

O IMPACTO DO BIM: ESTUDO DE CASO EM EDIFÍCIO RESIDENCIAL¹

MARIANI, Marco A.; BIANCHI, Paulo C.; WRIGHT, Robert; SANTOS, Eduardo T.

(1) POLI-USP, e-mail: marcoam7@gmail.com; (2) POLI- USP, e-mail: paulo_cezar7@hotmail.com; (3) POLI-USP, e-mail: robertwright10@hotmail.com; (4) POLI-USP, e-mail: etoledo@usp.br

RESUMO

A Modelagem da Informação da Construção (BIM) está ganhando cada vez mais relevância no setor da construção civil no Brasil e no mundo, e este trabalho busca através de um estudo de caso validar e avaliar os impactos das checagens de interferências e levantamento de quantitativos realizados com um modelo BIM de um empreendimento residencial. As conclusões alcançadas nesse estudo foram as de que a detecção de interferências no modelo teria potencial de gerar uma redução de custos diretos, apesar de não muito significativa no orçamento total do empreendimento, além de proporcionar uma grande economia no atraso da obra, reduzindo-o em aproximadamente 25%. Quanto ao levantamento de quantitativos haveria uma clara redução no tempo demandado e maior precisão nos dados gerados.

Palavras-chave: BIM. Detecção de interferências. Levantamento de quantitativos.

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) is continuously becoming more relevant in Brazil's and the world's construction industry, and this work aims to validate and evaluate the impacts of interference checks and quantitative extractions conducted with a BIM model of a residential development through a case study. The conclusions reached with this study were that the interference detection in model would have the potential to generate a direct cost reduction, although not very significant in the development's total budget, as well as reducing the construction delay greatly, in approximately 25%. As for the quantity surveying there would be a clear reduction in the demanded time and greater precision in the generated data.

Keywords: BIM. Interference detection. Quantity surveying.

1 INTRODUÇÃO

A Modelagem da Informação da Construção (BIM) tem ganhado cada vez mais relevância no setor da Construção Civil no Brasil e no mundo. O BIM é um processo que permite, através de um modelo digital da construção, obter inúmeras vantagens para todos os participantes do processo, através de uma diversificada gama de usos (EASTMAN et al., 2014). Ainda assim,

¹ MARIANI, Marco A.; BIANCHI, Paulo C.; WRIGHT, Robert; SANTOS, Eduardo T. O impacto do BIM: estudo de caso em edifício residencial. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

muitos ainda veem com descrença os ganhos prometidos pelo BIM e, por outro lado, enxergam com naturalidade as perdas por retrabalho no canteiro de obras e erros em levantamentos de quantitativos para orçamentação. Argumentam que o BIM seria justificável somente para grandes empreendimentos e/ou projetos complexos. Este trabalho procura mostrar, através de um novo estudo de caso, que as vantagens do uso do BIM se manifestam mesmo em empreendimentos convencionais, rotineiros e de pouca complexidade.

Segundo Azhar, S. (2011), alguns usos de BIM são os seguintes:

- Visualização: representações 3D podem ser facilmente geradas;
- Produção de documentação: plantas dos diversos sistemas prediais podem ser produzidas com facilidade, por exemplo, a planta dos dutos de ar pode ser produzida facilmente quando o modelo estiver pronto;
- Verificação de normas: o departamento de bombeiros e outras autoridades podem usar o modelo para verificações do projeto;
- Análise forense: o modelo pode ser adaptado para ilustrar graficamente falhas potenciais, vazamentos, planos de evacuação, etc.;
- Sequência Construtiva (4D): um modelo BIM pode ser usado com eficácia para criar cronogramas de encomenda, fabricação e entrega de materiais para todos os componentes do edifício;
- Estimativas de custos (5D): os softwares BIM têm funções de estimativas de custos embutidas. As quantidades de materiais são extraídas e modificadas automaticamente quando modificações são feitas no modelo;
- Gerenciamento de Facilidades: departamentos de gerenciamento de facilities podem usar o modelo BIM para reformas, planejamento de espaço e operações de manutenção;
- Detecção de interferências: como os modelos são criados em um espaço 3D, todos os sistemas podem ser verificados para detectar interferências. Esse processo pode verificar se, por exemplo, tubulações não atravessam vigas, pilares ou dutos.

Underwood e Isikdag (2009) elencam as funções BIM como:

- Facilitador da interoperabilidade: possibilita o compartilhamento de informações entre os diversos agentes e suas ferramentas de softwares;
- Repositório de dados: armazena a informação do edifício por todo o seu ciclo de vida;
- Facilitador do processo de aquisições: disponibiliza e facilita diversas atividades de aquisições no ciclo de vida do edifício;
- Suporte da colaboração: é viabilizado através da gestão e do uso das informações compartilhadas do edifício;

- Simulador de processos: facilita a simulação do processo de construção e dos sistemas construtivos do edifício;
- Serviço de informação do edifício: pode oferecer informações do edifício sob demanda e em tempo real;
- Facilitador da construção sustentável: permite análises avançadas para o suporte do projeto e da construção sustentável energeticamente econômica.

Kreider, R. et al. (2010) listam vinte cinco usos para o BIM, dentre eles:

- Análise estrutural;
- Análise energética;
- Análise mecânica;
- Análise de iluminação;
- Gerenciamento de recursos.

Alguns benefícios do BIM apontados por uma pesquisa conduzida no Stanford University Center for Integrated Facilities Engineering (CIFE) em 32 projetos de grande porte nos EUA foram (GAO, 2008):

- Eliminação de até 40% das mudanças orçamentárias não previstas;
- Estimativas de custo com imprecisões de até 3%;
- Até 80% de redução de tempo gasto na elaboração de estimativas de custo;
- Até 7% de redução no tempo de projeto.

Goes e Santos (2011) apresentaram um estudo de caso em empreendimento de edifício residencial onde o uso do BIM propiciou detectar 75% mais interferências do que o processo tradicional de coordenação de projetos em papel/CAD 2D. No entanto, o edifício objeto do estudo era bastante complexo (duplex com 4 tipos de apartamento).

Neste trabalho, deseja-se investigar se o BIM propicia bons resultados mesmo em empreendimentos de menor complexidade projetual.

1.1 Objetivos

Detectar interferências e extraír quantitativos de um modelo BIM de um empreendimento residencial simples para comparar com os dados fornecidos e relatados pelo engenheiro encarregado do empreendimento e, então, avaliar o impacto potencial desses usos de BIM no custo e no prazo da obra.

1.2 Metodologia

A metodologia adotada consistiu de primeiramente se obter as plantas de arquitetura, estrutura e hidráulica de um edifício residencial, elaboradas de maneira tradicional, para realização do estudo de caso. Foram

posteriormente obtidos também relatos de interferências e tabelas de quantitativos com o engenheiro encarregado da obra.

Então, realizou-se a modelagem do empreendimento utilizando o Revit, software BIM da Autodesk.

Com o modelo pronto, efetuou-se a checagem de interferências e extração de quantitativos para comparação com as informações fornecidas. Os dados então foram analisados e buscou-se avaliar os impactos que esses levantamentos teriam na obra.

