



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: CONSTRUÇÃO CIVIL

WASHINGTON BASTOS DA SILVA FILHO

MODELO DE IMPLEMENTAÇÃO DE BIM APLICADO A PROJETOS DE
SISTEMAS PREDIAIS

FORTALEZA

2018

WASHINGTON BASTOS DA SILVA FILHO

MODELO DE IMPLEMENTAÇÃO DE BIM APLICADO A PROJETOS DE SISTEMAS
PREDIAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estrutura e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Área de concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. José de Paula Barros Neto.
Coorientadora: Profª. Dra. Mariana Monteiro Xavier de Lima

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S584m Silva Filho, Washington Bastos da.
Modelo de implementação de BIM aplicado a projetos de sistemas prediais / Washington Bastos da Silva Filho. – 2018.
205 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. José de Paula Barros Neto.
Coorientação: Profa. Dra. Mariana Monteiro Xavier de Lima.

1. Processo de Projetos. 2. Implementação BIM. 3. Sistemas Prediais. I. Título.

CDD 624.1

WASHINGTON BASTOS DA SILVA FILHO

MODELO DE IMPLEMENTAÇÃO DE BIM APLICADO A PROJETOS DE SISTEMAS
PREDIAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estrutura e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Área de concentração: Construção Civil

Aprovada em: 23 / 08 / 2018 .

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José de Paula Barros Neto (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profª. Dra. Mariana Monteiro Xavier de Lima (Coorientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Alexandre Araújo Bertini
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Márcio Minto Fabricio
Universidade de São Paulo (EESC USP)

Aos meus amores.

À minha família, amigos e mentores.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ao Prof. Dr. José de Paula Barros Neto e Profa. Dra. Mariana Monteiro Xavier de Lima pela orientação, pelo conhecimento compartilhado, pelas reflexões e pela confiança.

Aos professores participantes da banca examinadora pelo tempo ofertado, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Ao escritório e equipe de trabalho, pela disponibilidade, pela demonstração exemplar de dedicação e interesse em melhorar a si mesmos.

Aos meus colegas do programa de pós-graduação, pelo companheirismo, afinho e tenacidade. Estou muito feliz de compartilhar minha vitória com a vossa. Conseguimos!

Ao Samuel e meus grandes amigos Marcella, Iuri, Priscilla, Micaella, e outros tantos queridos, que me acompanham ao longo da vida e multiplicam minha felicidade.

À minha família, responsável por quem sou e por todas os meus triunfos, por me suportarem e me amarem, por me fazerem amar incondicionalmente. Não há palavras que mostrem o tamanho de minha gratidão.

Também sou grato a algo de divino que há em mim, nas pessoas e no mundo. Embora não o nomeie ou o compreenda, sinto sua grandeza, sua beleza, sua justiça, sua benevolência, sua ternura. Muito obrigado por tudo.

“Com grandes poderes vem grandes responsabilidades.” Bem Parker (personagem fictício criado por Stan Lee)

RESUMO

Um processo de desenvolvimento de produtos de construção civil adequado passa necessariamente por uma etapa de projetos, a qual frequentemente é apontada como a etapa mais estratégica para melhoria da qualidade do produto e redução de custo de produção. Com o advento da Modelagem da Informação, os projetos agregaram novas responsabilidades e significativas alterações no processo de atividades de escritórios de arquitetura e engenharia. Embora diversos trabalhos fomentem discussões dedicadas a modelagem de informações de construção de forma genérica ou aplicada a arquitetura, poucos esforços têm sido realizados para implantação de BIM em escritórios de sistemas prediais. Os projetos de instalações prediais, comumente divididos em hidrossanitário, elétrica, mecânica e combate a incêndio, compõem parte significativa do projeto do empreendimento, tornando-se fundamental o investimento na melhoria deste subproduto. No entanto poucos escritórios oferecem seus produtos em BIM, devido dificuldade em implementar a modelagem da informação. Assim, este trabalho objetiva desenvolver um modelo de implementação de BIM aplicado a escritórios de projetos de sistemas prediais. O método de pesquisa é o DSR, *Design Science Research*, visando gerar contribuições tanto para o conhecimento científico quanto para o mercado de engenharia. O trabalho se iniciou com estudos teóricos sobre a etapa de projetos, os sistemas prediais e a modelagem da informação, centralizando-se em seu processo de implantação. Em seguida foi criado o modelo de implementação, o qual foi utilizado em um escritório de projetos de sistemas prediais. Durante o desenvolvimento da atividade, foram coletados dados junto a equipe do escritório quanto a aplicação de cada etapa e quanto ao modelo em si. Com o desfecho da implementação, o modelo de implementação BIM foi reajustado visando promover sua validade pragmática. Espera-se que este trabalho contribua na expansão do conhecimento acadêmico e na aplicação do BIM nas edificações e na etapa de projetos, notadamente nos sistemas prediais.

Palavras-chave: Processo de Projetos, Implementação BIM, Sistemas Prediais.

ABSTRACT

An appropriate civil construction product development necessarily passes through a design stage, which is often referred as the most strategic stage for improving product quality and reducing production cost. With BIM advent, the design added new responsibilities and significant process changes of architectural and engineering office activities. Although several scientific articles encourage discussions dedicated to modeling construction information for the architecture and the design phase as one, few efforts have been made to deploy BIM in engineering design offices. The MEP design, divided in mechanical, electrical, plumbing and firefighting, make up a significant part of the building model, becoming fundamental to invest in the improvement of this byproduct. However, in Brazil few offices offer their products in BIM, due to the difficulty in implementing the modelling information. Thus, this paper objective to develop a BIM implement model applied to MEP offices. The research method is DSR, Design Science Research, expectancy generating contributions both for scientific knowledge and for the engineering industry. The research begins with theoretical studies on the design stage, MEP systems and BIM technology, focusing on its implementation process. Next, the implementation model was created and applied in a MEP office. During the development of the activity, data were collected from the office staff regarding the application of each step and the model itself. With the outcome of the deployment, the BIM implementation model was redesigned to promote its pragmatic validity. This work is expected to contribute to the expansion of academic knowledge and the application of BIM in buildings production, mainly in the design stage MEP projects.

Keywords: Design Process, *BIM* implementation model, MEP Projects.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de projetos de edificações da ABNT NBR 13.531/1995	33
Figura 2 - Fluxograma por etapa e intervenientes de projeto	38
Figura 3 - Fluxograma para projetos com compatibilização	40
Figura 4 - Fluxograma de projeto com modelagem	42
Figura 5 - Diagrama de fluxo de trabalho BIM	43
Figura 6 - Exemplo de níveis de detalhamento de uma luminária	49
Figura 7 - Compartilhamento de informações interdisciplinar de modelagem	54
Figura 8 - Template CBIC de passos para um projeto de implementação BIM	58
Figura 9 - Método para revisão sistemática da literatura.....	71
Figura 10 - Processo de busca, elegibilidade e codificação	73
Figura 11 - Versão inicial do modelo de Implementação BIM.....	89
Figura 12 - Cronograma inicial de implementação BIM.....	95
Figura 13 - Configuração de conectores para parametrização	106
Figura 14 - Comparativo entre base CAD e modelada.....	107
Figura 15 - Fluxograma geral do processo BIM	108
Figura 16 - Fluxograma de desenvolvimento de projetos no processo BIM.....	109
Figura 17 - Processo inicial de desenvolvimento de projeto	110
Figura 18 - Atividades do processo de projeto com modelagem.....	111
Figura 19 - Atividades de modelagem	115
Figura 20 - Conteúdo programático de treinamento BIM	119
Figura 21 - Nomenclatura de arquivos de projeto	129
Figura 22 - Nomenclatura de arquivos de biblioteca.....	129
Figura 23 - Hierarquia de pastas de projeto.....	130
Figura 24 - Hierarquia de pastas de biblioteca	130
Figura 25 - Versão inicial do modelo de Implementação BIM.....	145
Figura 26 - Arquitetura piloto residencial unifamiliar.....	147
Figura 27 - Miniatura de modelo hidrossanitário com análise de desconexão.....	148
Figura 28 - Análise de tomadas e iluminação por ambiente.....	151
Figura 29 - Interferência entre tubo e conduítes.....	153
Figura 30 - Interferência entre reservatório e conduítes.....	154

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição temporal de guias BIM.....	81
Gráfico 2 - Distribuição de nacionalidade dos guias BIM	82
Gráfico 3 - Participação de autores principais/iniciativa e coautores.....	83
Gráfico 4 - Público alvo dos guias BIM	84
Gráfico 5 - Agrupamentos dos guias analisados.....	85
Gráfico 6 - Cronograma real de implementação BIM.....	156

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custo Relativo ao estágio do produto.....	18
Tabela 2 - Objetos de projeto por ordem de complexidade.....	29
Tabela 3 - Etapas de atividades técnicas de projeto de edificações.....	30
Tabela 4 - Subdivisão do processo de projeto de Silva e Souza (2003).....	35
Tabela 5 - Subdivisão do processo de projeto dos manuais de escopo.....	36
Tabela 6 – Progressão quanto ao uso de BIM.....	50
Tabela 7 - Atividades e funções de implantação BIM.....	53
Tabela 8 - Síntese dos principais conceitos em <i>Design Science Research</i>	67
Tabela 9 - Tipos de artefato da Design Science Research.....	68
Tabela 10 - Protocolo de Revisão Sistemática da Literatura.....	72
Tabela 11 - Produto gerado por etapa de pesquisa.....	78
Tabela 12 - Distribuição dos resultados de busca.....	79
Tabela 13 - Resultados aprovados por etapa do critério de aceitação.....	80
Tabela 14 - Guias de Implementação BIM.....	87
Tabela 15 - Síntese do conteúdo dos guias de implementação BIM.....	88
Tabela 16 - Objetivos de implementação em relação ao planejamento.....	92
Tabela 17 - Objetivos, metas e indicadores do escritório de sistemas prediais.....	94
Tabela 18 - Requisitos BIM.....	99
Tabela 19 - Requisitos Técnicos BIM.....	99
Tabela 20 - Conteúdo programático do treinamento geral.....	120
Tabela 21 - Conteúdo programático do treinamento específico hidrossanitário.....	121
Tabela 22 - Conteúdo programático do treinamento específico elétrico.....	121
Tabela 23 - Entregáveis BIM por aplicação.....	124
Tabela 24 - Exemplo de requisito contratual quanto ao software BIM.....	127
Tabela 25 - Inventário de <i>tags</i> hidrossanitárias.....	135
Tabela 26 - Inventário de <i>view templates</i> hidrossanitários.....	136
Tabela 27 - Inventário de filtros hidrossanitários de visualização e análise.....	137
Tabela 28 - Inventário de detalhes padrões de instalações hidrossanitárias.....	138
Tabela 29 - Inventário de tubos hidrossanitários.....	139
Tabela 30 - Inventário de registros de válvulas hidrossanitárias.....	139
Tabela 31 - Inventário de aparelhos hidrossanitários.....	140
Tabela 32 - Inventário de parâmetros compartilhados hidrossanitários.....	149
Tabela 33 - Inventário de sistemas hidrossanitários.....	150

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AGC	<i>Associated General Contractors of America</i>
AIA	<i>American Institute of Architects</i>
AP	Anteprojeto
API	<i>Application Programing Interface</i>
ARQ	Arquitetura
AV.TEC	Avaliação Técnica
AVACR	Aquecimento, Ventilação, Ar condicionado e Refrigeração
BEP	<i>BIM Execution Plan</i>
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
BIP	<i>BIM Implementation Plan</i>
BMP	<i>BIM Management Plan</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CFTV	Circuito Fechado de Televisão
CMV	Comunicação Visual
COBIE	<i>Construction Operations Building Information Exchange</i>
CRO	Cronograma da Obra
DBB	<i>Design Bid Build</i>
DPS	Dispositivo de proteção contra surtos
DSR	<i>Design Science Research</i>
ELE	Instalações Elétricas
EP	Estudo Preliminar
EPC	<i>Engineering Procurement Construction</i>
EST	Fundações e Estruturas
EUA	Estados Unidos da América
EV	Estudo de Viabilidade
HID	Instalações Hidráulicas e Sanitárias
HVAC	<i>Heating, ventilation, and air conditioning</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDM	<i>Information Delivery Manual</i>
IDR	Interruptor diferencial residual
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
IFD	<i>International Framework for Dictionaries</i>
IMP	Impermeabilização
INT	Arquitetura de Interiores
IPD	<i>Integrated Project Delivery</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
LMT	Luminotécnica
LOD	<i>Level of Development or Level of Detail</i>

LOI	<i>Level of Information</i>
LV	Levantamento
MEC	Instalações Mecânicas
MEP	<i>Mechanical, Electrical and Plumbing</i>
MEPF	<i>Mechanical, Electrical, Plumbing and Fire</i>
NBR	Norma Brasileira
NBSAP	<i>National Business Space Policy</i>
OPS	<i>Onuma Planniguem System</i>
ORÇ	Orçamento da Obra
PB	Projeto Básico
PE	Projeto Executivo
PIB	Produto Interno Bruto
PL	Projeto Legal
PN	Programa de Necessidades
PPCIP	Projeto de Prevenção contra Incêndio e Pânico
PR	Pré-executivo
PSG	Paisagismo
QDC	Quadro de distribuição de circuitos
RSL	Revisão Sistemática de Literatura
SDG	Sondagem
SEP	Serviços Específicos
SES	Serviços Essenciais
SOP	Serviços Opcionais
SPDA	Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas
TI	Tecnologias da Informação
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
TOP	Topografia
TUE	Tomada de uso especial
TUG	Tomada de uso geral
UK	<i>United Kingdom</i>
UV	Ultravioleta

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	Justificativa	18
1.2	Delimitação da pesquisa	22
1.3	Problema da pesquisa.....	23
1.4	Objetivos.....	24
1.5	Estrutura do trabalho	25
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	26
2.1	Projeto de Edificações	27
2.1.1	<i>Atividades de projetos de edificações.....</i>	<i>28</i>
2.1.2	<i>Processo de Projeto</i>	<i>31</i>
2.2	Building Information Modeling (BIM).....	44
2.2.1	<i>Características da modelagem da informação.....</i>	<i>45</i>
2.2.2	<i>Níveis de BIM.....</i>	<i>47</i>
2.2.3	<i>Implantação de BIM.....</i>	<i>49</i>
2.2.3.1	<i>Autodesk.....</i>	<i>51</i>
2.2.3.2	<i>Modelo AEC UK</i>	<i>53</i>
2.2.3.3	<i>Penn State / Building Smart.....</i>	<i>56</i>
2.2.3.4	<i>CBIC</i>	<i>57</i>
2.3	Sistemas Prediais	59
2.3.1	<i>Instalações Hidrossanitárias</i>	<i>61</i>
2.3.2	<i>Instalações Elétricas</i>	<i>63</i>
2.3.3	<i>Instalações Mecânicas</i>	<i>63</i>
2.4	Síntese da Revisão de Literatura.....	64
3	METODOLOGIA	66
3.1	Etapas da Pesquisa	69
3.1.1	<i>Conscientização do problema</i>	<i>69</i>
3.1.2	<i>Sugestão.....</i>	<i>74</i>
3.1.3	<i>Desenvolvimento</i>	<i>75</i>
3.1.4	<i>Avaliação</i>	<i>76</i>
3.1.5	<i>Conclusão.....</i>	<i>78</i>
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	79
4.1	Descrição dos guias BIM.....	80

4.2	Classificação dos guias BIM	84
4.3	Plano de Implementação BIM	87
4.3.1	<i>Versão inicial do modelo de implementação BIM</i>	89
4.3.1.1	<i>Introdução ao BIM.....</i>	90
4.3.1.2	<i>Planejamento e estratégia.....</i>	92
4.3.1.3	<i>Requisito BIM</i>	98
4.3.1.4	<i>Procedimentos de colaboração e compartilhamento.....</i>	101
4.3.1.5	<i>Processos e fluxo de trabalho em BIM</i>	107
4.3.1.6	<i>Equipe, papéis e responsabilidades BIM</i>	116
4.3.1.7	<i>Treinamento.....</i>	118
4.3.1.8	<i>Entregáveis BIM.....</i>	124
4.3.1.9	<i>Software e tratamento dos dados</i>	126
4.3.1.10	<i>Bibliotecas BIM e Organização</i>	132
4.3.1.11	<i>Contratos colaborativos.....</i>	142
4.4	Versão final do modelo de implementação	144
4.5	Projeto piloto	147
4.6	Discussão dos resultados finais.....	155
5	CONCLUSÕES.....	159
	REFERÊNCIAS.....	163
	ANEXO A – LISTA COMPLETA DE GUIAS BIM.....	170
	ANEXO B – TEMPLATE INICIAL DE IMPLEMENTAÇÃO BIM.....	175
	ANEXO C – ROTEIRO DE ENTREVISTA DE AVALIAÇÃO.....	10
	ANEXO D – MODELAGEM DAS INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS.....	11
	ANEXO E – MODELAGEM DAS INSTALAÇÕES DE CLIMATIZAÇÃO.....	28
	ANEXO F – MODELAGEM DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	31

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das mais importantes indústrias para a economia brasileira, sendo responsável por 4,4 a 7,0% do PIB nacional no período de 2000-2017, segundo dados oficiais do IBGE. Isso corresponde de 21,2% a 27,7% de todo o valor arrecadado pela indústria brasileira. Apesar de tamanha relevância, grande autores como Tzortzopoulos (1999) comentam sobre o atraso relativo da indústria de construção em relação a outros setores industriais.

O atraso da construção é parcialmente caracterizado pelo alto índice de desperdício, que suscita custos adicionais indesejados. A literatura aponta que grande parte destes custos são oriundos de falhas do processo de projeto (CALAVERA, 1991; CORNICK, 1991).

No Brasil, dados indicaram o projeto como origem de 46% das falhas de um empreendimento, mais que o dobro dos 22% das falhas oriundas da execução da obra. Outra pesquisa demonstrada que projetos inadequados foram responsáveis por 60% das patologias das construções estudadas (AMBROZEWICZ, 2003).

Esse fenômeno pode ser observado desde o fortalecimento da demanda imobiliária brasileira, em meados de 1960, quando a estrutura de desenvolvimento de projetos de engenharia começou a se desfragmentar em escritórios técnicos especializados em arquitetura, estrutura, instalações, dentre outros.

Os responsáveis pelo desenvolvimento técnico dos produtos de construção, que anteriormente trabalhavam de forma conjunta dentro de própria construtora, também participavam da etapa de produção. Para Graziano (2003), esta forma de trabalhar deu resultados satisfatórios, pois as equipes de projeto vinham de um contato direto com a prática construtiva e sabiam as necessidades no que tange tanto à construtibilidade quanto aos requisitos das demais especialidades envolvidas no projeto.

Com a crescente subdivisão dos trabalhos, oriundas do desenvolvimento de cada especialidade, os construtores se distanciaram das atividades de projeto e os projetistas deram maior importância aos aspectos técnicos dos sistemas por eles projetados, deixando a construtibilidade dos mesmos em segundo plano. Esta segregação, além de resultar nos altos índices de erro e desperdícios, também pode ser apontada como uma das principais origens de patologias nas construções (PICCHI, 1993).

Ao mesmo tempo, nas últimas décadas, o mercado passou a adotar gradualmente maiores exigências quanto ao desempenho dos empreendimentos, principalmente devido o

aumento da competitividade, advento da globalização, desenvolvimento tecnológico, crescente inovação industrial de novos materiais e componentes, dentre outros fatores (PERALTA, 2002).

A maior complexidade dos projetos cria a necessidade de sistematizar o desenvolvimento das atividades de projeto e, conseqüentemente, das informações exigidas para o cumprimento de cada serviço. A sistematização também inclui a divisão do problema de projeto em subproblemas de forma a permite que o trabalho seja alocado adequadamente para cada membro do grupo (CROSS, 2008), permitindo o planejamento efetivo do desenvolvimento do produto e a melhoria do processo como um todo.

Ayres (2009) aponta o processo de projeto como uma seqüência de aprimoramentos em um conjunto de informações a ser transmitido para as fases subseqüentes. Considerando que o menor dos projetos de construção produz uma vasta quantidade de dados, buscam-se soluções para a melhoria do controle das informações. Dentre as opções, destaca-se o uso de tecnologias da informação (TI) com um recurso que tem bastante a contribuir nesta abordagem.

Neste sentido, Brito (2001) cita que a ineficiência do processo de projeto é dada pela associação de problemas gerenciais, tais como comunicação deficiente entre os agentes do processo, indefinição de responsabilidades e a subutilização dos sistemas *Computer Aided Design* (CAD) e tecnologias da informação atuais e inovadoras.

Para essa abordagem, dentre os assuntos mais abordadas na literatura, destaca-se a *Building Information Modeling* (BIM). Eastman *et al.* (2011) definem BIM como conjunto de ferramentas, processos e tecnologias facilitadas pela documentação digital legível por máquina sobre um edifício, seu desempenho, seu planejamento, sua construção e posteriormente seu funcionamento. Embora popularmente a parte de tecnologia tenha maior abrangência, Succar (2009) converge com a definição do *BIM Handbook* dizendo que a modelagem da construção tem abrangências maiores que seu aspecto tecnológico, sendo também um conjunto de políticas e processos que interagem, originando uma metodologia que gerencia o projeto de construção e seus dados em formato digital ao longo do ciclo de vida do edifício.

A utilização do BIM pode ter um papel decisivo na melhoria da fase de projetos, auxiliando no atendimento de necessidades dos clientes, na integração dos projetos, na relação entre as etapas de projeto e construção e na redução do tempo e do custo da construção (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

1.1. Justificativa

Hoje, observa-se no cenário imobiliário um aumento crescente das exigências do cliente e, correlativamente, na complexidade e qualidade dos empreendimentos. Uma indústria caracterizada como artesanal quando comparadas às demais indústrias, a construção civil busca sua melhoria e aumento de competitividade a partir da redução falhas de construção.

As causas de falhas na construção são frequentemente ligadas aos seus projetos ou ações ou decisões tomadas ao longo do desenvolvimento dos projetos. Atuando nas correções de falhas, estas são facilitadas e apresentam custos menores quando detectados e realizadas com brevidade, como é demonstrado a seguir através da Lei de Sitter, que relaciona custo de correção às etapas de produção de forma crescente similar a uma progressão geométrica de razão cinco (VITÓRIO, 2005).

Tabela 1 - Custo Relativo ao estágio do produto

Custo Relativo	Estágio do produto
1 x custos	Projeto
5 x custos	Execução
25 x custos	Manutenção Preventiva
125 x custos	Manutenção Corretiva

Fonte: Vitório (2005)

Observa-se que quanto antes uma falha for detectada, menor será o custo da correção, de tal forma que a eficiência sobre investimentos é maior nas etapas iniciais de criação do empreendimento.

O poder de redução dos custos de execução da obra se justifica pela função dos projetos de definir os detalhes construtivos e as especificações que permitem uma maior facilidade de construir, afetando nos desperdícios de material, no tempo de execução e, conseqüentemente, nos custos de construção (RUFINO, 1999). Logo, visto o poder dos projetos em influenciar a qualidade e o custo global do empreendimento, a melhoria desta etapa resulta diretamente no aumento de lucro e competitividade das organizações (BERTEZINI, 2006).

De forma geral, as possibilidades de influência no custo final do empreendimento diminuem à medida que o mesmo evolui (PICCHI, 1993). Assim, justifica-se a estruturação da etapa de projetos para maximizar seus benefícios, a partir de processos que favoreçam a tomadas de decisão antecipadas, onde os custos de alterações são mínimos.

Assim, uma abordagem mais sistemática e gerencial do projeto é favorável a qualidade do produto final, favorecendo principalmente a etapa de construção (AUSTIN; BALDWIN; NEWTON, 1994), embora também favoreça tanto os clientes internos quanto os externos do desenvolvimento do produto. Tzortzopoulos (1999), ao longo de seu trabalho, cita os seguintes benefícios:

- Aumenta a transparência do processo de projeto;
- Acurácia no atendimento das necessidades dos clientes do projeto;
- Melhor comunicação através de terminologia padronizada;
- Diminuição no número de incompatibilidades entre os projetos;
- Redução dos custos em função da diminuição das perdas;
- Redução o tempo de desenvolvimento dos projetos;
- Maior qualidade de cada atividade em função das melhores condições para seu desenvolvimento.

Florio (FLORIO, 2007) afirma que cada vez mais tem-se expandido o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação para administrar projetos mais complexos. As TICs possibilitam controlar dados digitais dos projetos com geometria mais complexa e programar a sequência de atividades de construção, gerando uma redução considerável do tempo do processo de projeto. O mesmo autor ainda comenta posteriormente em seu trabalho a demanda da evolução da etapa de projetos a partir de processos colaborativos, o que só é possível com uso da TI de forma mais eficiente, para aperfeiçoar o processo.

O advento da *Building Information Modeling* é apontado frequentemente como a instrumentação apropriada para o aperfeiçoamento do processo de desenvolvimento do produto, principalmente da etapa de projetos.

Em aspecto prático, o uso de BIM apresenta diversos benefícios para a etapa de projetos, tais como (CBIC, 2016):

- Facilidade de compreensão dos interessados das ideias de concepção do projeto, inclusive para leigos sem formações técnicas, através da visualização 3D do projeto e outros recursos;
- Garantia de maior confiabilidade e nível de precisão nas estimativas de custos, com análise de construtibilidade e geração de documentos mais consistentes e íntegros;

- Ciclos de análises rápidos e efetivos, gerando melhoria na qualidade dos projetos, com recursos como ensaio de obra, simulação de subsistemas, identificação automática de referências geométricas e funcionais, etc.;
- Incentivo à inovação, como soluções de projeto automatizadas baseadas em seleção de desempenhos apropriados ao projeto e viabilização e intensificação da industrialização.

Outros benefícios pós projeto também podem ser citados como: prospecções de fornecedores e aquisições mais rápidas e precisas; comparação de alternativas mais eficazes; melhoria da eficiência no canteiro de obras, incentivo do uso de pré-fabricados, gerando maior controle e previsibilidade; melhores condições de dimensionamento de equipes de trabalho; redução de interferência entre subsistemas construtivos; redução de imprevistos na construção e, conseqüentemente, de aditivos contratuais; facilidade no acompanhamento do planejamento da obra; viabilização de ciclos econômicos curtos e aderentes ao planejamento; redução de custos a partir de estrutura administrativa enxuta; antecipação de correções e manutenções, a partir simulação de sistemas construtivos; fácil acesso às informações relativas a operação e manutenção, e; melhor desempenho global da edificação (CBIC, 2016).

O BIM permite se trabalhar com grandes quantidades de dados e fluxos de processos complexos envolvendo diversos profissionais, diferentes especialidades e, ainda, agregando novas funções a etapa de projetos. A forma de trabalho reduzi redundâncias e ainda permite rastreabilidade e controle dos componentes projetados, facilitando a gestão do processo e da informação e capacitando a equipe para execução de construções mais complexas.

No entanto, uma gestão otimizada do processo de projeto BIM enfrenta dificuldades, pois envolve diversos projetistas e profissionais atuando em diversos escritórios diferente, devido a segregação de especialidades de projetos proveniente do processo tradicional. A adoção de novas tecnologias, políticas e processos, como a modelagem da informação da construção, precisa vencer grandes desafios iniciais neste cenário, uma vez que os escritórios apresentam diferentes graus de maturidade em modelagem e se utilizam de sistemas diferentes. No Brasil, é usual verificar equipes de projetos tanto com profissionais experientes na modelagem da informação quanto outros que ainda tratam as interface de projetos com sobreposições de pranchas de projetos já elaborados (ANDERY; PINHEIRO, 2016).

Habitualmente, os projetos de sistemas prediais são pouco desenvolvidos em termos de modelagem, quando comparado com os demais projetos. Os processos de projetos de

sistemas prediais, de forma, geral, apresentam pequena quantidade de estudos, mesmo sendo caracterizado como origem das mais complexas interfaces de projetos (ANDERY; PINHEIRO, 2016). Praticamente não existem pesquisas dedicadas à implantação do BIM aplicada a sistemas prediais, pois a maioria das pesquisas se dedicam a implantar nas etapas de projeto de uma forma global ou dedicada ao projeto arquitetônico.

Como as pesquisas acadêmicas têm sido focadas majoritariamente para projetos de arquitetura, sem considerar as necessidades específicas dos escritórios de engenharia, os benefícios da nova tecnologia ficam comprometidos e são absorvidos de forma parcial.

Costa *et al.* (2014) realizou um mapeamento sistemático da literatura com publicações nacionais e internacionais na temática BIM e Projetos, e destaca os trabalhos que envolvem especificamente o MEP (*Mechanical, Electrical and Plumbing*) ou o projeto hidrossanitário. Sua pesquisa retornou 21 artigos internacionais, majoritariamente dos Estados Unidos e Inglaterra. A maioria dos artigos trata do processo de projeto ou apresenta conceitos de forma geral para a etapa de projetos como um todo, e apenas 4 trabalhos contemplam indiretamente os sistemas prediais. Quanto os artigos nacionais, todos tratam o tema de forma geral, sem subdividir as atividades da etapa de projetos em disciplinas, ou são dedicados para Arquitetura. Assim, não foram registros trabalhos que envolvam diretamente os sistemas prediais. As autoras concluem o trabalho destacando a grande necessidade de desenvolvimento de pesquisas na temática BIM aplicada a sistemas prediais.

Assim, a baixa produtividade acadêmica correlacionando BIM e sistemas prediais justifica essa pesquisa. Novas produções podem não apenas facilitar e incentivar o uso pleno do BIM na indústria da construção, como também contribuir ao conhecimento científico

O desenvolvimento de pesquisas que envolvem o uso de BIM em sistemas prediais e escritórios de engenharia, já que se encontra ainda em estado inicial, pode passar por implantação BIM dedicada às disciplinas de sistemas prediais. Em um primeiro momento, a implantação pode ter forma multidisciplinar na etapa de projetos, absorvendo a experiência dos escritórios de arquitetura que, relativamente, estão mais avançados em relação aos escritórios de engenharia. Posteriormente, e de forma aplicada, convém que a implantação seja ajustada para atender necessidades específicas dos projetistas de sistemas prediais, garantindo originalidade à pesquisa.

Já a não trivialidade da pesquisa está relacionada a necessidade real de projetos BIM de sistemas prediais no mercado brasileiro. Ao colaborar para suprir tal necessidade, toda

a equipe de projeto pode se tornar apta a utilizar da modelagem da informação e, desta forma, os benefícios das aplicações BIM, que antes eram absorvidos de forma parcial, poderão ser maximizados, beneficiando não só a etapa de desenvolvimento dos produtos de construção, como também as na etapa subsequentes

1.2. Delimitação da pesquisa

A fim de colaborar com a difusão do BIM no Brasil, faz-se necessário formalizar e desenvolver conhecimentos sobre a temática, nas mais diversas aplicações específicas possíveis. Discutir a problemática e soluções faz parte do processo de divulgação, amadurecimento e melhoria dos novos conhecimentos.

Devido dificuldades do uso de BIM no Brasil, estudos de implantação podem facilitar a adoção da modelagem no mercado. A discussão que diferencia é implantação e implementação ocorre ao longo do trabalho. No entanto, a implementação não se trata tão somente de uma inovação tecnológica, e sim de toda uma mudança sociocultural no ambiente da indústria da construção civil. (DAVE; BODDY; KOSKELA, 2011)

A primeira delimitação deste trabalho está relacionada a abordagem da modelagem da informação focada majoritariamente na parte processual da implementação BIM. O aspecto tecnológico também foi tangido, abordando ferramentas e técnicas usualmente utilizadas no mercado importantes para adequar o aspecto processual, visando uma aplicação dedicada ao escritório de projetos de engenharia. A abordagem do BIM como conjunto de políticas, metodologia de trabalho, gestão do projeto de construção, de dados digitais e do ciclo de vida da edificação foram intrinsecamente considerados, mas não foram o foco deste trabalho.

Diversos trabalhos já foram realizados com aplicações iniciais do BIM, no entanto as pesquisas são majoritariamente voltadas para os escritórios de arquitetura, e pouco são realizadas para os escritórios de engenharia, principalmente os escritórios de sistemas prediais.

A relevância dos estudos de implementação BIM nos escritórios de arquitetura são reconhecidos, dado que o processo de projeto tem início com a concepção do projeto arquitetônico (GARBINI, 2012), etapa estrategicamente favorável para investimentos a baixo custo em melhoria global do produto. No entanto, para absorção plena dos benefícios da modelagem da informação na construção, a implementação precisa ocorrer também nos demais

projetos de construção, justificando estudos direcionados aos demais escritórios de engenharia, bem como na etapa produtiva, de operação e de manutenção.

Assim, delimita-se mais uma vez esta pesquisa na implementação BIM na etapa de projetos. Embora a aplicação almeje ser o mais generalista possível, para fins de aumento de relevância do estudo, o foco da implementação foi em escritórios de sistemas prediais.

Dentre as opções de apresentação do produto final da dissertação, optou-se por um modelo prático, em forma de fluxograma geral e anexos para detalhamento da aplicação. Objetiva-se um produto prático que beneficie o mercado, no entanto, a discussão foi voltada para a contribuição científica na temática de estudo.

A aplicação do estudo foi realizada no Brasil, estado do Ceará. Adotou-se também um empreendimento de baixa complexidade, deixando de abordar diversas disciplinas de sistemas prediais, como proteção contra descarga atmosférica, ventilação e exaustão, proteção e combate a incêndio, circuito fechado de televisão, dentre outras. Também não foram compreendidas algumas subdisciplinas, tais como estações elevatórias e tratamento de esgoto para a disciplina hidrossanitária, insuflamento e retorno para a disciplina de climatização, aterramento para a disciplina de elétrica, etc. No entanto, o modelo de implementação BIM poderá ser reutilizado a qualquer momento em novos processos de implementação, com novos objetivos, passando a incorporar tais disciplinas e subdisciplinas, conforme desejo do escritório.

1.3. Problema da pesquisa

O problema inicial da pesquisa é a dificuldade de adoção da modelagem da informação nos projetos de engenharia, principalmente dos sistemas prediais. Diversos relatos de profissionais informam o interesse no uso da tecnologia, mas não conseguem. Outros relatos informam experiências frustradas na adoção do BIM, no entanto, sem absorção dos benefícios ou com grande dificuldade de atingir os objetivos da implementação.

Assim, a questão principal desta pesquisa é:

- Como implementar a modelagem de informações da construção em escritórios de projetos de sistemas prediais?

Para responder tal questão, é necessário responder às seguintes questões secundárias:

- Em que se diferencia o processo de implantação de BIM em escritórios de projeto de sistemas prediais quando comparados aos escritórios de arquitetura?
- Quem são os envolvidos na implementação de projetos BIM?
- O que deve ser feito para atingir sucesso na implementação?
- Quais as mudanças no processo de projeto devem ser efetuadas para adoção da modelagem da informação?

1.4. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um modelo de implementação BIM aplicada a projetos de sistemas prediais.

Quanto aos objetivos específicos, destacam-se:

- Analisar guias BIM relacionados à implementação da modelagem da informação da construção;
- Compilar um modelo de implementação BIM baseado nos guias BIM presentes na literatura;
- Demonstrar na prática uma implementação BIM em um escritório de projetos;
- Adequar o modelo de implementação BIM dedicado a escritórios de projetos de instalações prediais baseado nos dados coletados na aplicação;
- Relatar características e dificuldades de um processo de implementação aplicado;

1.5. Estrutura do trabalho

Este trabalho é constituído por cinco capítulos: (i) introdução; (ii) revisão de literatura; (iii) metodologia; (iv) resultados e discussões, e; (v) conclusão.

No Capítulo 1, tem-se por objetivo apresentar o contexto e a lacuna do conhecimento em que a pesquisa está inserida, e a justificativa teórica e prática do trabalho, destacando as necessidade e motivação da pesquisa. Seu conteúdo também aborda questões quanto a originalidade do trabalho, delimitações consideradas para viabilidade do trabalho, o problema e questão da pesquisa. O capítulo se encerra com o objetivo geral da dissertação devidamente apresentado como solução do problema de pesquisa, e ainda a subdivisão deste em objetivos específicos necessários para o seu cumprimento

A revisão da literatura visa a fundamentar a pesquisa, iniciando na apresentação das atividades e processo dos projetos de edificações e prosseguindo com a modelagem da informação da construção e os sistemas prediais. Na revisão do BIM, suas definições e características são abordadas em profundidade suficiente para o estudo de sua implantação. Nesta parte do trabalho ainda são apresentados quatro exemplos de implementação BIM, visando ilustrar diferentes abordagens do modelo de implementação BIM confeccionado posteriormente neste trabalho. A capítulo 2 se encerra contemplando uma apresentação das questões mais pertinentes dos sistemas prediais.

O terceiro capítulo descreve o método de pesquisa utilizado na elaboração deste trabalho. A *Design Science Research* é justificada, explicada e detalhada parte a parte: conscientização do problema, sugestão, desenvolvimento, avaliação e conclusão. Destaca-se a revisão sistemática de literatura sobre os guias BIM, iniciada na etapa de conscientização do problema visando a formatação do artefato, e a validação do modelo de implementação BIM através de seu uso em um escritório de projetos de sistemas prediais localizado em Fortaleza-CE.

Os resultados e discussões são apresentados em seguida, com a descrição dos guias obtidos e a classificação em guias de execução e implementação BIM. O conteúdo dos guias classificados como plano de implementação BIM é utilizado para a confecção do artefato deste trabalho. O modelo é composto de 11 etapas, as quais foram inicialmente definidas através do conteúdo direcionado a projetistas presente nos guias, posteriormente aplicados no escritório de sistemas prediais e, por fim, discutidos do ponto de vista prático e teórico. Para facilitação

da leitura deste trabalho, a descrição, aplicação e discussão foram agregadas e apresentados para cada etapa do modelo, seguidas de uma discussão do artefato como um todo.

No último capítulo, são realizadas as considerações finais da pesquisa e as sugestões de trabalho futuro. Também seguem as referências bibliográficas de teor científico utilizadas para elaboração deste trabalho e os anexos: as referências utilizadas na revisão dos guias BIM, um documento resumido do modelo de implementação BIM resultado da pesquisa, o roteiro de entrevista utilizado para avaliar a equipe de trabalho do escritório e a modelagem do projeto piloto de sistemas prediais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo são abordadas três temáticas necessárias para o cumprimento da finalidade deste trabalho. Inicia-se discutindo os projetos de edificações, abordando sua definição, natureza, aplicação, subdivisão de atividades e o processo de desenvolvimento, com a evolução de modelos de processo de projeto, desde a norma até a inclusão da modelagem da informação.

No capítulo 2, o BIM é explanado desde seus conceitos, sua caracterização e níveis de BIM. O capítulo se encerra abordando a implementação BIM, as características da implantação da modelagem da informação da construção, explanando guias de implementação da *Autodesk*, *AEC UK*, *Penn State / Building Smart* e *CBIC*.

Já no capítulo 3 os sistemas prediais são detalhados, principalmente no que se refere a sua relação com o processo de projeto, com a modelagem da informação e sua implementação. Os sistemas prediais são subdivididos em 3 grupos: instalações hidrossanitárias, elétricas e mecânicas, abordando o principal conteúdo normativo de interesse de cada disciplina.

Por fim, é realizada uma síntese focada no conteúdo necessário para o cumprimento dos objetivos deste trabalho. Como os resultados do trabalho tem teor bastante prático, a síntese agrega os principais assuntos tratados no resultado, para fins de compatibilizar com facilidade o conhecimento teórico e prático.

2.1. Projeto de Edificações

A temática de projeto é bastante diversificada na literatura, aplicada a diferentes áreas do conhecimento. Geralmente o assunto é visto como um processo de criação de um produto. De forma geral, pode-se dizer que o propósito da atividade de projeto de conceber produtos que atendam a necessidades específicas ou uma determinada função (COOPER; PRESS, 1995). Quando se trata de produtos de alta complexidade, com grande quantidade de envolvidos e de informações a serem tratadas, as atividades e funções do projeto são acrescidas, tornando mais laborioso atingir seu propósito atendendo os critérios pré-estabelecidos, tais como prazos reduzidos ou alta qualidade.

Na área de construção civil, as abordagens costumam ser mais objetivas e práticas. O projeto passa a ser definido como uma atividade responsável pelo desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas especificadas para um produto (MELHADO, 1994). Destacam-se as atividades supracitadas como funções do projetista que passa não só pelo processo criativo, mas também pelas comunicações e registros organizados de seus produtos e serviços.

Mais objetivamente, a ABNT NBR 5.674 (1999a) define projeto como uma descrição gráfica e escrita das propriedades de um produto, definindo seus atributos técnicos, legais e financeiros. Neste momento, destaca-se o conteúdo do projeto, pois as informações geradas na etapa de projetos são essenciais para viabilizar uma construção, não apenas no critério técnico, mas também jurídico e econômico.

Com uma análise direcionada aos envolvidos do projeto, faz-se necessária que tanto as funções quanto o conteúdo gerado pelo projeto passe por um enredamento cauteloso, identificando um processo composto por atividades e seus responsáveis e interessados.

A natureza do processo de projeto pode ser entendida de duas formas: coletiva e individual. Os projetos de edificações são realizados por uma equipe de profissionais de diferentes especialidades, onde individualmente cada um cumpre um papel específico, enquanto que o time visa um objetivo comum a todos (NUNES, 2003). Todas as atividades de cada projetista devem ser compatíveis com as funções estabelecidas para os demais projetistas, como também atender os critérios e propósito comum do projeto como um todo.

A complexidade das edificações pode gerar infinitas soluções individuais e coletivas, sendo que nenhuma delas é susceptível de ser ideal para todas as partes

interessadas. A negociação das soluções a serem adotadas é restringida principalmente pelo fator do tempo disponível para o projeto, pois o prazo total do desenvolvimento do produto precisa ser limitado (TILLEY, 2005). Assim, torna-se conveniente se investir em uma integração das formas coletiva e individual, promovendo a comunicação eficiente entre as partes.

Dessa forma, dada a natureza do projeto, a definição das atividades de projeto, bem como do seu processo, é essencial para se atingir sua finalidade primordial. Esta análise deve considerar novos recursos computacionais, tais como às tecnologias da informação, dado seu potencial de favorecer o sucesso da finalidade do projeto (GARBINI, 2012). O novo paradigma da modelagem da informação como um serviço e produto da etapa de projetos, transforma os propósitos do projeto e adiciona novos fins. Peralta (2002) aponta que o conceito do projeto vem sofrendo evoluções significativas, que ampliam seu escopo e reposiciona o seu papel no contexto do processo construtivo de edificações.

2.1.1. Atividades de projetos de edificações

A ABNT NBR 13.531 (1995), considerada uma das publicações mais influentes na área de processos de projeto de arquitetura e engenharia para construção de edificações, estabelece etapas e discute a programação e o sequenciamento das atividades técnicas, fixando as atividades técnicas exigíveis do projeto para a construção de edificações. Configura-se como um modelo de referência de processo de projeto para profissionais tanto no ensino superior quanto no mercado. Alguns conceitos e objetivos definidos na norma são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Objetos de projeto por ordem de complexidade

Objeto	Divisão	Subdivisão
Urbanização	-	-
Edificação	-	-
Elemento da edificação	Fundações Estruturas Cobertas Forros Vedos verticais Revestimentos e acabamentos Impermeabilização Equipamentos para comunicação visual Jardins, parques Outros	-
	Equipamentos	Mobiliário Incorporados
Instalações Prediais	Instalações Elétricas	Energia Iluminação Telefonia Sinalização Sonorização Alarmes Proteção contra descargas atmosféricas Automação predial Outras
	Instalações Mecânicas	Elevadores, monta cargas Escadas e tapetes rolantes Ventilação e condicionamento de ar Bombas de sucção e de recalque de água Coleta e tratamento de lixo Ar comprimido, vácuo, oxigênio, etc. Refrigeração Outras
	Instalações Hidráulicas e Sanitárias	Água fria Água quente Esgotos sanitários, industriais Captação e escoamento de águas pluviais Gás combustível Prevenção e combate a incêndio Outras
	Equipamentos para iluminação Equipamentos sanitários Outras	-
Componentes construtivos	-	-
Materiais construtivos	-	-

Fonte: ABNT (1995)

Observa-se a relevância dos itens de instalações prediais, que possuem diversas subdisciplinas. A interdependência destes itens configura parte significativa da complexidade de gestão de atividades da etapa de projetos de edificações.

Baseado nestes objetivos relativos ao projeto, a norma ainda categoriza as atividades técnicas de elaboração de projetos em: topografia (TOP); sondagens (SDG); arquitetura (ARQ); fundações e estruturas (EST); inst. elétricas (ELE); inst. mecânicas (MEC); inst. hidráulicas e sanitárias (HID); luminotécnica (LMT); comunicação visual (CMV); paisagismo (PSG); arquitetura de interiores (INT); Impermeabilização (IMP), e; outros.

Na Tabela 3 - Etapas de atividades técnicas de projeto de edificações a seguir, a norma separa o desenvolvimento dos projetos em diversas etapas, como segue:

Tabela 3 - Etapas de atividades técnicas de projeto de edificações

Etapas	Definição
Levantamento (LV)	Coleta de informações pré-existent
Programa de necessidades (PN)	Determinação das exigências de caráter prescritivo ou de desempenho da edificação
Estudo de viabilidade (EV)	Elaboração de análise e avaliações para seleção e recomendação de alternativas de projeto
Estudo preliminar (EP)	Representação do conjunto de informações técnicas iniciais com possíveis soluções alternativas
Anteprojeto (AP) ou Pré-executivo (PR)	Representação das informações técnicas provisórias de detalhamento
Projeto Legal (PL)	Representação das informações técnicas necessárias à análise e aprovação da edificação pelas autoridades competentes
Projeto Básico (PB)	Representação das informações técnicas da edificação compatíveis e necessárias para a contratação dos serviços de obra correspondentes
Projeto Executivo (PE)	Representação final das informações técnicas da edificação compatíveis e necessárias à execução dos serviços de obra.

Fonte: ABNT (1995)

A quantidade de etapas poderá depender da complexidade do projeto, pois projetos mais simples podem apresentar menor quantidade de etapas ou sobreposição de etapas. Cada etapa também pode ocorrer mais de uma vez, por motivos diversos, como alterações de premissas de informações fornecidas para a realização das atividades de cada etapa. El Reifi, *et al.* (2013) aponta que o processo de projeto é composto por uma cadeia de atividades, citando

que há *loops* das atividades visando permitir a revisão e avaliação de diferentes soluções alternativas.

Na prática, nem todos os sistemas prediais passam necessariamente por todas as etapas, notoriamente o levantamento, estudo de viabilidade e projeto legal, dado que nem todos os projetos de sistemas prediais são analisados pelas autoridades competentes, por exemplo. O processo de projeto completo aborda tais questões, como outras características que alteram o as atividades e etapas internas ao desenvolvimento do projeto

2.1.2. Processo de Projeto

Markus e Arch (1973) resumem a descrição do processo de projeto em dois tipos: o processo criativo, com foco no desenvolvimento das atividades e nas decisões tomadas por cada projetista, e; o processo gerencial, com interesse na subdivisão do processo em passos ou etapas para controle de decisões e tempo.

Assim, para fins de continuidade fluida das atividades criativas, convém modelar o processo de desenvolvimento do projeto. A modelagem permite ainda que todas as atividades sejam controladas e relatadas de forma alinhada a uma estratégia global do desenvolvimento do produto (RIBA, 1980).

A modelagem do processo do projeto deve destacar quais atividades serão realizadas e seu sequenciamento, descrevendo seu conteúdo e informações necessárias e precedentes ao seu desenvolvimento (TZORTZOPOULOS, 1999).

Podem ser citados como alguns dos objetivos da modelo do processo de projeto os itens a seguir (ROMANO, 2003):

- a) Planejar e especificar para cada atividades características como funções, envolvidos, informações geradas, precedentes, etc.;
- b) Melhorar a interação e a comunicação entre os participantes do processo, permitindo racionalizar e garantir o fluxo de informações;
- c) Determinar uma base para planejar o armazenamento dos conhecimentos para utilização posterior;
- d) Simular o desenvolvimento do processo de projeto, identificando problemas e possibilitando melhorias;

e) Instituir uma base gerencial para a tomada de decisão sobre o próprio processo;

Tzortzopoulos (1999) destaca que o principal benefício da modelagem está relacionado à visão sistêmica do processo, que demonstra que cada aspecto do trabalho deve ser ponderado e analisado em relação ao todo, citando o fluxo de informações, terminologias padronizadas e definição de hierarquia.

[...] a modelagem do processo possibilita que todos os intervenientes passem a ter uma visão global do processo, e seus papéis e responsabilidades são definidos claramente e de maneira sistêmica. Isto tende a aumentar a transparência do processo e facilitar a troca de informações entre os mesmos, bem como a implementação da melhoria contínua, com a contribuição de todos os envolvidos. É possível também reduzir o tempo de desenvolvimento dos projetos, a partir da definição clara das atividades e de suas relações de precedência, possibilitando assim a criação de vantagem competitiva em resposta a pressões de mercado, da diminuição dos custos em função da diminuição das perdas, e do melhor direcionamento dos produtos para o atendimento das necessidades do cliente final.

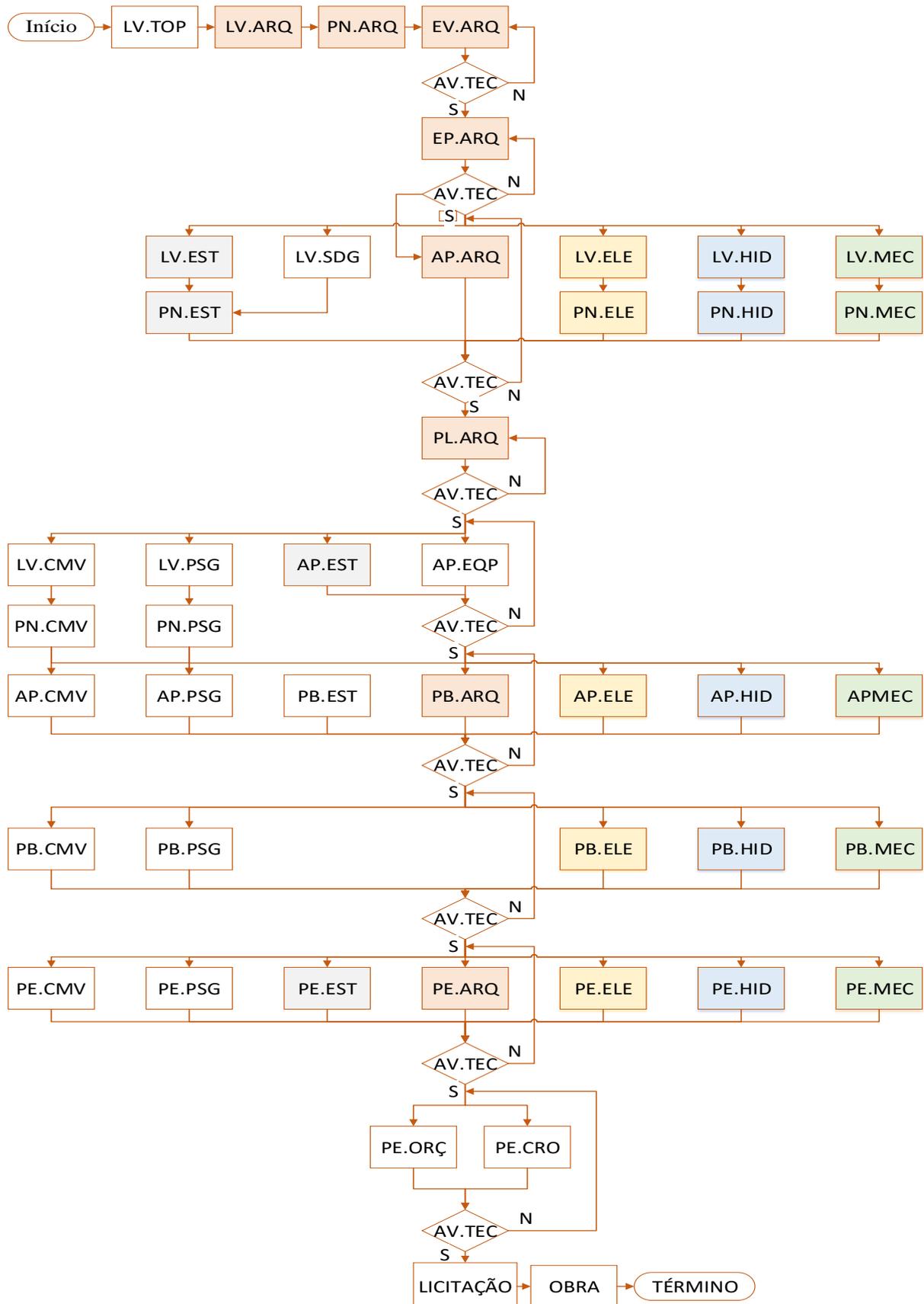
A autora estabelece as algumas diretrizes para implementar modelos de processo de projeto, dos quais se destacam: (i) a definição clara das etapas e atividades do processo e de suas relações de precedência; (ii) a necessidade de flexibilização dos modelos, visando atender aos diversos padrões e culturas das empresas existentes no mercado (TZORTZOPOULOS, 1999).

Devido a multidisciplinaridade da etapa de projetos convém criar orientações de trabalho para cada especialidade, correlacionando-as através de um conjunto de diretrizes comum a todos. É possível ainda estabelecer a priorização das tarefas de acordo com os objetivos do empreendimento, baseado em critérios estratégico para o empreendimento, como a qualidade (RIBA, 1980; MELHADO, 1994).

Analisando modelos de processo de projetos já desenvolvidos, observa-se os primeiros modelos na década de 90, onde as pesquisas destacavam o processo de projeto e sua gestão, relacionando-o com a tecnologia e o processo de produção. Posteriormente, os trabalhos de projeto passam a considerar os diversos profissionais envolvidos, bem como as suas interfaces. (SOUZA; MELHADO, 2008)

Inicialmente, demonstra-se o fluxograma da Figura 1 de processo de projeto contido no anexo da ABNT NBR 13.531 (1995):

Figura 1 - Fluxograma de projetos de edificações da ABNT NBR 13.531/1995



Fonte: Adaptado da ABNT (1995)

O fluxograma contém a sequência de atividades técnicas e etapas necessárias à elaboração de uma edificação, com foco nas atividades projetuais. Segundo a própria normativa, foram consideradas as especificidade das condições construtivas, econômicas e tecnológicas de cada edificação, cabendo ao processo do projeto impor a inclusão, exclusão, deslocamento, agrupamento ou desmembramento de etapas e/ou atividades técnicas do projeto (ABNT, 1995).

No fluxo, foram destacadas as disciplinas de projeto por cores. Os projetos de sistemas prediais são realizados simultaneamente entre si e apresentam exatamente o mesmo processo. Quando comparados com a arquitetura, observa-se variações significativas: (i) na etapa inicial, a arquitetura passa pelas etapas de levantamento e programa de necessidades sem a participação das instalações. Essas etapas para os sistemas prediais, na prática, analisam o estudo preliminar da arquitetura; (ii) As instalações não possuem estudo de viabilidade, e; (iii) há um deslocamento das etapas das instalações visando que as mesmas ocorram sempre após as etapas equivalentes da arquitetura, alterando a natureza da atividade, principalmente quanto ao aspecto criativo. A exceção ocorre na última fase de projeto para execução, onde arquitetura e instalações ocorrem simultaneamente.

Uma grande contribuição do fluxo normatizado é a proposição das fases de desenvolvimento do projeto, bem como seus precedentes e dependentes. Em contrapartida, este fluxo não enfatiza ou discute as práticas de projeto que elucidaram o modelo, as quais, nos anos seguintes, foram defendidas por muitos pesquisadores (DANTAS FILHO, 2016).

As etapas do processo de projeto variam consideravelmente, conforme pode ser visto na Tabela 4 a seguir, que lista e compara a subdivisão de diversos modelos à norma brasileira em vigor:

Tabela 4 - Subdivisão do processo de projeto de Silva e Souza (2003)

PESQUISADOR/AUTOR	ETAPAS PROPOSTAS PARA O PROCESSO DE PROJETO
ABNT NBR 13.531 (1995)	Levantamento; Programa de necessidades; Estudo de viabilidade; Estudo preliminar; Anteprojeto e/ou pré-execução; Projeto legal e/ou projeto básico; Projeto para execução.
Melhado (1994)	Idealização do produto; Estudos preliminares; Anteprojeto; Projeto legal e projeto básico; Projeto executivo e projeto para produção; Planejamento e execução; Entrega da obra.
Souza et al. (1995)	Levantamento de dados; Programa de necessidades; Estudo de viabilidade; Estudos preliminares; Anteprojeto; Projeto legal; Projeto pré-executivo, projeto básico e projeto executivo; Detalhes de execução e detalhes construtivos; Especificações técnicas; Coordenação e gerenciamento de projetos; Assistência a execução; Projeto <i>as built</i> .
Tzortzopoulos (1999)	Planejamento e concepção do empreendimento; Estudo preliminar; Anteprojeto; Projeto legal e projeto executivo; Acompanhamento da obra; Acompanhamento do uso.
AsBEA (2000)	Levantamento de dados; Estudo preliminar; Anteprojeto; Projeto legal;

Fonte: Adaptado de Silva e Souza (2003)

É possível identificar algumas coincidências entre os vários estudos, como a presença das etapas de anteprojeto, estudo preliminar, projeto legal e executivo. Outras atividades possuem propostas similares, embora possuam nomenclaturas diferentes. A recorrência dessas atividades evidencia suas importâncias no contexto geral da elaboração do projeto, visto se encontrar nos mais diversos modelos do processo de projeto. No entanto, sobretudo, observa-se que não há uma padronização nas etapas de cada modelo.

É usual se deparar ao longo dos demais textos técnicos diferentes quantidades e nomenclaturas de subdivisões e etapas para o desenvolvimento do projeto. Cada modelo apresenta também diferentes propostas de abrangência do processo.

