

A sustentabilidade econômica da edificação através da compatibilização de modelos BIM

The economic sustainability of building through the compatibility of BIM models

Leticia Mattana

leticia.mattana@ufsc.br

Lisiane Ilha Librelotto

lisiane.librelotto@gmail.com

Verônica Martins Gnecco

veronicamgnecco@gmail.com

Resumo

A gestão de projetos é fundamental para a construção civil, onde pode-se incluir a coordenação e compatibilização de projetos. A partir da compatibilização, as interferências entre diferentes disciplinas são identificadas e solucionadas em etapas prévias à obra. Atualmente, ferramentas BIM têm sido incorporadas nessa etapa, facilitando a visualização e correção dos conflitos. Este artigo tem como objetivo investigar a contribuição da compatibilização BIM para a sustentabilidade econômica de uma edificação. O método adotado compreende um estudo de caso de uma Habitação de Interesse Social, através da realização da modelagem BIM e, após a compatibilização, verificaram-se os custos parciais de materiais. Como resultados, foram obtidos os conflitos entre os diferentes modelos BIM mostrando a importância desta etapa anterior à execução da obra e os custos relativos aos materiais para correção de um dos conflitos. Com isso, a compatibilização mostra-se essencial para a garantia da sustentabilidade econômica da edificação, principalmente para o melhor controle de custos de construção nas etapas prévias à obra.

Palavras-chave: Compatibilização de Projeto; BIM; Sustentabilidade Econômica.

Abstract

Project management is fundamental for civil construction, where coordination and compatibility can be included. The compatibility allows identifying many conflicts between different disciplines that can be solved in previous stages of the construction. Currently, BIM tools have been incorporated into the compatibility phase, facilitating the visualization and correction of conflicts. This article aims to investigate the contribution of BIM compatibility to the economic sustainability of a building. The adopted methodology includes a case study of a public building, through the BIM modeling, compatibility and verification of partial costs of materials. As results, the conflicts between different BIM models were obtained, showing the importance of these previous stages for the construction site, and the costs of materials for this conflict correction at construction site. Furthermore, the compatibility is essential for guaranteeing the economic sustainability of the building, mainly for the better control of construction costs in the previous phase of the process.

Keywords: Project Compatibility; BIM; Economic Sustainability.

1. Introdução

Um dos objetivos do setor da construção civil é garantir a viabilidade econômica de seus empreendimentos. Hoje, a questão da sustentabilidade nas edificações também é considerada importante para o setor (MARCOS, 2015), pois assim é possível garantir a qualidade do produto, a eficiência no processo de produção, a minimização dos resíduos e outros fatores, que ajudam a reduzir custos do processo produtivo. Além disso, esses fatores contribuem com um empreendimento mais sustentável economicamente e para um futuro mais equilibrado para o planeta.

A integração da sustentabilidade com as inovações tecnológicas mais recentes do setor, a exemplo do uso de BIM (Building Information Modelling ou Modelagem da Informação da Construção), na etapa de projetos, pode trazer resultados benéficos à edificação. Uma das contribuições desta inovação tecnológica é a facilidade de realizar a compatibilização de projetos ou modelos BIM (CAMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2016).

Este artigo tem como objetivo investigar a contribuição da compatibilização BIM para a sustentabilidade no seu pilar econômico, a partir de um estudo de caso em uma Habitação de Interesse Social, desenvolvida através de um programa social operado pela Caixa Econômica Federal (CAIXA ECONOMICA FEDERAL, 2007). Não faz parte do escopo deste trabalho a análise de outras dimensões da sustentabilidade.

2. Referencial teórico

A busca por construções sustentáveis, que tragam resultados positivos para o setor da construção civil tais como o uso racional dos recursos e a minimização de custos e gastos extras, pode ocorrer com o advento de inovações tecnológicas como o processo BIM. Este capítulo tem como objetivo conceituar os dois principais temas deste trabalho: (1) a sustentabilidade econômica no setor da construção civil e (2) a inovação tecnológica do setor, chamada de BIM, ou Modelagem da Informação da Construção.

2.1.A Sustentabilidade Econômica de Edificações

A sustentabilidade é definida como um “princípio que assegura que nossas ações hoje não limitem o alcance das dimensões econômica, social e ambiental no futuro” (ELKINTON, 1998 *apud* LIBRELOTTO, 2005, p. 3). A partir desta definição, diversas pesquisas foram desenvolvidas com o objetivo de avaliar a sustentabilidade em suas diferentes dimensões, inclusive no âmbito da construção civil (LIBRELOTTO, 2005; CARVALHO, 2009; HOFFMANN, 2014).