2 ESTUDO DE CASO

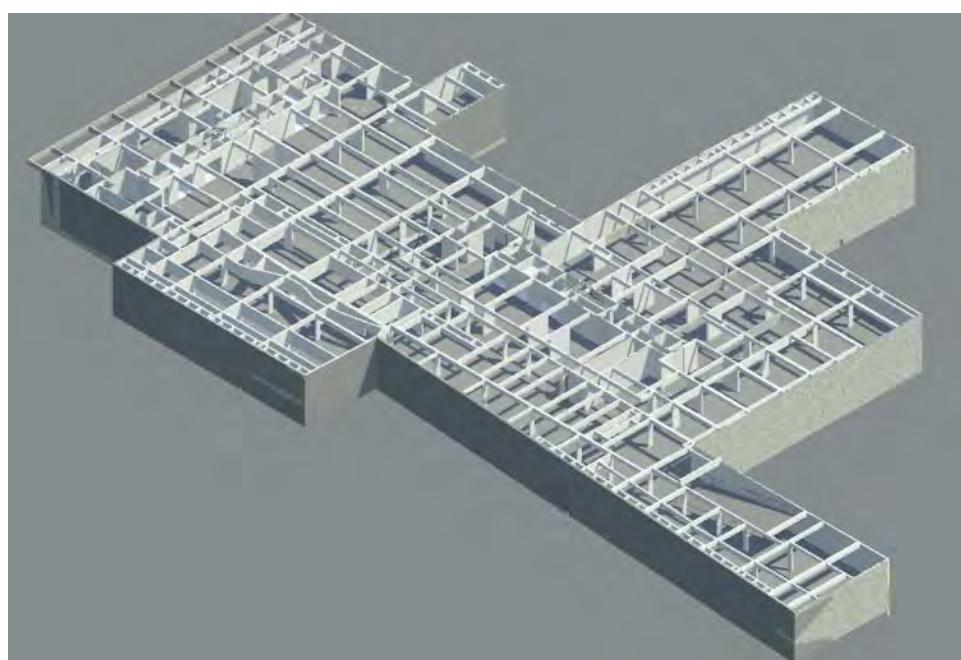
O estudo de caso é um empreendimento residencial que possui 2 subsolos (Área por subsolo: 4336m²) e 2 torres compostas de térreo + 24 pavimentos tipo + cobertura (Área em planta por torre: 566m²). Deste, foram obtidas as plantas de arquitetura, estrutura e hidráulica, além de relatos de interferências e tabelas de quantitativos para a realização das atividades propostas para este trabalho.

2.1 Imagens do modelo

O modelo foi trabalhado em arquivos separados e “linkados”, realizando-se apenas as associações necessárias para verificar as interações entre as partes e, assim, otimizar a capacidade de processamento do computador.

As Figuras 1 a 5 mostram imagens do modelo desenvolvido para esta pesquisa.

Figura 1 - Visão geral dos subsolos



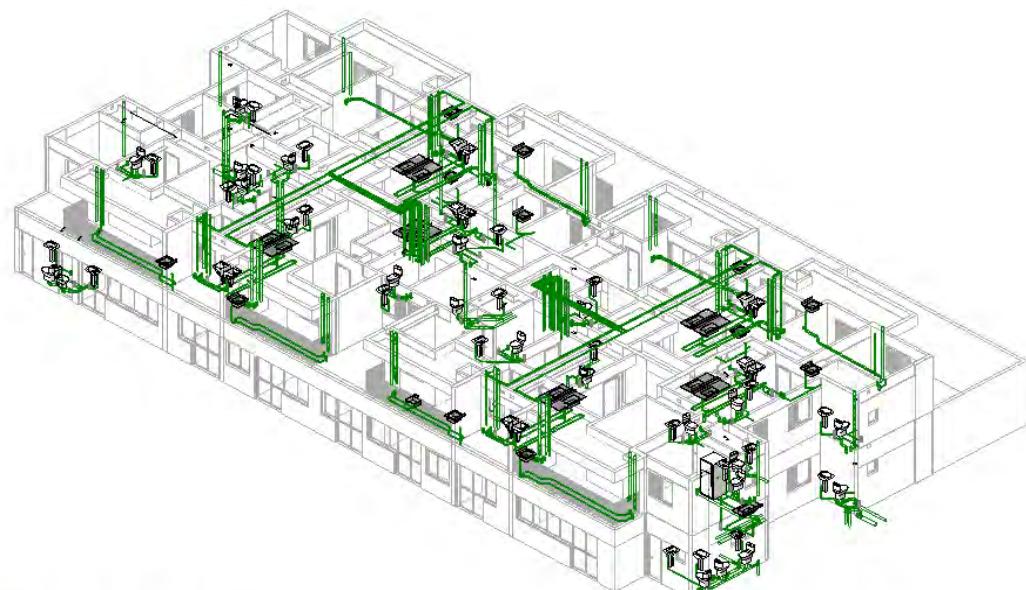
Fonte: Autores

Figura 2 - Visão geral do térreo + pavimento tipo



Fonte: Autores

Figura 3 - Visão geral da hidráulica do pavimento tipo



Fonte: Autores

Figura 4 - Visão geral da arquitetura da cobertura



Fonte: Autores

Figura 5 - Visão geral do térreo + 24 pavimentos tipo



Fonte: Autores

2.2 Interferências

Através da função “InterferenceCheck” do Revit foi realizada a detecção de interferências no modelo para encontrar os conflitos entre as próprias tubulações hidráulicas e entre as tubulações e a arquitetura e estrutura. Após a execução da função, foi necessário checar as interferências uma a uma para verificar se o caso não era proveniente de um erro de modelagem.

2.1.1 Interferências relatadas

O engenheiro encarregado da obra relatou diversas interferências que ocorreram durante a construção: desde interferências simples até mais complexas. As simples, que ocorriam frequentemente de acordo com ele, eram de dois tipos: cruzamento de tubulações e falta/erro na locação de furos nas vigas para passagem das tubulações.

Já as mais complexas foram:

- Prumadas que não cabiam dentro do *shaft* do apartamento;
- Tubulação de gás que não estava isolada das outras tubulações dentro do *shaft* dos pavimentos tipo;

- Tubulação de águas pluviais no subsolo que passavam abaixo de 2,30m;
- Tubulações hidráulicas que passavam dentro dos centros de medições no subsolo.

2.1.2 Interferências detectadas

Subsolos:

Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados os relatórios de interferências para o subsolo:

Tabela 1 - Interferências entre tubulações nos subsolos

Interference Report	
A	B
1 Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 547 : id 1179247	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 683 : id 1186733
2 Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 553 : id 1179421	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 682 : id 1186719
3 Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 553 : id 1179421	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 683 : id 1186733
4 Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 594 : id 1180984	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 629 : id 1183859
5 Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 613 : id 1182951	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 859 : id 1194381
6 Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 723 : id 1188745	Pipes : Pipe Types : Tubo - Tigrefire - Mark 1053 : id 1201920
7 Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 758 : id 1189781	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 798 : id 1191891
8 Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Reforçada - Mark 816 : id 1192525	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 819 : id 1192677
9 Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 840 : id 1193982	Pipes : Pipe Types : Tubo - Tigrefire - Mark 1059 : id 1202431
10 Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 982 : id 1198883	Pipes : Pipe Types : Tubo - Águas Pluviais - Mark 1650 : id 1232214
11 Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1020 : id 1201164	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1029 : id 1201412
12 Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1026 : id 1201345	Pipes : Pipe Types : Tubo - Tigrefire - Mark 1065 : id 1202738
13 Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1029 : id 1201412	Pipes : Pipe Types : Tubo - Tigrefire - Mark 1091 : id 1203497
14 Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1031 : id 1201488	Pipes : Pipe Types : Tubo - Tigrefire - Mark 1094 : id 1203744
15 Pipes : Pipe Types : Tubo - Tigrefire - Mark 1121 : id 1204736	Pipes : Pipe Types : Tubo - Águas Pluviais - Mark 1649 : id 1232185
16 Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1133 : id 1205234	Pipes : Pipe Types : Tubo - Águas Pluviais - Mark 1651 : id 1232239
17 Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1133 : id 1205234	Pipes : Pipe Types : Tubo - Águas Pluviais - Mark 1652 : id 1232261
18 Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1295 : id 1212237	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1327 : id 1213409
19 Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1314 : id 1212707	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1331 : id 1213539
20 Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1331 : id 1213539	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1333 : id 1213629
21 Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1342 : id 1213796	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1375 : id 1214821
22 Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1456 : id 1218672	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1459 : id 1218726

