

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
Escola de Engenharia  
Especialização em Gestão e Tecnologia na Construção Civil

Paulo Henrique Weskerson Rodrigues

**DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA PARA CANTEIRO DE OBRAS A PARTIR DO BIM**

Belo Horizonte

2021

Paulo Henrique Weskerson Rodrigues

## **DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA PARA CANTEIRO DE OBRAS A PARTIR DO BIM**

Monografia apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Marques  
Arantes

Belo Horizonte  
2021

R696d

Rodrigues, Paulo Henrique Weskerson.  
Documentação Técnica para canteiro de obras a partir do BIM  
[recurso eletrônico] /Paulo Henrique Weskerson Rodrigues. – 2021.  
1 recurso online (51 f. : il., color.) : pdf.

Orientador: Eduardo Marques Arantes.

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em  
Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG.

Bibliografia: f. 49-51.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Construção civil. 2. Modelagem de informação da construção.  
3. Realidade Virtual. I. Arantes, Eduardo Marques. II. Universidade  
Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 69



## ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

ALUNO: PAULO HENRIQUE WESKERSON RODRIGUES

MATRÍCULA: 2020687652

### RESULTADO

Aos 11 dias do mês de agosto de 2021 realizou-se a defesa da MONOGRAFIA de autoria do aluno acima mencionado sob o título:

"DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA PARA CANTEIRO DE OBRAS A PARTIR DO BIM"

Após análise, concluiu-se pela alternativa assinalada abaixo:

APROVADO

APROVADO COM CORREÇÕES

REPROVADO

NOTA: 85

CONCEITO: B

### BANCA EXAMINADORA:

Nome

Prof. Dr. Eduardo Marques Arantes

Assinatura

Eduardo Marques  
Arantes:63619547653

Assinado de forma digital por  
Eduardo Marques  
Arantes:63619547653  
Dados: 2021.08.12 09:37:44 -03'00'

Nome

Engº. Civil Flávio Henrique Coelho dos Santos

Assinatura

O candidato faz jus ao grau de "ESPECIALISTA EM CONSTRUÇÃO CIVIL: "GESTÃO E TECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL"

Belo Horizonte, 11 de agosto de 2021

Antonio Neves de  
Carvalho  
Junior:78724104604

Assinado de forma digital por  
Antonio Neves de Carvalho  
Junior:78724104604  
Dados: 2021.08.13 00:50:42  
-03'00'

Coordenador do Curso

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus. À minha mãe, Ulda, e minha irmã, Karen, pelo suporte. À minha namorada, Isabela, pelo amor, carinho, companheirismo e incentivo incondicionais.

Ao professor Eduardo Marques Arantes pela contribuição, disponibilidade constante e compartilhamento do conhecimento. Aos professores do Curso de Especialização que em um momento tão delicado, no advento da pandemia da covid-19, foram capazes de se reinventarem para cumprir a missão de construir conhecimento.

A UFMG por ceder, mais uma vez, uma de suas cadeiras para que eu pudesse sonhar.

## RESUMO

O presente trabalho analisa quais são os benefícios da produção de documentação técnica destinada à obra a partir de ferramentas BIM (modelagem da informação da construção, na sigla em inglês). Percebe-se um aumento na difusão dessas ferramentas no cenário atual (EASTMAN et al., 2018). Na maioria dos casos, a propaganda pró-BIM o situa como solução para diversos problemas da cadeia de produção da indústria da arquitetura, engenharia e construção (AEC). A partir de uma pesquisa bibliográfica qualitativa de cunho exploratório, objetiva-se destacar os benefícios da representação técnica obtidas a partir do BIM. Essa pesquisa situa a modelagem da informação da construção em relação aos métodos convencionais de projeto (CAD 2D e 3D), sob a perspectiva da representação técnica a fim de destacar possíveis avanços. Observou-se nesse trabalho que há vantagens no uso da documentação técnica de obra a partir do BIM. Isso se dá pela possibilidade do uso de modelos virtuais que funcionam como protótipos de construções reais que fornecem alternativas de visualização mais completas da obra. Nesse sentido, a partir dos exemplos coletados nesse trabalho, entende-se que o BIM representa também um avanço na forma de representar e produzir a construção.

Palavras-chave: BIM. Modelos Virtuais. Representação. Documentação de Obra.

## **ABSTRACT**

The present study analyzes the benefits of the technical documentation designed for construction using BIM (Building Information Modeling). There is a widespread increase in the propagation of these tools in the current scenario (EASTMAN et al., 2018). In most cases, the pro-BIM advertisement poses it as a solution to many problems of the architecture, engineering and construction (AEC) industry and their production chain. Based on an exploratory qualitative bibliographic research, the purpose of this study is to highlight the benefits of technical representation using BIM. This research places the building information modeling in relation to conventional design methods (2D and 3D CAD), under the perspective of technical representation, in order to foreground possible developments. Advantages in the use of technical documentation designed for construction using BIM were observed. This was due to the possibility of using virtual models that work as prototypes of real-life constructions that provide alternatives for a more complete visualization of the buildings. Therefore, grounded on the examples collected in this study, it is reasoned that BIM represents a development in the way of representing and producing construction.

Keywords: BIM. Virtual Models. Representation. Technical Documentation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Um objeto (1) e suas vistas bidimensionais (2). .....	16
Figura 2: Ciclo de vida BIM.....	20
Figura 3: Representação gráfica da esfera com base em seu número de vértices.. .....	25
Figura 4: Parede representada em LOD 100. ....	26
Figura 5: Parede representada em LOD 200. ....	26
Figura 6: Parede representada em LOD 300. ....	27
Figura 7: Parede representada em LOD 350. ....	27
Figura 8: Parede representada em LOD 400. ....	28
Figura 9: Modelo BIM evidenciando os elementos MEP e estrutura. ....	30
Figura 10: Modelos tridimensionais para construção de elementos estruturais.....	32
Figura 11: Modelo BIM de uma estrutura metálica para fabricação e montagem. ....	32
Figura 12: Peças estruturais em campo com etiquetas de identificação. ....	33
Figura 13: Planta do modelo BIM com identificação de cada peça. ....	33
Figura 14: Modelo de prancha impressa para obra. ....	34
Figura 15: Dispositivo móvel para acesso de modelos BIM. ....	35
Figura 16: Modelo estrutural BIM acessado através de um celular e à direita a inserção de uma nota para comunicar a equipe de projeto. ....	36
Figura 17: Visualização de dutos em uma obra através de recurso de realidade aumentada via tablet. ....	37
Figura 18: Óculos de realidade aumentada sobrepondo um painel drywall no ambiente real. ....	37
Figura 19: Projeção a laser a partir de modelo BIM acessado via smartphone. ....	38
Figura 20: Lógica de funcionamento de uma estação total robotizada para usos BIM. ....	38
Figura 21: Máquina associada ao modelo BIM prepara o terreno sem operário.....	39
Figura 22: Máquina conduzida semi-automática para cortes e taludes. ....	39
Figura 23: Escritório para consultar modelos BIM em um televisor (esquerda) e tablet para consulta em campo (direita). ....	40
Figura 24: Modelo virtual BIM de um duto de serviços (esquerda) e o elemento construído (direita). ....	41
Figura 25: Modelo virtual BIM e seu corte tridimensional. ....	41
Figura 26: Vista geral da Ponte Randselva a partir do Modelo 3D BIM. ....	42
Figura 27: Detalhes de um trecho da ponte exibindo os detalhes da armação e cabos. ....	43
Figura 28: Estação BIM com televisor para visualização do modelo. ....	43
Figura 29: Dispositivo para visualização do modelo BIM em campo – Trimble Site Vision... ..	44
Figura 30: Visualização de um detalhe construtivo no Trimble Site Vision. ....	44



Figura 31: Visualização de três detalhes construtivos no Trimble Site Vision.....	45
Figura 32: Detalhe de um trecho da ponte exibindo os detalhes da armação. ....	45
Figura 33: Elementos do modelo BIM em cores e com informações anexadas.....	46

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>2D</b>	Duas dimensões
<b>3D</b>	Três dimensões
<b>nD</b>	n (“ene”) dimensões (2D, 3D, 4D, etc.)
<b>AEC</b>	Arquitetura, Engenharia e Construção
<b>AIA</b>	Instituto Americano de Arquitetos ( <i>American Institute of Architects</i> )
<b>BCF</b>	BIM <i>Collaboration Format</i>
<b>BEP</b>	Plano de Execução BIM ( <i>BIM Execution Plan</i> )
<b>BIM</b>	Modelagem da Informação da Construção ( <i>Building Information Modeling</i> )
<b>CAD</b>	<i>Computer Aided Design</i> (Desenho Assistido por Computador)
<b>CBIC</b>	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
<b>GPS</b>	<i>Global Positioning System</i>
<b>IFC</b>	<i>Industry Foundation Classes</i>
<b>LOD</b>	Nível de Desenvolvimento ( <i>Level of Development</i> )
<b>PDF</b>	<i>Portable Document Format</i>

## SUMÁRIO

<b>1 - INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.1 Justificativa .....	12
1.2 Objetivo Geral .....	12
1.3 Objetivos Específicos .....	12
1.4 Método de Pesquisa.....	13
1.5 Limitações do Trabalho .....	13
1.6 Estrutura do Trabalho.....	14
<b>2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	14
2.1 Projeto e Desenho .....	15
2.2 O CAD como extensão da prancheta.....	17
2.3 <i>Building Information Modeling</i> (BIM) .....	19
2.3.1 Objetos BIM e Parametrização .....	21
2.3.2 Modelos Virtuais da Construção.....	22
2.3.3 Nível de Desenvolvimento (LOD).....	24
2.3.4 Compartilhamento de Modelos BIM .....	28
<b>3 - O BIM NA OBRA</b> .....	30
3.1 O fim do papel.....	31
3.2 Exemplos da bibliografia .....	40
3.2.1 Hospital Saint Joseph .....	40
3.2.2 Ponte Randselva.....	41
<b>4 - CONCLUSÕES</b> .....	46
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	49

## 1 - INTRODUÇÃO

O *Building Information Modeling* (BIM), ou Modelagem da Informação da Construção, em português, é apontado como resposta para diversas questões na indústria da arquitetura, engenharia e construção civil (AEC). O BIM, como veremos ao longo deste trabalho, possui abordagens complexas que o situam conceitualmente para além de seu uso estrito como ferramenta (EASTMAN et al., 2014). Ele extrapola os usos convencionais das plataformas digitais aplicadas à construção civil e vem demandando formas mais autênticas de se projetar, colaborar, operar, estabelecer contratos, entre outros (EASTMAN et al., 2018; HARDIN; MCCOOL, 2015).

Pode-se imaginar que as ferramentas BIM são novas, contudo, Lopes (2017), aponta que o conceito da modelagem da informação nasce ainda no início do século XX. O autor demonstra que a criação e avanços da modelagem da informação da construção caminhou juntamente com a evolução de softwares e hardwares e sua consolidação se deu, de fato, a partir dos anos 2000. Entretanto o termo utilizado para designar essas ferramentas (BIM) é recente (CBIC, 2016).

Estimando a importância do BIM para além dos seus benefícios nas atividades projetuais, o presente trabalho se foca em projetos executivos destinados ao canteiro de obras a partir dessas ferramentas. Imagina-se que sua postura disruptiva se estenda à forma como se visualiza e comunica aquilo que se pretende construir.

Assim, foca-se na qualidade da documentação técnica a fim de se compreender como os projetos a partir do BIM podem melhorar a compreensão dos profissionais em campo e contribuir para as atividades no canteiro. Imagina-se que o BIM representa uma quebra de paradigma também na forma de se representar e produzir documentação técnica destinada à execução de obras. E, ainda, supõe-se que é possível extrair materiais técnicos, mais complexos e mais ilustrativos. Esses fatores, supostamente, aumentariam a compreensão dos agentes de obras contribuindo para a qualidade do que se constrói.

Para compreender esse universo, propõe-se analisar, nesse trabalho, quais são os benefícios do BIM em relação aos métodos tradicionais, CAD (*Computer Aided Design*), e seus possíveis impactos na produção no canteiro. Analisam-se os ganhos na qualidade da documentação produzida e as alternativas de representação técnica proporcionadas pelo BIM. Para isso, o trabalho procura destacar as diferenças entre

as documentações extraídas no sistema já consolidado, a partir de projeções ortogonais 2D, e o BIM. E, ainda, busca-se entender quais são os entraves ou aspectos favoráveis ao uso do BIM.