A dimensão econômica da sustentabilidade pode ser entendida como a associação da estrutura-conduta-desempenho com a garantia de retorno financeiro aos *stakeholders* de um empreendimento (LIBRELOTTO, 2005). Muitas vezes, esta dimensão é tratada prioritariamente em relação às demais dimensões da sustentabilidade (HOFFMANN, 2014), como a social e a ambiental, por exemplo. Esta visão pode representar um equívoco, visto que a gestão da sustentabilidade busca o equilíbrio nos pilares, cujas ações estratégicas implicam em uma dinamicidade onde os resultados geram constantes desequilíbrios e necessidade de ações que possam novamente harmonizar as medidas.

Carvalho (2009) desenvolveu uma metodologia chamada MASP-HIS, voltada para projetos de habitação de interesse social, que auxilia na especificação de materiais e componentes da habitação, levando em conta aspectos da sustentabilidade em suas diferentes dimensões, dentre elas a econômica. Na etapa 5 desta metodologia, Carvalho (2009) considera alguns indicadores quantitativos para a avaliação da sustentabilidade na categoria econômica, que são: (1) o fortalecimento da economia local, (2) a viabilidade econômica, (3) o custo de construção, manutenção e operação da edificação e (4) os critérios econômicos das empresas de projetos (Figura 1).

Dentro desta etapa, destaca-se a subcategoria “Custo de Construção, Operação e Manutenção”, que será abordada neste trabalho. Carvalho (2009) explica que a existência de soluções que diminuam o custo de construção, manutenção e operação da edificação, e a economia de água e energia são pontos positivos para a sustentabilidade econômica.

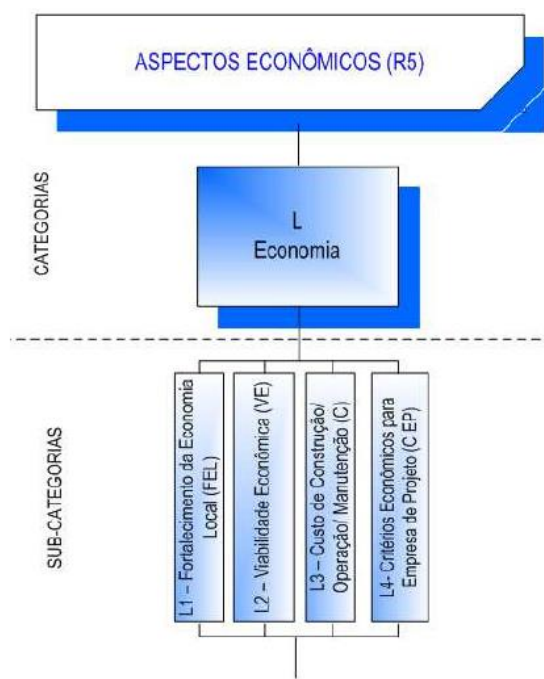


Figura 1 - Aspectos econômicos da sustentabilidade. Fonte: Carvalho (2009)

Costa (2010, p.40) complementa que uma das soluções para diminuir o custo de construção e melhorar a sustentabilidade econômica é a compatibilização de projetos nas etapas iniciais do processo. Embora represente um custo baixo no ciclo de vida da edificação, a etapa de projeto é a que apresenta um maior potencial econômico e o menor custo para alterações quando comparada com as demais etapas. Com isso, é possível dar subsídios para uma execução mais racionalizada no canteiro de obras, reduzindo custos e retrabalho na construção: “Do ponto de vista econômico a compatibilização tem papel fundamental. Mudanças ainda em fase de projeto possuem menor custo e são muito mais seguras”.

Os projetos compatibilizados são considerados como um dos princípios para a sustentabilidade econômica pelos autores Azevedo, Silva e Silva (2007) apud Carvalho (2009).

2.2.BIM

BIM tem sido considerada uma inovação no setor da engenharia, arquitetura e construção, na qual todo o ciclo de vida das edificações passará por mudanças em seus processos. Essas modificações são perceptíveis no ciclo de vida da edificação, que envolve a concepção, compatibilização e detalhamento dos projetos, o planejamento e o orçamento da obra, a execução da obra, a ocupação, manutenção e a operação, bem como a demolição de determinada edificação (MATTANA e LIBRELOTTO, 2017).