Fonte: Autores

Tabela 2 - Interferências entre tubulações e vigas

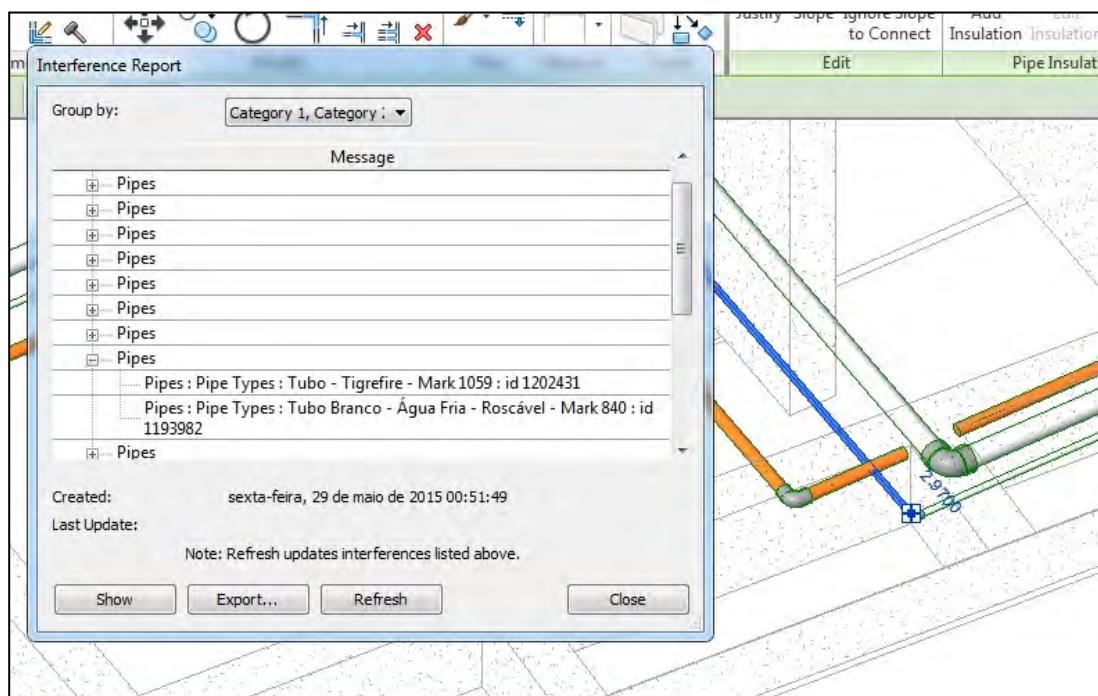
Fonte: Autores

Após eliminar os erros de modelagem, nos subsolos foram encontradas as seguintes interferências:

- 22 casos de cruzamento de tubulações;
- 57 casos de tubulações em conflito com vigas.

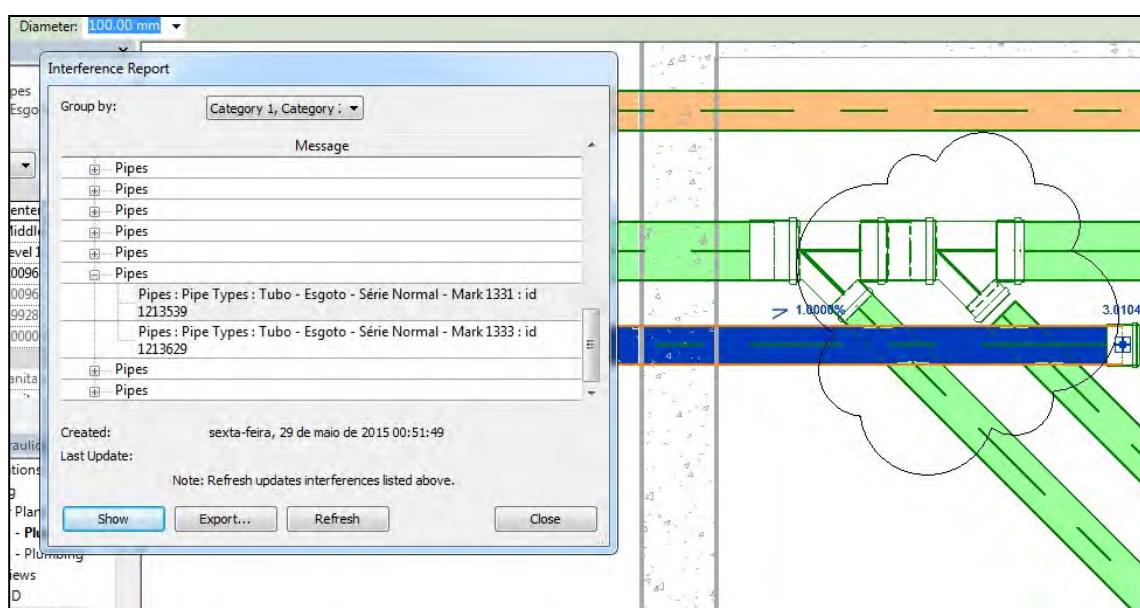
As Figura a 9 exemplificam alguns desses casos.

