

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

VICENTE ANANIAS DAMASCENO JUNIOR

**ESTUDO DAS APLICAÇÕES DO BUSINESS INTELLIGENCE EM CONJUNTO  
COM MODELOS DE INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO**

PROJETO DE CONCLUSÃO DE CURSO I

Niterói  
2021

VICENTE ANANIAS DAMASCENO JUNIOR

**ESTUDO DE APLICAÇÕES DO BUSINESS INTELLIGENCE EM CONJUNTO COM  
MODELOS DE INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO**

PROJETO DE CONCLUSÃO DE CURSO I

Projeto de Conclusão de Curso  
apresentado ao curso de Graduação em  
Engenharia Civil da Universidade Federal  
Fluminense, como requisito parcial para  
conclusão do curso.

Orientador:  
Marcelo Jasmim Meirino, Dr

Niterói  
2021

Ficha catalográfica automática - SDC/BEE  
Gerada com informações fornecidas pelo autor

D155e Damasceno junior, VICENTE ANANIAS  
ESTUDO DAS APLICAÇÕES DO BUSINESS INTELLIGENCE EM CONJUNTO  
COM MODELOS DE INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO / VICENTE ANANIAS  
Damasceno junior ; MARCELO JASMIM MEIRIÑO, orientador.  
Niterói, 2021.  
58 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia  
Civil)-Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia,  
Niterói, 2021.

1. BIM. 2. BI. 3. Building Information Modeling. 4. Business  
Intelligence. 5. Produção intelectual. I. MEIRIÑO, MARCELO  
JASMIM, orientador. II. Universidade Federal Fluminense.  
Escola de Engenharia. III. Título.

CDD -

VICENTE ANANIAS DAMASCENO JUNIOR

**ESTUDO DAS APLICAÇÕES DO BUSINESS INTELLIGENCE EM CONJUNTO  
COM MODELOS DE INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao curso de Bacharel em  
Engenharia Civil, como requisito parcial  
para conclusão do curso.

Aprovada em 20 de setembro de 2021.

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. Dr. Marcelo Jasmim Meirino (Orientador) - UFF**

---

**Prof. Renata Gonçalves Faísca - UFF**

---

**Prof. Sérgio Braga França - UFF**

Niterói  
2021

## **DEDICATÓRIA**

A todos que buscam desenvolver a construção civil de forma a torná-la mais segura e eficiente.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por tudo. A minha família pelo apoio e suporte ao longo de toda minha jornada. Especialmente a meu pai pela inspiração de buscar sempre melhorar. A minha mãe pelo incondicional amor. A meus irmãos pela oportunidade de vivenciar os desafios da vida. A meu avô pelos ensinamentos de simplicidade e trabalho duro. A minha avó pelas orações e cuidado. A Cris, Yasmin e Melissa por me incentivarem e torcerem ao longo do caminho. A todos os familiares e amigos que participaram dessa conquista.

## **RESUMO**

A tecnologia atua continuamente desenvolvendo ferramentas que permitem a execução de tarefas de forma mais eficiente e ágil. A indústria da construção civil, assim como as demais indústrias, se apropriam dessas tecnologias de forma adaptada as suas necessidades específicas.

Uma das metodologias criadas a partir do desenvolvimento das tecnologias é a modelagem da informação na construção, conhecido como Building Information Modeling. A partir de modelos virtuais da construção se tornou possível análises em todas as fases do ciclo de vida de uma construção com informações úteis ao desenvolvimento do projeto. Outra metodologia que se apropria da tecnologia é a inteligência de negócios, denominada comumente por Business Intelligence, BI. Essa metodologia se desenvolve a partir da análise descritiva de dados para transmitir de forma otimizada as informações.

A pesquisa possui como tema de estudo o de como o Building Information Modeling pode ser adotado em conjunto com as ferramentas de Business Intelligence. Para o levantamento dos trabalhos que apresentam a integração dessas ferramentas, adotou-se o método de bibliografia visando a análise de artigos vinculados a problemática da pesquisa, de acordo com protocolo de pesquisa definido.

Observou-se que, apesar do BIM e do BI serem termos de grande relevância nos estudos recentes, são ferramentas que não são largamente aplicadas em conjunto. Entretanto, quando aplicada de forma sistematizada as ferramentas de BI aplicadas em modelos BIM permitem ganhos de produtividade em todas as fases do ciclo de vida de um empreendimento.

### **Palavras-chave:**

Modelagem da informação; BIM; Inteligência de negócios; BI; Painéis de controle;  
Construção civil

## **ABSTRACT**

Technology is continuously developing tools that allow tasks to be performed in a more efficient and agile manner. The construction industry, as well as other industries, appropriates these technologies in a way that is adapted to its specific needs.

One of the methodologies created from the development of these technologies is the modeling of information in construction, known as Building Information Modeling. From virtual models of the construction, it became possible to analyze all phases of the life cycle of a building with useful information for the development of the project.

Another methodology that appropriates technology is business intelligence, commonly known as Business Intelligence, BI. This methodology is developed from the descriptive analysis of data to transmit information in an optimized way.

The research theme of this study is how Building Information Modeling can be adopted in conjunction with Business Intelligence tools. For the survey of works that present the integration of these tools, the bibliography method was adopted aiming at the analysis of articles linked to the research problematic, according to the defined research protocol.

It was observed that, despite BIM and BI being terms of great relevance in recent studies, they are tools that are not widely applied together. However, when applied in a systematized way, BI tools applied to BIM models allow for productivity gains in all phases of the life cycle of a project.

### **Keywords:**

Building information modeling; BIM; Business intelligence; BI; Dashboards; Civil construction.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Tendências na construção civil.....	13
Figura 02 – Publicações que apresentam termos relacionados a definição de BIM.....	16
Figura 03 – Implementação BIM no Brasil .....	19
Figura 04 – Fluxo de trabalho usual.....	22
Figura 05 – Disciplinas de edifício em um modelo virtual de construção.....	23
Figura 06 – Fluxo de trabalho BIM.....	24
Figura 07 – Comparativo BIM x convencional.....	25
Figura 08 – Usos BIM.....	26
Figura 09 – Exemplo BIM 4D.....	27
Figura 10 – Exemplo Estudo Solar.....	28
Figura 11 – Exemplo BIM 6D.....	29
Figura 12 – Aplicação BIM no gerenciamento de ativos.....	30
Figura 13 – Exemplo prático LOD.....	32
Figura 14 – Interesse em Data Science ao longo do tempo.....	33
Figura 15 – Evolução BI ao longo de 40 anos.....	35
Figura 16 – Dados x Informação x Conhecimento.....	36
Figura 17 – Processo BI.....	37
Figura 18 – Exemplo ETL.....	38
Figura 19 – Fluxo da informação.....	40
Figura 20 – Exemplo de dashboard.....	41
Figura 21 – Exemplo dashboard estratégico.....	42
Figura 22 – Classificação da pesquisa.....	47
Tabela 01 – Descrição de níveis de desenvolvimento por LOD.....	31
Tabela 02 – Palavras-chave.....	42
Tabela 03 – Busca por termos gerais.....	43
Tabela 04 – Protocolo de pesquisa.....	43
Tabela 05 – Busca por termos classificados.....	44
Tabela 06 – Busca por termos classificados.....	44
Tabela 07 – Classificação por fase do ciclo de vida.....	44
Tabela 08 – Trabalhos categorizados como PROJETO.....	45
Tabela 09 – Trabalhos categorizados como CONSTRUÇÃO.....	45
Tabela 10 – Trabalhos categorizados como MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO.....	46
Tabela 11 – Análise de trabalhos categorizados como PROJETO.....	47
Tabela 12 – Análise de trabalhos categorizados como CONSTRUÇÃO.....	48
Tabela 13 – Análise de trabalhos categorizados como MANUTENÇÃO.....	48

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ISO	International Standart Organization
BIM	Building Information Modeling
BI	Business Intelligence
LOD	Level of Development
LoD	Level of Detail
ETL	Extract, transform and load
nD	Classificação da dimensão BIM

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 Considerações Iniciais.....</b>	<b>11</b>
<b>1.2 Problema de pesquisa.....</b>	<b>12</b>
<b>1.3 Objetivo Geral.....</b>	<b>13</b>
<b>1.4 Objetivos Específicos.....</b>	<b>13</b>
<b>1.5 Organização da Pesquisa.....</b>	<b>15</b>
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Building Information Modeling.....</b>	<b>16</b>
2.1.1 Histórico.....	16
2.1.2 Regulamentação e normas.....	17
2.1.3 Conceitos.....	20
2.1.4 Fluxo de trabalho BIM x Fluxo de trabalho tradicional.....	21
2.1.5 Usos BIM.....	25
2.1.6 Nível de desenvolvimento, nível de detalhamento e nível de informação.....	30
<b>2.2 Business Intelligence.....</b>	<b>32</b>
2.2.1 Data Science.....	32
2.2.2 Business Intelligence – BI.....	33
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>41</b>
<b>4. DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>43</b>
<b>5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISA .....</b>	<b>49</b>
<b>6. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>50</b>

# **1. INTRODUÇÃO**

## **1.1 Considerações Iniciais**

Nos últimos anos, com a crescente digitalização dos negócios, surgiram diversas soluções inovadoras, que por incrementarem a produtividade, tornaram-se atrativas ao setor da construção civil. Segundo estudo da Consultoria MCKYNSSEY (2017), somente entre 2011 e 2016 houve investimentos da ordem de bilhões de dólares em empresas de tecnologia voltadas para a área construção civil, com grande participação da área de gerenciamento de documentação. Sendo está responsável por 1,7 bilhão de dólares do montante de investimentos.

A aplicação de ferramentas que se apropriam da tecnologia para melhor desenvolvimento de suas atividades se faz presente em todos os setores da indústria da construção. Desde a formação de profissionais especializados para atuação no setor, em que universidades estruturam banco de dados e aplicam algoritmos de mineração de dados, afim de construir um sistema de ensino de engenharia civil otimizado em plataforma digital (WANG, 2021), até nas etapas finais da construção e controle da operação de um empreendimento por meio da aplicação de modelos tridimensionais dotados de informações relevantes para a manutenção e operação da construção (LUO; PRITONI; HONG, 2021).