Eastman *et al.* (2014) afirmam que os modelos de construção BIM se caracterizam pela existência de componentes de construção digitais associados à atributos, além de componentes de dados consistentes, não redundantes e coordenados, e são conhecidos como modelos paramétricos, ou seja, possuem informação incorporada à geometria.

BIM surge então como uma inovação para o setor da construção civil e visa contribuir com todas as fases do processo de projeto. Em relação à compatibilização, usar BIM facilita a visualização e checagem de interferências entre as diferentes disciplinas, melhora o controle e a integração dos projetos antes da execução, diminuindo assim gastos extras com correções no canteiro de obras.

Outra questão importante quando se trata de BIM, é a interoperabilidade entre as diferentes ferramentas, projetos/modelos e projetistas. Ser interoperável é possibilitar que exista a troca de informações entre os envolvidos em um processo de projeto, e em BIM normalmente ocorre via formato de arquivos IFC (*Industry Foundation Classes*) ou outros formatos. O IFC pode ser importado e exportado pelas ferramentas BIM, permitindo maior colaboração entre os projetistas envolvidos no processo de projeto.

3. Método, ferramentas e técnicas

O projeto analisado neste estudo é um projeto-padrão de unidade de Habitação de Interesse Popular, desenvolvido através de um programa operado pela Caixa Econômica Federal. Ele é apresentado através de um Caderno de Projetos da Caixa, que contém o projeto arquitetônico e os complementares de acesso público (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2007).

A modelagem BIM do projeto Arquitetônico e do projeto Elétrico existentes no Caderno ocorreu na ferramenta AUTODESK REVIT 2015 STUDENT[®], enquanto que a modelagem do Hidrossanitário ocorreu no software GRAPHISOFT ARCHICAD 19 STUDENT[®]. Após, houve a geração e exportação dos 3 arquivos IFC oriundos dos modelos BIM das ferramentas adotadas.

Foi realizada a compatibilização dos projetos através do TEKLA BIM SIGHT[®] que é um software gratuito e foi realizada a análise das interferências (*clash detection*) para os seguintes casos: (1) Arquitetônico x Elétrico; (2) Arquitetônico x Hidrossanitário; (3) Elétrico x Hidrossanitário, em 3 Etapas. Após cada uma das Etapas, foi realizada a correção das incompatibilidades identificadas para todos os casos mencionados.

Na sequência, optou-se por analisar uma das incompatibilidades encontradas durante a checagem das interferências no TEKLA BIM SIGHT[®], com o objetivo de verificar custos de materiais relacionados a essa inconformidade, na hipótese da não correção do conflito em etapa prévia à execução da obra. As diferenças foram verificadas em termos de área de telhado, quantidade de alvenaria e pintura (o Caderno de Projetos não prevê reboco e outros revestimentos para a edificação escolhida para este estudo de caso) com medidas extraídas diretamente da ferramenta TEKLA BIM SIGHT[®].

Os custos utilizaram os preços de MATTANA (2017) e composições da TCPO (2010). Por fim, são realizadas as considerações finais do trabalho. A Figura 2 apresenta o fluxograma que representa o método adotado nesta pesquisa.

