 2.1.1.2	Caixa de passagem embutir, Alvenaria - Tampa 400x400x50mm	1,00	un				
2.1.2.	Bucha de redução longa						
▲ 2.1.2.1	PVC Esgoto - Bucha de redução longa - 50 mm - 40 mm	1,00	un				
2.1.3.	Joelho 45						
✓ 2.1.3.1	PVC Esgoto joelho 45º 100 mm	15,00	un				
✓ 2.1.3.2	PVC Esgoto joelho 45º 40 mm	21,00	un				
✓ 2.1.3.3	PVC Esgoto joelho 45º 50 mm	15,00	un				
2.1.4.	Joelho 90- coluna						
✓ 2.1.4.1	PVC Esgoto joelho 90º 100 mm	2,00	un				
✓ 2.1.4.2	PVC Esgoto joelho 90º 50 mm	2,00	un				
2.1.5.	Joelho 90 soldável						

Figura 4.20 - EAP gerada no QiVisus

Assim como na utilização do OrçaBIM, após o levantamento de quantidades o desafio se torna a compatibilização das unidades de contagem dos elementos com as unidades das composições das referências de preços e custos, que no caso, foi utilizada novamente a SINAPI. Este desafio é decorrência da quantificação inicial não ter sido realizada na mesma unidade utilizada pelas composições unitárias. No caso dos blocos, por exemplo, o serviço de execução de alvenaria estrutural é orçado por metro quadrado, enquanto o levantamento foi feito por número de blocos. Dessa forma, é necessário trabalhar com um parâmetro personalizado, para obter o quantitativo na unidade requerida

Especificamente para esta incompatibilidade, entre a quantificação de blocos em unidades e a composição de alvenarias do SINAPI em metros quadrados, o QiVisus demonstrou menores possibilidades de personalização de novas propriedades. Não foi possível o referenciamento das áreas de parede dos blocos com as propriedades de altura e comprimento, sendo necessário definir um valor fixo para cada tipo de bloco, o que diminui a parametrização dos quantitativos como pode-se observar na Figura 4.21, onde foi definido um valor de área padrão para cada tamanho de bloco.

The screenshot shows the 'Propriedades' (Properties) window in QiVisus. It has tabs for 'Modelo 5D', 'Modelo 4D', 'Propriedades', and 'BCF'. Below the tabs are buttons for 'Salvar edições' and 'Propriedades personalizadas'. The main area contains a table with the following data:

Propriedades	Valor	Unid
.QiVisus - Personalizada		
ÁREA DE PAREDE- B19	0,04	m ²
ÁREA DE PAREDE- B34	0,07	m ²
ÁREA DE PAREDE- B39	0,08	m ²
ÁREA DE PAREDE- B54	0,11	m ²
Material		

Figura 4.21 - Parametrização personalizada no QiVisus

Esta dificuldade foi decorrente da impossibilidade de acessar todos os parâmetros padrão de geometria dos elementos do IFC. Para mitigar tal problema, é necessário que seja criado um parâmetro na família do objeto referente à esta área ou às dimensões antes de gerar o IFC do projeto para que sejam disponibilizados dentro do QiVisus.

Após a realização dos ajustes e compatibilização foi possível obter o orçamento dos itens especificados na EAP, como visto na Figura 4.22. Nesse processo, vale ressaltar que,

como os projetos de instalações foram feitos em softwares também da AltoQi, o programa identificou e referenciou os custos de forma automática de boa parte dos itens destas disciplinas o que mostra a boa integração entre os programas.

Indice	Descrição	Quant.	Unid	BDI	Custo uni	Total	Tabela	Código	Tipo
1.	Estrutura			-		R\$ 89.780,66			
1.1.	Elemento construtivo genérico			-		R\$ 89.780,66			
1.1.1.	Amarração L - Família 14 x 34 - B34			-		R\$ 17.089,27			
1.1.1.1	ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAL 14X19X29 CM, (ESPESSURA 14 CM) FBK = 14,0 MPA, PARA PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M², COM VÃOS, UTILIZANDO PALHETA. AF. 12/2014	188,79	m²	-	R\$ 90,52	R\$ 17.089,27	SINAPI	89468	COMPOSI
1.1.2.	Amarração T - Família 14 x 54 - B54			-		R\$ 3.305,79			
1.1.2.1	ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAL 14X19X29 CM, (ESPESSURA 14 CM) FBK = 14,0 MPA, PARA PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M², COM VÃOS, UTILIZANDO PALHETA. AF. 12/2014	36,52	m²	-	R\$ 90,52	R\$ 3.305,79	SINAPI	89468	COMPOSI

Descrição	Quant.	Unid	Método de quantificação
Família 15 x 40 - Classe B	0,07	m²	ÁREA DE PAREDE- B34 (.QiVisus - Personalizada)
Família 15 x 40 - Classe B	0,07	m²	ÁREA DE PAREDE- B34 (.QiVisus - Personalizada)
Família 15 x 40 - Classe B	0,07	m²	ÁREA DE PAREDE- B34 (.QiVisus - Personalizada)