Segundo análise da StartsUs Insights (2021), por meio de pesquisa em uma amostra de 3550 startups e scaleups globais, foram levantadas as dez maiores tendências na construção civil em ordem de maior possibilidade de impacto positivo nos negócios. Conforme apresentado na figura 01 a seguir, há concentração na adoção de ferramentas que proporcionam maior colaboração e transparências aos negócios no setor.

A adoção da tecnologia está inserida no contexto da quarta revolução industrial, em que as inovações tecnológicas avançam para a adoção de sistemas ciber-físicos. Nesse sistema, é baseado na comunicação entre homem e máquina, virtualização de processos, análises em tempo real (CAVALCANTI; SOUZA; SODRÉ; MACIEL; SILVA, 2018).

**Figura 1** – Tendências na construção civil



Fonte: Adaptado de StartsUs, 2021

## 1.2 Problema de Pesquisa

Entre essas soluções, destaca-se o desenvolvimento da metodologia Building Information Modeling (BIM). A metodologia é baseada em modelos tridimensionais que em conjunto de dados do objeto modelado, trazem consigo diversas possibilidades de ganhos em produtividade, assertividade na tomada de decisão e melhor comunicação da informação. Como por exemplo, na área de orçamentos (WAHAB; WANG, 2021) e planejamento de obras (PÉREZ; BASTOS COSTA, 2021).

Aliada a essa metodologia, novos processos de obtenção de dados e ganho de produtividade estão sendo desenvolvidos nos maiores centros de pesquisa no mundo. É crescente o desenvolvimento de softwares que visam integrar os modelos tridimensionais a informações relevantes nas etapas de projeto, construção e operação de empreendimentos (PAN; ZHANG, 2021).

Nesse contexto, a ciência dos dados apresenta-se como uma ferramenta para o processamento do grande fluxo de informações de forma que seja possível obter soluções

inovadores e eficientes para os desafios que se apresentarem ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos (TAN et al., 2021). Entre as ferramentas de ciência de dados, destaca-se o Business Intelligence que por meio da mineração de dados e ferramentas de dashboards, permitem a visualização das informações relevantes ao negócio. Este é o ramo do conhecimento que busca descrever por meio dos dados o que está ocorrendo. Fornecendo assim informações relevantes para suporte a decisão, gerando melhor desempenho de negócios em diversas áreas (DAVE et al., 2016).

Dessa forma, é possível a comunicação da informação nos diversos níveis de necessidade de um empreendimento. Sendo útil na comunicação com a diretoria de grandes empresas, como também para otimizar o entendimento de projetos e auxiliar nas diversas escolhas que devem ser feitas em um canteiro de obras, por exemplo.

A pesquisa visa responder a seguinte questão de pesquisa: Como as ferramentas de BI integradas a metodologia BIM podem colaborar em empreendimentos da construção civil?

### **1.3 Objetivo Geral**

O trabalho tem como objetivo identificar os processos de uso da metodologia BIM aliada a ferramentas de Business Intelligence aplicado a empreendimentos de construção civil.

### **1.4 Objetivos Específicos**

- Mapear os principais usos da metodologia BIM na construção;
- Levantar os usos de Business Intelligence aplicado a construção civil;
- Identificar possíveis gargalos para a integração entre BIM e BI;
- Levantar possíveis vantagens na integração BIM e BI.

### **1.5 Organização da Pesquisa**

O capítulo 1 apresenta considerações iniciais que nos situam ao contexto de crescente inovação aplicada a indústria da construção civil.

O capítulo 2 expõe uma revisão da literatura sobre o assunto. Contextua-se inicialmente os conceitos que definem BIM, seu processo de trabalho, especificidades e usos no mercado. Após, são definidos os conceitos de Business Intelligence, descrevendo as etapas do processo, sistemas e ferramentas adotadas.

O capítulo 3 identifica a metodologia de pesquisa com base na técnica de bibliometria.

O capítulo 4 apresenta os resultados do estudo teórico sobre o tema. Em que são levantados os pontos de convergência entre a adoção da metodologia Building Information Modeling e as práticas do Business Intelligence.

Por fim, o capítulo 5 apresenta a conclusão dessa pesquisa, destacando os principais pontos encontrados.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Building Information Modeling – BIM

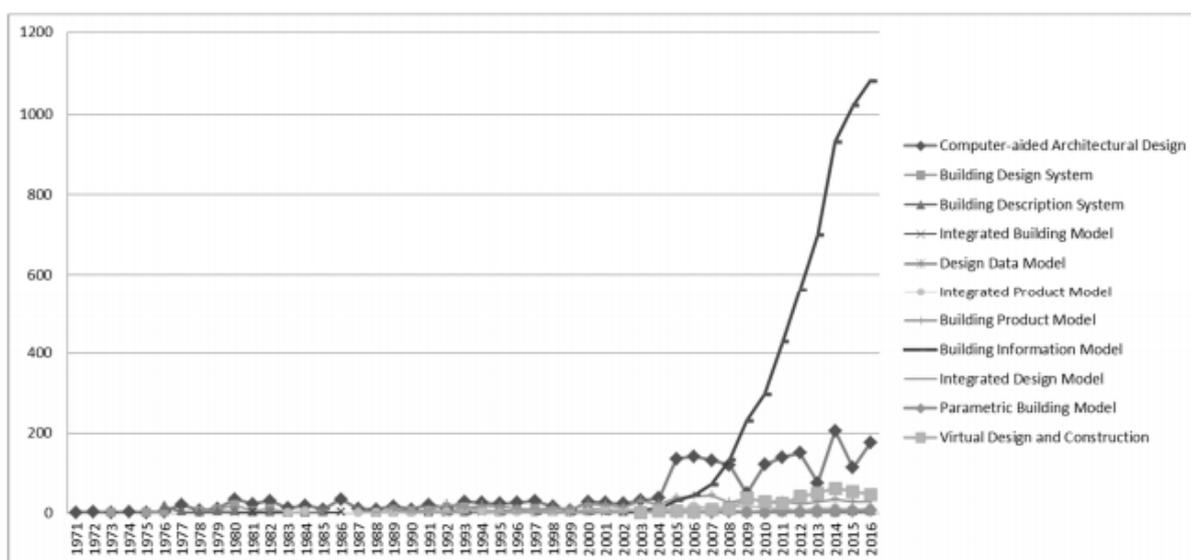
#### 2.1.1. Histórico

Com o crescente desenvolvimento tecnológico nas últimas décadas, surgiram técnicas e metodologias de trabalho que se apropriam das descobertas no meio acadêmico para aprimorar o desenvolvimento dos trabalhos realizados na indústria da construção civil.

O desenvolvimento de ferramentas de modelagem gráfica se aprimorou ao longo dos anos desde o início de representações de objetos tridimensionais simples no início da década de 70 até a geração de sólidos em três dimensões de edifícios que foi desenvolvido no final da década de 70 e início da década de 80 (EASTMAN, 2014).

Em paralelo ao desenvolvimento de softwares, se desenvolveram diversos termos para se referir aos projetos que se apropriariam de ferramentas que permitem a modelagem tridimensional com a atribuição de informação. Em 1974 Eastman definiu o conceito de Computeraided Architectural Design (CAAD) que guarda relação de significado com o termo BIM. Conforme apresentado na figura 2, outros termos foram definidos ao longo das décadas. Porém, a partir de 1992 com a definição de Building Information Model por Nederveen e Tolman, ocorreu a preponderância de pesquisas relacionadas ao termo em detrimento das demais, conforme apresentado na figura 2 (GASPAR; RUSCHEL, 2017).

**Figura 2** – Publicações que apresentam termos relacionados a definição de BIM



Fonte: Gaspar; Ruscchek, 2017.

Nas últimas décadas se tornou crescente o número de pesquisas sobre a metodologia e o desenvolvimento de softwares aplicados a essa área. Com o crescimento de aplicações e técnicas na adoção dos conceitos da metodologia que introduzem novas formas de projetar com a adoção de programação visual e design generativa como ferramentas de suporte aos projetistas (COENDERS, 2021).

### 2.1.2. Regulamentação e Normas BIM

Com o desenvolvimento da aplicação do BIM ao longo dos anos, se tornou latente a necessidade de normatização dos processos, visando a padronização. Nesse contexto, diversos países como Noruega, Austrália, Finlândia, Estados Unidos da América, iniciaram o desenvolvimento de documentos denominados manifestos que buscavam orientar o desenvolvimento de projetos em BIM.

A Associação Internacional de Normatização (ISO), também desenvolveu com o apoio do meio acadêmico, e do mercado, normativas para a adoção dessa metodologia de trabalho. Em dezembro de 2018 a ISO publicou os dois primeiros, de uma série de cinco documentos, sobre a organização e digitalização de informações sobre e obras de engenharia civil, incluindo modelagem de informações de construção (BIM) - Gerenciamento de informações usando modelagem de informações de construção.

A série de normas ISO 19650 e segregada nas seguintes partes:

- Parte 1: Conceitos e princípios;
- Parte 2: Fase de entrega dos ativos;
- Parte 3: Fase operacional dos ativos;
- Parte 4: Trocas de Informações;
- Parte 5: Abordagem voltada para a segurança para gerenciamento de informações.

No Brasil, em 2009 foi criada a comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção, ABNT/CEE-134. A partir dos trabalhos da comissão, em 2010 publicada a ABNT NBR ISO 12006-2:2010, com o título, Construção de edificação — Organização de informação da construção - Parte 2: Estrutura para classificação de informação. A norma visa estabelecer padrão de organização da informação para permitir o intercâmbio de informações ao longo da vida do projeto.

