UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
CAMPUS ALTO PARAOPEBA

ANA CLARA TUÃO CARVALHO
CRISTIANE STEFANE DE LIMA NASCIMENTO

UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM NA PREVENÇÃO DE INFILTRAÇÕES

OURO BRANCO - MG
NOVEMBRO/2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI

CAMPUS ALTO PARAOPEBA

ANA CLARA TUÃO CARVALHO
CRISTIANE STEFANE DE LIMA NASCIMENTO

UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM NA PREVENÇÃO DE INFILTRAÇÕES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de São João del-Rei, *Campus* Alto Paraopeba, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil

Orientador: Mariana Arruda Pereira

OURO BRANCO - MG
NOVEMBRO/2021

ANA CLARA TUÃO CARVALHO
CRISTIANE STEFANE DE LIMA NASCIMENTO

UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM NA PREVENÇÃO DE INFILTRAÇÕES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de São João del-Rei, Campus Alto Paraopeba, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 10 / 12 / 2021

COMISSÃO EXAMINADORA:

_____
Mariana Arruda Pereira
Professora Orientadora de PFC

_____
Ana Amélia Oliveira Mazon
Professora da Engenharia Civil da UFSJ

_____
Carmem Miranda Lage
Professora da Engenharia Civil da UFSJ

AGRADECIMENTOS

Agradecemos, primeiramente, à Deus, por permitir o nosso sucesso na graduação e por dar-nos determinação e coragem a cada dificuldade enfrentada durante a realização do presente trabalho.

Aos familiares e amigos, agradecemos pelo apoio e compreensão, por sempre serem refúgio nos momentos ruins e, também, por comemorarem cada pequena vitória conquistada, sendo fundamentais para que este trabalho pudesse ser concluído.

Aos professores, somos gratas por todos os ensinamentos compartilhados com excelência, pela amizade e pelos conselhos, permitindo que chegássemos até o final da graduação. Agradecemos, especialmente, à professora Mariana Arruda Pereira pelo enorme desempenho na orientação do presente trabalho, sendo de fundamental importância para o sucesso da nossa entrega.

Por fim, agradecemos àqueles que tiveram participação durante o desenvolvimento e contribuíram, de alguma forma, para que este trabalho fosse possível.

RESUMO

A tecnologia BIM (Building Information Modeling) engloba todos os sistemas de uma edificação e, por possuir uma de suas sete dimensões relacionada à manutenção e operação do edifício, possibilita a prevenção de infiltrações a partir da erradicação de falhas de concepção e de interferências entre projetos, visando o pleno desempenho da edificação. O objetivo central do trabalho consiste em abordar o uso da tecnologia BIM 7D, com o uso da extensão de interoperabilidade *COBie* aplicadas a um estudo de caso de edificação com presença de patologias de infiltração. Propõe-se, a partir disto, a sugestão do uso da ferramenta para a colaboração na construção de futuras edificações, por exemplo, contribuindo para o cumprimento da norma de desempenho NBR 15575:2021. Desta forma, espera-se que, com a utilização do BIM, as edificações habitacionais tenham um desempenho satisfatório e atinjam o comportamento apropriado durante o uso.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - As dimensões do BIM 12
Figura 2 - Interferência entre projetos, visualizada pela tecnologia BIM 14
Figura 3 - Exemplificação do arquivo COBie em formato Excel 15
Figura 4 - Água ascendendo por capilaridade na parede de alvenaria 17
Figura 5 - Ocorrência de mofo na parede da sala 19
Figura 6 - Parte inferior da janela 20
Figura 7 - Fundo das gavetas do armário 20
Figura 8 - Ferramentas de interoperabilidade BIM (BIM Interoperability Tools) aplicadas em um projeto teste 22
Figura 9 - Configurações de um projeto teste (Setup project) 23
Figura 10 – Definições de parâmetros de um projeto teste (Setup project) 23
Figura 11 - Gerenciador de zonas (Zone manager) de um projeto teste 24
Figura 12 - Criação de zonas 24
Figura 13 - Planilha Excel gerada a partir das ferramentas de inoperabilidade BIM de um projeto teste 25

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS 4
RESUMO 5
LISTA DE FIGURAS 6
1 INTRODUÇÃO 8
2 METODOLOGIA 10
2.1 Revisão bibliográfica 10
2.1.1 A evolução dos *softwares CAD* 10
2.1.2 Tecnologia BIM e suas dimensões 11
2.1.3 O REVIT 13
2.1.4 Norma de desempenho 16
2.1.5 Principais conceitos observados no estudo de caso 17
2.2 Estudo de caso atendido pelo Projeto Arejar 18
3 RESULTADOS 22
4 CONCLUSÃO 26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 27

1 INTRODUÇÃO

A construção civil baseia-se, atualmente, em um conjunto de projetos de diferentes especificidades. Sabe-se que, pelo grau de complexidade de cada área a ser considerada na construção, é comum que a edificação seja projetada por uma equipe de engenheiros e profissionais que atuam na área. Dessa forma, o sucesso do empreendimento depende diretamente da comunicação entre os responsáveis (EASTMAN, 2008).

Cada pessoa ou equipe envolvida no projeto é responsável por gerar um conjunto de informações que posteriormente é analisado para que a próxima fase seja iniciada. Ainda que isso ocorra de maneira rápida, trata-se de um procedimento altamente susceptível a erros, uma vez que não existe interação em tempo real entre as equipes. Assim, caso um equívoco seja identificado no *design* original, dificilmente o processo de elaboração de projetos será iniciado novamente (EASTMAN, 2008).

O Relatório de Avaliação da Execução de Programa de Governo nº 66 avaliou 55 empreendimentos projetados e executados pelo Programa Minha Casa Minha Vida, programa de habitação federal do Brasil. Entre as conclusões entregues pelo relatório, é possível observar que 90,9% das residências avaliadas foram executadas segundo o projeto padrão. Porém, 56,4% apresentaram elementos deteriorados dentro do prazo de garantia, estabelecido como 5 anos pelo Programa Minha Casa Minha Vida (BRASIL, 2017). Observando esse exemplo, é possível notar que existe falha na concepção dos projetos, uma vez que a execução, realizada em concreto moldado *in loco* foi efetuada conforme previsto.

A tecnologia BIM (*Building Information Modeling*) surgiu com a necessidade de melhorar as tomadas de decisão e reunir informações das quais depende o êxito da edificação. Seu desenvolvimento torna-se um passo estratégico para sustentar o ciclo virtuoso de melhoria de processos, elevação da produtividade e utilização eficiente de recursos disponíveis (CAMPESTRINI, 2015).

O BIM engloba todas as particularidades e sistemas de uma edificação, favorecendo o compartilhamento dessas com os responsáveis pelos projetos, execução e uso. A metodologia é dividida em dimensões, sendo uma delas relacionada à manutenção e operação do edifício, avaliando diretamente quais são as intervenções necessárias para seu pleno funcionamento (PINTO, 2018). Justifica-se então a utilização de metodologia BIM no exemplo abordado, com a qual seria

possível observar possíveis interferências entre projetos, possivelmente responsáveis pela deterioração precoce das estruturas analisadas pelo Programa Governamental.