Figura 6 - Interferência entre tubulações



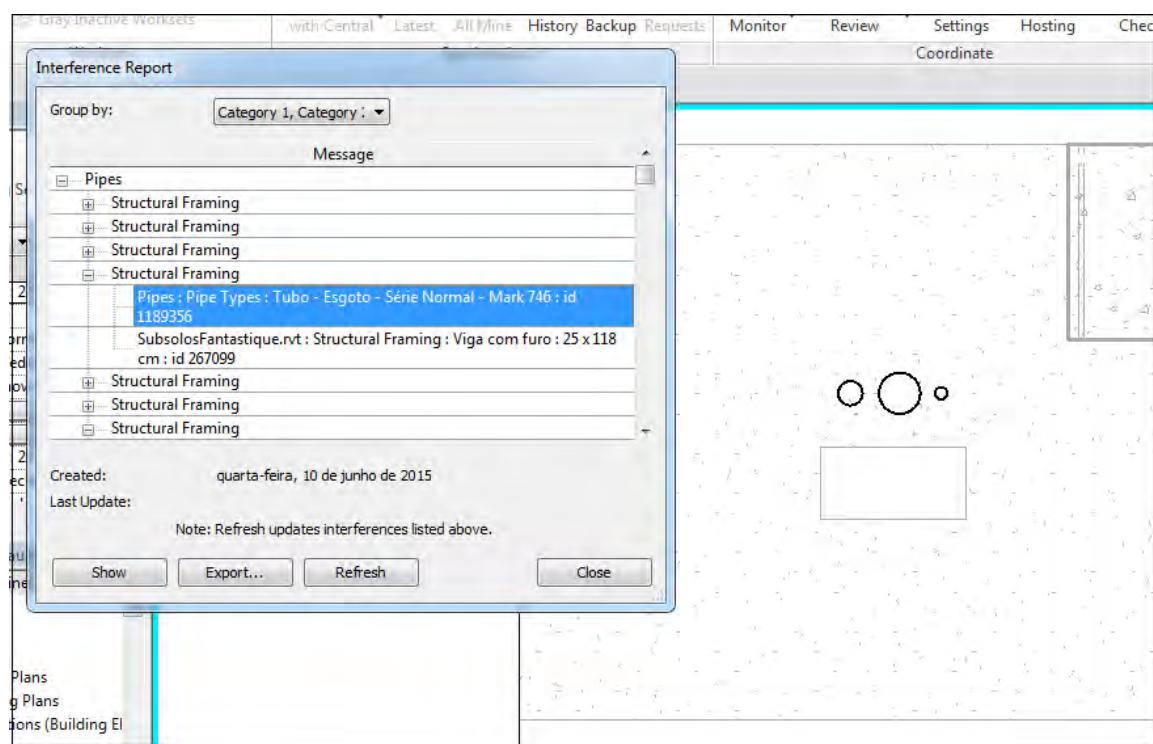
Fonte: Autores

Figura 7 - Interferência entre tubulações



Fonte: Autores

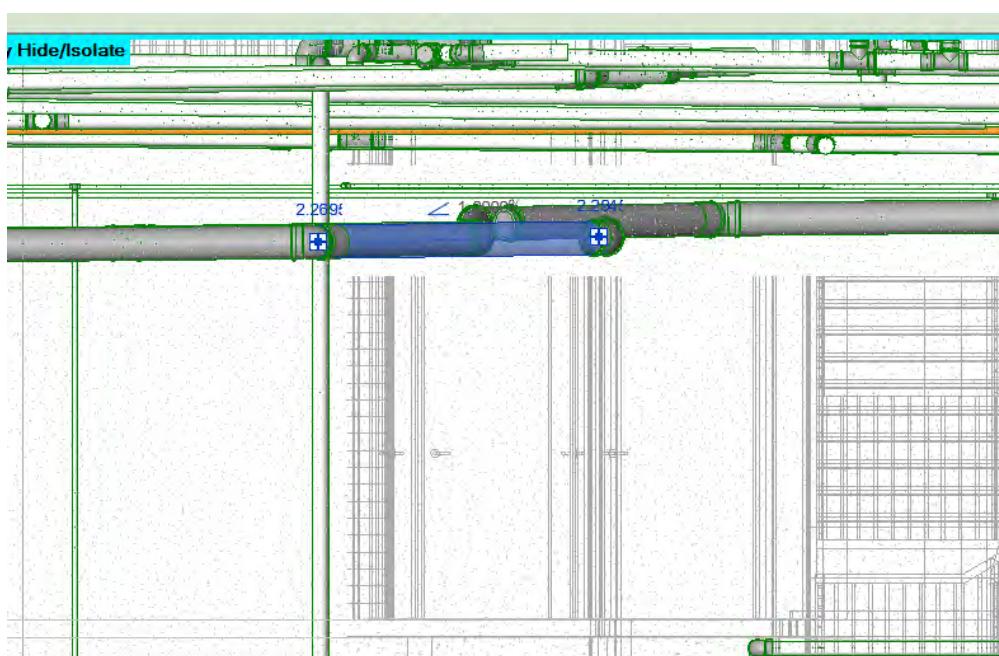
Figura 1 - Furo na viga em altura errada



Fonte: Autores

Além destas interferências, o problema relatado pelo engenheiro das tubulações de águas pluviais estarem abaixo dos 2,30 m também pôde ser facilmente identificado, através de uma vista em corte do modelo ou quando esta tubulação é criada ou clicada e sua cota é apresentada nas extremidades.

Figura 9 - Tubulação de AP abaixo de 2,30m



Fonte: Autores

Após eliminar o restante dos erros de modelagem, foram encontradas as seguintes interferências nos demais pavimentos:

Térreo:

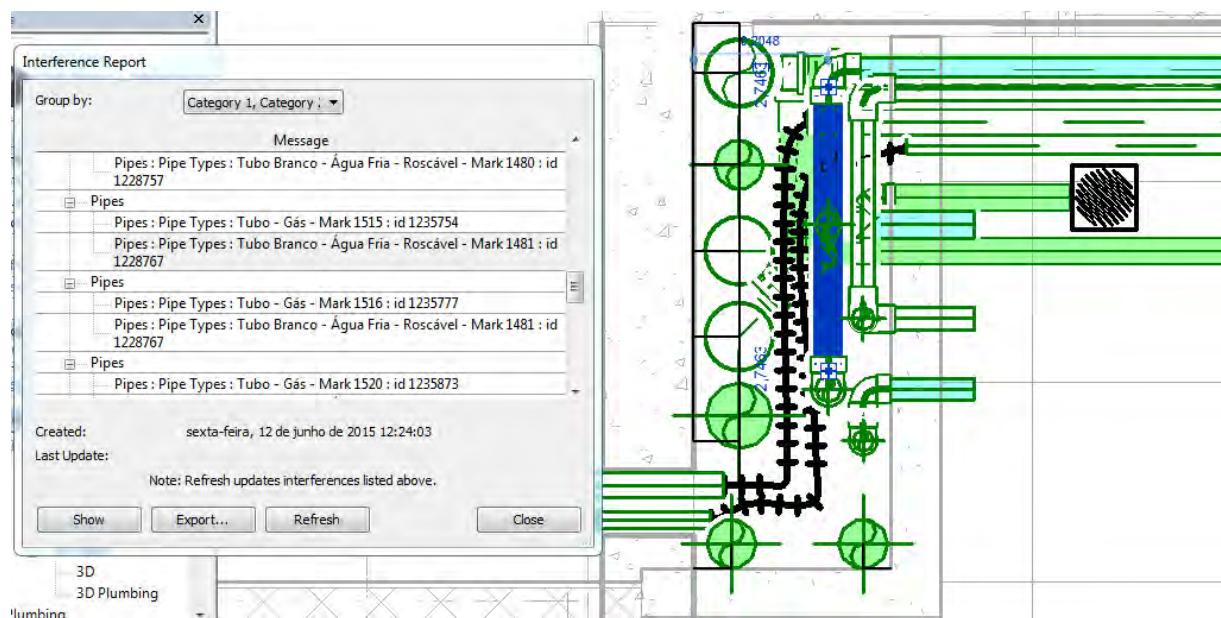
- 4 cruzamento de tubulações;
- 9 tubulações em conflito com vigas.

Pavimento Tipo:

- 10 cruzamento de tubulações;
- 17 tubulações em conflito com vigas.

Além destas, a falta de espaço no *shaft* do apartamento para as prumadas também foi detectada com o “InterferenceCheck” (Figura 10).

Figura 10 - Interferências no shaft



Fonte: Autores

Cobertura:

- 3 cruzamentos de tubulações;
- 4 tubulações em conflito com vigas.

Pode-se dizer que a função de detectar interferências do Revit ofereceu grande vantagem na identificação de conflitos, sendo capaz de identificar um número considerável das interferências relatadas.

2.2 Estimativa de custos e prazos adicionais

A seguir, serão estimados/relatados os custos extras e atrasos decorrentes das interferências entre sistemas não detectadas com antecedência à obra e que poderiam ter sido prevenidos com o uso do BIM.