Em 2011 foi publicada a primeira norma especificamente aplicada a metodologia BIM. A ABNT NBR 15965 – Modelagem de Informação da Construção (BIM) normatiza o sistema de classificação das informações, permitindo o intercâmbio de informação, trabalho em ambiente colaborativo e interoperabilidade entre os softwares. A norma é composta por sete partes contemplando todo o ciclo de vida do projeto segregadas da seguinte forma:

- Parte 1: Terminologia e estrutura;
- Parte 2: Características dos objetos da construção;
- Parte 3: Processos da construção;
- Parte 4: Recursos da construção;
- Parte 5: Resultados da construção;
- Parte 6: Unidades e espaços da construção;
- Parte 7: Informação da construção.

O desenvolvimento de normas brasileiras aplicadas ao BIM fornece padronização sólida para a difusão do processo de construção adotando a metodologia BIM. A necessidade de difusão do conhecimento tornou-se latente com o lançamento da Estratégia BIM BR em 2018, por iniciativa do governo federal do Brasil. Foi instituído Comitê Gestor para trabalhar no gerenciamento e aplicação das estratégias BIM BR.

A finalidade do plano governamental é a de promover ambiente adequado ao investimento em BIM no Brasil. São nove objetivos que a implementação da Estratégia BIM BR visa atingir (ABDI, 2021). São eles:

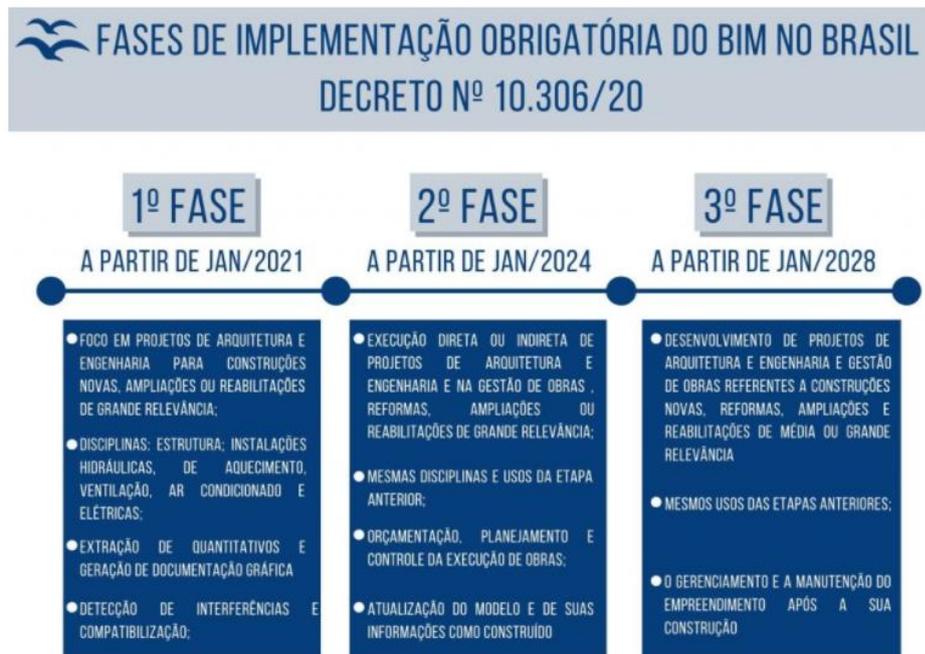
- Difundir o BIM e seus benefícios;
- Coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM;
- Criar condições favoráveis para o investimento, público e privado, em BIM;
- Estimular capacitação em BIM;
- Propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e contratações públicas com uso do BIM;
- Desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para a adoção do BIM;
- Desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional BIM;
- Estimular o desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM;

- Incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM.

Para incentivar a adoção da metodologia BIM, o governo federal promulgou Decreto 10.306/2020 que iniciou a exigência da aplicação de técnicas BIM em projetos específicos no âmbito federal. Nessa primeira fase será exigido que o BIM seja aplicado em projetos de arquitetura e engenharia.

Já na segunda fase a aplicação deverá ser realizada também na fase de execução das obras, esta fase está prevista para 2024. A última fase, prevista para 2028, será exigida a aplicação BIM em projetos, execução das obras e pós-obra (gerenciamento e manutenção) (ABDI,2021). As etapas e requisitos são demonstrados na figura 3, a seguir.

**Figura 3 – Implementação BIM no Brasil**



Fonte: ABDI, 2020.

Já na denominada nova lei das licitações, Lei nº 14.133/2021, aprovada em abril do ano de 2021, prevê o uso preferencial da Modelagem da Informação da Construção (Building Information Modeling– BIM) nas contratações de obras e serviços de engenharia, sempre que esta for adequada ao objeto da licitação. Fornecendo assim vantagem competitiva as empresas que adotarem a metodologia.

### 2.1.3. Conceitos

O Building Information Modeling (BIM) ou modelagem da informação da construção é definida como uma tecnologia de modelagem associada a um processo de produção, comunicação e análise dos modelos da construção (EASTMAN, 2014).

A ISO 19650-1 (2018) define Building Information Modeling como o uso de uma representação digital compartilhada de uma construção visando facilitar os processos de projeto, construção e operação, de forma a fornecer fundamentação sólida para a tomada de decisões.

Segundo Eastman (2014), os objetos modelados podem ser classificados em componentes de construção, componentes que contém dados que descrevem seu comportamento, dados consistentes e dados não redundantes, e dados coordenados. As características de cada um dos elementos serão descritas a seguir.

Os componentes de construção são os elementos representados digitalmente com inteligência, modelados, que podem ser associados a representações gráficas e a informações. Já os componentes que descrevem o comportamento são elementos necessários para o uso do modelo em análises, como por exemplo de energia e custos. Modelos de construção são caracterizados por dados consistentes e não redundantes que promovem a característica de quando alterado dados do objeto modelado, quando alterada a visualização. Os modelos da construção possuem dados coordenados, sendo os objetos modelados visualizados de maneira coordenada (EASTMAN, 2014).

A metodologia BIM possui características diferentes da anterior CAD aplicada aos projetos. A metodologia CAD é constituída por informações geométricas básicas e genéricas, que competem ao projetista interpretar e atribuir significado às linhas e demais elementos. Já o BIM, possui uma metodologia mais inteligente. Isso porque juntamente com os elementos houve a inclusão de parâmetros, ou seja, passa a haver relevância e consistência nas informações de determinada edificação, ao passo que a representação do projeto acontece não apenas em 3D, mas também podendo incluir etapas como planejamento- 4D, orçamentação- 5D, análises de sustentabilidade- 6D e manutenção- 7D (ABDI, 2021).

A parametrização é uma das características que diferencia a estrutura CAD da BIM. Por meio de parâmetros, os objetos presentes em um projeto não possuem apenas uma modelagem tridimensional, mas informações relacionadas, seja de caráter geométrico ou também de caráter funcional. Um objeto paramétrico pode ser alterado a sua forma ou qualquer outra informação atrelada após a sua criação. Um exemplo de um objeto parametrizado é uma bacia sanitária que já pode ser atribuída a um projeto com as

informações hidro sanitárias de que tipo e diâmetro de tubulações que precisam para o seu funcionamento, além de seu modelo e fabricante (CBIC,2021).

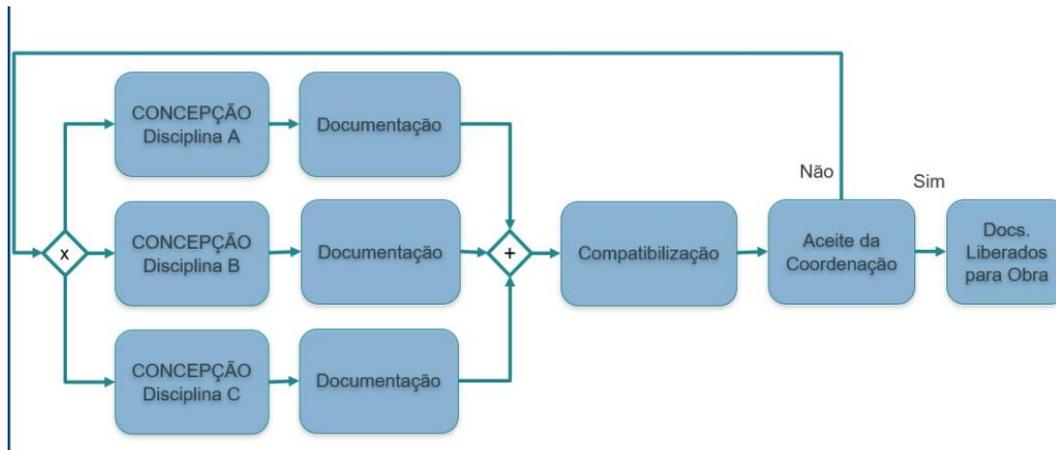
A metodologia BIM oferece vantagens em relação aos softwares de desenho usuais já que utiliza objetos parametrizados. O BIM consegue avaliar e indicar as interferências no projeto. Isso permite maior precisão nos projetos e redução de retrabalho tornando os projetos bem mais ágeis (ABDI, 2021).

Nas fases dos projetos são adotados diversos softwares que se apropriam das informações modeladas em outras plataformas e incrementam o modelo com mais informação. Para que se torne possível a transferência de dados no fluxo de informação entre os softwares é necessária que haja interoperabilidade entre eles. Interoperabilidade é definida como “A capacidade de dois ou mais sistemas ou componentes de trocar informações e de usar as informações que foram trocadas” (IEEE, 1990). A adoção de softwares que possuam interoperabilidade nos projetos BIM permite que o modelo atue como um repositório central de informações do projeto. Fornecendo, dessa forma, melhor acesso as informações do projeto por todos os envolvidos (GRILO; JARDIM-GONCALVES, 2010)

#### 2.1.4. Fluxo de trabalho BIM x Fluxo de trabalho tradicional

No processo de trabalho convencional, cada projetista elabora o projeto de sua respectiva disciplina e, após finalizado, os projetos são compatibilizados. Como os projetos estão em duas dimensões, é comum a não identificação de uma interferência no projeto que se fará necessária intervenção no campo de obras. O fluxo de trabalho convencional e apresentado na figura 4 (LEUSIN, 2007).