### **1.1 Justificativa**

O trabalho justifica-se por ser uma pesquisa que busca compreender as características do BIM, seus benefícios e entraves, como agente preponderante na melhora da produção da construção civil, a fim de destacar suas perspectivas futuras.

E, ainda, o BIM é apontado como resposta para as mais diversas problemáticas da indústria da arquitetura, engenharia e construção civil (EASTMAN et al., 2018). Nesse âmbito, essa tecnologia, por meio de seus processos e fluxos de trabalho, rompe com o modo tradicional de projeto, como apontam Eastman et al., (2018) e Hardin e Mccool (2015) abrindo horizontes para outras abordagens de representação e documentação: modelos virtuais, “protobuildings” (TOBIN, 2008) e outros.

### **1.2 Objetivo Geral**

Analisar quais são os benefícios da produção de documentação técnica destinada à obra a partir de ferramentas BIM.

### **1.3 Objetivos Específicos**

- Analisar quais são os benefícios (ou quais são as interferências) do BIM dentro das etapas de projeto em relação ao CAD (Computer Aided Design);
- Verificar as alternativas de representação técnica destinada à obra a partir de ferramentas BIM;
- Apontar as diferenças entre a documentação extraída através dos métodos convencionais (CAD) e BIM.
- Observar como pode influenciar na produção no canteiro de obras.
- Verificar possíveis entraves ou aspectos favoráveis para seu uso.

## 1.4 Método de Pesquisa

O presente trabalho consiste em uma proposta de pesquisa básica de cunho qualitativo. Trata-se de pesquisa bibliográfica com abordagem exploratória, tendo em vista que seu objetivo é “proporcionar maior familiaridade com o assunto” (GIL, 2002,p.41).

O material de pesquisa foi selecionado a partir de buscas em repositórios de universidades brasileiras, revistas e literatura de autores referência em BIM. A coleta de material bibliográfico *online*, em repositórios e revistas, se deu a partir da inserção de palavras chave nos mecanismos de busca dos portais das instituições. Foram buscados majoritariamente termos em língua inglesa e portuguesa como: BIM, *Building Information Modeling*, BIM e Canteiro de Obras, *BIM and Construction Site*, BIM e representação técnica, VDC, *Virtual Design and Construction* entre outros.

Observou-se que a maioria dos resultados faziam menção ao BIM enquanto ferramenta de projeto apenas. Raramente os resultados apontaram a interface da documentação técnica BIM e o canteiro diretamente. Grande parte dos resultados dos mecanismos de pesquisa eram vinculados ao planejamento de obras, por exemplo. Nesse sentido, houve esforço para coletar na bibliografia consultada conteúdo que pudesse contribuir para os usos BIM na obra. Dessa forma, os exemplos reunidos nessa pesquisa abrangem a documentação técnica para execução de edificações, fabricação e montagem e obras de infraestrutura.

Cuidou-se para que o conteúdo reunido possuísse produção acadêmica que abrangesse artigos, dissertações de mestrado e teses de doutorado. A fim de ampliar os materiais dentro da temática BIM, o portal da Scielo e *Science Direct* também foram consultados. Além disso, fez-se o uso de literatura já consolidada quando se trata da temática BIM, é o caso das obras de Eastman *et al.* (2018) que apresenta diversos estudos de caso dos usos BIM internacionalmente e Hardin e Mccool (2015). Essa pesquisa ainda se utilizou dos portais na *web* de fornecedores de tecnologia associadas ao BIM a fim de coletar exemplos reais de aplicação do BIM na obra.

## 1.5 Limitações do Trabalho

O tema documentação técnica para o canteiro de obras pode se revelar bastante amplo, sobretudo no âmbito da modelagem da informação da construção.

Em função disso, o presente trabalho foca no universo da representação de projetos no BIM e suas interfaces com o canteiro de obra.

Essa pesquisa não esgota o tema proposto, ao contrário, ela abre espaço para pesquisas futuras. Alguns temas que estão associados a presença BIM na obra não foram explorados em sua completude, em função do tempo disponível para realização desse trabalho. Na impossibilidade de uma ampla revisão bibliográfica, essa pesquisa buscou demonstrar as boas práticas do BIM na obra.

## **1.6 Estrutura do Trabalho**

O conteúdo desse estudo está distribuído em 4 seções, a saber: Introdução, Fundamentação Teórica, O BIM na Obra e Conclusões.

A primeira seção introduz a temática proposta, descreve sua estrutura e apresenta pontos que fundamentam a pesquisa: justificativa, objetivos, método de pesquisa e limitações do trabalho.

A segunda seção apresenta a fundamentação teórica que busca fornecer subsídios para a compreensão do tema. Nesta seção são abordadas, no contexto do projeto, as características e reflexões sobre: o modelo de projeto tradicional, as ferramentas CAD e a tecnologia BIM.

Em seguida, na seção 3, são demonstrados exemplos coletados na bibliografia consultada do BIM e sua interface com o canteiro de obra. E, por fim, a seção 4, conclusões, apresenta uma reflexão sobre o estudo apresentado.

## **2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Como o tema pretende extrair indícios da qualidade da documentação técnica destinada à obra a partir do BIM, torna-se necessário tratar de temáticas relacionadas à atividade de projeto nesta seção. Assim, serão abordados projeto e desenho, tendo em vista que esses são os meios 'convencionais' de representação para construção de edificações.

Primeiro, é abordado o projeto convencional situando suas particularidades, sempre com vistas à documentação produzida, tendo em vista que ela é resultado de um processo antes, durante e depois da obra. Entende-se como projeto convencional,

neste trabalho, aquele cujo produto final resulta em um conjunto de desenhos 2D, ou até mesmo 3D, sem vínculos entre si, obtidos geralmente através de ferramentas CAD 2D/3D.

Em seguida, a fim de estabelecer um comparativo, busca-se entender o que é BIM sob à ótica de autores referência no estudo da modelagem da informação da construção. O intuito é fornecer arcabouço teórico, a partir do conceito BIM, que será importante para compreender quais são seus avanços em relação ao projeto convencional.

São explorados, ainda, o conceito de modelos virtuais da construção como uma espécie de produto dos processos BIM. Autores, como Tobin (2008), Eastman *et al.* (2014) e Hardin e Mccool (2015) sinalizam uma nova perspectiva de representação de edifícios através de modelos BIM a partir da ideia de protótipos virtuais da construção.

## 2.1 Projeto e Desenho

Há definições que conceituam o projeto como uma atividade. Nessa abordagem mais ampla, sob a ótica do gerenciamento de projetos, ele é compreendido como “um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo” (PMI, 2013, p.3). Essa definição aborda a palavra projeto de uma maneira global, como um empreendimento, é o “*project*”, na língua inglesa. Entretanto, nesse capítulo, a palavra projeto será utilizada a partir da noção de “design”, na sua dimensão tangível: nos “entregáveis”, na documentação gráfica destinada ao canteiro de obra.

A intenção arquitetônica chega ao canteiro através do projeto. Nele uma série de informações são registradas com o intuito de materializar aquilo que se pretende edificar (ASBEA, 2015, p.22). Através da linguagem gráfica do desenho técnico, o projeto é o meio pelo qual os agentes envolvidos na construção de um empreendimento (arquitetos, engenheiros, operários, etc.) trocam informações, se comunicam (PEREIRA JUNIOR, 2019).

Convencionalmente, a forma de representar graficamente o espaço é baseada no uso de projeções ortogonais 2D. Nela os objetos são registrados em verdadeira grandeza (VG), onde as medidas do desenho em escala correspondem às dimensões



do objeto real. Nessa lógica, a tridimensionalidade da edificação proposta é representada por diversos desenhos bidimensionais como plantas, cortes, fachadas, detalhes construtivos, etc.

Segundo Pereira Junior (2019), isso exige grande esforço cognitivo, uma vez que é necessário construir mentalmente o objeto representado, uma vez que é necessário interpretar cada desenho para formar o todo. Além disso, conforme destaca o autor, no projeto faz-se o uso de símbolos e convenções que podem dificultar sua compreensão e, por conseguinte, a comunicação no canteiro.

A Figura 1 demonstra um exemplo hipotético dessa abordagem. É importante perceber no exemplo que apenas uma vista não é suficiente para representar o objeto. Na ausência da imagem tridimensional (perspectivas), por exemplo, seria necessário recorrer à outras vistas para compreender o objeto representado. Interpretações equivocadas podem acontecer, uma vez que objetos diferentes podem gerar vistas semelhantes.

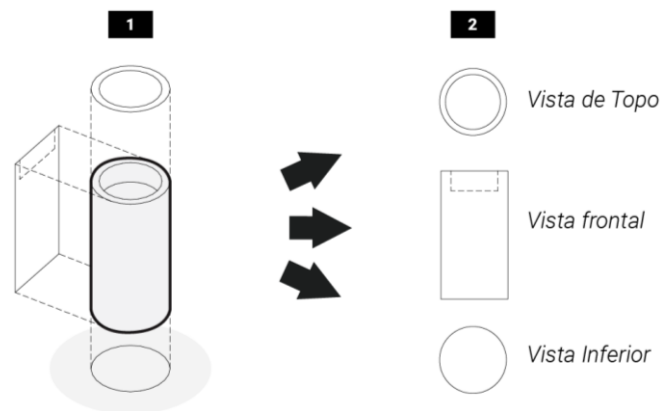


Figura 1: Um objeto (1) e suas vistas bidimensionais (2). Fonte: Acervo do autor.

As atividades projetuais convencionais para a construção civil são baseadas nessa lógica. É importante notar que nesse processo, de projeto, o produto final resulta em um conjunto de folhas com diversos desenhos totalmente desvinculados entre si. As ferramentas CAD fazem uso dessa lógica e serão abordadas no capítulo a seguir.

Cabe ressaltar ainda que ao sinalizar esses ruídos que a representação bidimensional pode representar para o intercâmbio de informações no canteiro, Pereira Junior (2019) salienta que o ideal seria representar as edificações a partir de perspectivas (projeções cônicas). Desse modo, os objetos representados se

aproximariam da nossa experiência visual natural, isto é, de como o enxergamos na realidade. Esta seria uma abordagem menos abstrata com menor esforço mental.

## 2.2 O CAD como extensão da prancheta

O CAD (*Computer Aided Design*), ou desenho assistido por computador, é um tipo de tecnologia para sistemas digitais criada na década de 60, consolidadas no Brasil a partir da década de 90, segundo Pereira Junior (2019). São utilizadas em “projetos de Arquitetura, Engenharia e na Indústria para desenvolvimento, resolução de problemas, representação gráfica vetorial e documentação de projetos” (PEREIRA JUNIOR, 2019).

A Autodesk, a empresa que fornece um dos aplicativos mais utilizados dessa modalidade a nível nacional, o Autocad, define essas ferramentas como “uma tecnologia para desenho 3D e documentação técnica que substitui o desenho manual por um processo automatizado” (AUTODESK, 2020). Essa definição é muito importante, pois evidencia uma característica que será explorada neste trabalho: o CAD como uma alternativa digital para o desenho manual. Nessa ótica, essas plataformas refletem a lógica da prancheta, do desenho à mão.

É importante destacar que o surgimento das ferramentas CAD se dá em dois momentos. O primeiro com as ferramentas bidimensionais (CAD 2D) e em seguida aquelas destinadas à modelagem de objetos tridimensionais (CAD 3D). Há de se destacar que as ferramentas de modelagem bidimensional representaram um salto em relação à prancheta na medida que elas automatizaram o desenho manual: possibilidade de eliminação do redesenho, automatização de algumas atividades e recursos de documentação (PEREIRA JUNIOR, 2019).

Dessa forma, similar ao modo de registro gráfico no papel, na abordagem CAD 2D a produção de material técnico é baseada em linhas. Em sua interface, seus recursos de desenhos vetoriais fornecem uma gama de possibilidades para registro de formas bidimensionais como retângulos, triângulos, linhas, polígonos em geral. Além disso, essas ferramentas oferecem a possibilidade de inserção de informação através de recursos de textos e cotagens automáticas.

Em função dessas características, em um ambiente CAD 2D, a documentação técnica destinada à execução de obras será formada por um conjunto de desenhos

bidimensionais desvinculados entre si, segundo à lógica tradicional discutida no capítulo 2.1 (“Desenho e projeto”), pois, de um modo geral, são formados por linhas e textos. Embora essas plataformas ofereçam certa automatização, elas se aplicam apenas à dinamização das atividades de desenho. Essas plataformas buscaram digitalizar e automatizar a prancheta. Não há algum nível de parametrização de objetos, se reservando apenas a automatizações pontuais com vistas à produção de material gráfico.