2.2.1 Atrasos para busca de soluções na obra

Na obra o tempo gasto na busca por soluções variou muito de caso a caso. Houveram soluções que levaram mais de dois meses. O engenheiro da obra relatou os seguintes prazos para soluções:

- Furos nas vigas: **15 a 30 dias**, pela necessidade de solicitar autorização à diretoria da construtora para um aditivo ao orçamento na contratação da empresa extratora. Existe também o tempo de deslocamento e execução do serviço;
- Falta de espaço no *shaft* dos apartamentos para prumadas: **60 dias**. Houve necessidade da presença de técnicos e especialistas para elaboração de uma solução viável, e durante esse tempo os próximos pavimentos foram sendo executados de maneira incorreta também, para serem consertados posteriormente. Isto atrasou em 60 dias também a entrega do apartamento modelo, que só pode ser apresentado quando estivesse totalmente pronto;
- Tubulação de gás sem isolamento no *shaft* do pavimento tipo: **60 dias**. Contou com a presença de empresa distribuidora de gás, de um fabricante de compartimentos e de técnicos especializados que desenvolveram uma solução através da criação de uma caixa vedada para isolar o gás. Nesse meio tempo, as prumadas de gás não foram executadas;
- Tubulações de águas pluviais abaixo de 2,30 m no subsolo: **30 dias**. Contou com a presença de técnicos especialistas para modificar parte do traçado para elevar a tubulação. Exigiu a execução de novos furos nas vigas também;
- Cruzamento de tubulações: o engenheiro não conseguiu dar um prazo definido, pois variam muito de caso a caso. Mas afirmou que cada trecho que necessita ser reexecutado adiciona pelo menos **50% de tempo** no prazo de execução daquele trecho.

Vale lembrar que esses prazos não afetam diretamente o prazo de execução das instalações já que, enquanto as soluções são buscadas, o restante das instalações continua a ser executada. Com isso, será assumida a premissa, na fase de estimativas, de que a adição de tempo no cronograma de execução das instalações é apenas composta do tempo adicionado na reexecução de trechos da tubulação.

Quanto aos custos, pelo fato de que a construtora deste empreendimento contratar a instaladora de sistemas por preço global, a construtora não tem custo adicional pelo desperdício de materiais nem de mão-de-obra dos instaladores no aumento do prazo de execução.

2.2.2 Custos

Nesta etapa serão avaliados os custos diretos dessas interferências para a construtora, tanto financeiros quanto no prazo.

Para isso, serão utilizadas duas informações fornecidas pelo engenheiro encarregado da obra:

- Furos em vigas têm um custo de R\$ 2,70/cm². A mobilização da empresa extratora custa R\$ 500,00 e foi contratada para realizar em média 20 furos por visita;
- Interferências em trechos ocasionam um acréscimo de 50% no prazo de execução.

Foi realizada uma análise das interferências para constatar em quais trechos era necessário realizar novos furos nas vigas. Através dela chegou-se às seguintes quantidades:

- Subsolos: 34 novos furos;
- Térreo: 2 novos furos;
- Pavimento tipo: 4 novos furos;
- Cobertura: 1 novo furo.

No pavimento tipo, existe a necessidade de fazer os furos não somente no primeiro pavimento tipo, mas em todos em que já tiver sido executada a estrutura. No caso, o engenheiro informou que foram necessários furos nos 11 pavimentos seguintes, totalizando 12 pavimentos em que os furos foram executados.

Chegou-se a um total de 85 furos a executar.

Com base no projeto de estruturas adotou-se uma dimensão média de furos de 30x15cm, totalizando uma área de 38250 cm². Chega-se, assim, a um total de R\$ 103.275,00.

Além disto, como foi necessário pelo menos 4 mobilizações devemos adicionar R\$ 2000,00, chegando-se a um total de R\$ 105.275,00.

Utilizando a metragem construída total do empreendimento de 37872 m² multiplicada pelo CUB/m² de São Paulo em janeiro 2014 no padrão R8-N de R\$ 1100,02 (SINDUSCON-SP) estima-se o valor total do empreendimento em R\$ 41.659.957,44, onde o custo com furos em viga representaria um adicional de aproximadamente 0,25%.

Para estimativa de atraso no prazo, relacionaram-se os relatórios de interferências com as planilhas de quantitativos das tubulações através do ID de cada elemento para se obter o comprimento de cada tubo com interferência está apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Comprimento das tubulações com interferências

A	B	Comprimento A	Comprimento B
Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 613 : id 1182951	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 859 : id 1194381	3,06	1,29
Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 723 : id 1188745	Pipes : Pipe Types : Tubo - Tigrefire - Mark 1053 : id 1201920	9,78	5,46
Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 758 : id 1189781	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 798 : id 1191891	2,73	3,3
Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Reforçada - Mark 816 : id 1192525	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 819 : id 1192677	5,57	2,31
Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 840 : id 1193982	Pipes : Pipe Types : Tubo - Tigrefire - Mark 1059 : id 1202431	2,57	3,1
Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 982 : id 1198883	Pipes : Pipe Types : Tubo - Águas Pluvias - Mark 1650 : id 1232214	7,51	3,17
Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1020 : id 1201164	Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1029 : id 1201412	3,18	6,2
Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1026 : id 1201345	Pipes : Pipe Types : Tubo - Tigrefire - Mark 1065 : id 1202738	6,98	5,32
Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1029 : id 1201412	Pipes : Pipe Types : Tubo - Tigrefire - Mark 1091 : id 1203497	3,02	6,53
Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1031 : id 1201488	Pipes : Pipe Types : Tubo - Tigrefire - Mark 1094 : id 1203744	4,81	3,91
Pipes : Pipe Types : Tubo - Tigrefire - Mark 1121 : id 1204736	Pipes : Pipe Types : Tubo - Águas Pluvias - Mark 1649 : id 1232185	2,67	2,4
Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1133 : id 1205234	Pipes : Pipe Types : Tubo - Águas Pluvias - Mark 1651 : id 1232239	1,76	1,52
Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1133 : id 1205234	Pipes : Pipe Types : Tubo - Águas Pluvias - Mark 1652 : id 1232261	8,76	3,22
Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1295 : id 1212237	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1327 : id 1213409	6,32	2,87
Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1314 : id 1212707	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1331 : id 1213539	4,1	4,06
Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1331 : id 1213539	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1333 : id 1213629	2,13	3,41
Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1342 : id 1213796	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1375 : id 1214821	5,98	1,65
Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1456 : id 1218672	Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1459 : id 1218726	1,41	1,9
Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1529 : id 1222155	SubsoloFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x102 : id 170864	4,3	0
Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1529 : id 1222155	SubsoloFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x54 : id 171185	2,98	0
Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1495 : id 1221139	SubsoloFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 14x54 : id 171260	5,32	0
Pipes : Pipe Types : Tubo - Esgoto - Série Normal - Mark 1496 : id 1221146	SubsoloFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 14x54 : id 171260	15,4	0
Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1529 : id 1222155	SubsoloFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x54 : id 171774	3,24	0
Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1529 : id 1222155	SubsoloFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 60x54 : id 172316	10,7	0
Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1529 : id 1222155	SubsoloFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 60x54 : id 172345	6,43	0
Pipes : Pipe Types : Tubo Branco - Água Fria - Roscável - Mark 1529 : id 1222155	SubsoloFantastique.rvt : Structural Framing : Concrete-Rectangular Beam : 19x54 : id 172935	8,85	0

Fonte: Autores

Considerando que as interferências do pavimento tipo ocorreram não somente no primeiro pavimento, mas também em grande parte nos três pavimentos seguintes, de acordo com engenheiro, assumimos que estas deveriam ser consideradas em quatro pavimentos. Assim, somando-se os comprimentos chega-se a um total de 1.098,98m de tubulações com interferências.

Além destes comprimentos, devem-se considerar os comprimentos de interferências nos shafts dos apartamentos que, enquanto não foi encontrada a solução, estavam sendo executados de maneira errada. De acordo com o engenheiro houve a necessidade de corrigir 12 pavimentos tipo. Considerando 8 tubos em conflito, com 33,36m cada, chega-se a um adicional de 266,68m.