Os manuais do escopo, desenvolvidos por parceria entre sindicatos e associações de arquitetura e engenharia abordam o desenvolvimento do projeto do ponto de vista mais prático e técnico, subdividindo suas etapas como segue:

Tabela 5 - Subdivisão do processo de projeto dos manuais de escopo

Etapas	Serviços Essenciais (SES), Específicos (SEP) e Opcionais (SOP)
Concepção do produto	(SES) Análise das condicionantes locais (SOP) Consulta as concessionárias de serviços públicos
Definição do produto	(SES) Definição de ambientes e espaços técnicos (SES) Consulta às concessionárias de serviços públicos (SOP) Assessoria para adoção de novas tecnologias
Identificação e solução de interfaces	(SES) Posicionamento de dispositivos e componentes hidráulicos (SES) Definição e layout de salas técnicas (SES) Traçado de tubulações hidráulicas/linhas elétricas principais (SEP/ES) Definição e layout de shafts verticais
Projeto de detalhamento	(SES) Dimensionamentos hidráulicos/elétricos gerais e projeto de quadros e painéis elétricos, definição de circuitos (SES) Projeto e detalhamento de instalações localizadas/distribuição elétrica (SES) Plantas de distribuição hidráulica/elétrica (SES) Preparação de esquemas verticais de instalação (SES) Detalhamento de ambientes e centrais técnicas (SES) Elaboração de memoriais e especificações (SEP) Projeto de sistemas de chuveiros automáticos (<i>sprinklers</i>) (SEP) Especificação básica de sistemas de tratamento de água (SEP) Especificação básica de sistema de tratamento de esgoto (SEP) Compatibilização e coordenação com projetos de sistemas elétricos complementares (SEP) Projeto de sistema de energia em alta tensão (SEP) Projeto de sistemas de energia prioritária (SOP) Elaboração de plantas de marcação de lajes (SOP) Verificação da adequação e conformidade de elementos, sistemas e/ou componentes (SOP) Detalhamento de montagem de instalação em shafts (SOP) Otimização do sistema de sprinklers por cálculo informatizado (SOP) Marcação e especificação de suportes (SOP) Elaboração de planilha de quantidades de materiais (SOP) Elaboração de orçamento (SOP) Preparação de memorial de parâmetros de dimensionamento (SOP) Elaboração de minutas contratuais
Pós entrega dos projetos	(SES) Apresentação do projeto (SES) Programa básico de acompanhamento da obra (SES) Esclarecimento de dúvidas (SOP) Análise técnica de propostas de fornecedores (SOP) Análise de soluções alternativas (SOP) Alterações de projeto (SOP) Acompanhamento técnico da obra (SOP) Orientação sobre procedimentos de execução (SOP) Recebimento e/ou <i>start-up</i> de sistemas ou do empreendimento (SOP) Desenhos <i>as built</i> (SOP) Preparação de manual de operação e manutenção dos sistemas hidráulicos/elétricos (SOP) Preparação de manual do proprietário
Pós entrega da obra	(SOP) Atividades de avaliação e/ou assessoria (SOP) Projetos de Alterações

Fonte: Manual de escopo de projetos e serviços de hidráulica e elétrica (ABRASIP *et al.*, 2006a, 2006b)

Foram destacadas em cores as diferenças entre os manuais de hidráulica e elétrica, onde azul é o texto apresentado na hidráulica e amarelo na elétrica.

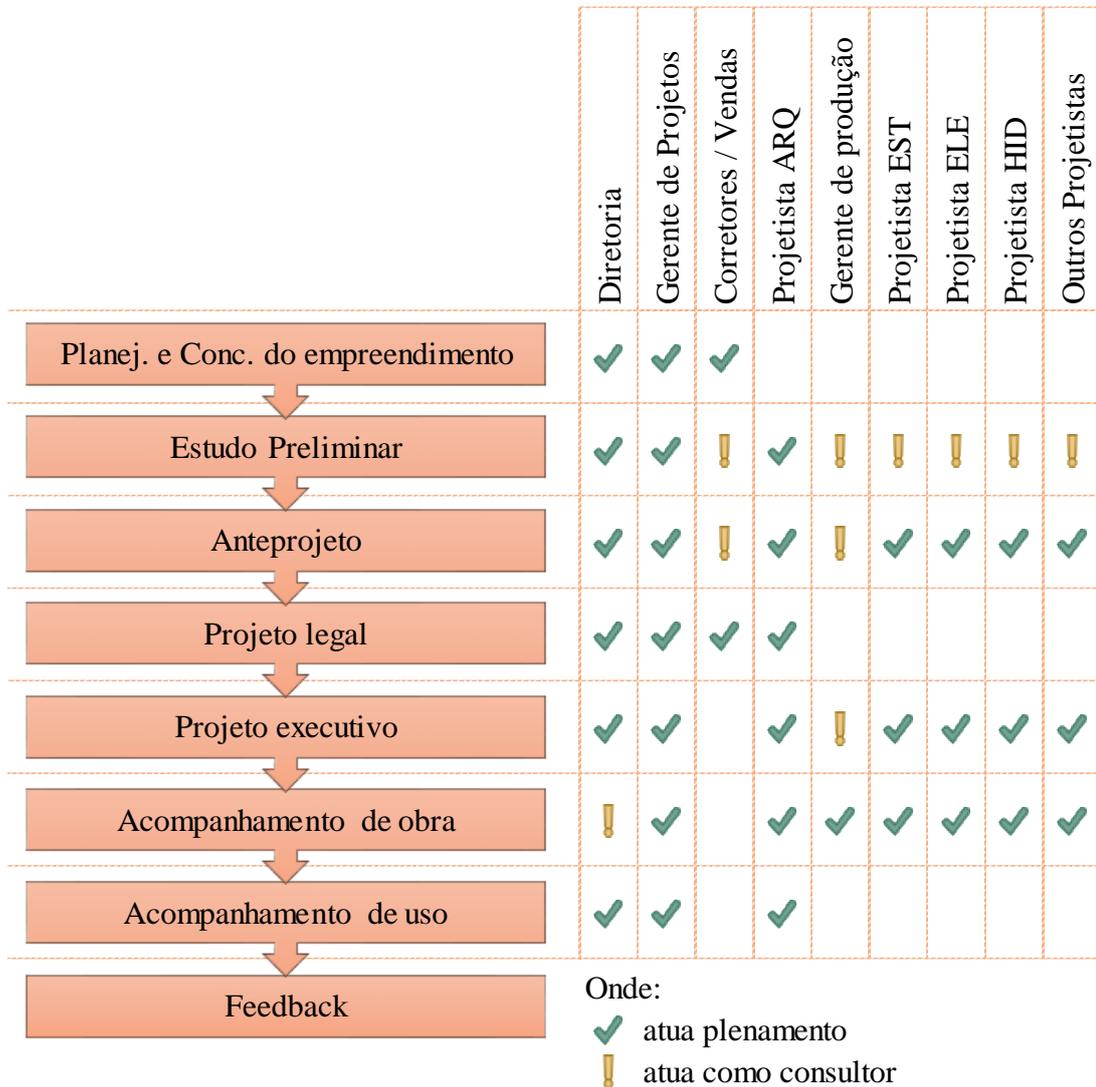
Inicialmente, em análise a divisão de etapas, observa-se uma abordagem diferente das demais propostas dos autores já apresentados. Muito embora, em análise ao manual de

escopo de projetos e serviços de arquitetura (ASBEA *et al.*, 2006), observa-se que as etapas foram concebidas com às etapa da ABNT NBR 13.531 (1995) onde: a concepção do produto equivale ao estudo preliminar e sub fases; definição do produto equivale ao anteprojeto e sub fases; identificação e solução de interfaces equivale ao projeto pré-executivo e projeto básico; projeto de detalhamento equivale ao projeto executivo/detalhamento. A nomenclatura das etapas permite melhor entendimento dos serviços prestados e detalhados em cada etapa. Observa-se ainda que a etapa de pós entrega do projeto e da obra não possuem equivalência ao fluxo normatizado, pois a norma não aborda atividades de projeto após a finalização do projeto executivo.

Também foi analisado o Manual de escopo de projetos e serviços de ar condicionado e ventilação (ABRAVA *et al.*, 2006). Embora tenha se optado por não incluir o mesmo na Tabela 5 devido possuir maior divergência na descrição dos serviços, observa-se grande similaridade no processo e divisão de atividades, além de ser totalmente coincidente na divisão de etapas e em quase todos os serviços opcionais.

É essencial posicionar as atividades e etapas dos projetos de sistemas prediais dentro do fluxo de desenvolvimento de projetos multidisciplinares de um empreendimento. Após o fluxo da ABNT NBR 13.531 (1995), um fluxo de grande destaque abordado frequentemente na literatura foi o de Tzortzopoulos (1999), apresentado na Figura 2 a seguir:

Figura 2 - Fluxograma por etapa e intervenientes de projeto



Fonte: Adaptado de Tzortzopoulos (1999)

Neste modelo são observados o fluxo das etapas, incluindo o pós-projeto e retroalimentação de informações, o sequenciamento das atividades e o envolvimento dos intervenientes envolvidos com o projeto.

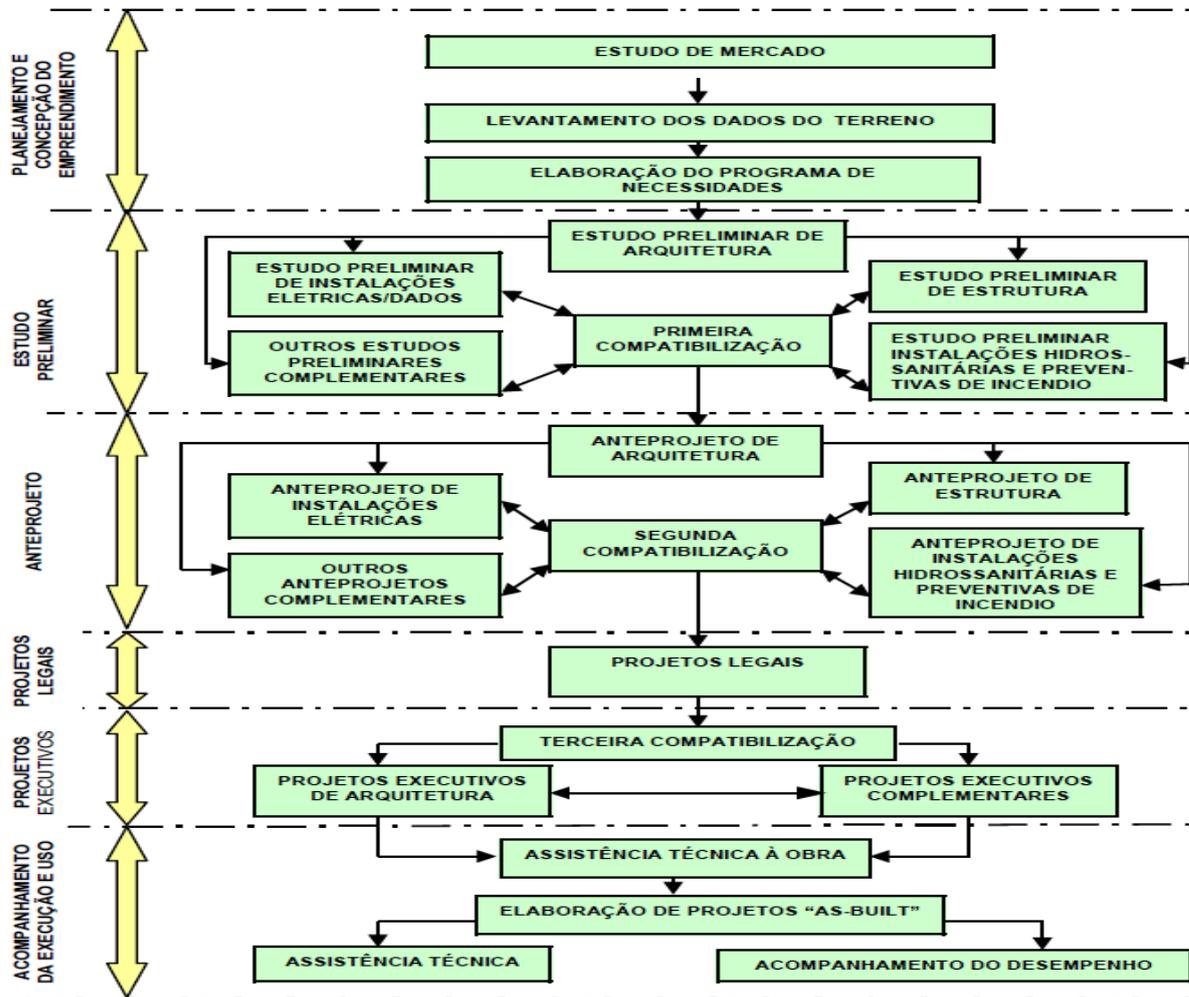
Neste modelo, observa-se destaque ao projeto arquitetônico, sendo os demais projetos complementares atuando de forma similar. Os projetistas complementares iniciam suas atividades atuando como consultores na etapa de estudo preliminar e desenvolvem os seus respectivos anteprojetos e projeto executivos em paralelo com a arquitetura e entre si. Este envolvimento precoce dos projetos de engenharia evidencia as práticas aprimoradas em processos de projetos, ao considerar que os requisitos destes projetistas contribuem para que a etapa seguinte produza um projeto mais assertivo e com menos retrabalho. Esta prática de antecipação da participação dos intervenientes é um princípio que posteriormente se relaciona

com a modelagem da informação, a ser discutido em um capítulo subsequente na revisão de literatura.

Autores como Rodriguez em 2005, Cambiaghi e Amá em 2006, como também Pereira em 2014 propuseram modelos de processo de projeto, que destacavam ou variavam ponto como o sequenciamento das fases de cada projeto, dependência de atividades, responsáveis e participantes de cada atividade, dentre outras questões. Outros contribuíram com a temática de processos de projeto por meio da gestão da qualidade, como Castells em 2001, Melhado em 2001, Bertezini em 2006, Manso e Mitidieri Filho em 2007, Braga em 2011 e, por fim, Pereira em 2014.

Fabício (2002) enfatiza o conceito de projeto simultâneo adaptado da engenharia simultânea em processos de projeto de edificações. Romano (2003) defendeu a simultaneidade dos projetos de estrutura, arquitetura, instalações hidrossanitárias e elétricas, sendo incluso na primeira etapa de projeto. Baseado nestes princípios, Rodríguez (2005) determinou que cada projeto tem características particulares e podem ter fluxogramas dinâmicos e diferenciados, com envolvimento precoce dos projetos de estrutura, instalações elétricas/dados, instalações hidrossanitárias e combate a incêndio na fase de estudo preliminar, como pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 - Fluxograma para projetos com compatibilização



Fonte: Rodriguez (2005)

Neste modelo, o estudo preliminar já inclui uma atividade de compatibilização e se repete em anteprojeto e projeto executivo, contrapondo Tzortzopoulos (1999) que considerava a compatibilização uma atividade intrínseca do projeto, sendo parte de seu desenvolvimento, não como uma atividade extra. Essa característica pode alterar consideravelmente o fluxo de atividades dos projetos complementares, possibilitando maior correspondência ao modelo utilizado pelos manuais do escopo.

A partir de 2002, pesquisas lançaram modelos de processo de projeto baseado em fatores como estratégia, gestão de pessoas e sistema de informações. Também incluíram outras ferramentas como o uso de tecnologia da informação e comunicação, avaliação de desempenho e gestão de custos (ABBUD, 2009).

Devido uso crescente da modelagem da informação, destaca-se o fluxo de processos de projeto colaborativo de Manzione (2013), utilizando dois processos paralelos: o processo de projeto e o processo de modelagem.

O macro fluxo proposto por Manzione (2013) na Figura 4 distingue totalmente as atividades dos processos de projeto e de modelagem. Este cenário é particularmente vantajoso quando os papéis de projeto autoral e de modelagem são dados a profissionais distintos. A separação de etapas se aplica aos dois processos e se divide em concepção, definição, desenvolvimento, documentação e projetos para produção e execução.

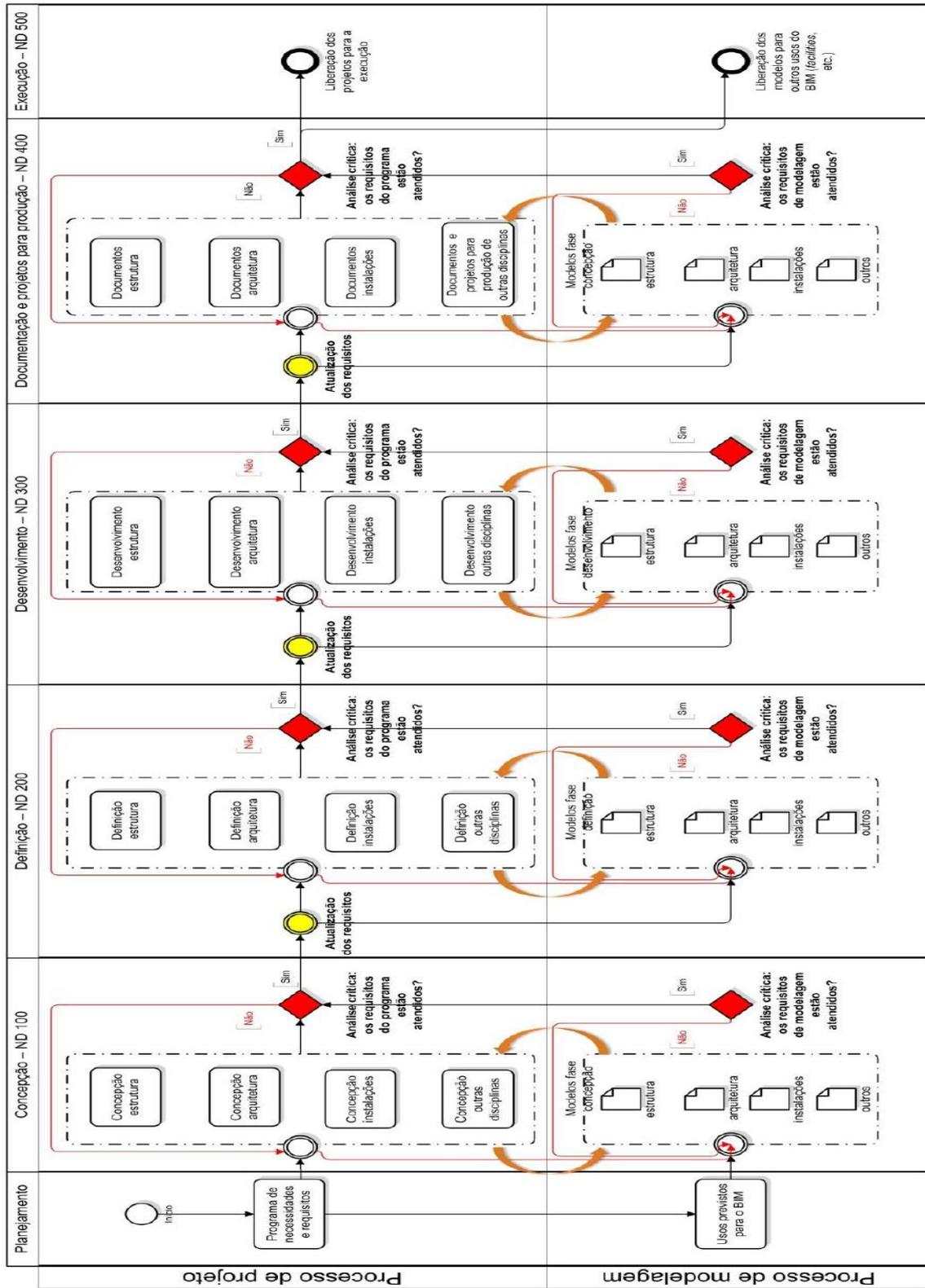
É importante salientar que o modelo de processo de projeto desconsidera dependências de atividades de projeto e modelagem e propõe paralelismo de atividades para cada etapa. No entanto, quando o projeto autoral está totalmente contido na modelagem da informação, ou seja, quando o projeto já é desenvolvido em BIM, o modelo perde aplicabilidade.

Barison e Santos (2016) propõem um fluxo de trabalho por meio de um mapa de processo em BIM. Observa-se que o referido fluxo de trabalho mostrado na Figura 5 é desempenhado durante o desenvolvimento das atividades que constituem o processo de projeto. É possível ainda visualizar a participação precoce dos demais projetistas na etapa de estudo preliminar.

As atividades são endereçadas por etapas (estudo preliminar, anteprojeto, detalhamento, documentação, planejamento, construção e entrega e operação) e responsável (coordenador BIM, construtor, projetista, arquiteto, proprietário, fabricante, *facility management*, agências reguladoras). Houve maior destaque para as atividades relacionadas ao projeto/modelagem. O modelo propõe que as atividades de engenharia sejam sempre realizadas após a arquitetura, exceto na etapa de estudo preliminar onde é realizado apenas o projeto arquitetônico, que posteriormente recebe *feedback* dos projetistas e construtor, para então modelar o anteprojeto arquitetônico.

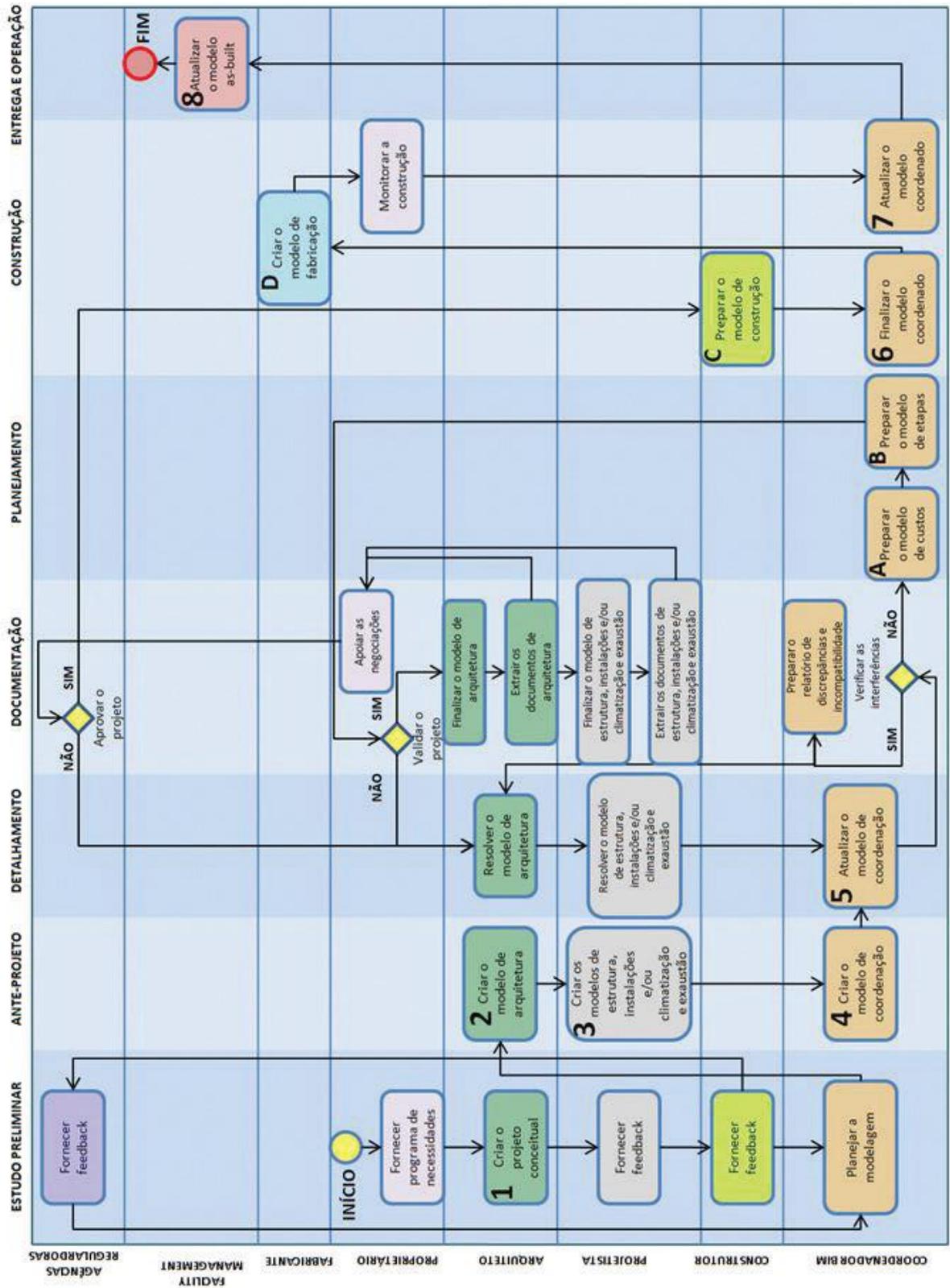
Embora o modelo ignore relações de dependência entre projetos de engenharia, há um ciclo de resolução de interferências, que possibilita passagem de informações entre estrutura, instalações e arquitetura. Esse processo pode causar problemas quanto ao prazo do projeto e contratação do número de interações cíclicas.

Figura 4 - Fluxograma de projeto com modelagem



Fonte: Manzione (2013)

Figura 5 - Diagrama de fluxo de trabalho BIM



Fonte: Barison e Santos (2016)

2.2. Building Information Modeling (BIM)

O nível de detalhamentos necessários dos projetos contemporâneos requer novos métodos de gerenciamento de informações eficientes, produtivos e de qualidade como em outros setores da indústria (NASCIMENTO; SANTOS, 2001).

A evolução do CAD ou *Computer Aided Design* passa pelo CAD geométrico, em meados dos anos 90, com uso de representações geométricas primitivas (linhas, pontos, arcos), ao qual tem uso continuado na maioria dos escritórios de projeto até a atualidade (FABRICIO; MESQUITA; MELHADO, 2002; TSE; WONG; WONG, 2005).

A tecnologia evoluiu até o CAD 3D, que englobava consideravelmente mais informações que os desenhos até então 2D. No entanto, a técnica 3D apresenta a mesma fragmentação de informação do CAD geométrico, tornando difícil a produção de informações estruturadas conforme utilizado no processo de desenho industrial (AYRES FILHO; SCHEER, 2007).

Na terceira geração do CAD, as informações geométricas passaram a se integrar com dados não geométricos através de relacionamentos associativos e paramétricos (BIRX, 2006). As informações geométricas incluem características como forma, posição e dimensões do objeto, enquanto dados não geométricos incluem características como custo, material, volume, resistência, especificações do fabricante, entre outras.

O BIM pode ser designada como a terceira geração CAD e TI, equivalendo a um modelo 4D parametrizado de todo o ciclo de vida do projeto da construção (OLIVEIRA, 2011). A modelagem da informação orientada a objetos é mais um conceito de processo integrada de compartilhamento de dados entre os participantes de várias disciplinas do projeto, baseado na engenharia simultânea (CRESPO; RUSCHEL, 2007).

Há mais de quarenta anos, Charles Eastman (1976 apud Golberg, 2004) conceitua:

Building Information Modeling integra toda a informação geométrica do modelo, as exigências e potencialidades funcionais e a informação do comportamento das partes, dentro de uma descrição simples de interrelação de um projeto de um edifício sobre o seu ciclo de vida. Ele também inclui o relacionamento da informação processada com os cronogramas de construção e os processos de fabricação.

A elaboração do projeto em BIM envolve múltiplos profissionais de diversas disciplinas de projeto, como arquitetura, estrutura, hidráulica, sanitário, elétrica, climatização, proteção e combate a incêndio, dentre outras (RUSCHEL; GUIMARAES, 2008). Assim, o BIM

se torna uma prática de projeto integrada e colaborativa na qual os envolvidos no processo convergem suas contribuições para elaboração de um modelo único (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

2.2.1. Características da modelagem da informação

Existem dois tipos de modelagem de construção: a gráfica e de informação. O uso de cada uma depende do objetivo principal do uso (IBRAHIM; KRAWCZYK; SCHIPPOREIT, 2003). Os modelos gráficos têm por finalidade a visualização dos conceitos nas fases iniciais dos resultados intermediários ou finais, e geralmente não influenciam no processo de desenvolvimento do produto. Já os modelos de informação, como o BIM, atuam como veículos para a transferência de informação entre as fases do desenvolvimento do produto (AYRES FILHO; SCHEER, 2007).

Eastman *et al.* (2011), definem BIM como uma tecnologia de modelagem associada a processos para produzir, comunicar e analisar modelos da construção. Os modelos se caracterizam por: (i) componentes da construção de representação digital inteligente (objetos) passíveis de associação com gráficos computáveis, atributos dos dados e regras paramétricas; (ii) componentes que incluem e descrevem os dados, as análises, os processos e especificações; (iii) dados consistentes e não redundantes, de tal forma que alterações nos dados são representadas em todas as representações do componente; (iv) dados coordenados de tal forma que o modelo é representado de forma coordenada.

Dentre essas características, destaca-se que a ausência de redundância de dados, resultando numa mudança de paradigma significativa no processo de projetos de construção. Em uma única disciplina, um componente pode ser representado de diversas formas gráficas: planta baixa, corte, desenho isométrico e esquemas, como também tem suas propriedades detalhadas separadamente em legendas, especificações e memoriais. Esse mesmo componente ainda pode se relacionar com outras disciplinas de projeto, onde habitualmente é replicado para atender as características do novo projeto. Diversas informações são replicadas numerosas vezes ao longo da etapa de projetos, principalmente quando os projetistas envolvidos atuam em diferentes escritórios de projetos com metodologias de trabalho distintas. Logo, torna-se fundamental o uso de uma base de dados vinculadas que centraliza os dados de todos os componentes, e elimina redundâncias.

Embora a parametrização atue também na 3ª geração de CAD, BIM frequentemente é distinguida por fazer uso apropriado de informações paramétrica. Essa característica faz com que os objetos possuem geometria e propriedades variáveis, que são definidas por parâmetros e regras pré-estabelecidas, como distâncias, ângulos e regras do tipo “anexado a”, “paralelo a” ou “distante de”. Estas relações permitem que cada elemento tenha uma variação de acordo com o seu parâmetro e relação contextual (EASTMAN *et al.*, 2011).

A parametrização permite que o foco dos projetistas saia dos desenhos técnicos para as soluções projetuais (BIRX, 2006). Os desenhos passam a ser realizados em maior quantidade de forma automática, permitindo maior disponibilidade de recursos para o processo construtivo, especificação do componente, etc.

Além da parametrização, como dito anteriormente, outra prática presente da modelagem BIM é a não redundância dos dados, obtidas através de uma central de dados. Em um processo BIM, a equipe de arquitetos, engenheiros, construtores e outros profissionais continuamente inserem, extraem, atualizam e modificam as informações de um modelo mestre. Assim diversas funções podem ser aplicadas ao longo do ciclo de vida do produto, como estudos de viabilidade, planejamentos de recursos, análises ambientais, estimativas de custos, fabricação digital, detecção de interferências, compatibilização de projetos, dentre outros. As funções são de uso abrangente aos diversos agentes envolvidos com o produto, desde o incorporador, construtor, arquitetos, paisagistas, e engenheiros especialistas em estruturas, instalações elétricas, incêndio, ar condicionado, reconstrução, demolição, etc. Essa característica é chamada de interoperabilidade (GARBINI, 2012).

A interoperabilidade pode ser definida como a habilidade de dois ou mais sistemas trocar informações e utilizar tais informações (GRILO; GONÇALVES, 2009). O compartilhamento eficiente de dados permite vários profissionais de especialidades diversas contribuírem para um modelo unificado.

Para viabilizar a interoperabilidade no âmbito da Tecnologia da Informação, devido a multiplicidade de áreas de conhecimento envolvidas na criação e incremento de produtos complexos como ocorre na construção civil, é recomendável que as informações modeladas sejam dispostas em padrões abertos, para uso em diferentes sistemas e *softwares* (CRESPO; RUSCHEL, 2007).

Desde 1994, a Aliança Internacional de Interoperabilidade se utiliza do formato IFC (*Industry Foundation Classes*) para viabilizar o intercâmbio de informações entre *software* com

inteligência baseada no objeto. É um dos poucos padrões públicos reconhecidos internacionalmente para troca de informação no domínio AEC (EASTMAN *et al.*, 2011).

No mercado brasileiro, diversos programas de modelagem e análise do modelo BIM são compatíveis com padrão IFC, como o *Archicad da Graphisoft*, o *Revit da Autodesk*, o *Microstation da Bentley*, dentre outros.

Enquanto o IFC é a forma de troca de informações, o IFD (*International Framework for Dictionaries*) trata do conteúdo que está sendo trocado. Trata-se de um outro padrão ISO desenvolvido em 1999 para dar semântica à informação modelada, independentemente da nacionalidade de origem. Neste, cada nome é associado a um identificador único, permitindo que a informação seja interpretada pela máquina e por pessoas de quaisquer nacionalidades (SANTOS, 2009). Embora o uso deste padrão seja incentivado, poucas medidas foram adotadas no Brasil neste sentido. Assim, metodologias que permitam a adoção das bibliotecas em padrão IFD devem ser priorizadas.

2.2.2. Níveis de BIM

A decisão sobre quais as informações a serem incluídas no modelo é um dos principais fatores que define o tempo total de projeto e quantidade de atividades a serem realizadas. A necessidade quanto ao uso do produto é o principal parâmetro para definir e controlar a quantidade e o nível das informações modeladas, variando conforme o *layout* do projeto, o detalhamento construtivo e análises de desempenho (IBRAHIM; KRAWCZYK; SCHIPPOREIT, 2003).

Aconselha-se que o grau de detalhamento de um modelo de informação não deve ser muito genérico, a ponto de perder transparência e eficácia, como também não deve ser muito detalhado, a ponto de dificultar sua aplicação em função do excesso de documentação criada (TZORTZOPOULOS, 1999).

O detalhamento das informações modeladas usualmente é dividido em níveis de detalhamento ou níveis de desenvolvimento, ambos denominados LOD, que categoriza os elementos por quantidade de informações incluídas nele e nível de confiança das informações incorporadas no modelo, respectivamente (CBIC, 2016).

Embora haja diferentes categorizações de LOD, usualmente estes são divididos em até 6 níveis:

- LOD 100: representação simbólica ou genérica
- LOD 200: representação gráfica com um sistema genérico, com tamanho e forma aproximada. Pode incluir também informações não gráficas.
- LOD 300: representação gráfica com um sistema específico, com tamanho e forma específica.
- LOD 350: os objetos passam a ter interface com outros sistemas específicos
- LOD 450: as informações dos elementos passam a ser detalhadas quanto a fabricação, montagem e instalação.
- LOD 500: representação gráfica passa a ser verificada em campo

Frequentemente, outros autores citam categorizações diferentes ao exposto acima, como o estudo realizado pelo AIA que subdivide em 100, 200, 300, 400 e 500. No entanto, neste trabalho foram utilizados os níveis adotados pela CBIC (2016), conforme apresentado acima, por serem mais apropriados para a natureza dos elementos de sistemas prediais.

De qualquer forma, definir o nível de detalhamento das informações a serem incluídas nos elementos do modelo é fundamental para se caracterizar a confiabilidade global e de cada informação modelada. Os participantes da etapa de projetos e da etapa de construção devem considerar a precisão dos dados em suas atividades, principalmente quando houver industrialização dos componentes da construção.

A Figura 6 a seguir ilustra um exemplo de um elemento nos seus diferentes níveis de detalhamento.

Figura 6 - Exemplo de níveis de detalhamento de uma luminária

LOD 100: estimativa de custos relacionados às lajes-pisos

LOD 200: luminária genérica com tamanho, forma e localização aproximada

LOD 300: luminária 2x4 Troffer, com tamanho, forma e localização especificados

LOD 350: luminária Lightolier DPA2G12LS232, com tamanho forma e localização especificados

LOD 400: luminária Lightolier DPA2G12L S232, com tamanho forma e localização especificados, em forro suspenso e detalhes de montagem



Fonte: Adaptado de CBIC (2016)

As informações do elemento modelado, como a luminária, podem ser implementadas conforme grau de precisão do modelo. Inicialmente, o objeto é representado apenas de forma simbólica no LOD 100, que evolui ao agregar informações genéricas aproximadas. Com a exatidão das informações, a luminária passa para o LOD 300, que é passível de mais uma evolução com informações de modelo e fabricante específicos, bem como de informações de montagem. Além disso, outras informações também podem ser adicionadas ao modelo, tais como preço de venda, posicionamento no tempo quanto a execução da obra, critérios de sustentabilidade, dentre outras informações, dependendo da aplicação BIM desejada.

2.2.3. Implantação de BIM

No Brasil, diversas tentativas de uso do BIM foram realizadas e tratam de dificuldades dos altos custos de implantação e da indisposição do aumento dos preços dos projetos de arquitetura e engenharia. Ainda assim, observa-se crescente interesse das construtoras e escritórios de projeto em busca de implantar BIM em seus serviços, uma vez que a qualidade do produto se eleve. Quanto a discussão de custos, mesmo com um maior investimento inicial na etapa de projetos é possível que o valor global da edificação seja reduzido com absorção dos benefícios da modelagem da informação.

A atividade de implantação ou de implementação pode ser entendido como um processo específico, que se utiliza de um modelo pré-estabelecido e um processo de atividades

para se iniciar o uso do BIM ou ampliar seu uso. Tzortzopoulos (1999) indica algumas ferramentas generalistas para auxiliar a criação do modelo, das quais se destacam:

- Fluxograma geral do processo, estabelecendo as atividades principais a serem realizadas. A autora ainda sugere um fluxo sucinto e subdividido de forma hierárquica para não o tornar demasiado longo ou reduzir sua eficácia.
- Fluxogramas específicos, detalhando o fluxograma geral e destacando as relações de precedência entre as atividades, o que por sua vez possibilita o planejamento do processo.
- Marcos de aprovações de atividades e/ou etapas do processo, propiciando assim que sejam estabelecidos o controle e a melhoria do mesmo. Sugere ainda que se considere a aceitação da etapa anterior como condição para o início da próxima etapa.

Aconselha-se também definir as atividades de cada disciplina em cada etapa, como também cada agente envolvido. Outra sugestão relevante é identificar todos os intervenientes, objetivos e ênfase de cada etapa (GARBINI, 2012).

O sucesso da implantação do BIM depende também de fatores humanos e organizacionais, e desconsiderá-los resulta em um investimento de baixo retorno ou prejuízo (AYRES FILHO, 2009).

Tobin (2008) caracteriza o BIM em três momentos distintos aos quais denominou de “BIM 1.0”, “BIM 2.0” e “BIM 3.0”, conforme Tabela 6 a seguir:

Tabela 6 – Progressão quanto ao uso de BIM

Uso de BIM	Características
1.0	<i>Softwares</i> de CAD tradicionais são substituídos gradativamente com uso de objetos paramétricos 3D, capazes de geração rápida de documentos. As atividades de cada disciplina são isoladas das demais disciplinas e os seus respectivos graus de detalhamento são definidos pela necessidade e precisão do modelo contratado
2.0	Convergência e popularização do uso de ambientes de interação. O trabalho se torna colaborativo, programas integrados de análise são agregados ao desenvolvimento do produto, o nível de informações aumenta incluindo dimensões 4D (tempo) e 5D (custo). Além disso, as revisões, análises e avaliações são mais automáticas que manuais.
3.0	Processo ou prática integrada, ou seja, as atividades de projetos são realizadas por equipes multidisciplinares focados em um modelo único integrado e o fluxo de informação acontece de forma contínua, sem perdas ou sobreposições

Fonte: Tobin (2008)

Observa-se que o uso de BIM tange tanto aspectos de parametrização, quanto de automatização e colaboração. Em um primeiro momento, a aplicação do BIM fica delimitada à etapa de projetos, agregando novas funções aos envolvidos desta etapa. Aos poucos, a

participações dos demais profissionais do ciclo de vida se torna essencial, a medida que o uso de BIM se torna mais avançados.

A matriz de maturidade BIM organizada pela BIME *Initiative* apresenta uma disposição diferenciado para mensurar um nivelamento de uso de BIM. Neste são analisados várias capacidades em BIM, compostas por: (i) Tecnologia, como *software*, *hardware* e rede; (ii) Processos, como recursos, atividades e fluxo de trabalho, produtos e serviços, e liderança e gerenciamento; Políticas, com preparatória, regulatória e contratual; Estágio, dividido em modelagem baseada em objetos, colaboração baseada na modelagem e integração baseada em rede, e; Escala, dividido em micro/organizações, meso/equipe de projetos e macro/*markets*. Cada categoria é graduada em cinco níveis: inicial, definido, gerenciado, integrado e otimizado. Cada graduação é pontuada para identificar os melhores passos para melhorar o desempenho da organização. (SUCCAR, 2009, 2010; SUCCAR; SHER; WILLIAMS, 2012).

Diversos modelos de implantação e de implementação estão disponíveis na literatura. Embora os dois conceitos se misturem, observa-se que todos os modelos apresentam objetivos similares. Para fins deste trabalho, considera-se a implantação como uma forma de dar o primeiro passo no uso do BIM. Já em um plano de implementação, a proposta é dar um passo a mais no uso do BIM, podendo tanto ser uma implantação do zero quanto uma melhoria na maturidade de um uso pré-existente. No entanto, observa-se que alguns manuais abordagem uma implantação de novas maturidades BIM, ou seja, uma implementação do uso BIM.

De qualquer forma, foram abordados guias autodenominados de implantação ou de implementação, sem distinção entre os dois conceitos. Embora existam diversos outros guias na literatura que foram analisados nos resultados deste trabalho, os guias a seguir foram selecionados por contemplar abordagens distintas, da mais genérica a mais detalhada que tangem assuntos diferentes, conforme segue.

2.2.3.1. Autodesk

A Autodesk é uma empresa fundada em 1982 que trabalha com *softwares* de projeto e de conteúdo digital. Lançou um guia em português em 2014 intitulado Manual de Implantação do Piloto BIM, ao qual se divide em duas partes distintas: Plano de implantação organizacional BIM, abordando visão, metas, ferramentas, modelos, tarefas, competências e planos no nível

organizacional, e; Plano de projeto BIM, abordando equipe, metas e objetivos de projeto, fases, modelos, documentos, planos, coordenação e processos para se realizar o projeto piloto BIM.

O guia é particularmente simples e genérico, uma vez que apresenta diversas tabelas que organizam as informações ao longo do projeto. Na parte de Implantação do Projeto BIM, se utiliza de diversas tabelas organizando as seguintes informações:

- Descrição do projeto
- Equipe de colaboração
- Metas e objetivos do projeto, sugerindo indicadores de cumprimento de meta e projeção de cronograma
- Fases e diretrizes do projeto, destacando data de início e término e participantes de cada fase.
- Gerentes de modelo, com dados empresas responsáveis por cada atividade
- Modelos planejados, destacando as disciplinas ou informações que serão inclusas no modelo, com uma breve descrição e indicação das ferramentas, dos responsáveis e da fase que participará no projeto
- Documentos do contrato e convenção de nomenclatura de arquivos
- Plano de análise detalhada, pré-estabelecendo algumas análises: visual, estrutural, detecção de conflito, quantitativos de materiais, 4D, 5D, energia, iluminação, geoespacial, águas pluviais, esgoto sanitário e varredura de veículo
- Revisão de projeto, destacando a atividade, o responsável e datas estimadas para cumprimento da demanda
- Outros processos empresariais de gerenciamento de construção, pré-estabelecendo modelos de revisão, programação e visualização, quantificação, gerenciamento de campo, layout da construção.
- Modelo *as built*, destacando as inclusões e exclusões deste modelo
- Coordenação BIM, basicamente destacando os componentes e softwares de cada modelo

Como diz o próprio nome, a proposta deste guia é prática, introduzindo o BIM através da prática da execução de um piloto. Embora outros guias sejam mais completos e incluam diretrizes antes mesmo do desenvolvimento de um projeto piloto, este guia não pode ser desconsiderado por dar um panorama inicial das informações que devem ser definidas. Ressalta-se que a abordagem das informações tem estrutura similar ao desenvolvimento de um projeto convencional em CAD, o que é particularmente vantajoso para a assimilação dos profissionais que passarão pela transição do processo convencional ao processo de projeto BIM.

2.2.3.2. Modelo AEC UK

A associação AEC do Reino Unido foi criada em 2000 e possui diversos materiais dedicados a indústria de construção civil. Em 2015 lançou a versão 2.1.1 do *BIM Technology Protocol*, originalmente publicada em 2009, com melhores práticas, planejamento de implantação, trabalho colaborativo, interoperabilidade, metodologia de modelagem, segregação de dados e diversos padrões técnicos de estilos, pastas, nomenclaturas e outros recursos. A abordagem é menos introdutória e mais especialista. O material ainda é complementado por outros manuais, como aplicação dedicada aos softwares *Autodesk Revit* e *Bentley Building*.

Quanto ao planejamento de implantação, destaca as atividades e responsabilidades de cada etapa. Conforme Tabela 7, o modelo de implantação se divide em aspectos estratégicos, de gestão e de produção.

Tabela 7 - Atividades e funções de implantação BIM

Papel	Estratégia						Gestão				Produção	
	Objetivos Corporativos	Pesquisa	Processo + Fluxo de trabalho	Padrões	Implementação	Trainemento	Plano Executivo	Auditoria do modelo	Coordenação do modelo	Criação de conteúdo	Modelagem	Produção de desenho
Gestor BIM	S	S	S	S	S	S	S	N	N	N	N	N
Coordenador BIM	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N
Modelador/Autor	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y

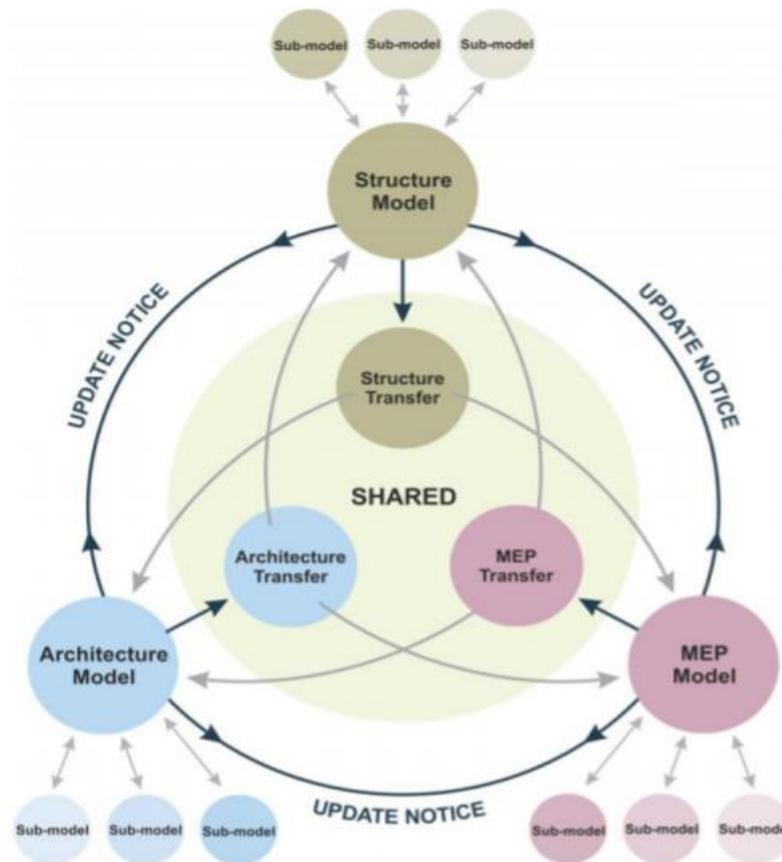
Fonte: Traduzido de AEC UK (AEC UK, 2015)

A proposta de implantação prevê atividades praticamente seriadas, onde se inicia com o gestor BIM atuando fortemente no aspecto estratégico ao definir os objetivos da empresa, realizar pesquisas, estabelecer o processo principal, fluxos, padrões, viabilizar as implementações, treinamentos e plano executivo. As atividades seguem com o coordenador que participa dos treinamentos e plano executivo, como também é responsável por auditar o modelo, coordenar as atividades de modelagem, modelar e desenvolver conteúdos necessários para a

modelagem. O autor do modelo atua fortemente na etapa de produção desenhando o modelo, além de auxiliar o coordenador na criação de conteúdo modelado.

Quanto a comunicação interna do modelo global, o guia sugere a divisão em três modelos principais: arquitetônico, estrutural e de instalações, conforme Figura 7.

Figura 7 - Compartilhamento de informações interdisciplinar de modelagem



Fonte: AEC UK (AEC UK, 2015)

O manual sugere em um primeiro momento iniciar com uma segregação do modelo em três grupos, Arquitetura, Estrutura e Instalações, onde cada um dos três grupos possui um arquivo de modelagem central. O arquivo central que pode ser visto como a soma de modelos locais utilizados pela equipe interna de projetistas de cada disciplina. Os três modelos centrais podem ser compartilhados entre si de duas formas distintas: se utilizando de uma área central compartilhada, onde é criado um modelo matriz com as informações que precisam ser compartilhadas entre todas as partes, ou se utilizando de acesso direto entre os três modelos. Este último é caracterizado por um sistema de troca de dados imediatas e é contraindicado para produtos onde atuem equipes diferentes de trabalho, devido alto risco para a segurança de informações.

Qualquer que seja a forma de compartilhamento de dados selecionada, a sugestão de divisão em três grupos é prática e aplica-se razoavelmente ao mercado brasileiro. Em empreendimentos complexos, o agrupamento de instalações pode ser composto por diferentes escritórios de projetos hidrossanitário, elétricos, de climatização e prevenção a combate a incêndio. O mesmo vale para a estrutura que pode se dividir, por exemplo, em estrutura de concreto armado, estrutura metálica e fundação. Nestes cenários, aplica-se cada disciplina como um submodelo pertencente a um dos três grupos, que poderão ainda adotar uma das duas formas de compartilhamento de dados.

Por fim, o manual ainda ressalta as melhores práticas de trabalho em BIM conforme experiência de seus autores, dos quais se destacam:

- Nomear um coordenador de BIM para cada projeto, destacando as atividades e responsabilidades do cargo;
- Revisar regularmente as informações do projeto, assegurando a integridade do modelo e do fluxo de trabalho do projeto;
- Desenvolver diretrizes claras para as equipes envolvidas no projeto, mantendo eficiência e integridade dos dados eletrônicos;
- Definir e documentar as disciplinas modeladas, o conteúdo de cada disciplina, o nível de detalhamento que será incluso no modelo;
- Sistematizar meio de revisões periódicas para sanar questões importantes do projeto;
- Trabalhar em arquivos locais e regularmente recriar o arquivo central, eliminando dados redundantes;
- Incluir apenas informações utilizadas no modelo, mantendo limpeza e eficiência do modelo e seus detalhes.

2.2.3.3. *Penn State / Building Smart*

Este guia foi desenvolvido por meio de uma parceria da Universidade da Pensilvânia *Penn State* com o *Building Smart Alliance*, desenvolvedor do Padrão Nacional BIM nos EUA.

O guia trabalha com uma abordagem estruturada para planejar efetivamente a integração do BIM dentro de uma organização. Três procedimentos de planejamento são apresentados para tal fim: o planejamento estratégico; o plano de implementação BIM, e; o plano de aquisições ou plano de compras.

O planejamento estratégico fornece etapas que um proprietário pode usar para planejar o BIM em nível organizacional. O objetivo é permitir que o proprietário, determine suas metas e objetivos BIM e estabeleça um roteiro para documentação destes fins. Para tal, é necessário que se avalie o atual nível interno e externo de integração BIM, para então se alinhar os objetivos do BIM da organização, identificando os níveis desejados de maturidade para os usos do BIM. Finalmente, tomam-se as atitudes necessárias a melhoria do nível de maturidade do BIM, alinhada ao contexto estratégico da organização.

Após o planejamento estratégico, o planejamento da implementação poderá começar. O objetivo desta etapa é determinar e documentar as diretrizes e protocolos detalhados para implementação. Um Plano de Implementação incluirá: (i) os mapas de processo que definem claramente a integração entre o BIM e as práticas da organização; (ii) os requisitos de informação para apoiar a implementação do BIM; (iii) a infraestrutura tecnológica necessária para apoiar o processo; e (iv) educação e treinamento necessário para o pessoal que irá interagir com o BIM.

Antes do início das aquisições necessárias para viabilizar os objetivos, o proprietário deve desenvolver os requisitos do contrato BIM. Isso é necessário para garantir que as necessidades definidas em relação ao BIM sejam atendidas e toda a equipe tenha a percepção destes requisitos. Com a documentação apropriada em vigor no início do projeto, a equipe pode planejar um processo BIM eficaz para o projeto e suas necessidades. Os principais componentes de aquisição incluem: (i) critérios de seleção de equipe para permitir a aquisição de itens qualificados; (ii) requisitos contratuais definidos para definir claramente as entregas BIM; e (iii) modelo de planos de execução BIM padrão para iniciar o processo de planejamento BIM para um projeto.

O BEP ou *BIM Execution Plan* funciona como planejamento abrangente e detalhado, onde os usos do BIM são definidos, tais como autoria do projeto, estimativa de custos, coordenação do projeto, etc. Todos os envolvidos no projeto devem estar cientes das oportunidades e responsabilidades relacionadas ao uso do BIM no projeto, para isso, desde início do plano, a equipe deve poder acompanhar e monitorar o progresso do BEP, tornando-se cientes e detentores do máximo de benefícios possíveis do BIM.

2.2.3.4. CBIC

No Brasil, um dos guias de maior destaque foi o guia elaborado pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção visando elevar desempenho, modernidade e competitividade entre empresas do setor. A coletânea de publicações apresenta 5 volumes e é direcionado para construtoras e incorporadoras.

O volume 2 da coletânea é dedicado para a implementação BIM, abordando os obstáculos para a adoção BIM, como a inércia e resistência às mudanças metodológicas, dificuldade de entendimento e compreensão dos envolvidos e barreiras culturais, dentre outros. O foco do volume é o planejamento de uma implementação BIM, dando diretrizes como: localizar a fase do ciclo de vida do empreendimento a ser implementado; definir os objetivos corporativos; designar equipes, papéis organizacionais e responsabilidades; definir casos de uso e mapear o processo BIM; executar um projeto piloto; identificar as informações críticas necessárias para a implementação; definir infraestrutura tecnologia, como hardware e software; garantir interoperabilidade e regular procedimentos de comunicação; definir estratégia e requisitos específicos para contratação BIM, e; definir ajustes e controle de qualidade dos modelos.

Diferente dos outros guias, a CBIC apresentou as diretrizes como passos a serem seguidos, disponibilizando um *template* com apresentação visual, conforme pode ser visto a seguir:

Figura 8 - Template CBIC de passos para um projeto de implementação BIM



Fonte: Guia CBIC (2016)

O objetivo deste *template* é um planejamento da implementação BIM com fácil comunicação e compreensão, dada a boa prática de um procedimento formalmente estabelecido, devidamente documentado e controlado. A definição de objetivos, equipe, informações, infraestrutura, interoperabilidade, comunicação e contrato são frequentemente abordados na literatura em processos de implementação. Assim, este guia se diferencia pelas etapas 1, 4, 5 e 10.

A etapa 1 ‘localizar fases do ciclo de vida do empreendimento’ sugere que construtoras invistam nas etapas de construção e comissionamento, desenvolvendo: modelos de construção; planejamento da execução e orçamento de obra; modelo de construção para canteiro, e; saídas para fabricação/controle/montagem caso haja. Já na visão da incorporadora, sugere o investimento desde a concepção, passando por conceituação, verificação de viabilidade, projetos e licitação/contratação, como também no comissionamento. Para isso,

sugere desenvolver as atividades de modelo de projetos, análises energéticas, coordenação e documentação do projeto.

Este *template* apresenta ainda outras particularidades, como a etapa 4 ‘casos de usos e processos BIM’ que identifica e sugere os usos de BIM mais recorrentes no Brasil. Na etapa 5 “Projeto-piloto e seus objetivos”, sugere o desenvolvimento de um empreendimento de complexidade mediana para desenvolvimento de forma prática de documentos e processos, tais como o plano de gerenciamento do projeto, lista de requisitos do projeto, definição do escopo, Estrutura Analítica do Projeto, definição e sequenciamento das atividades, estimativa de recursos e duração das atividades e cronograma. Também sugere prolongar as atividades com estimativa de custos, definição do nível de qualidade do projeto, plano de recursos humanos, planejamento das comunicações, gerenciamento de riscos e planejamento de aquisições.

Por fim, na etapa 10 se evidencia a necessidade de ser definidos os procedimentos de controle da qualidade para os principais entregáveis planejados, tais como as revisões de projetos, as reuniões de coordenação e os marcos das principais fases do projeto. O autor de cada entregável pode ser apontado como o responsável pela identificação de inconformidades em seus entregáveis, enquanto o gerente BIM coordena a equipe na pesquisa das causas e toma providências para que o erro não se repita.

2.3. Sistemas Prediais

Embora os projetos de sistemas prediais sejam parte essencial do desenvolvimento dos produtos de construção, a literatura pouco relaciona esta temática aos demais assuntos apresentados anteriormente neste trabalho.

As dificuldades dos sistemas prediais podem ser vislumbradas de forma global em todo o conteúdo explorado nesta revisão de literatura. Inicialmente, quanto ao processo de projeto, Fabrício (2002) aponta que o processo utilizado recorrentemente no Brasil possibilita que apenas o arquiteto tome contato direto com a programação do empreendimento, como pôde ser visto em alguns modelos explorados neste trabalho. Os demais projetistas partem do anteprojeto de arquitetura e das soluções adotadas para desenvolver soluções técnicas que complementem o projeto de arquitetura.

Assim, o programa é apresentado para os projetistas de engenharia através de desenhos e soluções de projeto previamente adotados no projeto arquitetônico. Isso implica um processo diferenciado para os projetistas de sistemas prediais, pois sua função se inicia de forma tardia, baseado em informações já pré-processadas pela arquitetura sem consulta da equipe de engenharia.

No entanto, os projetistas de arquitetura habituados com essa metodologia já preveem e viabilizam as alterações de projetos apontadas como necessárias pela equipe de engenharia. Portanto, a primeira atividade da equipe de engenharia usualmente é a análise da arquitetura junto às premissas do empreendimento e determinar alterações no projeto arquitetônico para possibilitar a inserção do subsistema predial.

Quanto ao BIM, embora se verifique um uso crescente em Fortaleza por parte dos projetos arquitetônicos no Brasil, o mesmo não ocorre para projetistas de engenharia, especialmente de sistemas prediais. Diversos relatos de construtoras cearenses apontam grande dificuldade de conseguir fornecedores, no Ceará e em outros estados, que empregam BIM de forma satisfatória nos projetos complementares

Neste cenário, os benefícios plenos do BIM não podem ser totalmente absorvido, visto que segundo Dossick e Neff (DOSSICK; NEFF, 2010) os sistemas prediais podem representar até 40% do escopo do produto de construção civil. O autor subdivide os sistemas prediais em climatização, elétrica, hidrossanitário e combate a incêndio.

O projeto de combate a incêndio, abreviação do projeto de prevenção contra incêndio e pânico PPCIP embora usualmente seja reconhecido no mercado como uma quarta disciplina de instalações, muitas vezes não é considerado uma disciplina isolada, visto que quase todas suas subdisciplinas podem ser reordenadas entre as demais disciplinas. Por isso, a literatura pouco se utiliza do termo *MEPF Mechanical, Electrical, Plumbing and Fire Protection* *MEPF*, se utilizando apenas das três primeiras partes do termo, ou seja, *MEP*.

As subdisciplinas do PPCIP podem ser agrupadas nas três disciplinas anteriores, conforme segue:

- Hidrantes e *sprinklers* faz parte da especialização hidráulica;
- Iluminação de emergência e SPDA (sistema de proteção contra descargas atmosféricas) faz parte da especialização elétrica;
- Gás combustível e pressurização de escadas faz parte da especialização mecânica;

Apenas as subdisciplinas de extintores, rota e sinalização de emergência não fazem parte dos três grupos de instalações, ao qual é realizado pelos especialistas em segurança do trabalho ou o engenheiro civil, dependendo da legislação e órgão regulador local.