**Figura 4** – Fluxo de trabalho usual.

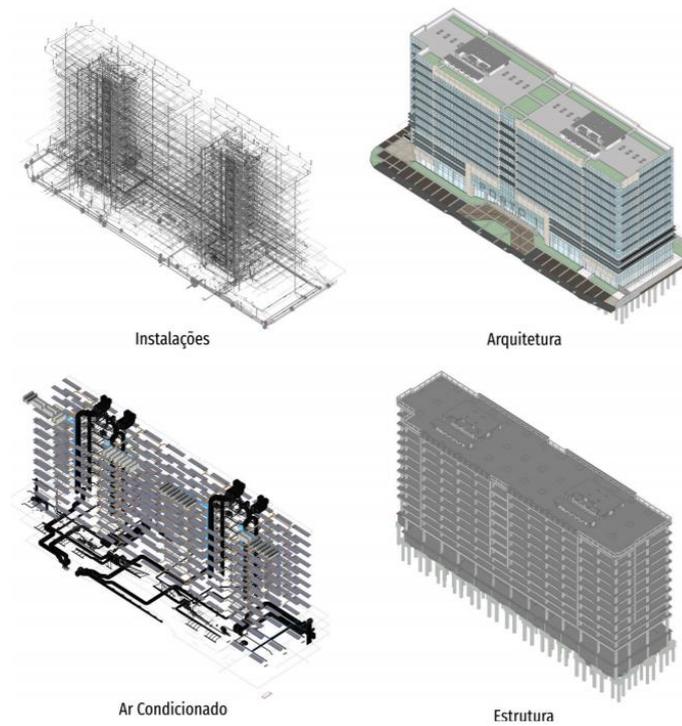


Fonte: Adaptado de Leusin, 2007.

Para que a metodologia BIM seja aplicada de forma consistente, é necessário o entendimento que a fluxo de trabalho e informações será alterado. No fluxo de trabalho BIM, todos os envolvidos trabalham a partir de um modelo virtual de construção. Fischer e Kunz (2004) definem “Virtual Design and Construction” como o uso de modelos de performance multidisciplinares de projeto e construção, que inclui a organização do produto como um todo, desde a equipe que será utilizada no projeto, construção e operação aos processos de trabalho, para dar suporte a objetivos de negócio explícitos e públicos.

O modelo de construção é composto por todas as disciplinas envolvidas no projeto que são modeladas em ambiente virtual que possibilita a criação de banco de dados com as propriedades dos materiais, especificações técnicas, códigos de identificação, planos de manutenção, entre outro. Na figura 5 são exemplificados quatro tipos de representação das disciplinas da construção civil em um modelo de construção virtual.

**Figura 5** – Disciplinas de edifício em um modelo virtual de construção.

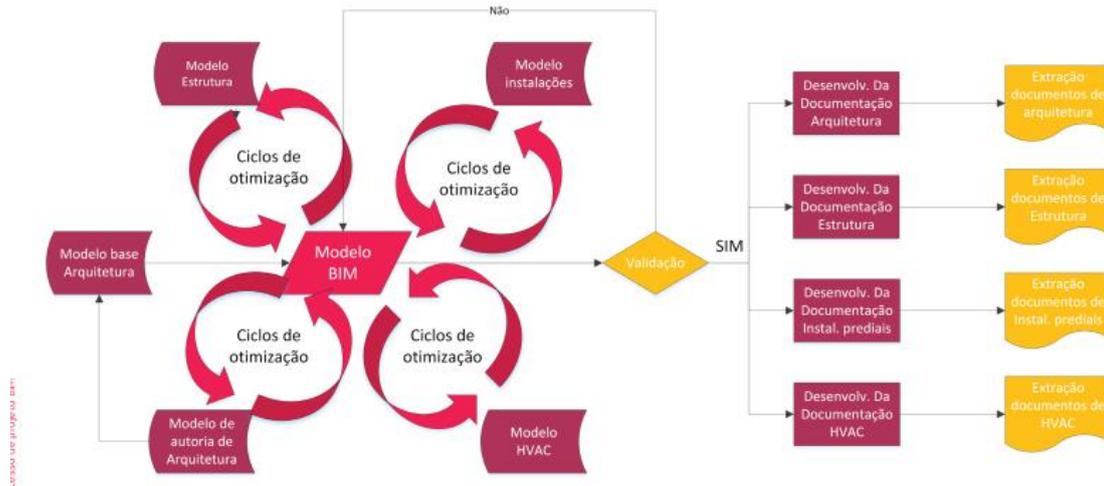


Fonte: ABDI, 2020.

No fluxo de trabalho BIM, a coordenação e compatibilização dos projetos ocorrem antes da documentação final, pois através do modelo de construção virtual é possível a identificação de inconsistências e incompatibilidades (ABDI, 2021). Dessa forma, os projetos são elaborados desde seu princípio de forma colaborativa, evitando retrabalhos.

Na figura 6 é apresentado fluxo de trabalho BIM, em que a partir de um modelo básico de arquitetura, as demais disciplinas iniciam o desenvolvimento de seus projetos. Após ciclos de compatibilização e otimização dos modelos a partir do modelo central de arquitetura, os projetos serão validados e documentados para a execução em campo.

**Figura 6** – Fluxo de trabalho BIM.



Fonte: CBIC, 2021.

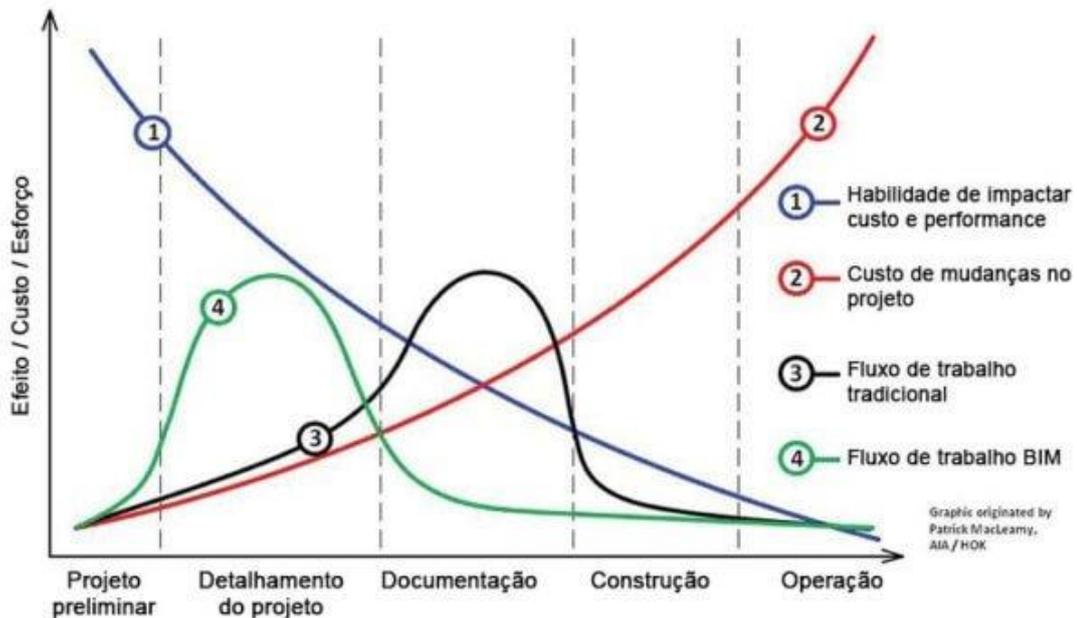
Com a adoção da metodologia de trabalho BIM, é possível a identificação antecipada de incompatibilidades que impactariam de forma onerosa no futuro. Seja em termos de tempo perdido, devido a interferências que impossibilitem a execução de determinado serviço, como de forma monetária, pelas perdas inerentes a necessidades de adaptações rápidas em campo (CBIC, 2021). Ferramentas de análises nas etapas iniciais do projeto possuem efeitos significativos no planejamento da construção e em toda a vida útil do projeto (ZAHEDI; PETZOLD, 2018).

Na figura 7 é apresentado resultado de estudo comparativo entre o momento em que a alteração no projeto é realizada, o custo que será demandado para executar essa alteração e o impacto dessa alteração para o projeto. Pode-se observar que após a etapa de documentação o impacto da alteração é minimizado e o custo dela é ampliado de forma significativa.

No fluxo de trabalho tradicional, há maior ênfase na identificação de interferências na etapa de documentação, o que implica em retrabalho das partes envolvidas para se adaptar as interferências apresentadas. No fluxo de trabalho BIM, as interferências são identificadas nas etapas iniciais de projeto, o que resulta em menor custo de alteração e maior impacto com menos esforço (MACLEAMY, 2004).

No fluxo de trabalho BIM, há maior demanda de esforços e custos na etapa de projeto. Entretanto, as despesas são compensadas na etapa de construção em que, devido ao estímulo de integração e análise de incompatibilidades na construção ainda em projeto, ocorre a redução de imprevisto que promovem o acréscimo do custo, conforme apresentado na figura 7 (LU et al., 2015).

**Figura 7 – Comparativo BIM x Convencional**



Fonte: MACLEAMY, 2004.

A adoção da metodologia BIM se apresenta como uma mudança no processo de trabalho tradicional. O uso de plataformas colaborativas que permitam a comunicação entre as diversas disciplinas por meio de modelo integrado é um desafio em função da necessidade de se estabelecerem critérios de processos e protocolos de atribuição de responsabilidades, análises e validação dos projetos (GU; LONDON, 2010).

#### 2.1.5. Usos BIM

A metodologia BIM apresenta diversos usos que buscam aprimorar processos e otimizar resultados. No Guia para Plano de Execução BIM (MESSER, 2021) são apresentados vinte e cinco usos da metodologia BIM em todo o ciclo de vida, de um empreendimento, planejamento, projeto, construção e operação, que são detalhados a seguir conforme apresentado na figura 8.