O mesmo relatório também aponta que 46% das edificações apresentaram problemas com infiltração e 24,2% apresentaram vazamentos. Tais patologias contribuem para o aumento da condição úmida do ambiente, impulsionando a proliferação de fungos, que atingem seu estágio avançado na forma de mofo (MAIA, 2018). De acordo com o Caderno de Atenção Básica – Doenças Respiratórias Crônicas, produzido pelo Ministério da Saúde em 2010, o principal tratamento não farmacológico para doenças respiratórias crônicas consiste na não exposição a fatores agravantes, como a presença de mofo (BRASIL, 2010).

Com o intuito de auxiliar a população na identificação de patologias nas edificações que possam ser associadas a infiltrações, foi criado em 2020 o Projeto Arejar – Estruturas Saudáveis. O Projeto de extensão da Universidade Federal de São João del Rei - *Campus* Alto Paraopeba, visa a diminuição de agentes patogênicos causados pela presença excessiva de umidade da residência, os quais são responsáveis por impulsionar problemas respiratórios. Criada durante a pandemia causada pela *COVID-19* e oferecendo consultorias gratuitas, a iniciativa tem o intuito de minimizar a demanda por atendimento médico em pronto atendimentos.

Desde o início das pesquisas do Projeto Arejar, é notória a falta de informações comprobatórias que correlacionem patologias estruturais, presença de mofo e problemas respiratórios dos moradores. Segundo dados de 2013 da Organização Mundial da Saúde (OMS), 30% da população brasileira possui algum tipo de alergia no trato respiratório. A rinite alérgica é uma das mais altas do mundo com 25% de prevalência, seguida pela asma alérgica, atingindo cerca de 20% da população.

O meio acadêmico ainda carece de pesquisas que estabeleçam relação entre problemas respiratórios e qualidade de moradia. Infelizmente, poucos são os estudos de base populacional que foram capazes de investigar quais são os fatores associados aos problemas respiratórios. Porém, sabe-se que as Doenças respiratórias agudas (DRA) do tipo não infecciosas (como rinite alérgica e asma) têm suas condições agravadas pela presença de impurezas no ar. De acordo com TANAKA et al. (1979) a poeira é a principal fonte de alérgenos no ambiente

residencial, sendo essa composta por fibras, esporos de fungos, polens, fragmentos e fezes de insetos, epitélios humanos e de animais e ácaros. Logo, o surgimento de bolor, ocasionado pela presença de umidade em uma edificação, muitas vezes através de problemas de infiltração, influencia na manifestação de sintomas respiratórios.

Durante o segundo atendimento, a equipe do Projeto analisou o caso de uma residência construída pelo Minha Casa Minha Vida. O presente trabalho objetiva mostrar como a utilização da tecnologia BIM auxiliaria na prevenção das patologias construtivas observadas. Além disso, visa revisar conceitos presentes no estudo como forma de enriquecimento da comunidade acadêmica.

2 METODOLOGIA

A metodologia adotada consiste no estudo de caso de um atendimento realizado pelo Projeto Arejar. A partir das informações observadas nesse tópico e nos conceitos de BIM, será feita uma Revisão Bibliográfica buscando o aprofundamento do tema tratado.

O resultado da pesquisa será dado através da modelagem de um exemplo de habitação no *Revit* (*software* BIM para arquitetura, urbanismo, engenharia e *design*), utilizando a extensão *COBie*. Espera-se observar como a tecnologia BIM auxiliaria na prevenção dos problemas relatados pela moradora da edificação estudada.

2.1 Revisão bibliográfica

2.1.1 A evolução dos *softwares CAD*

As ferramentas *Computer-Aided Design* (AutoCAD) revolucionaram todo o setor da construção nos anos 60. Para Kale e Arditi (2005), “Os *softwares* BIM fazem parte da terceira geração dos *softwares* CAD, ou seja, são desenvolvidos com base na associação de informações geométricas com informações não geométricas”. Dessa forma, com a necessidade de praticidade e agilidade nos serviços de projetos dos tempos hodiernos, o software *AutoCAD* vem sendo substituído por *softwares* que contemplam a tecnologia BIM, como o *Autodesk REVIT*, que “(…) foi

desenvolvido especificamente para a Modelagem de Informação da Construção (BIM), possibilitando que os profissionais de projeto e construção levem suas ideias da concepção até a elaboração, com uma abordagem por modelos coordenada e consistente" (AUTODESK, 2012). Com a utilização do BIM para a execução de projetos, é possível diminuir o tempo de dedicação e proporcionar a compatibilidade entre os sistemas prediais que constituem uma edificação.

2.1.2 Tecnologia BIM e suas dimensões

A tecnologia BIM está revolucionando na indústria da arquitetura, engenharia, construção e operação (AECO) uma vez que contempla a automatização de projetos e a minimização de erros de execução.

Segundo Martinez (2010 apud Santos et al., 2017), o BIM permite a construção de um modelo digital do edifício que representa não só suas características geométricas, mas também o inter-relacionamento entre seus componentes e os inúmeros parâmetros e atributos destes, fornecendo informações relevantes para a tomada de decisão. Assim, se o modelo não possui inteligência paramétrica, ele não pode ser chamado modelo BIM (MOTTER; CAMPELO, 2014).

O vasto campo de competências as quais a tecnologia é capaz de abordar é dividido por áreas de informação, denominadas dimensões. Eastman et al. (2008) e Karmeedan (2010) definem essa capacidade multidimensional do BIM como modelagem 'nD', pois tem a capacidade de adicionar um quase número infinito de dimensões no modelo de construção.

As dimensões do BIM são o 3D, 4D, 5D, 6D e 7D, como pode ser visualizado na Figura 1.

Figura 1 - As dimensões do BIM

Fonte: BIBLUS, 2018.

Segundo a Hashtag BIM (2016), as competências abordadas por cada dimensão são:

2.1.2.1 *3D (Forma)*

Diz respeito à existência das condições do modelo, segurança e logística do modelo proposto; animação, renderização e passeios virtuais; precisão a *laser* para desenvolvimento de um layout orientado por um campo BIM.

2.1.2.2 *4D (Cronograma – tempo)*

Diz respeito à simulação das fases de projeto; cronograma enxuto; validação visual para aprovação de pagamentos.

2.1.2.3 *5D (Estimativa de custo)*

Diz respeito à concepção do projeto em tempo real e planilha orçamentária; extração de dados quantitativos para suporte detalhado no custo de estimativas; verificação de mercado a partir do modelo fabricado; valorização da engenharia; soluções pré-fabricadas.

2.1.2.4 *6D (Sustentabilidade e controle energético)*

Diz respeito à análise de concepções energéticas via *DProfiter*; análise de detecção de energia via ECO TECH; certificação sustentável; certificação LEED; análise de consumo.