Já quanto aos projetos de sistemas prediais em BIM, Garbini (GARBINI, 2012) relata em sua dissertação que os escritórios brasileiros possuem dificuldade de implantação do BIM. As empresas destacam a problemática de que não existem bibliotecas virtuais para a obtenção de itens necessários para a modelagem. A autora cita que nos Estados Unidos e outros países onde a tecnologia é mais difundida, diversas especificações de peças sanitárias, componentes elétricos, dentre outros são acessíveis. Enquanto isso no Brasil, os escritórios precisam realizar a criação paramétrica desses itens, o que desencoraja o uso da nova tecnologia.

Ainda segundo Garbini (GARBINI, 2012) os objetos deveriam ser idealmente disponibilizados pelos fornecedores junto a seus catálogos, já com todas as suas respectivas especificações. Além disso, os fabricantes seriam responsáveis pelo fornecimento das informações, que poderiam ser atualizadas constantemente de forma *on-line* (SOUZA; LYRIO; AMORIM, 2009).

Devido tais dificuldades, observam-se casos no mercado de desenvolvimento de modelagens parciais, deixando de incluir informações relativas às instalações. A necessidade e vantagem da inclusão das instalações no modelo BIM se dá claramente na detecção de conflitos físicos entre elementos estruturais, elétricos ou hidráulicos, ressaltando a importância da modelagem completa para a construção. (KORMAN; LU, 2011)

A seguir são descritos os três sistemas prediais principais, abordando suas características relevantes para a modelagem de suas informações.

2.3.1. Instalações Hidrossanitárias

Conforme dito anteriormente, os sistemas prediais costumam ser denominados pela sigla *MEP*, onde os termos traduzidos representariam à mecânica, elétrica e hidrossanitário, respectivamente. O termo *plumbing design* é traduzido literalmente como projeto de encanamento, no entanto no Brasil o termo equivale ao projeto hidráulico ou hidrossanitário).

O projeto hidrossanitário pode ser subdividido em 3 grandes grupos: hidráulica, sanitário e águas pluviais. A hidráulica ainda se subdivide em sistema de água fria e de água

quente. No clima tropical do nordeste do Brasil, a água quente não é uma necessidade e pode ser considerada como opcional, logo o sistema de água fria representa predominante o grupo hidráulico. Assim, a principal norma do sistema é a ABNT NBR 5.626 (1998), instalação predial de água fria, onde devem ser atentados itens como: (4) materiais e componentes; (5.2) abastecimento, reservação e distribuição; (5.2.3) alimentador predial; (5.2.4 a 5.2.8) reservatórios: preservação da potabilidade, definição da forma/dimensões, instalação/estabilidade mecânica, operação e aviso/extravasão/limpeza; (5.2.9) instalação elevatória; (5.2.10) rede predial de distribuição; (5.3.2 e 5.3.3) vazões nos pontos de utilização e no abastecimento do reservatório; (5.3.4) velocidade máxima da água; (5.3.5) pressão mínima e máxima; (5.3.6) dimensionamento da rede predial de distribuição; (5.4) proteção sanitária da água potável; (5.5) economia de água e conservação de energia; (5.6) acessibilidade e proteção das tubulações e componentes em geral; (5.7) controle de ruídos e vibrações; (6) execução, e; (7) manutenção.

Já na instalação sanitária, a principal norma é a ABNT NBR 8.160 (1999b), sistemas prediais de esgoto sanitário – projeto e execução, abordando temas como: (4.2) componentes do subsistema de coleta e transporte de esgoto sanitário; (4.3) componentes do subsistema de ventilação; (4.4) materiais; (5.1.1 a 5.1.6) dimensionamento de desconectores, ramais de descarga/esgoto; tubos de queda; coletor predial/ subcoletores; caixas de gordura/passagem; recalque; (5.2) dimensionamento de componentes do subsistema de ventilação; (6) execução; (7) manutenção, e; (8) qualidade.

Por fim, o grupo de águas pluviais apresenta a ABNT NBR 10.844 (1989) como principal normativa. A norma denominada instalações prediais de águas pluviais regulamenta o seguinte conteúdo: (4.1) materiais; (5.1) fatores meteorológicos; (5.2) área de contribuição pluvial; (5.3) vazão de projeto; (5.4) coberturas horizontais de laje); (5.5) calhas; (5.6 e 5.7) condutores verticais e horizontais.

2.3.2. Instalações Elétricas

O projeto elétrico normalmente é dividido em baixa e média/alta tensão. O subsistema de baixa tensão é o principal representante das instalações elétricas prediais, sendo regido principalmente pela norma ABNT NBR 5.410 (2008a), abordando diversos conteúdos como (3.1) componentes da instalação, (3.2, 4.1.1 a 4.1.3, 4.1.5) proteção contra choques elétricos, efeitos térmicos, sobrecorrentes, sobretensões e perturbações eletromagnéticas; (4.1.7) desligamento de emergência; (4.18) seccionamento; (3.4) linhas elétricas; (4.2.1) potência de alimentação de utilização e demanda; (6.2.3) condutores; (6.4) aterramento; (6.5.1) motores elétricos; (6.5.2) bateria de acumuladores; (6.5.3) tomadas de corrente e extensões; (6.5.4) conjuntos de proteção, manobra e comando; (6.5.5 e 6.6.8) equipamentos de utilização; (8) manutenção; (9.1 a 9.5) requisitos complementares para locais contendo banheira ou chuveiro, piscinas, compartimentos condutivos, aquecedores de sauna e de habitação.

Usualmente, as instalações de telecomunicações são agrupadas junto às instalações elétricas devido similaridade justaposição entre suas infraestruturas e alto grau de justaposição entre as mesmas. O sistema pode ser decomposto em telefonia, televisão, dados e circuito fechado de televisão CFTV, cada uma apresentando normativas próprias. Mais raramente, ainda inclui outros subsistemas, como som e automação.

2.3.3. Instalações Mecânicas

O projeto popularmente chamado de climatização se trata do projeto mecânico, onde a climatização é apenas uma subdisciplina desta especialidade. Frequentemente é também chamado de projeto AVACR, onde suas siglas representam suas subdisciplinas: aquecimento, ventilação, ar condicionado e refrigeração.

Suas normativas principais são a ABNT NBR 16.401-1 (2008b) e subsequentes, Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários, conforme segue:

- Projeto das instalações – Parte 1, contemplando: (5) Condições climáticas e termohigrométricas; (6) cálculo de carga térmica; (7) critérios de projeto do sistema; (8) critérios de seleção dos equipamentos principais; (9) difusão do ar;

(10 e 11) distribuição do ar; (12) instalação de água gelada, água quente e água de condensação, e; (13) linhas frigoríficas;

- Parâmetros de conforto térmico – Parte 2, contemplando: (3) fatores que afetam o conforto térmico; (4) avaliação das condições de conforto térmico; (5) parâmetros de conforto, e; (6) avaliação e controle;
- Qualidade do ar interior – Parte 3, contemplando: (5) ventilação; (6) filtragem; (7) requisitos de projeto e execução relativos à qualidade do ar, e; (8) requisitos de manutenção relativos à qualidade do ar.

2.4. Síntese da Revisão de Literatura

As atividades de projeto de instalações prediais se estendem em diversas disciplinas de diferentes especialidades e formações. Essa característica faz com que o escritório de projetos de instalações, usualmente trabalhando com diversas disciplinas, se utilizem de processos de projetos que apresente boa troca de informações interdisciplinar e simultaneidade de atividades.

A divisão de etapas de processo de projeto no modelo dos manuais do escopo (ABRASIP et al., 2006a, 2006b), dividido em (i) concepção do produto, (ii) definição do produto, (iii) identificação e solução de interfaces, (iv) projeto de detalhamento, (v) pós entrega dos projeto e (vi) pós entrega da obra, apresenta particularmente grande compatibilidade com a realidade dos desenvolvimento de projetos em sistemas prediais.

As etapas do processo tradicional, com estudo preliminar, projeto legal, básico, executivo e demais etapas, conforme preconizado na ABNT NBR 13.531 (1995) e utilizado em diversos modelos de processo de projeto, tem maior aplicabilidade ao projeto arquitetônico e ao conjunto de projeto construção, mas deixa de ser ideal para projetos de engenharia. Na prática, o projeto estrutural e de sistemas prediais não são desenvolvidos em paralelo a arquitetura e também variam na quantidade de atividades em cada etapa. Além disso, muitas vezes, os projetos de engenharia podem não participar de todas as etapas do processo de projeto. Assim, do ponto de vista do escritório de projetos de sistemas prediais, a divisão de etapas sugerida pelos manuais do escopo oferece maior praticidade, apresentando ainda boa correlação com as etapas clássicas do processo de projeto, usualmente praticado pelas construtoras contratantes.

Os diversos modelos de processo de projeto utilizados na revisão de literatura destacam as características mais importantes que podem e devem ser consideradas na confecção de um novo processo de projeto. Mesmo sendo desconhecido o processo de projeto de sistemas prediais, o estudo dos modelos mais universais é fundamental, dado que o BIM causa alterações significativas neste processo.

Tais alterações no processo de projeto resultante da modelagem da informação da construção foram justificadas pelas características da mesma. Destaca-se o uso de objetos inteligentes que se utilizam de dados consistentes e não redundantes, os dados coordenados através da parametrização dos objetos, a categorização dos dados por nível de detalhamento e as diferentes formas de colaboração relacionada a interoperabilidade dos sistemas utilizados para o desenvolvimento dos projetos.

Para viabilizar a mudança de paradigma no desenvolvimento dos projetos, também foram destacados alguns guias de implantação BIM. Os guias selecionados para compor a revisão de literatura mostraram abordagens bem distintas, variando quanto a profundidade do conteúdo abordado, objetividade e seleção de temáticas. Diversos conteúdos foram abordados, como boas práticas, objetivos, metas, equipe, colaboração, plano de implementação, plano de execução, dentre outros. Essa grande variação de formas de abordagens da implantação BIM é comum a diversos outros guias analisados. O guia CBIC (2016) foi apresentado por último pelo destaque de sua qualidade na indústria de construção brasileira, abrangendo com profundidade e de forma didática a maior partes dos temas relevantes a implementação.

Por fim, os sistemas prediais foram classificados em três grandes grupos para fins de desenvolvimento deste trabalho. Ressalta-se que os mesmos podem ser subdivididos ou agrupados de diferentes formas, no entanto serão tratados neste trabalho como três disciplinas: (i) hidrossanitária, (ii) elétrica e (iii) mecânica. Foram destacadas as características das disciplinas, principalmente no que tange na norma técnica brasileira, principal diretriz utilizada nestes projetos. Optou-se por não adentrar o conhecimento técnico de cada disciplina, pois os mesmos serão discutidos o mínimo necessário, de forma suficiente para caracterizar o processo de implementação BIM no desenvolvimento dos projetos de sistemas prediais.

3. METODOLOGIA

Visando ao equilíbrio do uso do conhecimento prático e teórico, a fundamentação metodológica é guiada pelo método de pesquisa DSR *Design Science Research*. Este método é particularmente eficiente para a criação e uso de um artefato destinado a solução de um problema prático, que gerem relevantes contribuições teóricas.

Design Science Research é uma abordagem de pesquisa que cria construções inovadoras com duplo objetivo: resolver problemas do mundo real e contribuir para o conhecimento científico (LUKKA, 2003). As construções são quaisquer artefatos produzidos pelo homem, como modelos, estruturas organizacionais, produtos e projetos.

O autor ainda diz que neste método, a construção deve ser criada a partir de conhecimento teórico e testada na prática, o que torna sua natureza experimental. As descobertas empíricas da implantação devem, por fim, retornar à teoria.

Lima (2016) explica que a pesquisa em DSR é de natureza pragmática e orientada à solução. Indica a solução de um problema prático e, ao mesmo tempo, contribuir para o desenvolvimento da área de estudo.

Van Aken (2004) sugere que as soluções em DSR sejam generalizáveis para diversas situações similares ao caso em estudo. Artefatos mais universais possuem maior pertinência como trabalho científico e são mais legítimos para soluções de problemas prático, ou seja, possuem maior validade pragmática.

Dessa forma, é possível ampliar a validade da pesquisa ao se identificar as particularidades do caso estudado e discuti-las no âmbito de realizar um paralelo com casos convencionais. Tais particularidades são esperadas devido as necessidades do contexto onde o modelo é aplicado, como questões temporais, políticas, financeiras e até características particulares das pessoas e instituições envolvidas com a aplicação.

Dresch *et al.* (DRESCH *et al.*, 2015) sintetizam os principais conceitos da *Design Science Research* conforme Tabela 8 abaixo, baseado na contribuição de diversos autores:

Tabela 8 - Síntese dos principais conceitos em *Design Science Research*

Conceito de DSR	Ciência que procura consolidar conhecimentos sobre o projeto e o desenvolvimento de soluções para melhorar sistemas existentes, resolver problemas e criar novos artefatos
Artefato	Algo que é construído pelo homem; interface entre ambiente interno e o ambiente externo de um determinado sistema
Soluções satisfatórias	Soluções suficientemente adequadas para o contexto em questão. As soluções devem ser viáveis, não necessariamente ótimas
Classe de problemas	Organização que orienta a trajetória e o desenvolvimento do conhecimento no âmbito da <i>DSR</i>
Validade	Busca assegurar a utilidade da solução proposta para o problema. Considera: custo/benefício da solução, particularidades do ambiente em que será aplicada e as reais necessidades dos interessados na solução

Fonte: Dresch *et al.* (DRESCH *et al.*, 2015)

A metodologia deste trabalho foi selecionada por seu conceito, uma vez que, considerada a problemática do mercado cearense de pouca oferta de projetos BIM em sistemas prediais, gera-se a oportunidade do desenvolvimento de um instrumento que solucione as dificuldades iniciais de implementação da modelagem da informação da construção.

A solução resultado da DSR deve gerar a melhoria de um sistema real ao qual é aplicado. Neste caso, o sistema existente é a etapa de projetos dos empreendimentos, uma vez que a partir do uso destes instrumentos é possível que novos projetistas de sistemas prediais atuem num cenário onde predominantemente apenas a arquitetura e engenheiros estruturais atuam em BIM. O artefato é um instrumento que possibilitará a modelagem dos sistemas prediais desde seu projeto autoral, maximizando os benefícios BIM de toda a etapa de projetos, que antes só absorviam parcialmente as vantagens da modelagem.

Quanto a validade da pesquisa, o sucesso da aplicação do artefato e da solução do problema a qual se propõe resolver são utilizados como prova da legitimidade da função do próprio artefato. Além disso, uma discussão rica dos resultados e das particularidades envolvidas no trabalho contribuem para tornar o cerne da pesquisa autêntica e de valor científico.

A discussão do custo/benefício da solução também valida a utilidade do artefato do ponto de vista prático. Usualmente, discussões acadêmicas focam seus resultados em critérios técnicos. Quando abordam questões de custos, consideram uma grandeza qualitativa, apenas indicando valor relativo baixo, moderado ou alto, muitas vezes sem quantificar os resultados.

Quanto ao artefato, a literatura aborda principalmente em quatro tipos, conforme Tabela 9 a seguir:

Tabela 9 - Tipos de artefato da Design Science Research

		Descrição
Tipos de Artefatos	Constructos	<i>Constructos</i> ou conceitos formam o vocabulário de um domínio. Eles constituem uma conceituação utilizada para descrever os problemas dentro do domínio e para especificar as respectivas soluções. Conceituações são extremamente importantes em ambas as ciências, natural e de <i>design</i> . Eles definem os termos usados para descrever e pensar sobre as tarefas. Eles podem ser extremamente valiosos para <i>designers</i> e pesquisadores.
	Modelos	Um modelo é um conjunto de proposições ou declarações que expressam as relações entre os <i>constructos</i> . Em atividades de <i>design</i> , modelos representam situações como problema e solução. Ele pode ser visto como uma descrição, ou seja, como uma representação de como as coisas são. Cientistas naturais muitas vezes usam o termo ‘modelo’ como sinônimo de ‘teoria’, ou ‘modelos’ como as teorias ainda incipientes. Na <i>Design Science</i> , no entanto, a preocupação é a utilidade de modelos, não a aderência de sua representação à Verdade. Não obstante, embora tenda a ser impreciso sobre detalhes, um modelo precisa sempre capturar a estrutura da realidade para ser uma representação útil.
	Métodos	Um método é um conjunto de passos (um algoritmo ou orientação) usado para executar uma tarefa. Métodos baseiam-se em um conjunto de <i>constructos</i> subjacentes (linguagem) e uma representação (modelo) em um espaço de solução. Os métodos podem ser ligados aos modelos, nos quais as etapas do método podem utilizar partes do modelo como uma entrada que o compõe. Além disso, os métodos são, muitas vezes, utilizados para traduzir um modelo ou representação em um curso para resolução de um problema. Os métodos são criações típicas das pesquisas em <i>Design Science</i> .
	Instanciações	Uma instanciação é a concretização de um artefato em seu ambiente. Instanciações operacionalizam <i>constructos</i> , modelos e métodos. No entanto, uma instanciação pode, na prática, preceder a articulação completa de seus <i>constructos</i> , modelos e métodos. Instanciações demonstram a viabilidade e a eficácia dos modelos e métodos que elas contemplam.

Fonte: March e Smith (1995, p.257-258)

O artefato objeto deste trabalho é um modelo de implementação para escritório de projetos de sistemas prediais implementarem BIM em suas atividades. Visando que não se almeja prioritariamente criar novos conceitos ao nicho do conhecimento, o artefato não se classifica como *constructo*. A sistemática a criada pode tanto ser vista como de tipo modelo e como de tipo instanciação, visto que tanto há uma descrição de como se ocorre uma implementação BIM, a ser utilizada como modelo em aplicações futuras, como também há o uso real da ferramenta, gerando resultados reais.

A abordagem do produto deste trabalho pode ser vista predominantemente como um método, visto que seu cerne são os passos e orientações necessárias para implementar a modelagem da informação da construção. No entanto, optou-se por tratar este produto como um modelo, pois os artefatos do tipo método são bem aplicados na existência de um modelo pré-existente, enquanto que este trabalho propõe analisar preposições e criar sua própria preposição de como deve ser realizada uma implementação BIM, no lugar de apenas descrever ou dar os passos de um de um modelo pré-existente.

3.1. Etapas da Pesquisa

A pesquisa em DSR pode ser subdividida em cinco partes, baseado no trabalho de Vaishnavi e Kuechler (2007), a qual relatam cada etapa e o produto gerado em cada uma:

- Conscientização do problema, onde é gerado a proposição do trabalho e da problemática;
- Sugestão, apresentando uma solução experimental para o problema fundamentado na literatura;
- Desenvolvimento, quando o artefato é detalhado e a aplicação é projetada para gerar dados de retroalimentação;
- Avaliação, por meio do uso do artefato aplicado, com registro do desempenho do modelo e impressões do pesquisador e praticantes;
- Conclusão, na qual os resultados são apresentados, destacando a aplicabilidade prática e contribuições teóricas.

A partir deste roteiro, as atividades são definidas para cada etapa, destacando suas atividades e o produto gerado em cada momento.

3.1.1. Conscientização do problema

Em um primeiro momento, a problemática é estudada através de revisões bibliográficas nas temáticas de projeto de edificações, BIM e sistemas prediais. Utilizou-se a plataforma *Web of Science* que inclui trabalhos multidisciplinares de mais de 7.000 instituições acadêmicas e de pesquisa, governos nacionais, organizações de financiamento e organizações de publicação em 32 idiomas, em mais de 100 países em todo o mundo.

A segunda plataforma utilizada foi o Periódico CAPES, o Portal de Periódicos da CAPES com acervo de mais de 37 mil publicações periódicas, internacionais e nacionais, em mais de 123 bases, incluindo Periódicos Nacionais, *Scielo*, dentre outras.

O resultado desta etapa foi estruturado na revisão de literatura deste trabalho. O conteúdo se inicia no projeto de edificações, expondo a problemática da etapa de projetos e

suas atividades multidisciplinares. A discussão é acentuada em termos processuais e gestão, explorando o conteúdo de forma a analisar a participação dos sistemas prediais como parte do produto, bem como o uso da modelagem no desenvolvimento projeto autoral.

Também foi abordado os Sistemas Prediais em si. Embora não se fez necessário grande penetração no âmago técnico dos sistemas prediais, considerou-se fundamental verificar suas especificidades a fim de permitir distinguir quaisquer aplicações nestes projetos em relação ao projeto arquitetônico e estrutural. No decorrer do trabalho, também se verifica a abordagem dos sistemas prediais na literatura quanto ao relacionamento com o processo global dos projetos e dificuldades de modelagem.

Posteriormente, realizou-se uma narrativa sobre o BIM com suas definições e conceitos, identificando o conteúdo que deve ser considerado ao longo do desenvolvimento das atividades. O maior foco do trabalho, como uma subcategoria do conhecimento da temática BIM, o estudo das implantações BIM foi realizado através de guias práticos aplicados em todo o mundo. Através dos guias, podem ser obtidos relatos das dificuldades relativos ao uso do BIM em todo o mundo, gerando conhecimento universal dos pontos que devem ser atentados ao se criar e utilizar um dispositivo de implantação BIM.

A literatura aborda a modelagem da informação da construção de forma bastante rica e diversificada. Há aplicações desta como política, filosofia, processo, metodologia, paradigma, tecnologia, ferramenta, processo, dentre outras. A complexidade das discussões também varia desde abordagens mais introdutórias e simples, objetivando principalmente disseminar o conhecimento para o público não acadêmico, até argumentações de grande profundidade e especificidade, sugerindo melhorias a sistematizações já realizadas e explorando seu potencial de uso através de induções e aplicações diversas.

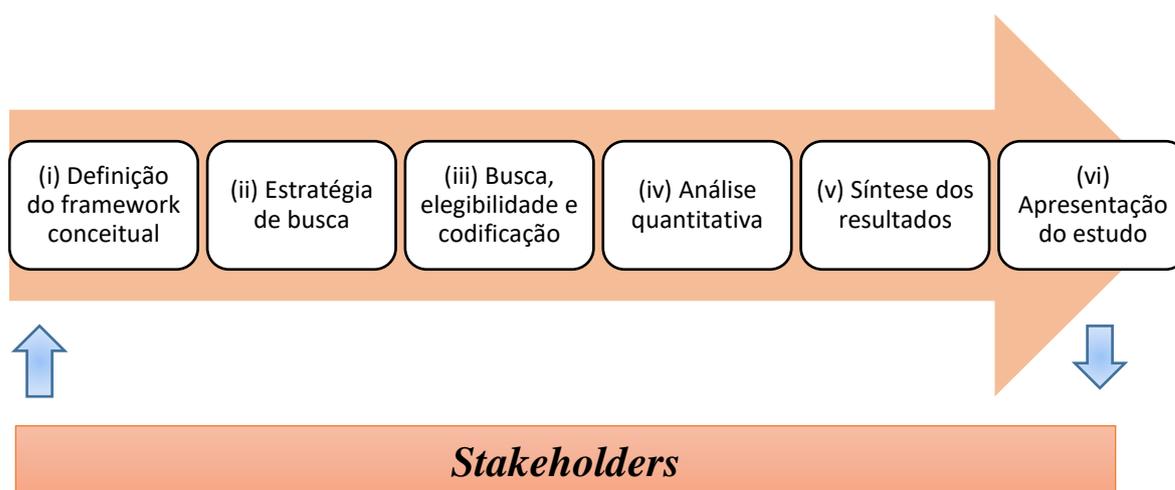
Foram priorizados os materiais direcionado para aplicações BIM introdutórias. Do ponto de vista prático, a simplicidade pode facilitar o cumprimento dos objetivos do artefato gerado.

Ao longo do trabalho, a revisão de literatura é continuamente atualizada, mesmo após criação do artefato. Como os temas abordados são bastante ricos em quantidade e qualidade de produção científica, novas informações podem contribuir para aperfeiçoamento do modelo e do conteúdo já elaborado previamente.

Em um segundo momento, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura voltada para os guias BIM publicados até 2017. Foi utilizado um método proposto por Morandi

e Camargo (2015) que compila e amplia as etapas do processo da RSL baseado nos trabalhos de Khan *et al.* (2003), Gough, Oliver e Thomas (2012), Cooper, Hedges e Valentine (2009) e Smith *et al.* (2011). O método originalmente inclui a escolha da equipe de trabalho, o qual foi omitido neste trabalho, e a relação com os *stakeholders* do processo de revisão, conforme ilustrado na Figura 9 e discutido na seção seguinte deste trabalho.

Figura 9 - Método para revisão sistemática da literatura



Fonte: Adaptado de Morandi e Camargo (2015)

O framework conceitual (i) do presente estudo consistiu em estudar a implementação ou implantação do BIM na construção civil para compreender como ocorreram as experiências práticas de uma implantação nos mais diversos *stakeholders* do desenvolvimento de produtos de construção civil.

A estratégia de busca (ii) se propõe a responder perguntas como: *O que buscar? Onde buscar? Como minimizar o viés? Quais estudos considerar? Qual será a extensão da busca?* A definição da estratégia de busca envolve: *i) Termos de Busca; ii) Fontes de Busca; iii) Critérios de inclusão e exclusão; iv) Viés; e, v) Extensão da Busca* (DRESCH *et al.*, 2015).

A estratégia de busca ocorreu por meio do desenvolvimento de um protocolo voltado a revisões sistemáticas desenvolvido por Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (DRESCH *et al.*, 2015). O protocolo está apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 - Protocolo de Revisão Sistemática da Literatura

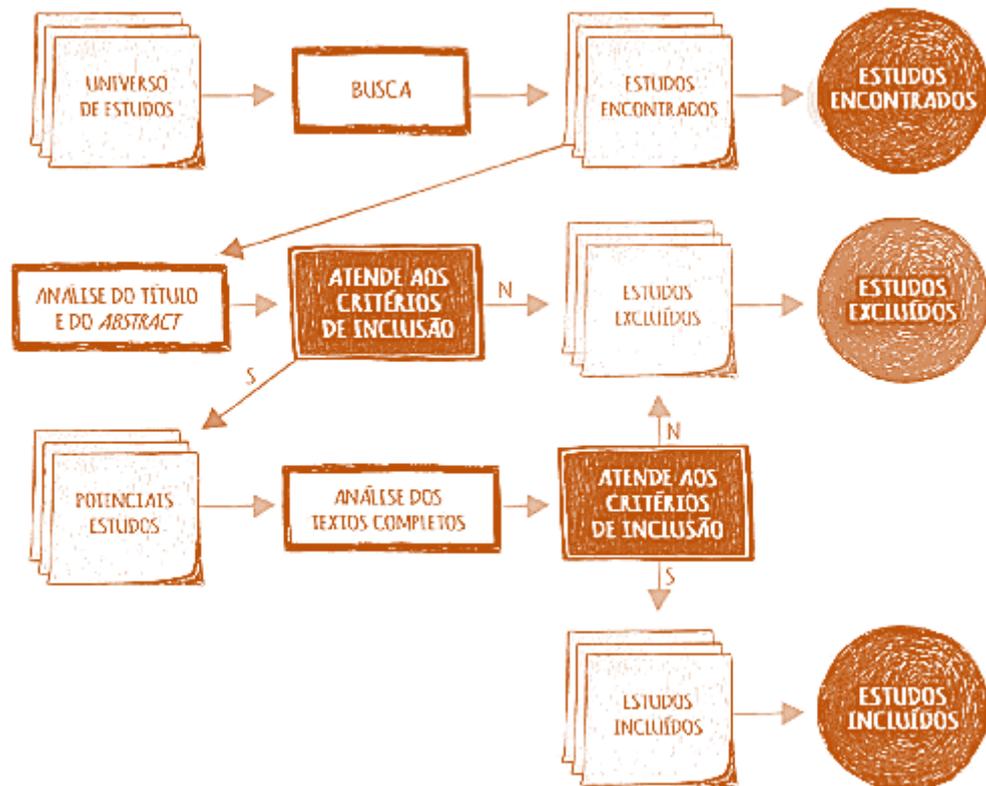
Item	Adotado
Framework conceitual	Estudar a implantação do BIM na construção civil para compreender as metodologias de implantação na cadeia do setor imobiliário, a fim encontrar lacunas e similaridades entre os modelos e propor melhorias
Contexto	Empresas construtoras, escritórios de engenharia e arquitetura, instituições de ensino, poder público, associações a nível global.
Horizonte	Sem restrições
Correntes teóricas	Sem limitações
Idiomas	Inglês e português
Questão de revisão	Como os estudos existentes sugerem a implantação do BIM?
Estratégia de revisão	Agregativa
Critérios de busca	Critérios de Inclusão: “Manuais BIM na Indústria da AEC” ; “Guias BIM na Indústria da AEC”
	Critérios de Exclusão: “Não fala da indústria da AEC”
Termos de busca	“BIM <i>Adoption</i> ”; “Macro BIM <i>Adoption</i> ”; “Macro BIM”; “BIM <i>Implementation</i> ”; “BIM <i>Guide</i> ” “BIM <i>Execution Plan</i> ”; “BIM <i>Implementation Plan</i> ” ; “BIM <i>Guidelines</i> ”.
Extensão da busca	Estratégia exaustiva
Viés	Viés de disseminação
Fontes de busca	Periódico CAPES; EBSCO; Web of Science; Scopus Elsevier; SciELO; ProQuest; Emerald; Google Scholar; Google; Entrevistas com especialistas.

Fonte: O autor (2018)

Após desenvolvida a estratégia de busca, iniciou-se a etapa operacional da revisão sistemática em que foram realizadas as buscas pelos estudos primários, sua seleção e codificação para posterior avaliação (iii). Esta etapa está ilustrada na Figura 10 a seguir. Esta etapa é composta por três ações: (i) busca; (ii) análise do título e *abstract*; (iii) análise dos textos completos. Em conjunto com a segunda e terceira ação, há uma avaliação de atendimento dos critérios de inclusão, de modo a eliminar os estudos primários não relevantes para a RSL.

As buscas foram realizadas nas bases de dados eletrônicas através da inserção das palavras-chaves, conforme Protocolo da RSL da Tabela 10. Após a conclusão das buscas utilizou-se do *screening* com o objetivo de identificar do que trata o estudo primário, além de analisar se o mesmo é útil para auxiliar a responder à questão de pesquisa. Inicialmente foi realizado a leitura dos títulos e *abstracts* a fim de inspecionar sua relevância para a revisão. Os estudos classificados como relevantes foram analisados em profundidade, através de uma leitura analítica, objetivando o entendimento profundo do estudo, de modo a assegurar que ele atende aos critérios de inclusão.

Figura 10 - Processo de busca, elegibilidade e codificação



Fonte: Morandi e Camargo (2015)

Na etapa da busca, foi utilizado as palavras-chave Macro BIM, Macro BIM Adoption, BIM Guide, BIM Guidelines, BIM Implementation e BIM Plan, com e sem “aspas”, em português e inglês, com o propósito de ampliar o universo da pesquisa, buscar e recuperar os registros que contenham as palavras juntas (“termo composto”) e os registros que contenham as palavras, não importando a posição (termo composto).

A análise quantitativa (iv) se relaciona aos objetivos de pesquisas bibliométricas, ajudando a compreender o estado da arte e dos estudos da temática em análise. Foram analisados o ano, local, os autores e público alvo dos guias.

A qualidade da revisão não depende apenas dos estudos primários selecionados, mas do processo de revisão de uma forma mais ampla, desde a correta definição da questão de revisão até a síntese e apresentação dos resultados (KITCHENHAM *et al.*, 2010). O tamanho da credibilidade dos resultados gerados através de uma revisão sistemática da literatura, e consequentemente, sua utilidade para os *stakeholders* é diretamente proporcional à qualidade e à relevância da revisão, que deve considerar os estudos primários selecionados e o processo de revisão de uma maneira ampla (SMITH *et al.*, 2011).

As leituras dos estudos aceitos pelos critérios de inclusão foram realizadas pelo autor e seu conteúdo discutido através de reuniões com os orientadores, com o propósito de nivelar o conhecimento adquirido com a leitura dos estudos e validar conjuntamente a qualidade e relevância dos estudos inclusos na pesquisa. Junto à revisão de literatura, o conteúdo estudado nos guias BIM formou o cerne principal desta pesquisa, com uma contribuição ímpar de agregar conhecimento baseado na prática da indústria da construção. Assim, através destes estudos primários, elaborou-se um modelo estruturado para extração e análise das informações dos estudos.

3.1.2. Sugestão

A etapa de sugestão da DSR iniciou-se com etapa v da RSL, a síntese dos resultados obtidos na revisão de literatura, pressupondo uma combinação interconectada dos resultados, a fim de gerar um novo conhecimento inexistente nos estudos primários, buscando estabelecer relações entre os textos (ADLER; VAN DOREN, 1972) e transformação dos dados, com a finalidade de atender o objetivo que motivou a revisão (GOUGH; OLIVER; THOMAS, 2012).

A estratégia de síntese de resultados empregada nesta revisão sistemática da literatura é do tipo metaestudo, que tem por objetivo identificar as similaridades e discrepâncias entre os estudos primários, buscando construir uma visão mais ampla para a geração da nova teoria (BARNETT-PAGE; THOMAS, 2009). Para realização do metaestudo, foi desenvolvida uma planilha eletrônica estruturada no *Microsoft Excel*, para organização, extração e análise dos conteúdos dos manuais selecionados.

Todos os guias foram classificados em dois grupos principais: BIP e BEP. Muito embora diversos guias se autodenominem um Plano de Implantação / Implementação BIM ou um Plano de Execução BIM, optou-se por se utilizar do conteúdo descrito em seus sumários para dividi-los em grupos. Alguns sumários também tiveram seus *corpus* parcialmente lidos para dar suporte à análise do conteúdo.

O resultado da RSL é a sugestão de um novo guia modelo de implementação BIM baseado nos conteúdos comuns aos guias classificados como BIP. É importante ressaltar que este resultado preliminar gera apenas a versão inicial do artefato, podendo este ser alterado nas demais etapas da DSR.

3.1.3. Desenvolvimento

O desenvolvimento se dividiu em duas questões: (i) a descrição do conteúdo de cada etapa do artefato e (ii) a aplicabilidade prática das etapas do artefato.

Conhecidos as etapas de implementação BIM pelo resultado da RSL, cada conteúdo foi descrito de forma detalhada (i). O detalhamento foi realizado pela leitura em íntegra dos guias classificados pela própria RSL. Para cada tema, os conteúdos foram comparados e avaliados quanto a relevância voltada para o público alvo de escritórios de projetos. Os assuntos mais relevantes e mais frequentes entre os guias foram somados e adequados para a formação de guia detalhado.

No entanto, a criação do artefato pela RSL resultou em um modelo genérico, podendo não atender as particularidades dos escritórios de projetos de sistemas prediais. Como não houve distinção do público alvo dos guias utilizados para a formação do artefato, a versão inicial deste tem alto grau de generalização, podendo ser aplicado a praticamente todos os públicos alvos.

Visando dar maior especificidade ao público alvo deste trabalho, os escritórios de projetos de sistemas prediais, desenvolveu-se um mecanismo para elevar a aplicabilidade prática do artefato (ii).

O mecanismo consiste na coleta e análise de dados pertinentes a melhoria da aplicabilidade do artefato durante o uso do próprio artefato. Embora a aplicação do modelo faça parte da etapa de avaliação da DSR, os dados coletados contribuem para a etapa de desenvolvimento da DSR, pois são coletados dados fundamentais para se gerar um artefato adequado para a sua própria aplicação. A melhoria da aplicabilidade do modelo favorece os objetivos da DSR, visto sua premissa de resolução de um problema real.

Junto a etapa inicial do modelo de implementação BIM, o pesquisador iniciou uma coleta de dados a partir do registro das discussões e comentários dos participantes do experimento da pesquisa. Também foram registradas as impressões do próprio pesquisador, que está presente não só na apresentação do artefato, como também na formulação de cada etapa da implementação BIM.

Por fim, também foi realizada uma entrevista semiestruturada junto aos participantes no término do experimento quanto suas impressões do processo e sugestão de melhorias do conteúdo de cada etapa, como também do próprio artefato.

3.1.4. Avaliação

Na DSR, a avaliação é caracterizada pela aplicação do artefato. O modelo de implementação do BIM foi aplicado em um escritório de projetos de instalações prediais localizado na cidade de Fortaleza, Ceará.

O escritório onde foi aplicado o modelo de implementação desenvolve projetos de diversas disciplinas, subdividindo seus produtos em três grupos: engenharia civil, engenharia elétrica e engenharia mecânica, como segue:

- A engenharia mecânica é formada por um engenheiro mecânico e um projetista de formação técnica em edificações, eles atuam em projeto de ar condicionado com gás refrigerante e água gelada, pressurização, exaustão, gás combustível e gases medicinais.
- A engenharia elétrica é composta por dois engenheiros eletricitas e cinco projetistas, sendo dois formados em eletrotécnica e três desenhistas, atuando em projetos de subestação, gerador de emergência por combustão, elétrica de baixa tensão, telefonia, dados, TV e CFTV.
- A engenharia civil é composta por um engenheiro civil especialista em segurança do trabalho, quatro projetistas formados em edificações, atuando aos pares em projetos hidrossanitários e de combate a incêndio. O projeto hidrossanitário é subdividido em água fria, água quente, sanitário/pluvial e estação de tratamento. O projeto de combate a incêndio não é subdividido, e atende a todos os requisitos do enquadramento normativo de cada empreendimento, segundo as normas técnicas do corpo de bombeiros.
- O escritório ainda conta com mais um desenhista generalista e um administrador que coordena todos os setores da empresa, exceto o operacional.

A empresa prioriza vender um produto de instalações unificado que engloba todas as instalações necessárias à edificação. A tipologia de edificações para as quais são desenvolvidos os projetos de instalações é predominantemente residencial unifamiliar e

multifamiliar de médio e grande porte, embora também atuem em edifícios comerciais, complexos industriais e hospitalares de médio porte.

O modelo inicial de implementação baseado na revisão sistemática de literatura foi aplicado no escritório junto aos diretores, engenheiros e um desenhista. A DSR possibilita que o modelo seja adequado visando se tornar prático a partir dos dados obtidos no uso de seu artefato, o que torna as informações prática de alta estima para o resultado final. Para isso, todas as discussões foram gravadas pelo pesquisador, a fim de compilar os comentários e impressões da equipe e do próprio pesquisador em cada etapa do uso do modelo.

Assim, o artefato foi ajustado para atender necessidades práticas identificadas pela equipe de participantes do experimento. Assim, cada etapa teve seu registro de dados tanto para a aplicação como para a discussão de sua eficácia, importância e melhoria. Ambos os resultados da aplicação e discussão foram realizados junto ao escritório para cada etapa, como também ao término do experimento, onde foi discutido o modelo como um todo, a fim de melhorá-lo.

A funcionalidade do artefato é particularmente importante, haja visto diversos relatos de dificuldade de se implementar BIM, além de conflito entre o conhecimento teórico e prático da temática quando aplicado na indústria de construção brasileira. Frequentemente, o processo da etapa de projetos abordada pela academia não condiz com os estudos de casos realizados nas pesquisas científicas. De forma similar, os modelos de implementação BIM resultantes de trabalhos acadêmicos correntemente podem ser pouco praticáveis. Neste trabalho, foi utilizado um modelo prioritariamente prático, ainda que seja discutida exaustivamente a aplicação se utilizando de conteúdos e processos conceituais amplamente aceito pela academia.

A análise dos dados foi realizada após conclusão do processo de implantação. Foram utilizados os indicadores fornecidos no modelo. Também foram avaliados os resultados tanto a nível acadêmico quanto a nível prático. A avaliação acadêmica foi realizada pelas contribuições científicas geradas na aplicação, enquanto a avaliação prática considerou o resultado gerado para a empresa pelo uso do modelo de implementação BIM.

3.1.5. Conclusão

Conforme proposto pela DSR, foram destacadas as contribuições teóricas oriundas da experiência prática. O resgate teórico pode incluir novos conceitos, baseados nas evidências da revisão de literatura e da coleta de dados comprovados realizada pelo pesquisador.

Nesta etapa final, também foram expostas e comentadas as hipóteses do trabalho e todos os objetivos específicos. O resultado final da aplicação do modelo é discutido, bem como todas as possíveis aplicações, as particularidades da implantação, possíveis melhorias do artefato e sugestões de trabalhos futuros.

Na Tabela 11 abaixo, são destacados os principais produtos gerados em cada etapa, conforme seções discutidas anteriormente.

Tabela 11 - Produto gerado por etapa de pesquisa

Etapa	Produto
Conscientização	Revisão de literatura
	Descrição dos guias BIM
Sugestão	Classificação dos guias BIM
	Versão inicial do modelo de implementação
Desenvolvimento	Descrição do modelo de implementação
	Versão final do modelo de implementação
Avaliação	Aplicação dos resultados
	Discussão dos resultados
Conclusão	Contribuições teóricas
	Contribuições práticas

Fonte: O autor (2018)

Os produtos foram inclusos no corpo do trabalho e os documentos externos da aplicação prática foram inseridos como anexo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na primeira etapa de busca da RSL foram obtidos 313 estudos primários. Na segunda etapa, os trabalhos foram analisados através de seu título e *abstract*, onde foram identificados diferentes conteúdos, como artigos, guias BIM e outros estudos relacionados ao BIM. O resultado está disposto na Tabela 12 a seguir:

Tabela 12 - Distribuição dos resultados de busca

Tipo	Resultado
Artigos	204
Guias BIM	71
Outros estudos do BIM na AEC	38
Total	313

Fonte: O autor (2018)

Os outros estudos variavam quanto ao conteúdo, desde uma apresentação do BIM ao público leigo, como discussões a possíveis aplicações futuras, sem necessariamente seguir uma metodologia científica.

De posse dos resultados primários, iniciou-se a terceira etapa da RSL com a verificação do atendimento dos critérios de inclusão: (i) Análise do Título e *abstract*; (ii) Análise do texto completo; e, (iii) validação multifocal entre o pesquisador e orientador.

Com a pesquisa direcionada aos manuais BIM, não foram obtidos resultados nas bases de dados científicas, como Periódico CAPES, EBSCO, *Web of Science*, *Scopus Elsevier*, *Scielo*, *Proquest*, *Esmerald* e Ambiente Construído. Estas bases apresentavam diversos artigos em periódicos e congresso, mas não atendiam aos critérios de inclusão desta pesquisa, conforme início da Tabela 13 a seguir:

Tabela 13 - Resultados aprovados por etapa do critério de aceitação

Base de Dados	Busca	Título e abstract	Análise dos textos completos	Avaliação da Qualidade
Periódico CAPES; EBSCO; Web of Science; Scopus Elsevier; Scielo; ProQuest; Emerald; Ambiente Construído;	170	20	0	0
Google; Google Scholar	139	100	82	68
Entrevistas com Especialistas	4	4	4	3
Total	313	124	86	71

Fonte: O autor (2018)

A base *Google* e *Google Scholar* apresentaram 82 estudos para análise de conteúdo completo e 68 resultados aprovados pelos critérios de inclusão, correspondendo a principal fonte de resultados do trabalho. Os resultados não aceitos nestas bases se tratavam de artigos, estudo BIM e estudos diversos. Para complementar a amostra, foi realizada consultas junto a especialistas BIM de Fortaleza, onde os mesmos sugeriram a inclusão de 4 novos manuais, os quais foram analisados e 3 deles aprovados pelos critérios de inclusão. Assim, houve uma aceitação de 22,68% dos resultados encontrados.

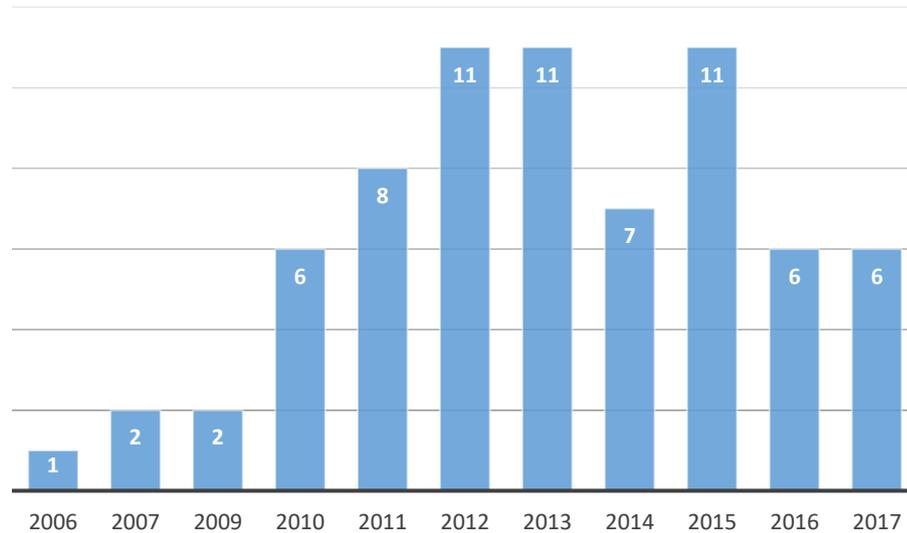
4.1. Descrição dos guias BIM

Os 71 manuais aprovados pelos critérios de aceitação apresentaram variação com relação ao número de páginas, variando de 20 à 532 páginas, com uma média de 107 páginas. Os guias foram indexados e listados no Anexo A. Diversas informações dos guias foram utilizadas como resultado deste trabalho e, para fins de rastreabilidade e referenciamento, foram adicionados sobrescrita as informações dos guias o número ao qual o guia foi indexado, conforme Anexo A.

O primeiro guia localizado foi realizado em 2006 pelo governo dos Estados Unidos da América, intitulado *Building Information Modeling (BIM): A road map for implementation to support MILCON transformation and civil Works projects within the U. S. Army Corps of Engineers* ^[64]. No ano seguinte, o governo dos norte americano deu continuidade, publicando o *Construction Operations Building Information Exchange (COBIE): Requirements Definition and Pilot Implementation Standard* ^[65]. Ainda no mesmo ano, foi lançado o *Integrated Project Delivery: A Guide* ^[53], desenvolvido pela *The American Institute of Architects (AIA)*, que se

tornou um marco importante para a implementação e difusão do BIM a nível mundial, sendo um grande referencial ainda nos dias atuais. A partir daí, em 2009 outros guias começaram a ser lançados, conforme o Gráfico 1 a seguir:

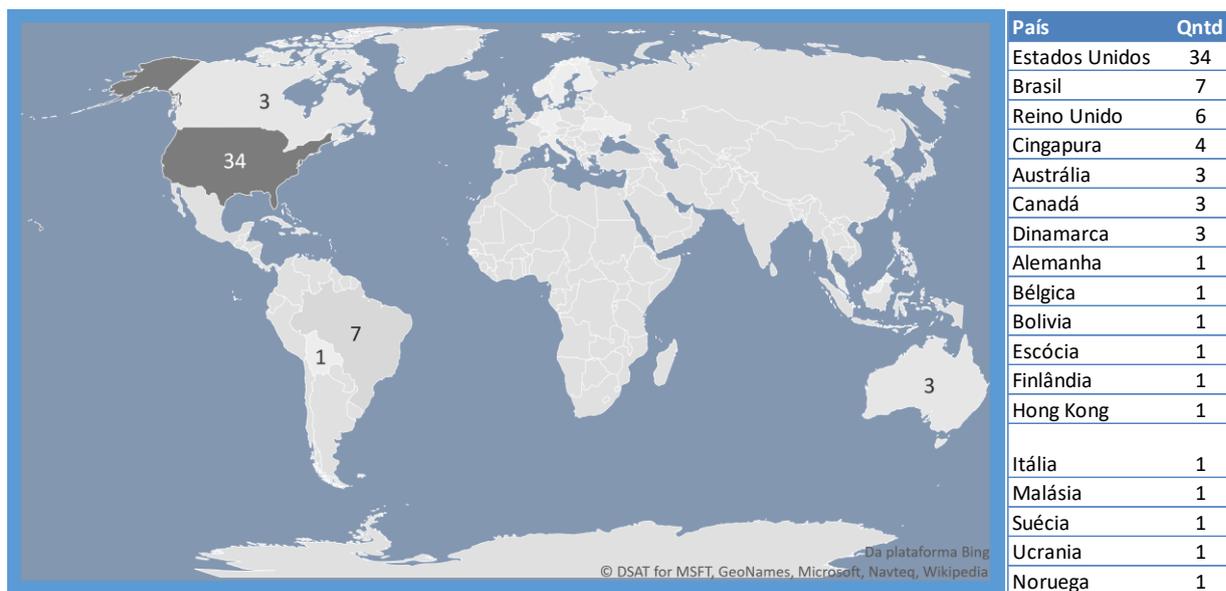
Gráfico 1 - Distribuição temporal de guias BIM



Fonte: O autor (2018)

Observa-se que há um crescimento de publicações entre 2006 até 2012, em que durante 4 anos, houve uma constante máxima de publicações, exceto pelo ano de 2014 em que houve uma queda. Desde então, houve uma desaceleração das publicações relacionadas ao tema. O Gráfico 2 apresenta uma distribuição de nacionalidade da origem da publicação dos guias.

Gráfico 2 - Distribuição de nacionalidade dos guias BIM



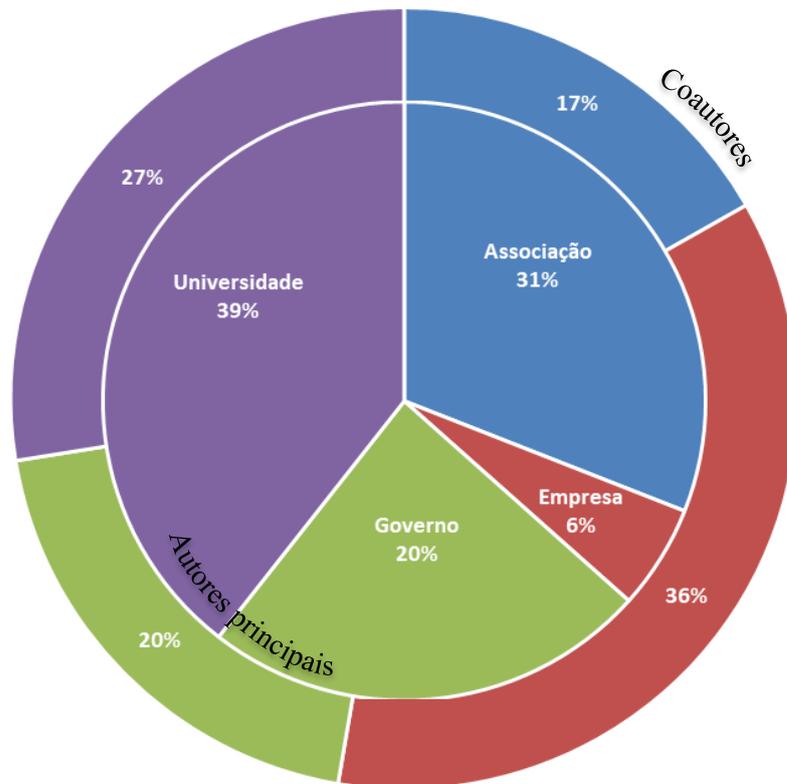
Fonte: O autor (2018)

Ao todo, foram encontrados guias oriundos de 18 países, sendo a maior parte publicado nos Estados Unidos, correspondendo a 47,9% do total. Em segundo lugar, encontra-se o Brasil com 7 guias ou 9,86% dos 71 guias encontrados. Em 11 países encontrou-se apenas 1 guia publicado. Todos os guias detectados estão escritos em idioma inglês ou português, com exceção de 3 guias ^{[66], [69], [71]}.

Estima-se que haja mais guias publicados, os quais não foram detectados na pesquisa pois foram utilizados apenas palavras-chave em português e inglês. Uma busca mais completa em outros idiomas poderia ampliar os resultados..

Com relação a iniciativa para estes guias, observa-se uma predominância das Universidades (39%), com grande participação das Associações de profissionais de AEC (31%) e Governo (20%), com pequena participação das Empresas (6%). Apesar das empresas possuírem a menor iniciativa para a publicação destes guias, elas possuem intensa e grande participação como coautores (36%), seguindo pelas Universidades (27%), Governo (20%) e pelas Associações (17%), conforme é ilustrado no Gráfico 3.

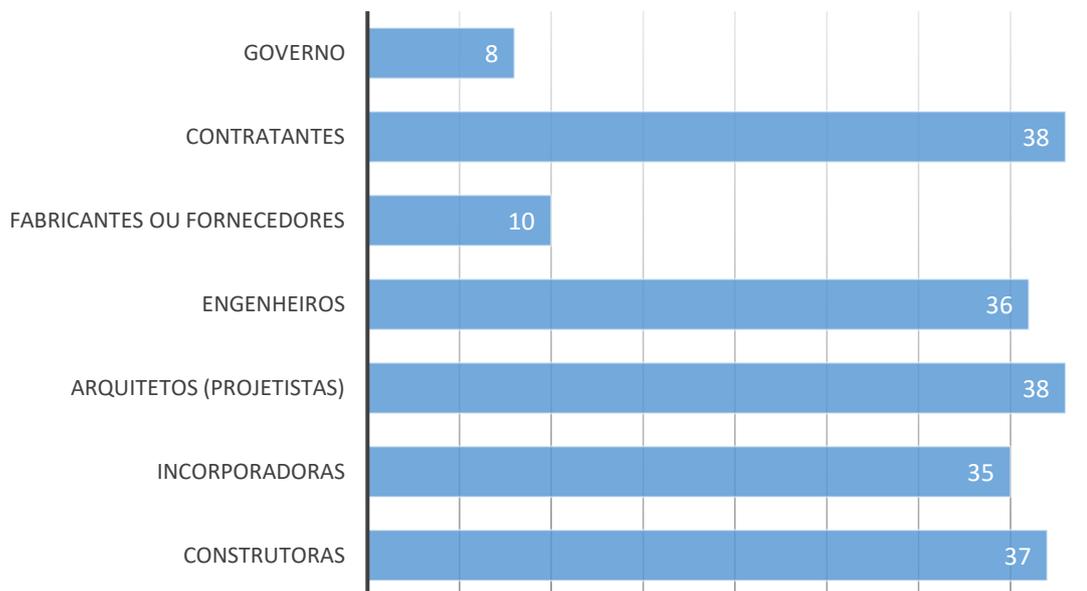
Gráfico 3 - Participação de autores principais/iniciativa e coautores



Fonte: O autor (2018)

Concluindo a análise quantitativa, verificou-se o público alvo aos quais os manuais se destinam, separando-os nas seguintes categorias: Governo; Fabricantes ou Fornecedores; Engenheiros; Incorporadoras; Arquitetos ou Projetistas, e; Contratantes. A maioria dos guias se destinam a mais de um público alvo, indicando como público-alvo um ou mais categorias citadas acima, como pode ser visto no Gráfico 4.

Gráfico 4 - Público alvo dos guias BIM



Fonte: O autor (2018)

Os guias apresentaram uma distribuição bastante equilibrada quando se trata de público-alvo do tipo Contratantes, Engenheiros, Arquitetos, Incorporadoras e Construtoras. Muito embora os projetistas também sejam formados por engenheiros, notamos que os guias tratam a categoria de engenheiros como responsáveis pela gestão, planejamento e execução da obra. Já os engenheiros projetistas se restringem a etapa de projetos, normalmente desempenhada centralizada na figura do arquiteto.

Observa-se que apenas 10 dos guias se destinam aos fabricantes/fornecedores. O uso pleno do BIM tem por características envolver todos os agentes da construção, inclusive os fabricantes que devem fornecer meios de incluir os dados de seus produtos na modelagem da construção. A baixa incidência dos fabricantes pode dificultar e até retardar o advento do BIM. A situação é ainda mais crítica quando se trata do governo, pois menos de 8 guias se destinam ao próprio governo. O uso do BIM pelo governo é bastante incentivado na literatura, sendo apontado frequentemente que a partir do momento que os governos se utilizarem do BIM em seus instrumentos de aprovação e regulação, os escritórios, construtoras e incorporadores da região tendem a fazer adesão ao BIM.

4.2. Classificação dos guias BIM

A partir da análise dos sumários e leitura parcial dos 71 sumários dos guias, considerando até dois níveis de sumário (1 e 1.1), foram geradas duas classificações principais dos guias: BIP e BEP. Na prática, foram considerados 5 agrupamentos, conforme apresentados no Gráfico 5.

Gráfico 5 - Agrupamentos dos guias analisados



Fonte: O autor (2018)

Após análise de todos os sumários de forma sistêmica, foi considerado como BIP ou Plano de Implementação BIM os guias que falam de controle e gerenciamento do projeto de implantação BIM, incluindo investimento em infraestrutura, mudança de cultura, revisão de processos de trabalho e treinamento de equipe em um *software* de desenvolvimento de modelos. Alguns guias se denominaram tanto como guia de implantação como guia de implementação, no entanto, embora haja diferença semântica no significado, os conteúdos dos guias eram similares e podiam ser agrupados na mesma categoria, ao qual chamamos de guia de implementação.

Já para o BEP ou Plano de Execução BIM considerou-se a definição de estratégia e requisitos específicos para uso/contratação BIM, contemplando ainda: definição do uso e objetivos dos modelos; extensões de entrada e saídas, *softwares* e versões; formatação padrão de nomenclaturas de arquivos, bibliotecas, etc.; fluxo de trabalho e cronograma de projeto; diretrizes de integração dos modelos; interoperabilidade e procedimentos de comunicação; requisitos de informação dos elementos; nível de desenvolvimento dos modelos; definição dos ajustes e controles de qualidade dos modelos BIM, e; controle de qualidade dos modelos,.

Os guias híbridos da ABDI-MIC de 2017^[04], do *Computer Integrated Construction Program* de 2011^[21], como também os BIM Handbook de Estman *et al* de 2011 e 2014^{[26], [27]} e o *BIM and Construction Management* de Hardin e Mccool de 2015^[34] se tratam de publicações com conteúdo majoritariamente educacional sobre o BIM, com pouca profundidade e conteúdo suficiente para introduzir o BIP e BEP. No entanto, a análise dos sumários destas publicações se mostrou ineficiente, pois o conteúdo de implementação ou execução representavam apenas um tópico dentre diversos conteúdos abordados nos mesmos. Logo, esses guias não fazem parte da análise de sumários e, por conseguinte, da definição do conteúdo BIP e BEP, no entanto podem ser considerados na criação de modelos de implementação ou de execução.

Também não foram considerados 6 guias por seus sumários e textos principais terem acesso restrito via *web*, além de 13 publicações que não apresentavam estrutura de sumário compatíveis com os conteúdos de BIP e BEP arbitrados inicialmente. Estes guias apresentavam abordagens diferenciadas incompatíveis com a análise comparativa com os demais guias, normalmente de caráter bastante introdutório ao BIM.

Como o objetivo deste estudo é analisar os BIPs, excluíram-se os 28 BEPs, resultando em 19 publicações, cujas análises são apresentadas no próximo tópico deste trabalho.