Se por um lado as ferramentas CAD 2D representaram um avanço por terem “automatizado a prancheta”, o CAD 3D possibilitou o que conhecemos hoje como “maquete eletrônica”, conforme aponta Pereira Junior (2019). Esse autor ainda destaca que, embora exista certo nível de informações disponibilizadas na modelagem de objetos e superfícies, essas ferramentas priorizam apenas as informações geométricas.

Nesse sentido, as ferramentas CAD favorecem um cenário no qual outras informações não gráficas do projeto necessitam de arquivos auxiliares. É comum o uso de softwares para assimilação de dados, como planilhas de Excel, para extração de quantitativos (SUCCAR, 2009). Por exemplo, para levantar a quantidade de blocos de alvenaria de vedação em um edifício hipotético, será necessário a coleta dessas dimensões em projeto de forma manual. Soma-se cada extensão de parede projetada no *software* CAD e, a partir do resultado obtido, alimenta-se uma planilha externa que calculará o quantitativo de blocos. Na hipótese da modificação do projeto todo o processo deve ser repetido, visto que a alimentação da planilha não é automática.

Em função dessas características, as ferramentas CAD favorecem o modelo tradicional de projeto onde o uso de papel é protagonista, visto que os resultados produzidos nessas ferramentas necessitam de impressão e validam a participação dos profissionais envolvidos:

“Outra característica que chama a atenção é a presença de folhas para impressão ou plotagem e a responsabilidade individual de cada disciplina. Está consagrada a impressão dos arquivos em papel e, mesmo quando não impressos e enviados os arquivos ao cliente e à obra, estes modelos são orientados para a impressão, via PDF, para ‘efetiva rastreabilidade das responsabilidades’” (PEREIRA JUNIOR, 2019, p.45).

Além disso, o fluxo de projeto em CAD costuma ser baseado em um modo de produção que prejudica a integração e colaboração entre disciplinas, a partir do projeto

ou engenharia sequencial. Nessa abordagem cada disciplina envolvida no projeto precisa finalizar sua etapa para que a próxima se inicie. Em contrapartida, no projeto ou engenharia simultânea as disciplinas trabalham ao mesmo tempo de forma integrada e colaborativa. Somando esse cenário à necessidade de impressão de folhas de projeto é importante destacar que ele pode gerar um esforço contraproducente e prejudicial:

“Um dos problemas mais comuns associados à comunicação baseada em papel durante a fase de projeto é o tempo considerável e o gasto requerido para gerar informações críticas para a avaliação de uma proposta de projeto, incluindo estimativas de custo, análise de uso de energia, detalhes estruturais, etc. Essas análises normalmente são feitas por último, quando já é muito tarde para fazer modificações significativas” (EASTMAN *et al.*, 2014, p.2).

Essas questões corroboram para um cenário onde a produção de documentação técnica a partir do CAD são estáticas e cristalizadas no tempo. Essas considerações de Eastman *et al.* (2014), mencionadas acima, colocam em xeque a qualidade do que se produz através do modelo sequencial e em folhas impressas no sistema tradicional de projetos. A abordagem desse autor é elaborada a partir de uma visão centrada nas ferramentas BIM, que serão abordadas no capítulo a seguir.

Há de se destacar que as ferramentas CAD representaram um avanço em relação à prancheta. Embora tenham melhorado muitas tarefas do desenho à mão, como a facilidade de correções, por exemplo, ele ainda é um processo que favorece a baixa produtividade e erros, segundo Pereira Junior (2019).

### **2.3 Building Information Modeling (BIM)**

É comum associar o BIM a um *software* específico, como o Revit ou Archicad, por exemplo. Entretanto, é importante salientar que a modelagem da informação da construção extrapola essa concepção. Há um esforço e consenso a fim de situar o BIM a partir de conceitos que buscam evidenciá-lo para além da ferramenta. Hardin e Mccool (2015), por exemplo, destacam o BIM a partir da noção de “processos, tecnologias e comportamentos” (“*processes, technologies, behaviors*”). E Eastman *et al.* (2014) menciona o uso intencional da palavra “modelagem” (*modeling*), no “M” do

BIM, ao invés de “modelo” (*model*), visto que essa denota um objeto e aquela uma atividade (EASTMAN et al., 2014).

Assim, entende-se o BIM como “uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção” (EASTMAN et al., 2014, p.13). Diferente de um modelo 3D convencional, esses “modelos de construção” fornecem, além das informações geométricas, dados inteligentes do objeto. Nesse sentido, a modelagem BIM apresenta recursos que fazem uso da informação e dados inseridos em seus objetos além de requisitos paramétricos. A parametrização é uma das características preponderantes para a compreensão das vantagens BIM e será explorada no capítulo 2.3.1, “objetos BIM e parametrização”.

Os processos BIM geram um modelo virtual único da construção que abrange a edificação ao longo de todo o seu ciclo de vida (Figura 2) – dos estudos iniciais até ao uso e operação ou até mesmo na eventualidade de seu descarte. Esse modelo é compartilhado por todas as disciplinas, fazendo com que as atividades de projeto BIM sejam por essência diferentes da maneira tradicional de projetar. Aliás, isso se desenrola em ambiente interdisciplinar e multidisciplinar, pois esses processos requerem a participação de todos os agentes envolvidos no empreendimento: arquitetos, engenheiros, construtores, investidores, entre outros.

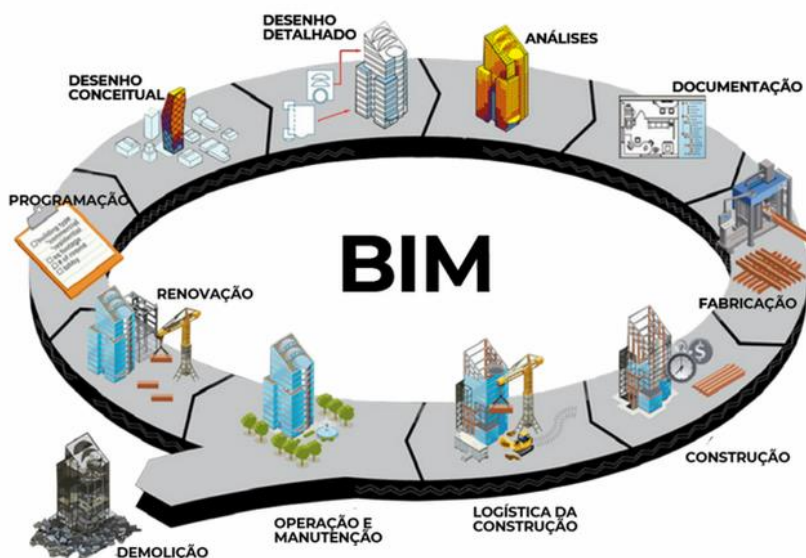


Figura 2: Ciclo de vida BIM. Fonte (CRASA INFRAESTRUTURA, 2020).

Esse cenário favorece a adoção das premissas do projeto simultâneo, uma vez que todos os profissionais envolvidos compartilham do mesmo modelo. Como foi mencionado nesse trabalho, a engenharia simultânea permite que projetistas de disciplinas diferentes possam trabalhar ao mesmo tempo ao longo das etapas de projeto. Nesse sentido, o desenvolvimento de um projeto sob a égide da colaboração e integração são indissociáveis das atividades BIM.

Esse fluxo de trabalho favorece maior qualidade do que se produz enquanto edificação. Isso porque esse processo, vinculado à existência de um modelo virtual da construção, permite análises importantes ainda em etapas preliminares: detecção de erros, análises energéticas, estudos de viabilidades, e tantas outras possibilidades (EASTMAN et al., 2018). Assim, conforme destaca Hardin e Mccool (2015) isso permite que os participantes explorem e analisem o projeto através de um ambiente digital antes de sua construção, quando possíveis mudanças serão muito menos dispendiosas, do ponto de vista financeiro.

### **2.3.1 Objetos BIM e Parametrização**

A parametrização é o que garante que um objeto BIM se comporte de forma dinâmica em função dos dados e informações que ele porta. Na lógica da parametrização não se obtém objetos com geometria e propriedades fixas, ela estabelece parâmetros e regras que determinam essas características, além de informações não geométricas (EASTMAN et al., 2014).

Diferente da lógica das ferramentas CAD 2D, onde a interpretação dos objetos se dá em função do código de representação (símbolos e convenções), os objetos BIM não se comportam como uma entidade isolada e estática no contexto do modelo. Seu comportamento e representação será em função dos parâmetros que ele carrega. Nesse cenário, esses objetos serão interpretados nessas plataformas como uma entidade específica e poderão ser classificados conforme suas particularidades, seus atributos. Por exemplo, um objeto “parede” poderá ser categorizado, entre várias possibilidades, como estrutural ou não estrutural, ou, ainda, conforme o seu material de revestimento.

Isso possibilita que esses objetos possuam a capacidade de enviar ou receber essas informações: tipo de material, dados de energia, dados estruturais, entre outros.

Essa característica associada ao modelo permite elaboração de relatórios e análises automatizadas. Além disso, todo conjunto de dados assimilados pelo software BIM para uma análise de quantitativos de materiais, ou uma estimativa de custos, por exemplo, sempre estarão vinculados ao modelo e seus objetos. Isso permite que os resultados obtidos no relatório sejam atualizados automaticamente, caso ocorram alterações nos parâmetros, ou nos objetos.

Da mesma forma, no âmbito da representação, ao se alterar um objeto específico todas as vistas do modelo se atualizam automaticamente: plantas, fachadas, cortes, detalhes, etc. Isso se dá pelo fato de que as informações geométricas também são vinculadas aos objetos. Conforme aponta Pereira Junior (2019), essas vistas superam a lógica tradicional de projeto, uma vez que elas são produzidas em função do modelo e representam uma maneira de olhar para ele.

A inserção de parâmetros e as características dos objetos BIM abrem a possibilidade para automatização de diversas tarefas dentro da própria ferramenta. Isso descarta a necessidade de se extrair dados de projeto manualmente para alimentar planilhas externas em outros *softwares*, por exemplo, como ocorre no método tradicional de projetos. Consequentemente, esses recursos de parametrização, de um modo geral, não impactam somente nas características do modelo, elas abrem possibilidades para novas propostas de processos e fluxos de projeto (EASTMAN et al., 2018; HARDIN; MCCOOL, 2015).

Além disso, as plataformas BIM permitem uma otimização constante do projeto no âmbito da integração e colaboração entre disciplinas (EASTMAN et al., 2018). Por se tratarem de objetos inteligentes é possível fazer análises automatizadas. Através de recursos de detecção de conflitos, o “*clash detection*”, é possível mapear eventuais interferências entre as diversas disciplinas envolvidas no projeto. Isso diminui as possibilidades de erros serem descobertos no canteiro durante a execução, gerando custos não programados.

### **2.3.2 Modelos Virtuais da Construção**

Segundo Tobin (2008) há a necessidade de se compreender as plataformas BIM para além de “poderosas ferramentas” de representação. Para esse autor, o

advento da modelagem da informação da construção possibilita a prototipação de edifícios: “*proto-building*”, ou proto-construção, no português.

Tobin (2008) destaca que os avanços nos softwares da última década possibilitaram que, através do BIM, fosse possível a construção em ambiente digital de um edifício virtual similar à sua construção no mundo real. Isso pode representar, segundo esse autor, uma nova proposta para AEC.

Nesse cenário, Tobin (2008) prevê três estágios de uso BIM, bastante similar à proposta de Succar (2009) para “maturidade BIM”. Esse critério, observado pelo autor, considera para qual finalidade o usuário utiliza a ferramenta. Assim, evolui-se a partir do uso de ferramentas BIM vinculadas ao processo tradicional CAD rumo ao que ele denomina “pós-interoperabilidade”. Nesse último estágio há uma interação efetiva entre projetistas, e interessados, para a concepção de um modelo virtual da construção e não apenas uma representação fragmentada da edificação. Nesse ambiente seria possível conceber o protótipo da construção.

A ideia desse modelo virtual BIM que supera o modo tradicional de representação dialoga com as proposta de Pereira Junior (2019). Para esse autor, se os fluxos de trabalho BIM consolidam um modelo completo do edifício, é injustificável utilizá-lo a partir dos métodos tradicionais de representação baseados somente em projeções bidimensionais. Os exemplos abordados nessa pesquisa, a partir da seção 3, buscam demonstrar como é possível dar um passo além na forma de representação.

A qualidade desses protótipos da construção irá depender de vários fatores e etapas inseridas nos fluxos de projetos BIM. Nesse sentido, os próximos capítulos buscam elucidar alguns pontos importantes para que os resultados esperados para esses protótipos virtuais se materializem no canteiro de obras.