Sendo o prazo previsto para execução das tubulações de 19 meses (dezembro/2012 a julho/2014) e o empreendimento possuindo um total de 19318,29m de tubulações, chega-se a uma taxa de execução esperada de 3,89m de tubulação/hora, trabalhando 9 horas por dia, 5 dias por semana e meio período aos sábados.

Dividindo-se o comprimento total pela taxa de execução, chega-se a 351,12 horas para execução destas tubulações, sobre as quais devemos fazer um acréscimo de 50%, chegando a 526,68 horas.

Portanto, a detecção antecipada destas interferências poderia economizar 175,56 horas, ou 3,9 semanas de trabalho, quase um mês no prazo de execução das tubulações. Pelo fato da execução das tubulações ser uma tarefa que termina próximo a conclusão da obra, acredita-se que esse atraso refletiria em grande parte no prazo total de construção do empreendimento.

O empreendimento estudado atrasou um total de quatro meses, e na visão do engenheiro encarregado, as interferências foram responsáveis por aproximadamente metade deste tempo, enquanto a outra metade foi proveniente de erros de execução. Assim pode-se dizer que o modelo BIM construído seria capaz de detectar e reduzir pela metade o atraso proveniente das interferências, reduzindo assim em aproximadamente 25% o atraso total da obra, tendo um forte impacto na redução dos custos indiretos advindos deste atraso.

Já elaborar uma estimativa dos custos indiretos provenientes do atraso da obra é uma tarefa bastante complexa, e não pôde ser executado no decorrer deste trabalho porque não se conseguiu obter as informações necessárias para fazer tal estimativa. Porém, seguem abaixo alguns dos principais aspectos que devem ser considerados para elaboração deste tipo estimativa:

- Manutenção do canteiro;
- Adiamento do repasse bancário;
- Pagamento de juros;
- Indisponibilidade de profissionais para outros projetos;
- Indenizações aos clientes;
- Perda de credibilidade.

2.3 Levantamento e comparação de quantitativos

Decidiu-se fazer uma validação do processo de extração de quantitativos de um modelo BIM feito no Autodesk Revit. O método consistiu na modelagem de um edifício a partir de seus projetos em 2D e comparação de seus quantitativos com os fornecidos pelo engenheiro da obra. Também foram extraídos alguns quantitativos que o engenheiro não forneceu, como os de hidráulica, mostrando a facilidade como o software trabalha.

Começando pelo piso cerâmico, o engenheiro forneceu os valores mostrados na Figura 2 e o Revit forneceu os dados da Figura 12. Uma vantagem aqui observada é que ao selecionar na tabela do Revit as áreas de piso cerâmico, o programa as realça (azul) no modelo, facilitando sua identificação (Figura 13).

Figura 2 - Área de piso cerâmico fornecida pelo engenheiro

SERVIÇO	BANHO SUITE		Banho 1/2		Banho 3/4		COZINHA		ÁREA DE SERVIÇO		TOTAL (m ²)
	UNITÁRIO	X4	UNITÁRIO	X4	UNITÁRIO	X4	UNITÁRIO	X8	UNITÁRIO	X8	
MO PISO CERÂMICO	3,11	12,44	2,93	11,72	3,24	12,98	4,64	37,13	2,46	19,65	93,92

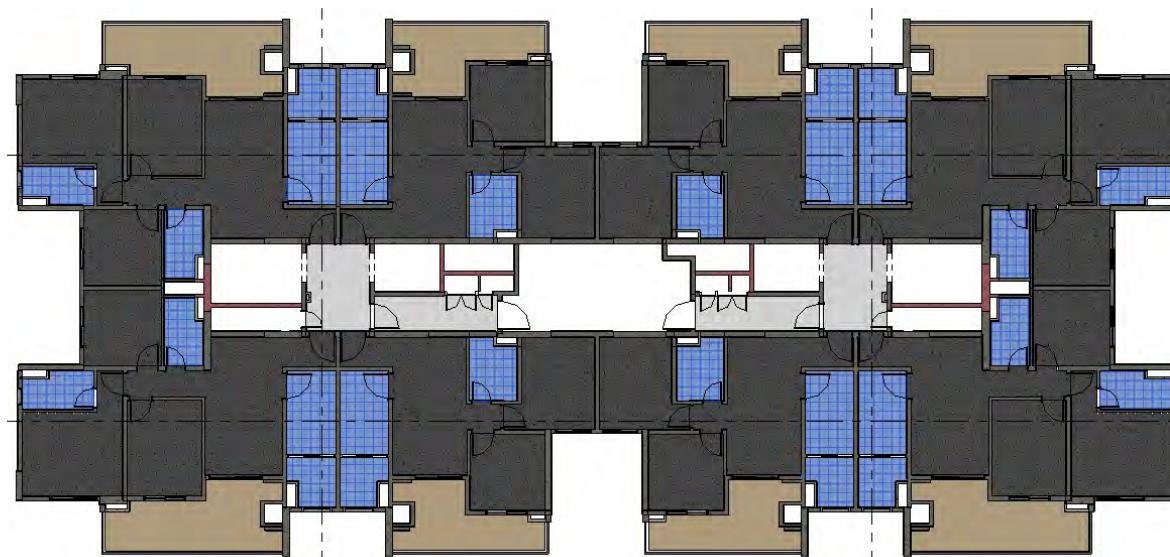
Fonte: Levantamento obra

Figura 3 - Quantitativo de materiais de piso gerado pelo Revit

PISO	
MATERIAL	ÁREA
Piso cerâmico	92,987 m ²
Piso porcelanato Terraço	77,340 m ²
Piso porcelanato Hall	22,922 m ²

Fonte: Autores

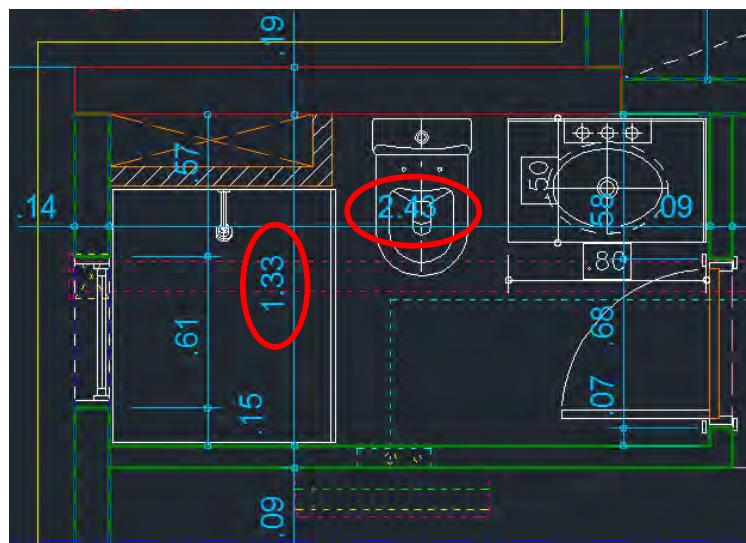
Figura 4 - Toda a área de piso cerâmico selecionada