4.3. Plano de Implementação BIM

A relação de publicações enquadradas como BIP está apresentada na Tabela 14 a seguir:

Tabela 14 - Guias de Implementação BIM

<i>Guias Building Implementation Plan</i>
[01] - <i>Building Information Modelling – Belgian Guide for the construction Industry</i>
[05] - Guia AsBEA Boas Práticas em BIM. Fascículo 1
[06] - Guia AsBEA Boas Práticas em BIM. Fascículo 2
[07] - Manual de Implantação do Piloto BIM
[15] - Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras
[20] - <i>LACCD Building Information Modeling Standards</i>
[22] - <i>BIM Planning Guide for Facility Owners</i>
[39] - <i>NATSPEC National BIM Guide</i>
[43] - <i>State of Ohio Building Information Modeling Protocol</i>
[44] - <i>BIM Implementation in early design stage</i>
[46] - <i>International BIM implementation Guide</i>
[48] - <i>Building Information Modeling (BIM) Implementation Plan</i>
[52] - <i>Statsbygg Building Information Modelling Manual</i>
[57] - <i>The VA BIM Guide</i>
[58] - <i>GSA BIM Guide for facility Management</i>
[63] - <i>Building Information Modeling (BIM) Roadmap: Supplement 2 – BIM implementation plan for military construction projects, Bentley platform</i>
[64] - <i>Building Information Modeling (BIM): A road map for implementation to support MILCON transformation and civil Works projects within the U. S. Army Corps of Engineers</i>
[65] - <i>Construction Operations Building Information Exchange (COBIE): Requirements Definition and Pilot Implementation Standard</i>
[71] - <i>Procesos de implementación de Tecnologías BIM y diseño bajo las mismas en empresas de Ingeniería</i>

Fonte: O autor (2018)

Inicialmente os guias foram traduzidos para idioma brasileiro. Houve bastante diversidade de termos utilizados em cada guia, os quais foram padronizados por similaridade de conteúdo através da leitura dos capítulos na íntegra. Os temas recorrentes viraram categorias e foram utilizados para reagrupar os guias BIP. Diversos temas com baixa recorrência ou arbitrados pelos autores como divergentes de um Plano de Implementação BIM foram agrupados como itens introdutórios ou não foram considerados. O resultado foi um agrupamento de 11 categorias, conforme mostra a Tabela 15.

Tabela 15 - Síntese do conteúdo dos guias de implementação BIM

Análise de conteúdos BIP
01. Introdução ao BIM
02. Aspectos de planejamento e estratégia [48], [64], [06], [58], [57], [43], [71].
03. Requisito 2D, 3D e de modelagem [39], [64], [06], [58], [20], [57], [65], [43].
04. Procedimentos de colaboração e compartilhamento [39], [01], [15], [06], [57], [71].
05. Processos e fluxo de trabalho em BIM [05], [63], [44], [15], [06], [20], [65],
06. Equipe, papéis e responsabilidades BIM [39], [01], [05], [64], [06], [57].
07. Treinamento [05], [63].
08. Entregáveis BIM [46], [63], [44], [15], [06], [58].
09. Software e tratamento dos dados [39], [05], [63], [57], [65], [71].
10. Bibliotecas BIM [48], [63], [15], [06], [58], [20], [57].
11. Contratos colaborativos [44], [15].

Fonte: O autor (2018)

Na introdução ao BIM, foram considerados os seguintes temas: o BIM; a modelagem da informação da construção; definições; fundamentos; histórico; implementação; métodos; recursos; tecnologia; organização; oportunidades; benefícios ou valor agregado; obstáculos; inovação; estudos de caso; suporte; funcionalidades; implicações; recomendações; desafios, e; conclusão. Embora pareça inadequado agrupar as conclusões na categoria de introdução ao BIM, os conteúdos abordados nas conclusões tinham afinidade à temática estudada como um aspecto introdutório, por isso foram considerados na introdução ao BIM.

Ainda na introdução, mesmo com baixa recorrência, foram abordados outros conteúdos relevantes, como boas práticas, categorização do status BIM pré-implementação, alterações necessárias no processo de desenvolvimento convencional (sem BIM) e importância do processo de implementação por etapas.

No item 2 “Aspectos de planejamento e estratégia” foram agrupados a visão e objetivos de implementação. No item 9 “*Software* e tratamento dos dados” foram incluídos a segurança dos dados, armazenamento, organização e padronização dos dados. O item 10 “Bibliotecas BIM” também contempla os objetos e elementos BIM, LOD e características da qualidade.

4.3.1. Versão inicial do modelo de implementação BIM

A partir da análise de conteúdo BIP, foi gerado um modelo de implementação BIM, conforme segue ilustrado na Figura 11 detalhado a seguir:

Figura 11 - Versão inicial do modelo de Implementação BIM



Fonte: O autor (2018)

Cada item passou por uma descrição, uma aplicação e a discussão dos resultados. No primeiro momento, houve uma descrição detalhada de cada etapa do modelo de implementação baseada no conteúdo dos guias BIM. Embora o texto dos guias seja direcionado à governos, contratantes, fabricantes, fornecedores, engenheiros, arquitetos, construtoras e incorporadores, a seleção do conteúdo foi voltada para o público alvo de projetistas, indicando ainda o guia fonte de cada parte. O sistema de referência foi diferenciado do restante do trabalho, apenas indicando sua origem entre colchetes para favorecer tanto a leitura quanto o estudo aprofundado dos leitores, caso necessário.

A aplicação ocorreu através de uma apresentação do pesquisador para a equipe do escritório, reuniões com a equipe de trabalho e as atividades operacionais. O registro das informações foi auxiliado por gravação de áudio e notas do pesquisador.

A discussão dos resultados ocorreu após a conclusão de cada etapa. Foram gravados os relatos de cada membro da equipe quanto as atividades exercidas, a opinião sobre eficácia e importância da etapa, as principais dificuldades enfrentadas e sugestão de melhoria. Ao término da aplicação do modelo, foi coletada as impressões tanto da última etapa, quanto do modelo como um todo. Foi organizado um modelo roteiro para auxiliar a coleta de dados, anexo a este trabalho.

Embora cronologicamente tenha sido realizada primeiro a descrição de todas as etapas, seguido de uma aplicação por etapa junto a discussão de cada anterior, optou-se por apresentar cada descrição seguida de sua aplicação e discussão para facilitar a leitura e entendimento de cada parte do modelo de implementação BIM, conforme segue.

4.3.1.1. Introdução ao BIM

Na etapa 1 de introdução ao BIM, sugere-se apresentar o próprio processo de implementação BIM, explicando sucintamente cada etapa para fins de uma visão global do processo de implementação. Também é recomendada a adoção de um ou mais mecanismos de disseminação do conceito e fundamentos BIM, como apresentações, grupos de estudos, contratação de palestras de especialistas, dentre outras alternativas. A seleção da forma como será realizada a introdução BIM é variada e pode se adaptar às preferências dos envolvidos no processo. Mesmo sem grande profundidade, é considerado fundamental que a equipe que participar da implantação esteja motivada e ciente dos benefícios, oportunidades e desafios da modelagem da informação da construção, garantindo a ininterrupta implementação BIM.

4.3.1.1a. Aplicação

Para a realização desta etapa, foi agendada uma reunião com a direção e equipe de trabalho para uma apresentação da modelagem da informação da construção e do modelo de implementação BIM. Junto ao administrador do escritório, também foi acertado a seleção um guia BIM referência para estudos iniciais da equipe antes da apresentação. Foi utilizado o Volume 1: Fundamentos BIM da Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras, publicado pela CBIC em 2016.

A reunião introdutória durou aproximadamente 6 horas com a equipe que participou da implementação: o administrador, engenheiro civil, engenheiro mecânico e projetista eletricitista. Nesta, foi realizada uma apresentação sucinta do pesquisador sobre BIM contemplando o conteúdo do capítulo 3 da revisão de literatura deste trabalho e uma discussão sobre o conteúdo do guia estudado pela equipe.

Ainda na reunião introdutória, foi apresentado o artefato de trabalho do processo de implementação BIM. A apresentação do modelo de implementação fez parte da primeira etapa do próprio modelo, junto ao modelo de implementação BIM não preenchido, anexo B deste trabalho.

4.3.1.1b. Discussão dos resultados

Na introdução ao BIM, também foram considerados os seguintes temas como definições; fundamentos; benefícios e obstáculos. Todos os envolvidos alegaram ter realizado o estudo do guia da CBIC junto a outras pesquisas paralelas individuais.

A percepção do entendimento do BIM pela equipe do escritório foi excelente por parte do engenheiro mecânico, provavelmente por ser mestre em engenharia. Os demais participantes tinham convicções de BIM primordialmente como ferramenta e tecnologia, apresentando dificuldade moderada em entender os aspectos processuais e políticos BIM.

O conteúdo da discussão sobre BIM foi bastante multidisciplinar. A discussão contemplou desde a questão da inovação e diferencial do produto como vantagem competitiva por parte do administrador, como também funcionalidades e aspectos técnicos das ferramentas BIM por parte do projetista eletricitista. O engenheiro civil, responsável pela gestão do projeto, adicionou bastante as questões metodológicas, organizacionais e implicações no processo de projeto. Embora a discussão tenha se prolongado muito além do programado, este foi um momento bastante rico devido visões tão distintas, porém complementares, da direção do escritório, do gestor e também do próprio projetista.

4.3.1.2. Planejamento e estratégia

No aspecto de planejamento estratégico são definidos como o plano de implementação ocorrerá em consonância ao planejamento estratégico da empresa onde será aplicada o BIP. Sugere-se estabelecer os objetivos da implantação, tais como aumentar a confiabilidade na documentação produzida, assertividade e garantia das melhores soluções de projeto e antecipação da identificação dos problemas. Baseado em objetivos do contratante, ainda pode-se citar a redução de erros e alterações de obra, geração de informação atualizada e confiável para operação e manutenção da edificação ^[06]. Os objetivos podem ser separados em quatro grupos ^[43], conforme ilustrado na Tabela 16.

Tabela 16 - Objetivos de implementação em relação ao planejamento

Grupo	Descrição
Imediatos	Método flexível de comunicar expectativas do proprietário sobre o tipo de dados contido no BIM e seu respectivo LOD; estabelecer expectativas mínimas BIM enquanto incorpora processo que forneça valor imediato ao proprietário; encorajar indústria a adotar BIM para proprietários receber benefícios da tecnologia.
Curto prazo	Facilitar o refinamento e padronização de requisições de especificações definidas pelo proprietário em BIM; explorar opções de implementar BIM para determinar estratégia prática ótima para os proprietários públicos, e; maximizar a integração do BIM com os métodos de entrega do projeto para a vantagem de todos os participantes e stakeholders do projeto;
Médio prazo	Aumentar os requisitos mínimos BIM em relação a tendências de adoção na indústria; aumentar os LODs definidos dos grupos de detalhes usados para descrever a expectativas do proprietário em alinhamento com os avanços em tecnologia e necessidades dos negócios, e; aumentar a quantidade e os tipos de dados relevantes associados ao BIM à medida que o número de aplicativos comerciais conectados aumenta ao longo do tempo.
Longo prazo	Maximize o valor e o benefício do BIM para os proprietários.

Fonte: O autor (2018)

Para cada objetivo, ainda devem ser relacionadas metas mensuráveis. A medição fica a cargo da criação de indicadores, cujas métricas pré-estabelecidas ajudam no controle do processo de implementação.

Em outra abordagem, podem-se ser estabelecidos cenários desejados e o tempo máximo para cumprimento destes, tais como criar a capacidade de realizar: operação inicial em até 2 anos; interoperabilidade em todo o ciclo de vida das instalações em até 4 anos; operação completa em até 6 anos; gestão de ativos em até 6 anos; automatização de tarefas no ciclo de vida em até 14 anos ^[64]. Também sugere-se trabalhar com princípios tais como clareza, destacar os benefícios, fácil compreensão, não propriedade, adaptação, competitividade e inovação ^[48].

4.3.1.2a. Aplicação

A etapa 2 de planejamento e estratégia se iniciou em uma segunda reunião com o administrador, engenheiro civil e mecânico. Foi disponibilizado o conteúdo do modelo de implementação, sugerindo o estabelecimento de objetivos, metas e indicadores BIM alinhados ao planejamento estratégico do escritório. Para cada objetivo deveriam estar ligadas metas e métricas com unidade bem estabelecida. Por fim, também deveriam ser estabelecidos objetivos imediatos, de curto, médio e longo prazo.

O administrador prometeu uma reanálise no planejamento estratégico para inclusão de objetivos ligados ao BIM. No entanto, a etapa 2 só foi cumprida no início de janeiro, na confecção do planejamento estratégico de 2018.

Inicialmente, foram estabelecidos objetivos a serem cumpridos ao longo do ano, mas devido ao prazo de conclusão do trabalho, os objetivos foram parcialmente omitidos, visando redução do ciclo de implementação para cumprir os prazos deste trabalho. A abordagem inicial sugerida principalmente pelo administrador inclui: formar produto BIM a preço competitivo, estabelecendo metas e indicadores para igualar custos de produção ao processo sem BIM; desenvolver produto em BIM, com meta de 50% da equipe operacional trabalhar em BIM, formação do processo e dos *templates*, com indicadores de treinamentos, arquivos de *template* e projeto piloto; aumento da qualidade e detalhamento do projeto, através de vistas tridimensionais e inclusão de informações não geométricas; aumento da compatibilidade entre projetos internos, a partir da inclusão de *links on-line* entre projetos, *clash detection* e redução de erros de projeto. Os objetivos foram mantidos desta forma no planejamento estratégico da empresa.

No entanto, a equipe preferiu alterar a abordagem estabelecendo apenas objetivos imediatos para um primeiro ciclo de implementação, considerados objetivos de curto prazo, sem estabelecer formalmente os objetivos de médio e longo prazo. Também foi decidido que os objetivos seriam estabelecidos por ciclo de implementação, assim, os objetivos de médio e longo prazo seriam objetivos imediatos de outros ciclos de implementação BIM, através de novas aplicações do modelo de implementação BIM.

Os objetivos, metas e indicadores do primeiro ciclo de implementação BIM, foram estabelecidos como segue na Tabela 17 a seguir:

Tabela 17 - Objetivos, metas e indicadores do escritório de sistemas prediais

Objetivo	Meta	Indicador
1 Desenvolver um projeto multidisciplinar em BIM	1.1 Base do <i>template Revit</i> do escritório 1.2 Projeto piloto hidrossanitário 1.3 Projeto piloto elétrico 1.4 Projeto piloto de climatização	1.1.1 Formatação de letra (%) 1.1.2 Formatação de linhas (%) 1.1.3 Formatação de conversão DWG para RVT (%) 1.1.4 Formatação da cercadura (%) 1.2.1 / 1.3.1 / 1.4.1 <i>Template de Instalação</i> (s/n) 1.2.2 / 1.3.2 / 1.4.2 Desenho da rede e equipamentos (%) 1.2.3 / 1.3.3 / 1.4.3 Vistas e Marcadores (s/n e %) 1.2.4 / 1.3.4 / 1.4.4 Detalhamentos (unds) 1.2.5 / 1.3.5 / 1.4.5 Quantitativos (unds) 1.2.6 / 1.3.6 / 1.4.6 Desenho RVT e PDF (unds)
2 Desenvolver processo colaborativo interno	2.1 Diretório <i>on-line</i> de arquivos 2.2 Link <i>on-line</i> entre disciplinas de instalações 2.3 <i>Clash Detection</i>	2.1.1 Nomenclatura padronizada (s/n) 2.1.2 Árvore do diretório (s/n) 2.2.1 <i>Link</i> HID (s/n) 2.2.2 <i>Link</i> ELE (s/n) 2.2.3 <i>Link</i> CLI (s/n) 2.3.1 Relatório de interferência HID x ELE x CLI (s/n)
3 Organizar bibliotecas BIM	3.1 Criar sistema de categorização 3.2 Catalogar famílias e detalhes utilizados	3.1.1 Categorias LOD (unds) 3.1.2 Categoria quanto a parametrização (unds) 3.1.3 Categoria para conversão DWG/RVT (unds) 3.2.1 Famílias hidrossanitárias (unds) 3.2.2 Detalhes hidrossanitários (unds) 3.2.3 Famílias elétricas (unds) 3.2.4 Detalhes elétricos (unds) 3.2.5 Famílias de climatização (unds) 3.2.6 Detalhes de climatização (unds)
4 Formar equipe BIM	3.1 Equipe hidrossanitária 3.2 Equipe elétrica 3.3 Equipe de climatização	3.1.1 Engenheiro civil 3.2.1 Projetista eletricitista 3.3.1 Engenheiro mecânico
5 Dispor infraestrutura para modelagem	5.1 <i>Softwares</i> 5.2 <i>Hardware</i>	5.1.1 Software de modelagem (s/n) 5.2.1 Computadores (unds)

Fonte: O autor (2018)

Os indicadores 1.2, 1.3 e 1.4 são os mesmos e foram apresentados juntos, porém foram medidos separadamente nas avaliações parciais. As unidades de todos os indicadores foram representadas entre parênteses, indicando se a mesma é (s/n) que significa sim ou não, (unds) que significa por contagem de unidades ou (%) para controle do percentual até a efetivação total do indicador.

Também foram registrados de pretensões futuras, que não fariam parte do primeiro ciclo de implementação, tais como: análises energéticas, simulação de consumo de água e elétrica, estudo de desempenho térmico, dimensões de tempo e custo, contratação em BIM.

A equipe mostrou particular interesse para no aumento da confiabilidade da documentação do projeto. Este foi considerado um item de altíssima relevância pela equipe, devido à grande quantidade de cálculos de dimensionamentos presente nos sistemas prediais. Para tal, seria necessário a inclusão de treinamento em outros *softwares* de programação visual como *Dynamo* ou similares. No entanto, foi decidido que esta questão ficará para próximos ciclos de implementação.

Também foi realizado um cronograma para a conclusão do ciclo de implementação BIM baseado nas etapas do modelo, conforme segue na Figura 12 a seguir:

Figura 12 - Cronograma inicial de implementação BIM

ATIVIDADE	DURAÇÃO (semanas)	1s 2s 3s 4s															
		Dezembro				Janeiro				Fevereiro				Março			
Introdução ao BIM	2	■	■														
Planejamento e estratégia	2		■	■													
Requerimento BIM	1			■													
Procedimentos de colaboração	1				■												
Processos	2					■	■										
Equipe	1						■										
Treinamento	6					■	■	■	■	■	■	■	■				
Entregáveis BIM	1											■					
Software	1												■				
Bibliotecas	2													■	■		
Contratos	0																
Projeto Piloto	4													■	■	■	■

Fonte: O autor (2018)

O cronograma foi previsto para uma duração de 4 meses iniciado em dezembro. As atividades foram espaçadas ao longo das semanas para não prejudicar as atividades correntes do escritório.

4.3.1.2b. Discussão dos resultados

Os objetivos apontados inicialmente pelo administrador foram considerados mais apropriados como objetivo devido sua ligação ao planejamento estratégico com a empresa. No entanto, houve dificuldades quanto ao estabelecimento de metas, indicadores e unidades de medida, principalmente devido o desconhecimento da características e benefícios do BIM.

Houve uma alteração na abordagem dos objetivos, onde estes se relacionavam as próprias etapas do modelo de implementação BIM. Mesmo nesta abordagem, a equipe apresentou grande dificuldade e definir os objetivos, metas e indicadores. Estes três itens foram alterados ao longo da aplicação BIM, relacionados a cada etapa BIM. Acredita-se que tais dificuldades poderiam ser dizimadas por uma apresentação mais rica e detalhada quanto as possibilidades de uso e benefícios BIM e suas ferramentas.

A equipe sugeriu ainda, a nível estratégico, objetivos indiretos os quais foram adicionados como nota no planejamento estratégico, tais como: Aumentar qualidade da construção; Aumentar precisão do prazo da construção; Aumentar precisão dos custos da construção; Reduzir quantidade de revisões de projeto, e; Facilitar revisão da documentação de projeto. Não foram estabelecidos metas ou indicadores para estes interesses. Considerando a abordagem de definição dos objetivos apontadas pelo escritório, os objetivos indiretos podem ser traduzidos como os benefícios gerados pelo cumprimento dos objetivos BIM. O registro desses benefícios é favorável principalmente para os setores de marketing e negócios do escritório.

Foram dadas diretrizes para o escritório de estabelecer metas como atividades necessárias para cumprimento dos objetivos, iniciando-as com verbos de ação e ligando-as a prazos. As diretrizes não foram seguidas, assim as metas estabelecidas se tornaram atemporais e se confundiram com entregáveis BIM ou etapas do processo.

Quanto aos indicadores foram dadas diretrizes de que os mesmos devem ser mensuráveis, apresentando sua unidade de medida. Os indicadores praticamente não possuíram métricas válidas para o acompanhamento da evolução das metas, pois os percentuais de evolução das metas apresentavam grande subjetividade. Para demarcadores percentuais,

recomenda-se estipular previamente o que se espera obter no valor máximo de 100% e que a escala de crescimento do indicador especificada para ser o menos possível.

A abordagem de objetivos por ciclo de implementação foi considerada satisfatória. As considerações de questões estratégicas e a conjuntura corrente do escritório em cada ciclo de implementação BIM auxilia no posicionamento dos objetivos BIM no tempo. O registro destes objetivos futuros é fundamental, possibilitando o planejamento de ciclos de implementação consecutivos e necessários para se atingir um cenário desejado. Sugere-se incluir na etapa de planejamento e estratégia os cenários desejados para posicionamento de cada ciclo de implementação BIM em um contexto global.

Assim, os objetivos poderiam ser categorizados como imediatos para o ciclo de implementação vigente e futuros para os próximos ciclos de implementação BIM, que somados foram o cenário desejado pelo escritório de projetos.

O cronograma foi confeccionado em substituição da ausência de prazos das metas. Sugere-se, no entanto, que o cronograma seja realizado baseado em metas e não nas etapas do modelo. Diversas questões do modelo são solucionadas por tomadas de decisões, não necessariamente cumprimento de atividades.

Por fim, discute-se a decisão de postergar os investimentos e esforços relacionados a documentação do projeto. O significado prático disso é que os memoriais descritivos, com especificação dos componentes do projeto e memória de cálculo dos dimensionamentos não estariam inclusos no BIM. Considerando a não redundância dos dados proposto como preceitos à modelagem de informação da construção por Eastman *et al.* (2011), o resultado é que o projeto seria apenas parcialmente considerado BIM. Dado que o projeto é composto pelo desenho técnico e memorial descritivo, faz-se necessário que ambos sejam modelados. Como o escritório decidiu manter sua forma tradicional de cálculo e de registro de especificações no memorial, foram geradas redundância de informações entre o modelo e o documento que não trocam informações entre si. Em caso de revisões de projeto, ambos devem ser atualizados para garantir informações não conflitantes. Tomada as devidas precauções, não ficam desvalidados os esforços e as ações em direção ao BIM, que poderão ainda ser desenvolvidas para maior maturidade BIM no futuro.

4.3.1.3. Requisitos BIM

Os guias apresentam abordagens variáveis quanto aos requerimentos ou requisitos BIM. De forma geral, é ressaltada a importância da clareza dos requisitos do projeto, e que estes sejam acordados entre as partes envolvidas no processo para retirar a subjetividade do entendimento de quais informações e qual escopo deve ou não ser incluso no modelo. As características do processo BIM podem ser classificadas em dois tipos: nível de desenvolvimento do modelo (LOD) e o nível de detalhamento das informações (LOI) [06].

É estabelecido requisitos quanto o formato do entregável BIM, quanto as dimensões e representação geométrica 3D e 2D e outros requisitos específicos das particularidades do projeto [58]. Exemplos de requerimentos também foram listados para a equipe de projetos, como o uso de um *template* específico, uso de detalhes da instituição e seguir instruções pré-estabelecidas (como o P100 *Facilities Standards for the Public Buildings Service, NBSAP National Business Space Assignment Policy*). Outros exemplos de requerimentos, agora específicos para a equipe de construção, podem ser: notificar sobre alterações para fins de *as built*, seguir instruções do próprio guia e do processo pré-estabelecido.

Os requisitos devem abranger a modelagem, visualização, documentação e processos analíticos do projeto de construção, como também o auxílio na validação do escopo e custo do projeto [20]. Nessa abordagem, divide-se em 8 requisitos, conforme Tabela 18 [20] e nos requisitos técnico categorizados em dois grupos, conforme Tabela 19.

Tabela 18 - Requisitos BIM

#	Requisito
(i)	Plataforma da tecnologia/software
(ii)	Aplicações de BIM, como pré-projeto e programação, <i>as built</i> , condições do terreno, modelo arquitetônico (espaço e material), modelo de sistemas (estrutural e MEPF), estimativa de custo, cronograma 4D e sequenciamento, estimativa 5D/quantitativo, simulação de consumo de energia e análise de custo de ciclo de vida, visualização de projeto
(iii)	Modelagem, como tipos de elemento, especificações, localização geográfica, programa espacial, <i>as built</i> de construção e registro
(iv)	Desenho, como nomenclatura de arquivo, linha de trabalho, estilos de fonte, blocos de título, símbolos, estilos de texto, impressão e outros padrões
(v)	Estrutura de pastas e servidor de gerenciamento de arquivos
(vi)	Manual de Entrega de Informações (IDM)
(vii)	Segurança de dados
(viii)	Modelo e arquiteto eletrônico do proprietário

Fonte: O autor (2018)

Tabela 19 - Requisitos Técnicos BIM

#	Requisito Técnico
(i)	Projeto/ planejamento/ pré-projeto (como modelagem de um levantamento, análise de terreno, validação de espaço e equipamentos, materiais visualização para comunicação, análises funcionais, estrutural, energética, de luminância, dentre outras, teste virtual, tipo de checagem, avaliação de sustentabilidade, quantitativo e planejamento de custo);
(ii)	Modelo de construção, como detecção de conflitos/coordenação, projeto do sistema de construção, fabricação digital, planejamento 4D, comunicação de construção 4D, planejamento da utilização do canteiro, planejamento do levantamento da torre e gestão da instalação/modelo <i>as built</i> ^[39] . Outras especificidades podem ser acrescentadas em cada grupo, desde o ponto de referência do modelo a considerações sobre informativos quanto os metadados ^[57]

Fonte: O autor (2018)

Por fim, em outra abordagem do tipo de requisito BIM ^[43] se faz exigências quanto ao desenvolvimento aberto da arquitetura para maior interoperabilidade, que o *software* tenha certificação e se utilize do formato IFC mais atual, uso de ferramentas de inspeção para fins de colaboração.

4.3.1.3a. Aplicação

As definições desta etapa foram realizadas na terceira reunião com a equipe do escritório, onde participaram o engenheiro civil, o engenheiro mecânico e projetista electricista. Nesta etapa, foi proposto que o escritório propusesse suas demandas quanto ao uso do BIM. Foram estabelecidas questões quanto ao formato dos entregáveis, a exibição do projeto em 3D sem substituir a visualização em planta baixa e cortes e a inclusão de quantitativos, tanto geral quanto parcial. Por questões de praticidade, o escritório optou por detalhar cada um dos itens

nas próximas etapas do modelo de implementação BIM que melhor se relacionem com o assunto de cada requisito.

Durante a discussão também foi decidido o que não seria contemplado no primeiro ciclo de implementação BIM, a destacar: análises energéticas, simulação de consumo, estimativa de custo, cronograma 4D / sequenciamento, cálculos de dimensionamento / documentação, ciclo de vida, histórico de revisões, comparativo de soluções alternativas de projeto, e *as built*. Também não foram abordadas questões de contrato e segurança de dados, manuais de entrega de informações, sustentabilidade, fabricação digital e gestão de equipamentos.

Outras questões também foram abordadas, mas as decisões também passariam a ser registradas nas aplicações de etapas futuras, conforme segue:

- A interoperabilidade foi abordada na etapa de *software*;
- A formação do *template* de cada disciplina foi detalhada na etapa de bibliotecas BIM, incluindo linha de desenho, estilo de texto, símbolo, cercadura, carimbo, configuração de impressão, adequação dos detalhes CAD, etc;
- Estrutura de pasta e nomenclatura de arquivos foram detalhados na etapa de compartilhamento;

4.3.1.3b. Discussão dos resultados

Inicialmente, observa-se que a reunião realizada sem o administrador ocorreu com uma dinâmica bastante diferenciada. Houve uma grande agilidade na tomada de decisões devido maior objetividade dos demais membros da equipe, onde foram decididas todas as questões relacionadas também a etapa 4, 6, 9 e 11. Assim, fica registrada que as características profissionais da equipe BIM e dos tomadores de decisão pertinentes a implementação BIM podem alterar significativamente o resultado. Com a presença do administrador, as discussões são mais ricas, profundas e subjetivas, o que poderia enriquecer mais este trabalho.

A equipe do escritório foi unânime em propor a omissão da etapa de requisito BIM, fragmentando seu conteúdo junto às demais etapas do modelo de implementação BIM. Do ponto de vista prático, tal medida acrescenta e simplifica a aplicação do modelo, o que é favorável e válido na metodologia DSR.

Outra característica bastante relevante foi que diversos conteúdos apresentados pelos guias BIM em relação aos requisitos BIM passaram a ser agrupados na formação de um *template* comum a todas as disciplinas do escritório. O *template* seria um arquivo no formato nativo do software de modelagem que reuniria pré-configurações a serem utilizadas em todos os projetos do escritório. A medida também foi considerada favorável do ponto de vista prático, uma vez que está em consonância ao conteúdo do treinamento a ser apresentado em uma etapa posterior.

4.3.1.4. Procedimentos de colaboração e compartilhamento

O uso de procedimentos colaborativos requer o acordo sobre a organização dos modelos, a responsabilidade de todos os participantes da modelagem, o local de armazenamento dos modelos e a forma como estes estarão articulados [06].

Em um primeiro momento, a colaboração ocorre em arquivos federados, ou seja, não unificados, classicamente divididos por disciplina. Cada disciplina é desenvolvida em cada escritório e disponibilizados em servidores de hospedagem. A colaboração ocorre parcialmente, através de uma frequência pré-estabelecida de uploads e downloads combinados entre as partes [06].

Com maior integração, as disciplinas seriam desenvolvidas *on-line*, depositados no mesmo local virtual e vinculadas a um único modelo central integrado. A integração plena ocorre com todos os envolvidos no processo BIM trabalhando *on-line* em um mesmo modelo unificado [06].

A colaboração envolve algumas atividades necessárias, como identificar os responsáveis, o modo de comunicação, o procedimento dos relatórios, forma aprovação e assinatura, gestão e protocolo de troca de informação, protocolo de compartilhamento, procedimento de coordenação do modelo e suas versões [39].

Para uso de diferentes softwares, é importante que fique estabelecido os formatos de intercâmbio, garantindo interoperabilidade. É fundamental que se estabeleça [6]:

- (i) Critérios de divisão de responsabilidade sobre a modelagem, sugerindo uma tabela para identificar, por exemplo, quem irá modelar a bacia sanitária, podendo ficar a cargo da arquitetura ou hidráulica;

- (ii) Definição de padrões, tais qual nomenclatura de arquivos, documentos, componentes/bibliotecas e organização de diretórios, pastas e arquivos;
- (iii) Espaço interativo, destacando necessidades especiais dos ambientes e equipamentos de trabalho;
- (iv) Controle de documentos e armazenamento.

Além do software, recomenda-se que a plataforma de colaboração, em termos de funcionalidade, permita diversas funções, tais como ^[1]:

- (i) armazenamento de arquivos organizados, como por exemplo, uma estrutura em árvore;
- (ii) acesso múltiplo de usuário e localização;
- (iii) gerenciamento da propriedade, autoria e a responsabilidade dos arquivos, como salvar logs, traçar autores, leitores, modificadores;
- (iv) um canal de troca de informações único, cronológico e não redundante, eliminando duplicatas e armazenando uma versão congelada do modelo em definição por estágio;
- (v) gerenciamento de versões otimizado, garantindo trabalho sempre no último documento atualizado;
- (vi) gerenciamento automático de arquivos;
- (vii) gestão de acesso seguro e autorizado de usuários;
- (viii) suporte às aprovações durante o fluxo de trabalho.

Em outra publicação ^[15] apresenta fascículo próprio sobre a colaboração, abordando regras para viabilizar o trabalho colaborativo, diretrizes de modelagem, codificação e padronização, formatos de arquivos para troca de informações e criação combinada de *templates*. O guia ainda detalha os softwares BIM, os conceitos de integração de sistemas BIM e do *Application Programming Interface* (API).

4.3.1.4a. Aplicação

Dentre as alternativas de tipo de colaboração interna, optou-se por iniciar com arquivos federados (separados) em três disciplinas: hidrossanitário, climatização e elétrica. Para futuras modelagens que incluam telecomunicações, combate a incêndio e detecção, poderão ser criados novos arquivos federados ou estes poderão ser inclusos como subdisciplina de um dos três arquivos principais. A decisão está relacionada principalmente a divisão de equipe, pois o escritório prefere que cada profissional atue separadamente em arquivos distintos.

Para este tipo de colaboração, faz-se necessário que o diretório de arquivos e nomenclatura de arquivos do escritório, que já eram padronizados no escritório, sejam readequados, conforme foi discutido na etapa de tratamento dos dados.

O vínculo entre os projetos é realizado através do *Revit Link*. A quantidade de *links* depende não só da quantidade de disciplinas modeladas, como também da quantidade de disciplinas de projeto utilizadas como base para as instalações. As bases mais comuns são a arquitetura e estrutura, podendo também incluir paisagismo, ambientação, etc. Preferencialmente, as disciplinas utilizadas como base são unificadas em um arquivo único para redução de quantidade de *links*.

Nos casos em que as bases não forem fornecidas modeladas pelos demais projetistas envolvidos no projeto, o escritório se utilizará de *CAD link* e poderão ainda desenvolver um modelo 3D básico com elementos genéricos e LOD reduzido, com informações suficientes para realização da modelagem das instalações.

O processo de trabalho colaborativo com arquivos federados requer a definição clara da responsabilidade sobre os itens de interseção e interesse comum entre duas ou mais disciplinas. Exemplifica-se com a responsabilidade sobre os aparelhos sanitários, que podem ser definidos tanto pelo projetista da arquitetura, como da hidráulica. Habitualmente definido pela arquitetura, faz-se necessário que tais elementos possuam os conectores e as parametrizações necessárias para o desenvolvimento das instalações.

4.3.1.4b. Discussão dos resultados

A organização do diretório e nomenclatura dos arquivos foram bastante facilitados nesta aplicação por organização prévia do escritório. Estima-se que quanto mais organizado for o escritório a ser aplicado o modelo de implementação BIM, menos impacto e dificuldade terão estas atividades.

Quanto ao formato do arquivo, o uso do IFC foi incentivado visando maior interoperabilidade. A equipe optou por se utilizar do IFC no primeiro ciclo futuro que envolva o relacionamento do escritório com clientes ou parceiros externos.

A técnica de colaboração por *Revit link* foi considerada apropriada para o cenário atual do escritório, uma vez que apresentou baixa dificuldade e baixo custo. Outra característica positiva é que a técnica é extensível para trabalho colaborativo com outros escritórios parceiros, desde que sejam realizados os acordos necessários ao modo colaborativo, bem como a troca de informações e necessidades mútuas.

Uma vez que o *Revit link* apresenta baixo nível de atualização, sendo necessário salvar e sincronizar os arquivos compartilhados tanto no servidor quanto no modelo que acomoda os *links*, será necessário um novo implemento no compartilhamento para se trabalhar em níveis mais eficientes de colaboração. Este cenário é bastante pertinente ao escritório de sistemas prediais, visto sua característica particular de trabalho com diversos modelos simultâneos e interdependentes. A equipe estava ciente da importância da colaboração e mostrou pretensão de evoluir o procedimento de colaboração em ciclos de implementação futura.

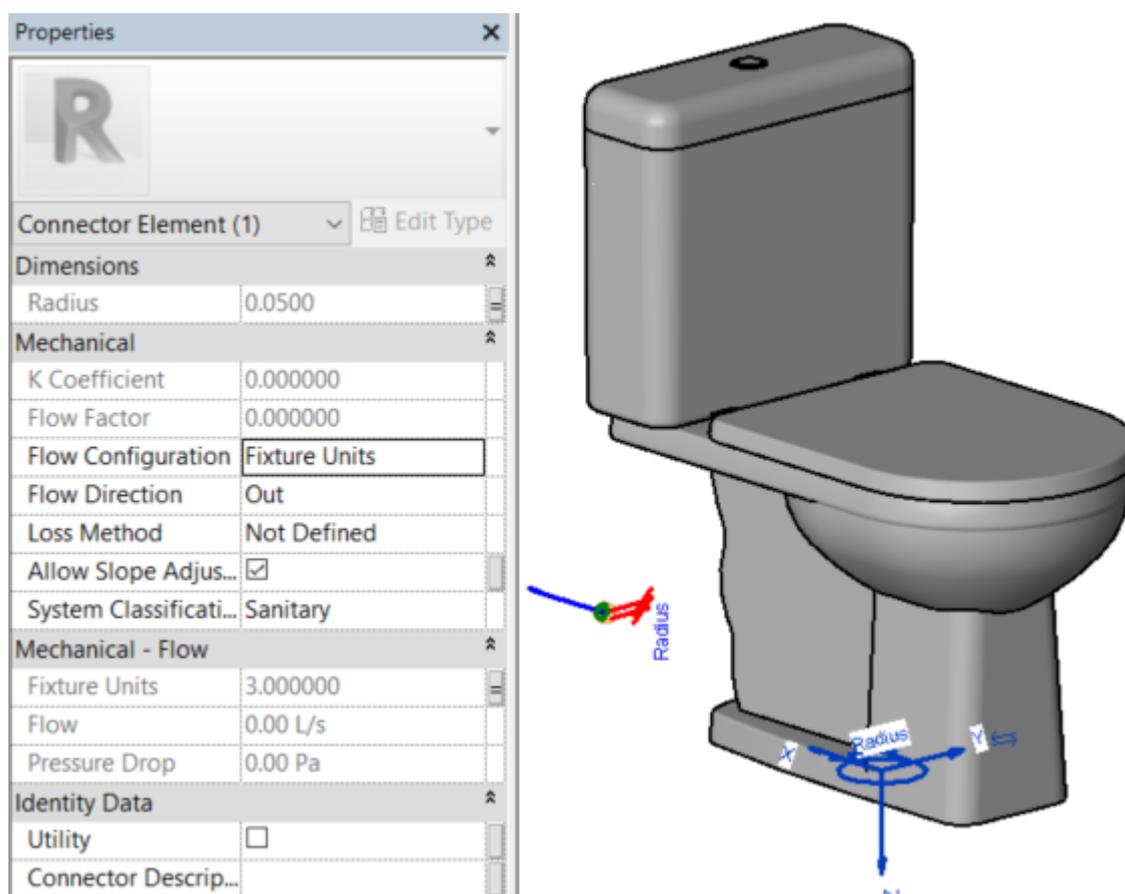
O guia da *Autodesk* apresentado na revisão de literatura sugere, por questões de organização, realizar um controle de troca de informação e da equipe de colaboração. Esta é uma questão crucial para arquivos federados, uma vez que sempre que alguma informação *linkada* de interesse comum entre duas ou mais disciplinas for alterada, os *links* de cada arquivo federado devem ser atualizados.

Dois cenários foram cogitados pela equipe técnica do escritório: o desenvolvimento de modelos de sistemas prediais com outros projetos modelados e não modelados. No primeiro cenário com projetos de outras disciplinas modeladas, cada disciplina precisará ser configurada para serem apresentadas nos sistemas prediais de forma apropriada. Tais configurações podem ser agregadas ao *template* de cada disciplina.

Após *link*, faz-se necessário importar e ajustar os níveis e plantas de piso da base. No *Revit*, esses elementos são copiados no modo colaborativo para o modelo de instalação e ficam vinculados e monitorados no modelo.

Caso os objetos de interesse dos sistemas prediais definidos pela arquitetura não possuam as parametrizações necessárias, é possível configurar um mapeamento destes para elementos do *template* de sistema predial, os quais são apresentados em substituição dos elementos arquitetônicos, para fins de viabilizar a conexão dos sistemas prediais. Mesmo se utilizando de elementos de LOD reduzido no projeto de sistema predial, o LOD dos elementos definido na arquitetura pode sobrepor os elementos correspondentes nos modelos de sistemas prediais, garantindo um nível de detalhamento global mais elevado. Nesse processo, para cada caso, pode ser necessário configurar as famílias do *template* hidrossanitário para que os elementos tenham origem e parametrização similar ao objeto utilizado pela arquitetura.

Figura 13 - Configuração de conectores para parametrização



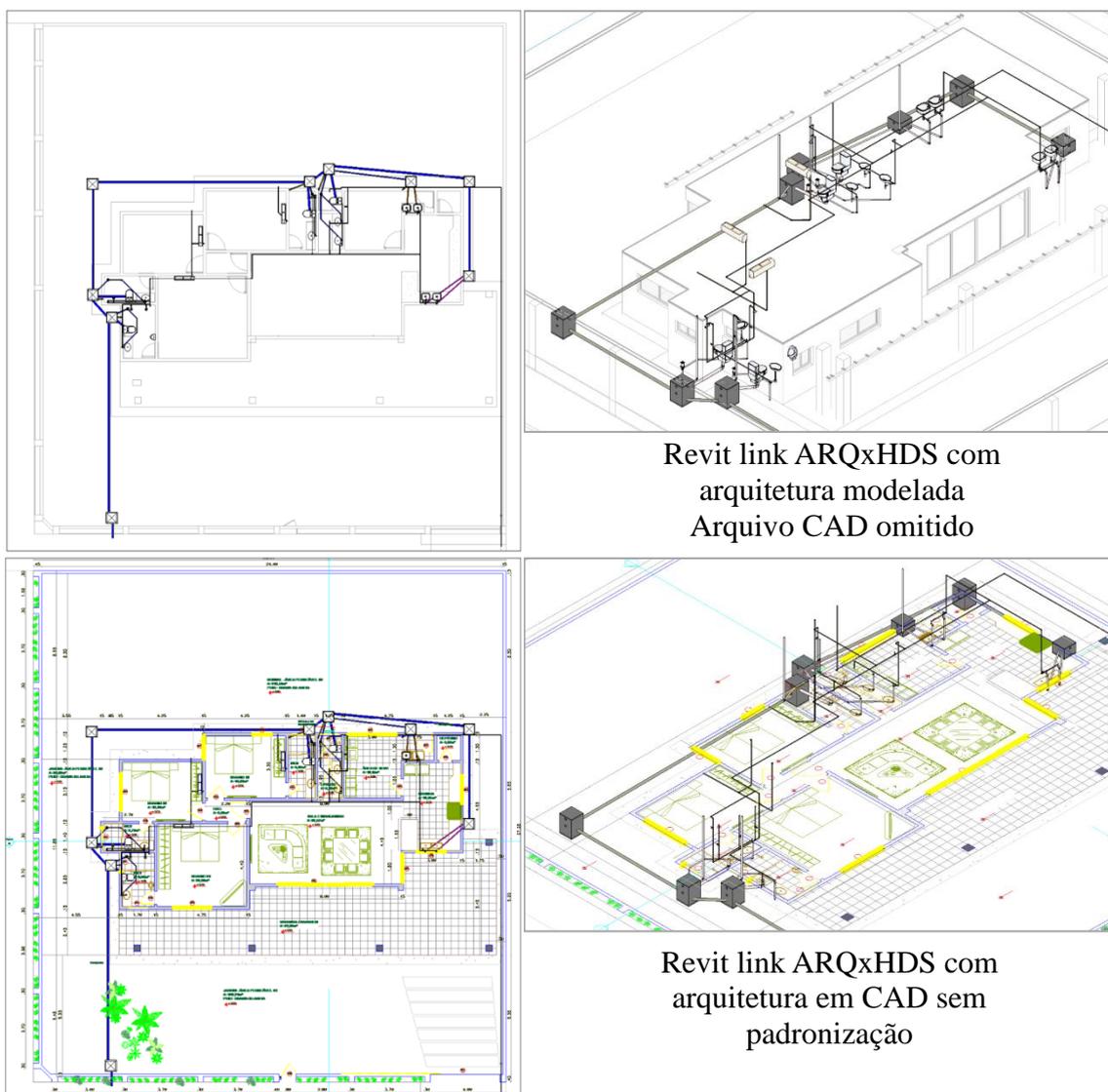
Fonte: O autor (2018)

Já no cenário de modelos BIM de sistemas prediais em que as outras disciplinas desenvolvem seus projetos em CAD pode resultar em acréscimo de diversas atividades ao escritório. Para uso do *CAD Link*, o arquivo da base, que podem conter a arquitetura, estrutura e outras disciplinas, precisará inicialmente ser padronizada em CAD, principalmente no que se refere as cores dos objetos ou das *layers*, para fins de configurações de espessura de linha durante a importação para o Revit. A modelagem de pisos, paredes, teto, forro, escada, rampas, portas, janelas, luminárias, louças, metais e outros elementos arquitetônicos e estruturais, por mais que sejam feitos com LOD reduzido, precisam ser considerados no processo de projeto.

Nos casos em que o desenho em CAD ser apresentado nos projetos de instalações, também são acrescentadas atividades de configurações de importação, que inclui questões quanto cores, linhas, texto, pontos de inserção, etc.

A padronização do arquivo CAD pode ser evitada caso todos os elementos sejam modelados e o arquivo CAD importado seja 100% omitido.

Figura 14 - Comparativo entre base CAD e modelada



Fonte: O autor (2018)

4.3.1.5. Processos e fluxo de trabalho em BIM

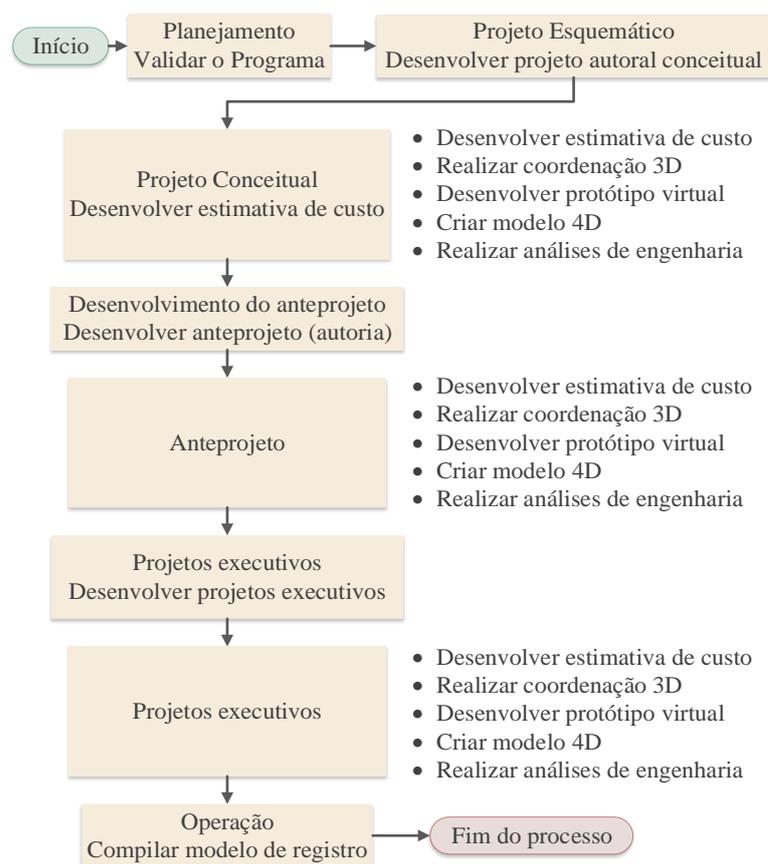
A compreensão espacial e o aprofundamento do gerenciamento de informações do projeto gerado pelo processo BIM geram a antecipação de problemas e definições de projeto, alterando diversas características do fluxo de trabalho do projeto. O resultado disso, é que a estrutura de negócios dos escritórios de projeto também precisa ser adequada, atentando-se tanto aos contratos, prazos, escopo, responsabilidades, critérios de medição de desempenho, entre outros [5].

O fluxo de trabalho é divergente para cada tipo de colaboração. Alterando-se de modelos federados *off-line* para federados *on-line* ou, idealmente, para um modelo unificado, o processo de trabalho tende a ser cada vez mais reduzido, denso, com maior frequência de troca de informações [5].

De qualquer forma, o planejamento e cronograma de projeto se alteram na distribuição das tarefas BIM e nos prazos, devido o fluxo acelerado de informação, antecipação das decisões de projeto e extração tardia de documentos de projeto, com os projetos já mais maduros [6].

Dentre os diversos fluxos disponíveis na literatura, uma publicação [15] destaca algumas características do processo BIM, conforme segue apresenta a Figura 15.

Figura 15 - Fluxograma geral do processo BIM

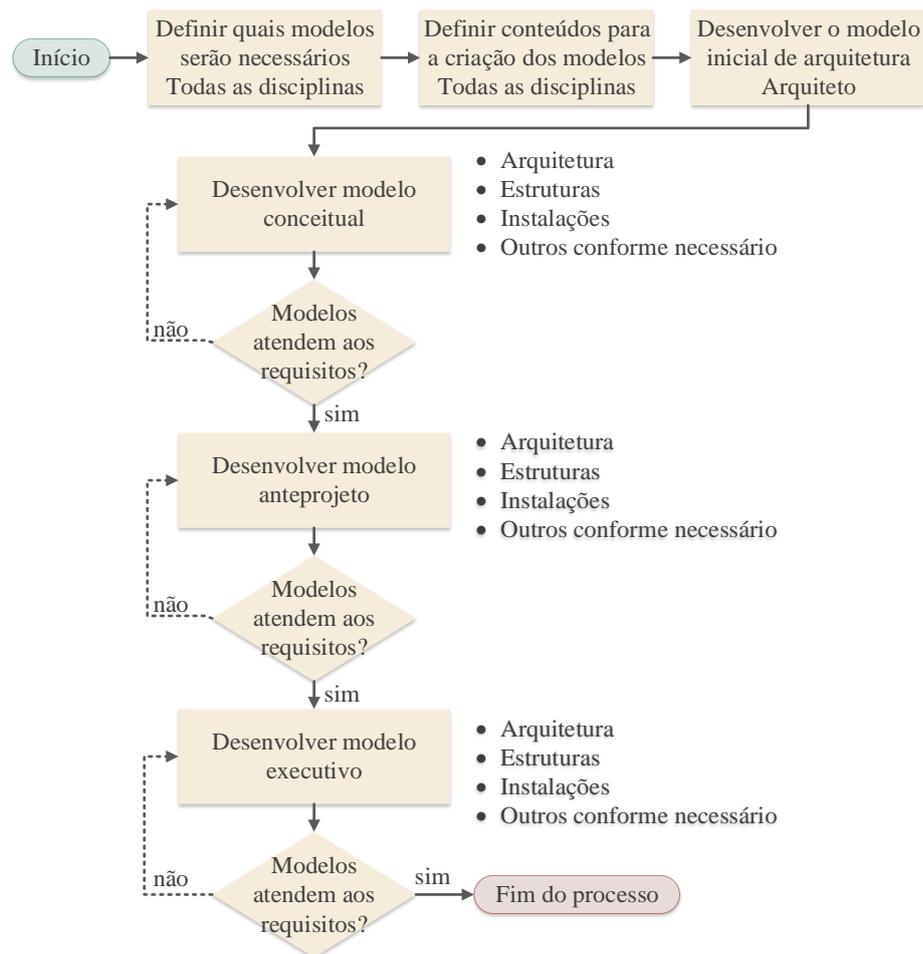


Embora observasse a manutenção do procedimento tradicionalmente seriado entre as etapas de projeto, observa-se a antecipação das decisões com entregas dos modelos de instalações, estrutural e de construção desde a primeira versão do projeto. Além disso, novas atividades e responsabilidades são somadas ao término de cada etapa. Caso os projetistas

pretendam atuar na prestação dos novos serviços, precisarão somar novas responsabilidades no escopo de seus produtos, adaptando seus elementos, processos e fins de serviços.

Os quadros de desenvolvimento de projetos podem ser isolados e detalhados, conforme fluxo apresentado na Figura 16.

Figura 16 - Fluxograma de desenvolvimento de projetos no processo BIM



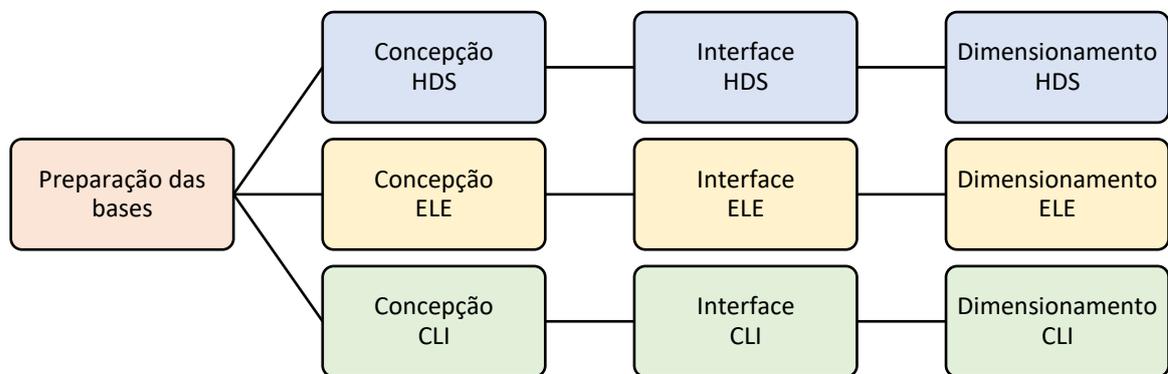
No fluxo de trabalho também é válido ressaltar a metodologia de uso de *softwares* para cada atividade do processo, garantindo a interoperabilidade das informações modeladas. Um exemplo de fluxo de trabalho detalhado pode ainda envolver a análise do terreno, localização de utilidades, infraestrutura civil, programação espacial, só daí temos o projeto arquitetônico, estrutural, mecânico, elétrico e hidrossanitário, análise energética, gestão de instalações, gestão de documentos e produção de desenhos, revisão de projetos e colaboração [63].

4.3.1.5a. Aplicação

Quanto ao processo do projeto e fluxo de trabalho, primeiro identificou-se o processo atual do escritório, para então se verificar as alterações necessárias para a implementação BIM.

O escritório desenvolveu uma metodologia inspirada em engenharia simultânea e no processo dos manuais do escopo, conforme segue:

Figura 17 - Processo inicial de desenvolvimento de projeto

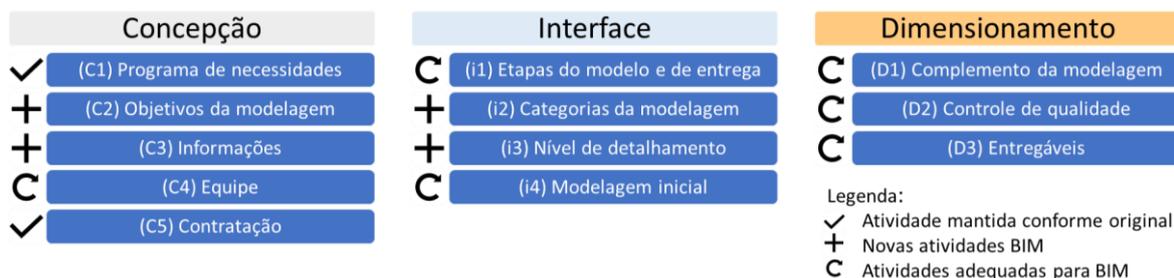


Fonte: O autor (2018)

O escritório também se utiliza de uma etapa de pós-projeto, correspondente às etapas de pós entrega dos projetos e pós entrega da obra, constantes nos manuais do escopo, e um quarto processo simultâneo para o projeto de Proteção e Combate a Incêndio. No entanto, foi decidido que as etapas de pós-projeto e o combate a incêndio não fariam parte do primeiro ciclo de implementação BIM, sendo assim omitidos do processo levantado.

Também foram descritas as atividades de concepção, interface e dimensionamento, já incluindo as adaptações necessárias para considerar a modelagem da informação da construção em cada atividade, conforme segue:

Figura 18 - Atividades do processo de projeto com modelagem



Fonte: O autor (2018)

Baseado no conteúdo dos manuais utilizados previamente pelo escritório e em discussões realizadas com a equipe de trabalho, foram criadas atividades correspondentes para cada uma das três fases do processo de projeto.

A fase de concepção corresponde as etapas de “concepção do produto” e “definição do produto” dos manuais do escopo. Nesta permaneceram as atividades de programa de necessidades (C1) e contratação (C5), já as questões quanto equipe (C4) foram adequadas para o BIM. Também foram acrescentados os objetivos da modelagem (C2) e informações (C3).

No programa de necessidades (C1) são observados os requisitos do cliente, da região, do terreno, de outras disciplinas de projeto, de concessionárias, legislações e órgãos públicos. Todas essas questões estão presentes seja o projeto realizado de forma convencional ou em BIM.

Nos objetivos da modelagem (C2) são informados os requisitos BIM da contratação, podendo incluir as informações que deverão estar contidas no modelo, seus respectivos níveis de desenvolvimento LOD, especificidades do quantitativo, das análises energéticas e outras características como eficiência, qualidade, certificação, compatibilidade, etc.

Quanto as informações (C3), cabe definir os meios de comunicação externa, entre o escritório de instalações, cliente e outros participantes do projeto, incluindo *softwares*, reuniões pré-agendadas, diretórios de arquivos, documentação formal que será trocada e plataforma de troca de mensagens, caso diferente do convencional. A comunicação interna é definida na etapa de procedimentos de colaboração e compartilhamento, devendo sempre considerar as particularidades e necessidades de cada projeto.

A definição de equipe (C4) envolve indicar os membros participantes do projeto, desenvolver treinamentos específicos, agentes externos como consultores que participarão da

modelagem ou ministrarão treinamentos. Esta atividade contempla as decisões e ações das etapas 6 e 7, equipe e treinamento, do modelo de implementação BIM.

A contratação (C5) é o marco do fim da etapa de concepção, onde devem estar definidos formalmente as informações, as responsabilidades de cada membro do projeto (cliente e cada escritório de projeto), a forma como ocorrerá a troca de informações, etapas de entrega, nível de detalhamento, forma de entrega, questões quanto autoria, revisão de projetos, dentre outros. Esta atividade equivale a etapa de contratos colaborativos do modelo de implementação BIM.

A segunda fase de interface corresponde à identificação e solução de interfaces dos manuais do escopo, onde permaneceram duas atividades relativas as etapas do modelo e de entrega (i1) e à modelagem inicial (i4), ambas devidamente ajustadas para um processo BIM. Também foram acrescentadas as atividades de categorias da modelagem (i2), o nível de detalhamento (i3).

A definição das etapas do modelo e de entrega (i1) identifica os requisitos de processo do cliente, determinando a quantidade de etapas contratadas e o que será entregue em cada etapa. A definição desta etapa pode alterar sensivelmente o fluxo de trabalho e quantidade de atividades, como também gerar repetições do fluxo de trabalho como um todo, quantas vezes for necessário para atender a demanda do cliente

O engenheiro civil relatou que muitas vezes o processo de projetos utilizados pela construtora difere do processo interno do escritório. No primeiro, há o sequenciamento de disciplinas de projeto, enquanto que no segundo há o sequenciamento de atividades das disciplinas de sistemas prediais de forma integrada entre si. Assim, os dois processos externos e internos precisam ser bem definidos e compatíveis entre si.