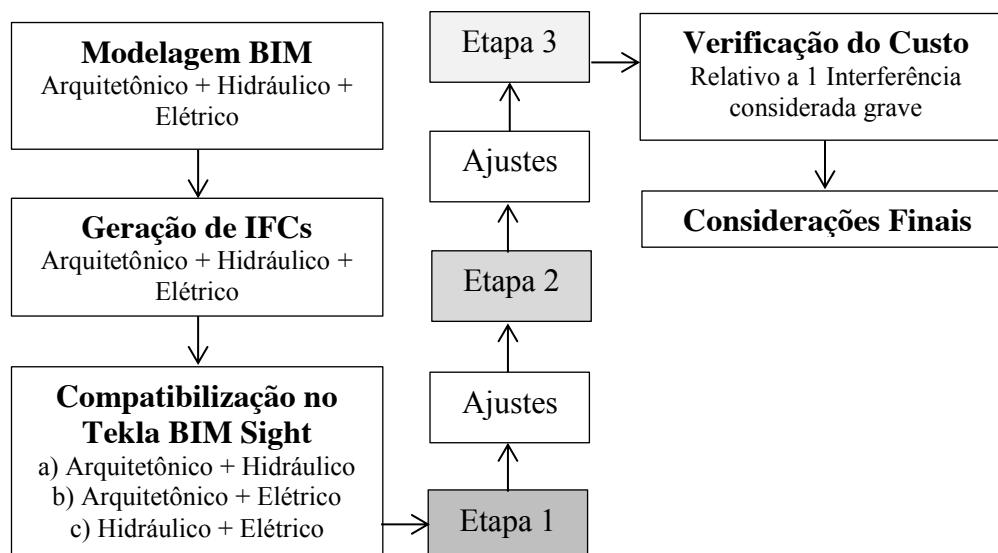


Figura 2 - Fluxograma do método. Fonte: elaboração própria

4. Resultados

Conforme mencionado no método, em relação à compatibilização dos modelos BIM no formato IFC ((1) Arquitetônico x Elétrico; (2) Arquitetônico x Hidrossanitário; (3) Elétrico x Hidrossanitário), foram efetuadas 3 Etapas de análises de conflitos e interferências, conforme seguem:


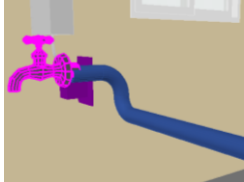

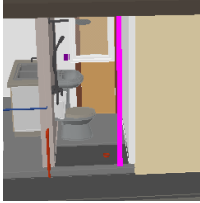
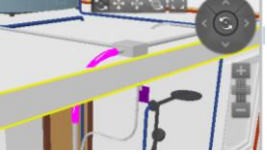
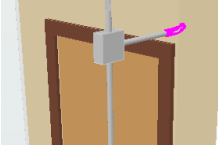
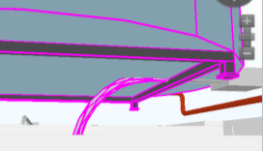
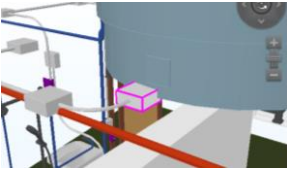
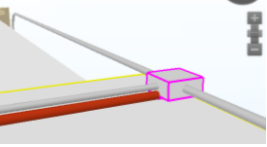
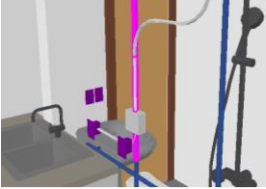
Etapa 1

Na primeira análise, foram encontradas 158 incompatibilidades, sendo 9 conflitos entre o modelo elétrico e o hidrossanitário, 72 entre o arquitetônico e o elétrico, e 77 entre o arquitetônico e o hidrossanitário. Em relação à compatibilização entre os projetos hidrossanitário e elétrico, todas as 9 interferências encontradas na primeira etapa foram consideradas críticas e foram marcadas para revisão na ferramenta de autoria BIM.

A análise entre o modelo arquitetônico e o hidrossanitário apresentou 77 conflitos, dentre eles o balcão da pia da cozinha e o vaso sanitário que estavam dentro da parede. Além disso, a torneira do tanque estava desencaixada da tubulação de água fria, e precisou ser ajustada. Outra consideração é que a caixa d'água estava com os apoios dentro da laje e conflitava com o telhado da residência. A caixa d'água foi modelada com medidas de um produto existente no mercado e foi colocada no local indicado pelo Caderno de Projeto. O telhado foi modelado com a inclinação solicitada no projeto, e apesar de respeitar estes detalhes, houve conflitos entre estas disciplinas.

Por fim, foi feita a análise entre os projetos arquitetônico e elétrico, no qual ocorreram 72 interferências, dentre elas as tubulações que conflitavam com a laje e paredes. Grande parte dos conflitos encontrados resulta da ausência de furação nos elementos construtivos para passagem de tubulações nas paredes, forros e lajes, o que ocasiona sobreposição

destes elementos com as instalações no modelo BIM. Outra questão que ocorre é que o TEKLA BIM SIGHT[®], quando utilizado sem filtros, considera conflito a existência de tubulações dentro de paredes. O Quadro 1 mostra os conflitos encontrados.