2.1.2.5 *7D (Sistema de monitoramento aplicado)*

Diz respeito à estratégia do ciclo de vida e gestão das instalações em BIM; BIM *As Built;* manual do proprietário incorporado ao sistema BIM.

Inúmeros são os benefícios que o BIM traz para a gestão das instalações, tais como o aperfeiçoamento de processos manuais de informações do processo de manutenção (KASSEM et al., 2015) e a redução de dificuldades relacionadas a atividades de gerenciamento da edificação (MOTAWA; ALMARSHAD, 2015). O BIM também pode facilitar estudos de desempenho desejados para uma determinada etapa do ciclo de vida (BECERIK-GERBER et al., 2012).

Existem várias patologias que afetam de maneiras diferentes a estrutura, tais como a infiltração e a umidade. Essas interferências podem ser tratadas na dimensão 7D, a qual contempla, dentre outros fatores, a gestão das instalações, tendo relação direta com o desempenho esperado da construção e com manutenções necessárias.

Por esse motivo, a dimensão 7D é a de maior ênfase no presente trabalho, já que através dela é possível prever as intervenções necessárias à prevenção de problemas decorrentes de infiltrações e umidade. Existem técnicas de impermeabilização específicas para assegurar a durabilidade da estrutura, tais como troca de rejuntamento, aplicação de membrana ou membrana asfáltica, aplicação de argamassa polimérica, entre outros.

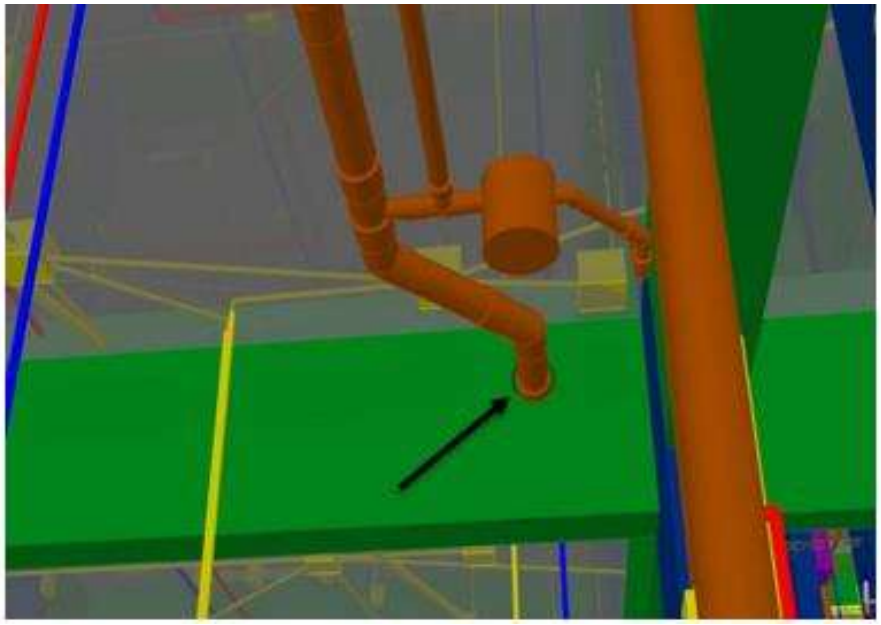
2.1.3 O REVIT

Foram notadas significativas mudanças no novo *software* em relação ao AutoCAD, muito utilizado até então, as quais facilitaram e organizaram a execução de projetos. Dentre as alterações observadas, verifica-se a alteração paramétrica

dos projetos e verificação das inconsistências. De acordo com Lee et al (2006), os sistemas BIM oferecem recursos que favorecem a representação e a visualização e que permitem a modificação dos elementos de forma direta e intuitiva. Eles garantem a centralização da informação e possibilitam que as atualizações sejam facilmente registradas. Sendo assim, as modificações em uma parte do projeto propagam automaticamente atualizações em outras. Dessa forma, é possível analisar a compatibilização dos projetos de instalações da residência, prevendo possíveis interferências e evitando-as ainda na etapa de projeto.

Na Figura 2 é possível identificar uma interferência entre os projetos estrutural e hidrossanitário, na qual a tubulação passa por uma viga. A visualização de tal incompatibilidade pode ser realizada graças aos recursos operacionais proporcionados pelo BIM.

Figura 2 - Interferência entre projetos, visualizada pela tecnologia BIM



Fonte: (Barbosa, 2020).

2.1.3.1 *O COBie*

Para o tratamento da gama de informações, atualmente existem vários *softwares* utilizados na gestão de instalações correspondentes à dimensão 7D do

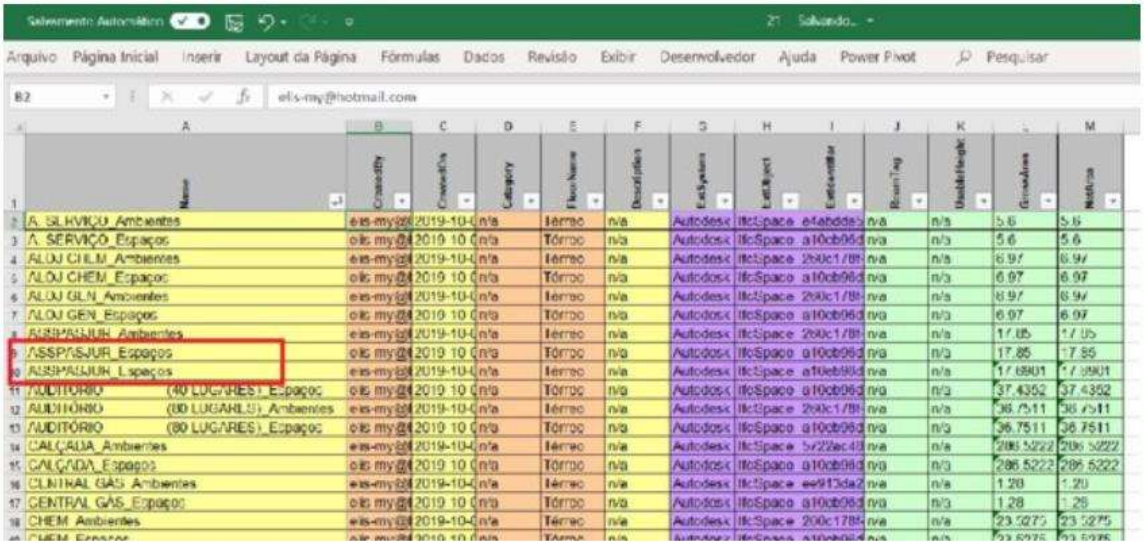
BIM, referente à gestão das instalações da construção. Um dos padrões abertos internacionais para a troca de informações é o *COBie*, acrônimo do inglês *Construction Operations Building information exchange* (Construção de Operações – Construção de troca de informações), extensão responsável por organizar e dispor as informações durante as fases de projeto e execução de obra.