**Figura 8** – Usos BIM durante o ciclo de vida do projeto.



Fonte: Adaptado de MESSNER, 2021

A adoção de modelos de informação para a captura e modelagem de condições existentes pode ser utilizada em todas as etapas do ciclo de vida de uma edificação. A modelagem da construção pode ser realizada com o auxílio de laser scanners, fotogrametria e por meios tradicionais de levantamento de construções existentes (MESSER, 2021).

Na etapa de planejamento a modelagem de condições existentes auxilia no planejamento de trabalhos, contribui para uma eficiente documentação das condições existentes. Na etapa de projeto, o modelo de condições existentes auxilia na coordenação e compatibilização dos projetos, fornecendo representação fidedigna as condições reais da edificação (ANI et al., 2015).

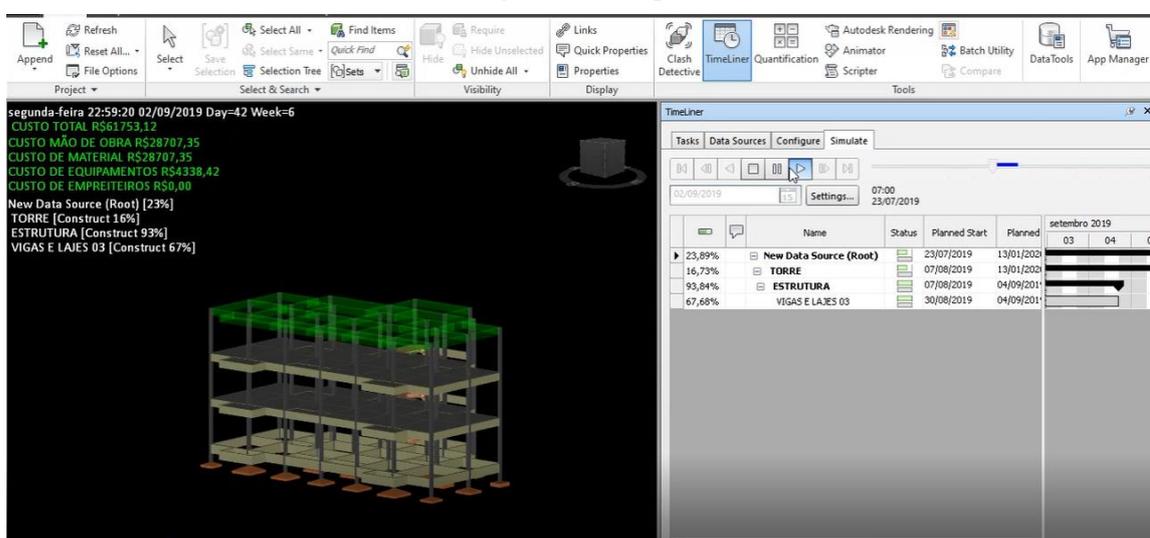
Na etapa de construção o modelo auxilia na quantificação e visualização da informação. Após a construção são inseridas informações no modelo que podem auxiliar na operação da construção e mapeamento das condições existentes (SHANBARI; BLINN; ISSA, 2016).

Outro importante uso BIM é o de estimativa de custos. Com o modelo tridimensional adequadamente preparado, pode-se obter quantitativos detalhados de materiais modelados,

estimativas rápidas para suporte a decisão e informação de custo durante as fases do projeto (AKANBI; ZHANG, 2021).

O modelo tridimensional quando acrescido de informações de cronograma da construção é caracterizado como modelos 4D. O modelo resultante pode ser utilizado como suporte ao planejamento do projeto, análise das etapas da construção, permitindo melhor visualização do sequenciamento da construção e do espaço requerido para ela conforme apresentado na figura 9. (PÉREZ; BASTOS COSTA, 2021)

Figura 9 –Exemplo BIM 4D.



Fonte: Autoria própria, 2021

Modelos de informação da construção podem ser adotadas em conjunto com programações espacial para avaliar as dimensões do projeto e compará-las com requisitos espaciais legais e as necessidades do cliente. A avaliação da eficiência do projeto quanto a distribuição dos espaços atua em conjunto com o projetista buscando soluções otimizadas no contexto de regulamentações rígidas (MOHAMMAD et al., 2020).

Modelos tridimensionais georreferenciados são adotados em análises de investimento em que vários locais são analisados de forma que ao final do processo seja escolhido o terreno que melhor se adequa as características do projeto futuro. Por meio desse processo é possível melhor posicionar a construção otimizando seu desempenho energético, minimizar riscos e maximizar o retorno financeiro (MESSNER, 2021).

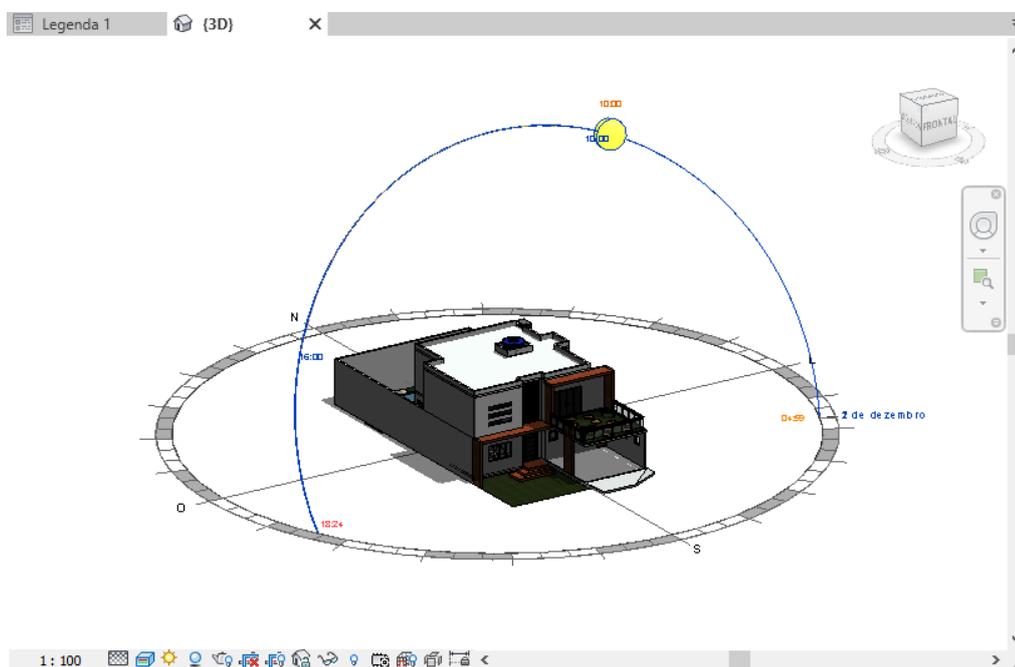
Na etapa de projeto a adoção da metodologia BIM auxilia o projetista na comunicação de sua concepção aos demais integrantes do projeto por meio de visualizações tridimensionais da construção, permitindo a colaboração dos usuários e melhorando o controle de qualidade.

A modelagem tridimensional adota objetos paramétricos disponibilizados em bibliotecas com ênfases em disciplinas que compõem o projeto (LU; ZHANG; ROWLINSON, 2013).

Os modelos BIM podem ser utilizados como base para modelagens analíticas de projeto. A modelagem analítica estrutural pode ser desenvolvida a partir do modelo BIM de arquitetura, permitindo a otimização do dimensionamento estrutural pela análise visual do comportamento estrutural. Esse procedimento auxilia no desenvolvimento de um projeto estrutural mais eficiente em relação ao custo da construção e seu desempenho estrutural (HASAN; TORKY; RASHED, 2019).

Outra modelagem analítica que pode ser baseada em modelos BIM é a análise do desempenho a partir de estudo solar de uma construção. A partir do modelo é possível avaliar a iluminação quantitativamente para realizar os cálculos de desempenho e avaliar esteticamente o projeto considerando a disposição do ambiente e sua vocação para adoção de placas fotovoltaicas para a geração de energia. Na figura 10 é apresentado exemplo de estudo solar preliminar (SALIMZADEH; VAHDATIKHAKI; HAMMAD, 2018).

**Figura 10** –Exemplo Estudo Solar.

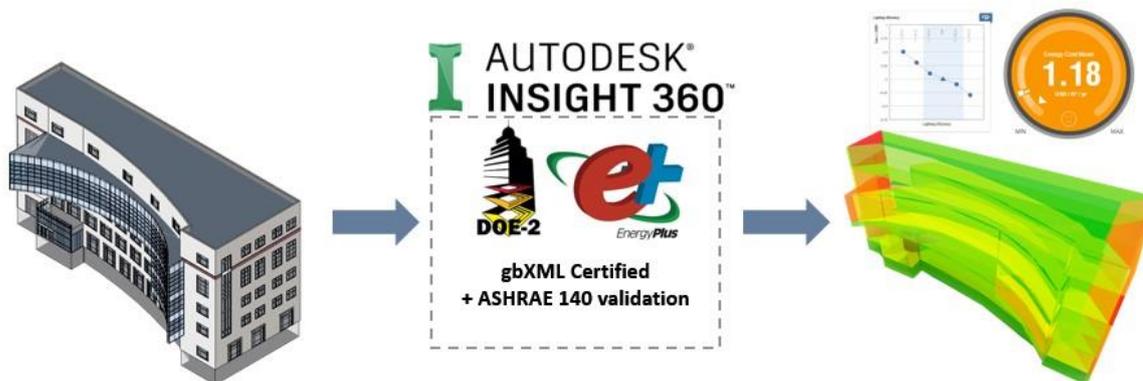


Fonte: Autoria própria, 2021

Após a concepção inicial da arquitetura do projeto é possível analisar seu desempenho energético a partir do modelo BIM. Por meio da integração com softwares de análise energética é possível analisar o desempenho da edificação e aperfeiçoá-la com a alteração de aspectos críticos para a análise. Em paralelo ao aperfeiçoamento do projeto é possível a

otimização do desempenho energético a partir do modelo tridimensional de arquitetura, em que são geradas superfícies analíticas conforme apresentado na figura 11.

