



35 Information Modeling (BIM) emerges as a trend for the future of the sector, as it addresses a totally  
36 renewed methodology with strong integration and interoperability between all stages of a project. In  
37 view of the need to disseminate this concept, the objectives of this work were to present BIM  
38 modeling and to make projects compatible for a small mixed-use building, with the help of Revit®  
39 and Navisworks® software. During the work, four three-dimensional models were created:  
40 architectural, structural, electrical and hydraulic. From the analysis of conflicts, it was found that  
41 there were incompatibilities between all the project disciplines involved, requiring compatibility in  
42 several points of the residential part. The most critical points were detected between the structure and  
43 the hydraulic installations, requiring greater attention to the compatibility solutions. The rest of the  
44 detected interferences had a simpler diagnosis and corrections or did not demand compatibility. Based  
45 on the above, it was concluded that the activity of matching projects using BIM software was  
46 facilitated, however it is still necessary to have technical knowledge and professional experience to  
47 deal with each type of incompatibility present in project modeling.

48 **KEYWORDS:** virtual construction, incompatibilities, projects, Revit®, Navisworks®.

49

## 50 **1 INTRODUÇÃO**

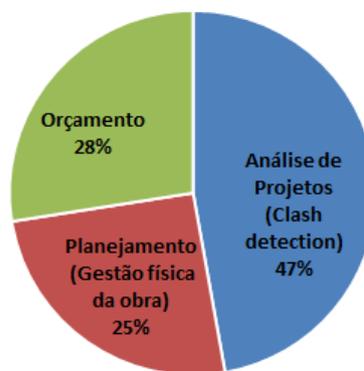
51 O atual cenário do mercado da construção civil demanda empreendimentos com cada vez mais  
52 competitividade e produtividade, exigindo um produto final de alto nível de qualidade e eficiência.  
53 Neste contexto, o *Building Information Modeling* (BIM), em português, Modelagem da Informação  
54 da Construção, apresenta-se como uma tecnologia capaz de entregar essa necessidade às empresas do  
55 setor. Tido como o sucessor do *Computer Aided Design* (CAD), em português, Desenho Assistido  
56 por Computador, esta plataforma digital permite o planejamento integrado de todos os projetos  
57 necessários à consolidação de uma obra, envolvendo uma vasta gama de informações de maneira  
58 inteligente (COSTA; FIGUEIREDO; RIBEIRO, 2015).

59 Segundo Costa, Figueiredo e Ribeiro (2015), os sistemas CAD baseiam sua geometria em  
60 coordenadas para a concepção de entidades gráficas, gerando elementos de representação em que a  
61 alteração de um projeto obriga modificações manuais nos objetos. No caso de sistemas BIM, em  
62 função dos modelos serem paramétricos, o programa permite o processamento de alterações  
63 dinâmicas, acarretando mudanças de características em todos os desenhos, vistas e tabelas associados.

64 Interoperabilidade e intercâmbio de informações fazem do BIM uma ferramenta de trabalho  
65 potente, onde os objetos criados em um modelo virtual de construção carregam parâmetros e  
66 informações como material, marca, custo e propriedades físicas (BARRETO *et al.*, 2020). Esse fato  
67 é importante, pois como afirmam Souza, Araujo e Paula (2016), a interoperabilidade possibilita a  
68 interação entre os vários intervenientes de um trabalho em BIM e garante a compatibilidade do  
69 modelo único com diversos *softwares*.

70 Em um modelo de construção elaborado com a tecnologia BIM, os diversos profissionais  
71 encarregados dos projetos têm a vantagem de poder executar e acompanhar modificações em tempo  
72 real, o que, certamente, reduz custos com tempo e retrabalho ao longo do processo. Porém, uma  
73 recente pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro de Economia, da Fundação Getúlio Vargas,  
74 (Ibre/FGV, 2018), aponta que apenas 7,5% das empresas de construção civil declaram realmente  
75 utilizar BIM nas suas atividades. O estudo também destaca que 21,7% dos gestores dizem  
76 desconhecer se a empresa faz uso da metodologia. Das empresas que empregam o BIM em suas  
77 rotinas de trabalho, quase a metade utiliza seus recursos na verificação de compatibilidade dos  
78 projetos, conforme pode-se perceber pela Figura 1.

79 Figura 1: Fases do projeto com utilização do BIM.



80 Fonte: Ibre/FGV (2018).

81 Com o intuito de incentivar o uso desta tecnologia em âmbito nacional, em 2018 foi instituída  
82 pelo Governo Federal uma estratégia de disseminação do BIM em âmbito nacional, definindo as  
83 diretrizes de implementação e difusão da plataforma. Atualmente, o Decreto nº 9.983/2019 trata das  
84 questões referentes à organização e às ações desta estratégia (BRASIL, 2019). A partir de 2021, a  
85 modelagem 3D será requisito obrigatório para a elaboração de projetos de arquitetura e engenharia  
86 para órgãos federais da administração pública, conforme estabelecido pelo Decreto nº 10.306/2020  
87 (BRASIL, 2020).

88 Tendo em vista que uma mudança no paradigma relativo à disseminação do BIM é trazida à  
89 tona atualmente, o presente trabalho teve como objetivos apresentar o conceito BIM e seu processo  
90 de modelagem, demonstrar sua aplicabilidade na identificação de incompatibilidades entre projetos  
91 destinados à execução de uma obra e propor a compatibilização adequada para cada caso registrado.

## 92 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 93 2.1 O BIM

94 Succar (2009) define BIM como um conjunto de políticas, processos e tecnologias interativas  
95 que formam uma metodologia de gerenciamento da construção e dos dados do projeto através de um  
96 documento digital ao longo de todo o ciclo de vida do edifício. Para Eastman *et al.* (2008), o termo  
97

98 BIM pode ser entendido como uma modelagem baseada na troca e no compartilhamento de  
99 informações durante as fases do ciclo de vida da edificação, alicerçada na modelagem paramétrica e  
100 no conceito de interoperabilidade.

101 De fato, um dos pilares do BIM é o processo colaborativo em cima de um modelo  
102 computacional, uma espécie de interação humano-máquina. Nesse sentido, pode-se associar esta  
103 tecnologia a uma construção virtual, com metodologia própria que utiliza modelos para computador  
104 multidisciplinares na área de construção, com o objetivo de integrar projeto, construção e operação  
105 (DANTAS FILHO; BARROS NETO; ANGELIM, 2017).

## 106 **2.2 Softwares BIM**

107 Para Pinto (2019), existe hoje uma grande variedade de *softwares* baseados em tecnologia BIM  
108 presentes no mercado nacional e internacional, sendo que alguns deles são mais acessíveis e possuem  
109 versões para estudantes e universidades. Porém, a maior parte desses produtos ainda tendo um custo  
110 elevado para serem adquiridos no modo profissional (PINTO, 2019).

111 O Autodesk Revit® é um dos mais populares *softwares* para modelagem aqui no Brasil.  
112 Segundo o *site* da fabricante Autodesk <sup>(a)</sup> (2020), ele é um *software* BIM multidisciplinar para projetos  
113 coordenados e de maior qualidade e pode ser usado para aumentar a eficiência e a precisão da  
114 modelagem 3D desde o projeto conceitual, visualização e análise até a construção. Alguns conceitos  
115 fundamentais trabalhados no programa são as famílias, que são grupos de elementos com parâmetros  
116 em comum e representação gráfica similar (uma espécie de categoria) e as instâncias, que são  
117 elementos discretizados (individuais) de uma família e podem ser repetidos ao longo do projeto  
118 (ZIMMERMANN *et al.*, 2016).