Segundo FARIAS e RAYHANE (2020):

> "A gerência de dados ocorre por um processo de importação dos dados de um *software* BIM e o gerenciamento dos dados como ativos. Este processo ainda está em processo de aprovação (aceitação) no qual o mesmo se encaixa de forma sólida com a Norma de Desempenho NBR 15575. A norma alinha a expectativa de vida da edificação e as preocupações com a expectativa de vida útil, o desempenho, a eficiência, a sustentabilidade e a manutenção dessas edificações, tendo para esse conceito a sigla CCV (Custo do Ciclo de Vida)."

Segundo Manzione (2013), o padrão *COBie* especifica e identifica o conjunto mínimo de informações necessárias para a gestão dos ativos de uma edificação ao longo do ciclo de vida, o qual pode ser visualizado durante as fases de projeto, construção e manutenção por meio de planilhas, em formato *Excel*. Na Figura 3 é possível visualizar um arquivo *COBie* em formato *Excel*.

Figura 3 - Exemplificação do arquivo COBie em formato Excel



Fonte: Borreli (2020).

2.1.4 Norma de desempenho

Atualmente, fica clara a necessidade de reduzir a chance de se cometer erros construtivos, o que, segundo VERÇOZA (1991), é possível quando se conhece os problemas ou defeitos que uma edificação pode vir a apresentar. Os exemplos de presença de umidade, bem como de todas as outras possibilidades que podem ocorrer na edificação, devem ser contemplados durante a concepção do projeto de impermeabilização.

Nesse sentido, a NBR 15575:2021 determina a necessidade de elaboração de um projeto de impermeabilização. Responsável por estabelecer exigências e recomendações que ditam sobre o projeto de impermeabilização, no que tange ao planejamento e execução, a Norma de Desempenho visa estabelecer condições mínimas de proteção da construção contra passagem de fluidos. Além disso, também prevê a necessidade de atender às solicitações do usuário no que se refere ao conforto e salubridade. Assim, a Norma provisiona a elaboração de métodos impermeabilizantes que garantam a estanqueidade dos elementos construtivos de acordo com a necessidade do usuário final, além dos elementos mínimos.

A norma de desempenho NBR 15575:2021 apresenta seis partes, as quais apresentam os critérios, requisitos e metodologias de avaliação de desempenho dos sistemas de uma edificação. Por ter trazido mudanças necessárias no setor da construção civil para o atendimento das exigências normativas, a norma contribui para o bom desempenho de uma edificação.

Segundo a NBR 15575:2021, o desempenho almejado com os critérios estabelecidos pela Norma está baseado nas exigências dos usuários. Essas exigências, que antes eram subjetivas, foram traduzidas em requisitos técnicos com parâmetros definidos a serem atingidos (SANTOS FILHO, 2015).

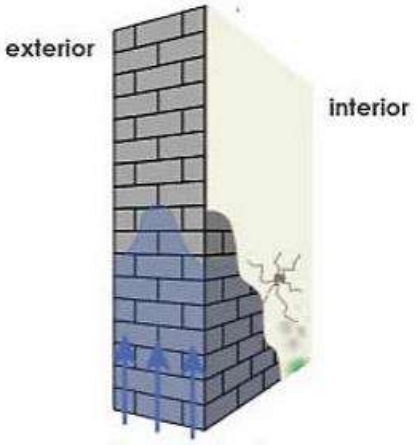
A norma de desempenho cita sobre a vida útil da estrutura, que deve ser igual a, no mínimo, 50 anos. Nesta ótica, as edificações devem seguir um projeto que contemple as dimensões apresentadas pelo BIM, visando o bom desempenho, o prolongamento da vida útil e conservação.

2.1.5 Principais conceitos observados no estudo de caso

2.1.5.1 *Umidade ascensional*

A porosidade intrínseca aos materiais utilizados na construção é responsável por criar pequenos canais, pelos quais a água pode ascender. A tal fenômeno dá-se o nome de capilaridade, sendo esse o que permite o fluxo d'água vertical por entre os vazios existentes, ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Água ascendendo por capilaridade na parede de alvenaria



Fonte: HOME-DRY (2015).

De acordo com Magalhães (2008) a umidade do terreno, ou umidade ascensional, pode ter sua origem em um lençol freático ou ser natural do próprio solo. Assim, o autor acrescenta ainda que a ascensão pode atingir alturas significativas, o que dependerá das condições de evaporação do ambiente, da porosidade e permeabilidade do material afetado e da quantidade de água em contato com a estrutura.

2.1.5.2 *Umidade de Infiltração*

Segundo Venturini (2009), trata-se da umidade que transpõe de uma parte a outra através de pequenas trincas ou divisórias. Geralmente a percolação dessa água é decorrente da ação da chuva, podendo ser intensificada pelo vento.

O estilo de construção em alvenaria estrutural, comumente utilizado no Brasil, apresenta materiais que dispõem de facilidade para absorção da umidade do ar e

está sujeito também a falhas nos pontos de encontro dos elementos construtivos, como esquadrias.

2.1.5.3 *Umidade por Condensação*

Esse tipo de umidade é originado do vapor d'água presente no ambiente e decorrente da condensação desse vapor sobre um elemento construtivo qualquer. Assim, se faz comum em banheiros, saunas e frigoríficos. Por se tratar de inserção de água pelo ar, não é capaz de atingir grandes profundidades, ocorrendo então de maneira superficial.

Queruz (2007) disserta sobre as diferenças do comportamento de cada material perante à condensação da água. Segundo o autor, os materiais mais densos são mais prejudicados pela condensação, em contrapartida os menos densos sofrem menos com o fenômeno.

Em relação à Norma de Desempenho NBR 15575:2021, a estanqueidade à água é tratada como sendo de suma importância para evitar processos deletérios dos materiais, acarretando na corrosão dos materiais por exemplo, e também para evitar a proliferação de fungos, bactérias e doenças respiratórias. Como exigências de estanqueidade à água, a Norma engloba a umidade por condensação, infiltração e ascensional, como as citadas acima e que serão pauta do estudo de caso a seguir.

2.2 Estudo de caso atendido pelo Projeto Arejar

O estudo de caso refere-se a um apartamento localizado na cidade de Ouro Branco, Minas Gerais. O imóvel, construído com verba do Programa do Governo Federal *Minha Casa Minha Vida*, localiza-se no Condomínio Jardim Panorama. O terreno analisado possui ampla área permeável coberta por gramíneas. Além disso, é cercado pelo Parque Estadual da Serra de Ouro Branco, que proporciona sombra e umidade natural. Durante o atendimento, a moradora relatou problemas com umidade excessiva em todos os cômodos do apartamento, originando mofo nas paredes e móveis, conforme observado nas imagens disponibilizadas e de uso autorizado pela moradora.

Figura 5 - Ocorrência de mofo na parede da sala

Fonte: arquivo pessoal da moradora.