Acerca dos modelos virtuais da construção, Eastman *et al.* (2014) destaca a que a construção virtual de um edifício resulta em um alto volume de informações que geram arquivos com grande consumo de memória de armazenamento. Esse autor chama isso de “escalabilidade”.



### 2.3.3 Nível de Desenvolvimento (LOD)

Ao longo do presente trabalho foram destacadas algumas características do BIM, dentre elas a possibilidade de se obter um modelo virtual do edifício. Nesse cenário, através da modelagem da informação da construção, é possível construir uma edificação em ambiente virtual com as mesmas características que ela terá no mundo real, antes do início da obra — é o “*protobuilding*”, proposto por Tobin (2008), discutido no capítulo anterior.

Essa possibilidade, de um protótipo da construção, pode induzir ao pensamento de que todos os componentes de um modelo virtual serão detalhados ao máximo, tanto geometricamente quanto do ponto de vista da informação. Entretanto, por razões práticas, há uma espécie de parâmetro para concepção de modelos BIM conhecido como Nível de Desenvolvimento (LOD), do inglês, “*level of development*”. O LOD estabelece critérios que se traduzem em níveis de precisão para os modelos BIM que repercutem na sua representação e no nível de informação disponibilizada no modelo. Segundo a AIA (*American Institute of Architects*), em seu documento E203, o LOD corresponde à:

“(...) descrição mínima dimensional, espacial, quantitativa e de outros dados incluídos no elemento do modelo para apoiar usos autorizados para um nível de desenvolvimento específico” (AIA, 2013, p.2).

A CBIC (2016) estima que esse conceito tenha se originado nas formas de representação gráfica. Como exemplo, a esfera da Figura 3 é representada de cinco maneiras diferentes com base na quantidade de vértices. Como resultado, obtém-se objetos que podem ser categorizados sob o critério de seu “impacto visual”. É importante notar que o nível de detalhe de cada elemento dialoga com sua finalidade: mínimo de vértices (menor detalhe) para representações em escalas pequenas, quando a esfera parece mais distante e menor, e máximo de vértices (maior detalhe) para escalas grandes, quando a esfera parece mais próxima e maior. Esse conceito aplica-se de maneira análoga ao LOD para modelagem da informação da construção.

## IMPACTO VISUAL E MEDIDAS

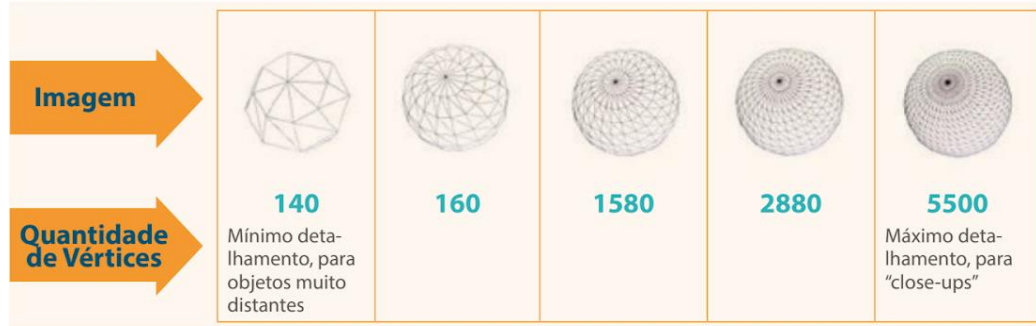


Figura 3: Representação gráfica da esfera com base em seu número de vértices. Fonte: (CBIC, 2016).

É importante destacar que é comum ver o termo “nível de detalhamento”, ou “*level of detail*”, na língua inglesa, como designação de LOD. Entretanto, conforme destaca CBIC (2016), “nível de desenvolvimento” seria o termo mais acertado por sugerir uma visão mais ampliada do conceito. Segundo esse autor, o nível de detalhe indicaria “a quantidade de detalhes incluída nos elementos de um modelo BIM” enquanto nível de desenvolvimento representaria o “nível de confiança que os usuários podem ter nas informações incorporadas em um modelo BIM”.

Assim, o LOD se traduz em seis níveis, que organizados sob o critério da complexidade, de maneira crescente, são: LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 350, LOD 400 e LOD 500. Esses níveis, segundo Hardin e Mccool (2015), definem a complexidade do elemento 3D, bem como a quantidade de informação inserida em cada elemento. Por conseguinte, segundo CBIC (2016), através dos LODs é possível aferir qual o nível de confiança o interlocutor poderá ter na informação disponibilizada no modelo virtual, prevenindo que “o nível de precisão de um elemento seja mal interpretado”, por exemplo.

As características de cada LODs e seus usos autorizados são destacados a seguir, conforme o AIA (2013) em seu documento G202.

LOD 100: os elementos do modelo são representados de maneira “genérica e simbólica”. Nesse nível as informações inseridas podem ser derivadas de outros elementos do modelo, como custos, por exemplo. Seu uso autorizado é para análise, estimativa de custos, cronograma, entre outros.

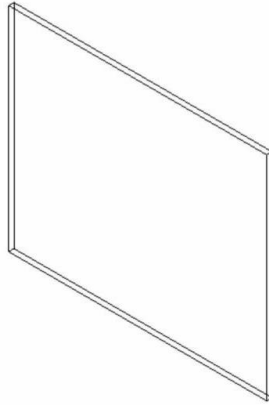


Figura 4: Parede representada em LOD 100. Fonte: (DARÓS, 2019).

LOD 200: os elementos do modelo são representados graficamente como um sistema genérico. O objeto, ou a montagem, deve apresentar formas, tamanhos, quantidades, localização e orientação aproximadas. Os elementos do modelo poderão disponibilizar informação não gráfica. Os usos autorizados para esse nível serão análises, estimativa de custos, cronograma, coordenação, entre outros, todos com precisão superior ao item anterior (LOD100).

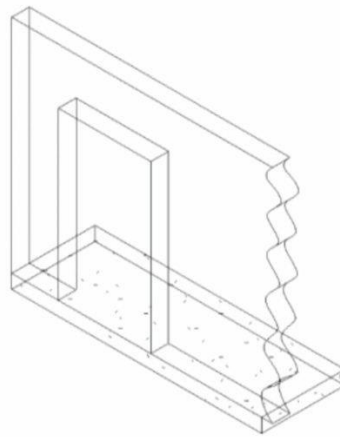


Figura 5: Parede representada em LOD 200. Fonte: (DARÓS, 2019).

LOD 300: os elementos são representados graficamente como um sistema específico. Os atributos do objeto, como formas, tamanhos, quantidades, localização e orientação, serão também específicos. Informações não gráficas poderão ser inseridas. Os usos autorizados para este nível serão semelhantes ao LOD 200, mas com maior precisão.

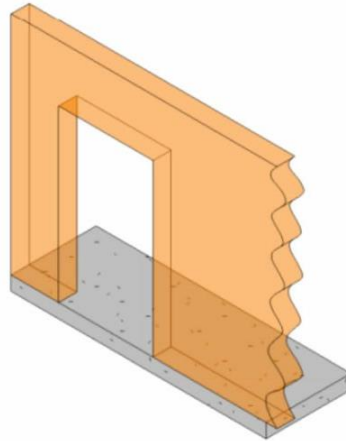


Figura 6: Parede representada em LOD 300. Fonte: (DARÓS, 2019).

LOD 350: características semelhantes ao item anterior, LOD 300, mas com a possibilidade de interface com outros sistemas específicos (CBIC, 2013) - colaboração entre disciplinas.

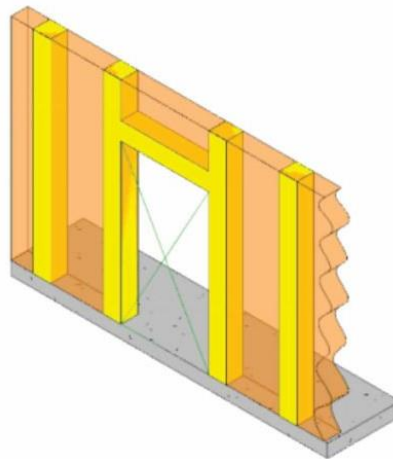


Figura 7: Parede representada em LOD 350. Fonte: (DARÓS, 2019).

LOD 400: os elementos são representados graficamente como um sistema específico. Os atributos do objeto, como formas, tamanhos, quantidades, localização e orientação, serão também específicos apresentando informações para montagem, instalação, fabricação e detalhamento. Informações não gráficas poderão ser inseridas. Os usos autorizados para este nível serão semelhantes aos níveis anteriores, isto é, análises, estimativa de custos, cronogramas, coordenação, entre outros, mas possibilitando abordagens mais precisas.

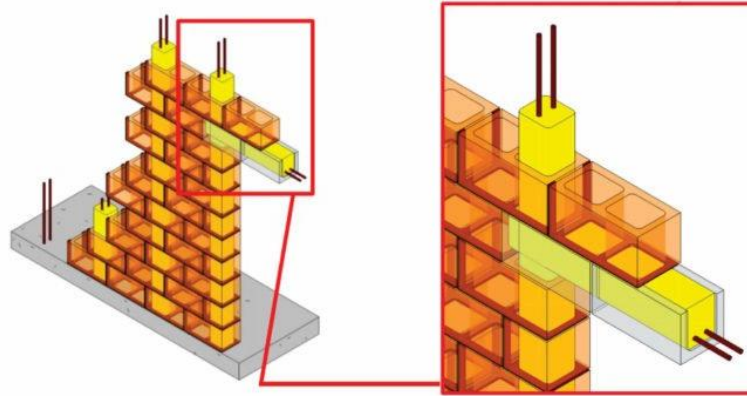


Figura 8: Parede representada em LOD 400. Fonte: (DARÓS, 2019).

LOD 500: o modelo apresentará as características da obra construída em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação - *as built*. Poderá apresentar informações não gráficas.

Assim, é importante perceber que a classificação dos LODs acima determina as características do modelo. Conforme o nível de desenvolvimento aumenta sua complexidade também evolui. Parte-se de um modelo mais esquemático (LOD 100) que tem por finalidade os estudos preliminares e conceituais da edificação proposta rumo a um modelo mais complexo que pode refletir a edificação como foi construída (LOD 500).

Essa categorização além de determinar o nível de confiança das informações do modelo, como já foi mencionado, auxilia ainda na eficiência da produção nas etapas de projeto. A partir da definição de um nível requerido de desenvolvimento para um projeto específico pode-se estabelecer qual nível LOD é “suficiente” para o trabalho, conforme apontam Hardin e Mccool (2015). Esses autores salientam, ainda, que isso contribui para a eliminação de esforços que poderão ser contraproducentes ou ineficientes durante o projeto.

### 2.3.4 Compartilhamento de Modelos BIM

As atividades BIM se dão através da colaboração e integração. Succar (2009), por exemplo, relaciona essas atividades no conceito de “maturidade BIM”, demonstrando que interdisciplinaridade é fundamental para se alcançar vantagens da modelagem da informação da construção – como a possibilidade de análises complexas do modelo ainda em estágios iniciais de projeto, por exemplo.

Na dinâmica de trabalho, é possível que profissionais da mesma disciplina trabalhem em um mesmo *software*, o que pode facilitar a interação entre esses indivíduos (EASTMAN et al., 2018). Entretanto, é comum que projetista de disciplinas diferentes trabalhem em aplicativos distintos. Isso gera a necessidade de intercâmbio entre essas plataformas.

Aqui cabe o conceito de interoperabilidade, que Eastman et al. (2018) define como a capacidade de intercâmbio de dados entre sistemas (*softwares*), permitindo que os profissionais envolvidos possam contribuir em um trabalho específico. Nesse âmbito destaca-se a extensão de arquivos IFC (*Industry Foundation Classes*) que preserva as informações do modelo BIM compartilhado.

Eastman et al. (2018) destaca várias plataformas que permitem a integração desses modelos baseados na extensão *.ifc*. Esse autor menciona a existência de aplicativos que permitem apenas a visualização do modelo e outros que possibilitam usos mais avançados: como análises, checagem do modelo (*model check*) e planejamento e gerenciamento da construção.

Destaca-se nessa pesquisa as plataformas que permitem a integração entre modelos federados armazenados na nuvem. Nessa lógica cada disciplina compartilha seu modelo, a partir de arquivos *.ifc*, que formam um único modelo BIM da construção.