119 O Autodesk Navisworks® é menos conhecido do público em geral, mas é uma das ferramentas  
120 de análise de projetos mais completas que aplicam o conceito BIM. De acordo com o *site* da Autodesk  
121 <sup>(b)</sup> (2020), a utilização do *software* melhora a coordenação BIM, permitindo a combinação de dados  
122 multivariados de projeto em um único modelo para simular, identificar e resolver conflitos antes da  
123 construção.

## 124 **2.3 Vantagens essenciais do BIM**

125 A tecnologia BIM traz uma série de características próprias que se tornaram vantagens  
126 interessantes sobre o sistema anterior (CAD). Dentre elas, evidenciam-se a modificação pontual  
127 refletida no modelo global, a modelagem paramétrica das famílias, a criação automática de desenhos  
128 e a hierarquia de componentes (COSTA; FIGUEIREDO; RIBEIRO, 2015). Em decorrência dessas  
129 atribuições, o processo de projeto ganha em economia de tempo, redução de custos, otimização de  
130 recursos e eficiência na comunicação.

131 O Revit®, por exemplo, tem facilidade em gerar tabelas de quantitativos de materiais e custos  
132 com relativa precisão na fase de projeto (ZIMMERMANN *et al.*, 2016). Ainda segundo os autores,

133 existe a possibilidade de se trabalhar com renderização, que consiste no processamento de imagens  
134 realistas de um modelo geradas a partir de uma vista, voltadas ao cliente final.

135 Rodrigues *et al.* (2017) citam que o desenvolvimento de projetos em BIM é baseado em um  
136 modelo com características físicas do tipo de material empregado e que por ser projetado em três  
137 dimensões permite que todas as vistas tenham as mesmas características que lhe foram atribuídas,  
138 sendo isto uma notável vantagem.

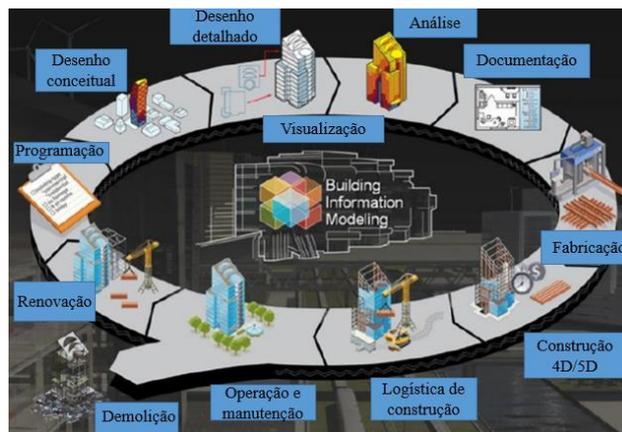
139 Segundo Eastman *et al.* (2008), também é possível sincronizar o projeto com a compra de  
140 materiais e a fase de construção. Complementando essa possibilidade, o BIM permite vincular a  
141 orçamentação ao planejamento e controle da produção ao longo de todo o ciclo de vida do projeto  
142 por permitir a quantificação automática dos recursos e reduzir discrepâncias no orçamento (SANTOS  
143 *et al.*, 2009).

#### 144 **2.4 Estágios e dimensões do BIM**

145 Conforme definido por Succar (2009), a evolução do BIM pode ser dividida em três estágios.  
146 No estágio 1, ou BIM 1.0, o foco é a modelagem paramétrica, transformando a tecnologia em apenas  
147 uma ferramenta, em razão de o processo de trabalho ser individualizado, sem que haja envolvimento  
148 e colaboração com outras disciplinas. O estágio 2, ou BIM 2.0, foca a colaboração, a tecnologia  
149 abrange outras disciplinas e a interoperabilidade aparece como fator essencial para consolidar um  
150 processo continuado. O estágio 3, ou BIM 3.0, tem seu foco voltado para a prática integrada,  
151 ampliando a ideia de interoperabilidade com os protocolos abertos e ambientes de trabalho virtuais  
152 coletivos, englobando todas as suas disciplinas.

153 Para Kacprzyk e Kepa (2014), são identificadas cinco dimensões do BIM. O BIM 3D é  
154 basicamente o modelo tridimensional com certo conteúdo de informações, sendo seu uso limitado à  
155 documentação do edifício. O BIM 4D possui a dimensão tempo adicionada e cada componente no  
156 modelo contém informações sobre data de criação e/ou tempo de demolição. O BIM 5D constitui-se  
157 de dados sobre o custo das tarefas. O BIM 6D permite fazer análises de energia e de sustentabilidade  
158 do projeto. E, por último, o BIM 7D acrescenta a possibilidade de uso do modelo para a manutenção  
159 do edifício. Na Figura 2, é possível visualizar muitos destes conceitos apresentados.

Figura 2: Cadeia de informações do BIM.



Fonte: Adaptado de Pinto (2019).

161

162

## 163 2.5 Protocolo aberto IFC

164 *Industry Foundation Classes* (IFC) é uma descrição digital padronizada para a indústria da  
 165 construção. Segundo a desenvolvedora buildingSMART (2020), trata-se de um padrão internacional  
 166 de formato aberto, a ISO 16739-1: 2018, que promove a troca de recursos e informações de um  
 167 edifício entre *softwares* de diferentes formatos de dados para diversos casos de uso, trabalhando,  
 168 portanto, o conceito de interoperabilidade. Dentro do próprio Revit® é possível salvar, abrir ou  
 169 modificar um arquivo neste formato e usufruir de todas as suas possibilidades. A interoperabilidade,  
 170 segundo Eastman *et al.* (2008), é a capacidade de troca de dados entre programas de computador,  
 171 facilitando os fluxos de trabalho e também a automatização dos processos.

172 De acordo com Barreto *et al.* (2020), o IFC vem se expandindo no mercado mas ainda tem  
 173 apresentado falhas na conversão de arquivos. Os autores frisam que a falta de interoperabilidade  
 174 dificulta o fluxo de informações e de trabalho, e com a perda de informações surgem problemas como  
 175 o aumento do tempo total de construção e ainda a necessidade de revisão de etapas passadas para  
 176 identificação de erros de projeto.

## 177 2.6 Compatibilização de projetos

178 A compatibilização de projetos é a atividade na qual são encontrados eventuais erros na  
 179 disposição dos elementos constituintes de uma edificação, sendo estes erros analisados e  
 180 posteriormente corrigidos através de alterações conceituais ou mesmo de designação do profissional  
 181 a realizar a mudança. Também pode ser entendida como a operação de gerenciar e integrar projetos  
 182 na busca do padrão de qualidade desejável para a obra (SALOMÃO *et al.*, 2019).