Figura 6 - Parte inferior da janela

Fonte: arquivo pessoal da moradora.

Figura 7 - Fundo das gavetas do armário

Fonte: arquivo pessoal da moradora.

Como protocolo de atendimento, a equipe do Projeto Arejar recebe a queixa, levanta internamente as hipóteses de causa dos problemas observados e retorna orientações para resolução ou amenização do caso. No objeto de estudo, foi relatado pela moradora que as patologias ocorriam em outros apartamentos do mesmo condomínio, logo, levantou-se a hipótese de possível erro de projeto ou execução de obra.

Observando em fotos e vídeos o padrão de aparecimento de infiltrações e mofo, a equipe passou a considerar a possibilidade de falta de impermeabilização das vigas baldrames e de alta Umidade Relativa no apartamento. Por impossibilidade de exclusão de uma das alternativas, ambas foram previstas no documento elaborado para minimização de suas consequências.

As soluções propostas no documento, mesmo divididas entre as duas hipóteses levantadas, poderiam ser aplicadas de maneira simultânea sem danos à moradora. Assim, para o caso de falta de impermeabilização das vigas baldrames, foi proposta a aplicação de material impermeabilizante nas paredes com manifestações patológicas. A solução buscava atenuar a capilaridade natural do concreto através de um tratamento superficial, dada a impossibilidade de um tratamento aprofundado.

Como forma de minimizar os efeitos da alta Umidade Relativa, foram listados alguns tratamentos possíveis:

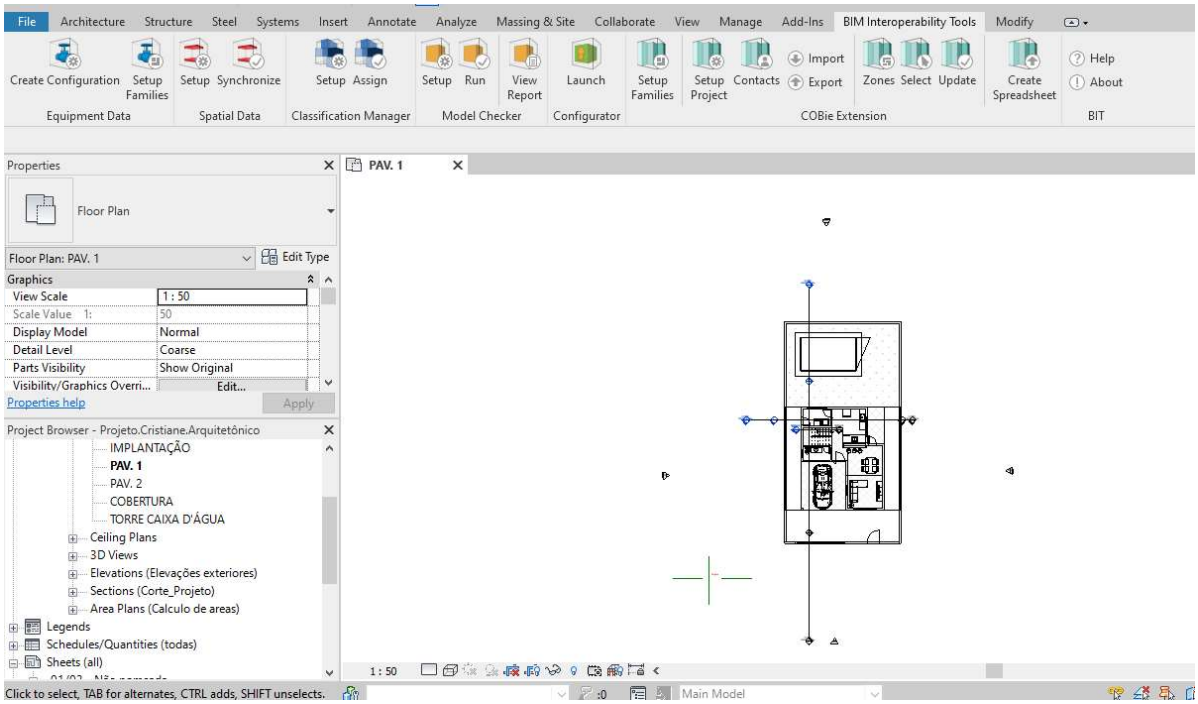
- Utilização de ventiladores ou desumidificadores (salvo em casos de ressecamento de mucosa nasal);
- Após o banho, manter a janela do banheiro aberta e a porta fechada, para não aumentar a umidade de outros cômodos da casa;
- Utilização de tintas acrílicas, já que essas formam uma película impermeabilizante capaz de abrandar o mofo;
- Utilização de vernizes em fundos de quadros e móveis;
- Em dias ensolarados, manter as portas dos armários abertas por pelo menos 1 (uma) hora para que ocorra ventilação;
- Nos cômodos menos ventilados e iluminados do imóvel, recomenda-se desencostar camas e armários das paredes e evitar tapetes, carpetes e cortinas de tecido, uma vez que esses podem reter a umidade e propiciarem a proliferação de fungos e bactérias.

3 RESULTADOS

Para observar como a tecnologia BIM poderia auxiliar no caso estudado pelo Projeto Arejar, foi modelada uma habitação padrão no *software Revit,* denominada de projeto teste. Pela indisponibilidade da planta do local e a impossibilidade de visita presencial, não foi possível realizar a modelagem conforme a edificação estudada.

Como proposto pelo trabalho, optou-se por utilizar a extensão *COBie* para reunir informações que provavelmente foram negligenciadas, dadas as patologias relatadas pela moradora. Simulou-se, então, a edificação do estudo de caso no *software* Revit, e denominou-se o projeto como “projeto teste”. A interface da extensão pode ser observada na Figura 8.

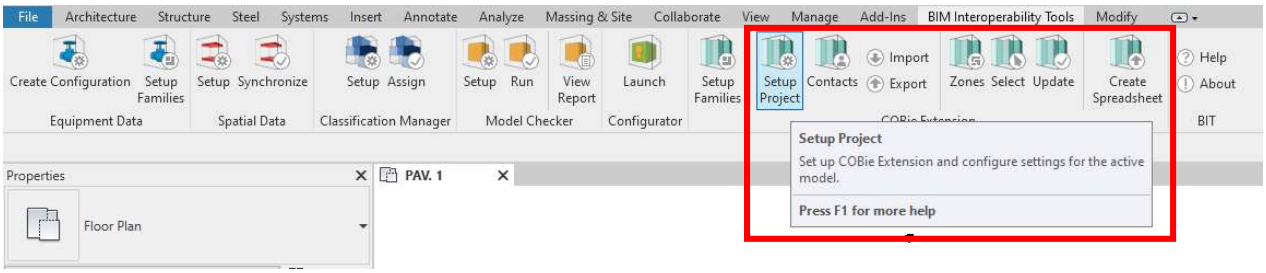
Figura 8 - Ferramentas de interoperabilidade BIM (*BIM Interoperability Tools)* aplicadas em um projeto teste



Fonte: Software Revit.