CONFLITOS NO TEKLA BIM SIGHT	ETAPA 1	
Projeto arquitetônico x Projeto hidráulico	 “Ambiente” do REVIT desconfigurado no IFC	 Tubulação água fria não encaixa na torneira
	 Caixa d’água interfere com telhado	 Tubulação interfere com a laje
Projeto arquitetônico x Projeto elétrico	 Conduíte corta a laje	 Conduíte corta a parede
Projeto hidráulico x Projeto elétrico	 Conduíte da elétrica passando dentro da caixa d’água	 Caixa elétrica passando dentro da caixa d’água
	 Caixa elétrica em conflito com tubulação hidráulica	 Tubulação hidráulica e elétrica em conflito dentro da parede

Quadro 1 - Exemplos de conflitos indicados na Etapa 1. Fonte: elaboração própria




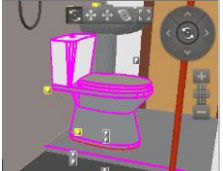
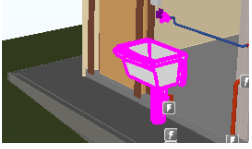
Etapa 2

Após as correções indicadas pela primeira etapa, foi iniciada a segunda etapa de análise. Foram encontradas 99 incompatibilidades, dentre elas, 39 entre os modelos arquitetônico e elétrico e 60 entre os modelos arquitetônico e hidrossanitário. Não houve interferência entre os modelos hidrossanitário e elétrico, pois todas as interferências foram resolvidas na etapa anterior.

Em relação às 39 interferências encontradas entre o modelo arquitetônico e o elétrico, todas foram ignoradas na classificação do TEKLA BIM SIGHT[®], pois indicavam os conduítes, as tubulações e as caixas elétricas que estavam dentro de paredes ou das lajes e também indicavam a falta de furação nos elementos estruturais.

Sobre as interferências entre o modelo arquitetônico e o modelo hidrossanitário, houve 60 conflitos, sendo que apenas 7 foram reconsiderados para análise e os outros 53 foram ignorados pelo mesmo motivo explicado no caso anterior: o software TEKLA BIM SIGHT[®] considera um conflito quando uma tubulação está dentro de paredes ou pela inexistência de furação na laje do projeto.

Os sete casos que ficaram em pendência da Etapa 2 compreendem o tanque, a pia da cozinha e a pia do banheiro que estavam conflitando com a parede, sendo que o software indicou duas vezes o conflito da pia da cozinha com a parede. Além disso, a caixa d'água, o vaso sanitário e a pia da cozinha estavam conflitando com a laje. O Quadro 2 mostra os conflitos encontrados.

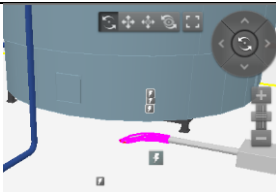



CONFLITOS NO TEKLA BIM SIGHT	ETAPA 2	
Projeto arquitetônico x Projeto hidráulico	 Pés da caixa d'água dentro da laje	 Pia está dentro da parede
	 Balcão da cozinha dentro da parede	 Vaso dentro da laje
	 Tanque enterrado na calçada	

Quadro 2 - Conflitos indicados pelo TEKLA BIM SIGHT[®] na Etapa 2. Fonte: elaboração própria

Etapa 3

Foi realizada uma última análise no TEKLA BIM SIGHT[®], compreendendo a Etapa 3, na qual foram realizados ajustes nos modelos para eliminar os sete casos críticos encontrados na Etapa 2. Com isso, todas as interferências consideradas críticas foram resolvidas nesta Etapa 3 e as interferências consideradas leves foram ignoradas nas análises.

No final da Etapa 3, restaram 92 interferências que foram ignoradas por se tratar de elementos que estavam dentro das paredes, como as tubulações hidráulicas, de esgoto, os conduítes elétricos e demais elementos dos projetos de instalações que são embutidos na alvenaria. O Quadro 3 apresenta os conflitos encontrados nesta etapa de verificação.

CONFLITOS NO TEKLA BIM SIGHT [®]	ETAPA 3	
Projeto arquitetônico x Projeto elétrico	 Conduíte cortando a laje	 Pontos indicativos dos conflitos (cinza)
Projeto arquitetônico x Projeto hidráulico	 Tubulação do ralo conflita com laje	 Tubulação conflita com laje

Quadro 3 - Conflitos indicados pelo TEKLA BIM SIGHT[®] na Etapa 3. Fonte: elaboração própria

Síntese da Compatibilização e Análise de Custos

Após a realização das compatibilizações nas três Etapas apresentadas, obteve-se como resultado a Tabela 1. Conflitos considerados irrelevantes foram ignorados na análise, a exemplo das interferências entre tubulações elétricas/hidrossanitárias e elementos de estrutura, visto que não houve modelagem de projeto de furação para este caso de estudo.