Na atividade de categorias da modelagem (i2) são identificadas famílias necessárias para a modelagem, como tomadas, luminárias, quadros, dutos, registros, válvulas, etc. As atividades somam todas as pré-configurações necessárias aos objetivos para uso apropriado no modelo.

No nível de detalhamento do modelo (i3) são absorvidos os requisitos quanto a precisão e confiabilidade do modelo. A cumprimento destas atividades está relacionado à biblioteca BIM, tratado em etapa posterior.

O fim da etapa de interface se conclui na primeira versão da modelagem (i4). Nesta estão inclusas características de desenho sem dimensionamento ou com o dimensionamento mínimo necessário. O escritório utilizava esta atividade para antecipar as características do projeto de interesse das demais disciplinas de projeto e assuntos que dependiam das preferências e da aprovação dos *stakeholders*. No caso de alterações necessárias para a compatibilização de projetos, não haverá retrabalhos de dimensionamento.

No processo BIM, a modelagem 3D substituiria o desenho. Atividades como criação de vistas, ampliações, cortes, anotações, tabelas, quantitativos, dentre outros, seriam realizados apenas na fase de dimensionamento, a ser tratada em seguir.

A equipe relatou que o escritório tem a prática de antecipar na fase de interface, todas os *inputs* necessários aos demais sistemas prediais e outras disciplinas. Por exemplo, o dimensionamento de bombas hidráulicas é excepcionalmente realizado na interface hidrossanitária para adiantar as especificações dos equipamentos para o projeto elétrico, assim o dimensionamento dos circuitos elétricos já terá os dados necessários para sua realização no início da etapa de dimensionamento.

A fase de dimensionamento corresponde em grande parte ao projeto de detalhamento dos manuais do escopo, contemplando o complemento da modelagem (D1), o controle de qualidade (D2) e os entregáveis (D3). Todas as atividades foram ajustadas para ao processo BIM.

O complemento da modelagem (D1) abrange os dimensionamentos das instalações, adição de elementos não inclusos na etapa de interface, preparação das vistas com *tags* que detalham os sistemas projetados, configuração de vistas, geração de tabelas e quantitativos. Também está inclusa a preparação da memória de cálculo, quadros de especificações dos materiais, emissão de Anotações de Responsabilidades Técnicas, dentre outros documentos necessários para cumprir os objetivos do projeto. Também podem ser considerados os detalhes padrões e suas respectivas adequações necessárias para atender as minúcias do projeto.

O controle de qualidade (D2) era realizado através de *checklist* técnicos, atendendo critérios normativos e boas práticas de cada disciplina, e de desenho, onde eram verificadas a presença e cruzamento de informações de cada elemento do desenho, como plantas baixas, esquemas, detalhes, legendas e especificações. Com a modelagem, o cruzamento de informações passa a ser automático. Foi decidido a inclusão de *checklist* específico para verificação dos requisitos de modelagem, das necessidades e objetivos relacionados ao BIM,

bem como a checagem de interferências do modelo. Podem ser utilizadas as análises nativas de modelagem e, também, serem desenvolvidos *view templates* específicos para verificar os sistemas prediais, a ser abordado nas etapas posteriores da implementação BIM

Por fim, a atividade de entregáveis (D3) contempla a confecção dos entregáveis estipulados na etapa de interface. Observa-se que estes devem estar em conformidade com mídias e tipos de arquivos RVT, DWG, PDF, PDF 3D ou outros, conforme requisitado pelo contratante dos projetos.

4.3.1.5b. Discussão dos resultados

A discussão desta etapa junto ao escritório se iniciou na terceira reunião e se prolongou para a quarta reunião. Da mesma forma que ocorreu na aplicação dos requisitos BIM, a ausência do administrador resultou em excesso de objetividade na tomada de decisões relativa ao fluxo de trabalho. Diversas críticas foram realizadas quanto ao modelo final simplificado do processo redigido pelo escritório, no entanto poucas medidas foram tomadas para melhoria do mesmo.

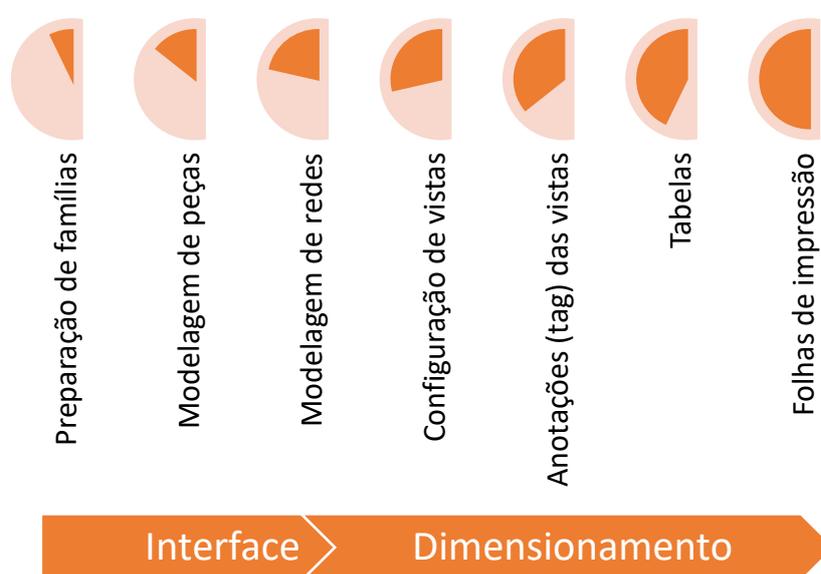
Foram sugeridas duas questões fundamentais para a conclusão satisfatória desta etapa. Primeiramente, o fluxo de trabalho deveria indicar a relação entre todas as atividades realizadas. Para isso, a adoção de um fluxograma ou outro meio similar ajudaria a atender no entendimento e gestão das atividades e das informações. A segunda questão é que as atividades relativas as colaborações por modelos federados deveriam ser destacadas, mostrando ainda seu relacionamento de precedência e procedência com as demais atividades do fluxo. Assim, a identificação das alterações futuras necessárias para evolução do tipo de colaboração praticado pelo escritório seria facilitada pela visualização clara destas atividades e suas respectivas relações com as demais atividades de projeto.

Sugere-se ainda prever as demais atividades BIM almeçadas pelo escritório desde o primeiro processo de projeto, tais como as atividades de estimativa de custos, análises energéticas, etc. O posicionamento destas atividades tem grande valor estratégico que podem inclusive auxiliar nas decisões futuras para os próximos ciclos de implementação necessários para se atingir o cenário almejado pelo escritório.

A partir de uma análise comparativa com modelos de processo de projeto, presentes na literatura, destaca-se que a adaptação do processo interno em etapas de concepção, interface e dimensionamento com outros processos usualmente praticados pelas construtoras foi muito vaga. A tomar por exemplo as etapas da ABNT NBR 13.531 (1995), observa-se boa relação das etapas de levantamento e programa de necessidades com a etapa de concepção. No entanto, o estudo de viabilidade, estudo preliminar, anteprojeto, projeto legal, básico e executivo não apresenta compatibilidade com as etapas de interface e dimensionamento. Faltou clareza por parte do escritório quanto a adaptação das etapas de processo contratado se utilizando do processo interno diferenciado. O engenheiro civil relatou que as etapas internas de interface e dimensionamento poderiam ser replicadas parcialmente o número de vezes necessário para cumprimento das etapas externas de projeto legal, básico e executivo, conforme estipulado pela contratante. No entanto, sem a diagramação do processo, o entendimento fica comprometido.

De forma geral, as atividades de modelagem podem ser representadas da seguinte forma, baseada nos relatos da equipe de trabalho:

Figura 19 - Atividades de modelagem



Fonte: O autor (2018)

O gráfico mostra a modelagem em sete etapas, identificando ainda quais dela fazem parte da fase de interface e da fase de dimensionamento. A equipe observou que embora a interface apresenta apenas duas atividades e parte das atividades de modelagem de redes, estas representam um volume maior de atividades em relação as atividades em CAD, uma vez a modelagem 3D antecipa diversas questões geométricas e a definição das famílias antecipa diversas decisões quanto a tecnologia, materiais, fornecedores, etc.

No gráfico também poderiam ser inclusas atividades relativas ao controle de qualidade, como uso de checklist, funções de análise e *view templates*, como também a retroalimentação da biblioteca BIM.

Para fins de controle do processo interno de projeto, todas as atividades em cada agrupamento poderiam ser correlacionadas aos seus respectivos intervenientes, conforme proposto pelo modelo de Tzortzopoulos (1999). Da mesma forma, é salientar que as atividades também poderiam ser concatenadas aos prazos do cronograma do projeto. Esses *upgrades* poderiam favorecer a gestão do projeto e dá indicadores que serviriam para medir dos resultados do processo BIM para fins de comparação com processo convencional de projetos.

Baseado no trabalho de Rodriguez (2005), poderiam ser acrescentadas etapas ou atividades intermediárias de compatibilização junto às atividades de colaboração. Este poderia também estar integrados a possíveis verificações a serem incluídas no diagrama do processo, conforme proposto por Barison e Santos (2016). As verificações gerariam loops que garantiriam a compatibilidade entre as disciplinas e o cumprimento dos serviços contratados.

Por fim, para fins de discussão, observa-se ainda que o processo de Manzione (2013), que propõe um paralelismo entre o desenho e a modelagem, não se aplica ao processo interno praticado neste escritório devido a modelagem deste se sobrepor ao desenho CAD convencional.

4.3.1.6. Equipe, papéis e responsabilidades BIM

A alteração do processo tradicional para BIM, implica também novas responsabilidades para cumprimento dos objetivos e metas ligadas ao próprio BIM, absorvendo plenamente os benefícios da modelagem da informação. Novos papéis são adicionados ao trabalho, realizados usualmente por parte da equipe ou consultoria especialista em BIM ^[44].

A montagem das equipes participantes do projeto é, portanto, um dos pontos críticos para o sucesso de um projeto BIM ^[06]. As principais funções no Processo BIM são o BIM *Manager*, o BIM *Coordinator* e o BIM *Modeler*.

O gerente BIM é responsável geral pela formulação rigorosa e implementação do BIM durante o ciclo de vida BIM, gerenciar processos e procedimentos de troca de informações em projetos, implementar o plano de informações do projeto, auxiliar na preparação das

entregas de projeto, implementar o Protocolo BIM e atualizar o modelo de produção e entregáveis ^[44]. Este papel exige habilidades elevadas em várias disciplinas, combinando negócios, gerenciamento de projetos e conhecimentos de TI.

O coordenador BIM é responsável pelo dia-a-dia da operação do BIM, usualmente sendo o projetista ou líder do projeto. Cuida da interface com a equipe do projeto, do fluxo de informações, da qualidade e segurança a curto e longo prazo, do treinamento, *software*, padronização das informações, suporte e recursos humanos ^[44].

O modelador BIM é a parte operacional, responsável pelo cumprimento dos objetivos acordados ^[44]. A atividade de modelagem pode ser subdividida em funções da modelagem, como segue: (i) modelagem complexa, de alta responsabilidade, executando a locação de eixos, níveis, paredes, pisos, etc.; (ii) modelagem complementar, de média responsabilidade, executando a locação de portas, louças, pisos, etc. (iii) complementação do desenho, de baixa complexidade, realizando as legendas, vistas, notações, identificação de ambientes; (iv) compatibilização; (v) controle de dados, como verificação de quantitativos, e; (vi) desenvolvimento de bibliotecas ^[57].

Os papéis BIM podem ser agrupados em um mesmo membro ou até subdividido para mais de um profissional. Fatores relevantes para a forma que os papéis são delegados são a complexidade do empreendimento e o tamanho do escritório e/ou da construtora, alterando também o tamanho da equipe ^[57]. De qualquer forma, as funções serão necessariamente exercidas e devem ser consideradas no fluxo de atividades. Assim, para grandes projetos, além dos modeladores serem acrescidos conforme a quantidade de disciplinas modeladas, o gerente BIM pode ser subdividido em papéis por etapa, como gerente BIM do time de projeto e da construção. O mesmo vale para a coordenador BIM ^[57].

4.3.1.6a. Aplicação

Quanto a equipe, foram selecionados três membros para participar do primeiro ciclo de implementação: o engenheiro civil, o engenheiro mecânico e projetista electricista. Os três participaram como *BIM Modelers*, sendo o engenheiro civil também agregando funções de *BIM Manager* e *Coordinator*. O engenheiro civil já atuava como gerente de projetos, dividindo ainda o setor de negócios com um engenheiro electricista e o administrador.

4.3.1.6b. Discussão dos resultados

Quanto a seleção da equipe, a escolha da participação majoritariamente dos engenheiros no primeiro ciclo de implementação favoreceu as atividades, pois há maior facilidade na implementação de pequenas equipes, o que é sugerido para o primeiro contato com a modelagem da informação da construção.

Quanto a delegação de funções, houve controvérsias. Por um lado, o engenheiro civil era a pessoa mais indicada para a função de *BIM Manager*, devido suas habilidades com gerenciamento, negócios e operacionalização dos projetos. Por outro lado, houve diversos relatos de que o mesmo era um recurso humano sobrecarregado, e delegar mais funções ao mesmo poderia atrasar o processo de implementação. Conforme previsto, um dos grandes agentes do atraso deste ciclo de implementação BIM foi a indisponibilidade do engenheiro civil. Embora a seleção do engenheiro civil para os três papéis *BIM Modeler*, *Manager* e *Coordinator* tenha mostrado o grande interesse do escritório em desenvolver a modelagem da informação da construção no escritório, sugere-se que a disponibilidade de cada membro da equipe seja considerada na distribuição de papéis, sabendo que uma boa distribuição dos recursos pode favorecer a fluidez do processo de implementação.

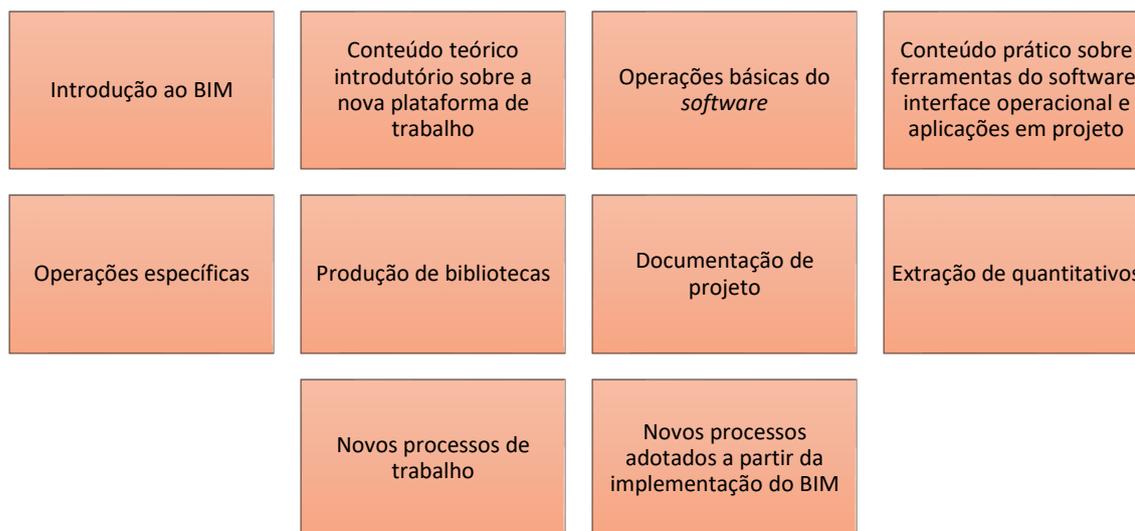
A divisão dos papéis teria facilitado também a avaliação da implementação e, principalmente, da modelagem do projeto piloto, visto que as falhas observadas pela equipe se dirigiam ao engenheiro civil, sem ficar claro para a equipe se a falha foi oriunda da função de *BIM manager* e *coordinator*. Assim, o entendimento dessas duas funções ficou comprometido.

4.3.1.7. Treinamento

É fundamental a realização de um plano de educação e treinamento para apoiar o desenvolvimento das funções BIM. No plano, sugere-se constar os requisitos e programa de educação, levantamento de capacidade da equipe, ferramentas de autoavaliação identificando o ponto de partida do BIM e onde se almeja chegar após a implementação. Outras informações relevantes são o local onde o treinamento ocorrerá, tipo de certificação (caso haja) e meios ativos de compartilhamento de conhecimento ^[48].

As fontes de treinamento são as mais diversas, como *workshops* de produção BIM, gestão BIM, gestão da informação, treinamento do produto, seminários *on-line*, conferências e redes sociais organizada por disseminadores BIM [63]. Também estão disponíveis cursos presenciais, *on-line*, fóruns de discussão, consultoria especializada, dentre outros. O conteúdo do treinamento envolve 12 conteúdos programáticos ilustrados pela Figura 20^[5]:

Figura 20 - Conteúdo programático de treinamento BIM



Fonte: O autor (2018)

É importante lembrar que toda mudança dentro de uma empresa vem acompanhada de resistência por parte da equipe. Isso é natural, pois haverá uma quebra na zona de conforto, não obstante as pessoas podem se sentir inseguras sobre suas próprias capacidades de realizar obter qualidade nos novos cenários tecnológicos [5].

4.3.1.7a. Aplicação

A decisão de quais cursos contratar foi realizado baseado em buscas on-line realizado pelo engenheiro civil e administrador. A aquisição dos cursos teve custo aproximado de R\$ 9.000,00.

Foi realizado um plano de educação que envolviam diversos treinamentos *on-line*. A equipe também ficou de participar de seminários e eventos de difusão do BIM em Fortaleza, onde no mínimo metade da equipe compareceria do evento e relatariam o conteúdo programático em reunião para os demais membros ausentes do evento.

Todos os membros da equipe participaram de dois treinamentos: um geral e um específico. O treinamento geral tratava do manuseio do *software* selecionado pelo escritório e formação de um grande *template*. O conteúdo programático do curso incluía os seguintes conteúdos, conforme pode ser observado na Tabela 20 a seguir:

Tabela 20 - Conteúdo programático do treinamento geral

Curso de formação de <i>template</i> no Revit	
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Workspace</i> do Revit; • Linhas; • Preenchimento <i>fill patterns</i>; • Representação dos elementos; • Nuvem de revisão; • Importação DWG; • Hachura; • Cores; • Simbologia; • Cotas; • Nível; • Eixo; • Corte; • Chamada de detalhe <i>callout</i>; 	<ul style="list-style-type: none"> • Título de desenhos; • Elevação; • Interrupção de desenho; • Estilo de texto; • Anotações TAG; • Materiais; • Famílias de sistema; • Criação de famílias; • Uso de famílias carregáveis; • Geração de folhas e vistas, • Otimização por uso de filtros • Configuração de tabelas e legendas • Inserção de detalhes e exportação

Fonte: O autor (2018)

Cada disciplina também passou por um treinamento específico. A disciplina de hidrossanitário de projeto hidrossanitário contratou um treinamento e um *template* hidrossanitário. O conteúdo programático segue na Tabela 21 a seguir:

Tabela 21 - Conteúdo programático do treinamento específico hidrossanitário

Curso de instalações hidrossanitárias em Revit
<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação do Revit MEP • Interface visual e comandos • Preparando um novo <i>template</i> • Criando famílias simples de peças sanitárias para o dimensionamento • Desenvolvendo um projeto hidrossanitário <ul style="list-style-type: none"> ○ Sistema de tubulações de sanitária ○ Sistema de tubulações de água fria ○ Conexões de água fria ○ Acessórios e peças sanitárias ○ Conexões de esgoto • Tabelas • <i>View templates</i>, filtros e propriedades gráficas • Anotações • Detalhamento • Dimensionamento • Listas • Legendas • Impressão • Apresentação do <i>template</i> hidrossanitário • Links de projetos

Fonte: O autor (2018)

A disciplina de elétrica de forma similar ao hidrossanitário também contratou um treinamento e um *template* elétrico. Segue conteúdo programático do treinamento:

Tabela 22 - Conteúdo programático do treinamento específico elétrico

Curso de instalações elétricas em Revit
<ul style="list-style-type: none"> • Início de um projeto com o <i>template</i> elétrico e link da arquitetura • Criação de espaços e cálculo de potência de iluminação e TUGs • Lançamento de pontos de luz • Lançamento de pontos de tomadas (TUGs e TUEs) • Lançamento de pontos de interruptores • Separação de circuitos elétricos • Tabelas de cargas e dimensionamentos • Modelagem dos eletrodutos • Indicação da fiação • Elaboração do diagrama unifilar • Indicação da fiação em 3D • Proteções no QDC (Disjuntores, DPS e IDR) • Preparação das folhas de impressão

Fonte: O autor (2018)

A disciplina de mecânica obteve maior dificuldade em obter treinamentos específicos. Foram utilizados parte do treinamento hidrossanitário e diversos cursos fragmentados para suprir a ausência de treinamento em climatização, como ferramentas de modelagem e formação de áreas, planilhas e famílias.

Dois cursos breves de climatização foram encontrados e obtiveram destaque no treinamento: um curso da *Pluralsight* e outro da *Lynda*. O primeiro abordou conteúdos como criação de relatório de carga de aquecimento e resfriamento, disposição de equipamentos HVAC, modelagem de dutos, checagem e insuflamento do sistema de dutos, configuração de equipamentos. O segundo treinamento foi mais genérico, abordando conteúdos como planilhas, *tags* de dutos, dimensionamento, conectores, terminais de ar, retorno, acessórios, sistema de dutos, zoneamento e checagem do sistema. Todos os treinamentos de climatização foram realizados em inglês.

4.3.1.7b. Discussão dos resultados

A decisão de realizar a etapa de treinamento quase que exclusivamente através de cursos *on-line* gera uma grande particularidade na aplicação do modelo de implementação BIM. Destaca-se como pontos positivos o baixíssimo custo de aquisição dos cursos que em sua maioria acompanhavam *templates* pré-configurados, além de que os treinamentos poderão ainda ser replicados para os demais membros do escritório que não participaram do primeiro ciclo de implementação.

Embora a equipe considere o meio de educação à distância os mais apropriados para os mesmos, este provavelmente foi um dos principais pontos de um grande atraso na aplicação do modelo de implementação. O autodidatismo dos membros da equipe de trabalho foi essencial para a geração de bons resultados, junto a relatos de pesquisas paralelas individuais e dedicação aos estudos em horários de lazer.

No entanto, também houve relatos de grandes esforços para resolução de alguns questionamentos, o que poderia ser facilmente solucionado com a presença de um consultor ou professor. O processo de autocritica também fica comprometido, pois não há um nível de comparação claro quanto a maturidade dos conhecimentos adquiridos, diferente de ambientes de aprendizado presencial, onde ocorrem trocas de experiências e expansão da visão individual dos envolvidos. Outro ponto relevante é que após o treinamento não foram adquiridas titulações ou certificações, que poderiam ser utilizadas como diferencial competitivo no mercado.

Como será explanado posteriormente, o modelo de implementação foi alterado para a inclusão de um estudo piloto, antecipa-se uma estimativa de que o desenvolvimento do projeto

piloto foi particularmente laborioso pelas características do levantamento. Houve relatos da equipe indicando grandes dificuldades de manuseio em funções básicas do *software* mesmo após o treinamento, questão que deveria ter sido sanada nesta etapa.

A participação em eventos de disseminação do BIM limitou-se a presença de dois membros da equipe em um workshop de BIM realizado pela UFC. Houve também o relato do engenheiro civil e projetista eletricitista em reunião com os demais membros da equipe, mas não houve significância nos resultados coletados.

O escritório obteve grande dificuldade na disciplina de mecânica, tanto na etapa de treinamento quanto na formação de famílias na etapa de bibliotecas. A formação da família foi bastante pequena nesta disciplina devido a esta dificuldade.

O escritório também optou pela contratação de um curso de arquitetura para o desenhista generalista. Diversas dificuldades foram encontradas no arquivo de arquitetura desenvolvido para a modelagem do projeto piloto, a ser tratado posteriormente neste trabalho. Diversas necessidades de níveis, delimitação de ambientes, de superfície foram encontradas. A equipe relatou também dificuldade com a modelagem do telhado, uma vez que os mesmos não conseguiam desativá-la na modelagem das instalações e a mesma sobrecarregava o processamento do modelo realizado na etapa de projeto piloto.

Quanto ao conteúdo programático dos cursos, o tema de novos processos necessários ao BIM e fluxo de trabalho foi pouco explorado. Embora o curso básico tenha tratado do assunto, os treinamentos se encerraram com pouca profundidade na temática.

Os treinamentos específicos eram majoritariamente compostos pelo controle da ferramenta e formação de famílias se utilizando objetos específicos da disciplina do treinamento. Assim, mesmo sem um treinamento específico para a climatização, induz-se ser factível um bom aprendizado se utilizando de treinamentos genéricos e conhecimento técnico prévio em instalações mecânicas.

Também foi adquirido pelo escritório um treinamento em *Dynamo* básico, visando a automação dos dimensionamentos das instalações através de programação virtual. Inicialmente, a equipe se propôs realizar o estudo, no entanto, após o início do treinamento básico e específico, os mesmos preferiram postergar a parte de programação para um ciclo futuro de implementação BIM.

4.3.1.8. Entregáveis BIM

Entregáveis são todos os itens necessários para atingir o objetivo do projeto. Os principais entregáveis são o modelo BIM (IFC, RVT, PLA), relatórios de interferências (DOC, HTML, CLS, SCM) e registro de comentários (BCF, PDF, PSV, HTML) [15].

Dependendo do tipo de aplicação, o processo BIM pode ter uma grande gama de produtos. A Tabela 23 mostra os entregáveis mais recorrentes, conforme o tipo de aplicação.

Tabela 23 - Entregáveis BIM por aplicação

Aplicação	Entregável	Aplicação	Entregável
Projeto Autoral	Modelo BIM autoral de Arquitetura. Modelo BIM autoral de Estruturas (inclusive Fundações) Modelo BIM autoral de Instalações.	Análise Estrutural	Modelo BIM das Estruturas com informações mínimas para análise estrutural. Estudos, simulações e análises estruturais, se aplicável. Dimensionamentos e verificações de estruturas, se aplicável.
Análise Energética	Modelo BIM com informações mínimas para análise energética. Estudos, simulações e análises energéticas, se aplicável.	Análise Luminotécnica	Modelo BIM com informações mínimas para a análise luminotécnica. Ensaio, simulações, estudos de iluminação natural e artificial, se aplicável.
Análise Mecânica	Modelo BIM com informações mínimas para análises mecânicas. Ensaio, simulações, estudos de desempenho mecânico, se aplicável.	Análise de outras Engenharias	Modelo BIM com informações mínimas para outras análises específicas. Ensaio, simulações, estudos de desempenho específicos, se aplicável.
Avaliação LEED de Sustentabilidade	Modelo BIM com informações mínimas para a avaliação LEED de sustentabilidade. Ensaio, simulações, estudos de sustentabilidade, se aplicável.	Validação de Códigos	Modelo BIM validados como “em conformidade” com códigos específicos Estudos e relatórios críticos de conformidades e não conformidades, se aplicável.
Revisão de Projetos	Modelo BIM de múltiplas disciplinas coordenados e validados. Lista com histórico das revisões realizadas e decisões tomadas, se aplicável.	Coordenação Espacial 3D	Modelos BIM com múltiplas disciplinas consolidadas. Relatórios de interferências detectadas. Relatórios das análises e decisões tomadas para solucionar problemas e eliminar interferências.

Fonte: Adaptado de CBIC (2016)

A gama de produtos se estende à medida que outras aplicações são realizadas, como modelagem das condições existentes, simulações e análises de alternativas de locação e tipologias [15], etc.

O escritório de projetos pode optar por agregar em seus serviços produtos relacionados a sua especialidade, tornando-se um forte candidato para suprir as novas demandas geradas pelo BIM.

4.3.1.8a. Aplicação

Para o primeiro ciclo de implementação, foi decidido que o entregável seria o projeto piloto modelado em três disciplinas: hidrossanitário, elétrica e climatização. Não foram inclusas disciplinas de combate a incêndio e exaustão por não haver demanda técnica. As disciplinas de telecomunicações e águas pluviais foram omitidas no primeiro ciclo para fins de facilitação da implementação e graduação do desenvolvimento dos produtos BIM do escritório.

Ainda para o primeiro ciclo foi decidido que o produto seria entregue em formato RVT e disponibilizado para a pesquisa em formato PDF. O relatório de interferência não seria documentado, nem os registros de comentários, quaisquer análises ou simulações das instalações, contratos, memoriais com especificações e dimensionamento ou revisões de projetos.

A equipe optou por se utilizar deste capítulo para a descrição detalhada do serviço BIM prestado. Para este ciclo de implementação, foi prevista a entrega apenas do desenho modelado, que inclui: vista em planta baixa das instalações; vista em 3D; legenda; detalhes executivos padrões; quadros de quantitativos geral. Para as instalações elétricas, também foram acrescentados os diagramas unifilares e quadros de cargas.

Esquemas verticais não foram inclusos pois o empreendimento selecionado para o primeiro projeto piloto possui apenas pavimento térreo. Para empreendimentos verticalizados, os esquemas verticais farão parte da descrição do desenho. Por questões de facilitação, também não foram inclusos quadros de quantitativo específicos, que também serão inclusos no próximo ciclo de implementação.

4.3.1.8b. Discussão dos resultados

A prerrogativa de desenvolvimento de aplicação do modelo de implementação BIM em ciclos, torna a etapa de entregáveis bastante objetiva, delimitando-se a descrever o produto gerado no resultado do ciclo de implementação.

Considerando a inclusão da etapa de um projeto piloto no modelo de implementação BIM, os entregáveis se tornam os objetivos do projeto piloto. Do ponto de vista prático, a abordagem dada pelo escritório da descrição do conteúdo contido no desenho técnico foi favorável. O escritório já praticava em seus negócios o detalhamento do escopo por tipo de visualização.

Voltado aos Entregáveis BIM, o projetista eletricitista relatou que há uma grande vantagem em particular no projeto elétrico desenvolvido em BIM. A questão é que o projeto elétrico foi caracterizado como a disciplina que mais passa pelo processo de revisão, pois o mesmo se utiliza de *inputs* de praticamente todas as outras disciplinas, assim quaisquer alterações em outras disciplinas usualmente resultam na revisão conjunta do projeto elétrico. Enquanto que as revisões dos demais projetos em CAD ocorreriam apenas em planta baixa, corte / esquema vertical e memorial, o projeto elétrico também precisa adequar seus diagramas e quadro de cargas. Assim, a não redundância das informações nos entregáveis BIM geram grandes benefícios a todos os sistemas prediais, particularmente à elétrica.

Para os próximos ciclos de implementação que envolvam a documentação, inclusive os memoriais de cálculo com dimensionamentos, sugere-se que o mesmo seja descrito como

A inclusão da descrição do conteúdo do serviço nesta etapa poderá ser utilizada como *checklist* ou outros mecanismos de controle de qualidade. Neste caso, o controle de qualidade seria descrito na etapa de processos e fluxo de trabalho.

4.3.1.9. Software e tratamento dos dados

A seleção do *software* é fundamental para o sucesso das aplicações BIM. Assim, é dada preferência aos *softwares* orientados a objetos que cumpre os padrões que garantem

interoperabilidade, desde a modelagem, passando pela documentação 2D e análises energéticas, até a gestão da informação [39]. Caso seja de interesse do contratante, é possível também estipular os *softwares* passíveis de utilização em seus contratos com os contratados. A Tabela 24 apresenta exemplos de softwares pré-estabelecidos por contratante, separados por tipo.

Tabela 24 - Exemplo de requisito contratual quanto ao software BIM

Categoria	Software (sem ordem de preferência)
Planejamento e Estimativa de custos preliminar	<i>VA-SEPS, Onuma Planning System (OPS), DProfiler, Tokmo, CodeBook</i>
Projeto autoral (Arquitetura, Estrutura)	<i>Revit Architecture, Bentley BIM, ArchiCAD, Tekla, Vectorworks</i>
MEPF autoral (Engenharia e Construção)	<i>ArchiCAD MEP, Revit MEP, AutoCAD MEP, Bentley BIM, CAD-Duct, CAD-Pipe, AutoSprink, PipeDesigner 3D</i>
Civil autoral	<i>Bentley Inroads and Geopak, Autodesk Civil 3D</i>
Coordenação (clash detection)	<i>NavisWorks Manage, Bentley Navigator, Solibri Model Checker, Horizontal Glue, EPM Model Server, BIM Server</i>
Cronograma 4D	<i>Synchro, Vico, Navis Works Simulate, Primavera, MS Project, Bentley, Navigator</i>
Estimativa de custo 5D	<i>Innovaya, Vico, Tokmo</i>
Especificações	<i>Specklink-e, E-Specs</i>
Validação do modelo, Otimizador de arquivo IFC	<i>Solibri ou similar</i>
Análise Energética	<i>EcoDesigner, Ecotect, eQuest, Green Building Studio, EnergyPlus, Trane/Trace, DOE2</i>

Fonte: VA BIM Guide (2010)

Quanto ao tratamento de dados, os manuais apresentam apenas questões organizacionais, falando da importância de manter uma estrutura de organização e nomenclatura de arquivos. Uma disposição adequada deve possibilitar o link entre diversos arquivos, conforme necessário, a ser realizado pela equipe de projeto e outros usuários [39].

Todas as diretrizes relacionadas ao protocolo de arquivos devem ser registradas no Plano de Gestão BIM ou BIM *Management Plan* (BMP). A organização deve incluir todas as pastas BIM, arquivos de modelo, planilhas, suporte, coordenação e outros.

A organização dos arquivos passa ainda pela definição dos padrões internos do escritório, escolhendo uma estrutura de pastas apropriada de fácil rastreabilidade para as informações do projeto, incluindo as bibliotecas e *templates* [5].

4.3.1.9a. Aplicação

As decisões relativas a esta etapa foram realizadas antecipadamente na terceira reunião com o escritório. Um estudo prévio à reunião foi realizado pelo engenheiro mecânico para a seleção de *software*. O mesmo optou pelo uso do *Revit* da *Autodesk*, visando uma maior compatibilidade com o mercado cearense que, segundo sua análise, utiliza majoritariamente o *Revit*. O mesmo também informou que a climatização era facilitada neste *software*, quando comparado aos demais *softwares* BIM.

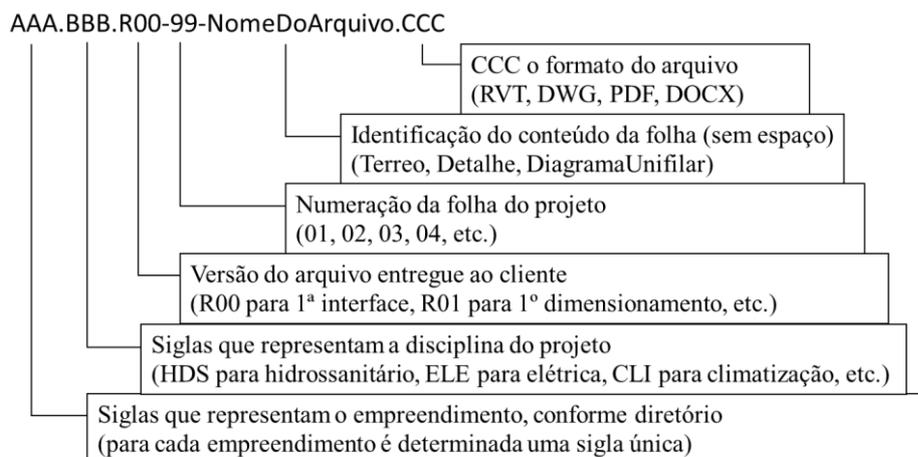
Para fins de maior interoperabilidade interna, foi decidido que as outras disciplinas também seriam executadas em *Revit*. A seleção do *software* também foi relacionada a disponibilidade de treinamentos no mercado.

A aquisição do *software* custou aproximadamente R\$ 6.500,00 para 3 licenças de 1 ano. Este *software* atende aos requisitos na categoria de projeto MEPF autoral. Não foram consideradas outras categorias, tais como coordenação, cronograma 4D, estimativa de custo 5D, especificações e análise energética.

Quanto ao tratamento dos dados, observou-se que toda a equipe já atuava em um servidor unificado, com endereço padronizado em todos os computadores cadastrados no trabalho *C:\GDrive*. Os arquivos também são armazenados na nuvem da *Google* através do *Google Drive*. Embora os arquivos não sejam *on-line* em tempo real, após a alteração de quaisquer arquivos do diretório, todos os arquivos na nuvem e em todos os discos rígidos são atualizados automaticamente através de um programa chamado *Backup and Sync*, também da *Google*.

Esse sistema foi suficiente para vincular as diversas disciplinas, de forma que as conexões entre as disciplinas podem se atualizar facilmente, bastante recarregar os arquivos já vinculados. Também se fez necessário adequar a nomenclatura dos arquivos a serem vinculados entre si. A nomenclatura dos arquivos seguiu os seguintes formatos:

Figura 21 - Nomenclatura de arquivos de projeto

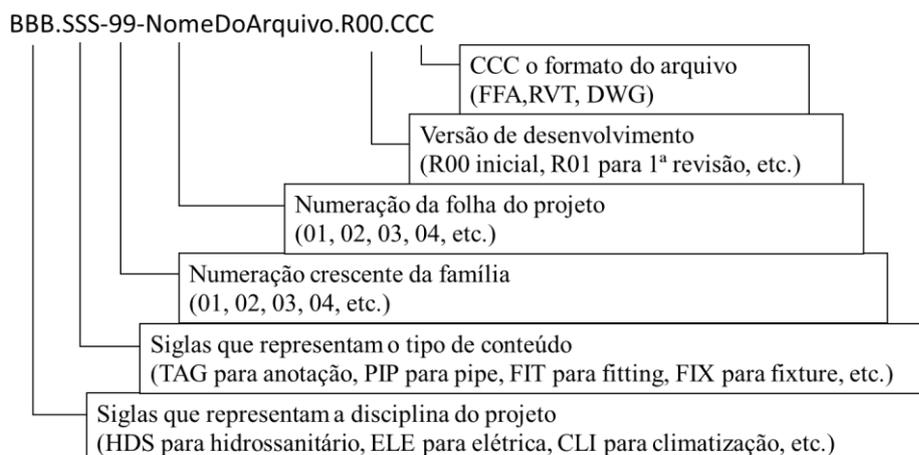


Fonte: O autor (2018)

A nomenclatura ainda passa por duas variações: para os arquivos do modelo, são utilizados apenas os três primeiros elementos junto ao formato do arquivo, ou seja, AAA.BBB.R00.CCC. Baseado no sistema de backup nativo no Revit, também há uma segunda variação para arquivos de backup, que inclui quatro números representando o número do backup, ou seja, AAA.BBB.R00.0000.CCC. Esse padrão foi adotado inclusive para outros *softwares*.

Os arquivos que fazem parte da biblioteca, a ser tratado na próxima etapa, foram padronizados de forma similar, como segue na Figura 22 abaixo:

Figura 22 - Nomenclatura de arquivos de biblioteca

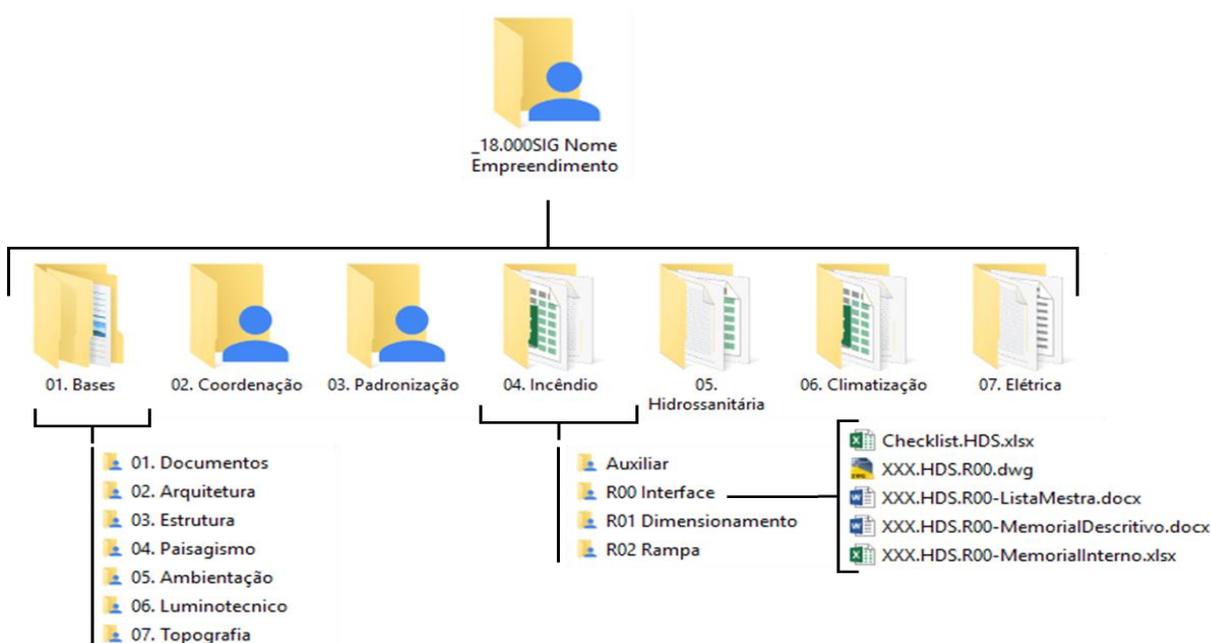


Fonte: O autor (2018)

Alguns arquivos considerados atípicos não seguiram exatamente a mesma nomenclatura, mas seguiram lógicas parecidas a formulação dos demais arquivos padronizados.

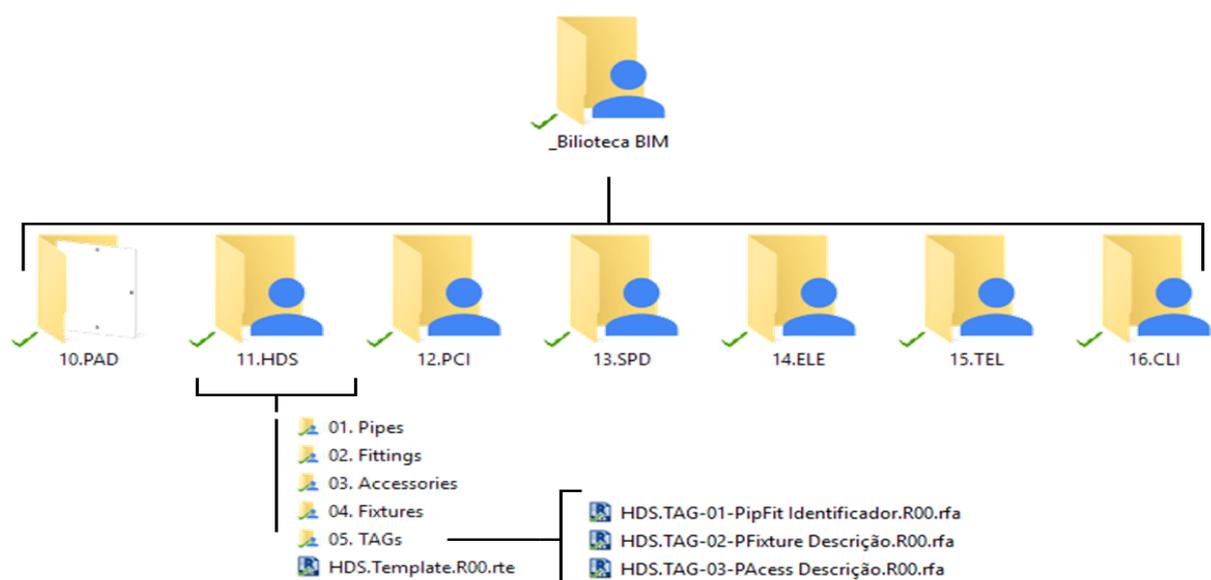
As pastas também tiveram seus nomes padronizados visando redução do endereço e foram hierarquizados de forma padrão. O mesmo ocorreu para os arquivos que fazem parte da biblioteca BIM do escritório, conforme exemplificado nas Figura 23 e Figura 24 abaixo:

Figura 23 - Hierarquia de pastas de projeto



Fonte: O autor (2018)

Figura 24 - Hierarquia de pastas de biblioteca



Fonte: O autor (2018)

Os *links* dos arquivos foram realizados através da ferramenta *Revit Link*, disponível no *software* Revit 2017, selecionado pelo escritório para todas as disciplinas dos sistemas prediais. Os *links* foram discutidos anteriormente na etapa d procedimentos de colaboração.

Os engenheiros ainda verificaram questões de *hardware* nesta etapa, onde foi decidido que nenhuma nova aquisição seria realizada pois o inventário do escritório já atendia os requisitos mínimos solicitados pelo *software* contratado.

4.3.1.9b. Discussão dos resultados

A vantagem principal do uso do mesmo software para, até então, todas as disciplinas e funções BIM é particularmente vantajoso para a interoperabilidade. No entanto, a medida que a maturidade BIM do escritório se elevar, outros *softwares* serão contratados e deverão ser atentados quanto a interoperabilidade. Ficou decidido que tais questão serão consideradas nos ciclos de implementação BIM futuras.

Ainda quanto a interoperabilidade, o uso de padrão IFD para as bibliotecas foram desconsiderados. A engenheiro mecânico considerou seu uso na criação de sua biblioteca, no entanto, o mesmo informou que realizou estudos *on-line* e optou por não trabalhar neste padrão.

Para fins informativos, o escritório informou que o *hardware* adquirido custaria em torno de R\$ 5.500,00/unidade. O administrador informou que foram adquiridos quatro equipamentos e sugeriu considerar três destes como necessários para a implementação BIM.

Na avaliação do modelo de implementação BIM, o administrador ainda sugeriu que esta etapa seja convertida em *software* e *hardware*. Neste cenário, o conteúdo de *hardware* se concentraria no atendimento dos equipamentos demandado pelos *softwares* contratados e também o tipo de procedimento colaborativo e indicações do setor de inventário e tecnologia do escritório.

Os critérios de seleção de *software* apontados pelo escritório foram considerados bastante subjetivos. Sugere-se uma análise comparativa com critérios objetivos previamente estipulados junto a representantes de venda de cada *software*. A análise se repetiria para cada novo software adquirido por categoria de uso, observando ainda a interoperabilidade com os *softwares* já adquiridos pelo próprio escritório e *softwares* utilizados por escritórios parceiros.

A sugestão de agregar as questões de tratamento dos dados na etapa posterior foi considerada favorável do ponto de vista prático. A discussão destes resultados é apresentada na etapa seguinte.

4.3.1.10. Bibliotecas BIM e Organização

A biblioteca é composta por objetos BIM, contendo dados geométricos e não geométricos, tais como valores UV, marcas, normas atendidas, materiais componentes, links para manuais de montagem, manutenção ^[15], etc. Os dados podem ser categorizados em: (i) informações geométricas, como nível de detalhamento, precisão e unidade de medida; (ii) informações paramétricas, como vínculos, restrições geométricas e regras de adaptação; (iii) especificações, incluindo normativa atendida e parâmetros necessários para simulação e orçamentação, e; (iv) Representações bidimensionais, incluindo em alguns casos, representações esquemáticas não realistas ^[15].

Os objetos ainda podem ser classificados pelo seu grau de parametrização: (i) objeto fixo; (ii) semiparamétrico, com ajustes de medidas, e; (iii) totalmente paramétrico, com ajustes de medidas e outros detalhes ^[15].

Quanto ao grau de especificidade, os objetos podem ser genéricos ou específicos. As especificidades podem estar contidas dentro nos próprios objetos ou serem relacionados através de links ligados a bases de dados externos, *on-line* ou *off-line* ^[15].

Por fim, ainda é possível classificar informações por diferença de complexidade. Geometria, ponto de inserção, regras de inserção, quantidade/dificuldade de integração de dados com outros conjuntos, parametrização programável e comportamento são exemplos de grupos de informações que podem ser classificados por grau de complexidade e mapeados para controle das bibliotecas ^[15].

4.3.1.10a. Aplicação

O escritório decidiu tratar a biblioteca subdividida em dois grupos: *templates* e detalhes padrões. O primeiro grupo é apresentada ainda em duas partes: um *template* generalista, abordando os assuntos comuns a todas as disciplinas de sistemas prediais; e os *templates* específicos, com os assuntos que variam para cada disciplina.

Foram gerados três *templates*, um para cada disciplina: hidrossanitário, elétrica e climatização. No entanto, prever-se a possibilidade futura de subdividi-los em outros grupos conforme o aumento de especificidades das disciplinas e necessidade da equipe de trabalho. A parte generalista dos *templates* foram relacionadas aos padrões do escritório, tais como:

- Linha;
- Texto e setas (*leaders*);
- Símbolos, tais como o norte do projeto, representação de corte, chamada de detalhes, etc.
- Níveis de projeto e vistas;
- Configuração de importação CAD;
- Configuração de visualização das bases em Revit;
- Parâmetros compartilhados gerais;
- Configuração do navegador;
- Cercadura;
- Configuração de impressão;
- Configuração de *Spaces* para análise;
- Configuração de setorização
- Configuração de visualização de sobreposição de sistemas;

Os parâmetros compartilhados gerais podem ser exemplificados como o nome do projeto a ser contido em todas as folhas do projeto ou categorias que darão suporte para a organização do *browser* de forma eficiente. As configurações de *spaces* inclui sistema de cores conforme interesse do escritório, visando a análise elétrica e térmica de cada ambiente criado.

Uma primeira *view template* também pode ser pré-configurada visando uma análise de sobreposição de instalações, para fins de compatibilização. Nesta, não foram realizadas nenhum destaque de linha e foram estipuladas uma cor por disciplina, facilitando a análise.

O *template* de cada disciplina, além do conteúdo detalhado acima, também somava os conteúdos específicos de sua disciplina, que podem ser classificados em categorias, tais como:

- Unidades de projeto;
- Famílias de duto e conexões por tipo;
- Famílias de acessórios;
- Parâmetros compartilhados específicos;
- Anotações *tags*;
- Padrões de visualização de disciplina (gestão e entregável);
- Tabelas;
- Legendas;

As unidades de projeto devem atender as exigências de cada disciplina. Por exemplo, é usual que dutos de climatização sejam cotados em centímetros, enquanto que fios e condutos elétricos são cotados em milímetros. O mesmo ocorre em unidades de pressão, potência, peso, etc.

As famílias de dutos, conexões e acessórios precisam ser parametrizadas entre si, de forma a viabilizar a conexão dos mesmo para gerar análises do sistema. O Revit é capaz de identificar elementos hidrossanitários desconectados, pontos elétricos sem alimentação elétrica, dentre outras alternativas. A parametrização com elementos arquitetônicos também pode gerar ganhos de produtividade, como inclusão de parâmetro de distância de um ponto aparelho sanitário ou de uma tomada em relação ao piso acabado.

A configuração de anotações evita redundância de informações, uma vez que é possível extrair informações de cada elemento do projeto. O uso desta ferramenta aliada a parâmetros compartilhados é capaz de gerar grande ganho de produtividade no detalhamento do projeto, principalmente na geração de documentação. Para fins de ilustração, segue Tabela 25 das anotações configuradas pelo escritório:

Tabela 25 - Inventário de *tags* hidrossanitárias

TAG	Função	Aplicação	Notas
Identificador	Extrai Identificados preenchidos no quantitativo	All pipe categories	Trocar círculo por retângulo
Descrição Detalhes	Extrai informações relativas ao objeto	All pipe categories	
Inclinação	Extrai declividade	Pipes	
Direção Fluxo	Mostra seta para direita ou esquerda	Pipes	
Diâmetro	Exibe Diâmetro do tubo	Pipes, pipes fitting	
Cumprimento	Exibe comprimento do trecho	Pipes	
System Type	Exibe o nome do sistema	All pipe categories	Verificar se o system type usará sigla ou nome completo
Coluna	Exibe dados da coluna vertical em formato convencional	Pipes, pipes fitting	Atualizar simbologia

Notas Gerais:

Itens em vermelho não foram realizados

Criar Parâmetros relativos ao dimensionamento

System types com nomes completo ou abreviações?

Fonte: O autor (2018)

Uma atenção especial foi dada aos *view templates* ou padrões de visualização, uma vez que grandes ganhos de produtividades podem ser obtidos com uma boa configuração. O *template* de cada disciplina pode colecionar pré-configurações de exibição dos projetos tanto para análise do projeto, como desenvolvimento, como também para gerar entregáveis. Segue Tabela 26 abaixo do inventário de *view templates* hidrossanitários para fins de exemplificação:

Tabela 26 - Inventário de *view templates* hidrossanitários

Nº	View Template2	Display Model	Visual Style	Model	Sub-Disciplina
1	HID 3D	Fine	Consistent Colors	Hide Lines	Tridimensionais
2	SAN 3D	Fine	Consistent Colors	Hide Lines	Tridimensionais
5	HID/SAN/DRE 3D	Fine	Consistent Colors	Hide Lines	Tridimensionais
6	HID Imagem	Fine	Realistic	Hide Lines	Tridimensionais
7	SAN Imagem	Fine	Realistic	Hide Lines	Tridimensionais
10	HID/SAN/DRE Imagem	Fine	Realistic	Hide Lines	Tridimensionais
11	HID Corte	Fine	Shared	Hide Lines	Detalhamentos
12	SAN Corte	Fine	Shared	Hide Lines	Detalhamentos
15	HID/SAN/DRE Corte	Fine	Shared	Hide Lines	Detalhamentos
16	HID P.Baixa	Fine	Shared	Hide Lines	Plantas Baixas
17	SAN P.Baixa	Fine	Shared	Hide Lines	Plantas Baixas
20	HID/SAN/DRE P.Baixa	Fine	Shared	Hide Lines	Plantas Baixas
21	HID Ampliação	Fine	Consistent Colors	Hide Lines	Detalhamentos
22	SAN Ampliação	Fine	Consistent Colors	Hide Lines	Detalhamentos
25	HID/SAN/DRE Ampliação	Fine	Consistent Colors	Hide Lines	Detalhamentos
26	HID Análise	Medium	Shared	Show all	Análise
27	SAN Análise	Medium	Shared	Show all	Análise
30	HID/SAN/DRE Análise	Medium	Shared	Show all	Análise
31	HID Desenvolvimento	Medium	Wireframe	Show all	Análise
32	SAN Desenvolvimento	Medium	Wireframe	Show all	Análise
35	HID/SAN/DRE Desenvolvimento	Course	Wireframe	Show all	Análise

Notas Gerais:

Disciplina: Plumbing

Escala: Varia de projeto em projeto

Verificar questões relativas ao View Range para empreendimentos de múltiplos pavimentos

Fonte: O autor (2018)

Nos *view templates* de análise, podem ser configuradas filtros ou regras de verificação de projeto, como também omitir elementos visando facilitar leitura e análise do projeto. Exemplos de verificação podem ser filtros que destacam declividades divergentes dos limites normativos do projeto hidrossanitário, velocidade maior que o limite máximo, ou ainda verificação de homogeneidade no material e tecnologia de dutos, como diferenciar os dutos em PVC Marrom soldáveis e roscáveis. Segue Tabela 27 ilustrando o inventário de filtros utilizados no escritório.

Tabela 27 - Inventário de filtros hidrossanitários de visualização e análise

Filtros de configuração de visualização

N°	Filtro	Apply to	Regra2	Visibilit	Lines	Pattern	Transpare	Notas
1	System C. Sanitary	Pipes, Pipes accessory	System Classification equals Sanitary	VAR	1 Black Solid	Blue		
2	System C. Cold Water		System Classification equals Domestic Cold Water	VAR	1 Black Solid	Brown		
3	System C. Hot Water		System Classification equals Domestic Hot Water	VAR	1 Black Solid	Red		
4	System C. Vent		System Classification equals Vent	VAR	1 Black Solid	Yellow		
5	Pipe Fixture 1	All pipes categories, plumbing fixtures	System classification equals sanitary and description contains Tigre	VAR			50%	Melhorar sistema com parâmetro compartilhado
9	System T. Gordura	All pipes categories	System Type equals Gordura	VAR	1 Black Solid	Magenta		
10	System T. Sabão	All pipes categories	System Type equals Sabão	VAR	1 Black Solid	Orange		
11	System T. Drenagem	All pipes categories	System Type equals Drenagem	VAR	1 Black Solid	Green		
12	Equipamentos			VAR			50%	Verificar característica comum aos equipamentos para criar regra

Filtros de análise de dimensionamento

N°	Filtro	Apply to	Coluna1	Visibilit	Lines	Pattern	Transpare	Notas
13	Slope Max	Pipes	Regra	VAR	7 Red Solid	Red		Criar parâmetro compartilhado que identifique a declividade
14	Flow Velocity	Pipes	Slope is	VAR	7 Red Solid	Red		A ser criado quando conectores forem utilizados
15	Pressure Min	Pipe fittings	Velocity is greater than 1,5m/s	VAR	7 Red Solid	Red		Criar parâmetro compartilhado e procedimento que calcule a pressão
16	Pressure Max	Pipe fittings	Pressure is less than 0,5mca	VAR	7 Red Solid	Red		Criar parâmetro compartilhado e procedimento que calcule a pressão
17	Slope Min 1	Pipes	Pressure is greater than 40mca	VAR	7 Red Solid	Red		Criar parâmetro compartilhado que identifique a declividade
18	Slope Min 2	Pipes	Slope is less than 2% and Diameter is less than 100mm Slope is less than 1% and Diameter is greater than or equal to 100mm	VAR	7 Red Solid	Red		Criar parâmetro compartilhado que identifique a declividade

Notas Gerais:

Itens em vermelho não realizados

A visibilidade se altera conforme configuração do view template

Fonte: O autor (2018)

Para desenvolvimento do projeto, pode-se optar por vistas mais simples, com nível de visualização grosseiro ou médio e estilo de visualização leves, como *wireframe* ou *hidden line*. Já na apresentação do projeto, podem ser gerados filtros com espessura de linha adequada e diferenciação das instalações por cores, como por exemplo separar os dutos sanitários em esgoto comum, esgoto com gordura, esgoto com sabão e ventilação. Cada vista em planta baixa, corte ou tridimensional tem necessidades específicas de visualização, sendo necessário gerar várias configurações diferentes para atender as demandas apresentação de projeto do escritório.

Os *templates* de cada disciplinas também incluíram legendas, notas e observações padrões usuais, os quais o escritório já utilizava em projetos CAD. Diversas tabelas também foram pré-configuradas, como por exemplo quantitativos por tipo de material hidrossanitário (tubos, acessórios, válvulas, caixas de esgoto, etc.) e quadro de carga parciais com balanceamento elétrico, quadro geral de medição, cálculo de demanda, etc.

No segundo grupo de detalhes padrões estão contemplados as famílias e os detalhamentos herdados do AutoCAD. Antes da implementação do BIM, os detalhamentos eram colecionados e agrupados pelo escritório em um arquivo DWG por disciplina de projeto, sem um controle formal de quais detalhes o escritório se utilizava. Assim, o primeiro passo foi a criação de um controle dos detalhes disponíveis no servidor do escritório.