183 O método tradicional de trabalho com compatibilização de projetos, consiste na sobreposição  
 184 de *layers* (camadas) de diferentes disciplinas de projeto em CAD, com a ocultação ou congelamento  
 185 das *layers* não utilizadas para que se perceba as interferências, isto é, um procedimento feito em um  
 186 sistema 2D com grande perda de tempo (COSTA, 2013). Para o autor, esse tipo de compatibilização

187 é muito restrito, especialmente em projetos como o elétrico ou o hidrossanitário, pelo grande número  
188 de informações e pela dificuldade de se encontrar as instalações incompatíveis.

189 Nesse contexto, de acordo com Salomão *et al.* (2019), as análises 3D em BIM permitem  
190 identificar as interferências em razão da parametrização dos elementos contida no sistema BIM, além  
191 de o próprio sistema identificar interferências conforme as combinações criadas pelo usuário no ato  
192 da modelagem dos projetos.

193 Mediante o emprego da tecnologia BIM é possível identificar diversos gargalos já na fase de  
194 projeto, através da compatibilização, gerando maior produtividade no momento da construção e  
195 evitando retrabalho e custos adicionais desnecessários (RODRIGUES *et al.*, 2017). Com relação aos  
196 custos de se compatibilizar projetos, estes giram em torno de 1% a 1,5% do custo total da obra, no  
197 entanto, a economia em despesas fica entre 5% a 10% do valor integral, de acordo com Santos (2013).  
198 Segundo ele, essa economia é consequência da otimização do tempo, queda no desperdício e  
199 eliminação de retrabalho em obra.

200 Barros e Melo (2020) destacam que por meio da utilização do BIM, o método de  
201 compatibilização de projetos aperfeiçoou-se devido ao compartilhamento coordenado de informações  
202 por meio do IFC, sem gerar perda de dados e com preciso agrupamento de informações das diferentes  
203 áreas de concentração. Para Ruschel, Andrade e Moraes (2013), a implementação de coordenação  
204 nos processos de projeto, aliada à mudança de cultura de uma empresa, por exemplo, deve fazer parte  
205 do planejamento da obra e deve ainda inserir a compatibilização do modelo através de *clash detection*  
206 (verificação de conflitos).

### 207 **3 METODOLOGIA**

208 O presente trabalho teve como proposta desenvolver, a partir de projetos em CAD, os modelos  
209 dos projetos básicos (arquitetônico e estrutural) para uma edificação de pequeno porte, seguidos dos  
210 modelos dos projetos complementares (elétrico e hidráulico) de forma integrada em um ambiente  
211 BIM, com a finalidade de fazer um estudo crítico acerca das possíveis incompatibilidades  
212 construtivas.

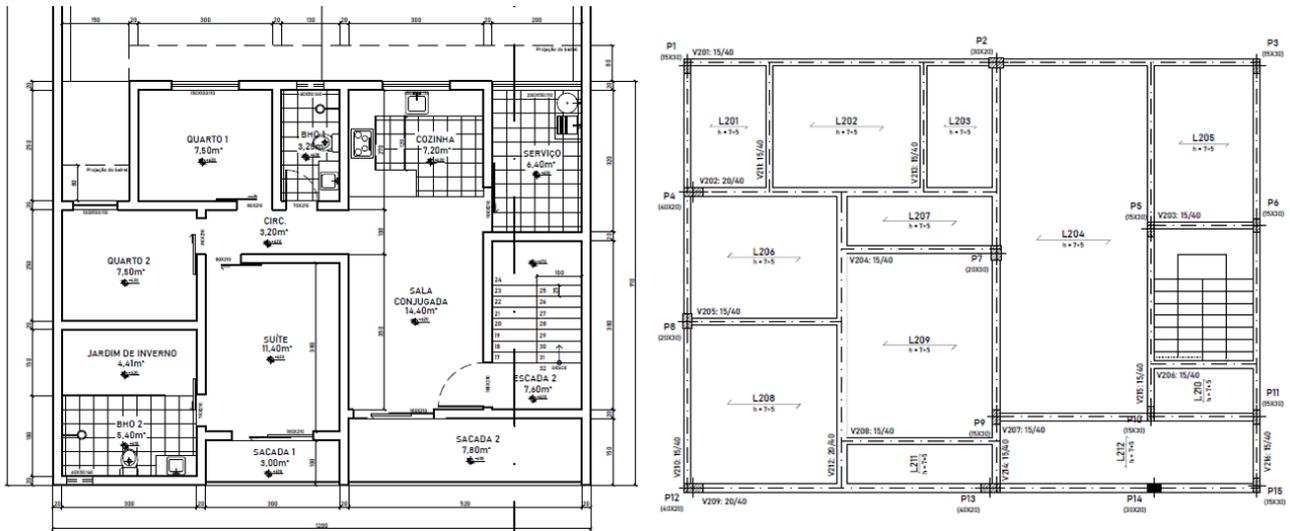
#### 213 **3.1 Apresentação dos projetos**

214 Os projetos envolvidos neste trabalho são referentes a uma obra localizada na cidade de Lagoa  
215 Formosa/MG, em terreno de área 300 m<sup>2</sup> e com área ocupada 136,52 m<sup>2</sup>. Trata-se de uma edificação  
216 com 2 (dois) pavimentos, sendo um apartamento e uma área comercial. Tanto a alvenaria quanto o  
217 sistema estrutural são os tradicionais, com tijolos cerâmicos e concreto armado moldado *in loco*,  
218 respectivamente.

219 Os projetos arquitetônico e estrutural foram apresentados inicialmente em arquivos com a  
220 extensão “.dwg” do AutoCAD® com plantas baixas de pavimentos, plantas de forma, de locação e  
221 de implantação, fachada e cortes. Os projetos elétrico e hidráulico da edificação não foram projetados

222 em CAD, apenas em BIM. A Figura 3 mostra a planta baixa e a planta de forma do segundo  
223 pavimento, o qual representa a parte residencial da edificação.

224 Figura 3: Planta baixa e planta de forma do 2º pavimento (residencial).



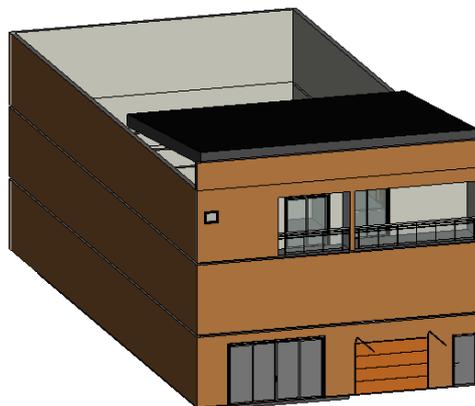
225  
226 Fonte: Elaborado pelos autores.

### 227 3.2 Modelagem integrada no Revit®

228 O ambiente de trabalho do Revit® é bastante diversificado e permite trabalhar-se com a  
229 coordenação de projetos, que foi um dos pilares do desenvolvimento dos modelos. Neste processo de  
230 modelagem, no qual trabalhou-se com a realidade física da obra, foram concebidas as geometrias  
231 tridimensionais de cada disciplina. A cada novo projeto foi atribuído um *template* (modelo) específico  
232 para facilitar a modelagem, com famílias já carregadas previamente, tabelas auxiliares de  
233 quantitativos e quadros de cálculo. Apesar de existirem dois pavimentos, foi necessário criar vários  
234 níveis nas elevações, em função do pé direito duplo e um andar intermediário, além das partes de  
235 cobertura e topo da edificação. Os projetos foram modelados no Revit® na seguinte ordem:  
236 arquitetura, estrutural, elétrico e hidráulico.