CONFLITOS NO TEKLA BIM SIGHT	Análise Etapa 1	Análise Etapa 2	Análise Etapa 3
Projeto arquitetônico x elétrico	72	39	39
Projeto arquitetônico x hidráulico	77	60	53
Projeto elétrico x hidráulico	9	0	0

Tabela 1 - Compatibilização entre as 3 disciplinas. Fonte: Mattana, 2017

Legenda: Etapa 1 = Primeira etapa de checagem; Etapa 2 = Segunda parte, alguns conflitos da Etapa A resolvidos; Etapa 3 = Conflitos restantes foram ignorados.

Complementando esta pesquisa, efetuou-se a análise dos impactos financeiros parciais da falta de compatibilização para um dos itens das interferências encontradas durante a realização da compatibilização através do TEKLA BIM SIGHT®. Foi escolhido o conflito entre a caixa d'água e a cobertura da residência para análise de quantidades de: (1) área de telhado e o custo do principal material envolvido nesta alteração, bem como (2) área da parede e o custo de alguns materiais que envolvem a execução da parede, como o bloco cerâmico e a tinta látex para pintura externa. As medições foram realizadas diretamente na ferramenta TEKLA BIM SIGHT® (Figuras 3 e 4).

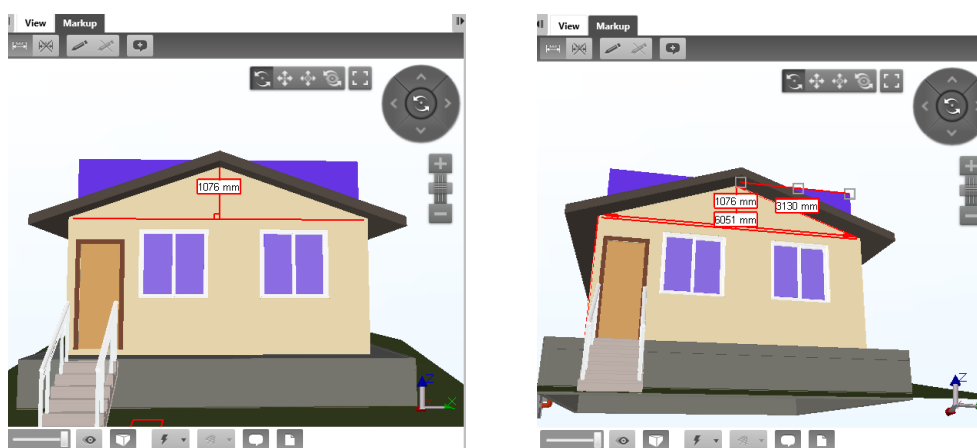


Figura 3: Medições realizadas na Etapa 1. Fonte: elaboração própria

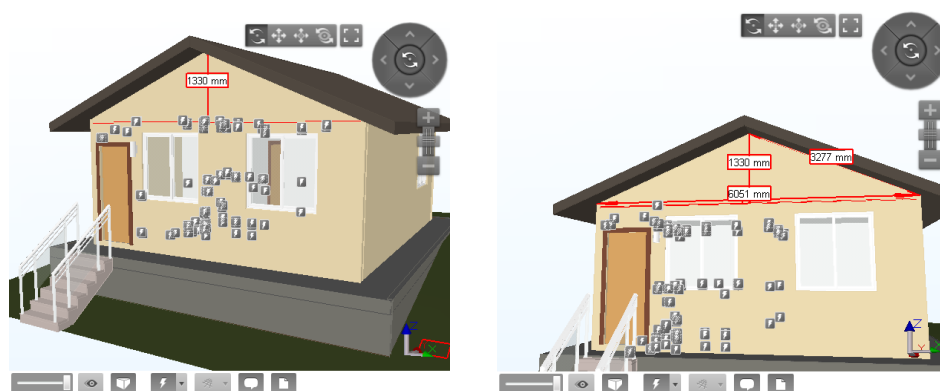


Figura 4: Medições realizadas na Etapa 3, após as correções no modelo. Fonte: elaboração própria

O Quadro 4 apresenta um comparativo entre a área do telhado (efetiva e projeção) obtidas nas Etapas 1 e 3 da compatibilização. A área obtida na Etapa 3 é maior porque houve a correção na inclinação do telhado, uma vez que a caixa d'água estava conflitando com a cobertura.