Figura 4.22 - Orçamento no QiVisus

Frente ao apresentado, é possível definir o QiVisus como a ferramenta com fluxo de trabalho mais simples, isso porque traz algumas automatizações como a montagem de EAP e a atribuição de referencial de custo, de forma a facilitar boa parte do trabalho do orçamentista. Porém as automatizações, da mesma forma que trazem facilidades, também trazem alguns desafios, como a dificuldade em montar uma EAP com os itens e subitens desejados, o que pode trazer problemas quando em contextos de inflexibilidade quanto à estrutura. Outro ponto de atenção é a limitação no acesso de parâmetros de geometria ao realizar quantificação por fórmulas personalizadas, o que pode dificultar a quantificação quando o modelo não atende aos requisitos mínimos de informação requisitados pelo programa.

4.3. ETAPA 3: COMPARATIVOS ENTRE AS FERRAMENTAS

Para realizar a comparação entre as ferramentas, foram discutidos os desempenhos de cada software no processo de utilização, dos recursos que cada um disponibiliza ao usuário,

do quanto a ferramenta permite manipulação das informações e como lidam com exportação e importação de informações.

4.3.1. PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE ORÇAMENTO

O processo de elaboração de orçamento com o auxílio das três ferramentas aqui analisadas tem seu início de forma similar, com a importação de modelos IFC que vão balizar o levantamento de quantitativos. A partir desta importação, embora aconteçam de maneiras semelhantes, as ferramentas tiveram desempenho diferente no processo como um todo.

O Navisworks demonstrou bastante estabilidade, com poucas telas de carregamento e uma interface bem intuitiva, facilitando o lançamento da EAP e a vinculação de elementos modelados aos itens e subitens. Porém, mostrou uma limitação muito grande como ferramenta de suporte de orçamento por não trazer uma alternativa relacionada à vinculação de custos referenciais, sendo necessário a utilização de outros softwares e soluções para isso, como o Microsoft Excel, por exemplo.

O plug-in OrçaBIM se mostrou muito eficiente em termos de instalação e interface e permite que a orçamentação seja feita tanto em referência a arquivos IFC inseridos no Revit como modelos abertos como projeto, o que facilita muito a possibilidade de modelos federados e interoperáveis, porém causa maiores possibilidades de travamentos e carregamentos excessivos.

O QiVisus teve bom desempenho por trabalhar apenas com a extensão IFC e apenas mostrou lentidão ou carregamentos excessivos no processo de salvamento por trabalhar com uma extensão diferente de IFC. No auxílio fornecido durante a obtenção do orçamento foi o que ofereceu soluções mais interessantes, como a abordagem diferente na obtenção de EAP, onde é possível garantir que todos os itens modelados estão na estrutura, além de uma boa interação com modelos originários de outros softwares distribuídos pela AltoQi, possibilitando atribuições de composição e custos de forma automática com maior confiabilidade.

4.3.2. RECURSOS DIPONÍVEIS

O Navisworks foi a ferramenta com maior quantidade de recursos disponíveis, mesmo não possuindo interação com referências de preços e custos. Tal percepção se deve pelas várias opções ao selecionar os itens procurados, como o “procurar itens” e a “árvore de seleção”, que facilitam a elaboração de um levantamento de quantitativos confiável.

O plug-in do OrçaBIM tem a menor quantidade de recursos, isso se deve pela sua dependência da página de endereço eletrônico da OrçaFascio para realizar algumas atividades como a análise dos orçamentos e edição/inclusão de composições e insumos das bases de custos e preços. Mesmo assim, não demonstrou nenhuma insuficiência de recursos comparado às outras ferramentas fornecendo seleções inteligentes e busca por categorias.

O QiVisus foi a ferramenta com recursos mais automatizados, porém, com níveis de confiabilidade e facilidade de trabalho menores que as demais. Isso se deve às automatizações com o qual a ferramenta trabalha, como a definição automática de EAP a partir de classes do IFC e vinculação automática de itens às composições de serviços de tabelas referenciais.

4.3.3. MANIPULAÇÕES PERMITIDAS

O Navisworks foi a ferramenta com maior facilidade na manipulação de parâmetros personalizáveis durante o levantamento de quantitativos de itens que não estavam modelados, possibilitando a utilização de praticamente qualquer parâmetro dos IFC importados ou calculados no próprio software nas novas parametrizações.

O plug-in OrçaBIM, similarmente ao Navisworks traz excelentes possibilidades de parametrização dentro das quantificações, embora exija mais processamento da máquina do usuário nesse sentido.

O QiVisus foi o mais limitado nesta análise, isso porque possibilita acesso apenas aos parâmetros de objeto importados no IFC, por isso, se algum elemento não foi modelado com parâmetros favoráveis ao levantamento de quantidades o processo é dificultado e até impedido, dependendo da necessidade do orçamentista.