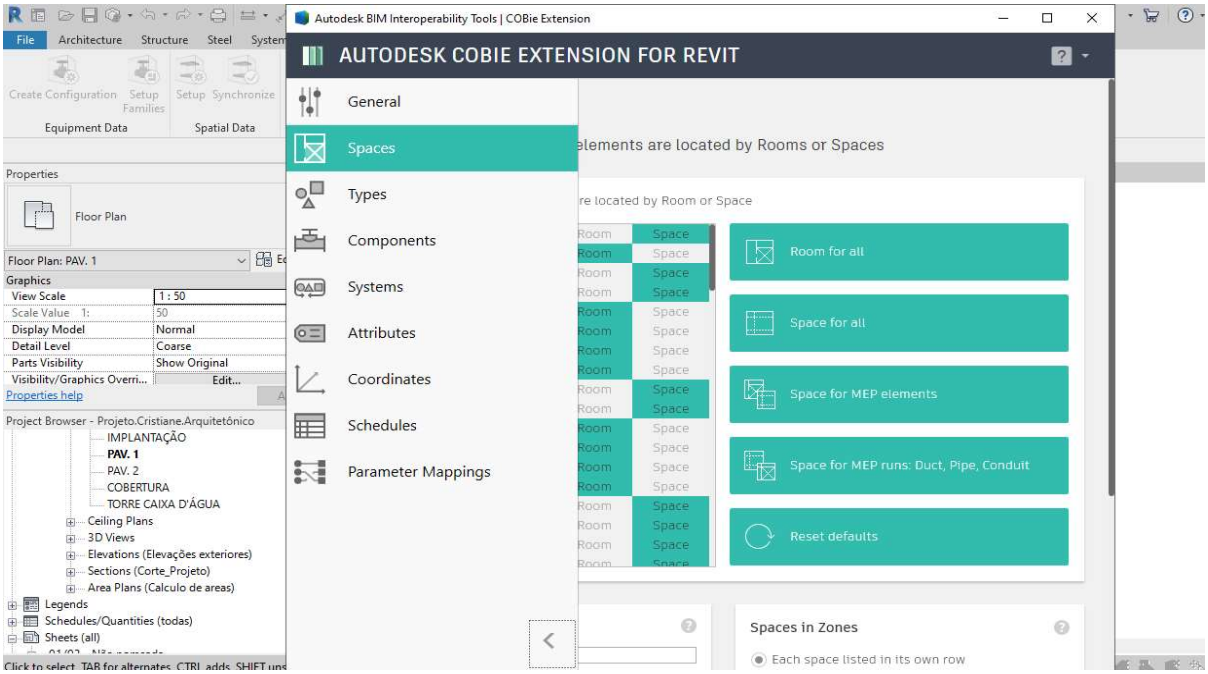
Como forma de aproximar o projeto da realidade do caso atendido, foram definidos parâmetros: divisão dos cômodos em espaços ou quartos, dada a necessidade de análise de cada um, nome dos cômodos, tipos de instalação a serem exportadas para a planilha, unidade de medida dos sistemas, entre outros. Todos eles foram definidos conforme orientação da *BIM Interoperability Tools* através de uma coleção de aulas explicativas que auxiliam na utilização de produtos da Autodesk. O mapeamento de parâmetros foi realizado conforme as Figuras 9 e 10.

Figura 9 - Configurações de um projeto teste (*Setup project*)



Fonte: Software Revit.

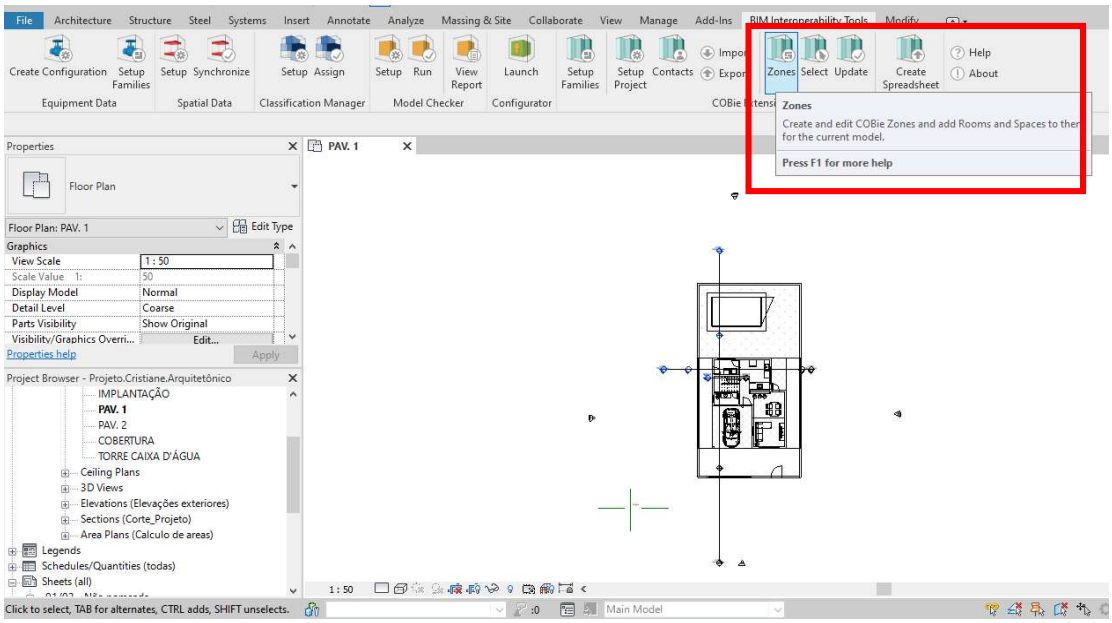
Figura 10 – Definições de parâmetros de um projeto teste (*Setup project)*



Fonte: Software Revit.