Essas plataformas permitem checagem do modelo e, na eventualidade da detecção de conflitos (*clash detection*), permite ainda a comunicação entre projetistas. Através de um formato de arquivo BCF (*BIM Collaboration Format*) uma disciplina pode solicitar à outra que alterações sejam feitas no modelo para correção de um erro detectado. Como esse arquivo não está em seu modelador nativo, é necessário que após as alterações o modelo seja carregado novamente na plataforma, o que pode ser inconveniente (EASTMAN et al., 2018).

Esses sistemas não se restringem apenas a visualização do modelo. O usuário pode acessar as disciplinas de maneira isolada e extrair informações, quando conveniente. A Figura 9 demonstra um exemplo dessa possibilidade onde são destacados os elementos MEP do projeto (hidráulica, elétrica e condicionamento de ar) enquanto a silhueta translúcida com a estrutura da edificação é exibida.

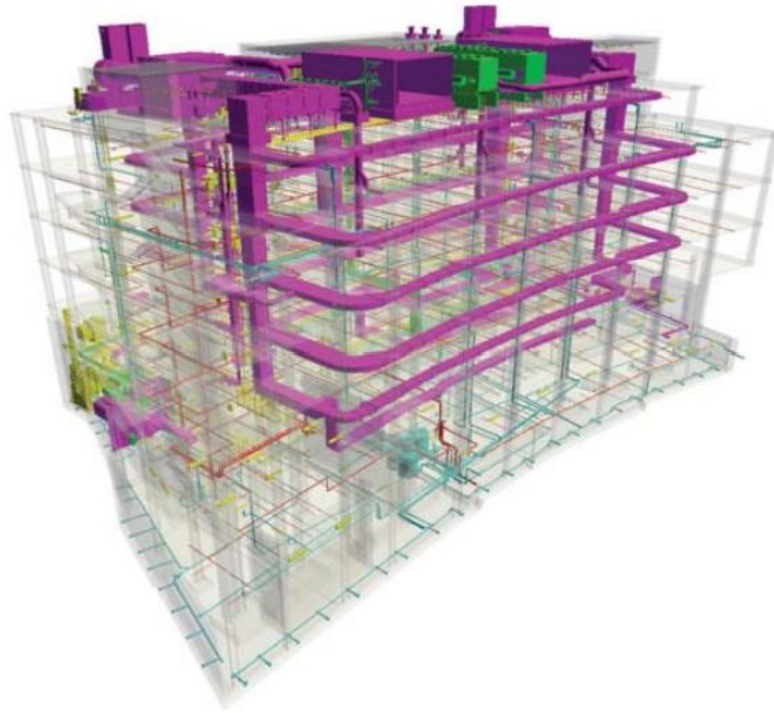


Figura 9: Modelo BIM evidenciando os elementos MEP e estrutura. Fonte:(EASTMAN et al., 2018).

Essas plataformas de modelos federados permitem que se obtenha um modelo completo da edificação e, ainda, que todos os agentes envolvidos no empreendimento interajam com ele de maneira síncrona. A seção 3, a seguir, explora o uso dessas ferramentas, associadas à outras tecnologias para aplicações BIM no canteiro de obras.

### 3 - O BIM NA OBRA

A partir das questões levantadas ao longo dessa pesquisa, pode-se constatar que a partir dos fluxos BIM se obtém o modelo virtual da construção. Esse protótipo da construção, que objetiva construir uma edificação digital similar àquela no mundo real (TOBIN, 2008), associado a recursos tecnológicos desempenha papel preponderante para as atividades BIM no canteiro.

E ainda, a presença BIM em campo está associada aos avanços em *softwares* e *hardwares* nos últimos anos, uma vez que dispositivos móveis, como *smartphones* e *tablets*, tem se popularizado (EASTMAN et al., 2018). Com isso, novas tecnologias trazem outras possibilidades que podem demonstrar vantagens em relação ao modelo

tradicional de projeto impresso. Esse conjunto de possibilidades emergentes será explorado ao longo dessa seção.

### 3.1 O fim do papel

Como foi exposto no capítulo 2.3, a lógica de projetos BIM é fundamentada em um processo que prioriza a engenharia simultânea, a colaboração e integração entre projetistas (PEREIRA JUNIOR, 2019). O produto desse fluxo de trabalho é o modelo virtual da construção, que reúne, em ambiente virtual, as características da edificação proposta de maneira inteligente, dinâmica, integrada e colaborativa (TOBIN, 2008).

Com isso em mente, Pereira Junior (2019), que destaca o projeto como forma de comunicação entre profissionais, sugere que, nesse contexto, há a necessidade de se repensar a forma como as edificações são representadas. Para ele, o advento das ferramentas BIM coloca em xeque o papel do projeto convencional fundamentado apenas em desenhos 2D a partir de projeções ortogonais: “se é possível ter um modelo virtual tridimensional completo e acessível do edifício, qual a função do desenho é a pergunta que fica”. Para ele, isso exige uma nova concepção de representação de projetos:

“O ideal de indústria no futuro é aquele no qual não seja mais necessário a produção de desenho 2D impressos. A representação bidimensional (...) é uma herança da revolução industrial. A Geometria Descritiva teve sua importância, mas é preciso dar um passo além” (PEREIRA JUNIOR, 2019, p.159).

Esse autor ainda aponta que os modelos obtidos a partir da modelagem da informação da construção podem priorizar a representação cônica (perspectivas), que exige um grau menor de abstração por parte do interlocutor contribuindo para a transmissão da informação necessária à construção. Ele sugere que cada vez menos desenhos 2D serão usados como forma principal de representação. Esse cenário, segundo Pereira Junior (2019), favoreceria o uso do modelo como base para a comunicação no canteiro:

“Propõe-se a eliminação do foco no desenho como principal materialização da informação na produção de edifícios, através da extinção da feitura de desenhos, principalmente as projeções ortogonais - plantas, corte e fachadas



- e da impressão em papel. Significa um novo olhar para a representação do edifício sob o abrigo da modelagem” (PEREIRA JUNIOR, 2019, p.165).

Em consonância com essas ideias, Eastman et al. (2018) apresenta uma série de exemplos reais do uso de modelos BIM em campo que podem elucidar sua potencialidade para execução de obras. A Figura 10 apresenta dois casos apresentados pelo autor. Trata-se de peças estruturais com todos os seus elementos modelados em plataforma BIM que foram utilizados para a confecção das peças.

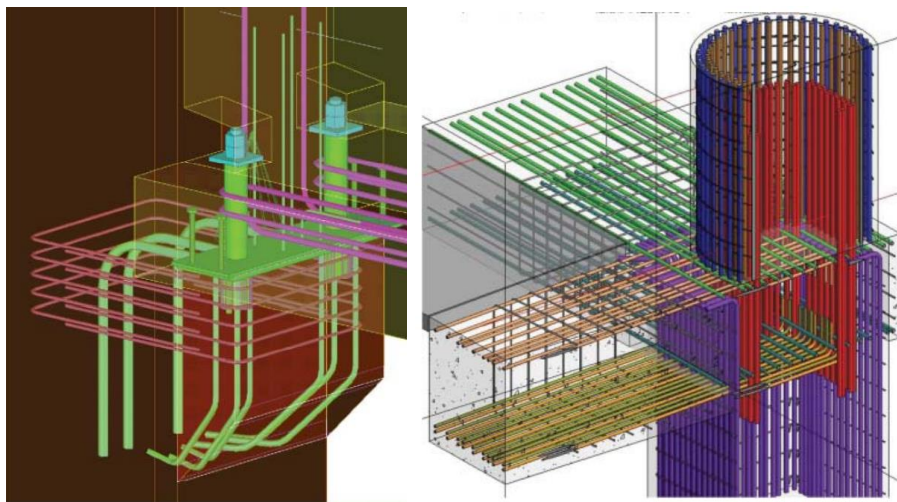


Figura 10: Modelos tridimensionais para construção de elementos estruturais. Fonte:(EASTMAN et al., 2014)

Um exemplo da aplicação do uso de modelos BIM para fabricação e montagem é apresentado no trabalho de Lima (2019). O modelo BIM (Figura 11) elaborado nas atividades de projeto serviu para fabricação e montagem da estrutura metálica da edificação. Como destaca a autora, a identificação das peças fabricadas estava vinculada ao projeto através de etiquetas (Figura 12 e Figura 13), isso permitiu que as atividades de rastreamento e posicionamento das peças fossem otimizadas.

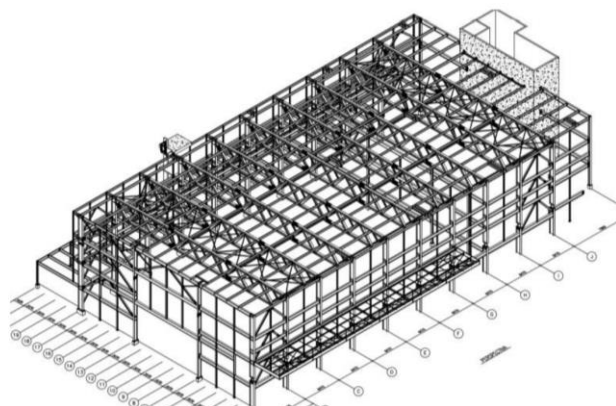


Figura 11: Modelo BIM de uma estrutura metálica para fabricação e montagem. Fonte: (LIMA, 2019).



Figura 12: Peças estruturais em campo com etiquetas de identificação. Fonte: (LIMA, 2019).

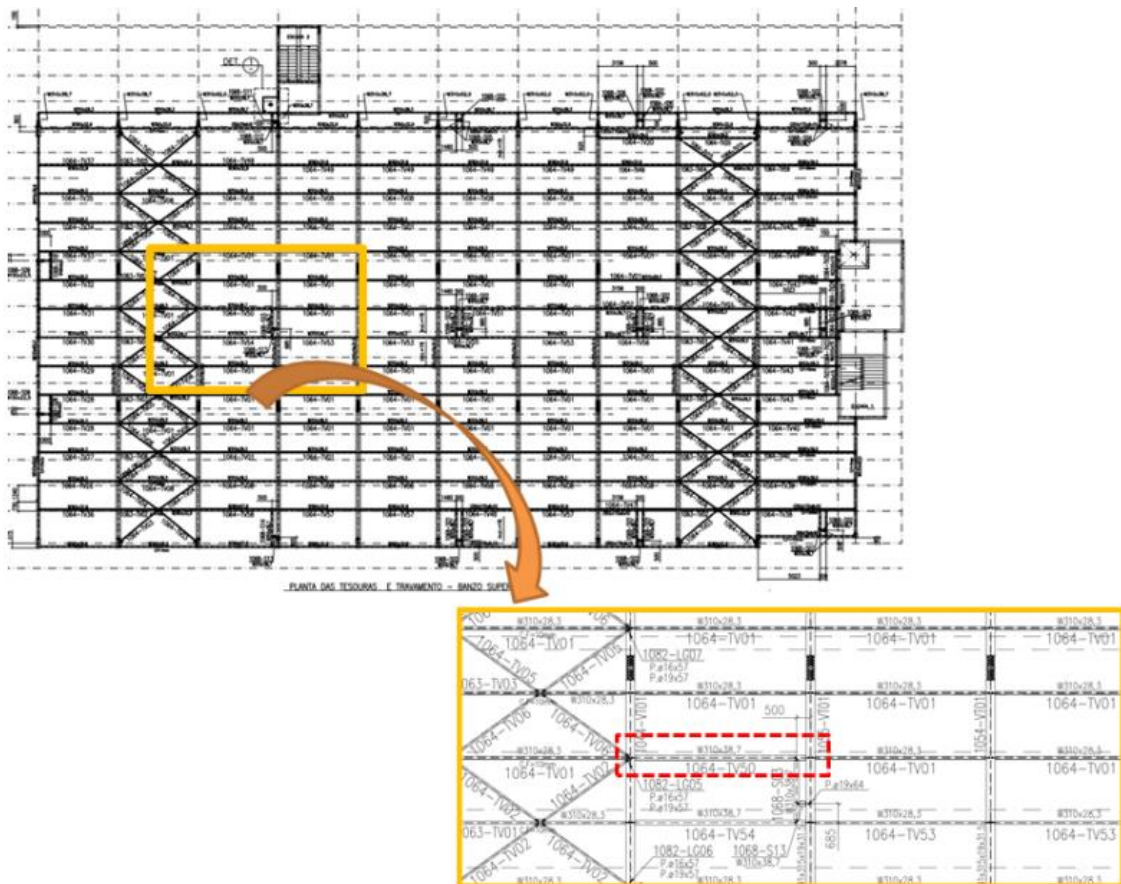


Figura 13: Planta do modelo BIM com identificação de cada peça. Fonte: (LIMA, 2019).