4.3.4. EXPORTAÇÃO E IMPORTAÇÃO DE INFORMAÇÃO

Nesta análise, as três ferramentas se comportam de forma bem similar, ou seja, possibilitam sempre que os dados e informações sejam exportados para planilhas ou outros formatos e também oferecem a possibilidade de importar orçamentos. O plug-in OrçaBIM recebe um destaque apenas porque mantém tudo que o usuário realiza em um orçamento salvo em nuvem, possibilitando maiores possibilidades de compartilhamento e interoperabilidade.

4.3.5. TABELA COMPARATIVA

No sentido de tornar mais visível a comparação já feita, elaborou-se a Tabela 4.2 para facilitar o entendimento do leitor. Nela foi identificado, para cada recurso, a ferramenta que teve melhor desempenho e a que demonstrou maiores limitações.

Tabela 4.1 - Tabela de desempenho das ferramentas analisadas

Item analisado	Ferramenta com melhor desempenho	Ferramenta com mais limitação
Importação de IFC	OrçaBIM	-
Processamento das informações	QiVisus	Navisworks
Visualização do modelo 3D	OrçaBIM	QiVisus
Montagem de EAP	Navisworks	QiVisus
Vinculação do modelo à EAP	Navisworks	QiVisus
Parametrização editável	Navisworks	QiVisus
Vinculação de Base preços	OrçaBIM	Navisworks
Edição e criação de composições	OrçaBIM	Navisworks

Soluções inovadoras	QiVisus	-
Análise do orçamento	OrçaBIM	Navisworks
Exportação de orçamento	OrçaBIM	Navisworks

A partir da tabela comparativa, é possível verificar que não há uma ferramenta que se destaca em relação às outras em todos os quesitos analisados. Assim, cada uma tem suas particularidades e podem ser as melhores escolhas em situações específicas.

O Navisworks é um software mais recomendado a utilizações onde o orçamentista já tenha outras ferramentas de análise de custos e que a necessidade seja a extração de quantitativos, além de proporcionar outras funções de planejamento e gestão de projetos. Isso se deve ao fato de que a ferramenta não possui suporte à atribuição de custos.

O OrçaBIM demonstra ser mais simples e direcionado na elaboração do orçamento em si. Embora não ofereça muitas opções de seleção de elementos, pode ser indicado para situações nas quais o orçamentista não tem à disposição várias ferramentas e precisa trabalhar com tabelas de referências de custos, seja ela o SINAPI ou tabelas próprias.

O QiVisus tem uma proposta mais automatizada e tenta aproveitar ao máximo as interações que os IFCs permitem e, mesmo exigindo mais atenção do orçamentista durante o processo de conferência, pode ser utilizado por profissionais que trabalhem sempre com modelos mais bem alimentados com informação ou que venham de outros softwares de distribuição da AltoQi, que facilitam a obtenção de resultados mais rápidos.

5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

5.1. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como foco o estudo comparativo de ferramentas BIM 5D usuais do mercado que auxiliam a elaboração de orçamentos a partir da elaboração de um modelo BIM que contempla 3 disciplinas de projeto, Estrutura, Instalações Hidrossanitárias e Instalação Elétrica. O modelo foi elaborado seguindo as recomendações da literatura para modelagem com informação.

Através do modelo, foi realizado um insistente trabalho de orçamentação para tentar entender de forma prática, quais eram as dificuldades e facilidades que cada ferramenta traz para uma situação real de orçamentação.

A partir do que foi apresentado nos resultados, é possível identificar as principais diferenças de cada software e como cada um deles se comporta nas diversas situações corriqueiras na elaboração de um orçamento, mostrando qual foi a limitação encontrada e como se procedeu, nos limites do software para contornar cada desafio.

Como resultado, o trabalho apresenta um comparativo sobre algumas das abordagens que o autor, durante o processo de orçamentação descobriu serem mais importantes para ajudar a definir as ferramentas BIM 5D no contexto da orçamentação. Nesta comparação, é possível entender que não há uma ferramenta eleita melhor ou outra pior dentro das 3 escolhidas, isso porque cada uma delas tem qualidades e limitações diferentes e que se comportam de forma única em situações de orçamento adversas.

O Navisworks, como já citado, não possui atribuição de custos baseados em referências de preços e custos, porém, se mostra uma ferramenta muito eficaz na identificação precisa e rápida de quantitativos de insumos, o que não resolve em sua totalidade o trabalho de um orçamentista, mas é um excelente primeiro passo.

O OrçaBIM, ferramenta bem característica por se tratar de um plug-in de trabalho diretamente no Revit possui interfaces bem simples e de fácil compreensão, dessa forma, constitui uma excelente ferramenta para orçamentistas que não querem ter mais um software dentro de seus computadores pessoais. Além de que a ferramenta tem uma ótima conexão em tempo real com a nuvem de armazenamento que fará visível o orçamento trabalhado a todos

os usuários cadastrados para terem acesso a ele, o que corrobora para a interoperabilidade que essa ferramenta disponibiliza.