237 A modelagem da arquitetura foi feita diretamente no Revit®, sem importação de plantas, mas  
238 com o auxílio das vistas de fachada e de cortes. A Figura 4 apresenta a modelagem da arquitetura.

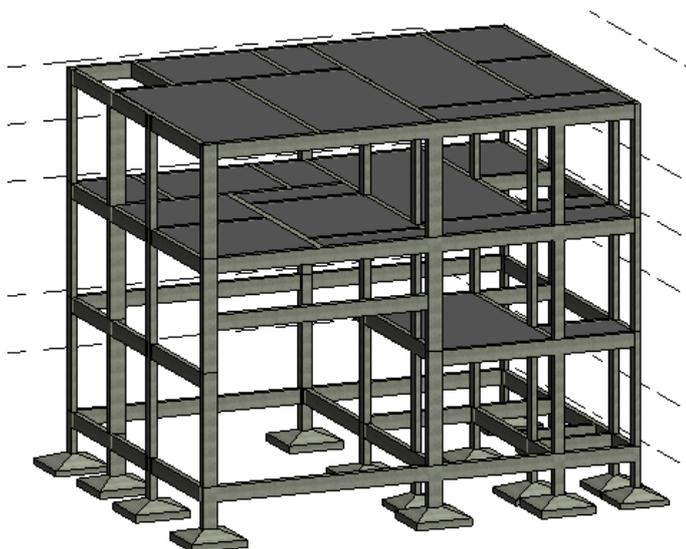
239 Figura 4: Modelo arquitetônico.



240  
241 Fonte: Elaborado pelos autores.

242 O projeto estrutural teve sua modelagem baseada nas plantas de forma importadas para o  
243 ambiente do Revit®, seguindo uma origem fixada e criando os elementos sobrepostos no vínculo do  
244 AutoCAD®. Antes de iniciar a inserção das vigas, pilares, lajes, vigas baldrame e fundações em  
245 concreto armado, foi feita uma análise preliminar das plantas de forma, seguindo as dimensões  
246 concebidas pelo cálculo estrutural. Como o dimensionamento originou pilares de diversas seções  
247 transversais, trabalhou-se com a edição de tipos dentro de uma mesma família de colunas retangulares  
248 de concreto. As vigas também seguiram esse mesmo padrão, no qual, a partir de um tipo de família,  
249 criou-se várias seções para atender as demandas do projeto. As lajes possuíam a mesma espessura de  
250 12 cm e foram modeladas de acordo com a delimitação criada para cada ambiente da edificação. No  
251 caso específico da fundação, trabalhou-se sem projeto por falta de sondagem do terreno e então foram  
252 adotadas fundações padrão do tipo sapata, com dimensões 1,5 m por 1,5 m a uma profundidade de  
253 assentamento de 1,5 m do nível do terreno. A Figura 5 mostra a modelagem da estrutura da edificação.  
254

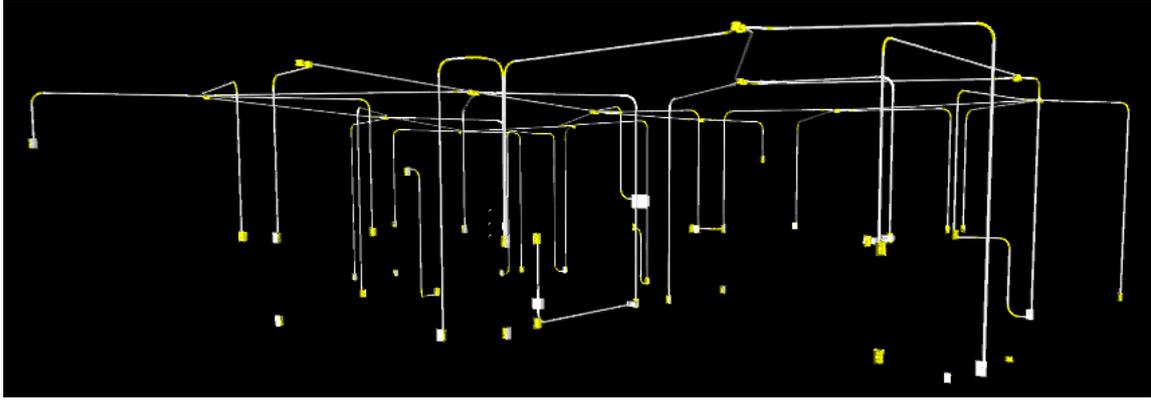
Figura 5: Modelo estrutural.



255  
256

Fonte: Elaborado pelos autores.

257 O projeto elétrico foi elaborado de maneira subsequente ao estrutural e diretamente no  
258 Autodesk Revit®, sendo composto pelas instalações de força e luz para a parte residencial da  
259 edificação. Este modelo mostrou-se o de maior complexidade de concepção, mesmo trabalhando-se  
260 em BIM, em função da variedade de ligações que este apresenta. Como normalmente existem pontos  
261 de tomada e iluminação em todos os ambientes, uma série de circuitos e eletrodutos foram necessários  
262 para contemplar todo o edifício. Como guia para auxiliar na modelagem, foi feito o procedimento de  
263 inserção de um vínculo do Revit®, o projeto arquitetônico. Assim, o processo foi facilitado e pôde-  
264 se alimentar todos os níveis da residência de forma integrada. Na Figura 6 percebe-se as várias  
265 ligações de energia existentes para atender a edificação.



267

268

Fonte: Elaborado pelos autores.

269

270

271

272

273

274

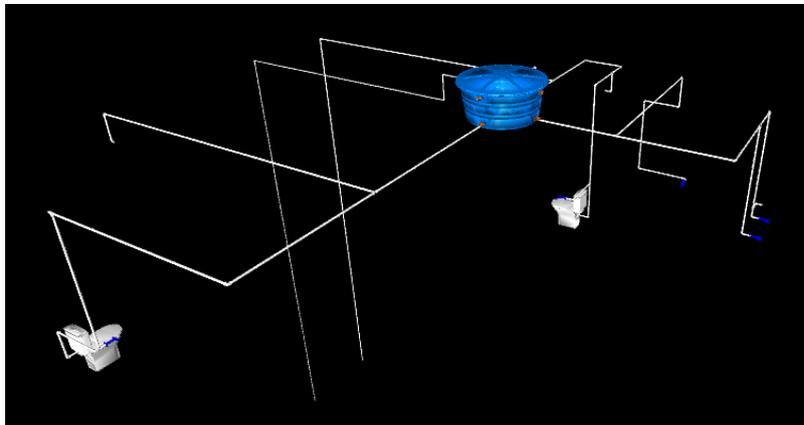
275

276

277

Já na etapa de modelagem do projeto hidráulico, compreendendo as instalações prediais de água fria, foi necessário, além de vincular o projeto ao arquitetônico, obter as famílias dos componentes, como caixa d'água e tubulação. O modelo hidráulico, assim como o elétrico, demandou atenção especial no momento da modelagem pois na criação dos elementos constituintes (tubulações, conexões e pontos de saída) o *software* exige que se trabalhe com diferentes vistas e cortes na edificação para uma correta locação dos mesmos. Este projeto também foi destinado à parte residencial da edificação. Pela Figura 7, tem-se uma vista 3D das instalações de água que servem a residência.