Com a elevação do telhado devido à interferência da caixa d'água na cobertura, houve alteração na inclinação do telhado que passou de $19,6^\circ$ para $23,7^\circ$. Com essa mudança, a área efetiva do telhado sofreu um ajuste de $1,5\text{m}^2$ em relação à Etapa 1. Usando como base consumos de materiais de composições da TCPO13 (PINI, 2010), e preços unitários utilizados na dissertação de Mattana (2017), houve uma adição de R\$31,98 no custo do material para uma cobertura com telha de fibrocimento, duas águas, com perfil ondulado, considerando sua área efetiva alterada (Quadro 5).

ÁREA DA COBERTURA - TELHA DE FIBROCIMENTO						
Etapa	Área de projeção horizontal do telhado (m²)	Largura projeção horizontal (m)	Comprimento (m)	Altura (m)	Área efetiva do telhado (m²)	Inclinação do telhado (°)
1	59,81 m ²	7,25m	8,25m	1,07m	63,40m ²	19,6
3	59,81 m ²	7,25m	8,25m	1,33m	64,90 m ²	23,7

Quadro 4 – Área da cobertura. Fonte: elaboração própria

Etapa	Componentes	Consumo médio /m² (TCPO13)	Unidade	Quantidade Total	Custo Unitário (R\$)	Custo Total de Materiais
1	Telha de fibrocimento ondulada	1,15	m ²	63,40m ²	18,54	1351,75
3	Telha de fibrocimento ondulada	1,15	m ²	64,90 m ²	18,54	1383,70
					Diferença	31,98

Quadro 5 – Impactos no custo da “Telha de Fibrocimento”. Fonte: elaboração própria

Essa alteração na altura do telhado provocou também alteração nos quantitativos de paredes e tesouras que suportam estas telhas. No caso da alvenaria, a área aumentou 0,77m² em cada lado da residência, ou seja, um total de 1,54m² a mais de alvenaria e revestimentos de parede (Quadro 6).

ÁREA DA ALVENARIA / TESOURA				
Etapa	Área da parede (m²)	Comprimento horizontal (m)	Comprimento inclinação (m)	Altura (m)
1	3,25 m ²	6,051m	3,13m	1,076m
3	4,02 m ²	6,051m	3,277m	1,33m

Quadro 6 – Área da Parede devido alterações na altura entre Etapas 1 e 3. Fonte: elaboração própria

O impacto no custo do material para os blocos cerâmicos de vedação e tinta látex acrílica, considerando o consumo médio para 1m² estão dispostos no Quadro 7. Percebe-se que o impacto no custo não é alto para esses materiais analisados isoladamente, totalizando em R\$4,47 para cada um dos lados da residência.

Deve-se lembrar de algumas limitações deste trabalho: (1) que muitos outros materiais tiveram suas quantidades alteradas devido a esta modificação do projeto e não foram contemplados nesta pesquisa, tais como a argamassa para reboco, chapisco, massa corrida, madeiramento do telhado para as tesouras, dentre outros; (2) Não foram contemplados custos relacionados a mão-de-obra, envolvidos na composição de custos de serviços analisados; (3) Esta pesquisa está focada em uma análise isolada de apenas um dos

problemas encontrados na Etapa de compatibilização BIM, que é a interferência da altura da caixa d'água.

Etapa	Componentes	Consumo médio	Un.	Quantidade Total (m ²)	Custo Unitário (R\$)	Custo Materiais (R\$)
1	Bloco cerâmico Altura 190mm / comp. 390mm / larg. 140mm	12,875	un	3,25 m ²	0,35/un	14,64
3	Bloco cerâmico Altura 190mm / comp. 390mm / larg. 140mm	12,875	un	4,02 m ²	0,35/un	18,11
					Diferença	3,48
1	Tinta látex acrílica	0,17	L	3,25 m ²	7,52/L	4,15
3	Tinta látex acrílica	0,17	L	4,02 m ²	7,52/L	5,14
					Diferença	0,99

Quadro 7 – Impactos no custo do material “Telha de Fibrocimento”. Fonte: elaboração própria