Por fim, o QiVisus, ferramenta com proposta de trabalho bem diferente das anteriores, traz uma abordagem de automatização nas extrações de quantidades e atribuição de custos, isso porque não se define EAP, apenas as regras para que o software a monte de forma independente. Dessa forma, o orçamentista apenas deve proceder para realizar ajustes no orçamento. Embora a proposta seja muito interessante, a implicação é que o orçamentista deve ter mais experiência e mais atenção na utilização desta ferramenta, tendo em vista que, independentemente das regras de EAP estarem certas ou não, ele mostrará um resultado ao usuário.

Dessa maneira, este trabalho teve seus objetivos alcançados. A modelagem e verificação de um modelo suficientemente alimentado com informação para propiciar a elaboração de orçamento a partir de IFC foi realizada com sucesso. A utilização das ferramentas para a elaboração de orçamento conseguiu ser suficientemente profunda para entender as particularidades de cada ferramenta. E por último, a comparação foi realizada de forma entender como cada ferramenta desempenha em cada contexto de utilização.

Frente às comparações feita por este trabalho cabe ao leitor entender quais são as problemáticas que quer resolver em seus processos de orçamentação para, a partir das informações aqui apresentadas, adotar alguma das ferramentas analisadas ou entender ser necessário buscar outras soluções disponíveis no mercado.

5.2. RECOMENDAÇÕES

Embora o resultado proposto para o trabalho tenha sido atingido, algumas discussões não puderam ser levantadas por limitações de tempo, por isso recomenda-se para futuros estudos algumas dessas discussões.

A principal discussão não abordada, é a análise de outras ferramentas dentro deste comparativo, de forma a entender se existem outras soluções no mercado menos óbvias, mas com eficácia maior no contexto da orçamentação 5D.

Adicionalmente, recomenda-se o estudo mais aprofundado de formas mais inteligentes para modelar parametricamente elementos pouco homogêneos e previsíveis como a alvenaria

estrutural estudada aqui, por exemplo, onde a composição SINAPI faz uma aproximação de quantidade de cada tipo de bloco por metro quadrado de parede quando, na verdade, esta aproximação pode ser bem distante da real utilização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDI - Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2017), GUIA 1 - Processo de projeto BIM, Distrito Federal, Brasília, Brasil. Disponível em: <<https://www.abdi.com.br/projetos/bim>> Acesso em: Setembro de 2021.
- ABDI - Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2017), GUIA 3 - BIM na Quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção, Distrito Federal, Brasília, Brasil. Disponível em: <<https://www.abdi.com.br/projetos/bim>> Acesso em: Setembro de 2021.
- Alhasan. S.; Kumar, B.; Thanikal, J. V. (2017), "EFFECTIVENESS OF IMPLEMENTING 5D FUNCTIONS OF BUILDING INFORMATION MODELING ON PROFESSIONS OF QUANTITY SURVEYING – A REVIEW", International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET). Artigo. Omã, Península Arábica.
- Aline, V.A.; Raissa C.F.; Silvio B.M. (2021), "Barriers to BIM Adoption in Brazil", Frontiers in Built Environment. Artigo. São Paulo, Brasil.
- Alrashed, I.; Kantamaneni, K. (2018), "A 5D Building Information Model (BIM) for Potential Cost-Benefit Housing: A Case of Kingdom of Saudi Arabia (KSA)", Infrastructures. Artigo. Riyadh, Arábia Saudita.
- Antwi-Afaria, M.F.; Li, E.; Pärn, E. A.; Edwards, D. J. (2018), "Critical success factors for implementing building information modelling (BIM): A longitudinal review", Automation in Construction. Artigo. Hong Kong, China.
- Arnal, I.P. (2018), "Why don't we start at the beginning? The Basics of a Project: Lean Planning and Pre-Construction, BIM News Last trends of the AECO sector", BIM Community. Disponível em: <<https://www.bimcommunity.com/news/load/490/why-don-t-we-start-at-the-beginning>>, Acessado em: Setembro de 2021.
- Babatunde, S.O.; Perera, S.; Ekundayo, D. (2019), "An investigation into BIM-based detailed cost estimating and drivers to the adoption of BIM in quantity surveying practices", Journal of Financial Management of Property and Construction. Artigo. Ile-Ife, Nigéria.
- Biancardo, S.A.; Viscione, N.; Oreto, C.; Veropalumbo, R. (2020), "BIM Approach for Modeling Airports Terminal Expansion", Infrastructures 2020. Artigo. Nápoles, Itália.
- BIMForum (2019), LEVEL OF DEVELOPMENT (LOD) SPECIFICATION PART I & COMMENTARY. Disponível em: <<https://bimforum.org/lod/>>. Acesso em: Setembro de 2021