Figura 11 –Exemplo BIM 6D.



Fonte: Adaptado Autodesk, 2021

A partir do modelo tridimensional é possível na fase de construção e projeto BIM avaliar o desempenho em função dos critérios de certificações de construção sustentável como o LEED. Por meio do modelo é possível melhor avaliar as alternativas de design, analisar características restritivas do projeto e auxiliam a integração da documentação para a submissão de verificação de desempenho por entidades especializadas para a certificação (KANG, 2020).

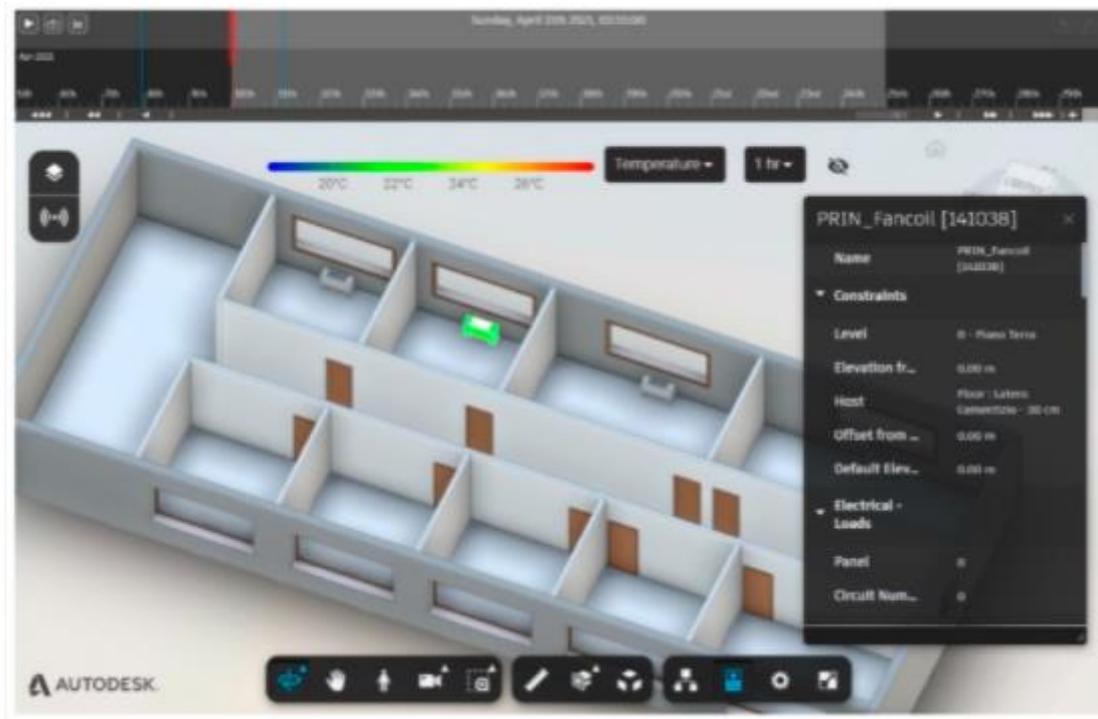
Na etapa de construção de um empreendimento o modelo BIM é adotado para a coordenação dos projetos por meio da detecção de interferências e análises visuais. A partir do modelo tridimensional das diversas disciplinas que compõem o projeto, é possível a detecção antecipada de interferências. Reduzindo, portanto, o impacto no cronograma, custo e na qualidade do projeto. Além do aspecto relacionado a detecção de interferências no projeto, a coordenação de projetos com modelos BIM permite maiores níveis de pré-fabricação de componente e modularização da construção (MESSNER, 2021).

Na fase de operação do empreendimento, o modelo BIM é adotado para o registro de manutenções possibilitando a análise de eventos passados que suportam análises preditivas permitindo a criação dos planos de manutenção mais assertivos (ZHANG; GAO, 2018).

Nesta etapa, o modelo tridimensional com informações é adotado para o monitoramento do desempenho da edificação em tempo real, durante seu uso. O monitoramento e análise é realizado a partir da coleta de dados por sensores instalados em sistemas, ambientes e equipamentos em que se deseja controlar variáveis como temperatura e desempenho energético, por exemplo. O modelo BIM é integrado ao software de automação

que centraliza as informações da construção e permite a visualização dos dados em tempo real. Permitindo dessa forma o controle do empreendimento como um todo, que pode estar inserido em um sistema central que integra diversos ativos da empresa (DAVTALAB, 2017). Na figura 12 é apresentado exemplo de aplicação de modelos BIM no gerenciamento de ativos.

**Figura 12** - Aplicação BIM no gerenciamento de ativos



Fonte: VILLA et al., 2021

#### 2.1.6. Nível de desenvolvimento, nível de detalhamento e nível de informação

Segundo a ISO 19650-1 (2018) o nível de detalhamento (LOD) é definido como a combinação do nível de desenvolvimento gráfico do modelo (LoD) e o nível de informação (LOI) que está inserida no objeto modelo. Os dois níveis são independentes, sendo que um objeto pode ser modelado com um alto nível de informação, porém, com baixo desenvolvimento gráfico.

O nível de detalhamento é uma referência de quanto o modelo da construção é detalhado de acordo com o nível de utilização que se necessita. Seu uso é amplo em contratos para definir entregáveis e no planejamento de projetos em BIM (CBIC, 2018).

A Associação Americana de Arquitetura classifica o nível de detalhamento em 5 níveis: LOD 100, 200, 300, 400 e 500. Cada nível abrange as características de acordo com as categorias com requisitos mínimos de representação gráfica e de grau de confiabilidade das informações do modelo para o uso em análises, estimativas de custos, planejamento, entre outros usos. A tabela 22 apresenta um resumo da descrição de cada nível de desenvolvimento segundo a orientação E202™ – 2008. Building Information Modeling Protocol Exhibit 1 (AIA, 2013).

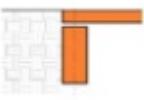
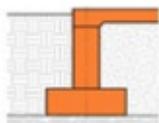
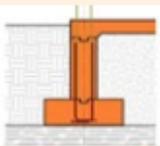
**Tabela 1** – Descrição de níveis de desenvolvimento por LOD.

LOD	Descrição
100	Deve ser representado no modelo de forma genérica. Informações podem ser derivadas de outros modelos. Possui usos autorizados para análise de volume, área e orientação. Estimativa de custo com base em informação da área e outros métodos de estimativa. Pode ser utilizado para estimativa de duração geral do projeto.
200	Objeto modelado de forma genérica, porém com dimensões geométricas, localização e orientação aproximadas. Objeto deve possuir alguma informação não gráfica anexada. Objeto modelado pode ser adotado para análises de sistemas e para estimativa de custos baseado em quantitativos do modelo. Modelo pode ser utilizado para representar ordem construtiva dos elementos de forma geral. O objeto pode ser utilizado para coordenação em termos de localização e tamanho.
300	Objeto modelado de forma a representar graficamente a quantidade, tamanho, formato, localização e orientação. Deve possuir informações não gráficas inseridas. Seus usos autorizados são análise de performance, estimativa de custo com base em dados, detalhamento da execução detalhada no tempo e coordenação de objetos e sistemas.
400	Objeto modelado com todas as características do LOD 300, acrescido de detalhamento de fabricação, montagem e instalação. Usos permitidos são para a análise performance real dos sistemas, estimativa de custo pelo valor real do elemento, uso para apresentação de execução com detalhes dos métodos e coordenação, incluindo questões de fabricação, instalação e detalhamento.
500	Elemento modelado corresponde em tamanho, formato, localização, quantidade e orientação ao objeto real, com verificação em campo.

Fonte: AIA, 2013

Exemplificando a classificação, a Câmara Brasileira da Construção Civil, em sua Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras – Volume 1, apresenta na figura 13, exemplo real de classificação em diferentes níveis de LOD para o elemento estrutural de fundação direta.

Figura 13 – Exemplo prático LOD.

LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 350	LOD 400
<p>As premissas para as fundações estão incluídas em outros elementos modelados, como um pavimento arquitetônico ou um volume de massa que define a profundidade proposta para a estrutura.</p> <p>Elementos esquemáticos ainda não são distinguíveis por <b>tipo</b> ou <b>material</b>. Montagem, profundidade/espessura e localização ainda são flexíveis.</p>	<p>Elementos modelados devem incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamanho e forma aproximados dos elementos e das funções</li> <li>• Eixos estruturais definidos no modelo coordenados com o sistema global de coordenadas</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• São modeladas fundações genéricas</li> <li>• O terreno é modelado também genericamente, a partir de informações geotécnicas extraídas de um relatório geotécnico específico.</li> </ul>	<p>Elementos modelados devem incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamanho do conjunto e geometria dos elementos das fundações</li> <li>• Superfícies inclinadas</li> <li>• Dimensões externas dos componentes</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamanhos das paredes da fundação são modelados com precisão, com sapatas conforme a solução adotada</li> <li>• A cota de apoio das fundações é modelada conforme o relatório geotécnico específico</li> <li>• Camadas geológicas são mostradas apenas para contextualização e não precisam ser modeladas como parte deste elemento neste LOD</li> <li>• A laje piso deve ser modelada ao nível correto, mostrando condições relativas neste nível de LOD</li> </ul>	<p>Elementos modelados devem incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Localização dos encaixes</li> <li>• ligações concretadas</li> <li>• Retardadores de umidade</li> <li>• Cavilhas</li> <li>• Todos <i>inserts</i> ou reforços expostos</li> <li>• Juntas de expansão</li> <li>• Cotas de apoio são modeladas a partir de estimativas extraídas de um relatório geotécnico específico</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vigas-baldrame são modeladas inclusive com as interfaces com outros sistemas como reforços de bordo de lajes, juntas de concretagem e cavilhas de reforço</li> <li>• A cota de apoio das fundações são modeladas conforme o relatório geotécnico específico, com a adição de elementos de interface como caixas vazias conforme a solução adotada</li> <li>• Camadas geológicas são mostradas apenas para contextualização e não precisam ser modeladas como parte deste elemento neste LOD</li> <li>• A laje piso deve ser modelada ao nível correto, mostrando condições relativas neste nível de LOD</li> </ul>	<p>Elementos modelados devem incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Armaduras, inclusive ganchos e sobreposições</li> <li>• Cavilhas</li> <li>• Chanfros</li> <li>• Acabamentos</li> <li>• Marcações definidas para as alvenarias</li> <li>• Impermeabilizações</li> </ul>