Lima (2019) apresenta outro exemplo a partir de um estudo de caso onde o modelo virtual da construção foi utilizado em folhas impressas (Figura 14). A autora destaca as vantagens do uso de perspectivas para a condução de serviços que

exigiam certo nível de atenção. Além disso, ela relata que os modelos tridimensionais utilizados a partir do BIM permitiram que os trabalhadores em campo pudessem ter uma melhor compreensão de etapas críticas na obra. Embora existam benefícios, a utilização de folhas impressas perpetua a necessidade de controle de folhas e atualizações (LIMA, 2019). Nessa lógica, limita-se os benefícios do uso do modelo obtido a partir da modelagem da informação da construção. Além disso, o formato impresso não permite que o usuário interaja com o modelo BIM.

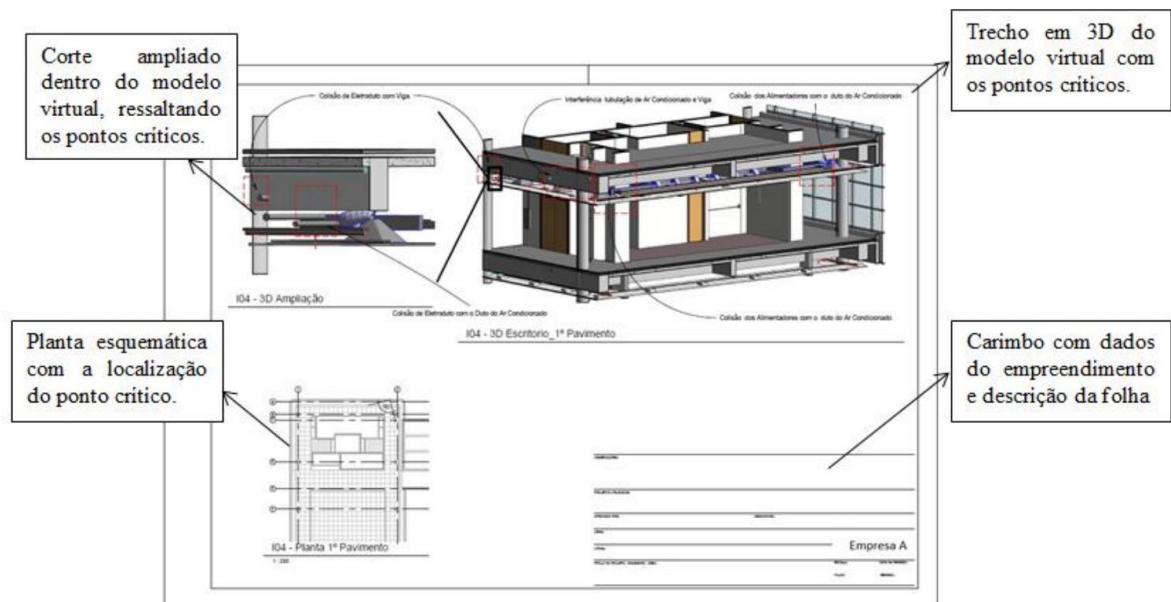


Figura 14: Modelo de prancha impressa para obra. Fonte: (LIMA, 2019).

Se a impressão pode reduzir as possibilidades de um modelo, por outro lado, o uso de dispositivos tecnológicos pode aumentar seus benefícios em campo. O trabalho de Sacks, Girolami e Brilakis (2020) apresenta um panorama das perspectivas já exploradas e futuras no âmbito da utilização de *hardwares* e *softwares* associados ao BIM. Esses autores destacam o uso de dispositivos eletrônicos e aplicativos que permitem a interação do usuário com os modelos virtuais da construção e apontam para abordagens futuras baseadas até mesmo em inteligência artificial.

Esse conjunto de tecnologias aplicadas à construção, pode ser classificada conforme sua finalidade. Há aquelas que permitem entregar a informação aos trabalhadores em campo (*BIM-to-field*), outras que permitem o envio de informações do campo para os projetistas (*field-to-BIM*), aplicações de robotização e ferramentas

que permitem o gerenciamento e coordenação da construção (EASTMAN et al., 2018; SACKS; GIROLAMI; BRILAKIS, 2020).

Eastman et al. (2018) destaca que a utilização desses aparatos tecnológicos já é uma realidade. A partir de televisores e dispositivos móveis, como celulares e *tablets* (Figura 15), projetos BIM podem ser acessados em campo. Através de plataformas de modelos federados o usuário consegue acessar o protótipo virtual da construção. Por ser um modelo único, todas as alterações da equipe de projeto podem ser automaticamente atualizadas na nuvem. Isso eliminaria a inconveniência de um controle de pranchas no canteiro. Esse cenário se contrapõe ao modelo tradicional que, em função da impressão, necessita de controle de atualização de folhas em campo que é propenso a erros (PEREIRA JUNIOR, 2019).



Figura 15: Dispositivo móvel para acesso de modelos BIM. Fonte: (TEKLA, 2021).

Lima apresenta um exemplo desses aplicativos utilizando um modelo virtual BIM em um *smartphone*. Em seu teste ela explora as possibilidades da ferramenta no acompanhamento da montagem de uma estrutura metálica. Mesmo em celular é possível criar notas informativas para a equipe de projeto, caso haja modificações ocorridas em campo (Figura 16).

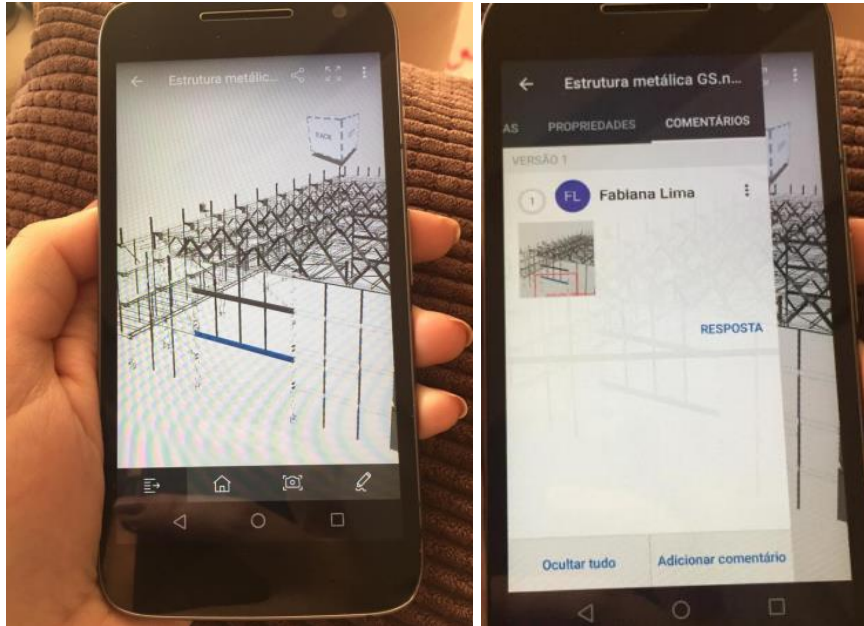


Figura 16: Modelo estrutural BIM acessado através de um celular e à direita a inserção de uma nota para comunicar a equipe de projeto. Fonte: (LIMA, 2019).

É importante destacar que esses recursos não se limitam à visualização da tridimensionalidade do modelo apenas. É possível acessar vistas 2D do modelo por disciplina, aferir medidas de objetos e espaços, verificar informações, entre outros. De maneira mais dinâmica, essas funcionalidades ultrapassam as limitações da impressão em papel.

Há ainda recursos para visualização do modelo através da realidade aumentada. Eastman et al. (2018) apresenta exemplos onde é possível visualizar elementos de projeto a partir da sobreposição do objeto virtual com o ambiente real. Isso permite, por exemplo, comparar a posição desses itens instalados com o projetado, além de permitir a visualização de elementos ocultos. O capítulo 3.2, exemplos da bibliografia, apresenta o uso real dessa possibilidade, na Ponte Randselva, em um caso europeu que dispensou o uso de desenhos 2D nas atividades do canteiro de obras.



Figura 17: Visualização de dutos em uma obra através de recurso de realidade aumentada via *tablet*.  
Fonte:(EASTMAN et al., 2018).

Eastman et al. (2018) destaca que esse recurso possui limitações, uma vez que o usuário fica com a visibilidade restrita à tela do dispositivo, seja ele celular ou *tablet*. Entretanto, esse autor aponta a existência de outras tecnologias que permitem mais liberdade durante o uso, como óculos para realidade aumentada (Figura 18).



Figura 18: Óculos de realidade aumentada sobrepondo um painel *drywall* no ambiente real.  
Fonte:(EASTMAN et al., 2018).

Sacks, Girolami, Brilakis (2020), destacam ainda alternativas propostas por *startups*, que possibilitam a associação de modelos virtuais com dispositivos que permitem o posicionamento de elementos construtivos na obra. Nele o usuário insere alguns pontos específicos do local auxiliado por um *smartphone*. O dispositivo associa os dados disponibilizados com o modelo virtual BIM e faz projeções com *lasers* das vistas 2D no local (Figura 19) com alta precisão (LIGHTYX, 2021).

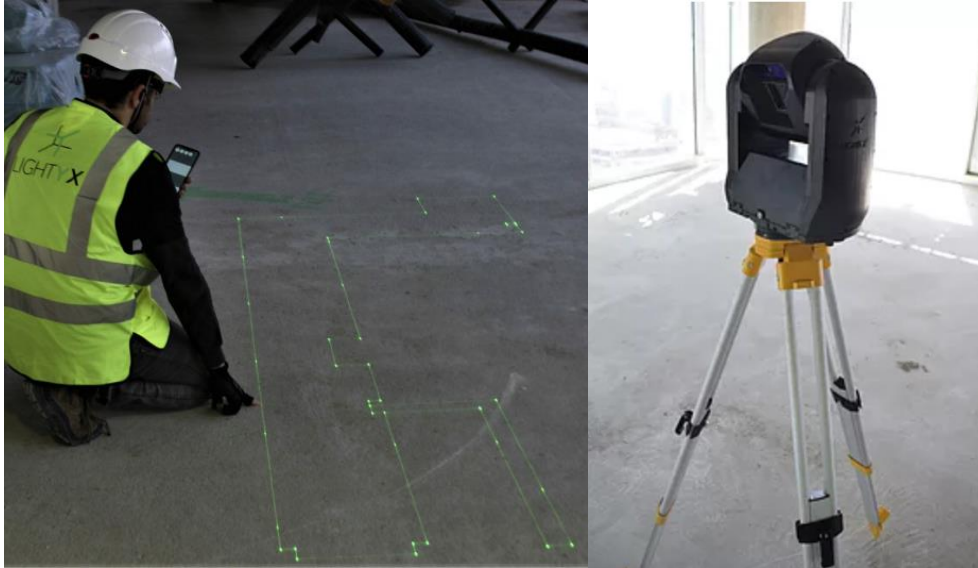


Figura 19: Projeção a laser a partir de modelo BIM acessado via smartphone. Fonte:(LIGHTYX, 2021; SACKS; GIROLAMI; BRILAKIS, 2020).

O modelo BIM também serve de base para tecnologias que permitem locação de edifícios no terreno, como aponta Eastman et al. (2018). Esse autor menciona que através de uma estação total robotizada é possível identificar pontos no modelo virtual para posteriormente inseri-los em campo. Granadeiro (2021) apresenta a lógica de funcionamento desses dispositivos, na Figura 20, onde o modelo virtual é associado à estação total. É importante notar nesse fluxo, presente na imagem abaixo, que há troca de informações em dois sentidos, do modelo para o campo e vice-versa. Esse mesmo autor ainda menciona que a interface e operação desse dispositivo é bastante intuitiva e consideravelmente simples.

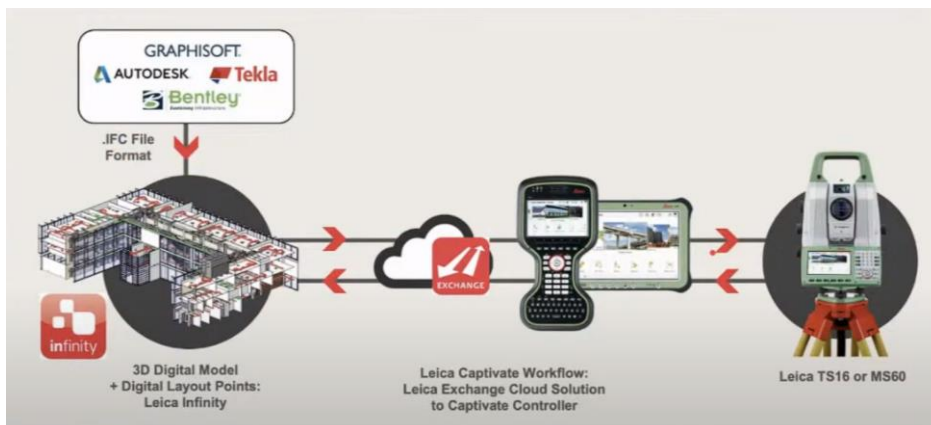


Figura 20: Lógica de funcionamento de uma estação total robotizada para usos BIM. Fonte:(GRANADEIRO, 2021).