- Brasil. Lei nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 22 de agosto de 2019. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9983.htm>. Acesso em: 29 de setembro de 2021.
- Brasil. Lei nº 10.306, de 2 de abril de 2020. Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling- Estratégia BIMBR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 2 de abril de 2020. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-10.306-de-2-de-abril-de-2020-251068946>>. Acesso em: 29 de setembro de 2021.
- Charef, R.; Alaka, H. A.; Emmitt, S. (2018), "Beyond the Third Dimension of BIM: A Systematic Review of Literature and Assessment of Professional Views", Journal of Building Engineering. Artigo. Coventry, Inglaterra.
- Dermeval, D. (2020), "Mapeamento Sistemático e Revisão Sistemática da Literatura em Informática na Educação.", Metodologia de Pesquisa Científica em Informática na Educação: Abordagem Quantitativa, Capítulo 2. Livro. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. Disponível em: <<https://metodologia.ceie-br.org/livro-2/>>. Acesso em: Setembro de 2021.
- Ding, L.; Zhou, Y.; Akinci, B. (2014), "Building Information Modeling (BIM) application framework: The process of expanding from 3D to computable nD", Automation in Construction. Artigo. Wuhan, China.
- Doloi, H. (2013), "Cost Overruns and Failure in Project Management: Understanding the Roles of Key Stakeholders in Construction Projects", Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 139, Issue 3. Artigo. Victoria, Australia.
- Dr Smith, P. (2016), "Project cost management with 5D BIM", 29th World Congress International Project Management Association (IPMA). Anais de Congresso. Westin Playa Bonita, Panama.
- Eastman, C. M.; Sacks, R.; Liston, K; Teicholz, P. (2018), BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Livro. New Jersey: Wiley & Sons.

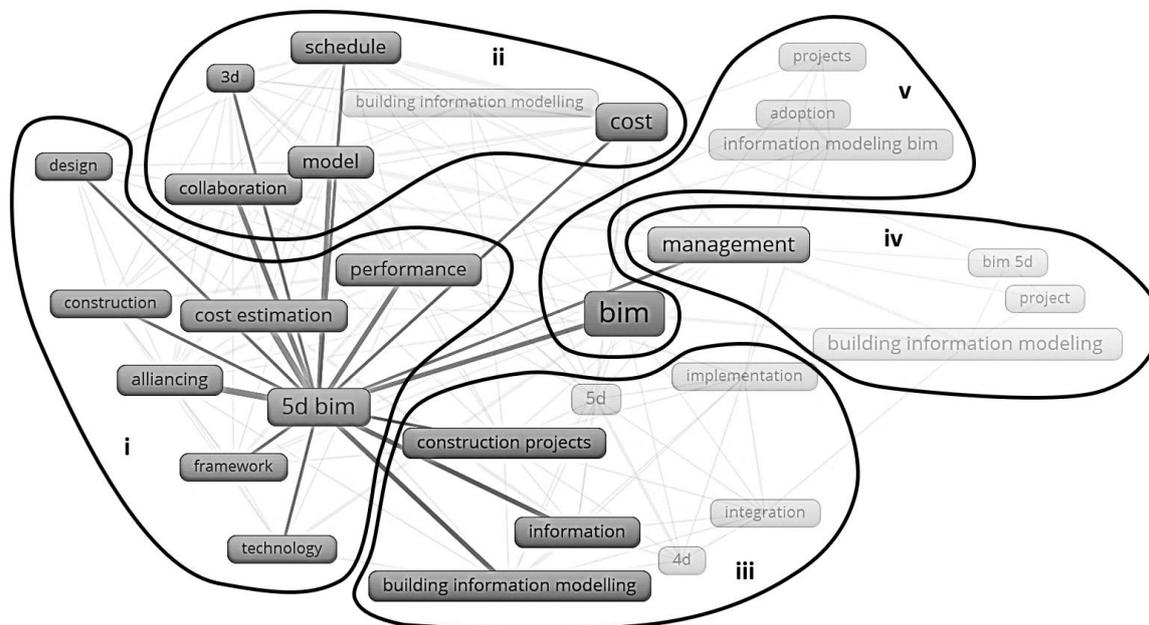
- Elghaish, F. Abrishami, S.; Hosseini, M. R.; Abu-Samra, S. (2021). "Revolutionising cost structure for integrated project delivery: a BIM-based solution", Engineering, Construction and Architectural Management. Artigo. Portsmouth, Inglaterra.
- Fenato, T.M.; Saffaro, F. A.; Barison, M. B.; Heineck, L. F. M.; Scheer, S. (2018), "Método para elaboração de orçamento operacional utilizando um software de autoria BIM", Ambiente Construído. Artigo. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Forgues, D. (2012), "Rethinking the Cost Estimating Process through 5D BIM: a Case Study", Construction Research Congress 2012 ASCE. Anais de Conferência. Montreal, Canada.
- Hasan, A.N.; Rasheed, S. M. (2019), "The Benefits of and Challenges to Implement 5D BIM in Construction Industry", Civil Engineering Journal. Artigo. Bagdad, Iraque.
- Husin, A.E.; Sinaga, T. (2019), "Key Success Factors Implementing BIM Based Quantity Take-off in Fit-Out Office Work using Relative Importance Index", International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT). Artigo. Jakarta, Indonésia
- Ismail, N.A.A.; Drogemuller, R.; Beazley, S.; Owen, R. (2016), "A Review of BIM Capabilities for Quantity Surveying Practice", MATEC Web of Conferences. Artigo. Brisbane, Austrália.
- Jin, R.; Zou, Y.; Gidado, K.; Ashton, P.; Painting, N. (2019), "Scientometric analysis of BIM-based research in construction engineering and management", Engineering, Construction and Architectural Management. Artigo. Brighton, Inglaterra.
- Khalil, M. (2018), "THE IMPLEMENTATION OF BIM IN THE NEW ALAMEIN CITY- EGYPT", journal Business & IT. Artigo. Praga, República Tcheca.
- Kim, H.; Grobler, F. (2013), "Preparing a Construction Cash Flow Analysis Using Building Information Modeling (BIM) Technology", Journal of Construction Engineering and Project Management. Artigo. Carolina do Norte, Estados Unidos.
- Koseoglu, O.; Sakin, M.; Arayici, Y. (2018), "Exploring the BIM and lean synergies in the Istanbul Grand Airport construction project", Engineering, Construction and Architectural Management. Artigo. Istanbul, Turquia.
- Lee, A.; Aouad, G.; Cooper, R. F. D.; Fu, C. (2006), "nD modelling – a driver or enabler for construction improvement?", RICS Research. Artigo. Salford, Inglaterra.
- Lee, A.; Wu, S.; Marshall-Pointing, A. J.; Aouad, G.; Cooper, R.; Tah, J. H. M.. Abbot, C.; Barrett, P. S. (2006), "nD modelling road map : A vision for nD-Enabled construction". Tese. Salford, Inglaterra.
- Lee, X. S.; Tsong, C. W.; Khamidi, M. F. (2016), "5D building information modelling – a practicability review", MATEC Web of Conferences. Artigo. Johor, Malásia.