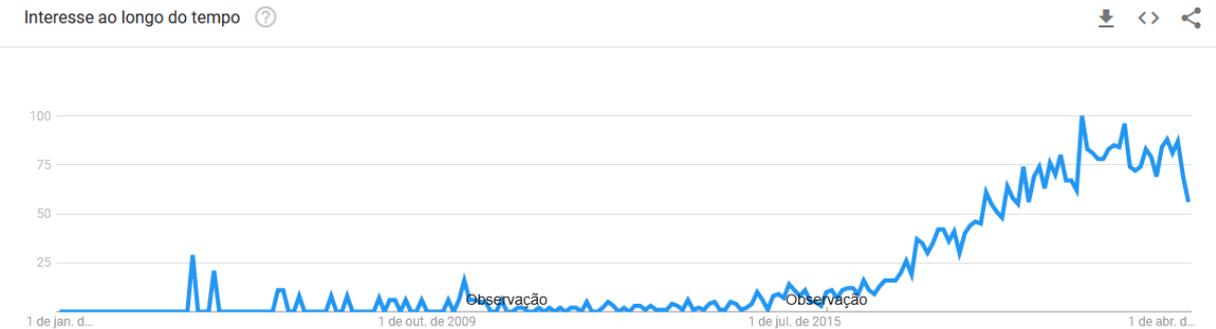
Fonte: CBIC, 2021

## 2.2. Business Intelligence

### 2.2.1. Data Science

Nos últimos anos houve um crescente de interesse na área de ciência dos dados ou data science, conforme apresentado na figura 14 (GOOGLE, 2021).

**Figura 14** – Interesse em Data Science ao longo do tempo.



Fonte: Google, 2021

Visando auxiliar na interpretação e usos desses dados, a ciência de dados busca estruturar e analisar informações geradas nos variados campos do conhecimento, fornecendo informações relevantes aos fins adequados.

#### 2.2.1.1. Definição

Segundo Irizarry, R. A. (2020), Data Science é um termo genérico que descreve o processo complexo de uma equipe de cientistas de dados que possuem habilidades que não se sobrepõem. Segundo o autor, a ciência de dados contempla duas grandes áreas, definidas como backend e frontend. A primeira área contempla os profissionais envolvidos com atividades relacionadas ao hardware, computação eficiente e na infraestrutura de armazenamento dos dados. A ciência de dados frontend caracteriza-se por ser voltada a análise dos dados e aprendizado de máquina.

Neste trabalho serão focadas as aplicações frontend da ciência de dados, mais especificamente, no Business Intelligence que é uma das aplicações frontend da ciência de dados.

## 2.2.2. Business Intelligence – BI

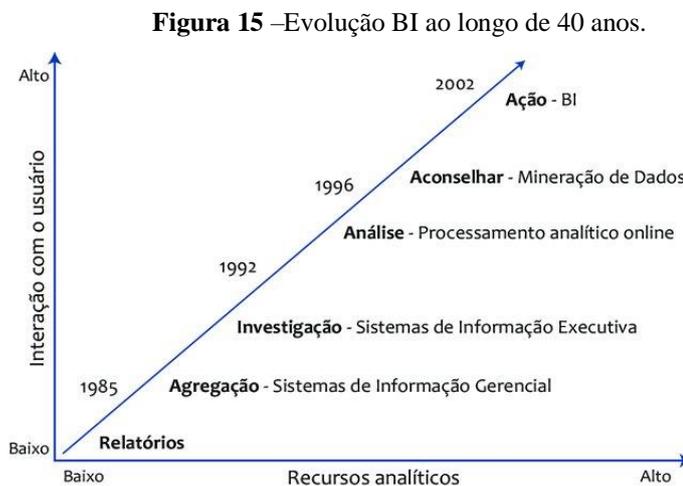
### 2.2.2.1. Evolução histórica

A aplicação de técnicas de Business Intelligence, em seu conceito prático, remonta da antiguidade, quando povos do Oriente Médio garantiam benefícios ao analisar as informações obtidas na natureza em proveito próprio. Formalmente, o Business Intelligence foi difundido pela empresa de consultoria britânica Gartner na década de 80. Esta, detentora do registro do termo (PRIMAK, 2008).

Com o desenvolvimento tecnológico, principalmente o surgimento dos bancos de dados e ao acesso a computadores pessoais, pesquisadores buscaram formas de organizar toda a informação gerada nas empresas visando ganhos no processo de tomada de decisão (GUZZO, 2014).

Na década de 90, com o advento de tecnologias que permitiram consultas ad hoc, ou seja, com diversos pontos de acesso, contribuindo para a difusão de softwares para análise de negócios. A partir dos anos 2000, os sistemas de business intelligence enfatizaram suas características no monitoramento das atividades. As ferramentas mais adotadas eram os dashboards e scorecard. Essas ferramentas são fundamentais hoje, para o controle de projetos, tanto em nível executivo, como em toda a demais cadeia produtiva (PRIMAK, 2008).

A partir da primeira década do século XXI, o desenvolvimento de ferramentas baseadas na ciência de dados é vertiginoso. Técnicas de mineração de dados permitiram retirar informações que por análises estatísticas fornecem previsões do que está por vir com base nos dados históricos, conforme apresentado na figura 15 a seguir.



Fonte: Ceci, 2012

#### 2.2.2.2. Definição

Com o desenvolvimento da sociedade, as organizações e projetos se tornaram complexos. A quantidade de decisões necessárias se torna cada vez maior e com mais urgência.

A inteligência de negócios busca por meio da coleta, organização e análise dos dados, obter informações úteis a tomada de decisões em negócios. Segundo Rouibah (2002), a inteligência de negócios é caracterizada pela abordagem estratégica de sistematicamente buscar, localizar comunicar e transformar sinais de fraqueza em informações que suportem as decisões de melhoria.

A informação deve ser de fácil acesso aos tomadores de decisão de forma a possibilitar ações rápidas e precisas em função das características do negócio (ATRE, 2004). Para isso, é necessário o uso de ferramentas computacionais que suportem o trabalho com os dados. As tecnologias, aplicações, e processos com os dados estão sob o “guarda-chuva” do termo business intelligence (WIXON E WATSON, 2010). Sendo, portanto, indissociável o uso dessas ferramentas para o bom desempenho do processo.

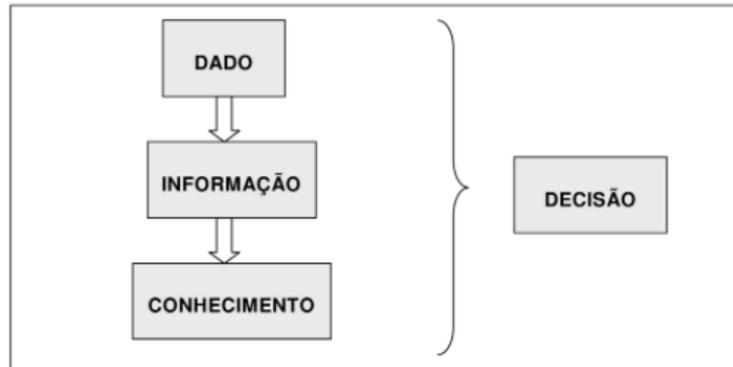
A principal ferramenta adotada nas empresas que buscam adotar os processos de business intelligence são os dashboards. Estes são quadros de representação gráfica composto por gráficos, diagramas e indicadores interativos que promovem a visualização de dos complexos de forma sintetizada e mais atrativa. Existem diversas ferramentas computacionais que suportam o trabalho de organizar a informação e apresentá-la otimizada, como o Microsoft Power BI e o Tableau Suit (SOUSA et al., 2021).

#### 2.2.2.3. Dados x informação x conhecimento

Os dados são fatos, observações ou percepção do usuário. Esses podem ser corretos ou não. São informações obtidas ao longo do processo que na prática são números e palavras desorganizadas, sem aplicação direta. Dado é a personificação simplista de uma “coisa” que não nos traz nenhum sentido duplo ou que nos gera sentido duplo (PRIMAK, 2008).

Informação é um dado em que houve uma organização e ordenação, de forma a permitir a identificação e uso futuro. A informação não gera conhecimento, entretanto, auxilia no processo decisório, consolidando dados, permitindo a aplicação das informações (SABHERWAL, 2010). A figura 16 apresentada a seguir ilustra o processo em que os dados são recebidos, a informação é consolidada, o conhecimento é aplicado suportando o processo de decisão.

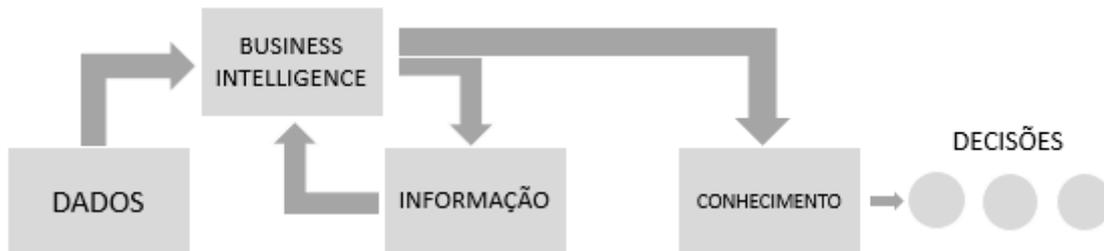
**Figura 16** – Dados x Informação x Conhecimento.