Figura 7: Vista do modelo hidráulico.



278

279

Fonte: Elaborado pelos autores.

280

### 3.3 Verificação de incompatibilidades

281

282

283

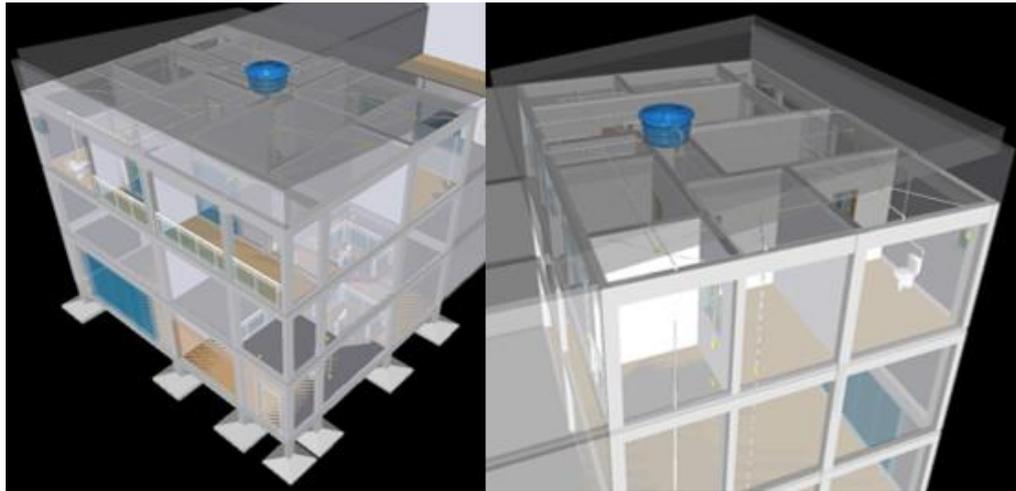
284

285

286

287

Após a modelagem dos projetos no Revit®, estes foram convertidos separadamente em arquivos com formato “.ifc”, procedendo-se ao lançamento destes no Navisworks Manage®, um ambiente dedicado à análise de conflitos entre as disciplinas de projeto. Nesta etapa, salvou-se uma cena de cada modelo na *viewcube* “Vista 3D” do Revit®, um passo importante para o correto posicionamento dos projetos dentro do ambiente do programa. Com a configuração origem para origem, os projetos foram importados para o programa separadamente, por meio da aba de seleção “*append*”. A Figura 8 mostra vistas dos modelos importados, já devidamente sobrepostos.



289

290

Fonte: Elaborado pelos autores.

291 No *software* foi possível navegar pelos projetos em uma cena 3D, fazer seleções de  
292 grupamentos de elementos específicos por meio da opção “*selection tree*”, caminhar pela obra,  
293 ocultar um projeto e exibir apenas os de interesse e fazer animações em vídeo.

294 Utilizando a ferramenta “*clash detective*”, adicionou-se um novo teste, onde foram escolhidas  
295 par a par as combinações dos projetos, por exemplo: arquitetônico *versus* estrutural, arquitetônico  
296 *versus* elétrico e assim por diante. A configuração escolhida foi aquela em que se tem tipos de erro  
297 “*hard*” e tolerância 0 m, para que fosse possível detectar todos os pontos de conflito e assim  
298 apresentar projetos totalmente exequíveis. De acordo com o tipo, foi realizado o agrupamento de  
299 interferências similares, aquelas que teriam uma provável solução parecida. Ao final, fez-se a geração  
300 de relatórios em formato HTML por meio da utilidade “*clash report*”, a qual fornece uma descrição  
301 detalhada dos resultados, apresentando a localização exata da interferência (“*clash point*”), a  
302 distância de colisão e as instâncias envolvidas, bem como em qual nível (pavimento) da edificação  
303 ela se encontra.

### 304 3.4 Rotina de correções

305 Após a obtenção, organização e análise dos resultados foi proposta uma rotina de correções das  
306 interferências baseando-se no tipo de cada uma e no grau de relevância que significam para a obra.  
307 Adotou-se o procedimento de análise dos relatórios gerados no *software* Navisworks® e agrupamento  
308 dos conflitos semelhantes entre si mais frequentes, estabelecendo uma série de possíveis soluções a  
309 serem adotadas. Esse procedimento teve os critérios de compatibilização escolhidos levando-se em  
310 conta as restrições construtivas dos projetos e o aprendizado desenvolvido nos estudos de cada  
311 disciplina de interesse no presente trabalho.

## 312 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 313 4.1 Testes e compatibilização

314 Com as quatro disciplinas carregadas no *software*, obteve-se no total 6 (seis) combinações de  
315 testes distintas entre os modelos, a saber: arquitetônico vs estrutural, arquitetônico vs elétrico,  
316 arquitetônico vs hidráulico, estrutural vs elétrico, estrutural vs hidráulico e elétrico vs hidráulico.  
317 Criados e executados os testes, o programa detectou conflitos em todas as combinações possíveis. A  
318 Tabela 1 mostra o número de interferências de cada combinação.

319 Tabela 1: Resultados dos testes.

Teste	Número de interferências
Arquitetônico vs Estrutural	598
Arquitetônico vs Elétrico	157
Arquitetônico vs Hidráulico	36
Estrutural vs Elétrico	169
Estrutural vs Hidráulico	22
Elétrico vs Hidráulico	5

320 Fonte: Elaborado pelos autores.

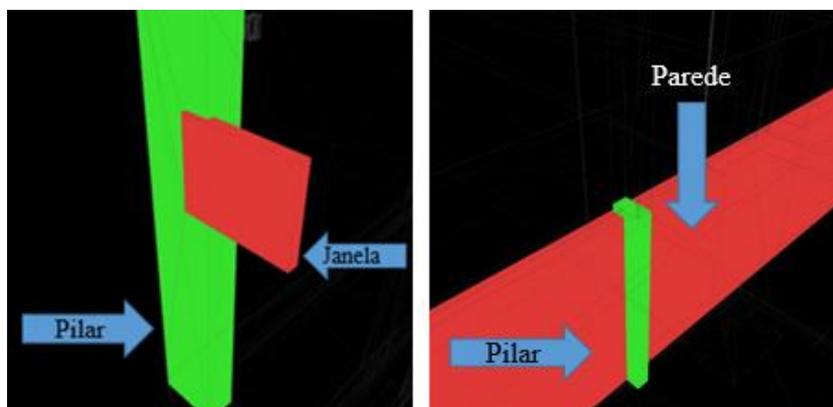
321 Apesar do grande número de interferências verificadas, principalmente no caso entre os  
322 modelos arquitetônico e estrutural, ressalta-se que a maior parte não são significativas para fins de  
323 compatibilização, pois foi verificado que se tratam apenas de contato físico entre os elementos.

324 A compatibilização de projetos para a edificação deste trabalho baseou-se na identificação de  
325 quais interferências são realmente um problema para a perfeita execução da obra, que podem ser  
326 tomadas como as principais.