- Leicht, D.; Castro-Fresno, D.; Diaz, J.; Baier, C. (2020), "Multidimensional Construction Planning and Agile Organized Project Execution—The 5D-PROMPT Method", Sustainability 2020. Artigo. Santander, Espanha.
- Liu, Z.; Lu, Y.; Shen, M.; Peh, L. C. (2020), "Transition from building information modeling (BIM) to integrated digital delivery (IDD) in sustainable building management: A knowledge discovery approach based review", Journal of Cleaner Production. Artigo. Singapore, Malásia.
- Mayouf, M.; Gerges, M.; Cox, S. (2019), "5D BIM: an investigation into the integration of quantity surveyors within the BIM process", Journal of Engineering, Design and Technology. Artigo. Birmingham, Inglaterra.
- Monteiro, A.; Martins, J. P. (2013), "A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design", Automation in Construction. Artigo. Porto, Portugal.
- Pärn, E.A.; Edwards, D. J.; Sing, M. C. P. (2017), "The building information modelling trajectory in facilities management: A review", Automation in Construction. Artigo. Birmingham, Inglaterra.
- Pučko, Z.; Maučec, D.; Šuman, N. (2020), "Energy and Cost Analysis of Building Envelope Components Using BIM: A Systematic Approach", Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environmental Systems. Artigo. Dubrovnik, Croácia.
- Rahman, I. A.; Memon, A. H.; Karim, A. T. A. (2013), "Significant Factors Causing Cost Overruns in Large Construction Projects in Malaysia", Journal of Applied Sciences. Artigo. Johor, Malásia.
- Rivera, F.M.; Vielma, J. C.; Herrera, R. F.; Carvalho, J. (2019), "Methodology for Building Information Modeling (BIM) Implementation in Structural Engineering Companies (SECs)". Artigo. Valparaíso, Chile.
- Smetanková, J.; Behúnová, A.; Mandičák, T.; Mesároš, P. (2018), "5D OF BIM – RESEARCH STUDIES AT HOME AND SLECTED COUNTRIES AROUND THE WORLD", Acta Technologia. Artigo. Košice, Eslováquia.
- Succar, B. (2008), "Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders". Automation in Construction. Artigo. Newcastle, Australia.
- Vigneault, M.; Botton, C.; Chong, H.; Cooper-Cooke, B. (2019), "An Innovative Framework of 5D BIM Solutions for Construction Cost Management: A Systematic Review", Archives of Computational Methods in Engineering. Artigo. Montreal, Canada.

- Vitasek, S. (2019), "USING BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) IN CONSTRUCTION BUDGET: BENEFITS AND BARRIERS", ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT. Artigo. Praga, República Tcheca.
- Vitásek, S.; Zak, J. (2018), ""Cost estimation and building information modeling, In Proceedings of 3rd International Conference on Engineering Sciences and Technologies"". Artigo. República Tcheca
- Vycital, M.; Jarský, C. (2020), "An automated nD model creation on BIM models", Organization, Technology and Management in Construction 2020. Artigo.