No que se aplica a preparação do canteiro, Granadeiro (2021) destaca ferramentas que possibilitam a automatização de tarefas em campo através do

“*machine control*”. Essas alternativas permitem que máquinas façam o uso das informações do modelo para realizar tarefas em campo, com recursos de GPS, sem a necessidade de um operário conduzir a máquina. A Figura 21 demonstra o uso de uma motoniveladora sendo operada por um dispositivo que coleta as informações do modelo BIM e conduz preparação do solo conforme o projeto.



Figura 21: Máquina associada ao modelo BIM prepara o terreno sem operário. Fonte:(GRANADEIRO, 2021).

Há ainda nessa modalidade, conforme destaca Granadeiro (2021), aplicações que mesclam a automatização de tarefas com a operação humana (Figura 22). Esse autor destaca que é possível trabalhar cortes e taludes, por exemplo, com precisão, uma vez que a máquina considera as informações BIM e tolerâncias para realizar o trabalho.



Figura 22: Máquina conduzida semi-automática para cortes e taludes. Fonte:(GRANADEIRO, 2021).

São diversos exemplos e alternativas tecnológicas aplicadas à construção. Embora o presente trabalho não tenha a intenção de esgotar o assunto, alguns exemplos dos usos desses recursos serão apresentados no capítulo a seguir.



## 3.2 Exemplos da bibliografia

O presente capítulo reúne dois exemplos da bibliografia que apresentam os usos BIM no canteiro. Esses exemplos, destacam a presença de algumas ferramentas discutidas no capítulo anterior. Essas abordagens dialogam com o ideário proposto por Eastman et al. (2018), Pereira Junior (2019) e Tobin (2008), uma vez que o modelo virtual da construção é o protagonista.

### 3.2.1 Hospital Saint Joseph

O Hospital *Saint Joseph* é um exemplo apresentado por Eastman et al.(2018) localizado na cidade estadunidense de Denver, no Colorado. O edifício possui área construída superior a 77000m<sup>2</sup>. Como o tempo previsto para conclusão da obra e inauguração do edifício era de 30 meses, optou-se por trabalhar com elementos pré-fabricados para atender os prazos em tempo hábil, conforme destaca Eastman et al.(2018).

Os entregáveis definidos para a execução dos serviços previam, além de modelos BIM, formatos CAD 2D, 3D e PDF, variando conforme a natureza do serviço e etapa de execução. Esses arquivos eram acessados através de uma plataforma que permitia a visualização do projeto na nuvem. A documentação de obra era disponibilizada para os trabalhadores através de dispositivos eletrônicos.

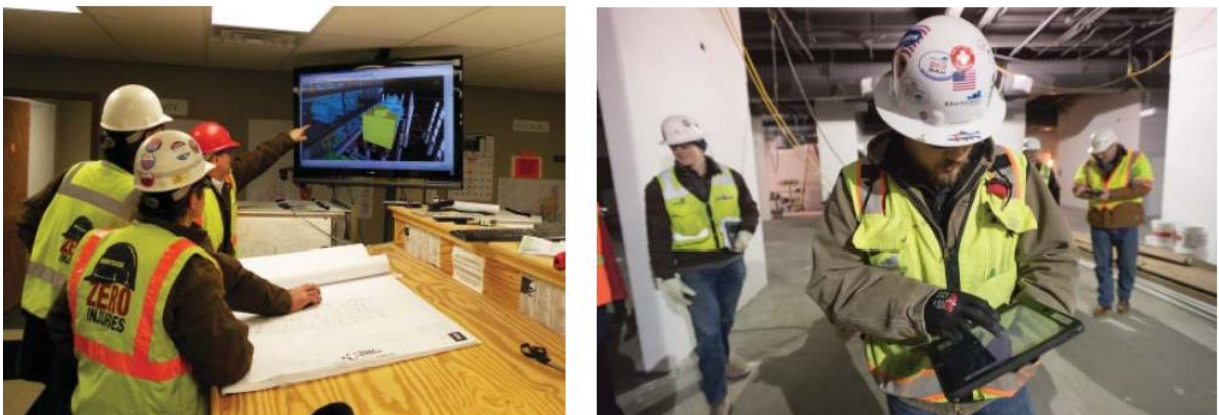


Figura 23: Escritório para consultar modelos BIM em um televisor (esquerda) e tablet para consulta em campo (direita). Fonte: (EASTMAN et al., 2018).

Embora a obra não tenha lançado mão da utilização unicamente do modelo BIM, Eastman et al. (2018) relata que ainda assim eles desempenharam papel

bastante importante. Nesse caso específico os modelos BIM serviram para auxiliar as atividades fora de campo, na fabricação de racks de serviços (Figura 24) e na construção de ambientes pré-fabricados. Eastman et al.(2018) destaca que a partir das informações do modelo virtual da construção foi possível fabricar com precisão esses componentes.

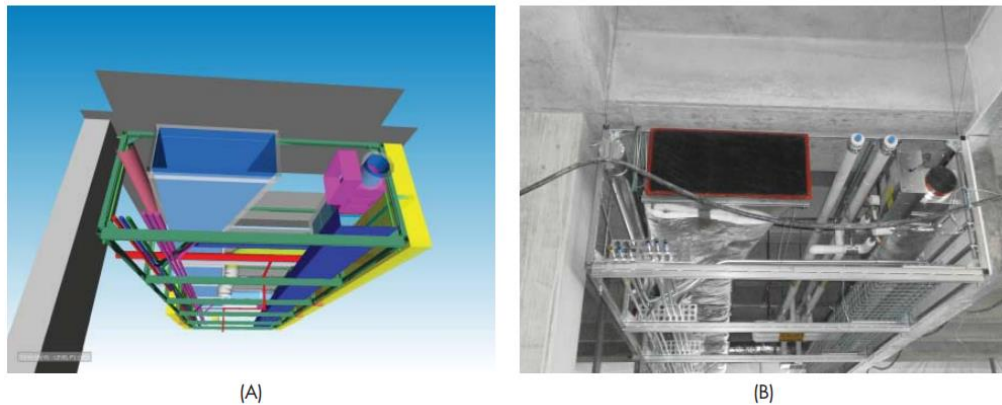


Figura 24: Modelo virtual BIM de um duto de serviços (esquerda) e o elemento construído (direita).  
Fonte: (EASTMAN et al., 2018).

Em campo os operários possuíam acesso aos modelos 3D com informações importantes para o trabalho. Um *software*, acessado através de um *tablet*, permitia ainda que o usuário pudesse visualizar cortes tridimensionais do ambiente (Figura 25).

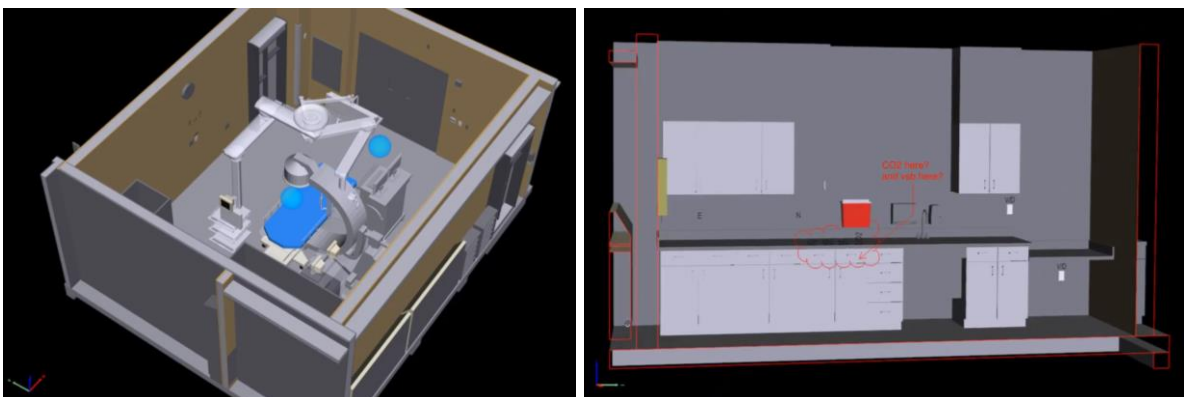


Figura 25: Modelo virtual BIM e seu corte tridimensional. Fonte: (BLUEBEAM, 2013).

### 3.2.2 Ponte Randselva

Localizada na Noruega a Ponte Randselva é um projeto em construção que cobrirá um vão com extensão de 643 metros. Segundo Tekla (2020), esse projeto reuniu esforços de um time composto por integrantes de quatro diferentes países e foi

elaborado a partir de plataformas BIM associados a *softwares* de desenho paramétrico. A integração e colaboração entre projetistas se deu através de uma plataforma de modelos federados que permitiu a interação entre os envolvidos de maneira simultânea (NEVES, 2020).

Esta obra se destaca por descartar a utilização de desenhos 2D impressos para execução. Todas as atividades no canteiro estão sendo desenvolvidas a partir das informações extraídas diretamente do modelo virtual BIM. Neves (2020) destaca que isso se estendeu também ao processo de licenciamento da obra que não fez uso do modelo tradicional baseado em projeções bidimensionais impressas em papel.



Figura 26: vista geral da Ponte Randselva a partir do Modelo 3D BIM. Fonte: (TEKLA, 2020).

O protótipo virtual da construção resultante dos processos BIM apresenta todos os elementos e informações necessárias para execução da obra de forma detalhada. Tekla (2020) apresenta alguns quantitativos que demonstram a complexidade do projeto: mais de 200.000 vergalhões e cerca de 250 cabos pós-tensionados.

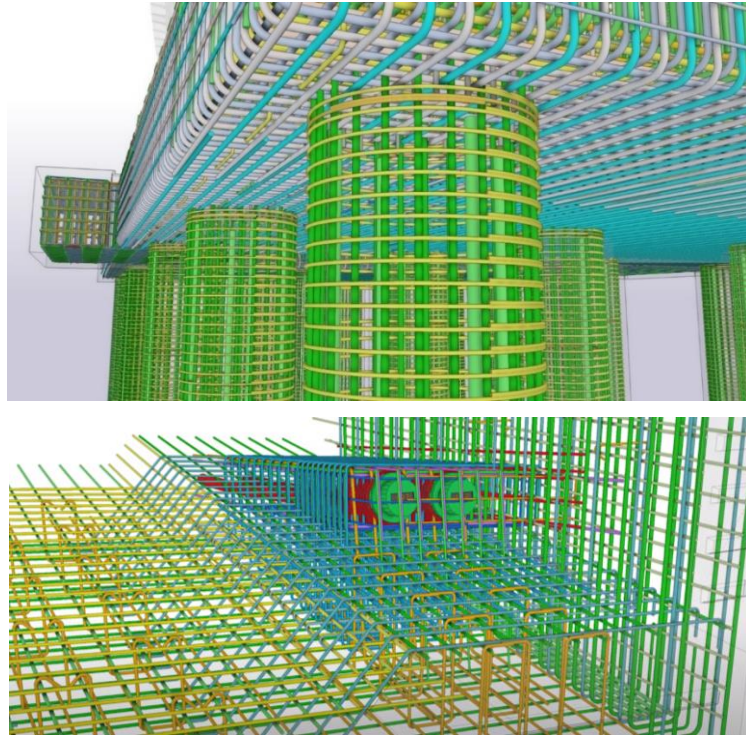


Figura 27: Detalhes de um trecho da ponte exibindo os detalhes da armação e cabos. Fonte: (TEKLA, 2020).

Como todas as informações para execução dos serviços são baseadas no modelo, o canteiro dispõe de estações BIM para consulta ao projeto. Nesse ambiente os profissionais têm acesso a um televisor para visualização do modelo BIM atualizado (Figura 28) em um contêiner distribuído em alguns pontos da obra. Disponibiliza-se ainda uma impressora no local para impressão de imagens do modelo BIM a partir de captura de tela. Isso resolve momentaneamente problemas decorrentes da impossibilidade de conexão com o servidor na nuvem (RYBUS, 2020).