O inventário de detalhes realizado pelo escritório segue na Tabela 28 abaixo:

Tabela 28 - Inventário de detalhes padrões de instalações hidrossanitárias

Inventário de Detalhes CAD		Legenda:					
Disciplina: Instalações Sanitárias (SAN)		C = Cadastro no inventário					
Data da última atualização: 12/07/2018		PD = Padronização para uso no Revit					
		LOD = Nível de Desenvolvimento					
		PR = Parametrização					
Código	Conteúdo	AutoCAD		Revit			
		C	PP	LOD 10	LOD 20	LOD 30	PP
SAN-01-01	Caldeiras a gás para agua quente	✓					
SAN-01-02	Detalhe da lira	✓					
SAN-01-03	Aquecedor vertical	✓					
SAN-01-04	Aquecedor-horizantal	✓					
SAN-01-05	Caldeiras a gás para agua quente	✓					
SAN-01-06	Aquecimento solar	✓					
SAN-02-01	Bombas de recalque	✓	✓	✓	✓		
SAN-02-02	Bomba limpeza e sucção	✓					
SAN-02-03	Bombas de drenagem	✓					
SAN-02-04	Casa de bombas - pl.baixas	✓					
SAN-02-05	Casa de bombas - cortes	✓					
SAN-02-06	Casa de bombas - passagens	✓					
SAN-02-07	Casa de bombas - cortes	✓					
SAN-02-08	Caixa d'água de anel	✓					
SAN-02-09	Bombas elevatórias	✓					
SAN-02-10	Bomba com um tanque para piscina	✓					
SAN-02-11	Bomba com dois tanques para piscina	✓					
SAN-03-01	Caixa de gordura/ sabão	✓	✓	✓	✓	✓	
SAN-03-02	Caixa de detritos	✓					
SAN-03-03	Caixa de inspeção	✓	✓	✓	✓	✓	
SAN-03-04	Caixa redutora de velocidade	✓					
SAN-03-05	Caixa de vista de inspeção com perda de altura	✓					
SAN-03-06	Tanque de óleo	✓					
SAN-03-07	Caixa de insp. - tampa ferro	✓					
SAN-03-08	Tubulações de óleo	✓					
SAN-03-09	Tanque de óleo	✓					
SAN-03-10	Caixa com registro	✓					
SAN-03-11	Caixa de areia	✓	✓				

Notas Gerais:
Itens em vermelho não realizados

Fonte: O autor (2018)

Foram utilizados os LOD 100, 200 e 300 para categorizar os detalhes. Também foi incluída uma coluna para sinalizar se os detalhes em CAD estão padronizados para uso no Revit e se os mesmos são parametrizados.

O mesmo inventário foi utilizado para o controle das famílias de cada disciplina, conforme Tabela 29, Tabela 30 e Tabela 31 abaixo:

Tabela 29 - Inventário de tubos hidrossanitários

Nº	Pipe Type	System Type	LOD	Notas
1	PVC Marrom Soldável	Água fria	300	Falta flange
2	PVC Branco Roscável	Água fria	300	-
3	PBS Classe 12	Água fria	300	Testar
4	PBS Classe 15	Água fria	300	Testar
5	PBS Classe 20	Água fria	300	Testar
6	PEX Monocamada	Água fria / Água quente	300	Testar
10	PVC Esgoto Série Normal	Esgoto / Sabão / Gordura / Ventilação / Drenagem	300	-
11	PVC Esgoto Série Reforçada	Esgoto / Sabão / Gordura / Ventilação / Drenagem	300	-
13	Ferro Fundido	PCI	-	Criar família

Fonte: O autor (2018)

Tabela 30 - Inventário de registros de válvulas hidrossanitárias

Nº	Pipe Accessory	System Type	LOD	Notas
14	Adaptador	System Type	-	-
15	Filtro de piscina	Água fria	300	Testar
16	Hidrômetro	Água fria / Água quente	300	-
17	Registro de pressão AF	Água fria / Água quente	300	Parametrizar altura em relação ao piso acabado
18	Registro de Gaveta	Água fria / Água quente	300	Parametrizar altura em relação ao piso acabado
19	Registro Esfera VS	Água fria / Água quente	300	Testar
20	Registro de passeio	Água fria	300	Testar
21	Terminal de Ventilação	Ventilação	-	Criar família

Fonte: O autor (2018)

Tabela 31 - Inventário de aparelhos hidrossanitários

Nº	Plumbing Fixtures	System Type	LOD	Notas
22	Ralo Anti-espuma	Esgoto	300	Testar
23	Banheira	Esgoto	300	Testar
24	Caixa d'água polietileno	Água fria		Criar família
25	Caixa d'água fibra de vidro	Água fria	300	Revisar ligação de conectores e torneira de bóia
26	Caixa d'água em concreto	Água fria		Parametrizar conectores de furação
27	Caixa de inspeção pré-moldada	Esgoto		Criar família
28	Caixa de inspeção moldada in loco	Esgoto	200	Parametrizar profundidade
29	Poço de visita	Esgoto		Criar família
30	Caixa de gordura pré-moldada	Esgoto		Criar família
31	Caixa de gordura moldada in loco	Esgoto	200	Parametrizar profundidade
32	Caixa sifonada girafácil	Esgoto	300	Incluir tampa cega
33	Caixa sifonada com grelha	Esgoto	300	Incluir tampa cega
34	Vaso sanitário de parede	Água e esgoto		Criar família
35	Vaso sanitário de piso	Água e esgoto	300	Corrigir conectores de água e utilizar acessório de conexão de esgoto
36	Ducha higiênica	Água fria	300	Parametrizar altura em relação ao piso acabado, tê derivador e distância vertical ao centro do vaso
37	Bidê	Água e esgoto	300	-
38	Mictório	Água e esgoto	300	Parametrizar altura em relação ao piso acabado
39	Misturador de parede monocomando	Água fria		Criar família
40	Misturador de parede com dois registros	Água fria	300	Testar
41	Misturador de bancada monocomando	Água fria		Criar família
42	Misturador de bancada com dois registros	Água fria	300	Testar
43	Chuveiro de parede	Água fria	300	Parametrizar altura em relação ao piso acabado
44	Chuveiro de teto	Água fria		Criar família
45	Chuveiro com aquecimento elétrico	Água fria		Criar família
46	Lavatório	Água e esgoto	300	Agrupar com sifão e torneira, parametrizando altura, inclusive ponto no piso
47	Pia de cozinha	Água e esgoto	300	Agrupar com sifão e torneira, parametrizando altura, inclusive ponto no piso
48	Tanque tipo bancada	Água e esgoto	300	Agrupar com sifão e torneira, parametrizando altura, inclusive ponto no piso
49	Tanque tipo coluna	Água e esgoto	300	Agrupar com sifão e torneira, parametrizando altura, inclusive ponto no piso
50	Bebedouro	Água fria		Criar família
51	Filtro	Água fria		Criar família
52	Sifão flexível para banheiro	Esgoto	300	Parametrizar altura em relação ao piso acabado
53	Sifão flexível para cozinha	Esgoto	300	Parametrizar altura em relação ao piso acabado
54	Ralo seco para banheiro	Esgoto	300	Testar
55	Ralo seco para varanda	Esgoto		Criar família
56	Reservatório de água quente	Água quente	300	Incluir tipo coluna
57	Fossa séptica cilíndrica	Esgoto		Testar
58	Fossa séptica prismática	Esgoto		Criar família
59	Sumidouro prismático	Esgoto		Criar família
60	Torneira de jardim	Água fria		Criar família
61	Torneira de bóia	Água fria	300	-

Fonte: O autor (2018)

Para as instalações hidrossanitárias, por exemplo, foram levantadas as famílias de tubos, acessórios para cada tipo de tubo, válvulas e registros para cada tipo de tubo e aparelhos sanitários. Todos os elementos são categorizados não só pelo seu LOD como também pelo seu sistema, para fins de facilitação de configurações de visualização. Outros parâmetros também podem ser inclusos no inventário com mesmo fim. Também são inclusas notas sobre cada família.

4.3.1.10b. Discussão dos resultados

Embora as decisões do escritório sejam voltadas para a composição dos *templates*, observa-se que as bibliotecas não precisam necessariamente estar contidos em *templates*. Os mesmos podem ser organizados no diretório de arquivos e serem carregados e utilizados por demanda.

Também estariam inclusos na biblioteca os memoriais descritivos, programações de dimensionamento, relatórios de análise energética, dentre outros. Caso a implementação BIM envolvesse as programações por uso de *Dynamo* ou *software* similar, os mesmos poderiam fazer parte da biblioteca BIM com categorização própria.

Quanto a formação dos *templates*, foram levantadas diversas hipóteses sobre a quantidade de *templates* que o escritório se utilizaria. Das questões que interferem sobre para a decisão de quantidade de *templates* específicos, se destacaram:

- A maturação da parte generalista, visto que quanto menos *templates*, menos trabalhoso é atualizar a formatação básica do escritório;
- As diferenças de demanda dos clientes, visto que cada construtora pode demandar a formação de um ou mais *templates* próprios;
- Configurações do *hardware*, dado que os equipamentos podem agir como limitadores da quantidade de informações pré-carregadas em um *template*;

Os inventários podem ser utilizados pelo escritório para o planejamento de atividades necessárias de migração do AutoCAD para Revit em cada projeto. Assim, caso seja de interesse do escritório, a preparação dos detalhes em AutoCAD e transferência para o Revit pode ocorrer gradualmente a medida do necessário.

Outro uso possível do inventário é para verificar o nível de desenvolvimento global que o escritório é capaz de atuar em cada projeto. A medida que a complexidade dos empreendimentos aumentar, se fará necessário aumentar o LOD das famílias necessárias para o cumprimento dos projetos de sistemas prediais. Assim, novos ciclos de implementação poderão ser realizados visando enriquecer o inventário de detalhes e famílias, bem como elevar seus respectivos LODs.

4.3.1.11. Contratos colaborativos

Na abordagem legal, tradicionalmente as atividades contratadas são isoladas umas das outras, apesar da dificuldade de correlacionar algumas atividades a apenas uma disciplina de projeto^[44]. As trocas de informações usualmente não são estipuladas em contrato, devido sua complexidade. Assim, cada contrato tende a definir uma porção limitada de relações ou um conjunto de requisitos do projeto, independente dos demais contratos relacionados ao projeto^[44]. Os documentos são preparados para ataque e defesa em caso de erros, omissões, etc. As provisões de direitos autorais e intelectuais nos acordos são realizados de forma implícita. Essa abordagem tradição, por motivos óbvios, é contrária à operação BIM^[44].

De qualquer forma, no contrato devem ser atentadas as questões quanto os entregáveis BIM, direitos e responsabilidades, garantia de qualidade, controle de qualidade e critérios de avaliação de modelos BIM^[44].

Formas de contratação podem ser realizadas em diferentes modalidades, como *Design-Bid-Build* (DBB), *Engineering-Procurement-Construction* (EPC), Aliança Estratégica ou *Integrated Project Delivery* (IPD), sendo esta última uma modalidade de contrato relativamente nova que pressupõe grande nível de confiança entre todos os participantes, compartilhando decisões, riscos e resultados^[15].

O tribunal de contratos conjuntos sugere aplicar legalmente um princípio fundamental à contratação: a colaboração^[44]. Contratantes e todos os contratados devem acordar em trabalhar em conjunto, de maneira cooperativa e colaborativa, de boa fé e com espírito de confiança e respeito mútuos. Idealmente, deve-se inserir um advogado como parte do sistema, com o papel de garantir o princípio legal, que prevê que cada caso seja estudado e tratado de forma justa a partir de uma proporcionalidade pré-estabelecida baseado em parâmetros de valor, importância e complexidade de cada serviço^[44].

Tal forma de trabalho sugere também implementar uma forma de seguro, visto que a contratação deve prever que os planos podem ser desviados do previsto. Informações podem estar incorreta e membros da equipe podem errar ocasionalmente, gerando consequências financeiras ao grupo^[44].

Outra forma mais objetiva de trabalho é baseada em previsões individuais de cada projeto, onde cada parte declara a quantidade de trabalho, custo materiais, lucro e riscos de suas

atividades baseadas em um objetivo. A partir de todas essas informações, os desvios de custos reais são calculados e distribuídos proporcionalmente para cada parte ^[44].

4.3.1.11a. Aplicação

Quanto as questões contratuais, desde a terceira reunião de aplicação do artefato, o escritório optou por omitir quaisquer ações nesse aspecto, visto que o primeiro ciclo de implementação ainda não resultará na venda de produtos BIM por parte do escritório. Para fins de facilitação, as questões contratuais serão tratadas em aplicações futuras do *template* de implementação.

4.3.1.11b. Discussão dos resultados

Embora não tenha sido tomada nenhuma ação quanto aos contratos, houve uma discussão quanto as alterações contratuais necessárias para se vender o produto em BIM e algumas questões foram adiantadas como objeto do próximo ciclo de implementação BIM.

Na visão do escritório, o primeiro contato com a modelagem da informação da construção seria 100% interno, sem cooperação com outros escritórios de projeto. Neste cenário, haveria pequenas alterações quanto ao formato dos entregáveis, além de novas cláusulas contemplando novos direitos e responsabilidades, principalmente quanto à qualidade do entregável. Em um primeiro momento, o escopo também seria alterado para incluir principalmente as informações não geométricas como parte das decisões. Apesar de ocorrerem alterações significativas no processo interno, não seriam necessárias adequações no cronograma ou processo de projeto conforme descrito no contrato, com exceção no ajuste do prazo total do serviço que poderá ser reduzido ou ampliado conforme variação do escopo.

Caso haja demanda do cliente de cooperação entre os projetistas ou ainda no caso de parceria com outros escritórios de arquitetura ou engenharia, os contratos teriam de ser reavaliados quanto a cooperação e troca de informação, alterando radicalmente o processo conforme atualmente é descrito no contrato.

4.4. Versão final do modelo de implementação

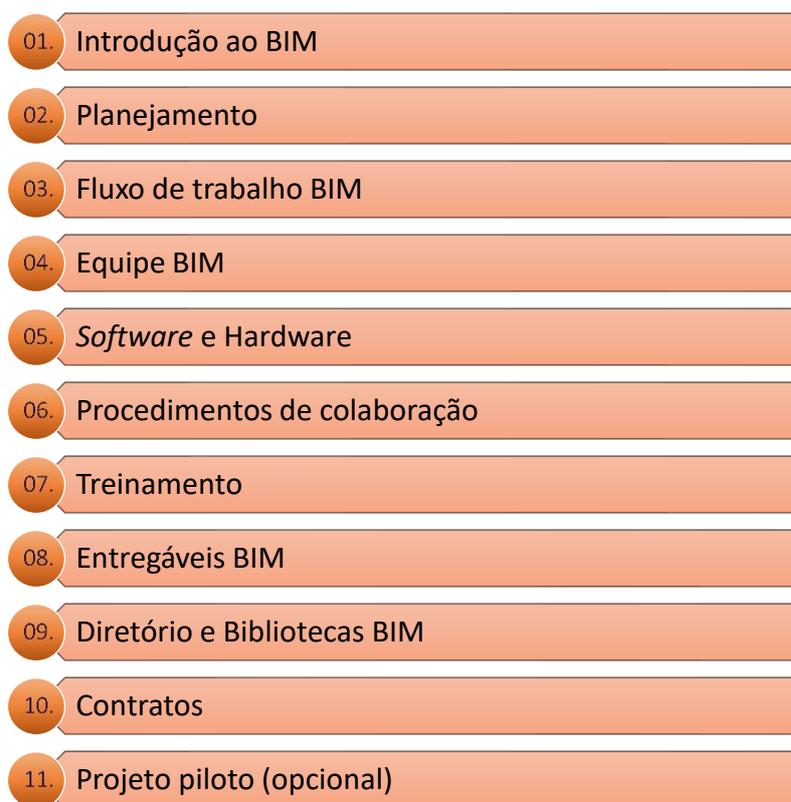
Além de não tratar dos contratos no primeiro ciclo de implementação, a equipe do escritório foi unânime na sugestão de alteração do *template* de implementação nos seguintes pontos:

- Fragmentação da etapa de requisitos BIM para as demais etapas do *template*, tais como:
 - A documentação e formato fariam parte do item entregáveis;
 - Quantitativos, detalhes fariam parte da biblioteca;
 - Revisão faria parte do processo;
 - As análises energéticas, simulação de consumo, dimensionamento/documentação, estimativa de custo, cronograma 4D/sequenciamento, ciclo de vida, versão *as built* seriam inicialmente objetivos de novos ciclos de implementação, posteriormente relocados para outros tópicos do *template* de implementação
 - O *Template* do *Revit* seria o principal item do tópico de biblioteca BIM, contemplando questões como a linha de trabalho, estilo de fonte, bloco de título, símbolo, estilo de texto, cercadura, dimensões e outras questões do entregáveis passíveis de padronização.
- Todas as questões de diretório e nomenclatura de arquivos fariam parte da biblioteca BIM;
- Inclusão de *hardware* na etapa de definição de *software*;
- O tratamento dos dados seria agregado às Bibliotecas BIM;
- Inclusão da etapa opcional do projeto piloto.

Para o uso deste *template* nos futuros ciclos de implementação, recomenda-se identificar o ponto de maturidade BIM atual antes do início da primeira etapa, identificando o ponto onde se quer chegar a partir da etapa 2 de planejamento e estratégia. Dependendo dos objetivos propostos, alguns passos podem ser omitidos, principalmente a etapa de projeto piloto.

Assim, acatadas as sugestões oriundas da aplicação do modelo de implementação BIM, gera-se a versão final do modelo, conforme observado abaixo:

Figura 25 - Versão inicial do modelo de Implementação BIM



Fonte: O autor (2018)

Para fins de melhor apresentação, as nomenclaturas das etapas foram reduzidas, onde: a etapa 2 passou a ser chamada de planejamento, subentendendo sua ligação com a estratégia do escritório; a etapa 3 passou a ser apenas fluxo de trabalho BIM, uma vez que o termo enfatiza as atividades internas ao escritório de sistemas prediais, diferente do processo que costuma abranger todo o conteúdo macro de desenvolvimento do produto; a etapa 4 subentende que a definição da equipe está ligada a estabelecer os papéis, funções e responsabilidades BIM; a etapa 7 incluiu o termo de diretório para aglomerar os conteúdos de tratamento dos dados e organização de arquivos e pastas; a etapa 9 suprimiu o termo de compartilhamento, uma vez que pode ser subentendido dentro dos procedimentos colaborativos, e; a etapa 10 se chamou apenas contratos para englobar não só os aspectos colaborativos, como também questões de escopo, cronograma, qualidade e outras questões pertinentes a contratação.

Observa-se também que a ordem das etapas foi sensivelmente alterada. O objetivo do rearranjo foi a facilitação das etapas no pronto de vista prático, destacam-se os seguintes itens:

- Houve um agrupamento do fluxo de trabalho, equipe, *software* e *hardware* pois as tomadas de decisão relativas a essas questões podem estar correlacionadas;
- O treinamento foi posicionado após o *software* pois grande parte do conteúdo programático dos cursos está relacionado às ferramentas dos *softwares*;
- O primeiro requisito dos procedimentos de colaboração seria também estar após *software*, visto que a ferramenta pode influenciar no método colaborativo a ser aplicado. No entanto, convém também posicionar a colaboração antes dos treinamentos e diretório, uma vez que as decisões de colaboração podem dar requisitos para estas próximas etapas;
- Os entregáveis BIM foram inclusos antes da biblioteca uma vez que pode apontar diretrizes sobre as ações necessárias quanto às bibliotecas BIM;

Quanto a aplicação da etapa do projeto piloto, o escritório iniciou suas atividades de modelagem de uma residência unifamiliar de pavimento térreo localizada em Sobral, interior do Ceará. A residência é constituída por três suítes, sala, lavabo, cozinha e área de serviço, como pode ser observado no Anexo D deste trabalho.

A modelagem se iniciou em março após última reunião formal com escritório e tinha previsão de conclusão de 1 mês. No entanto, após três meses não havia sido concluída a última etapa do modelo de implementação BIM, etapa esta inclusa no modelo por sugestão do próprio escritório.

As dificuldades encontradas pela equipe estavam relacionadas principalmente a falta de prioridade do escritório para a implementação BIM. Mesmo com baixo custo relativo de implementação, os recursos de mão-de-obra foram realocados para outros projetos em andamento no escritório. Observa-se ainda como causa do descumprimento da última etapa a negligência na gestão da implementação BIM, provavelmente devido sobrecarga de funções do engenheiro civil e dificuldades no manuseio das ferramentas de modelagem. É provável que a ausência de treinamento presencial ou sem consultoria especializada tenha atrasado significativamente o cronograma do projeto, mesmo que os relatos discordantes da equipe de trabalho do escritório.

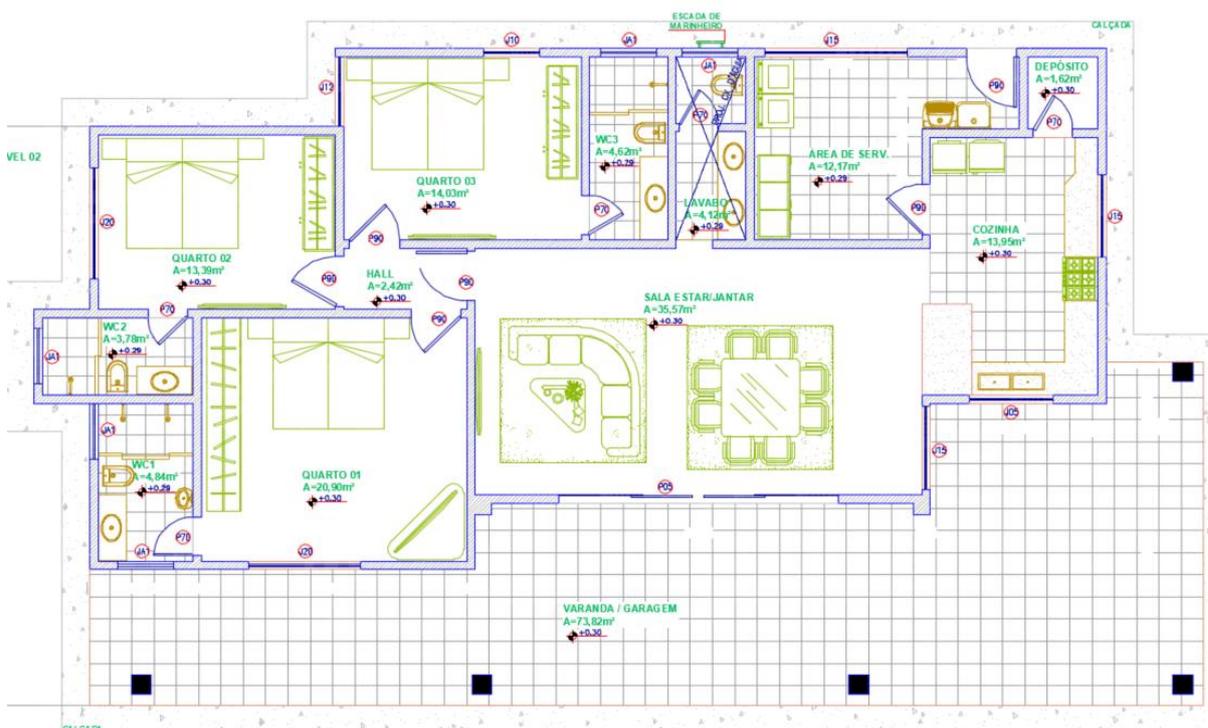
Ainda assim, dependendo do conteúdo a ser realizado no ciclo de implementação BIM, a etapa de projeto piloto tem bastante a agregar no aspecto prático, uma vez que o treinamento pode ser posto em prática, juntamente com os procedimentos colaborativos, inventários da biblioteca BIM e confecção dos entregáveis BIM.

No caso de desenvolvimentos de projetos reais por parte do escritório, a etapa de projeto piloto pode ser substituída pela confecção do novo projeto. As demais etapas do modelo de implementação BIM poderiam elevar a maturidade necessária ao escritório para a realização do projeto. Também é possível a inclusão de um BEP na etapa de projeto piloto, desde que o mesmo seja adaptado para funcionamento conjunto deste modelo de implementação BIM.

4.5. Projeto piloto

Foi desenvolvido um projeto piloto as instalações hidrossanitárias, climatização e elétrica de baixa tensão de uma residência com três suítes, sala, lavabo, cozinha e área de serviço.

Figura 26 - Arquitetura piloto residencial unifamiliar



Fonte: O autor (2018)

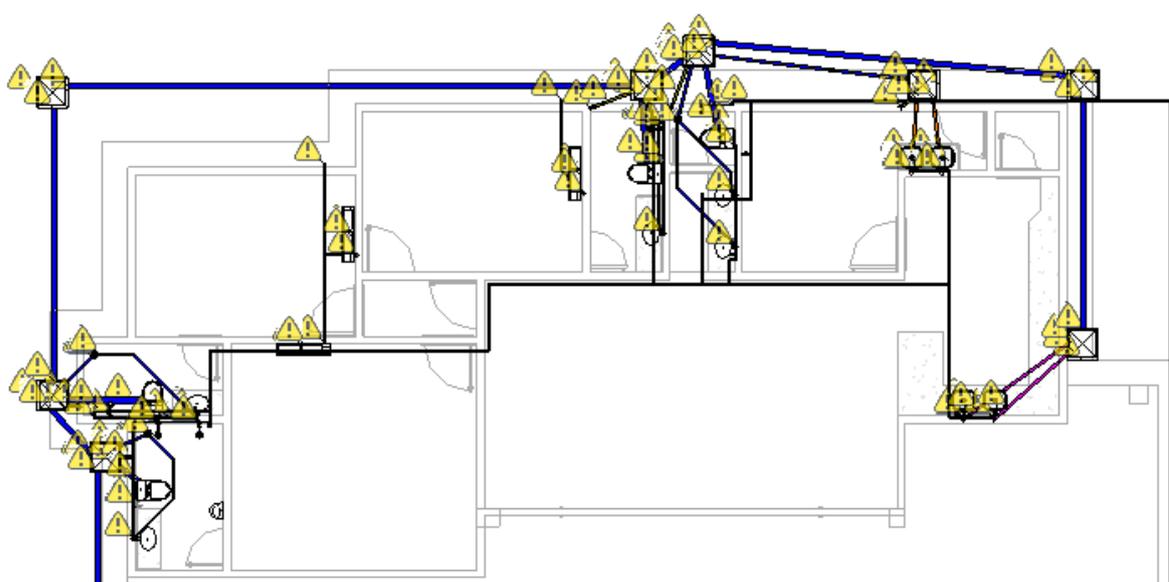
O cronograma de desenvolvimento do projeto piloto foi de 50 dias, com uma entrega única correspondente a etapa de dimensionamento, no entanto, sem memorial descritivo ou ART. Foram previstos apenas as entregas dos PDF em A4, incluindo a representação da modelagem, quadros de quantidade, legenda e notas. Para o projeto elétrico, também estava incluso os diagramas unifilares, quadro de carga geral e cálculo de demanda.

Foi planejado que o processo se iniciaria com a modelagem da arquitetura seguida apenas do projeto hidrossanitário, onde seriam realizadas todas as questões generalistas dos *templates* do escritório. No entanto, nem todas as questões foram sanadas e os demais projetos se iniciaram sem definição de todos os assuntos comuns a todos os *templates*.

A criação da arquitetura se utilizou de famílias de sistema para realização de pisos, paredes, bancadas, forro, louças, metais e coberta. O projeto hidrossanitário foi desenvolvido logo em seguida, através de um *template* disponibilizado por um curso *on-line* contrato pelo escritório. Foram realizados os *links* com a arquitetura, monitorando os níveis, bacia sanitária, sifões, chuveiros, e posteriormente ao projeto de climatização, monitorando os evaporadores para drenagem.

O projeto hidrossanitário incluiu a modelagem de água fria, esgoto, ventilação e drenagem de ar condicionado. Não foram consideradas as redes de água quente e drenagem de águas pluviais. Quanto a parametrização, não foram realizadas vínculo entre conexões de água e esgoto com todos os aparelhos sanitários. Devido restrição de tempo e dificuldade na formatação de famílias para gerar os vínculos, os pontos hidráulicos foram colocados nos lugares devido, no entanto, sem troca de informações com os acessórios hidrossanitários. Assim, não foi possível realizar análises de sistema ou dimensionamento das instalações.

Figura 27 - Miniatura de modelo hidrossanitário com análise de desconexão



Fonte: O autor (2018)

Para reduzir a edição das famílias, foram utilizadas peças da Tigre, Docol e Deca. As principais dificuldades relatadas estavam relacionadas a edição de famílias para realizar as conexões, criação de parâmetros compartilhados a fim de viabilizar dimensionamentos e configuração de visualização dada a sobreposição de alguns subsistemas. Foram criados *view templates* do tipo HID (hidráulica), SAN (sanitário) e DRE (drenagem), tanto para vistas em planta baixa geral, como planta baixa ampliada, corte e 3D/isométrico. De forma geral, a configuração dava uma cor para cada subdisciplina, como azul para esgoto, magenta para gordura e laranja para sabão, como também deixava aparelhos sanitários translúcidos e exibia/ocultava alguns outros elementos como peças, seções, chamadas de detalhes, linhas, etc., visando facilitar a leitura do projeto.

Também foram criados *templates* para gestão do projeto, que destacava declividades inferiores a 2% em tubos de PVC Branco de esgoto com diâmetro menor que Ø100mm e outro que destacava e diferenciava os dutos de PVC Marrom Roscável e Soldável, uma vez que o quantitativo mostrava a presença de ambos os dutos e só se desejava o soldável.

Foram utilizadas várias planilhas de extração de quantitativos: caixas de esgoto (inspeção, gordura); caixas e ralos; conexões de esgoto e de água fria; registros e válvulas; tubos rígidos.

Todos os itens abordados acima foram devidamente registrados na biblioteca BIM do escritório. Também foram realizados registros de parâmetros compartilhados e sistemas criados para a modelagem, conforme observado nas Tabela 32 e Tabela 33 abaixo:

Tabela 32 - Inventário de parâmetros compartilhados hidrossanitários

Parâmetros compartilhados	Função	Aplicação	Notas
Descrição Comum	Descrição para quantitativo		
Descrição Detalhes	Inclui informações de instância		
Identificador	Código para identificar peças no quantitativo		
Coluna	Numeração de dutos verticais		

Fonte: O autor (2018)

Tabela 33 - Inventário de sistemas hidrossanitários

System Types	System Classificaton	Aplicação	Notas
Água Fria	Domestic Cold Water	All pipe categories	
Água Quente	Domestic Hot Water	All pipe categories	
Suprimento	Domestic Cold Water	All pipe categories	
Extravasor	Domestic Cold Water	All pipe categories	
Limpeza	Domestic Cold Water	All pipe categories	
Recalque	Domestic Cold Water	All pipe categories	
Sucção	Domestic Cold Water	All pipe categories	
Esgoto	Sanitary	All pipe categories	
Coletor predial	Sanitary	All pipe categories	
Gordura	Sanitary	All pipe categories	
Sabão	Sanitary	All pipe categories	
Ventilação	Vent	All pipe categories	

Notas Gerais:

Itens em vermelho não foram realizados

Criar Parâmetros relativos ao dimensionamento

System types com nomes completo ou abreviações?

Fonte: O autor (2018)

As questões relacionadas a impressão do projeto foram, em partes adiada para o segundo ciclo de implementação. Devido ao pedido atípico de uso de folhas A4 para impressão do desenho técnico, vários padrões de formatação do escritório não foram implementados, visando também agilizar a entrega dos modelos em tempo hábil para serem anexo desta pesquisa.

O desenvolvimento do modelo mecânico foi realizado sem um *template* específico, se utilizando de famílias da Carrier e da LG e famílias de sistema de dutos, conexões e acessórios. Foram dadas prioridades a família da Carrier por possuírem conexões elétricas.

Não foram realizadas quaisquer adequações às famílias, cálculos de carga térmica ou memória de cálculo. Foram realizados alguns testes de funções de dimensionamento do *Revit*, mas por falta de melhores instruções, não foram obtidos bons resultados, logo os mesmos não foram apresentados. Foram criados basicamente duas *view templates*, uma para a planta geral sem com cortes e chamadas de detalhes e outra com cotas e anotações.

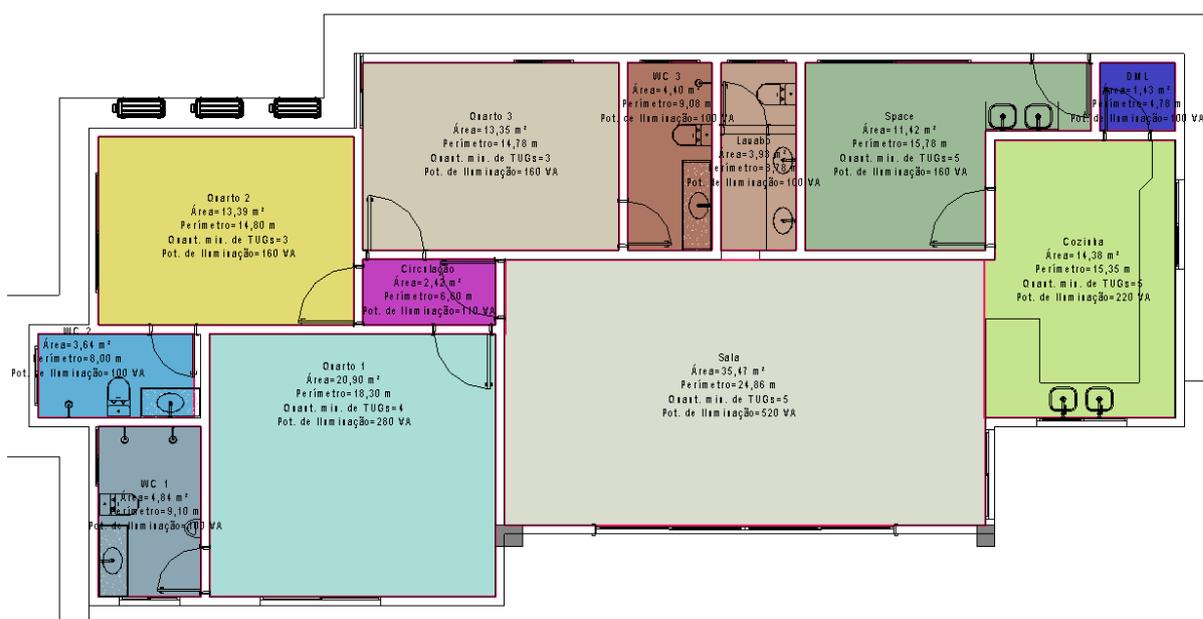
As principais dificuldades relatadas pelo engenheiro mecânico estavam relacionadas a ausência de cursos *on-line* e treinamentos brasileiros. Foram realizados alguns treinamentos em inglês, mas além da barreira linguística, as unidades de medida e forma de representar o projeto dificultaram a absorção do conteúdo. Além disso, não foram encontrados treinamentos de split system com gás refrigerante, tecnologia bastante utilizada nos projetos de climatização no Brasil.

Por fim, o modelo elétrico incluiu a alimentação elétrica e iluminação da parte interna da residência, não sendo considerado as telecomunicações (câmera, telefone, TV e

dados) ou instalações elétricas na área externa da residência. Foi utilizado um *template* elétrico fornecido pelo curso *on-line* contratado.

O modelo elétrico se utilizou de uma análise de ambiente para registrar a quantidade mínima de tomadas e potência de iluminação mínima de cada cômodo conforme norma brasileira. Segue Figura 28 ilustrando a análise de cada ambiente.

Figura 28 - Análise de tomadas e iluminação por ambiente



Fonte: O Autor (2018)

O lançamento de tomadas, interruptores e iluminação, baseado no resultado da análise, se utilizou do sistema nativo do Revit para ligação de energia elétrica e formação do sistema de interruptores de luminária.

Não foram utilizadas famílias de fabricantes, uma vez que o curso de elétrica desenvolveu seus próprios equipamentos. Também foram utilizados os modelos planilha pré-configurados no *template* elétrico, como tabela de circuitos, tabela de resumo de circuitos, quadro de potência de iluminação, cálculo de potência demandada, lista de materiais por componentes e eletrodutos. Também é gerado um quantitativo estimado de cabos, no entanto o mesmo é realizado de forma aproximada a partir das coordenadas das componentes.

Foram realizadas diversas alterações nas configurações das famílias, ajustando a tensão e outras características necessárias para realizar as ligações de energia e de iluminação (função nativa do Revit MEP) de forma apropriada.

O projetista eletricitista relatou grande dificuldade na mudança de ferramenta CAD para Revit, como a passagem de conduítes flexíveis em 3 dimensões, pois é totalmente diferente do paradigma do desenho CAD. Embora o resultado favoreça a leitura e quantitativo do projeto, o desenvolvimento do modelo foi bastante laborioso devido restrições do *software* em cumprir algumas funções de conexão, como por exemplo, a passagens de conduítes entre caixas na mesma parede, que era realizado na base de tentativa e erro até o *software* permitir a conexão.

O mesmo apontou como grande vantagem a forma sistêmica de definição de circuitos e tomadas, facilitando revisões no projeto e evitando erros humanos na numeração de circuitos nas plantas, nos quadros e nos diagramas. O mesmo se aplica ao sistema de *tag* de iluminação e tomadas.

No entanto, a mesma vantagem não foi encontrada na representação dos circuitos internos aos conduítes e eletrocalhas. No Brasil, as passagens de circuitos são elucidadas em toda a trajetória da distribuição dos circuitos do projeto e não foram encontrados mecanismos apropriados para suprir satisfatoriamente essa demanda. A solução para isso foi bastante manual representação de fase, neutro, retorno e terra manual, bitola do cabo manual. Estudos mais aprofundados precisam ser realizados para otimizar esta questão.

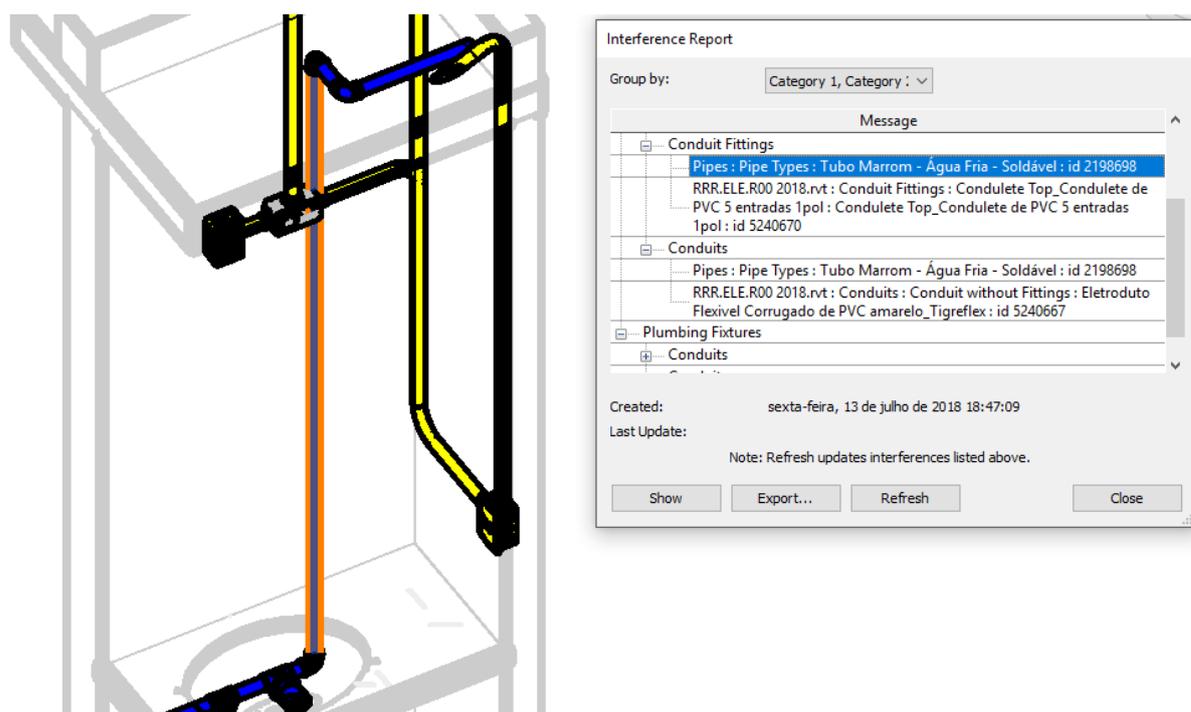
O projetista eletricitista era o membro da equipe que trabalhava com projetos há mais tempo, com quase 20 anos de experiência. Observa-se que o mesmo foi quem demonstrou maior descontentamento e resistência a mudança de paradigma de projeto.

Diversas informações foram representadas no projeto de forma manual e não parametrizada, principalmente no que se refere ao dimensionamento, tais como características dos dispositivos de proteção, corrente de projeto corrigida, fatores de correção por agrupamento e por temperatura, seção dos condutores e queda de tensão, gerando grande redundância nos dados. Diversos itens poderiam ser melhorados com o uso de parâmetros compartilhados, a ser realizado nos próximos ciclos de implementação BIM.

O projetista eletricitista considera que a maior vantagem está no processo de revisão do projeto, pois no projeto elétrico, com exceção de algumas informações com entrada manual, várias atividades seriam suprimidas, uma vez que as alterações eram realizadas no CAD em todas as representações gráficas, quadros de carga e diagramas. A verificação de interferências entre disciplinas também foi citada como grande vantagem, favorecendo principalmente o cliente final do escritório.

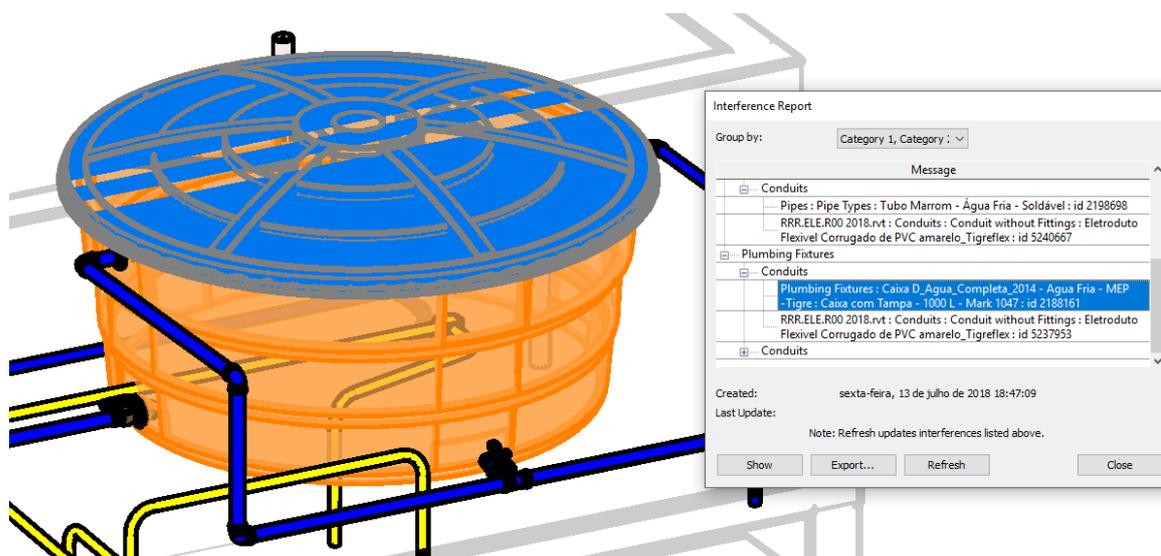
A checagem de interferências foi realizada inicialmente no projeto hidrossanitário, verificando interferências com a elétrica e climatização através de links. Foi criada uma *view template* específica para facilitar a visualização das três disciplinas. Em seguida, o *view template* foi importado para o projeto elétrico, onde foram verificadas interferências com a climatização. A checagem de interferências só mostrou duas incompatibilidades entre as disciplinas hidrossanitária e elétrica, conforme mostra as imagens a seguir:

Figura 29 - Interferência entre tubo e conduítes



Fonte: O autor (2018)

Figura 30 - Interferência entre reservatório e conduítes



Fonte: O autor (2018)

Outras interferências foram apontadas pelo *software*, no entanto não requeriam solução dos projetistas. Por falta de tempo, os dois ajustes também não foram realizados pelo escritório, embora os mesmos relataram que era bastante fácil, bastando elevar o reservatório e movimentar o conduíte flexível para dentro da parede.

Não foram conferidas interferência com estrutura e ou arquitetura, como também não foi gerado relatório formal. O escritório também não demonstrou interesse em realizar este, uma vez que as interferências são solucionadas internamente e não necessariamente são apresentadas ao cliente.

As peças gráficas geradas pela modelagem dos três sistemas prediais foram disponibilizadas como anexo a este trabalho. Para fins de discussão, foi questionada a equipe de trabalho sobre a possibilidade de adoção plena do BIM em todos os projetos do escritório. Houve bastante controversas nas opiniões, mas de forma geral, a equipe consentiu que os benefícios superariam as dificuldades para os empreendimentos com arquitetura modelada. Embora o escritório almeje o uso pleno do BIM, os mesmos relataram que vislumbram maior vantagem em realizado os projetos de sistemas prediais em CAD nos casos de empreendimentos de baixa complexidade onde as bases tenham sido fornecidas em CAD.

Como o desenvolvimento de um projeto piloto interno ao escritório ocorreu com apenas 3 envolvidos, julgou-se que o controle de acesso e fluxo de informações não se fez necessário. Mesmo para empreendimentos mais complexos, o escritório considera que a gestão interna das informações dê lugar a gestão realizada pelo contratante ou pelo gerente do processo

de projeto, usualmente o construtor ou o arquiteto. Caso haja interesse de gerir a troca de informações, o registro e controle da equipe de colaboração e troca de informação é considerado primordial, no entanto, não foi realizada formalmente no projeto piloto.

Observa-se que o fluxo de trabalho desenvolvido pelo escritório não foi seguido no projeto piloto. O ocorrido se deu devido alterações no planejamento do cumprimento da implementação, principalmente na etapa de projeto piloto. Os projetos pilotos foram interrompidos no fim de junho/2018 por demanda do pesquisador, devido falta de disponibilidade de tempo no cronograma da pesquisa.

4.6. Discussão dos resultados finais

Esta seção foi acrescentada ao trabalho para discutir as características globais da aplicação do modelo BIM, acrescentando as discussões já realizadas quanto aos resultados de cada etapa aplicada.

A forma de aplicação do artefato através de ciclos de implementação tem por principal efeito a graduação da evolução da maturidade BIM. Considera-se este ponto extremamente favorável, dada a magnitude das alterações necessárias nos processos, produtos, recursos e políticas dos escritórios para atuar na plataforma BIM. Embora a aplicação de diferentes ciclos possa ampliar o prazo de adoção plena do BIM, o desenvolvimento por etapa pode reduzir as dificuldades de adoção ao BIM. Além disso, observa-se a nível mundial que a adoção do BIM ocorre realmente de forma gradual pelo mercado de construção civil.

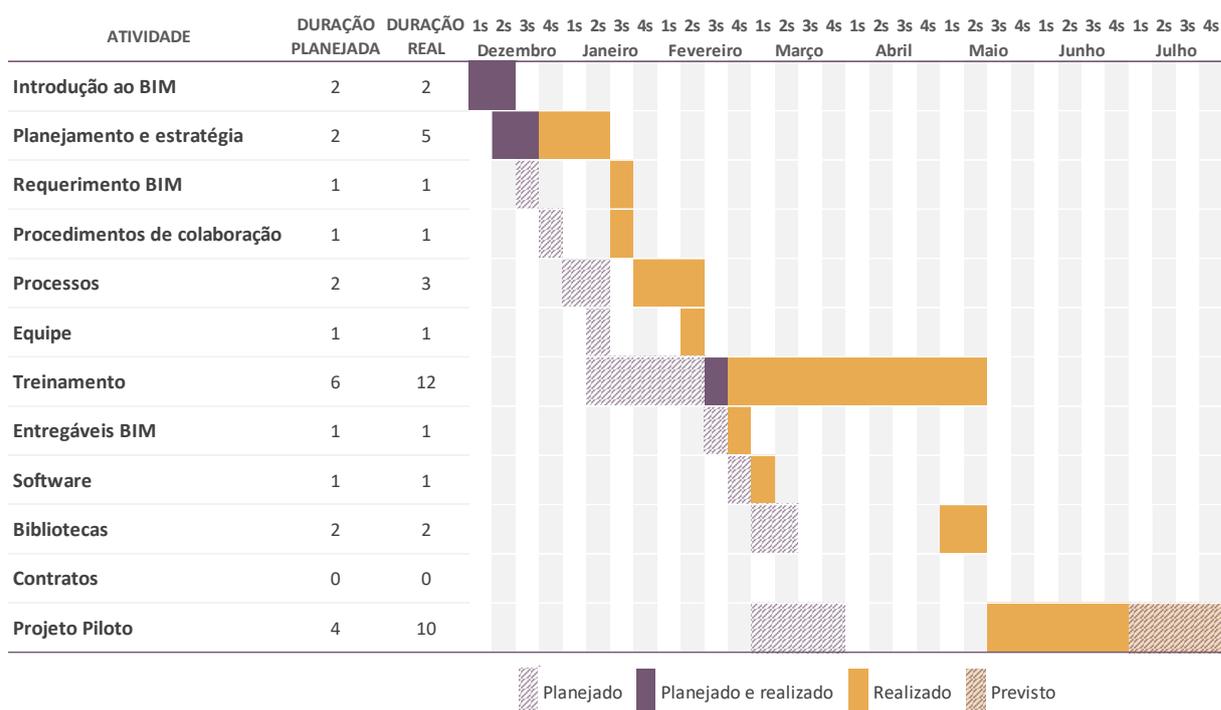
A abordagem dada aos objetivos, metas e indicadores podem variar de escritório para escritório. Os objetivos e metas estipulados no primeiro ciclo de implementação realizado no escritório foram todos cumpridos. Os itens (1.2) Projeto piloto hidrossanitário, (1.3) Projeto piloto elétrico e (1.4) Projeto piloto de climatização foram realizados de forma parcial, faltando incluir dados quanto aos cálculos de dimensionamento das instalações.

Embora o planejamento estratégico e valores institucionais de cada escritório possam alterar sensivelmente os objetivos e metas da implementação BIM, pode-se generalizar que o interesse dos projetistas é homogêneo quanto ao uso da modelagem. Assim, a aplicação do modelo de implementação BIM relatado nesta pesquisa pode exemplificar uma prática que pode ser replicada em outros escritórios. Visando gerar resultados melhores,

recomenda-se apenas o uso pleno dos indicadores, que foram negligenciados durante toda a implementação BIM.

O desuso dos indicadores pode ter contribuído para os diversos atrasos registrados no cronograma de implementação. O Gráfico 6 a seguir realiza um comparativo entre os prazos planejados e reais:

Gráfico 6 - Cronograma real de implementação BIM



Fonte: O autor (2018)

O tempo planejado para a conclusão do primeiro ciclo de implementação de 4 meses não foi cumprido. A aplicação se iniciou em dezembro e a previsão da concluindo no fim de março foi prolongada até o fim de junho. Os principais atrasos ocorreram no mês de dezembro para definição das questões estratégicas, no prolongamento dos treinamentos e na confecção do projeto piloto, que não foi concluído até o término de junho, onde se encerraram as coletas de dados deste trabalho.

Espera-se que o tempo de implementação seja reduzido, a partir da contratação de um consulto especialista em modelagem e da priorização das atividades no plano de implementação BIM.

O investimento financeiro realizado pelo escritório foram R\$ 9.000,00 em treinamentos e R\$ 6.500,00 em *softwares*. Ou seja, foram investidos R\$ 15.500,00 reais. A equipe do escritório se mostrou bastante satisfeita com a grande quantidade de benefícios

gerados aos escritório dado custo tão reduzido, alegando ainda que o retorno do investimento se daria em menos de 6 meses. Considerando a aquisição de novos *hardwares* no valor de R\$ 5.500,00 cada, seriam somados R\$ 16.500,00 ao montante pela aquisição de três estações de trabalho, resultando R\$ 32.000,00.

Os relatos da equipe com o desenvolvimento dos projetos em BIM foram bastante favoráveis. O administrador expôs que temia as dificuldades de migração dos processos para BIM e que ficou bastante satisfeito ao saber que a implementação BIM ocorreu de forma natural e não traumatizante, como o mesmo esperava.

O engenheiro civil destacou os benefícios na produtividade e qualidade das atividades BIM quando comparadas ao trabalho em CAD. Para fins de exemplo, relatou que o projeto hidráulica necessitava, além dos desenhos em planta baixa de todos os banheiros e cozinhas, vários detalhes isométricos e esquemas verticais, os quais eram desenhados de forma completamente independentes dos desenhos em planta baixa. Com BIM, o modelo era unificado, a não redundância de informações facilitou bastante o desenvolvimento dos projetos. O uso das *tags* também foi comentado como uma vantagem, dirimindo erros de digitação, uma vez que os textos eram manuais e não parametrizados.

O engenheiro mecânico se sentiu particularmente beneficiado na sua atividade estimativa de cargas termohigrométricas, uma vez que o *software* informava o volume dos ambientes, tamanho de aberturas e características dos materiais de cada sala, facilitando muito seu trabalho. Já o projetista eletricitista informou que a principal vantagem estaria por vir nos processos de revisões de projeto e que se aplicava a todas as disciplinas, uma vez que não seria mais necessário alterar o conteúdo de todas as vistas do projeto (planta baixa, detalhes isométrico, esquema verticais, diagramas e quadros elétricos e quantitativos), bastava apenas ajudar o modelo e todas as vistas seriam automaticamente atualizadas.

A identificação de particularidades do uso do modelo é um ponto fundamental para a generalização do modelo em outros cenários. Assim, destacam-se as seguintes peculiaridades verificadas neste experimento:

- Os diretores e engenheiros da empresa tinham por valor o autodidatismo. Por um lado, gerou-se maior economia e agilidade no aprendizado, favorecendo a Introdução BIM e o treinamento. No entanto, o Projeto Piloto foi desfavorecido, devido à ausência de um *expert* no *software* e em BIM. Estima-se que a contratação de um consultor teria facilitado a implementação e gerado melhores resultados;
- O treinamento foi demasiado demorado, por ter sido realizado quase que em sua totalidade por cursos e treinamentos *on-line*. Além disso, estima-se que a qualidade do treinamento foi inferior a um treinamento presencial com auxílio de um profissional experiente em modelagem.
- O projeto piloto foi prejudicado pela falta de prioridade do escritório na implantação da tecnologia. Devido à crise econômica enfrentada no setor de construção civil, os diretores do escritório priorizaram a contratação de novos serviços no lugar de realizar a implementação BIM. Por um lado, a implementação ocorrer em momentos de ociosidade pode ser favorável do ponto de vista estratégico e da gestão de recursos humanos, no entanto o planejamento não foi seguido e o estudo fragmentado tende a tornar o processo mais dificultoso;
- O escritório já apresentava infraestrutura tecnológica relativamente boa para executar os programas de modelagem, facilitando e reduzindo os impactos da implantação.
- Os diretórios e nomenclatura adotada pelo escritório facilitaram as alterações necessárias para o nível colaborativo. Não houve modificação significativa na organização, reduzindo os impactos gerados por mudança de cultura por parte da equipe.
- A falta de aplicação da etapa de contrato limita a aquisição de resultados, uma vez que este item é fundamental para englobar

Mesmo identificadas as particularidades do escritório e da situação do mercado no tempo desta aplicação, o modelo foi desenhado visando ser o mais universal possível, se adaptando aos escritórios de projetos de menor e de maior porte em outras regiões do país e do mundo.

Destaca-se que o escritório de sistemas prediais tem duas características específicas quando comparados ao escritório de arquitetura. Primeiro, o escritório de projetos de sistemas prediais atua com uma gama de profissionais de diferentes especialidades em um mesmo empreendimento. Além disso, as atividades são bastante interdependentes entre si, fazendo com que os quesitos de colaboração interna e controle do fluxo de informação seja bastante acentuado. Neste cenário, estima-se que as etapas de fluxo de trabalho, procedimento de colaboração e compartilhamento apresentariam resultados bastante diferentes caso fossem aplicadas em outros tipos de escritório.

A segunda característica dos escritórios de sistemas prediais que influencia o modelo é que a maior parte das atividades de projetos de sistemas prediais está relacionada aos cálculos de dimensionamento dos mesmos. Este ponto deve ser ponderado principalmente na seleção dos software e hardware e nos entregáveis BIM. Embora na aplicação do modelo o escritório tenha optado por tratar do dimensionamento em implementações futuras, prevê-se também uma grande diversidade de funções e rotinas que também podem ser agregadas a Bibliotecas BIM.

Por fim, espera-se que os resultados da aplicação e discussão dos mesmos realizada neste trabalho possam ser utilizados como norteadores para novas aplicações do artefato no escritório onde o experimento foi realizado como também em outros escritórios que almejem se utilizar deste artefato.

5. CONCLUSÕES

O estudo acadêmico sobre a etapa de projetos já ocorre há mais de 20 anos, devido sua importância para o desenvolvimento de novos produtos de construção civil. Neste período, diversas novas tecnologias foram introduzidas no mercado, possibilitando a melhoria desta etapa apontada como crítica e estratégia para um bom desempenho das edificações.

Destacam-se os benefícios gerados à etapa de projeto oriundos do uso da modelagem da informação da construção. Com o BIM, é possível não só desenvolver projetos com entendimento facilitado, como também elevar a qualidade dos projetos, reduzir conflitos interdisciplinares, otimizar o processo de projeto e dar soluções mais completas, com estimativa de custos, análises energéticas e outras aplicações.

No entanto, os escritórios de projetos apresentam até hoje grande de dificuldades de migrar seus processos e produtos convencionais ao paradigma BIM. No Brasil, observa-se baixa oferta de projetos BIM, em especial nas disciplinas de sistemas prediais. Assim se justifica estudos voltados para o período de implementação BIM, visando favorecer o advento BIM e absorção plena de seus benefícios por parte da indústria de construção civil. Inclusive, diversos estudos práticos já foram realizados, os quais foram colecionados neste trabalho para, somados, gerar novos resultados.

Os guias BIM disponíveis na literatura foram analisados quanto aos seus locais de publicação, ano de publicação, tipos de autores e público alvo ao qual se destinavam os guias. Já os guias relacionados à implementação da modelagem da informação da construção tiveram seus conteúdos analisados com profundidade, gerando os subsídios necessários para a criação de um novo modelo para implementação BIM. Este novo modelo inicial foi proposto como artefato da *Design Science Research*.

A DSR é caracterizada por sua natureza experimental, onde o modelo criado pela teoria deve ser utilizado na prática e resolver um problema real. A problematização levantada neste trabalho teve foto na baixa oferta de projetos de sistemas prediais em BIM devido dificuldades de implementação, sendo assim o artefato um instrumento apropriado para resolução do problema real.