5. Considerações finais

Percebe-se que a compatibilização de projetos é uma etapa de grande importância em fases prévias à execução da obra, pois permite identificar problemas existentes entre diferentes projetos, tais como o arquitetônico, o hidrossanitário e o elétrico, apresentados nesta pesquisa. Com uso de ferramenta BIM, essa identificação fica facilitada, uma vez que é possível visualizar as interferências e corrigi-las nos modelos BIM. A detecção de incompatibilidades nos *softwares* deve ser analisada pelos profissionais com muito cuidado, já que muitas tratam de simples problemas de modelagem ou de representação, difícil de reproduzirem na prática (por exemplo, um eletroduto posicionado fora da laje de teto). Entretanto, outros problemas revelam situações graves que exigem o reprojeito da edificação, e podem gerar problemas associados a retrabalhos, atrasos na entrega da obra, ou mesmo prejuízo de desempenho (por exemplo, o aumento da inclinação de um telhado em uma telha que não aceite maior inclinação pode causar infiltrações), problemas essa que vão muito além do custo dos materiais, foco desta pesquisa.

A redução de interferências em etapas prévias de projetos ajuda e minimizar custos de construção, que é um dos requisitos da sustentabilidade econômica, conforme exposto na tese de Carvalho (2009). Para esta pesquisa, foram identificados custos de materiais relacionados com a não correção de um dos conflitos encontrados pela compatibilização de modelos BIM, que foi o caso da altura da caixa d'água. Analisando este caso, foi encontrado um custo extra de materiais envolvendo a telha de fibrocimento, o bloco cerâmico e a tinta látex, caso a correção do projeto não fosse identificada.

A pesquisa comprova que a não correção de interferências entre projetos ou ignorar a etapa de compatibilização de projetos acarreta em custos extras para a edificação,

afastando a mesma dos princípios da sustentabilidade econômica que asseguram a minimização de custos relacionados à construção.

Referências

AZEVEDO, N. J. D. SILVA, M. R., SILVA, J. J. R. Avaliação de sustentabilidade de habitações de interesse social: uma proposta para a região metropolitana de Recife e resultados. In: Encontro Latino-americano sobre edificações e comunidades sustentáveis. 2007. Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, 2007.

CAIXA ECONOMICA FEDERAL. **Projeto Padrão Casas Populares**. Vitória, 2007.

CAMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUCAO. **Dados CBIC - Materiais de Construção - Cimento**. CBIC, 2016. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/materiais-de-construcao/cimento>>. Acesso em: 20/03/2016.

CARVALHO, M. T. M. **Metodologia para avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social com foco no projeto**. Brasília, 2009. 241p. (Doutorado) Departamento de engenharia civil, Universidade de Brasília, 2009.

COSTA, Luciana Dias Martins. **Compatibilização de projetos e gerenciamento de resíduos como condições primordiais para a sustentabilidade das construções**. Belo Horizonte, 2010. 73 f. (Mestrado) Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM: Um guia de modelagem a informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483 ISBN 978-85-8260-117-4.

HOFFMANN, A. B. **Avaliação da sustentabilidade em habitações de interesse social do programa Minha Casa Minha Vida em Rancho Queimado - SC**. Florianópolis. 2014. 246p. (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina.

LIBRELOTTO, L. **Modelo para avaliação da sustentabilidade na construção civil nas dimensões econômica, social e ambiental (ESA): aplicação no setor de edificações**. Florianópolis, 2005. 371p. (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

MARCOS, M. H. C. **Método de obtenção de dados de impactos ambientais, durante o processo de desenvolvimento do projeto, através do uso de ferramenta BIM**. São Paulo, 2015. 145p. (Doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP.

MATTANA, L. **Contribuição para o ensino de orçamentação com uso de BIM no levantamento de quantitativos**. Florianópolis, 2017. (Mestrado) Programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.

MATTANA, L.; LIBRELOTTO, L. I. Contribuição do BIM para a sustentabilidade econômica de edificações. 2017. **Revista Mix Sustentável**. V3, n.2.

PINTO, A. C. B. C. **Propostas técnicas para obras de edificações: estudos de caso**. São Paulo, 2016. 124p. (Mestrado) Programa de pós-graduação em engenharia civil, Universidade de São Paulo, 2016.

PINI. **Tabelas e Composições e Preços para Orçamentos - TCPO 13**. São Paulo, PINI, 2010.