APÊNDICES

APÊNDICE A



Mapeamento de palavras-chaves no resultado da pesquisa *Web of Science* (Adaptação para independência de cores)

Identificação* e descrição dos grupos de artigos pesquisados no *Web of Science* (Adaptação para independência de cores)

Vermelho i	Azul ii	Verde iii	Roxo iv	Amarelo v
Objetivam apresentação de modelos de trabalho em ferramentas 5D	Focam na relação do BIM 5D com outras disciplinas de projeto	Tendem a trazer a relação de tempo e custo (BIM 4D+5D)	Discutem a ótica da gestão dentro de projetos BIM 5D	Buscam o estudo de casos em situações de adoção BIM em custos

APÊNDICE B

Item	Descrição	Unidade	Qtd.
1	Estrutura		
1.1	Alvenaria		
1.1.1	Blocos de Concreto		
1.1.1.1	Amarração L - Família 14 x 34 - B34	un	2697
1.1.1.2	Amarração T - Família 14 x 54 - B54	un	332
1.1.1.3	Canaleta - Família 14 x 19 - U19	un	45
1.1.1.4	Canaleta - Família 14 x 39 - U39	un	825
1.1.1.5	Canaleta Jotão - Família 14 x 39 - J39	un	552
1.1.1.6	Compensador A - Família 14 x 19 - C19	un	36
1.1.1.7	Compensador A - Família 14 x 39 - C39	un	456
1.1.1.8	Complemento - Família 14x19x3.5	un	1321
1.1.1.9	Inteiro - Família 14 x 39 - B39	un	7343
1.1.1.10	Meio - Família 14 x 19 - B19	un	731
1.2	Lajes		
1.2.1	Concreto 25 Mpa		
1.2.2	Armaduras		
1.3	Graute		
1.3.1	Preenchimentos horizontais (Canaletas)		
1.3.2	Preenchimentos Verticais (Pontos de graute)		
2	Instalações Hidrossanitárias		
2.1	Hidráulica		
2.1.1	Tubulações		
2.1.1.1	Tubo rígido c/ ponta lisa 25 mm	m	197,86
2.1.2	Conexões		
2.2.2.1	Registro de gaveta c/ canopla cromada 3/4"	un	30
2.2.2.2	Joelho de redução soldável c/ rosca 25 mm - 1/2"	un	1
2.2.2.3	Tê sold c/ rosca bolsa central 25 mm - 3/4"	un	14
2.2.2.4	Adapt sold.curto c/bolsa-rosca p registro 25 mm - 3/4"	un	60
2.2.2.5	Joelho 90º soldável 25 mm	un	100
2.2.2.6	Registro de pressão c/ canopla cromada 3/4"	un	15
2.2.2.7	Tê 90 soldável 25 mm	un	31
2.2.2.8	Joelho 90º soldável com bucha de latão 25 mm - 3/4"	un	23
2.2.2.9	Joelho de redução 90º soldável com bucha de latão 25 mm - 1/2"	un	23
2.2.2.10	Tê red.90 sold c/ bucha latão B central 25 mm -1/2"	un	14
2.2.2.11	Tê sold c/ bucha latão bolsa central 25 mm- 3/4"	un	16
2.1.3	Acessórios		
2.2.3.1	Chuveiro 25mm x 3/4"	un	15
2.2.3.2	Máquina de Lavar Roupas 25mm x 3/4"	un	8
2.2.3.3	Torneira de Pia de Cozinha 25 mm - 1/2"	un	8
2.2.3.4	Torneira de Tanque de Lavar 25mmx 3/4"	un	16
2.2.3.5	Torneira de lavatório 25 mm - 1/2"	un	15