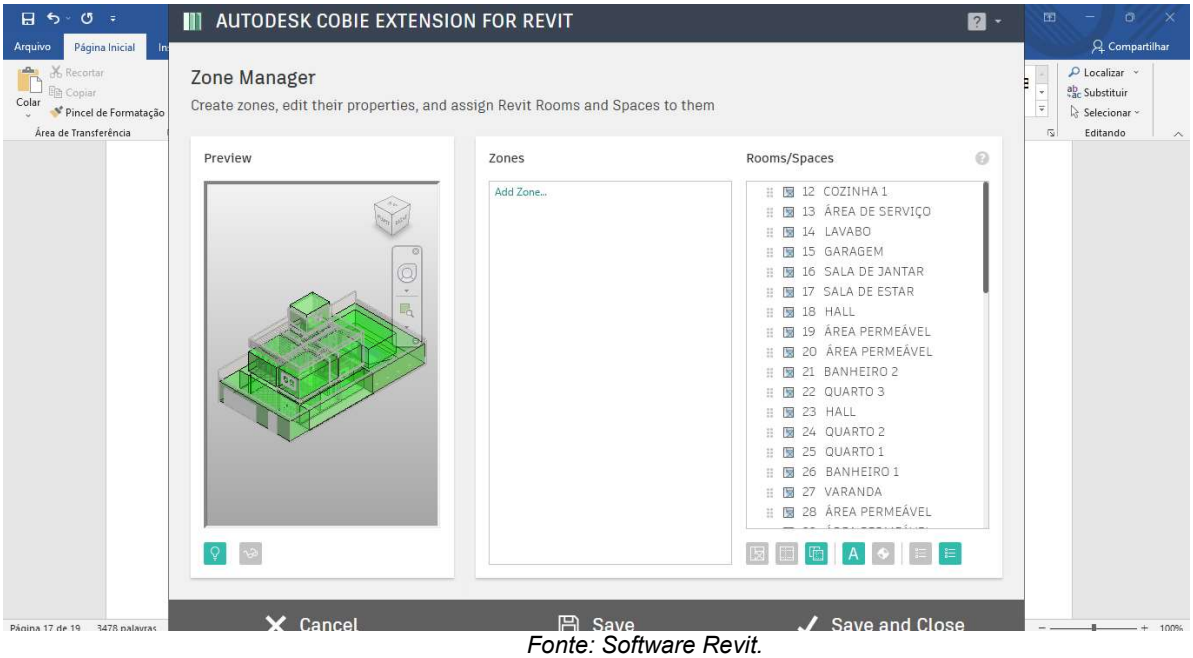
A extensão *COBie* permite a divisão do modelo projetado em zonas, das quais é possível extrair informações precisas sobre as possíveis causas para as patologias denunciadas pela moradora. De acordo com o caso estudado, seria possível criar zonas para o telhado, janelas, vigas baldrame e paredes dos banheiros. Assim, seria observado ainda em fase de projeto as áreas que necessitam de impermeabilização observadas nas imagens do tópico 2.2 do presente trabalho. Nas Figuras 11 e 12 é possível visualizar a divisão das zonas dentro do *software*.

Figura 11 - Gerenciador de zonas (*Zone manager*) de um projeto teste



Fonte: software Revit.

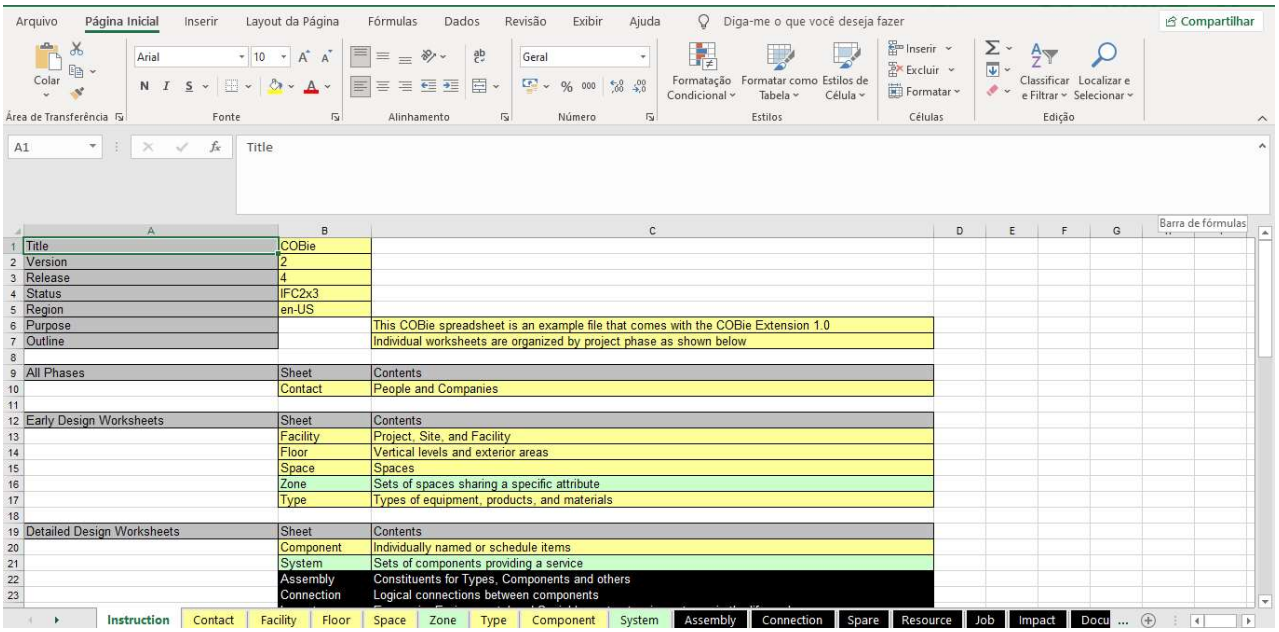
Figura 12 - Criação de zonas



Fonte: Software Revit.

Quando exportada como planilha de Excel, a extensão COBie reúne todas as informações relacionadas à zona ou à família de elementos definidos durante a modelagem. Abaixo, é demonstrada na Figura 13 uma planilha Excel a partir de um projeto gerenciado pela extensão COBie, após todas as configurações supracitadas.

Figura 13 - Planilha *Excel* gerada a partir das ferramentas de inoperabilidade BIM de um projeto teste



	A	B	C
1	Title	COBie	
2	Version	2	
3	Release	4	
4	Status	IFC2x3	
5	Region	en-US	
6	Purpose		This COBie spreadsheet is an example file that comes with the COBie Extension 1.0
7	Outline		Individual worksheets are organized by project phase as shown below
8			
9	All Phases	Sheet	Contents
10		Contact	People and Companies
11			
12	Early Design Worksheets	Sheet	Contents
13		Facility	Project, Site, and Facility
14		Floor	Vertical levels and exterior areas
15		Space	Spaces
16		Zone	Sets of spaces sharing a specific attribute
17		Type	Types of equipment, products, and materials
18			
19	Detailed Design Worksheets	Sheet	Contents
20		Component	Individually named or schedule items
21		System	Sets of components providing a service
22		Assembly	Constituents for Types, Components and others
23		Connection	Logical connections between components

Fonte: autoria própria.

Reunindo as informações em arquivo *Excel*, faz-se possível a criação de planos de manutenção da estrutura tratada. Acrescentando a data de execução aos componentes existentes em cada zona e estabelecendo sua vida útil, tem-se o período em que será demandada a manutenção regular, conforme previsto na Norma de Desempenho.

O recurso é especialmente interessante para construtoras que atendem programas governamentais como o citado na introdução do presente artigo. A possibilidade de utilização de planilhas dinâmicas, por exemplo, possibilita o tratamento do grande volume de dados gerados em cada edificação.

O mesmo plano de manutenção pode ser disponibilizado também ao morador, para que esse fique ciente das necessidades de manutenção que são de sua responsabilidade. Além disso, funciona como histórico do que foi realizado na edificação. Caso aplicado no exemplo estudado, seria possível identificar quais impermeabilizações foram feitas na estrutura e em qual data, compreendendo a origem das patologias.