Figura 28: Estação BIM com televisor para visualização do modelo. Fonte: (RYBUS, 2020).

Para visualização em campo os profissionais fazem uso de *tablets*, celulares e recursos de realidade aumentada, através do Trimble Site Vision (Figura 29). Esse dispositivo permite que os elementos virtuais presentes no modelo BIM possam ser visualizados no canteiro.



Figura 29: Dispositivo para visualização do modelo BIM em campo – Trimble Site Vision.

Fonte: (NEVES, 2020).

Nas Figura 31 e 31, apresentadas por Neves (2020), é possível ver a lógica de funcionamento dessa tecnologia. Detalhes específicos da construção podem ser disponibilizados para os trabalhadores que conseguem interagir com o modelo. É importante notar que diferente de uma impressão em papel esse recurso permite que o usuário veja o elemento em toda a sua tridimensionalidade.



Figura 30: Visualização de um detalhe construtivo no Trimble Site Vision. Fonte: (NEVES, 2020).



Figura 31: Visualização de três detalhes construtivos no Trimble Site Vision. Fonte: (NEVES, 2020).

Neves (2020) demonstra ainda que esse recurso permite a sobreposição do modelo BIM no local exato onde o elemento precisa ser construído (Figura 32). Isso permite que o trabalhador visualize a peça antes da execução e também possa verificar a conformidade do elemento executado com o projeto. Esse dispositivo permite ainda que desvios sejam informados à equipe de projeto para atualização do modelo.



Figura 32: Detalhe de um trecho da ponte exibindo os detalhes da armação. Fonte: (NEVES, 2020).

Segundo Rybus (2020) as ferramentas BIM permitiram classificar os elementos a serem executados por cores. Dessa forma, o modelo exibe cores diferentes para etapas diferentes para do serviço. Essa estratégia, associada à adição de comentários nos elementos, permite que operários consigam compreender com mais facilidade as tarefas no canteiro.

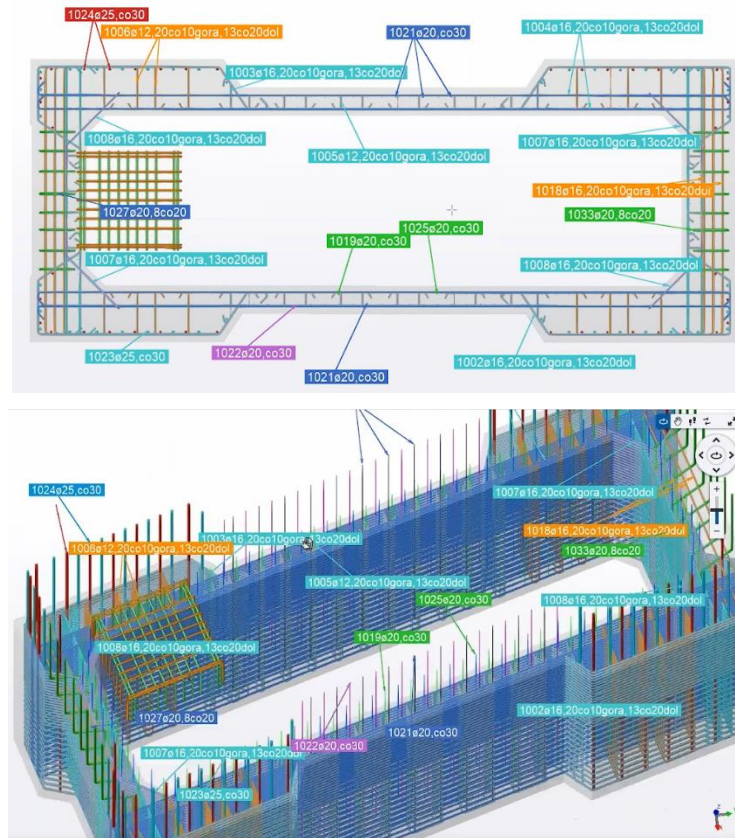


Figura 33: Elementos do modelo BIM em cores e com informações anexadas. Fonte: (RYBUS, 2020).

#### 4 - CONCLUSÕES

As atividades de projeto nos processos BIM produzem modelos virtuais que são extremamente úteis no canteiro. Eles extrapolam os moldes estáticos convencionais impressos em papel fornecendo informações de melhor qualidade e mais complexas em relação ao método convencional.

Nos exemplos coletados nessa pesquisa, nota-se o uso predominante de perspectivas ao invés de projeções 2D apenas. Essas ganham mais importância quando utilizadas a partir de *hardwares* e *softwares* que possibilitam acesso a informações de maneira estratégica para os serviços no canteiro.

Casos como da Ponte Randselva, apresentado no capítulo 3.2.2, mostram que novas abordagens, para além da representação tradicional, são possíveis quando o modelo BIM é levado para o canteiro. Através do uso intenso do protótipo virtual da construção é possível descartar o uso da representação tradicional baseada em projeções ortogonais 2D. Entretanto, essas possibilidades são dependentes da

associação do modelo BIM com novas tecnologias que envolvem o uso de *softwares* e *hardwares*.

Nesse sentido, levar o modelo BIM para o canteiro demanda o investimento em aplicativos e dispositivos tecnológicos que muitas vezes podem ter custos elevados. Além disso, o trato com a coisa tecnológica depende do nível de familiaridade do usuário. Isso pode requerer, em alguns casos treinamentos dos trabalhadores para operar essas tecnologias aplicadas ao canteiro a fim de se atingir os resultados esperados.

A presença BIM em campo supera os meios convencionais na medida que permite que o usuário interaja com o modelo em sua totalidade, seja para visualizar a tridimensionalidade do objeto a ser construído ou para acessar as informações disponibilizadas.

O consumo de memória dos modelos virtuais pode ser um entrave à presença BIM no canteiro, uma vez que requer alto desempenho dos dispositivos eletrônicos. Além disso, como a interação com os modelos BIM, em alguns casos, demanda conexão com a rede para acessar à nuvem, isso pode apresentar dificuldades em algumas localidades mais remotas com a indisponibilidade de internet.

Reforçando a ideia de que o advento das ferramentas BIM demandam novos processos (EASTMAN et al., 2018; HARDIN; MCCOOL, 2015), o exemplo de casos impressos de modelos virtuais da construção demonstram que os benefícios adquiridos nas etapas de projeto são diminuídos. Isso pela necessidade de controle de atualização de folhas impressas, bem como pela falta de possibilidade de interação com modelo em sua tridimensionalidade e acesso às informações.

Entretanto, o caso de Lima (2019) demonstra que a tridimensionalidade do modelo BIM pode ser usada para facilitar a compreensão dos profissionais envolvidos na execução do serviço, mesmo em formato impresso, através da representação baseada em perspectivas.

Algumas possibilidades são fundamentadas apenas no modelo obtido através da modelagem da informação da construção e sua visualização serve como suporte, como nos casos de *machine control*. Para atividades de preparação do terreno, por exemplo, essas máquinas não tripuladas, dispensa a necessidade de folhas impressas em campo e, ainda, permitindo que esses serviços sejam executados com precisão.



A engenharia simultânea se estende ao canteiro na medida que a atividade de projeto não finaliza com a entrega do modelo. Foi visto que algumas ferramentas possuem a possibilidade de comunicação direta com a equipe de projeto, para comunicar desvios e alterações percebidas em campo. Isso gera um monitoramento do que está sendo construído de forma a atualizar o modelo e se obter ao final da construção um modelo *as built*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIA - AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. **Document E203: Building Information Modeling and data exhibit**. Disponível em:

<[https://help.aiacontracts.org/public/wp-content/uploads/2020/12/AIA-E203-2013-Free-Sample-Preview.pdf?\\_ga=2.161257464.417506043.1623802855-1865763801.1623802855](https://help.aiacontracts.org/public/wp-content/uploads/2020/12/AIA-E203-2013-Free-Sample-Preview.pdf?_ga=2.161257464.417506043.1623802855-1865763801.1623802855)>. Acesso em: 15 jun. 2021a.

AIA - AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. **Document G202: Project Building Information Modeling protocol form**. Disponível em:

<<https://content.aia.org/sites/default/files/2016-09/AIA-G202-2013-Free-Sample-Preview.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2021b.

ASBEA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA.

**Guia AsBEA boas práticas em BIM: Fascículo II**. Disponível em:

<<http://www.asbea.org.br/userfiles/manuais/d6005212432f590eb72e0c44f25352be.pdf>>. Acesso em: 2 jul. 2021.

AUTODESK. **O que é CAD**. Disponível em:

<<https://www.autodesk.com.br/solutions/cad-software>>. Acesso em: 2 jul. 2021.

BLUEBEAM. **Mortenson construction uses Bluebeam Revu on the exempla St. Joseph Heritage Hospital Project**. Disponível em:

<[https://www.youtube.com/watch?v=EER\\_Qkr1qTU](https://www.youtube.com/watch?v=EER_Qkr1qTU)>. Acesso em: 20 jul. 2021.

CBIC - CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Fundamentos BIM: parte 1- implementação do BIM para construtoras e incorporadoras**.

Brasília: CBIC, 2016.

CRASA INFRAESTRUTURA. **Entendendo a modelagem de informação da construção (BIM)**. Disponível em:

<<https://www.blog.crasainfra.com/post/entendendo-a-modelagem-de-informação-da-construção-bim>>. Acesso em: 30 mar. 2021.

DARÓS, J. **O que é LOD em um projeto BIM**. Disponível em:

<<https://utilizandobim.com/blog/o-que-e-lod-bim/>>. Acesso em: 24 jun. 2021.

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2014.

EASTMAN, C. et al. **BIM handbook: a guide to Building information modeling for owners, designers, engineers, contractors and facility managers**. 3. ed. Hoboken: Wiley, 2018.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GRANADEIRO, M. **Webinar: Transformação digital e BIM na obra**. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=Xj8p4-W6lZQ&ab\\_channel=ConstrutivoBrasil](https://www.youtube.com/watch?v=Xj8p4-W6lZQ&ab_channel=ConstrutivoBrasil)>.

HARDIN, B.; MCCOOL, D. **BIM and Construction Management: proven tools, methods, and workflows**. 2. ed. Indianapolis: Wiley, 2015.

LIGHTYX. **Lightyx BeamerOne**. Disponível em: <<https://www.lightyx.com/>>. Acesso em: 21 jul. 2021.

LIMA, F. K. de. Implantação do Processo BIM no apoio à execução dentro de uma construtora. **118f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.**

LOPES, R. F. Perspectivas para o desenvolvimento de uma metodologia brasileira para o BIM: estudo de caso. **123f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.**

NEVES, G. **Randselva Bridge - a drawing free bridge project - no kidding**.

Disponível em:

<[https://www.youtube.com/watch?v=rbvAaFI57js&ab\\_channel=MinistryofBridges](https://www.youtube.com/watch?v=rbvAaFI57js&ab_channel=MinistryofBridges)>.

Acesso em: 19 jul. 2021.

PEREIRA JUNIOR, M. L. A produção de edifícios diante dos novos paradigmas informacionais e da tecnologia BIM com a contribuição da gestão e organização do conhecimento. **189p. Tese (Doutorado em Gestão e Organização do Conhecimento) - Escola de Ciência da Informação da Universidade Federal de**

**Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.**

PMI - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK)**. 5. ed. Pennsylvania: PMI, 2013.

RYBUS, W. **Masterclass Randselva bridge: how to build the world's longest bridge without drawings?** Disponível em:

<<https://register.gotowebinar.com/recording/recordingView?webinarKey=5838750201536326667&registrantEmail=notec86994%40godpeed.com>>. Acesso em: 19 jul. 2021.

SACKS, R.; GIROLAMI, M.; BRILAKIS, I. Building Information Modelling, Artificial Intelligence and Construction Tech. **Developments in the Built Environment**, v. 4, n. March, p. 100011, 2020.

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

TEKLA. **Randselva Bridge: the world's longest bridge built without drawings.**

Disponível em: <<https://www.tekla.com/bim-awards/randselva-bridge>>. Acesso em: 19 jul. 2021.

TEKLA. **Gerencie os riscos e planeje uma construção bem-sucedida.** Disponível em: <<https://www.tekla.com/br/solucoes/empreiteiros-gerais>>. Acesso em: 20 jul. 2021.

TOBIN, J. **Protobuilding: to BIM is to built.** Disponível em:

<<https://static1.squarespace.com/static/5af254d97e3c3aa74fe65385/t/5b3cb1458a922db5a5332cf7/1530704197850/Proto-Building+-+To+BIM+is+to+Build.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2020.