Fonte: Autores

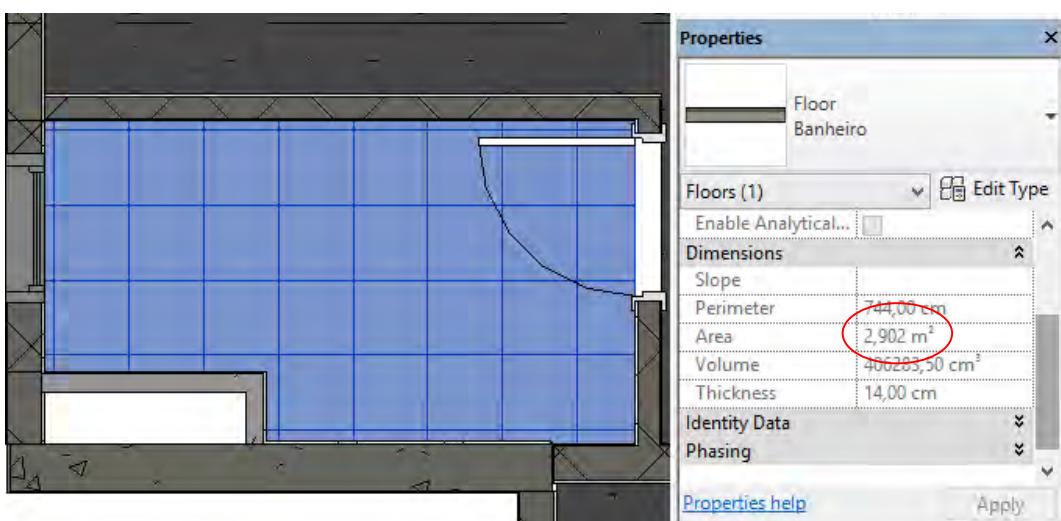
Percebe-se uma diferença de $93,92 - 92,987 = 0,933\text{m}^2$ entre os revestimentos de piso cerâmico. Acontece que, nos cálculos do engenheiro, o banheiro da suíte foi calculado da forma $(2,55*1,32) - (0,285*0,9) = 3,11\text{m}^2$, o que é incoerente com as medidas do projeto em CAD (Figura 14). Enquanto o Revit forneceu uma área de $2,902\text{m}^2$ (Figura), ou seja, uma diferença de $0,208\text{m}^2$ que, multiplicada pelos 4 banheiros desse tipo, chega a $0,832\text{m}^2$. A diferença restante de $0,933 - 0,832 = 0,101\text{m}^2$ pode ser atribuída a erros de aproximação, considerando que ela representa $0,101*100/92,987 = 0,1\%$ do total.

Figura 14 - Área do banheiro da suíte



Fonte: Projeto obra

Figura 15 - Área do banheiro suíte pelo Revit



Fonte: Autores

No revestimento de piso de porcelanato para o terraço, a diferença é de $80,32 - 77,340 = 2,98\text{m}^2$ (Figura e Figura). Pelo cálculo do engenheiro, percebe-se que ele não subtraiu as áreas dos shafts nem das alvenarias de enchimento, o que resulta nessa diferença.

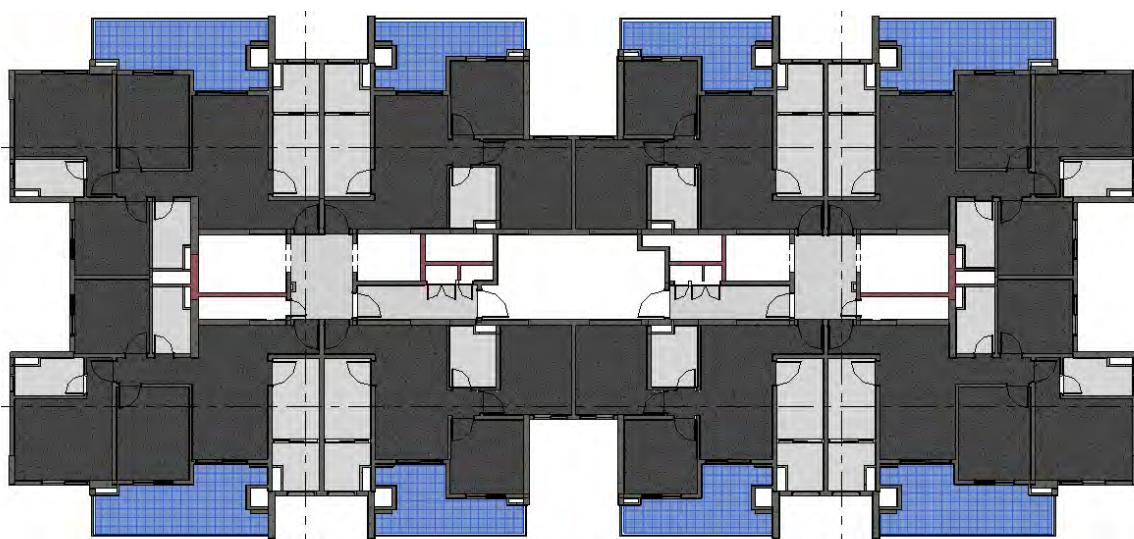
No piso porcelanato do Hall (Figura 1), a diferença foi de $22,96 - 22,922 = 0,038\text{m}^2$, o que pode ser atribuído a aproximação de cálculos.

Figura 16 - Área de piso porcelanato fornecida pelo engenheiro

SERVIÇO	TERRAÇO 3/4		TERRAÇO 1/2		TOTAL (m ²)	HALL SOCIAIS		HALL serv. Shaft's		TOTAL (m ²)
	UNITÁRIO	X4	UNITÁRIO	X4		UNITÁRIO	X2	UNITÁRIO	X2	
MO PISO PORCELANATO	8,56	34,24	11,52	46,08	80,32	6,39	12,78	5,09	10,18	22,96

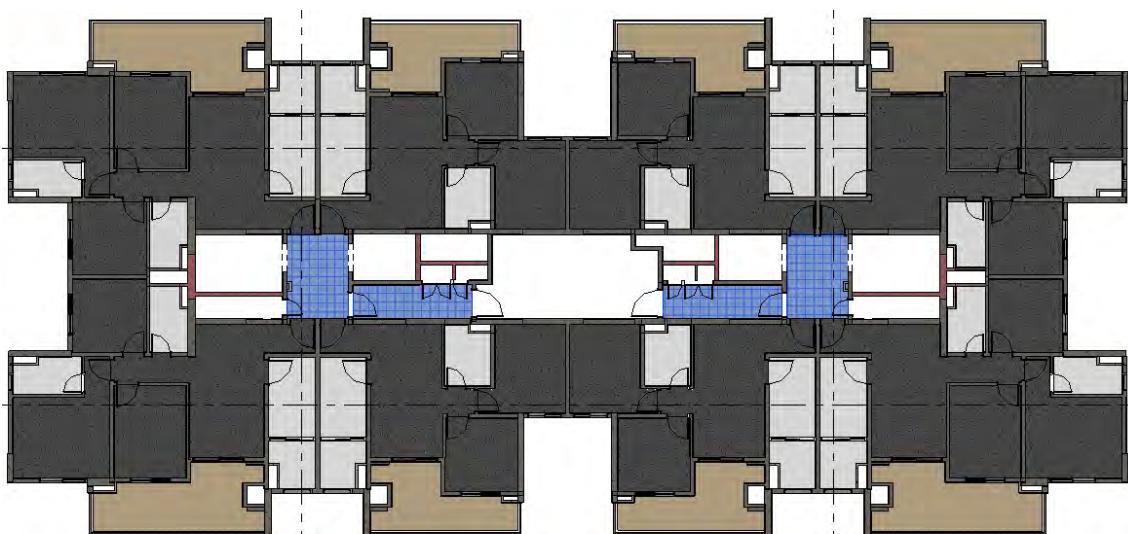
Fonte: Levantamento obra

Figura 17 - Área de piso porcelanato do terraço



Fonte: Autores

Figura 18 - Área de piso porcelanato do Hall



Fonte: Autores

Com relação ao quantitativo de esquadrias, houve diferenças nas portas de tipo M0 e M3. Enquanto no projeto de arquitetura foram contadas 3 portas M0 e 8 portas M3 (Figura), o modelo do Revit mostrou 2 portas M0 e 10 portas M3 (Figura 20).