#### 327 4.1.1 Arquitetônico vs estrutural

328 Observou-se um grande número de conflitos detectados entre a arquitetura e a estrutura, porém  
329 a maioria absoluta dessas interferências significam apenas o contato entre elementos das duas  
330 disciplinas, algo perfeitamente comum e necessário. Porém, aconteceram casos de pilares ficarem  
331 sobressalentes à arquitetura ou até mesmo de estarem passando sobre uma esquadria, como pode ser  
332 visto na Figura 9.

333 Figura 9: Interferência janela-pilar e pilar-parede.



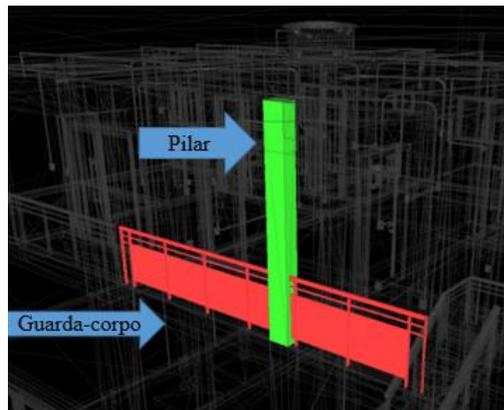
334

335

Fonte: Elaborado pelos autores.

336 Para os casos em que houve pilares fora da arquitetura, a solução adotada foi rotacioná-los para  
337 coincidir com o alinhamento da parede e reavaliar o projeto estrutural para verificar a alteração dos  
338 esforços solicitantes. No caso da interferência janela-pilar, a solução seria deslocar a esquadria alguns  
339 centímetros, ou revisar o projeto estrutural, readequando o pilar com a arquitetura. Outra  
340 incompatibilidade nesse par de disciplinas foi a passagem indevida de um pilar por um guarda-corpo  
341 contínuo na sacada do 2º pavimento, como mostra a Figura 10.

342 Figura 10: Interferência guarda-corpo e pilar.



343  
344 Fonte: Elaborado pelos autores.

345 Para o conflito entre o guarda-corpo e o pilar na sacada da edificação, notou-se um erro no  
346 projeto, pois o pilar não deveria estar passando através daquele pavimento. Como solução, sugeriu-  
347 se revisar o projeto e descontinuar o pilar.

#### 348 4.1.2 Arquitetônico vs elétrico

349 Para o teste feito entre o modelo arquitetônico e o elétrico foram evidenciadas interferências  
350 entre os eletrodutos e as paredes da edificação. De forma geral, esse tipo de contato não incorre  
351 necessariamente em incompatibilidades, sendo necessário apenas filtrar os resultados para conferir se  
352 há algum eletroduto fora da arquitetura, uma vez que pelo projeto, todos devem estar embutidos nela.  
353 Os demais resultados foram relativos ao contato entre as caixas de tomada e interruptores com a  
354 própria parede, o que não representa uma incompatibilidade. Foi detectado um conflito entre uma  
355 parte do portão de entrada com um trecho vertical de eletroduto, fato representado na Figura 11.

356 Figura 11: Interferência portão-eletroduto.



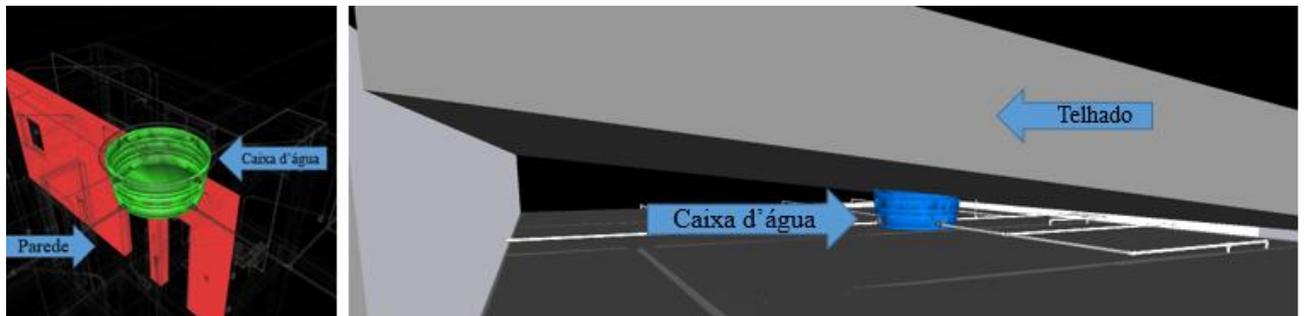
357  
358 Fonte: Elaborado pelos autores.

359 Acerca das interferências entre eletrodutos e paredes, não foi encontrado nenhum caso em que  
360 houvesse trechos não inseridos na arquitetura, não necessitando, portanto, de compatibilização. Sobre  
361 o caso do portão seccionando um eletroduto, sugeriu-se a troca do modelo do portão, inserindo uma  
362 nova família do Revit® compatível com os projetos em estudo.

#### 363 4.1.3 Arquitetônico vs hidráulico

364 O teste envolvendo arquitetura e hidráulica, em grande parte, gerou como resultado tubulações  
365 passando por paredes, evento esse também totalmente aceitável, pois não se está trabalhando com  
366 alvenaria estrutural racionalizada, onde são previstas passagens de tubulações pelos tijolos.  
367 Entretanto, viu-se que a caixa d'água e algumas de suas conexões foram incompatíveis com a altura  
368 do telhado, o qual é modelado com apenas uma água (Figura 12). Como instalou-se a caixa d'água  
369 sobre a laje da circulação (vide ambiente circulação na Figura 3), o programa também mostrou  
370 interferências com as paredes adjacentes como mostra a Figura 12.

371 Figura 12: Interferências da caixa d'água com a parede e com o telhado.



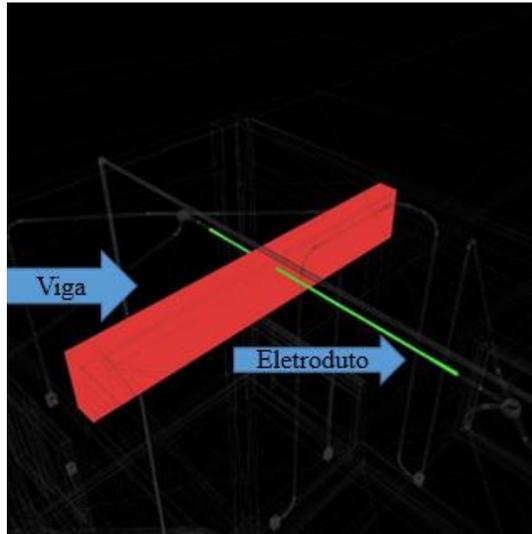
372  
373 Fonte: Elaborado pelos autores.

374 Para esta combinação, as únicas compatibilizações a serem feitas são a troca da configuração  
375 do telhado para resolver o problema da interferência com a caixa d'água e a previsão de um suporte,  
376 geralmente feito em madeira, para a caixa d'água. Uma alternativa seria fazer um telhado embutido  
377 plano, aumentando sua altura e assim evitando o conflito com a caixa d'água. Pode-se também prever  
378 uma estrutura especial fechada em alvenaria para abrigá-la, cercada e destacada pelo telhado.