Finalmente, a planilha exportada pela extensão *CObie* também possui registro dos fornecedores de materiais de construção que atenderam a edificação, facilitando o contato em caso de identificação de problemas em algum material utilizado. São

gerados, pela extensão, arquivos em formato .xml, que podem ser importados pelo fornecedor para identificação dos itens.

4 CONCLUSÃO

Por se tratar de uma ferramenta inovadora, a utilização da extensão COB*ie* possui a desvantagem de não possuir grande quantidade de matérias capazes de instruir o profissional. Dessa forma, é necessário que o responsável pelo projeto possua conhecimento significativo no que tange à modelagem da planta no *Revit* para que consiga desfrutar dos benefícios que a extensão oferece.

Entretanto, após o domínio da ferramenta, muitas são as vantagens em utilizá-la. Observa-se economia de tempo, uma vez que as interferências entre projetos são previstas ainda na modelagem. Além disso, também fica clara a redução de recursos gastos com a obra, oriunda da diminuição de possíveis erros construtivos. Por fim, também é possível prever melhorias no relacionamento entre cliente/usuário final da construção e construtora, já que o plano de manutenção, a ser elaborado na planilha, divide responsabilidades e assegura ambas as partes.

Conclui-se então que a tecnologia BIM, aplicada através da extensão COBie dentro do *software* Revit, pode ser útil na prevenção das patologias como as do estudo de caso analisado neste artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **NBR 15575: Edificações habitacionais - Desempenho**. Rio de Janeiro, 2021.

AUTODESK, Revit White Paper. **Building Information Modeling for Sustainable Design.** Disponível em <http://www.autodesk.com/bim>.

BECERIK-GERBER, Burcin et al. **Application Areas and Data Requirements for BIM-Enabled Facilities Management.** Journal Of Construction Engineering And Management, [s.l.], v. 138, n. 3, p.431-442, mar. 2012

BIBLUS (2018). **BIM dimensions – 3D, 4D, 5D, 6D, 7D BIM explained**. Disponível em: <http://biblus.accasoftware.com/en/bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-7d-bim-explained/>

BOMFIM, Carlos Alberto. **Gestão de Obras com BIM: Uma nova era para o setor da Construção Civil**. SIGraDi, Buenos Aires, v. 1, n. 20, p. 9-11, nov./2016.

BORRELI, Elis Mayumi Yamamoto. **Requisitos para aplicação de modelos BIM nas atividades de manutenção e operação de edificações.** [recurso eletrônico] / Elis Mayumi Yamamoto Borrelli – Curitiba, 2020.

CAMPESTRINI, T. F. et al. **ENTENDENDO BIM**. 1. ed. Curitiba: UFPR, 2015. p. 1-50.

Cardoso, A.; Maia, B.; Santos, D.; Neves, J.; Martins, M. (2013). BIM: O que é? Universidade do Porto. Disponível em: <https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/cd_2012_13/files/REL_12MC08_03.PDF>

EASTMAN, C. et al. BIM Handbook: **A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. 1 ed. Atlanta: John Wiley & Sons, 2008. p 1-503.

FARIAS, J. C.; RAYHANE, S. **O que é BIM 7D?.** [S.l.]: [s.n.], 2020.

HASHTAG BIM. **Bim do 3D ao 7D**. Disponível em: <https://hashtagbim.wordpress.com/2015/10/12/bim-do-3d-ao-7d/>

HOME-DRY. 2015. **Humidade nas Paredes**. Disponível em: http://www.homedry.ch/humidade-nas-paredes/?lang=pt-pt.

KALE, S; ARDITI, D. **Diffusion of Computer Aided Design Technology in Architectural Design Practice**. Jornal of Construction Engineering and Management (ASCE), v. 131, p. 1135-1141, 2005.

KASSEM, Mohamad et al. **BIM in facilities management applications: a case study of a large university complex**. Built Environment Project And Asset Management, [s.l.], v. 5, n. 3, p.261-277, 6 jul. 2015.

LEE, Ghang, et al. **Specifying parametric building project behavior (BOB) for a building information modeling system**. Automation in Construction, n. 15, 2006, p.758-776. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locate/autcon>.

MAGALHÃES, D. T. **Inspeção, diagnóstico e controle da ascensão capilar de águas do terreno pelas alvenarias**. Vila Real,2008. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil). Universidade de Trás-os-montes e Alto Douro.

MAIA, Davi Moreira. **MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS CAUSADAS PELA INFILTRAÇÃO EM MORADIAS DO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA. Mossoró.** UFERSA, 2018.

MANZIONE, Leonardo. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 325 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). **Doenças Respiratórias Crônicas**. Cadernos de Atenção Básica, 2010; n. 25; Brasília – DF. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/doencas_respiratorias_cronicas.pdf

MINISTERIO DA TRANSPARÊNCIA, FISCALIZAÇÃO E CONTROLADORIA-GERAL DA UNIÃO. **Relatório de avaliação da execução de programa de governo nº 66. Brasília; 2017**. (Programa Minha Casa Minha Vida – FGTS).

MOTAWA, Ibrahim; ALMARSHAD, Abdulkareem. **Case-based reasoning and BIM systems for asset management**. Built Environment Project And Asset Management, [s.l.], v. 5, n. 3, p.233-247, 6 jul. 2015.

MOTTER, A.G.; CAMPELO H.Q. **Implantação da tecnologia BIM em escritórios de projetos na região de Curitiba - estudo de casos**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil, Setor de Tecnologia, da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014

PINTO, B. F. (2018). **Avaliação dos Benefícios da Manutenção Preventiva Apoiada em Modelo BIM**. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 65 p. Disponível em:
<https://bdm.unb.br/bitstream/10483/20552/1/2018_BiancaFonsecaPinto_tcc.pdf>

QUERUZ, Francisco (2007). **CONTRIBUIÇÃO PARA IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS AGENTES E MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO EM EDIFICAÇÕES DA VILA BELGA**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

RISSON, Matheus (2018). **Gestão da manutenção de uma edificação pública com uso de modelo BIM: estudo de caso no CRAS-Biguaçu/SC**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, SC, 166 p. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/192199/TCC%20-%20Matheus%20Risson.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SANTOS FILHO, V. M. **Norma de Desempenho: Uma visão da história e de seu atendimento no cenário atual da indústria da construção civil. 2015**. In: Revista on-line IPOG – ESPECIALIZE, 2015, Brasília/DF.

Tanaka, Westphal MF, Carneiro MMS. **Higiene do ambiente físico da asma brônquica**. Pediatr. 1979;1:319-325.

VENTURINI, G. **Estudo dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções – análise de casos**. Dissertação de mestrado. Santa Maria, 2009.

VERÇOZA, E. J. **Patologia das Edificações**. Porto Alegre, Editora Sagra, 1991.

172p.