A aplicação prática do artefato demonstrou as discussões, decisões e atividades ocorridas para uma implementação BIM em um escritório de projetos. Os dados foram coletados e expostos observando o caráter científico necessário a um trabalho acadêmico. A análise dos dados, conforme proposto pela DSR, visou tornar o modelo o generalizáveis possível, visando elevar a pertinência e legitimidade do artefato.

As discussões geradas junto a equipe de trabalho que aplicou o modelo de implementação BIM possibilitaram a adequação deste a realidade dos escritórios de projetos sistemas prediais. As particularidades do caso estudado foram também expostas e discutidas neste trabalho, evidenciando não só as características da equipe de trabalho relevantes ao experimento como também as dificuldades enfrentadas encontradas durante a aplicação. Destaca-se Tais relatos objetivaram tornar possível que outros escritórios realizem novas aplicações do artefato e identifiquem em si mesmos similaridades e diferenças à aplicação descrita neste trabalho, facilitando ainda mais as novas implementações BIM. Desta forma foi possível maximizar a validade pragmática desta pesquisa.

Durante todo o desenvolvimento do trabalho, buscou-se seguir rigorosamente os critérios da metodologia científica para composição das contribuições teóricas deste trabalho, tendo em vista o alto teor empírico da matéria prima utilizada nesta pesquisa, reconhecidamente, os guias BIM e a coleta de dados oriunda da aplicação do modelo. Desta forma, foi possível através da prática absorver uma grande gama de conhecimento capaz de enriquecer diversas questões acadêmicas ligadas ao tema de cada etapa do modelo de implementação BIM aplicado e da implementação BIM como um todo.

A originalidade deste trabalho se dá pela aplicação da implementação BIM dedicada aos projetos de sistemas prediais. Os dados coletados durante a aplicação que demonstraram as dificuldades enfrentadas e previstas pela equipe de trabalho, a destacar o fluxo de atividades interdependentes entre as disciplinas de instalações, o dimensionamento das instalações com informações não redundantes provenientes do modelo e a colaboração interna interdisciplinar, acrescentou uma nova abordagem de implementação BIM e conhecimentos singulares tanto para os escritórios de sistemas prediais como para a ciência.

A não trivialidade do modelo de implementação BIM, e conseqüentemente desta pesquisa, se dá pela necessidade real de projetos BIM de sistemas prediais no mercado brasileiro. O uso do artefato por novos escritórios pode aumentar a oferta dos projetos de sistemas prediais, possibilitando maior absorção dos benefícios BIM no desenvolvimento novos empreendimentos imobiliários, melhorando a indústria de construção civil e, assim, a própria sociedade.

A metodologia DSR é ideal para os objetivos propostos neste trabalho, visto sua interseção entre a teoria e a prática. A aplicação do modelo contribuiu tanto para o avanço do conhecimento científico quanto resultará em benefício substanciais ao setor profissional de edificações.

Neste cenário, incentiva-se veementemente a implementação BIM por parte dos escritórios de projeto, particularmente de sistemas prediais. Espera-se que este trabalho ajude a viabilizar aos escritórios de projeto a comercialização de seus projetos em BIM, resultando em uma grande vantagem competitivo no mercado atual. Observando ainda que, quanto maior a maturidade BIM, maior poderá ser o diferencial do escritório e maior sua competitividade.

Espera-se também que os modelos de implementação BIM, em especial a versão final, mas também inicial, corroborem no conhecimento científico relacionado a modelagem da informação da construção.

Como sugestão de trabalhos futuros, podem ser realizados estudos dedicados e de maior profundidade voltados aos temas de cada etapa da implementação BIM: planejamento, processo de projeto BIM, Equipe, colaboração, treinamento, entregáveis, bibliotecas BIM e contratos. Também são válidos estudos sobre o paralelismo dos fluxos de trabalhos BIM das disciplinas de sistemas prediais e o dimensionamento das instalações em BIM sem redundância de dados. Por fim, como complemento desta pesquisa, a inclusão de um modelo de execução BIM oriundo dos conteúdos dos guias BIM desta categoria, sendo este ainda compatível a etapa de projeto piloto do modelo de implementação BIM.

REFERÊNCIAS

- ABBUD, P. R. **Design da informação: requisitos de projeto para o sistema de gerenciamento no processo projetual do produto edificação**. 2009. Dissertação (Mestre em Design) - Curso de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- ABNT. **NBR 10.844: instalações prediais de águas pluviais**. 1989. Rio de Janeiro, 1989.
- ABNT. **NBR 13.531: elaboração de projetos de edificações - atividades técnicas**. 1995. Rio de Janeiro, 1995.
- ABNT. **NBR 5.626: instalação predial de água fria**. 1998. Rio de Janeiro, 1998.
- ABNT. **NBR 5.674: manutenção de edificações - procedimento**. 1999a. Rio de Janeiro, 1999.
- ABNT. **NBR 8.160: sistemas prediais de esgoto sanitário - projeto e execução**. 1999b. Rio de Janeiro, 1999.
- ABNT. **NBR 5.410: instalações elétricas de baixa tensão**. 2008a. Rio de Janeiro, 2008.
- ABNT. **NBR 16.401-1: instalações de ar-condicionado - sistemas centrais e unitários parte 1: projetos das instalações**. 2008b. Rio de Janeiro, 2008.
- ABRASIP *et al.* **Manual de escopo de projetos e serviços de elétrica**. São Paulo: SECOVISP, SindInstalação, SindusConSP, 2006a.
- ABRASIP *et al.* **Manual de escopo de projetos e serviços de hidráulica**. São Paulo: SECOVISP, SindInstalação, SindusConSP, 2006b.
- ABRAVA *et al.* **Manual de escopo de projetos e serviços de ar condicionado e ventilação**. São Paulo: SECOVISP, SindInstalação, SindusConSP, 2006.
- ADLER, M. J.; VAN DOREN, C. **How to read a book**. New York: Simon and Schuster, 1972.
- AEC UK. **BIM technology protocol, practical implementation of bim for the uk architectural, engineering and construction (aec) industry**. 2.1.1 ed. London: AEC UK, 2015.
- AMBROZEWICZ, P. H. L. **Qualidade na prática: conceitos e ferramentas**. Curitiba: SENAI, 2003.
- ANDERY, P.; PINHEIRO, G. Contribuição ao estudo do processo de projeto de instalações. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, v. 16, 2016, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2016. p. 3230–3240.

ANDRADE, M. L.; RUSCHEL, R. C. Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 4, n. 2, p. 76–111, 2009.

ASBEA *et al.* **Manual de escopo de projetos e serviços de arquitetura e urbanismo**. São Paulo: SECOVISP, SindInstalação, SindusConSP, 2006.

AUSTIN, S.; BALDWIN, A.; NEWTON, A. Manipulating the Flow of Design Information to Improve the Programming of Building Design. **Construction Management and Economics**, v. 5, p. 445, 1994.

AYRES FILHO, C. **Acesso ao modelo integrado do edifício**. 2009. Dissertação (Mestre em Construção Civil) - Curso de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

AYRES FILHO, C.; SCHEER, S. Diferentes abordagens do uso do CAD no processo de projeto arquitetônico. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, v. 7, 2007. **Anais...** Paraná, 2007.

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. O Papel do arquiteto em empreendimentos desenvolvidos com a tecnologia BIM e as habilidades que devem ser ensinadas na universidade. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 11, n. 1, p. 103–120, 2016.

BARNETT-PAGE, E.; THOMAS, J. Methods for the synthesis of qualitative research: a critical review. **BMC Medical Research Methodology**, v. 9, n. 59, p. 1–11, 2009.

BERTEZINI, A. L. **Métodos de avaliação do processo de projeto de arquitetura na construção de edifícios sob a ótica da gestão da qualidade**. 2006. Dissertação (Mestre em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

BIRX, G. W. How Building Information Modeling changes architectural practice. **The American Institute of Architects - Best Practices**, 2006.

BRITO, A. M. A. **Diretrizes e padrões para a produção de desenhos e gestão do fluxo de informações no processo de projeto utilizando recursos computacionais**. 2001. Dissertação (Mestre em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

CALAVERA, J. **Human and psychological aspects of the implementation of quality control in construction**. Londres: E & FN Spon, Chapman & Hall, 1991.

COOPER, H. M.; HEDGES, L. V.; VALENTINE, J. C. **The handbook of research synthesis and meta-analysis**. London: Sage Publications, 2009.

COOPER, R.; PRESS, M. **The design agenda: a guide to successful design management**. Lancaster: West Sussex: John Wiley & Sons, 1995.

CORNICK, T. Quality Management for Building Design. **Butterworth Architecture Management Guides**, 1991.

COSTA, C.; STAUT, S.; ILHA, M. Projeto de sistemas prediais hidráulicos sanitários com BIM: mapeamento da literatura. In: XV ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, v. 15, 2014, Maceió. **Anais...** Maceió, 2014, p. 2760–2769.

CRESPO, C.; RUSCHEL, R. C. Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto. In: III ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, v.3, 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2007, p. 1–9.

CROSS, N. **Engineering design methods: strategies for product design**. 4. ed. USA: Wiley, 2008.

DANTAS FILHO, J. B. P. **Oportunidades de melhoria no processo de projeto de arquitetura sob a perspectiva do lean design**. 2016. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

DAVE, B.; BODDY, S.; KOSKELA, L. Visilean: Designing a Production Management System With Lean and Bim. In: IGLC, v. 19, 2011, Lima. **Anais...** Lima, 2011.

DOSSICK, C. S.; NEFF, G. Organizational divisions in BIM-enabled commercial construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 136, n. 4, p. 459–467, 2010.

DRESCH, A. *et al.* **Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

EASTMAN, C. *et al.* **BIM handbook**. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

EL REIFI, M. H.; EMMITT, S.; RUIKAR, K. Developing a Conceptual Lean Briefing Process Model for Lean. In: IGLC, v. 21, 2013, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2013, p. 329–338.

FABRICIO, M. M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**. 2002. Tese (Doutor em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FABRICIO, M. M.; MESQUITA, M. J. M.; MELHADO, S. B. Colaboração simultânea em diferentes tipos de empreendimentos de construção de edifícios. In: IX ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, v. 9, 2007. Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2007, p. 1513–1522.

FLORIO, W. Contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em arquitetura. III ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, v. 3, 2007. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2007.

GARBINI, M. A. L. **Proposta de modelo para implantação e processo de projeto utilizando a tecnologia bim**. 2012. Dissertação (Mestre em Engenharia de Edificações e Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

GOLBERG, H. E. AEC from the Ground up: The Building Information Model: is BIM the future for AEC Design?. **Cadalyst AEC**, 2004.

GOUGH, D.; OLIVER, S.; THOMAS, J. **An introduction to systematic reviews**. London: Sage Publications, 2012.

GRAZIANO, F. P. **Compatibilização de projetos**. 2003. Dissertação (Mestrado Profissionalizante) - Instituto de Pesquisa Tecnológica IPT, São Paulo, 2003.

GRILO, A.; GONÇALVES, R. J. Value proposition of interoperability on BIM and collaborative working environments. **Automation in Construction**, v. 12, n. 2, 2009.

IBRAHIM, M.; KRAWCZYK, R.; SCHIPPOREIT, G. CAD Smart Objects : Potentials and Limitations. **Education and Research in Computer Aided Architecture Design in Europe ECAADe 21: Digital design (2003)**, p. 547–552, 2003.

KHAN, K. S. *et al.* Five steps to conducting a systematic review. **Journal of the Royal Society of Medicine**, v. 96, n. 3, p. 118–121, 2003.

KITCHENHAM, B. *et al.* Systematic literature reviews in software engineering – A tertiary study. **Information and Software Technology**, v. 52, n. 8, p. 792–805, 2010.

KORMAN, T. M.; LU, N. Innovation and Improvements of Mechanical, Electrical, and Plumbing Systems for Modular Construction Using Building Information Modeling. **AEI**, p. 448–455, 2011.

LIMA, M. M. X. **Metamodelo para integração de multidesempenhos em projeto de arquitetura**. 2016. Tese (Doutora em Arquitetura, Tecnologia e Cidade) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

LUKKA, K. The constructive research approach. **Case study research in logistics**, 2003, p. 83–101.

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do bim**. 2013. Tese (Doutor em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research in Information Technology. **Decision Support Systems**, v. 15, p. 251–266, 1995.

MARKUS, T.; ARCH, M. Optimization by Evaluation in the Appraisal of Buildings. **Value in Building: Applied Science**, p. 88–111, 1973.

MELHADO, S. M. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. 1994. Tese (Doutor em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MORANDI, M. I. W. M.; CAMARGO, L. F. R. Revisão sistemática da literatura. **Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015. p. 141–175.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T. A contribuição da tecnologia da informação ao processo de projeto na construção civil. In: I WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO, v. 1, 2001, São Carlos. **Anais...** São Carlos: EESC-USP, 2001, p. 5.

NUNES, R. C. P. N. **Novas tecnologias de informação aplicada à gestão de projetos de arquitetura e de complementares**. 2003. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção) - Programa de Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2003.

OLIVEIRA, M. R. **Modelagem virtual e prototipagem rápida aplicadas em projeto de arquitetura**. 2011. Dissertação (Mestre em Arquitetura) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

PERALTA, A. C. **Um modelo do processo de projeto de edificações, baseado na engenharia simultânea, em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**. 2002. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

PICCHI, F. A. **Sistemas de qualidade: uso em empresas de construção**. 1993. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1993.

RIBA. **Handbook of architectural practice and management**. 4. ed. London: RIBA Publishing, 1980.

RODRIGUEZ, M. A. A. **Coordenação técnica de projetos: caracterização e subsídios para sua aplicação na gestão do processo de projetos de edificações**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

ROMANO, F. V. **Modelo de referência para o gerenciamento do processo de projeto integrado de edificações**. 2003. Tese (Doutor em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

RUFINO, S. A importância do projeto no empreendimento. **OESP Construções**, 1999.

RUSCHEL, R. C.; GUIMARAES, F. A. B. Iniciando em CAD 4D. In: VIII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios, v. 8, 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo:USP, 2008, p. 1–8.

SANTOS, E. T. Building information modeling and interoperability. **Automation in Construction**, v. 19, n. 4, 2009.

SILVA, M. A. .; SOUZA, R. **Gestão do processo de projeto de edificações**. 1. ed. São Paulo:

O nome da Rosa, 2003.

SMITH, V. *et al.* Methodology in conducting a systematic review of systematic reviews of healthcare interventions. **BMC Medical Research Methodology**, v. 11, n. 1, p. 15, 2011.

SOUZA, F. R.; MELHADO, S. B. A importância do sistema de informação para a gestão das empresas de projeto. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 3, n. 1, p. 121–139, 2008.

SOUZA, L. L. A.; LYRIO, A. M.; AMORIM, S. R. L. Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: Oportunidades no mercado imobiliário. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 4, p. 26–53, 2009.

SUCCAR, B. Building Information Modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357–375, 2009.

SUCCAR, B. Building Information Modelling Maturity Matrix. In: **Handbook of research on Building Information Modelling and construction informatics: concepts and technologies**. [s.l.] Isikdag, J. Underwood & U., 2010. p. 65–103.

SUCCAR, B.; SHER, W.; WILLIAMS, A. Measuring BIM performance: five metrics. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 8, n. 2, p. 120–142, 2012.

TILLEY, P. a. Lean design management – A new paradigm for managing the design and documentation process to improve quality?. In: IGLC, v. 13, 2005, Sidney. **Anais...** Sidney, 2005, p. 23–35.

TOBIN, J. Photo-building: to BIM is to build. **AECbytes**, 2008.

TSE, T. C. K.; WONG, K. D. A.; WONG, K. W. F. The utilisation of Building Information Models in nD modelling: A study of data interfacing and adoption barriers. **Electronic Journal of Information Technology in Construction**, v. 10, n. February, p. 85–110, 2005.

TZORTZOPOULOS, P. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil, 1999.

VAISHNAVI, V. K.; KUECHLER, W. **Design science research methods and patterns: innovating information and communication technology**. India: Auerbach Pub, 2007.

VAN AKEN, J. E. Management research based on the paradigm of the design sciences: the quest for field-tested and grounded technological rules. **Journal of Management Studies**, v. 41, n. 2, 2004.

VITÓRIO, A. Manutenção e gestão de obras de arte especiais. In: VII ENCONTRO NACIONAL DAS EMPRESAS DE ARQUITETURA E ENGENHARIA CONSULTIVA, v. 7, 2005, Recife. **Anais...** Recife: Palace Hotel, 2005, p. 1-24.

ANEXO A – LISTA COMPLETA DE GUIAS BIM

- [1] ADEB-VBA. **Building Information Modelling – Belgian Guide for the construction Industry**. Brussel, 2015.
- [2] AEC (UK) BIM Standard. **AEC (UK) BIM Protocol: Implementing UK BIM Standards for the Architectural, Engineering and Construction industry**. London. London, 2012.
- [3] AEC (UK) BIM Standard. **AEC (UK) BIM Standard for Bentley Building: A workable implementation of the AEC (UK) BIM Standard for the Architectural, Engineering and Construction industry in the UK**. London, 2011.
- [4] Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDIC). **Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC**. Brasília, 2017.
- [5] Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA). **Guia AsBEA Boas Práticas em BIM**. Fascículo 1. São Paulo, 2013.
- [6] Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA). **Guia AsBEA Boas Práticas em BIM**. Fascículo 2. São Paulo, 2013.
- [7] AUTODESK. **Manual de Implantação do Piloto BIM**. San Rafael, 2013.
- [8] British Constructional Steelwork Association. **BCSA Guide to Building Information Modelling**. London, 2016.
- [9] Building and Construction Authority (BCA). **BIM Essential Guide**. Singapore, 2013.
- [10] Building and Construction Authority (BCA). **Singapore BIM Guide Version 2**. Singapore, 2013.
- [11] Building and Construction Authority (BCA). **Singapore VDC Guide**. Singapore, 2017.
- [12] Building Information Modeling for Masonry. **BIM-M Deliverables for Masonry Contractors**. Washington DC, 2016.
- [13] Building Smart International. **Information Delivery Manual: Guide to components and development methods**. 2010.
- [14] Business Information Technology Unit Development & Construction Division Housing Department. **Building Information Modelling (BIM) User Guide for Development and Construction Division of Hong Kong Housing Authority**. Hong Kong, 2009.
- [15] Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). **Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**. Brasília, 2016.
- [16] Can BIM AEC (CAN) Designers Committee. **AEC (CAN) BIM Protocol v1.0**. Ottawa, 2012.
- [17] Cleveland Clinic. **Cleveland Clinic BIM Implementation Plan**. Cleveland, 2013.

- [18] COBIM. **Common BIM Requirements**. Finland, 2012.
- [19] College of the Desert. **BIM Guide: Protocols and Project Execution Plan**. Palm Desert, 2011.
- [20] Community College District Los Angeles. **LACCD Building Information Modeling Standards**. Los Angeles, 2016.
- [21] Computer Integrated Construction Research Program. “**BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.1.**” May, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA, 2011.
- [22] Computer Integrated Construction Research Program. “**BIM Planning Guide for Facility Owners**”. Version 2.0, June, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA, 2013.
- [23] Construction Industry Council (CIC). **CIC Building Information Modelling Standards. London**, 2015.
- [24] Cooperative Research Centre for Construction Innovation (CRCCI). **National Guidelines for Digital Modelling**. Brisbane, 2009.
- [25] Division of Capital Asset Management and Maintenance-Massachusetts. **BIM Guidelines for Design and Construction**. Massachusetts, 2015.
- [26] EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM: um guia de Modelagem da Informação da Construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Tradução: Cervantes Gonçalves Ayres Filho et al. Revisão Técnica: Eduardo Toledo Santos. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- [27] EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. 2 ed. New Jersey, 2011.
- [28] Facilities Engineering Services Section (FERMILAB). **Building Information Modeling (BIM) Guide**. Batavia, 2015.
- [29] Federal Ministry for Transport, Building and Urban Affairs (BMVBS). **BIM-Guide for Germany**. München, 2012.
- [30] FIATECH. **An Overview of Existing BIM Standards and Guidelines: A Report to Fiatech Autocodes Project**. Austin, 2013.
- [31] Georgia Institute of Technology A/E/C. **Georgia Tech BIM requirements & Guidelines for Architects, Engineers and Contractors**. Georgia, 2011.
- [32] Georgia State Financing and Investment Commission. **GSFIC BIM Guide**. Georgia, 2013.
- [33] Governo de Santa Catarina. **Caderno BIM: Termo de referência para desenvolvimento**

de projetos com o uso da Modelagem da Informação da Construção (BIM). Florianópolis, 2014.

[34] HARDIN, B.; MCCOOL, D. **BIM and Construction Management: Proven tools, methods and workflows.** 2 ed. Canada, 2015.

[35] Indiana University. **BIM Guidelines & Standards for Architects, Engineers, and Contractors.** Indiana, 2015.

[36] Konsulent Asbjørn Levring; Teknologisk Institut; Center for Byggeproces. **BIM-implemtering og praktisk projekthåndtering.** Herlev, 2010.

[37] Massachusetts Institute of Technology (MIT). **BIM Execution Plan.** Cambridge, [s.a.].

[38] Massachusetts Institute of Technology (MIT). **CAD & BIM Guidelines.** Cambridge, 2012.

[39] National Building Specification (NATSPEC). **NATSPEC National BIM Guide.** Sydney, 2011.

[40] National Institute of Building Sciences. **National BIM Guide for Owners.** Washington DC, 2017.

[41] National University of Singapore. **NUS Building Information Modeling (BIM) Requirements.** Singapore, 2015.

[42] New York City Department of Design + Construction. **BIM Guidelines.** New York, 2012.

[43] OHIO DAS General Services Division. **State of Ohio Building Information Modeling Protocol.** Ohio, [s.a.].

[44] RANCANE, A.; DLAMINI, N. K. **BIM Implementation in early design stage.** Bachelor of architectural technology and construction management: VIA University College. Aarhus, 2014.

[45] Rede BIM Brasil. **Modelagem da Informação da Construção: Uma experiência brasileira em BIM.** Curitiba: UFPR, 2013.

[46] Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS). **International BIM implementation Guide.** London, 2014.

[47] San Diego Community College District. **BIM Standards for Architects, Engineers & Contractors.** San Diego, 2012.

[48] Scottish Futures Trust. **Building Information Modeling (BIM) Implementation Plan.** Edinburgh, 2015.

[49] SEC Group; National Specialist Constructors Council (NSCC); BIM Academy. **First Steps to BIM Competence: A guide for Specialist Contractors.** London, 2014.

[50] Smithsonian Facilities. **BIM Guidelines.** Washington DC, 2016.

- [51] State of Queensland (Department of Transport and Main Roads). **Building Information Modeling (BIM) for Transport and Main Roads**. Queensland, 2017.
- [52] Statsbygg. **Statsbygg Building Information Modelling Manual**. Oslo, 2017.
- [53] The American Institute of Architects. **Integrated Project Delivery: A Guide**. Washington DC, 2007.
- [54] The Associated General Contractors of America (AGC). **The Contractors guide to BIM**. Arlington, 2010.
- [55] The Construction Users Roundtable (CURT). **BIM Implementation: An Owner's Guide to Getting Started**. Cincinnati, 2010.
- [56] The Ohio State University. **Building Information Modeling (BIM): Project Delivery Standards**. Ohio, 2017.
- [57] U. S. Department of Veterans Affairs. **The VA BIM Guide**. Washington DC, 2010.
- [58] U. S. General Services Administration. **GSA BIM Guide for facility Management**. Washington DC, 2011.
- [59] University of Alberta. **Building Information Modelling (BIM) Guidelines Research**. Edmonton, 2016.
- [60] University of California. **Medical Center BIM Guidelines**. San Francisco, 2014.
- [61] University of Illinois. **Building Information Modeling (BIM) Requirements**. Illinois, 2012.
- [62] University of Southern California (USC). **Building Information Modeling (BIM) Guidelines for Design Bid Build Contracts**. Los Angeles, 2012.
- [63] US Army Corps of Engineers. **Building Information Modeling (BIM) Roadmap: Supplement 2 – BIM implementation plan for military construction projects, Bentley platform**. Washington DC, 2011.
- [64] US Army Corps of Engineers. **Building Information Modeling (BIM): A road map for implementation to support MILCON transformation and civil Works projects within the U. S. Army Corps of Engineers**. Washington DC, 2006.
- [65] US Army Corps of Engineers. **Construction Operations Building Information Exchange (COBIE): Requirements Definition and Pilot Implementation Standard**. Washington DC, 2007.
- [66] Версия. **Протокол BIM Технологии: внедрения и поддержки BIM в проектной компании**. Kiev, 2015.
- [67] BOLPAGNI, Marzia. **The implementation of BIM within the public procurement – A**

model-based approach for the construction industry. Julkaisija Utgivare Publisher. Itália, 2013.

[68] MOHD, Suzila Binti. **Building Information Modelling (BIM) implementation model for construction project design stage**, 2015. Thesis (Master of Science in Technology Management) – Faculty of Technology Management and Business, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Malaysia, 2015.

[69] GÖKSTORP, Marcus. **BIM implementation and potential benefits for the facility managers.** Thesis (Master of Science) – Department of Civil and Environmental Engineering, Chalmers university of Technology, Göteborg, Swenden, 2012

[70] GARBINI, Marcele Ariane Lopes. **Proposta de modelo para implantação e processo de projeto utilizando a tecnologia BIM.** 2012. Dissertação (Mestre em Engenharia de Edificações e Ambiental), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

[71] Zuna, Carlos Armando Montellano. **Procesos de implementación de Tecnologías BIM y diseño bajo las mismas em empresas de Ingeniería.** Tesis (Máster em Diseño, Gestión y Dirección de Proyectos), Fundación Universitaria Iberoamericana, Bolivia, Cochabamba, 2013.

ANEXO B – TEMPLATE INICIAL DE IMPLEMENTAÇÃO BIM

1. Introdução ao BIM

Instruções: Desenvolver mecanismos de disseminação do conceito e fundamentos BIM.

Meios de introdução ao BIM:

- Apresentações
- Estudo individual
- Grupos de pesquisa,
- Contratação de palestras de especialistas,

Outras alternativas: _____

Descrição das ações realizadas na etapa:

2. Planejamento e estratégia

Instruções: Estabelecer objetivos BIM imediatos alinhados ao planejamento estratégico do escritório. Cada objetivo deve estar ligado a metas com prazo e indicadores mensuráveis com unidade bem estabelecida. Descrever também o cenário futuro almejado em BIM, destacando os objetivos futuros necessários

Exemplos de benefícios e funcionalidades BIM para composição de objetivos imediatos e futuros:

- Facilidade de leitura do projeto por visualização 3D
- Ensaio da obra no computador com controle de tempo
- Extração automática das quantidades com rastreabilidade
- Simulações e ensaios virtuais de eficiência e consumo energético
- Compatibilização facilitada por detecção automática de interferências
- Documentação mais confiáveis com dados não redundante
- Dimensionamento facilitado por automação de cálculos
- Capacitação para empreendimentos complexos
- Industrialização de subsistemas pré-fabricados ou pré-montados
- Execução facilitada por análises de construtibilidade
- Redução de erros e alterações de projeto
- Controle de registro de versões dos modelos
- Rastreabilidade de informações e componentes
- Garantia de melhores soluções de projeto
- Orçamentação das alternativas e soluções de projeto
- Antecipação da identificação dos problemas

Registro de objetivos, metas e indicadores:

Objetivo	Meta	Indicador (unidade)

Descrição do cenário almejado (objetivos futuros):

3. Requisito BIM

Instruções: Registra-se as demandas específicas do projeto, o que se é necessário para cumprir os objetivos do projeto. Também estão inclusos padrões ou configurações necessárias para o aceite das atividades.

Exemplos de requisitos:

Plataforma da tecnologia/software:

Nomenclatura de arquivo:

Servidor de gerenciamento de arquivos:

Segurança de dados:

Descrição das ações realizadas na etapa:

4. Procedimentos de colaboração e compartilhamento

Instruções: Identificar a forma de colaboração, o modo de comunicação, procedimentos de relatório, forma de aprovação, gestão e protocolo de troca de informações.

Exemplo de tipo de colaboração:

- () Arquivos federados
- () Modelo central integrado

Descrição das ações realizadas na etapa:

5. Processos e fluxo de trabalho em BIM

Instruções: Registrar as etapas em que o projeto será desenvolvido e entregue, bem como as atividades de cada etapa do projeto. Também convém informar a interdependência entre as atividades, responsáveis e intervenientes

Modelo de fluxo de trabalho:

Etapa 1	<p>Atividades:</p> <hr/> <hr/>
Etapa 2	<p>Atividades:</p> <hr/> <hr/>
Etapa 3	<p>Atividades:</p> <hr/> <hr/>

Descrição das ações realizadas na etapa:

6. Equipe, papéis e responsabilidades BIM

Instruções: Elencar membros que participarão do projeto BIM, bem como seus devidos papéis e responsabilidades

Exemplo de tabelas de identificação de equipe

Função	Equipe
BIM Modeler	Ricardo, Maria, João e Francisco
BIM Coordenator	Gabriel
BIM Manager	José

Função	Responsabilidades

Descrição das ações realizadas na etapa:

7. Treinamento

Instruções: Programar a capacitação necessária para o cumprimento dos objetivos BIM.

Identificação do conteúdo programático do(s) treinamento(s) contratados:

Modelo de Conteúdo de treinamento:

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Introdução ao BIM | <input type="checkbox"/> Aplicações em projeto |
| <input type="checkbox"/> Plataforma de trabalho | <input type="checkbox"/> Operações específicas |
| <input type="checkbox"/> Operações básicas do <i>software</i> | <input type="checkbox"/> Produção de bibliotecas |
| <input type="checkbox"/> Ferramentas do <i>software</i> | <input type="checkbox"/> Documentação de projeto |
| <input type="checkbox"/> Interface operacional | <input type="checkbox"/> Processos de trabalho |

Descrição das ações realizadas na etapa:

8. Entregáveis BIM

Instruções: Estabelecer o conteúdo e critérios relacionados ao entregáveis do serviço, tanto em aspecto de documentação, quanto aspecto de conteúdo técnico, mídia, forma de visualização, etc.

Exemplos de aplicações BIM:

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Terreno | <input type="checkbox"/> Estimativa de custo |
| <input type="checkbox"/> Modelo arquitetônico | <input type="checkbox"/> Cronograma 4D e sequenciamento, |
| <input type="checkbox"/> Modelo estrutural | <input type="checkbox"/> Estimativa 5D/quantitativo, |
| <input type="checkbox"/> Modelo Mecânico | <input type="checkbox"/> Simulação de consumo de energia e |
| <input type="checkbox"/> Modelo Elétrico | <input type="checkbox"/> Análise de custo de ciclo de vida, |
| <input type="checkbox"/> Modelo hidrossanitário | <input type="checkbox"/> Visualização interativa de projeto |
| <input type="checkbox"/> Modelo de combate a incêndio | |

Descrição das ações realizadas na etapa:

9. *Software* e tratamento dos dados

Instruções: Selecionar softwares utilizados pelo escritório e tratativa dos dados quanto a interoperabilidade e questões organizacionais que envolvem os softwares.

Exemplos de *softwares*:

- | | |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> AutoCAD | <input type="checkbox"/> Solibri Model Checker |
| <input type="checkbox"/> Revit | <input type="checkbox"/> Synchro |
| <input type="checkbox"/> ArchiCAD | <input type="checkbox"/> Vico |
| <input type="checkbox"/> Bentley BIM | <input type="checkbox"/> Primavera |
| <input type="checkbox"/> Tekla | <input type="checkbox"/> MS Project |
| <input type="checkbox"/> NavisWorks | <input type="checkbox"/> Excel |

Descrição das ações realizadas na etapa:

10. Bibliotecas BIM

Instruções: Colectionar os objetivos necessários para cumprir os objetivos e classificar as informações correlacionadas a estes.

Exemplo de biblioteca:

Objeto	Característica 1	Característica 2	Característica 3

Descrição das ações realizadas na etapa:

11. Contratos colaborativos

Instruções: Registrar os entregáveis, direitos e responsabilidades, garantia de qualidade, controle de qualidade, critérios de avaliação de modelos BIM e características da cooperação, troca de informação e alteração (revisão) de modelos.

Descrição das ações realizadas na etapa:

ANEXO C –ROTEIRO DE ENTREVISTA DE AVALIAÇÃO

Texto introdutório a ser lido antes da coleta de dados:

Inicialmente, informamos que a identificação da empresa e do entrevistado serão consideradas sigilosas. Embora os dados brutos sejam fornecidos para a empresa, estes não serão ligados a fonte para fins de preservação de todos os entrevistados. Os dados coletados em cada entrevista serão analisados junto a demais entrevistas e poderão ser amplamente utilizados, recitados e/ou interpretados pelo autor deste trabalho. O resultado será publicado em domínio público e disponibilizado para todos os participantes da pesquisa.

Questões a serem perguntas na primeira entrevista:

- Quanto tempo de atuação no mercado?
- Quanto tempo de trabalho no escritório?
- Qual a idade?
- Qual a formação?
- Qual seu cargo?

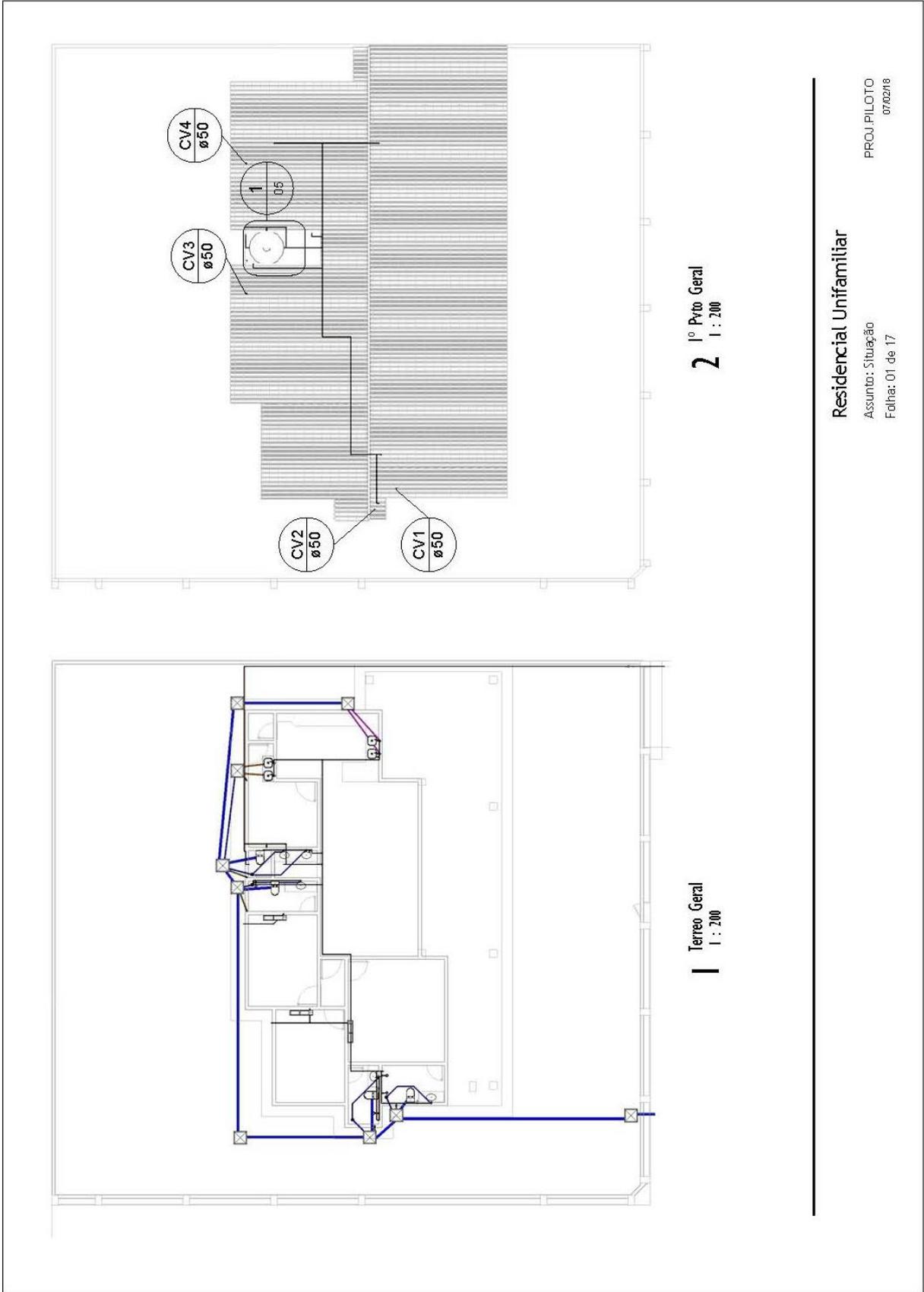
Questões a serem perguntas ao término de cada etapa de implementação BIM:

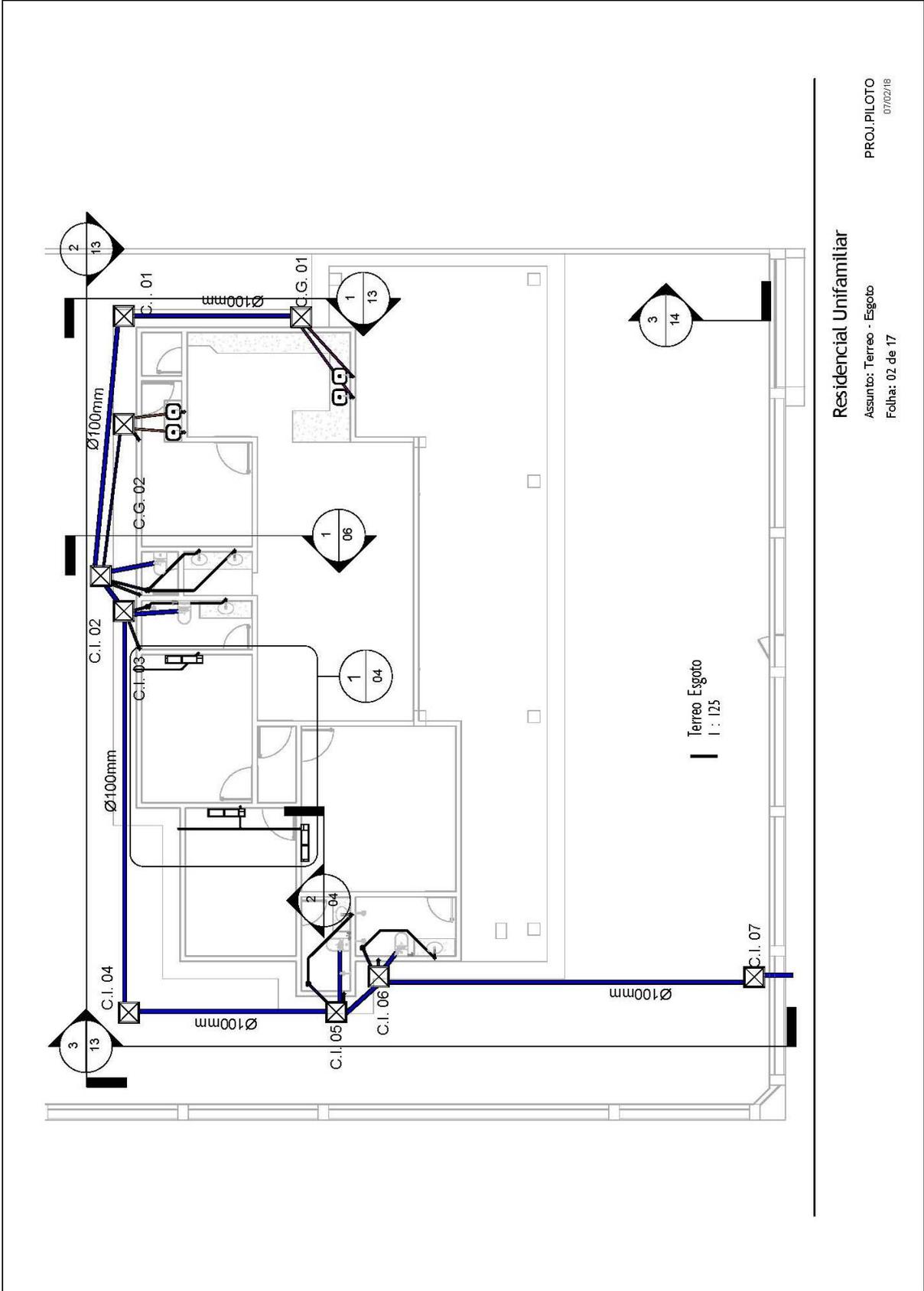
- Quanto tempo foi utilizado exercendo sua função?
- Quais foram as principais dificuldades nesta etapa?
- Há alguma sugestão de melhoria para esta etapa?

Questões a serem perguntas ao término das atividades:

- O processo de implementação foi satisfatório e atingiu suas expectativas?
- Vale a pena trabalhar com projetos de sistemas prediais em BIM?
- Quais foram as principais dificuldades na implementação?
- Há alguma sugestão de melhoria no modelo de implementação BIM?

ANEXO D – MODELAGEM DAS INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS





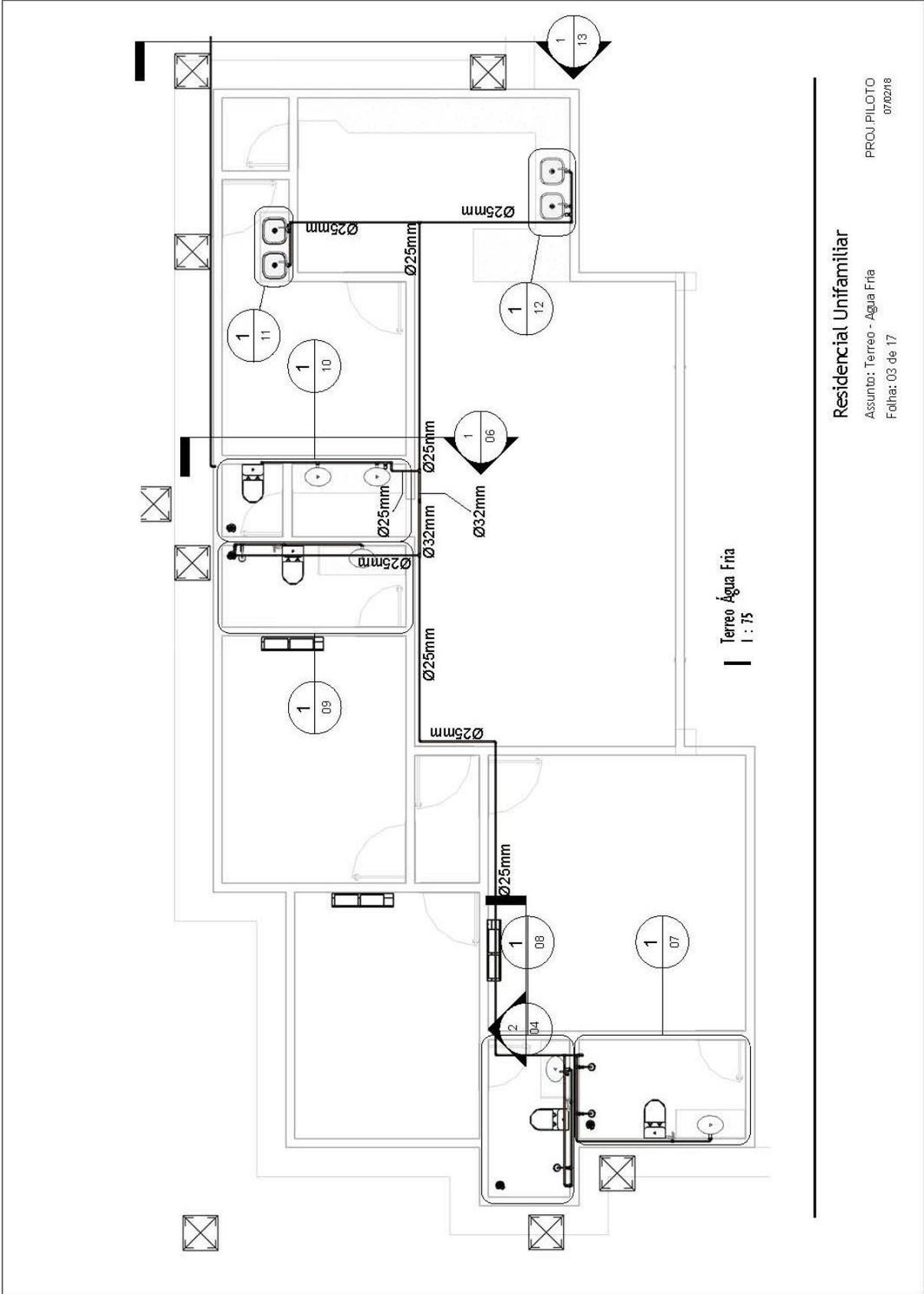
Residencial Unifamiliar

Assunto: Terreo - Esgoto

Folha: 02 de 17

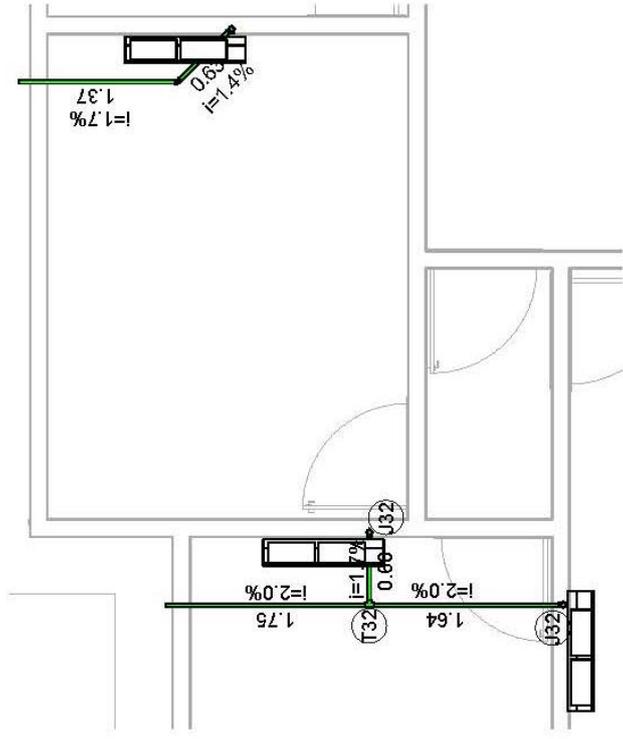
PROJ.PILOTO

07/02/18

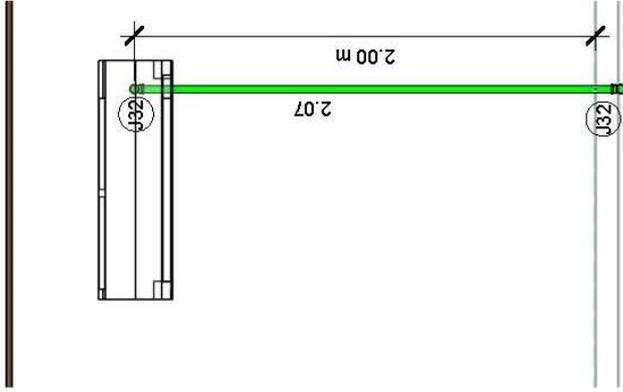


Residencial Unifamiliar

Assunto: Terreo - Água Fria
PROJ.PILOTO
07/02/18
Folha: 03 de 17



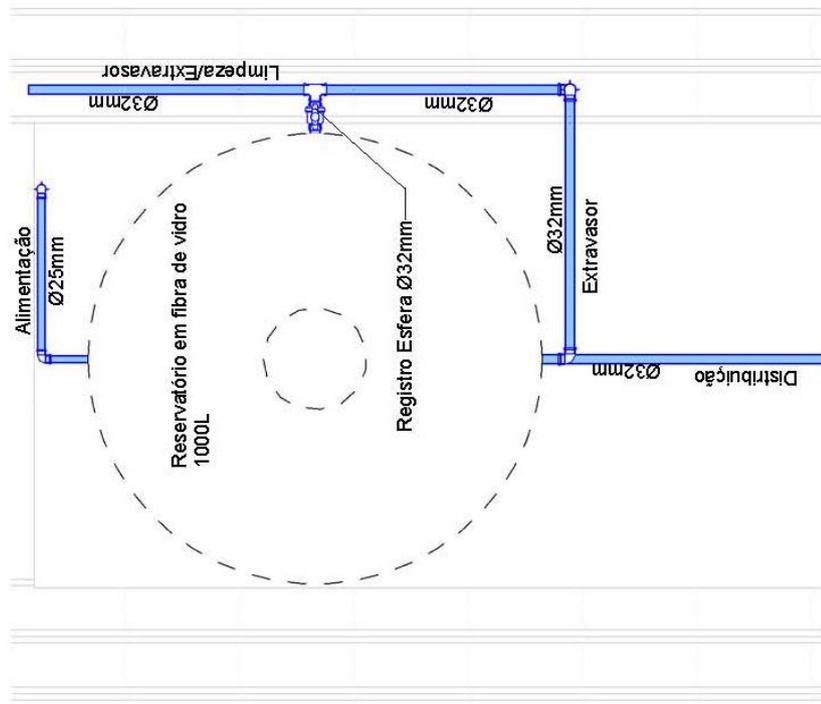
Terreo Drenagem de ar condicionado
I : 50



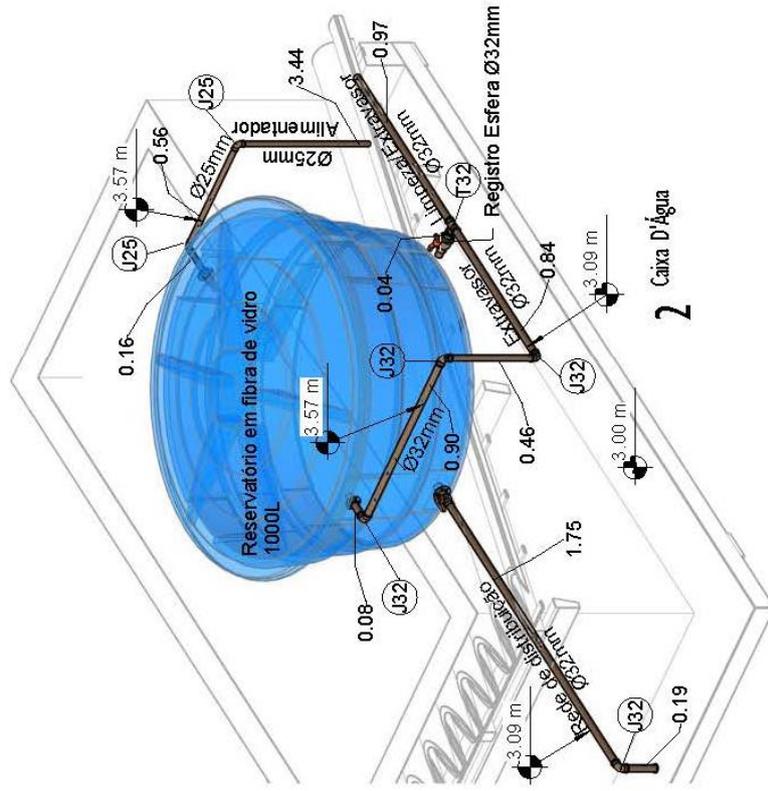
2 Corte Drenagem Evaporador
I : 25

Residencial Unifamiliar
Assunto: Térreo - Drenagem de ar condicionado
Folha: 04 de 17