#### 379 4.1.4 Estrutural vs elétrico

380 No confronto do projeto elétrico com a estrutura da edificação, notou-se um grande número de  
381 interferências devido à quantidade expressiva de ligações. O programa acusou uma grande quantidade  
382 de eletrodutos e conexões passando por vigas e lajes. A Figura 13 mostra um eletroduto passando por  
383 uma viga.

Figura 13: Interferência eletroduto-viga.



385

386

Fonte: Elaborado pelos autores.

387

388

389

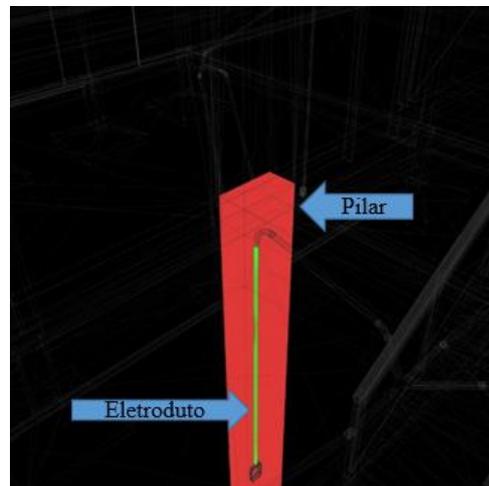
390

391

392

Pelo fato de os registros de interferências deste teste envolverem quase sempre a passagem de eletrodutos por vigas ou lajes, uma solução conjunta é a previsão de um forro de gesso (10 cm por exemplo) destinado a receber as fiações dos circuitos elétricos e assim fugir do contato com a estrutura. Viu-se ainda no relatório que um eletroduto confrontou um pilar, como é visto na Figura 14.

Figura 14: Interferência eletroduto-pilar.



393

394

Fonte: Elaborado pelos autores.

395

396

397

Neste caso isolado do conflito pilar-eletroduto, pelo projeto é visto que uma solução possível seria realocar o ponto do interruptor para o lado, desviando-o do pilar.

398

399

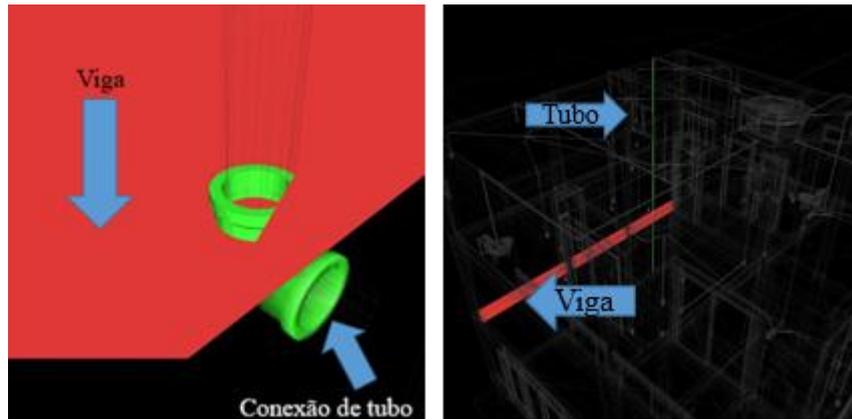
400

#### 4.1.5 Estrutural vs hidráulico

Os projetos estrutural e hidráulico apresentaram conflitos como passagem de tubulação por vigas, fato que requer análise mais criteriosa na compatibilização. Exemplos destas ocorrências são vistos na Figura 15.

401

Figura 15: Interferência viga-conexão de tubo e tubo-viga.



402

403

Fonte: Elaborado pelos autores.

404

Viu-se ainda dois casos de tubos passando pela laje de cobertura, sendo que os demais resultados não tiveram representatividade técnica para compatibilização.

406

A passagem de tubulações verticais do projeto coincidiu com algumas vigas. A solução mais correta, neste caso, seria prever a construção de *shafts*, aberturas verticais exclusivamente para a passagem dos tubos. Uma outra alternativa, seria revisar o projeto estrutural, e atendendo aos critérios da NBR 6118:2014, realizar aberturas (furos) nas vigas, desde que estes não tenham diâmetros superiores a 1/3 da largura da viga na região do furo, devendo ainda ser reavaliada a resistência ao cisalhamento e à flexão na região.

412

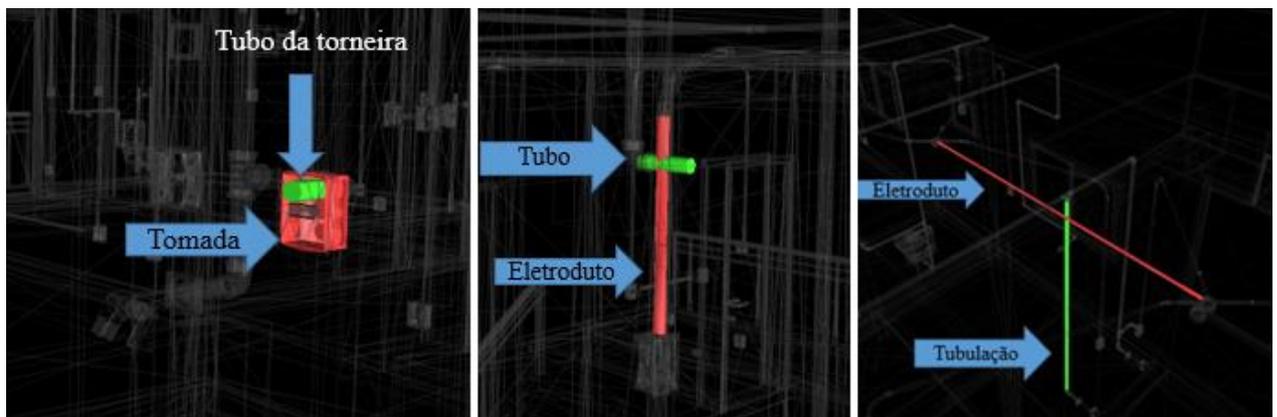
#### 4.1.6 Elétrico vs hidráulico

413

Uma exceção ao padrão de registros de muitas interferências envolvendo o modelo elétrico é visto quando se analisou o par elétrico-hidráulico: apenas 3 (três) conflitos significativos, envolvendo eletroduto e tomada com tubulação, como mostra a Figura 16. Estes conflitos ocorreram na área de serviço, na ligação do chuveiro em um dos banheiros e na suíte residencial.

417

Figura 16: Interferências no par elétrico-hidráulico.



418

419

Fonte: Elaborado os autores.

420

Os poucos casos de conflito entre as instalações elétricas e hidráulicas são facilmente solucionados por meio do desvio das rotas das ligações. Na área de serviço pode-se, por exemplo, deslocar a tomada e deixar a mesma posição para a torneira. No banheiro, a ligação elétrica do

422

423 chuveiro pode também ser posicionada alguns centímetros para o lado. Na interferência da Figura 16,  
424 a solução também passa por fazer um desvio, neste caso da tubulação de água.

## 425 **5 CONCLUSÕES**

426 Conclui-se, com base no exposto, que a adoção de ferramentas BIM no processo de modelagem  
427 e compatibilização de projetos agregou credibilidade ao projeto, uma vez que os modelos de  
428 construção puderam ser postos à prova na análise das incompatibilidades antes da execução da obra,  
429 ainda na fase de projeto.