Figura 19 - Quantitativo de esquadrias do projeto de arquitetura

TABELA QUANTITATIVA DE EQUADRIAS DE ALUMÍNIO – TIPO				
NºESQ.	CÓDIGO	VÃO OSSO	LOCALIZAÇÃO	QTD/PAV.
AL.2A/2	PADRÃO	1,21 x 1,23	DORMITÓRIO 1 (F.3/4)	04
AL.2B/2	PADRÃO	1,41 x 1,23	DORMIT. 1 E 2 (F.1/2) ; DORM.2 (F.3/4)	12
AL.2C/2	PADRÃO	1,61 x 1,23	SUÍTE (F.1/2)	04
AL.11B/2	PADRÃO	0,61 x 0,63	BANHO SUITE (F.1/2)	04
AL.71C/2	PADRÃO	1,61 x 2,24	ESTAR (F.3/4)	04
AL.71D/2	PADRÃO	1,81 x 2,24	ESTAR (F.1/2)	04
AL.66A/I-ESQ	PADRÃO	1,61 x 2,24	COZINHA	04
AL.66A/I-DIR	PADRÃO	1,61 x 2,24	COZINHA	04
CM.31A/2	PADRÃO	1,01 x 0,93	ÁREA SERVIÇO	08

TABELA QUANTITATIVA DE EQUADRIAS DE MADEIRA – TIPO				
NºESQ.	CÓDIGO	VÃO OSSO	LOCALIZAÇÃO	QTD/PAV.
M1	---	.68 x 2,16	BANHOS SUÍTE E BANHOS	12
M2	---	.78 x 2,16	SUÍTES E DORMITÓRIOS	20
M3	---	.88 x 2,16	COZINHAS	08
M3-A	---	.88 x 2,16	GALERIAS	08
M0	---	.58 x 2,16	SHAFT	03
2xM0+M0	---	1,65 x 2,16	SHAFT	02

TABELA QUANTITATIVA DE EQUADRIAS DE FERRO – TIPO				
NºESQ.	CÓDIGO	VÃO OSSO	LOCALIZAÇÃO	QTD/PAV.
PCF.90	---	.98 x 2,20	ESCADA DE SEGURANÇA	02
C.F.	---	---	ESCADA DE SEGURANÇA	---
CC.F	---	---	ESCADA DE SEGURANÇA	---

Fonte: Projeto obra

Figura 20 - Quantitativo de esquadrias do pavimento tipo gerado pelo Revit

ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO			
Nº Esquadria	Largura	Altura	Quantidade/pav
AL 2A/2	121,0 cm	123,0 cm	4
AL 2B/2	141,0 cm	123,0 cm	12
AL 2C/2	161,0 cm	123,0 cm	4
AL 11/B2	61,0 cm	63,0 cm	4
AL 71C/2	161,0 cm	224,0 cm	4
AL 71D/2	181,0 cm	224,0 cm	4
CM 31A/2	101,0 cm	93,0 cm	8
AL 66A/I-ESQ	161,0 cm	224,0 cm	4
AL 66A/I-DIR	161,0 cm	224,0 cm	4

ESQUADRIAS DE MADEIRA			
Nº Esquadria	Largura	Altura	Quantidade/pav
2xM0+M0	165,0 cm	216,0 cm	2
M0	58,0 cm	216,0 cm	2
M1	68,0 cm	216,0 cm	12
M2	78,0 cm	216,0 cm	20
M3	88,0 cm	216,0 cm	10
M3-A	88,0 cm	216,0 cm	8

ESQUADRIAS DE FERRO			
Nº Esquadria	Largura	Altura	Quantidade/pav
PCF.90	98,0 cm	220,0 cm	2

Fonte: Autores

Do modelo de hidráulica, percebe-se grande facilidade para se extrair quantitativos, o que seria inviável ou, demandaria muito tempo de trabalho e muita atenção para que esse processo fosse feito manualmente a partir dos projetos em 2D feitos em CAD. Com esse quantitativo preciso, é possível obter um orçamento de materiais mais verdadeiro, podendo gerar economia com gastos excessivos para a construtora.

Qualquer quantitativo pode ser extraído de um modelo BIM feito no Revit, pois o software reconhece de forma inteligente os objetos, uma vez que esses contêm informações específicas e não são apenas entidades geométricas genéricas como o são em CAD. O programa, então, consegue fazer a associação entre os objetos, gerando tabelas automaticamente. Na Figura 21, é apresentada uma extração de quantitativo de materiais de revestimento.

Figura 21 - Quantitativo de revestimento de paredes

REVESTIMENTO PAREDES	
MATERIAL	ÁREA
Azulejo cerâmico banheiro	211,647 m ²
Azulejo cerâmico cozinha	265,800 m ²
Azulejo Hall	55,629 m ²
Gesso parede	1073,101 m ²
Gesso shaft	76,959 m ²
Revestimento externo	549,742 m ²

Fonte: Autores

3 CONCLUSÕES

No estudo de caso, na validação das interferências, constatou-se que os custos diretos que seriam evitados com a detecção de interferências no modelo BIM, teriam pouco impacto no orçamento total da obra. Porém, haveria uma considerável redução no atraso da obra, o que provavelmente teria um impacto financeiro indireto bem mais expressivo no orçamento. O uso do BIM pela empresa instaladora provavelmente traria ganhos a essa também, já que poderia não só ajustar melhor o valor do orçamento oferecido à construtora, como também detectar e ajustar antecipadamente os problemas nos projetos de sistemas prediais que deva executar, evitando atrasos e desperdício de material.

Na fase de levantamento de quantitativos, pode-se dizer que o modelo BIM economizaria uma grande quantidade de tempo, já que o método de levantamento tradicional levou quase um mês na obra, sendo executado por quatro pessoas. Usando o modelo BIM, esses quantitativos poderiam ser extraídos em alguns cliques. E, além do tempo economizado, esses quantitativos do modelo não estão sujeitos a alguns “erros humanos” como os que pudemos observar.

Mesmo em não se tratando de um empreendimento de elevada complexidade, o uso do BIM foi capaz de detectar interferências não identificadas pelos projetistas ou pela coordenação na fase de projeto.

Portanto conclui-se, a partir deste estudo de caso, que esta metodologia BIM tem grande potencial para impactar positivamente a indústria da construção civil trazendo um projeto mais completo e preciso, levando a economias de custo e prazo, se for adotada de maneira correta, tendo seus benefícios aproveitados.

REFERÊNCIAS

- AZHAR, S. **Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry.** Leadership and Management in Engineering, vol. 11, n. 3, p.241–252, 2011.
- EASTMAN, C.; TELCHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM:** um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- GAO, J; FISCHER, M. **Framework and Case Studies Comparing Implementations and Impacts of 3D/4D Modeling Across Projects.** 2008.Tese de Doutorado. Stanford University.
- GOES, R. H. T. B. ; SANTOS, E. T. Design coordination with Building Information Modeling: a case study. In: CIB W78-W102 2011: International Conference, 2011, Sophia Antipolis. **Proceedings of the CIB W78-W102 2011: International Conference.** Sophia Antipolis: CSTB, 2011. p. 1-10.
- KREIDER, R.;, MESSNER, J.; DUBLER, C. **Determining the Frequency and Impact of Applying BIM for Different Purposes on Building Projects**, Penn State University, EUA, 2010.
- UNDERWOOD, J.; ISIKDAG, U. **Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics:** Concepts and Technologies. Information Science Reference. 2009.