Item	Descrição	Unidade	Qtd.
2.2.3.6	Vaso Sanitário c/ cx. acoplada 1/2"	un	15
2.2.3.7	Engate flexível cobre cromado com canopla 1/2 - 30cm	un	1
2.2.3.8	Engate flexível plástico 1/2 - 30cm	un	29
2.2	Esgoto		
2.2.1	Tubulações		
2.2.1.1	Tubo PVC ponta-bolsa c/ virola 100 mm - 4"	m	1,88
2.2.1.2	Tubo rígido c/ ponta lisa 100 mm - 4"	m	73,8
2.2.1.3	Tubo rígido c/ ponta lisa 40 mm	m	75,19
2.2.1.4	Tubo rígido c/ ponta lisa 50 mm - 2"	m	118,83
2.2.2	Conexões		
2.2.2.1	Bucha de redução longa 50 mm - 40 mm	un	1
2.2.2.2	Curva 90 curta 40 mm	un	54
2.2.2.3	Joelho 45 100 mm	un	23
2.2.2.4	Joelho 45 40 mm	un	21
2.2.2.5	Joelho 45 50 mm	un	15
2.2.2.6	Joelho 90 100 mm	un	16
2.2.2.7	Joelho 90 50 mm	un	7
2.2.2.8	Joelho 90 c/anel p/ esgoto secundário 40 mm - 1.1/2"	un	39
2.2.2.9	Junção simples 100 mm - 50 mm	un	16
2.2.2.10	Junção simples 100 mm- 100 mm	un	11
2.2.2.11	Tê sanitário 100 mm - 50 mm	un	2
2.2.2.12	Tê sanitário 50 mm - 50 mm	un	4
2.2.3	Acessórios		
2.2.3.1	Caixa sifonada 150x150x50	un	24
2.2.3.2	Ralo sifonado alt. reg. saída 40 100 mm - 40 mm	un	15
2.2.3.3	Sifão de copo p/ pia e lavatório 1" - 1.1/2"	un	23
2.2.3.4	Sifão flexível c/ Adaptador 1.1/2" - 1.1/2"	un	8
2.2.3.5	Válvula p/ lavatório e tanque 1"	un	23
2.2.3.6	Válvula p/ tanque 1 1/2"	un	8
2.2.4	Caixas		
2.2.4.1	Caixa de inspeção esgoto simples CE- 60x60 cm	un	6
2.3	Águas Pluviais		
2.3.1	Tubulações		
2.3.1.1	Tubo rígido c/ ponta lisa 100 mm - 4"	m	38,52
2.3.1.2	Tubo rígido c/ ponta lisa 150 mm - 6"	m	16,36
2.3.2	Caixas		
2.3.2.1	Boca de lobo para drenagem pluvial BL- entrada lateral	un	1
2.3.2.2	Caixa de areia pluvial sem grelha CA- 60x60cm	un	2
3	Elétrica		
3.1	Eletrodutos		
3.1.1	Eletroduto leve 1"	m	29,2
3.1.2	Eletroduto leve 3/4"	m	896,01
3.2	Cabeamento		
3.2.1	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 1.5 mm ² - Amarelo	m	65,56

Item	Descrição	Unidade	Qtd.
3.2.2	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 1.5 mm ² - Azul claro	m	68,86
3.2.3	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 1.5 mm ² - Branco	m	49,86
3.2.4	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 1.5 mm ² - Verde-amarelo	m	64,4
3.2.5	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 2.5 mm ² - Amarelo	m	35,15
3.2.6	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 2.5 mm ² - Azul claro	m	699,95
3.2.7	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 2.5 mm ² - Branco	m	725,1
3.2.8	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 2.5 mm ² - Verde-amarelo	m	433,85
3.2.9	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 4 mm ² - Amarelo	m	242
3.2.10	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 4 mm ² - Azul claro	m	171,7
3.2.11	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 4 mm ² - Branco	m	344,1
3.2.12	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 4 mm ² - Verde-amarelo	m	136,95
3.2.13	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 6 mm ² - Azul claro	m	118,4
3.2.14	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 6 mm ² - Branco	m	118,4
3.2.15	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 6 mm ² - Verde-amarelo	m	70,2
3.3	Acessórios		
3.3.1	Caixa PVC 4x2"	un	198
3.3.2	Caixa PVC octogonal 4"x 4"	un	98
3.3.3	Alvenaria 400x400x400mm	un	1
3.3.4	Alvenaria Tampa 400x400x50mm	un	1
3.3.5	Placa 2x4" Interruptor paralela - 1 tecla	un	8
3.3.6	Placa 2x4" Interruptor simples & paralelo - 2 teclas	un	8
3.3.7	Placa 2x4" Interruptor simples - 1 tecla	un	33
3.3.8	Placa 2x4" Interruptor simples - 2 teclas	un	8
3.3.9	Placa 2x4" Placa c/ furo	un	15
3.3.10	Placa 2x4" Placa p/ 1 função	un	16
3.3.11	Placa 2x4" Placa p/ 2 funções	un	103
3.3.12	S/ placa Interruptor 1 tecla simples e tomada hexagonal (NBR14136)	un	15
3.3.13	S/ placa Tomada hexagonal (NBR 14136) (2) 2P+T 10A	un	88
3.3.14	S/ placa Tomada hexagonal (NBR 14136) 2P+T 10A	un	16
3.3.15	Interruptor autom. por presença 220V - 1200W resistivo	un	7
3.3.16	Disjuntor Unipolar Termomagnético - norma DIN (Curva C) 10 A - 10 kA	un	17
3.3.17	Disjuntor Unipolar Termomagnético - norma DIN (Curva C) 20 A - 10 kA	un	8
3.3.18	Disjuntor Unipolar Termomagnético - norma DIN (Curva C) 25 A - 10 kA	un	15
3.3.19	Disjuntor Unipolar Termomagnético - norma DIN (Curva C) 50 A - 10 kA	un	1
3.3.20	Disjuntor Unipolar Termomagnético - norma DIN (Curva C) 80 A - 10 kA	un	7
3.3.21	Dispositivo de proteção contra surto 275 V - 80 KA	un	16
3.3.22	Sem barr. - DIN (Ref. Moratori) Cap. 4 disj. unip.	un	1
3.3.23	Sem barr. - UL (Ref. Cemar) Cap. 12 disj. unip.	un	8