430 Verificou-se, ainda, que o emprego da modelagem BIM, acrescido da verificação  
431 computacional de incompatibilidades, trouxe uma dinâmica de ações muito mais eficiente em  
432 comparação ao mesmo processo feito tradicionalmente em CAD. Com todos os projetos vinculados  
433 entre si, a análise tridimensional feita no Navisworks® apontou os locais onde seria necessária uma  
434 revisão para se determinar a compatibilização adequada.

435 É importante salientar, porém, que essas ferramentas digitais fazem um trabalho automatizado,  
436 cabendo aos projetistas filtrar aquelas interferências que realmente são significativas, pois conforme  
437 discorrido nos resultados, muitas das respostas do *software* não apontam necessariamente para  
438 incompatibilidades. Portanto, é preciso possuir domínio técnico e prático em *softwares* BIM para  
439 analisar criteriosamente cada situação.

440 Enfim, pôde-se entender melhor que o processo de modelagem em BIM necessita de  
441 profissionais capacitados e com experiência prática de mercado para ser efetivamente implementado  
442 nas rotinas de trabalho das empresas e que os *softwares* disponíveis no mercado, como o Revit® e o  
443 Navisworks®, estão à disposição para serem os mediadores nesta nova forma de se projetar e  
444 construir.

## 445 **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

446 AUTODESK <sup>(a)</sup>. **Revit - Software de BIM multidisciplinar para projetos coordenados e de maior**  
447 **qualidade**. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/revit/overview>>. Acesso em: 24  
448 nov. 2020.

449 AUTODESK <sup>(b)</sup>. **Navisworks - Análise do modelo 3D para arquitetura, engenharia e construção**.  
450 Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/navisworks/overview>>. Acesso em: 16 nov.  
451 2020.

452 BARRETO, E. M. M.; RIBEIRO, C. C.; ALMEIDA, M. L. B.; BAMBERG, P.; RIBEIRO, S. E. C.;  
453 OLIVEIRA, D. M. **Estudo da interoperabilidade de sistemas BIM por meio do formato IFC**.  
454 Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 6, n. 6, p. 36059-36072, jun. 2020.

455 BARROS, F. C.; MELO, H. C. **Estudo sobre os benefícios do BIM na interoperabilidade de**  
456 **projetos**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, v. 8, n. 1, p. 74-91, jan. 2020.

457 BRASIL. **Decreto nº 9.983, de 22 agosto de 2019. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de**  
458 **Disseminação do Building Information Modelling e institui o Comitê Gestor da Estratégia do**  
459 **Building Information Modelling.** Disponível em:  
460 <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9983.htm#art15](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9983.htm#art15)>. Acesso  
461 em: 03 dez. 2020.

462 BRASIL. **Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020. Estabelece a utilização do Building**  
463 **Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia**  
464 **realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da**  
465 **Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling - Estratégia BIM BR,**  
466 **instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019.** Disponível em:  
467 <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/Decreto/D10306.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/Decreto/D10306.htm)>. Acesso em: 03  
468 dez. 2020.

469 buildingSMART. **Industry Foundation Classes (IFC): An Introduction.** Disponível em:  
470 <<https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/>>. Acesso em: 30 nov. 2020.

471 COSTA, E. N. **Avaliação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos.** 2013. 84 f.  
472 Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro  
473 Preto, 2013.

474 COSTA, G. C. L. R.; FIGUEIREDO, S. H.; RIBEIRO, S. E. C. **Estudo comparativo da tecnologia**  
475 **CAD com a tecnologia BIM.** Revista de Ensino de Engenharia, v. 34, n. 2, p. 11-18, 2015.

476 DANTAS FILHO, J. B. P.; BARROS NETO, J. P.; ANGELIM, B. M. **Mapeamento do fluxo de**  
477 **valor de processo de construção virtual baseado em BIM.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v.  
478 17, n. 4, p. 343-358, out./dez. 2017.

479 EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: a guide to building**  
480 **information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors.** New Jersey:  
481 John Wiley & Sons, 2008, 490 p.

482 INSTITUTO BRASILEIRO DE ECONOMIA / FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **A construção**  
483 **digital parte 2 - Blog do IBRE - Portal FGV (23/10/2018).** Disponível em:  
484 <<https://blogdoibre.fgv.br/posts/construcao-digital-parte-2>>. Acesso em: 01 dez. 2020.

485 KACPRZYK, Z.; KEPA, T. **Building Information Modelling - 4D Modelling Technology on the**  
486 **Example of the Reconstruction Stairwell.** Procedia Engineering, v. 91, TFoCE, p. 226–231, 2014.

487 PINTO, P. P. F. D. **A plataforma BIM na compatibilização de projetos de arquitetura e**  
488 **estrutura: estudos de caso.** 2019. 126 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) -  
489 Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília - DF, 2019.

490 RODRIGUES, K. C.; MESQUITA, H. C.; EDUARDO, R. C.; PAULA, H. B. **Mapeamento**  
491 **sistemático de referências do uso do BIM na compatibilização de projetos na construção civil.**  
492 REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil, vol. 13, nº 1, p. 219-239, jan./jun. 2017.

493 RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X.; MORAES, M. **O ensino de BIM no Brasil: onde**  
494 **estamos?** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 151-165, abr./jun. 2013.

495 SALOMÃO, P. E. A.; COSTA, N. C.; GOUVÊA, D. L.; OLIVEIRA, A. N. S.; SILVA, A. J. M.  
496 **Modelagem e compatibilização de projetos de uma residência Minha Casa Minha Vida em**  
497 **software de plataforma BIM.** Research, Society and Development Journal, vol. 8, n. 8, e33881230,  
498 2019.

499 SANTOS, A. **Compatibilizar projetos reduz custo da obra em até 10% (20/03/2013).** Disponível  
500 em: <[https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/compatibilizar-projetos-reduz-custo-da-](https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/compatibilizar-projetos-reduz-custo-da-obra-em-ate-10/)  
501 [obra-em-ate-10/](https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/compatibilizar-projetos-reduz-custo-da-obra-em-ate-10/)>. Acesso em: 20 nov. 2020.

502 SANTOS, A. P. L.; WITICOVSKI, L. C.; GARCIA, L. E. M.; SCHEER, S. **A Utilização do BIM**  
503 **em Projetos de Construção Civil.** IJIE - Iberoamerican Journal of Industrial Engineering.  
504 Florianópolis - SC, vol. 1, n. 2, p. 24-42, dez. 2009.

505 SOUZA, R. L.; ARAUJO, E. C.; PAULA, G. D. **Aplicabilidade da tecnologia BIM em projetos de**  
506 **estruturas metálicas.** Trabalho apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Construção Metálica  
507 (Mestrado Profissional em Construção Metálica - MECOM) - Departamento de Engenharia Civil –  
508 Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.

509 SUCCAR, Bilal. **Building information modelling framework: A research and delivery**  
510 **foundation for industry stakeholders.** Automation in Construction 18, p. 357–375, 2009.

511 ZIMMERMANN, C. C.; DEUSCHLE, E.; MENDES, E. J.; ANDRADE, G. D.; SILVA, J. P. B.;  
512 BRACHT, M.K. **Apostila de Autodesk Revit 2015: BIM – Building Information Modeling.**  
513 Programa de Educação Tutorial de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.  
514 Florianópolis, 2016.