PROJ.PILOTO
07/03/18

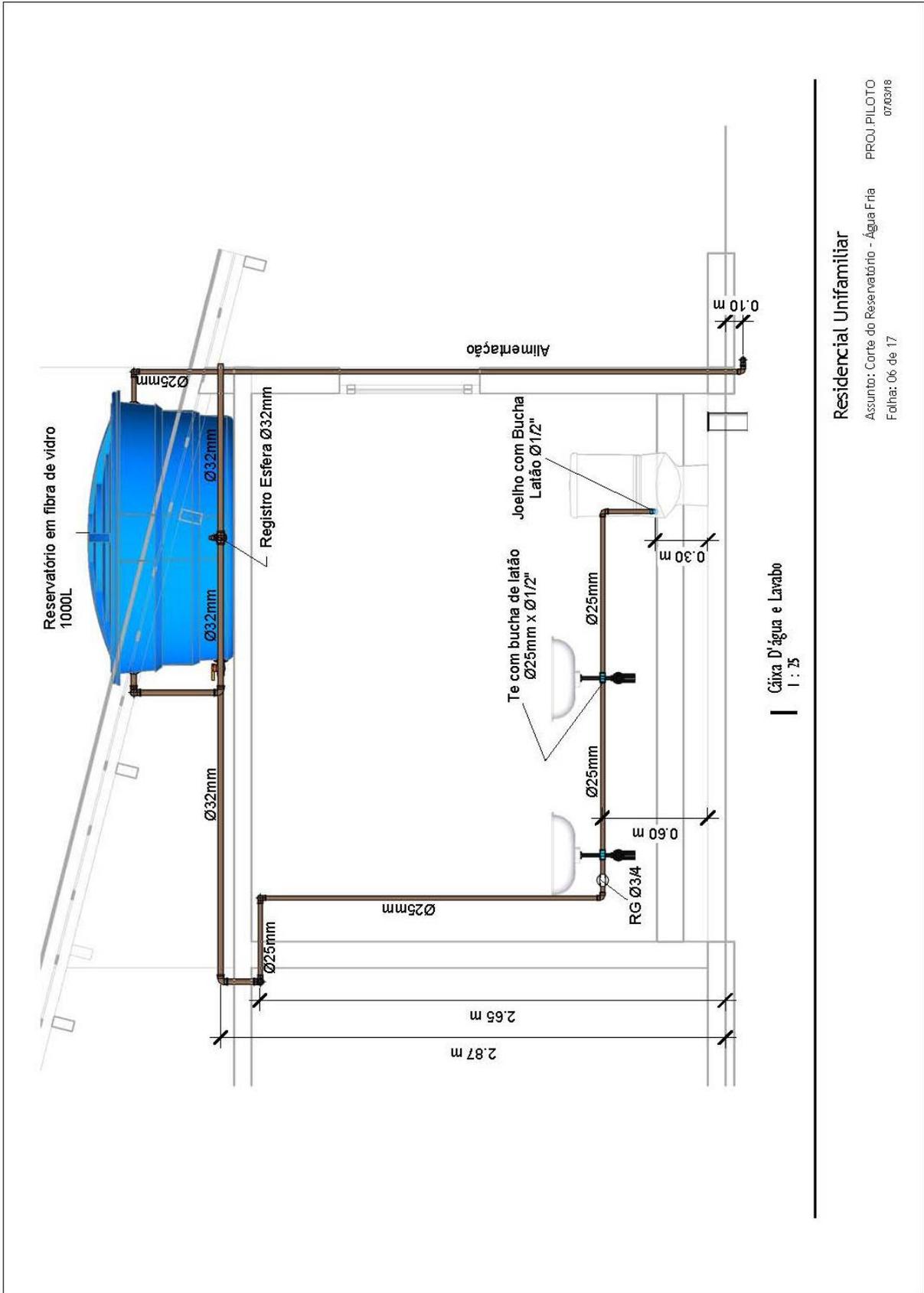


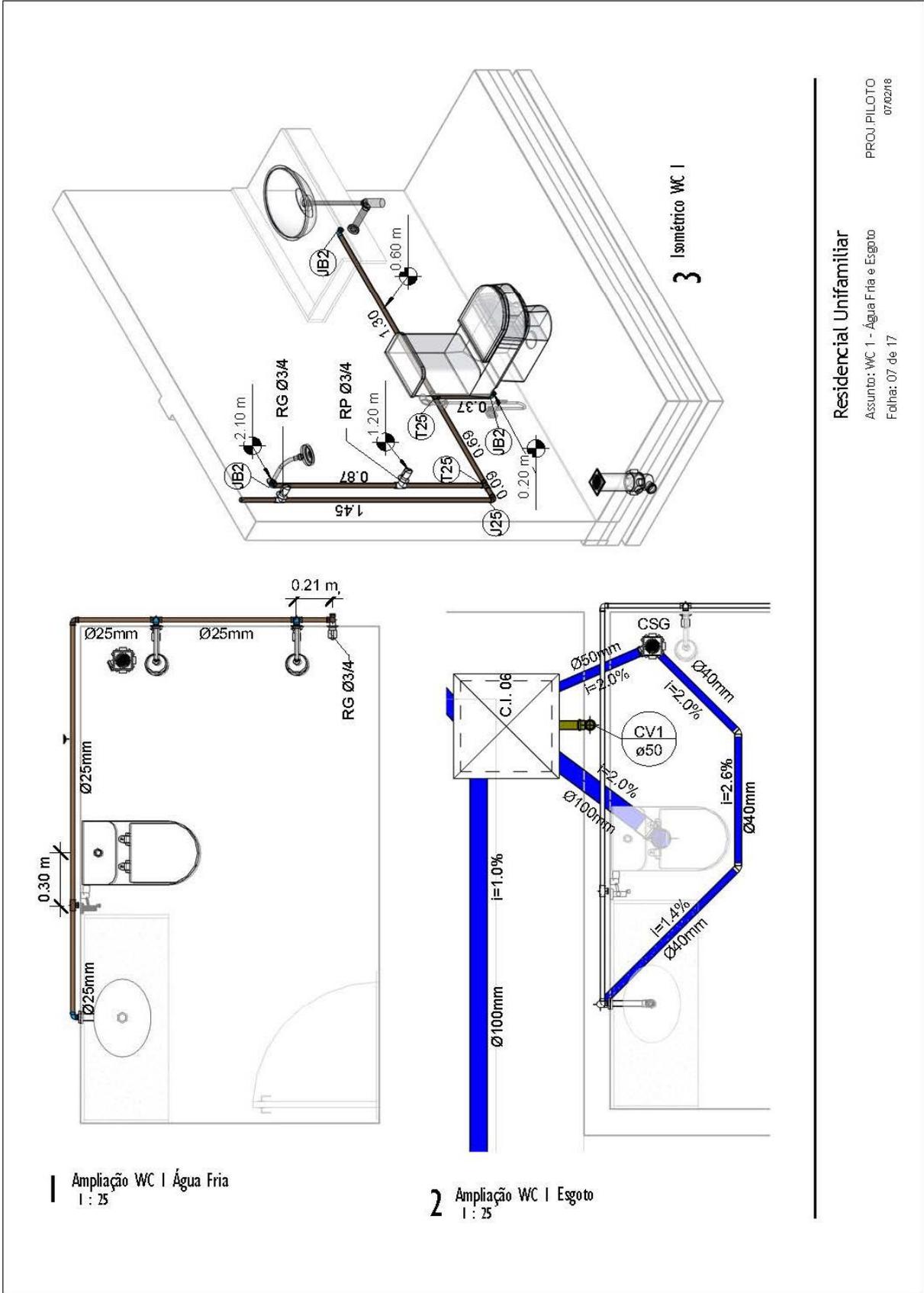
1º Pvlo Barrilete Água Fria
I : 20



Residencial Unifamiliar

Assunto: 1º Pvlo e Reservatório - Água Fria PROJ.PILOTO 07/02/18
Folha: 05 de 17





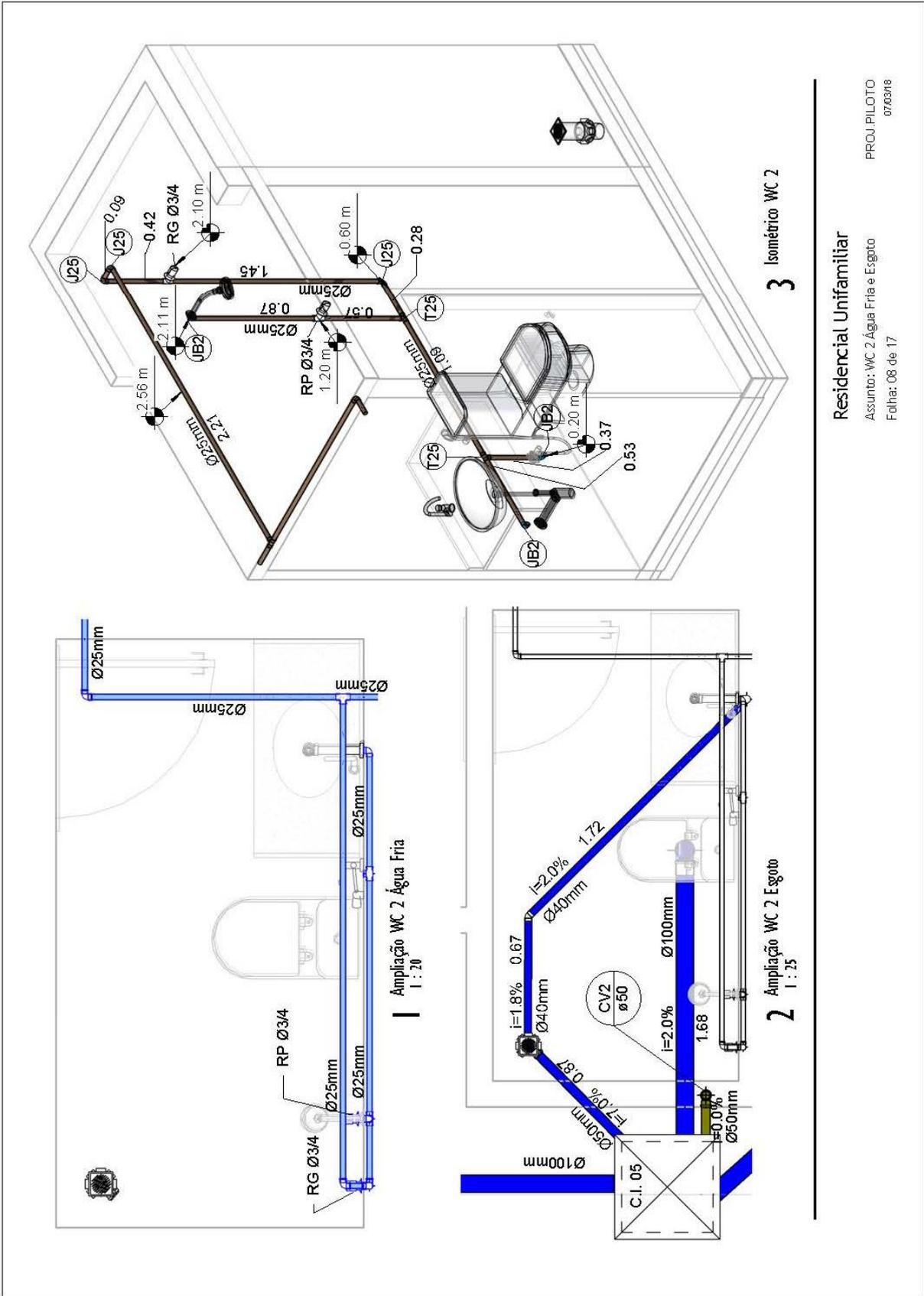
Residencial Unifamiliar

Assunto: WC 1 - Água Fria e Esgoto

Folha: 07 de 17

PROJ. PILOTO

07/02/16



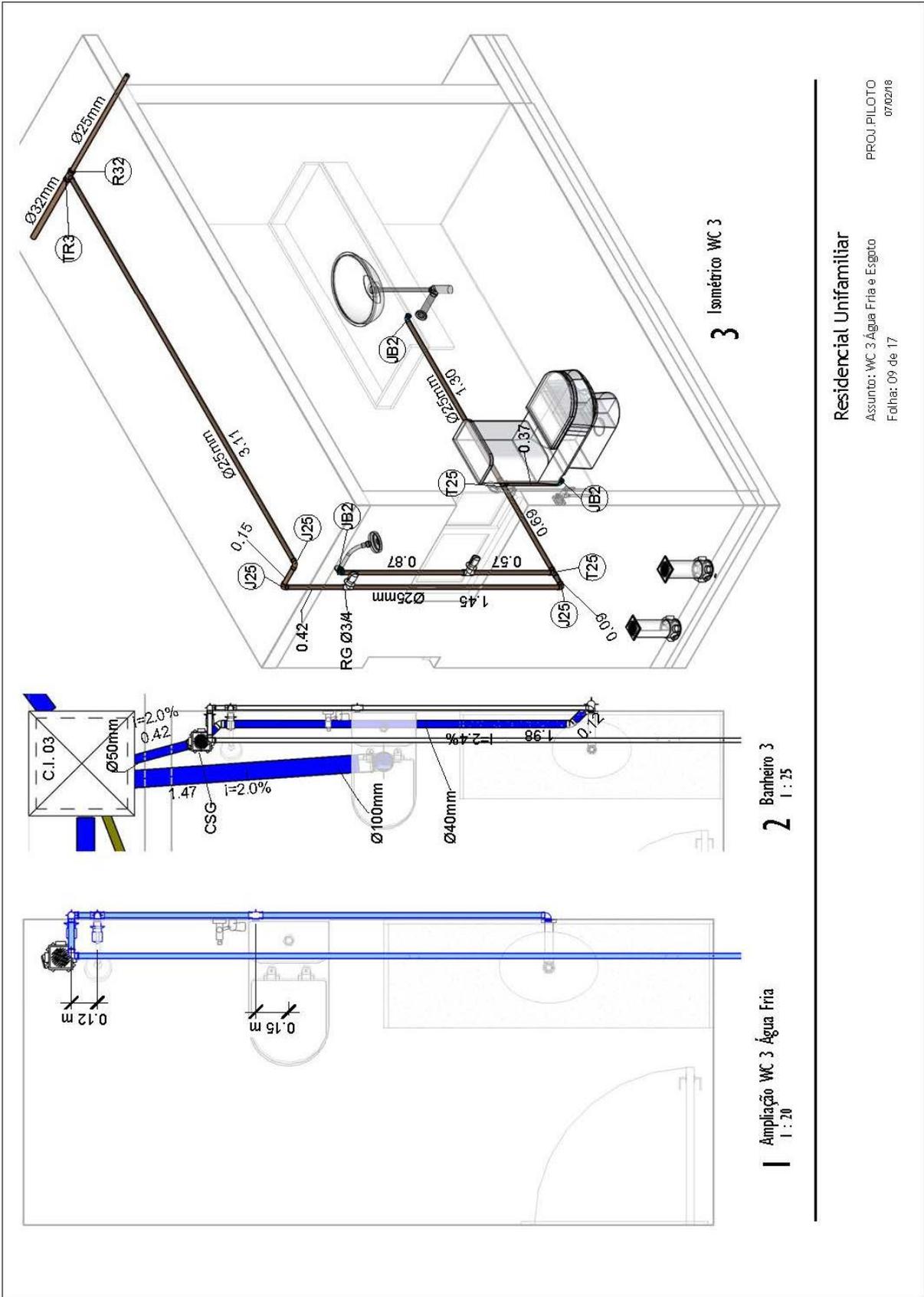
Residencial Unifamiliar

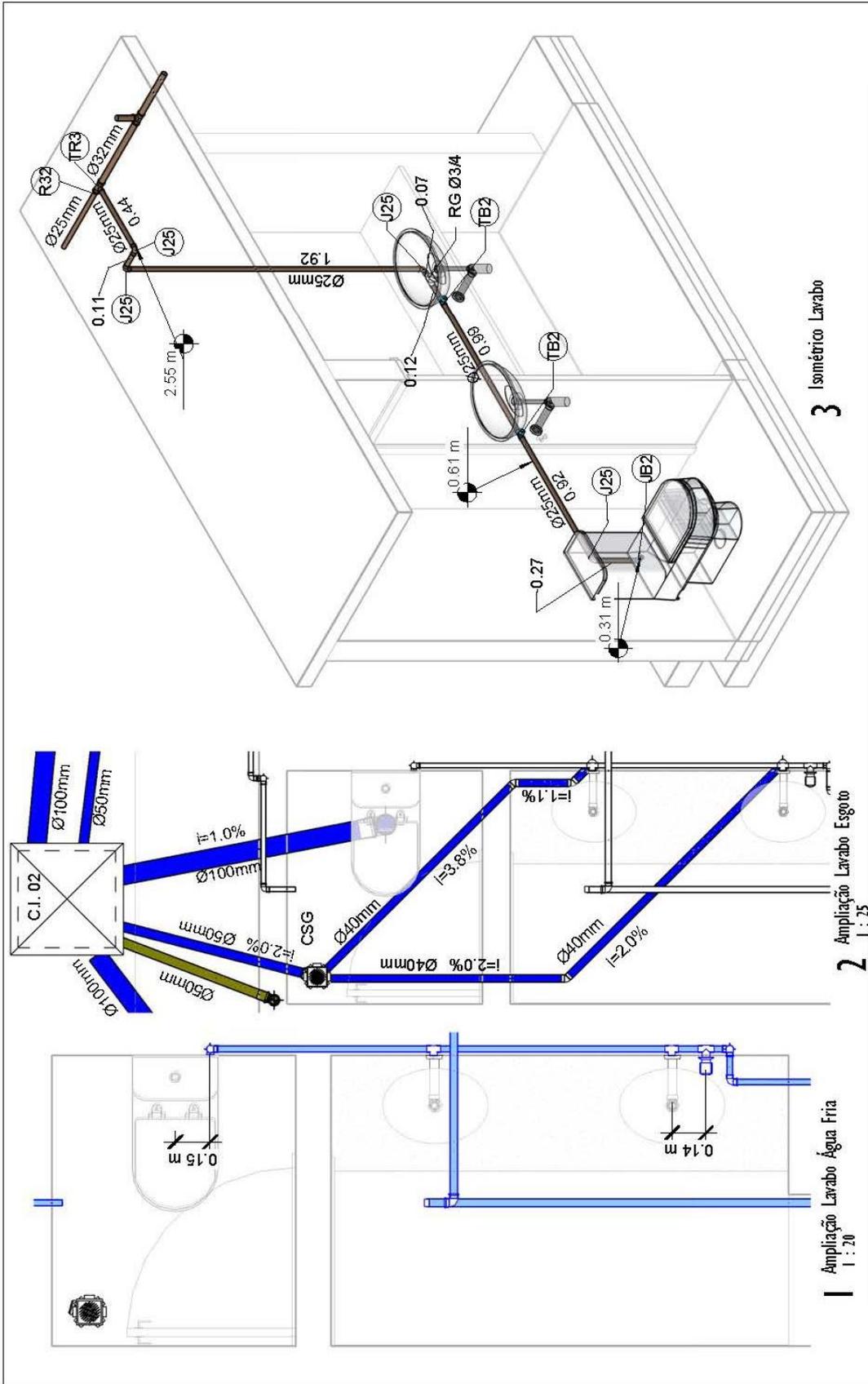
Assunto: WC 2 Água Fria e Esgoto

Folha: 08 de 17

PROJ.PILOTO

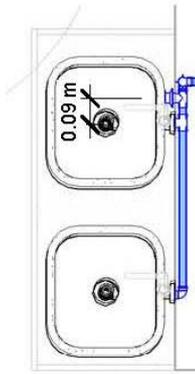
07/03/18



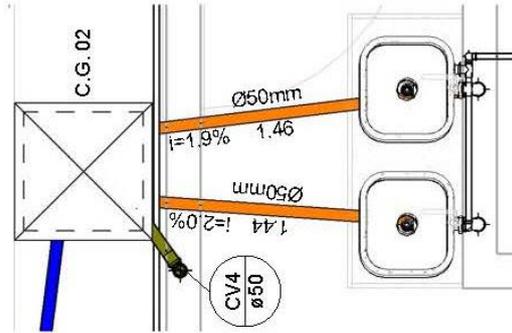


Residencial Unifamiliar
Assunto: Lavabo Água Fria e Esgoto
Folha: 10 de 17

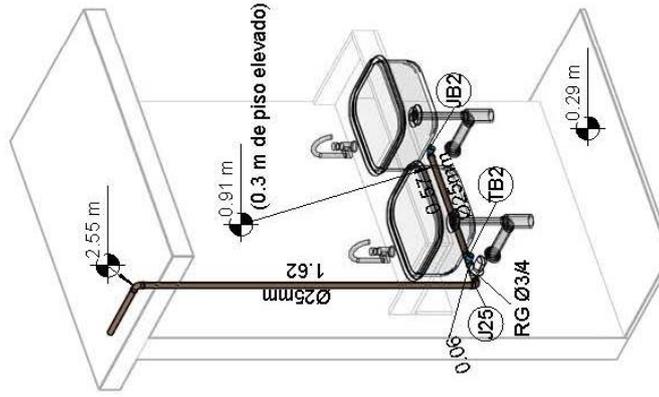
PROJ.PILOTO
07/02/18



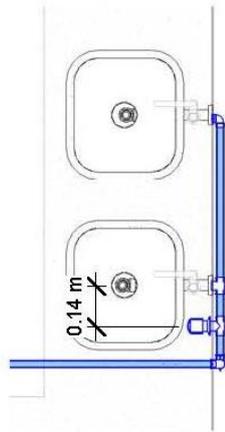
1 Ampliação Área Serviço Água Fria
1 : 20



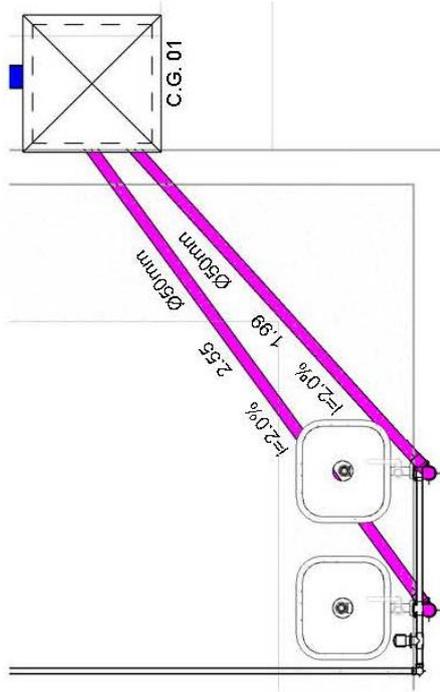
2 Ampliação Área de Serviço Esgoto
1 : 25



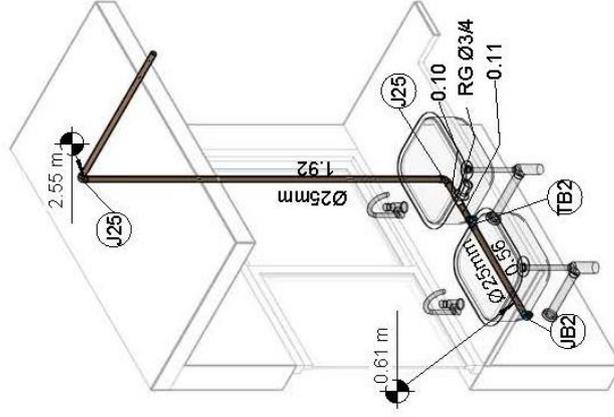
3 Isométrico Área Serviço



Ampliação Cozinha Água Fria
1 : 20



Ampliação Cozinha Esgoto
1 : 25



3 Isométrico Cozinha

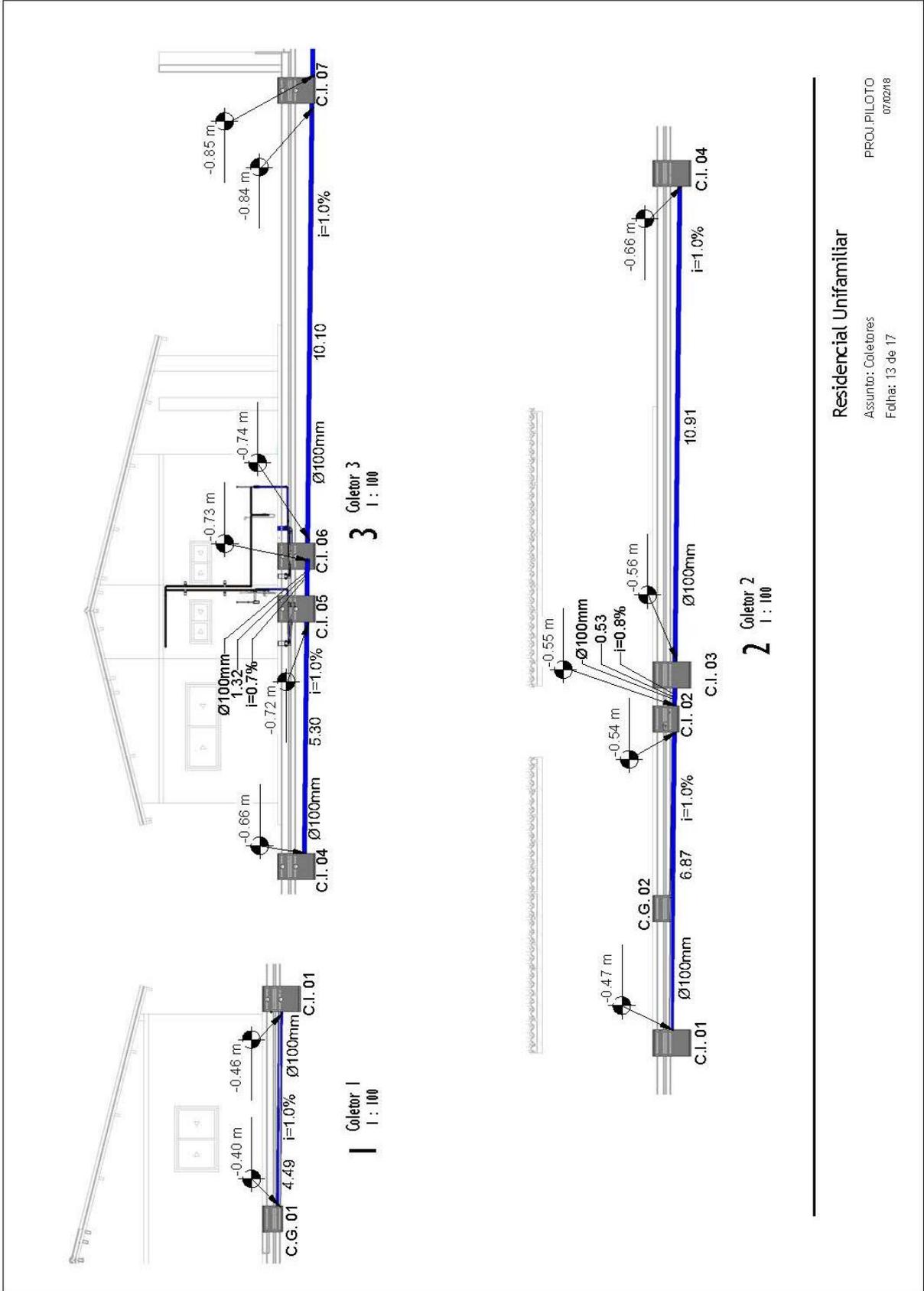
Residencial Unifamiliar

Assunto: Cozinha Água Fria e Esgoto

Folha: 12 de 17

PROJ.PILOTO

07/03/18



Residencial Unifamiliar
Assunto: Coletores
Folha: 13 de 17
PROJ PILOTO
07/02/18

LEGENDA HIDROSSANITÁRIA

-  Tubo de esgoto comum
-  Tubo de ventilação de esgoto
-  Tubo de esgoto com presença de gordura
-  Tubo de esgoto com presença de sabão
-  Tubo de drenagem ou de águas pluviais

C.G Caixa de gordura de 80x80xvar. Em alvenaria com tampa em concreto

C.I Caixa de inspeção de 60x60xvar. Em alvenaria com tampa em concreto.

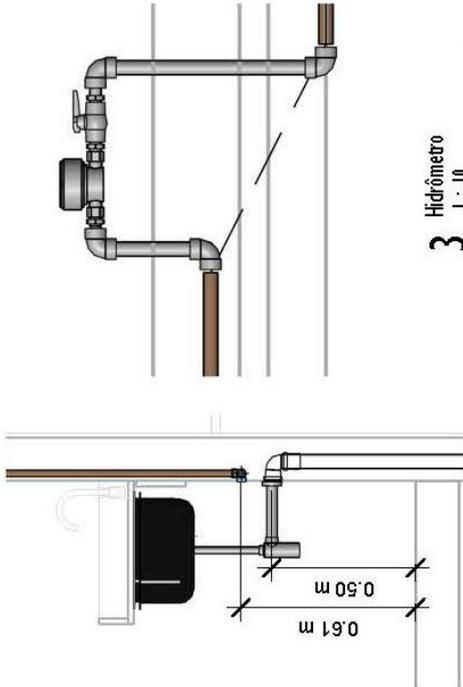
Os ramais aparentes devem ser fixados por bragaadeiras, próximo as conexões. A distância máxima entre bragaadeiras é conforme a tabela abaixo:

Distância entre Bragaadeiras	
Ramais de Esgoto	Distância máxima
Ø40mm	40cm
Ø50mm	50cm
Ø75mm	75cm
Ø100mm	100cm
Ø150mm	150cm
Ø200mm	200cm

Distância entre Bragaadeiras Ramais de Água	
Diâmetro do Ramal	Distância máxima
Ø25mm	1,00m
Ø32mm	1,10m
Ø40mm	1,30m
Ø50mm	1,50m
Ø60mm	1,70m
Ø75mm	1,90m
Ø90mm	2,10m
Ø110mm	2,50m

Os ramais verticais devem ser fixados a cada 2 metros, independentes do diâmetro do tubo.

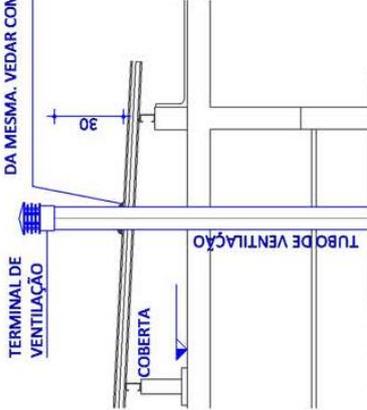
Os ramais enterrados devem ser assentados sobre base de areia ou material granular, livre de elementos pontiagudos. A escavação da vala é realizada na profundidade correta, com 15cm livre de perímetro do tubo.



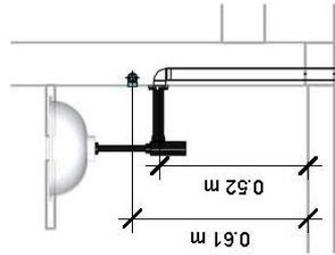
1 Corte Pia/Tanque
1 : 20

3 Hidrômetro
1 : 10

A PASSAGEM DO TUBO DE VENTILAÇÃO NA TELHA DEVERÁ SEMPRE OCORRER NA CAPA DA MESMA. VEDAR COM SIKAFLEX.



4 Terminal de Ventilação



2 Corte Lavatório
1 : 20

LEGENDA HIDROSSANITÁRIA

-  Tubo de esgoto comum
-  Tubo de ventilação de esgoto
-  Tubo de esgoto com presença de gordura
-  Tubo de esgoto com presença de sabão
-  Tubo de drenagem ou de águas pluviais

C.G. Caixa de gordura de 80x80xvar. Em alvenaria com tampa em concreto.

C.I. Caixa de inspeção de 60x60xvar. Em alvenaria com tampa em concreto.

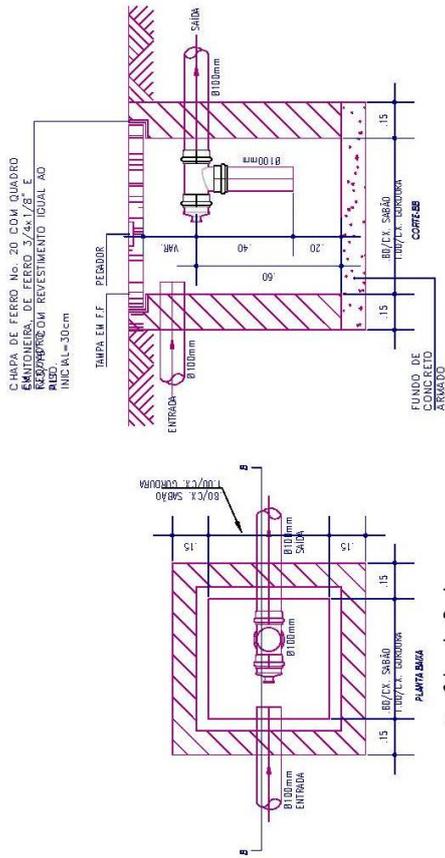
Os ramais aparentes devem ser fixados por braçadeiras, próximo as conexões. A distância máxima entre braçadeiras é conforme a tabela abaixo:

Distância entre Braçadeiras	
Ramais de Esgoto	Ramais de Água
Diâmetro do Ramal	Diâmetro do Ramal
Distância máxima	Distância máxima
Ø40mm	Ø32mm
Ø50mm	Ø40mm
Ø75mm	Ø50mm
Ø100mm	Ø65mm
Ø150mm	Ø85mm
Ø200mm	Ø110mm

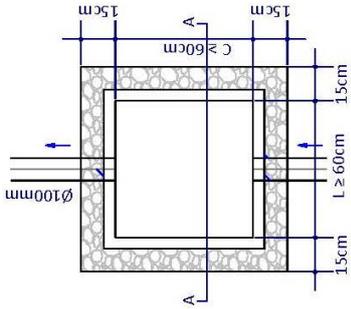
Distância entre Braçadeiras	
Ramais de Esgoto	Ramais de Água
Diâmetro do Ramal	Diâmetro do Ramal
Distância máxima	Distância máxima
Ø40mm	Ø32mm
Ø50mm	Ø40mm
Ø75mm	Ø50mm
Ø100mm	Ø65mm
Ø150mm	Ø85mm
Ø200mm	Ø110mm

Os ramais verticais devem ser fixados a cada 2 metros, independente do diâmetro do tubo.

Os ramais enterrados devem ser assentados sobre base de areia ou material granular, livre de elementos pontiagudos. A escavação da vala é realizada na profundidade correta, com 15cm livre de perímetro do tubo.

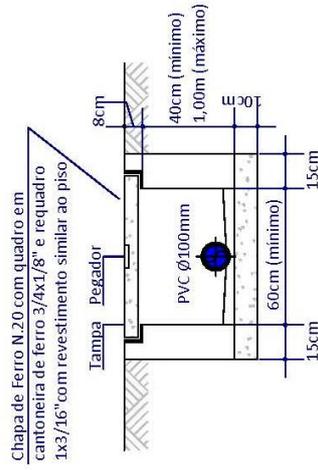


Caixa de Gordura



Planta baixa

2 Caixa de Inspeção



Corte A-A

Conexões para Água Fria		
Descrição	Código	Quantidade
Bucha de Redução Soldável Curta 32x25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	R32	3
Joelho 45° Soldável 32mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	JV3	1
Joelho 90° Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	J25	26
Joelho 90° Soldável 32mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	J32	10
Joelho 90° Soldável com Bucha de Latão 25 x 1/2", PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	JB2	12
Tê de Redução Soldável 32x25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	TR3	2
Tê Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	T25	9
Tê Soldável 32mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	T32	3
Tê Soldável com Bucha de Latão na Bolsa Central 25 x 1/2", PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	TB2	4

Conexões para Esgoto			
Quantidade	Descrição	Linha	Código
8	Joelho 45° 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal	J44
11	Joelho 90° 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal	J94
13	Joelho 90° 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal	J95
4	Joelho 90° 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal	J91
13	Luva Simples 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal	LS5
4	Luva Simples 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal	LS1

Residencial Unifamiliar

Assunto: Quantitativos Parte 1

Folha: 16 de 17

PROJ.PILOTO
07/05/18

Caixas e Ralos		
Quantidade	Descrição	Identificador
4	Caixa Sifonada Girafácil (5 Entradas), Montada com Grelha e Porta Grelha Quadrados Brancos 100 x 140 x 50mm, Esgoto - TIGRE	CSG
1	Cj Corpo/Tampa Caixa d'Água 1000 litros RT, Água Fria - TIGRE	C1000
4	Prolongamento p/ Caixa Sifonada 100 x 100mm, Esgoto - TIGRE	PCS
1	Tampa para Caixa d'Água 1000 litros RT, Água Fria - TIGRE	TC1000
1	Torneira Bóia para Caixa d'Água 1/2", Água Fria - TIGRE	TB2

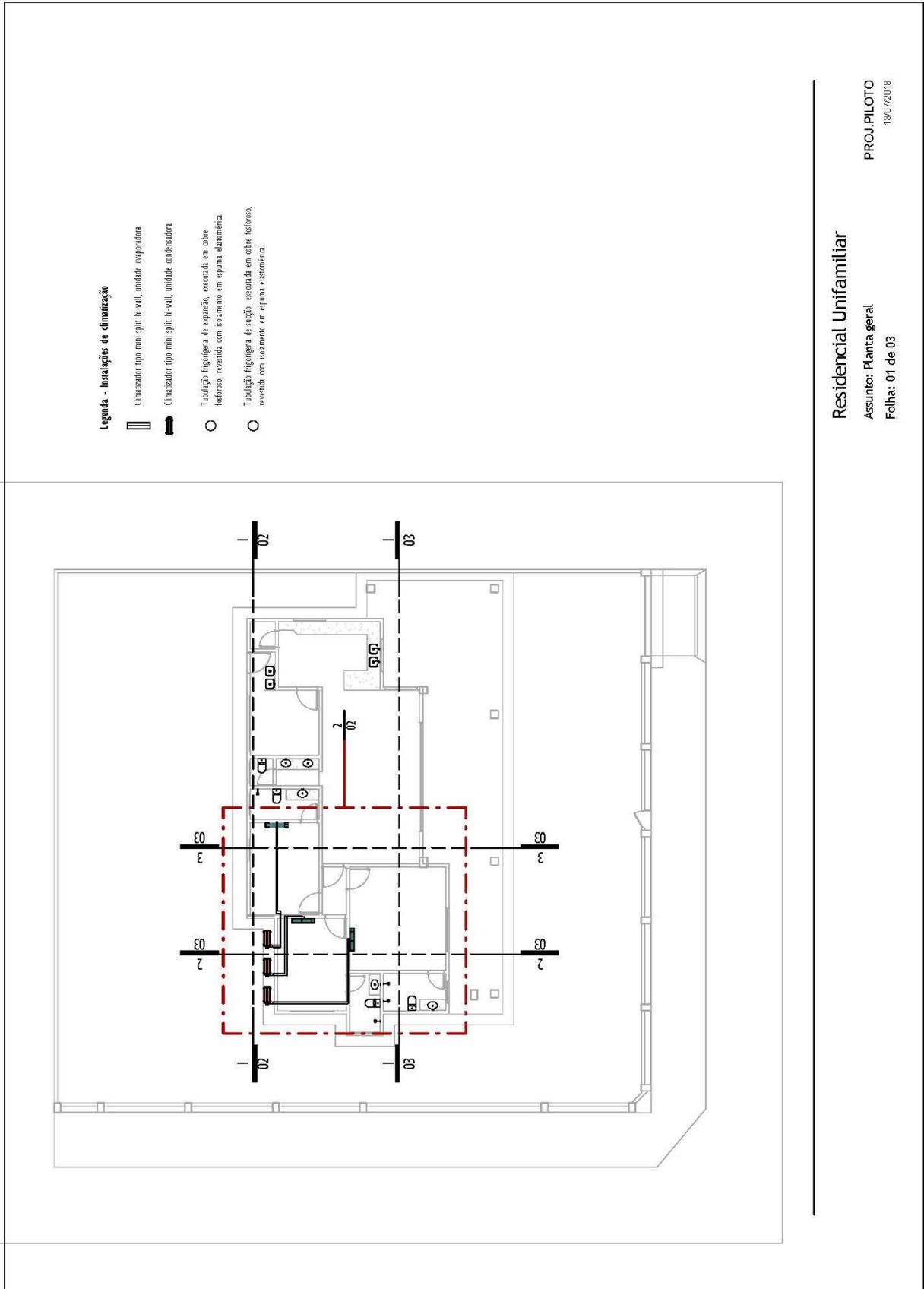
Registros e Válvulas		
Quantidade	Descrição	Identificador
1	Adaptador Soldável com Anel para Caixa d'Água com Registro, PVC Branco, Água Fria - TIGRE	ACDA
2	Adaptador Soldável com Anel para Caixa d'Água, PVC Branco, Água Fria - TIGRE	ACDA
4	Registro de Chuveiro PVC Branco 3/4" - TIGRE	RP Ø3/4
6	Registro de Gaveta PVC Branco 25mm - TIGRE	RG Ø3/4
1	Registro Esfera VS Soldável 32mm - TIGRE	RE Ø1

Tubos Rígidos		
Descrição	Diâmetro	Comprimento
Tubo Soldável Marrom		
Tubo Soldável Marrom	25.00 mm	86.95 m
Tubo Soldável Marrom	32.00 mm	18.69 m
Tubo Série Normal		
Tubo Série Normal	40.00 mm	15.70 m
Tubo Série Normal	50.00 mm	38.08 m
Tubo Série Normal	100.00 mm	6.13 m
Tubo Série Reforçada		
Tubo Série Reforçada	100.00 mm	40.58 m

Residencial Unifamiliar
Assunto: Quantitativos Parte 2
Folha: 17 de 17

PROJ. PILOTO
07/06/18

ANEXO E – MODELAGEM DAS INSTALAÇÕES DE CLIMATIZAÇÃO

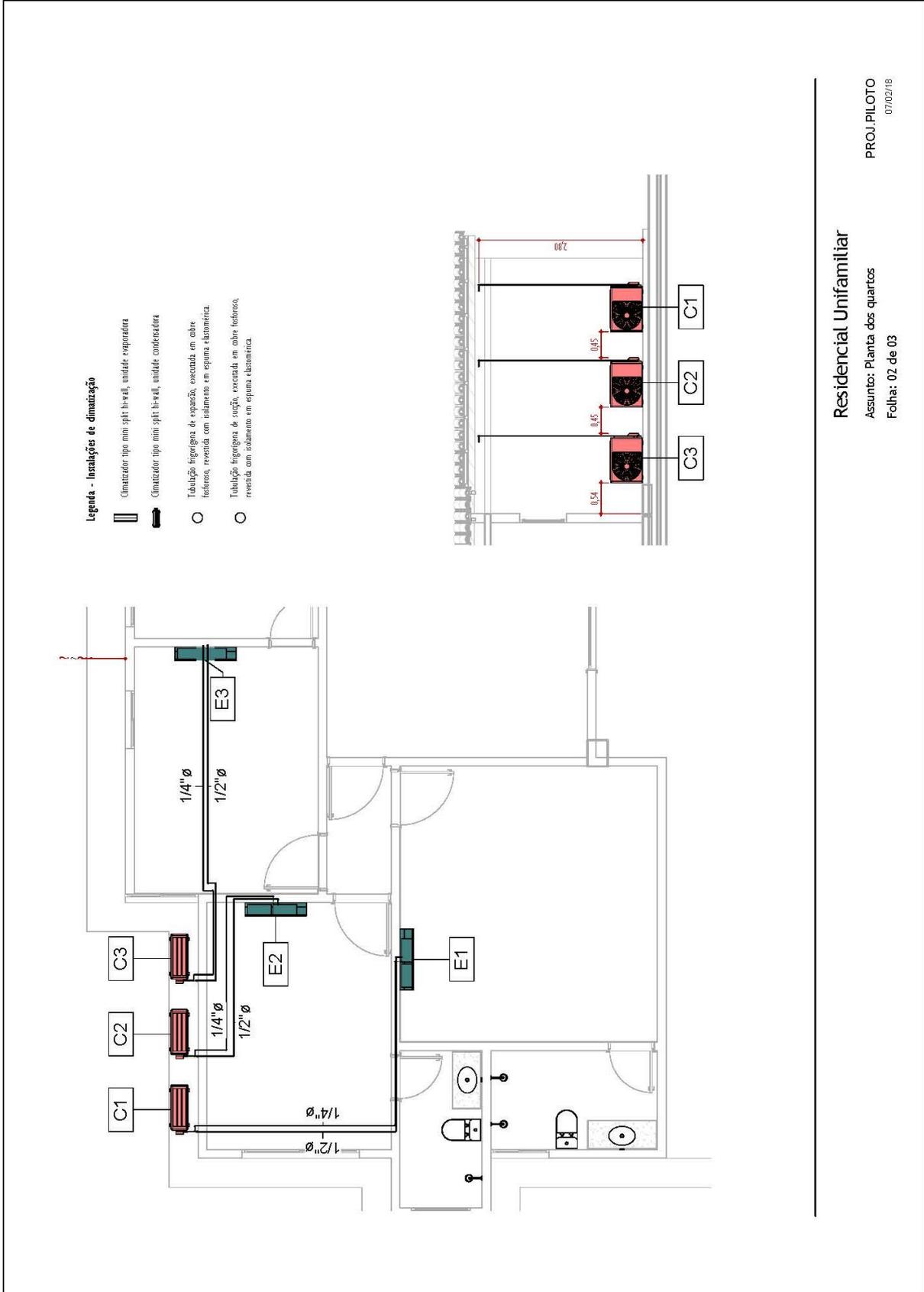


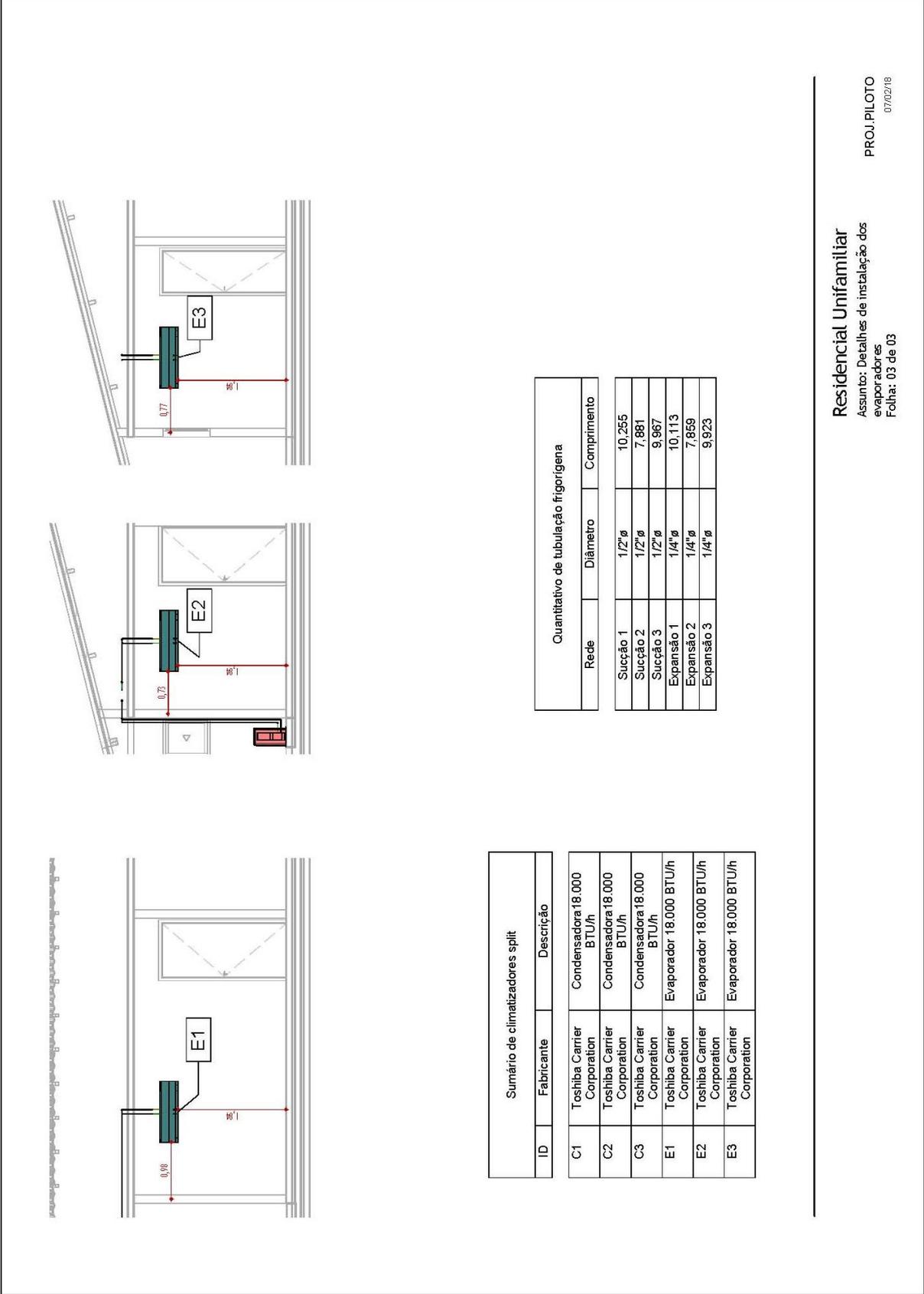
Residencial Unifamiliar

Assunto: Planta geral

Folha: 01 de 03

PROJ. PILOTO
13/07/2018





Sumário de climatizadores split	
ID	Descrição
C1	Toshiba Carrier Corporation Condensadora 18.000 BTU/h
C2	Toshiba Carrier Corporation Condensadora 18.000 BTU/h
C3	Toshiba Carrier Corporation Condensadora 18.000 BTU/h
E1	Toshiba Carrier Corporation Evaporador 18.000 BTU/h
E2	Toshiba Carrier Corporation Evaporador 18.000 BTU/h
E3	Toshiba Carrier Corporation Evaporador 18.000 BTU/h

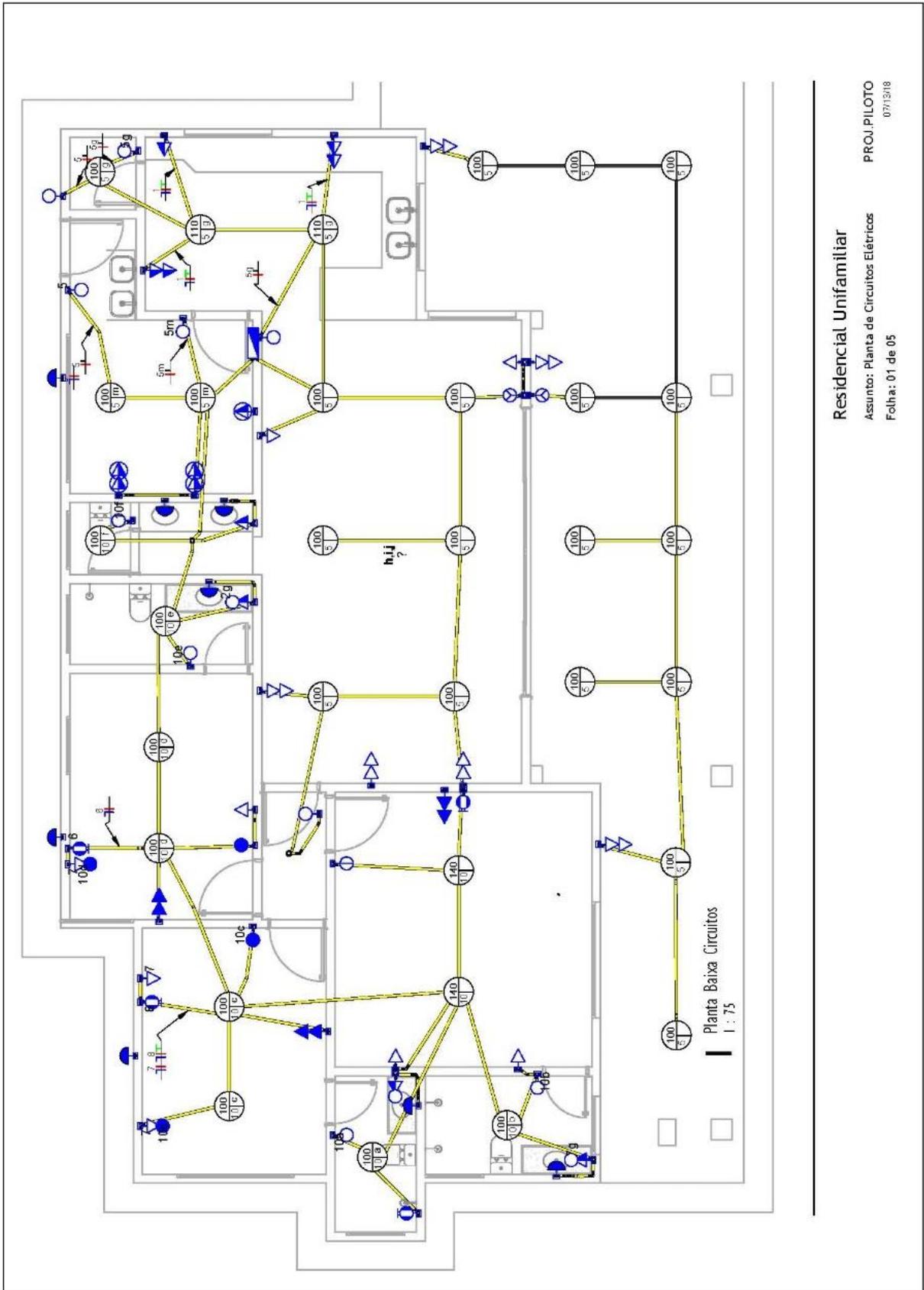
Quantitativo de tubulação frigorígena		
Rede	Diâmetro	Comprimento
Sucção 1	1/2"φ	10,255
Sucção 2	1/2"φ	7,881
Sucção 3	1/2"φ	9,967
Expansão 1	1/4"φ	10,113
Expansão 2	1/4"φ	7,859
Expansão 3	1/4"φ	9,923

Residencial Unifamiliar

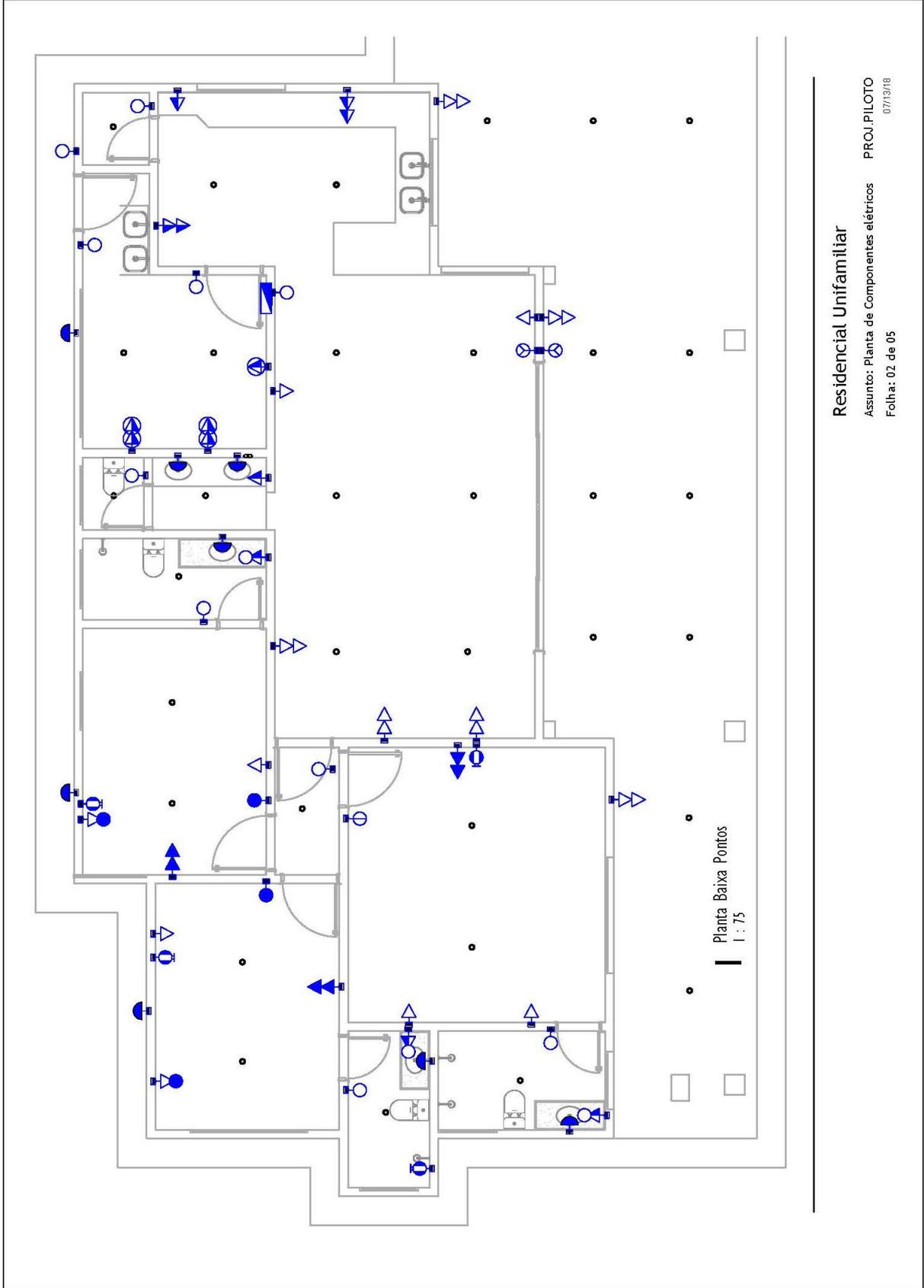
Assunto: Detalhes de instalação dos evaporadores
 Folha: 03 de 03

PROJ.PILOTO
 07/02/18

ANEXO F – MODELAGEM DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS



Residencial Unifamiliar
Assunto: Planta de Circuitos Eléctricos
Folha: 01 de 05
PROJ. PILOTO
07/13/18



Residencial Unifamiliar

Assunto: Planta de Componentes elétricos

PROJ.PILOTO

Folha: 02 de 05

07/13/18

Tabela dos Circuitos						
Circuito	Descrição	Tipo de Carga	In: Disjuntor	Tipo de Instalação	Condutor Pré Calculado	Potência Aparente
<unnamed>	QDC	TUEs (Residencial); Iluminação+TUGs (Residencial); Ar Condicionado; Outro	20,00 A	[Cu/PVC/750V/70"]-Un-B1-2Cc	3-#2,5(24A), 1-#2,5(24A), 1-#2,5	15678 VA
QDLF						
1	TUG Cozinha	Iluminação+TUGs (Residencial)	20,00 A	[Cu/PVC/750V/70"]-Un-B1-2Cc	1-#2,5(24A), 1-#2,5(24A), 1-#2,5	300 VA
2	Tomadas Comuns Estar/Jantar/Varanda	Iluminação+TUGs (Residencial)	20,00 A	[Cu/PVC/750V/70"]-Un-B1-2Cc	1-#2,5(24A), 1-#2,5(24A), 1-#2,5	1000 VA
3	Chuveiro Elétrico	TUEs (Residencial)	20,00 A	[Cu/PVC/750V/70"]-Un-B1-2Cc	1-#2,5(24A), 1-#2,5(24A), 1-#2,5	5500 VA
4	TUE Área Serviço	Iluminação+TUGs (Residencial)	20,00 A	[Cu/PVC/750V/70"]-Un-B1-2Cc	1-#2,5(24A), 1-#2,5(24A), 1-#2,5	800 VA
5	Iluminação Estar/Jantar/Varanda/Cozinha/Serviço	Iluminação+TUGs (Residencial)	20,00 A	[Cu/PVC/750V/70"]-Un-B1-2Cc (Ilum.)	1-#2,5(24A), 1-#2,5(24A), 1-#2,5	3020 VA
6	TUEs (Residencial)	Ar Condicionado	20,00 A	[Cu/PVC/750V/70"]-Un-B1-2Cc	1-#2,5(24A), 1-#2,5(24A), 1-#2,5	900 VA
7	Iluminação+TUGs (Residencial)	Iluminação+TUGs (Residencial)	20,00 A	[Cu/PVC/750V/70"]-Un-B1-2Cc	1-#2,5(24A), 1-#2,5(24A), 1-#2,5	1100 VA
8	Ar condicionado Suite 02	Ar Condicionado	20,00 A	[Cu/PVC/750V/70"]-Un-B1-2Cc	1-#2,5(24A), 1-#2,5(24A), 1-#2,5	900 VA
10	Iluminação Suites	Iluminação+TUGs (Residencial); Outro	20,00 A	[Cu/PVC/750V/70"]-Un-B1-2Cc (Ilum.)	1-#2,5(24A), 1-#2,5(24A), 1-#2,5	1780 VA
13	Ar condicionado Suite 01	Ar Condicionado	20,00 A	[Cu/PVC/750V/70"]-Un-B1-2Cc	1-#2,5(24A), 1-#2,5(24A), 1-#2,5	900 VA
Totais: 11						31878 VA

Tabela de Resumo dos Circuitos						
Circ.	Descrição	Disjuntor	Potência (VA)	Seção do Condutor Adotado (mm ²)	Fase A	Fase B
<unnamed>	QDC	20,00 A	15678 VA		4440 W	4720 W
QDLF						
1	TUG Cozinha	20,00 A	300 VA		240 W	0 W
2	Tomadas Comuns Estar/Jantar/Varanda	20,00 A	1000 VA		0 W	800 W
3	Chuveiro Elétrico	20,00 A	5500 VA		0 W	0 W
4	TUE Área Serviço	20,00 A	800 VA		640 W	0 W
5	Iluminação Estar/Jantar/Varanda/Cozinha/Serviço	20,00 A	3020 VA		0 W	3020 W
6	TUEs (Residencial)	20,00 A	900 VA		0 W	0 W
7	Iluminação+TUGs (Residencial)	20,00 A	1100 VA	2,5	880 W	0 W
8	Ar condicionado Suite 02	20,00 A	900 VA		0 W	900 W
10	Iluminação Suites	20,00 A	1780 VA		1780 W	0 W
13	Ar condicionado Suite 01	20,00 A	900 VA		900 W	0 W
Totais:					8860 W	9440 W
					31878 VA	12800 W

Residencial Unifamiliar

Assunto: Tabela de Circuitos

Folha: 03 de 05

PROJ.PILOTO

07/13/18

Cálculo da Potência Demandada					
Tipo de Carga	Qtde de Pontos	Potência Aparente (VA)	Potência Ativa (W)	Fator de Demanda	Potência Demandada (W)
TUEs (Residencial); Iluminação+TUGs (Residencial); Ar Condicionado; Outro	1	15678 VA	15560 W	0,70	10892
QDLF					
Ar Condicionado	3	2700 VA	2700 W	0,60	1620
Iluminação+TUGs (Residencial)	68	6220 VA	5580 W	0,80	4464
Iluminação+TUGs (Residencial); Outro	28	1780 VA	1780 W	0,80	1424
TUEs (Residencial)	1	5500 VA	5500 W	1,00	5500
	101	31878 VA	31120 W		23900

Lista de Materiais - Eletrodutos			
Descrição do Material	Diâmetro Nominal	Comprimento (m)	Referência de Fabricante
Eletroduto de PVC Rígido Roscável, anti chama, na cor preta, conforme NBR 15465	DN25mm (3/4")	11,48 m	Tigre ou equivalente
Eletroduto flexível corrugado, em PVC na cor amarelo antichamas, conforme NBR15465	DN 25mm	261,18 m	Tigre ou equivalente
Eletroduto flexível corrugado, em PVC na cor amarelo antichamas, conforme NBR15465	DN 20mm	7,58 m	Tigre ou equivalente

Lista de Materiais - Componentes

Descrição do Material	Dimensões	Quantidade e (peças)	Referência Fabricante
Caixas de Embutir			
Caixa de Luz 4"x2", de embutir, em PVC na cor amarelo para eletroduto corrugado	4"x2"	65	Tigre linha Tigreflex ou equivalente
Caixa octogonal 4"x4" com fundo móvel reforçado, em PVC na cor laranja para eletroduto corrugado	4"x4"	1	Tigre linha Tigreflex Reforçado ou equivalente
Caixa octogonal 4"x4" com fundo móvel, em PVC na cor amarela para eletroduto corrugado	4"x4"	33	Tigre linha Tigreflex ou equivalente
Condulètes de PVC			
Adaptador de Redução para Condulète de PVC, Ø1"x3/4"	Ø1"x3/4"	3	Tigre, Linha Condulète Top ou equivalente
Condulète de PVC multiplo antichamas na cor cinza, Ø1", sem tampa, com 5 entradas	Ø1"	1	Tigre, Linha Condulète Top ou equivalente
Tampa Cega para Condulète Top de PVC antichama na cor cinza	Ø1"	1	Tigre, Linha Condulète Top ou equivalente
Interruptores			
Conjunto montado com 1 Interruptor Paralelo, 10A 250V~, 4"x2"	1P, 4"x2"	4	Pial Legrand ou equivalente
Conjunto montado com 1 Interruptor Simples, 10A 250V~, 4"x2"	1S, 4"x2"	14	Pial Legrand ou equivalente
Conjunto montado de Interruptor com 2 teclas simples, 4"x2"	2xS, 4"x2"	1	Pial Legrand ou equivalente
Conjunto montado de Interruptor com 3 teclas simples, 4"x2"	3xS, 4"x2"	2	Pial Legrand ou equivalente
Placa saída de fio			
Conjunto montado de 1 Placa para Saída de Fio Ø11mm, 4"x2"	Saída de fio	4	Pial Legrand ou equivalente
Quadros			
Quadro de Distribuição 12/16 Disjuntores, de embutir, fabricado em PVC antichamas, com barramento de terra e neutro, poita branca, dimensões 250x344,6x78,7mm.	12/16 Disjuntores	1	Tigre ou equivalente
Tomadas			
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 10A, posto horizontal, 4"x2"	10A, 4"x2"	13	Pial legrand ou equivalente
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 20A, posto horizontal, 4"x2"	20A, 4"x2"	1	Pial legrand ou equivalente
Conjunto montado de 2 Tomadas 2P+T, 10A, postos horizontais, 4"x2"	2x10A, 4"x2"	11	Pial Legrand ou equivalente
Conjunto montado de 2 Tomadas 2P+T, 20A, postos horizontais, 4"x2"	2x20A, 4"x2"	2	Pial Legrand ou equivalente

Residencial Unifamiliar

Assunto: Componentes Eléctricos

Folha: 05 de 05

PROJ.PILOTO

07/13/18