Fonte: PRIMAK, 2008.

Na imagem a seguir, é possível observar como o Business Intelligence permite o recebimento dos dados, ordenação, tratamento e classificação, gerando informação que é transferida aos tomadores de decisão de forma explícita. Estes por meio de seu conhecimento recebem as informações de forma a suportar as decisões que são necessárias. Na figura 17 é apresentado fluxo da informação no processo de business intelligence.

**Figura 17** – Processo BI.



Fonte: PRIMAK, 2008

#### 2.2.2.4. Componentes e etapas do BI

##### 2.2.2.4.1. Coleta de dados

Segundo Antolnelli (2009) o primeiro passo para a utilização das técnicas de Business Intelligence é implementar a cultura de coleta de dados nos processos da empresa.

Na construção civil, a coleta de dados é realizada por meio de fichas de verificação de serviços, manuais de equipamentos, orçamentos e cotações de materiais e serviços, que podem ser agregados ao modelo BIM, de acordo com a necessidade de informação requerida. Formando, dessa forma, um banco de dados do projeto. (DELLATORRE, 2016).

#### 2.2.2.4.2. Operacional Data Storage – ODS

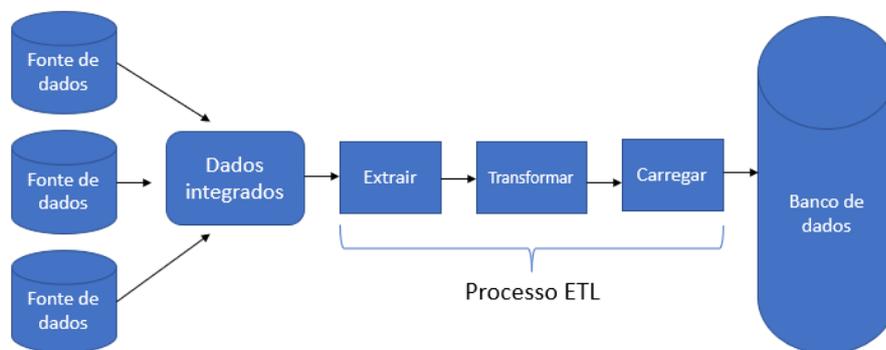
Identificada as fontes de dados da empresa, é necessária a definição de um repositório dos dados coletados. A esse ambiente virtual denomina-se Operational Data Storage. Nesse ambiente, são armazenados dados de variadas fontes e formatos. Entretanto, não armazena os dados de forma dimensional (PRIMARK, 2009). A partir do banco de dados operacional, é possível a comunicação dos dados através de meio móveis como telefones e plataformas web (VANUS; KUCERA; KOZIOREK, 2014).

#### 2.2.2.4.3. Ferramentas ETL – Extração, transformação e carga

Identificada as fontes de dados e armazenados de forma operacional, é necessário a extração, transformação e carga dos dados para um ambiente de armazenamento desenvolvido. O módulo ETL, extração, transformação e carga, é uma ferramenta que produz desenvolve esse trabalho. A partir das variadas fontes de dados, o módulo padroniza os dados e disponibiliza-os no data warehouse (SREEMATHY et al., 2021).

A partir do banco de dados, as ferramentas ETL, extraem a informação, limpam os dados e carrega os dados para o ambiente de destino por meio de processos com critérios bem definidos. O critérios e organização do processo ETL devem estar bem definidos, visando a redução da complexidade de processamento e custo da operação (KABIRI; CHIADMI, 2012). Na figura 18 é exemplificado processo de ETL.

**Figura 18** – Exemplo ETL



Fonte: Sreemathy et al, 2021.

#### 2.2.2.4.4. Banco de dados – Data Warehouse

Bancos de dados são um sistema em que se armazenam informações, dados, de forma estruturada ou não. Seu desenvolvimento se dá pela contínua atualização e armazenamento de informações pelos usuários. Os dados inseridos são selecionados a partir da identificação da necessidade pela organização que utiliza a informação. (DATE, 1984).

Com o advento da tecnologia BIM, houve expressivos acréscimo de informação. A partir dos modelos de construção podem ser criados bancos de dados visando uso em diversas aplicações na indústria da arquitetura, engenharia e construção.

Bancos de dados obtidos a partir de modelos BIM possuem limitação de acordo com a metodologia adotada durante o processo de modelagem. A adoção de níveis de informação mais elevados na confecção do modelo confere ao banco de dados aplicações mais abrangentes. Existe relação direta entre o modo como a construção foi modelada e o tipo de uso possível para análises nas áreas de internet das coisas, decision making e process minning (PAN; ZHANG, 2021).

#### 2.2.2.4.5. Mineração de dados – Data mining

Os dados gerados diariamente em atividades diversas são em geral desorganizados. A escolha de como e quais dados devem ser armazenados e quais devem ser mantidos no sistema da empresa é diretamente relacionado a estratégia da empresa.

A mineração de dados busca por meio de técnicas consagradas obter informação a partir do grande volume de dados gerados. Seu uso em conjunto com métodos de suporte a decisão promovem a menor dependência de especialistas para a tomada de decisão (PAN; ZHANG, 2021)

Além desse aspecto, a mineração de dados auxilia na análise como um todo dos processos de uma determinada atividade de forma a extrair padrões e conexões que podem ser úteis à estratégia da empresa. Como por exemplo, no desenvolvimento de novo método de classificação para cargas analíticas em estruturas de pontes (HOU et al., 2022).

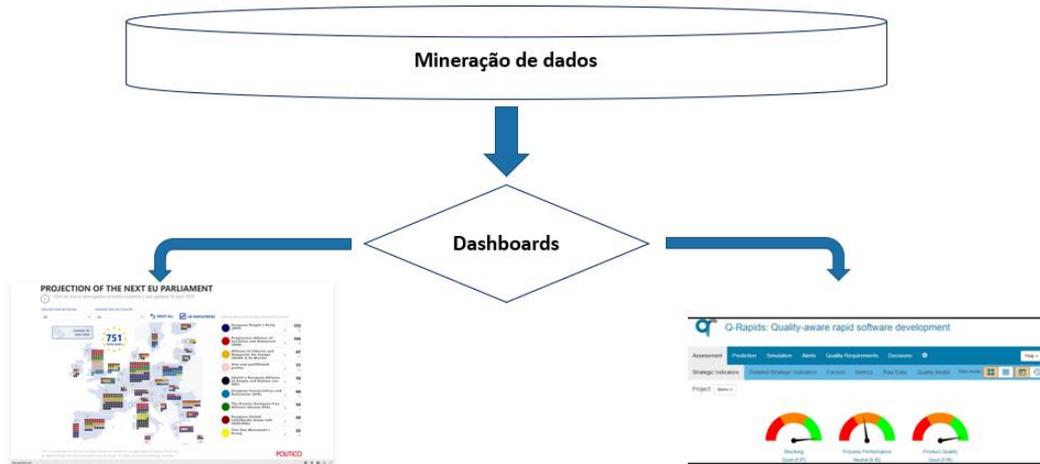
A mineração de dados é definida como um processo em que a tecnologia é utilizada para identificar padrões, conexões, correlações ou anomalias em uma grande quantidade de dados. Dessa forma, é possível encontrar gargalos, formular hipóteses e identificar oportunidades de forma mais clara e ágil (ZHOU; DING, 2006).

### 2.2.2.5. Dashboards

Em projetos em geral o número de fatores que influenciam no sucesso do empreendimento são diversos. Com a adoção de indicadores é possível o acompanhamento do desempenho em cada área de trabalho. Entretanto, para a visualização dessa informação de forma eficiente, são necessárias outras ferramentas, uma delas é a adoção de dashboard.

Essa ferramenta é aplicada em diversas áreas do conhecimento com a finalidade de permitir a visualização de informações de forma rápida, acessível e interativa. A partir dos bancos de dados e de processos de mineração dos dados visando a identificação de padrões e correlações, é possível a elaboração de dashboards que permitam a tomada de decisão com base nos dados que estão disponíveis. O fluxo de informação é apresentado de forma simplificada na figura 19.

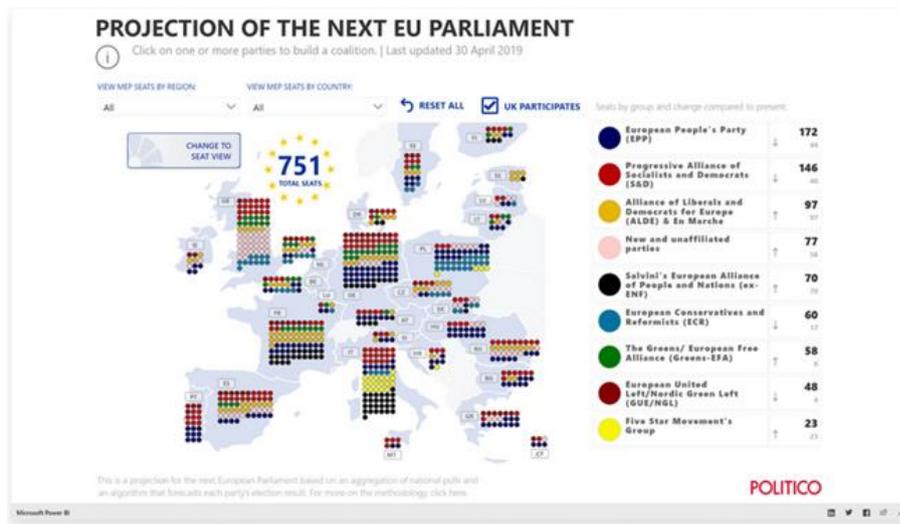
**Figura 19** – Fluxo da informação.



Fonte: Adaptado de MICROSOFT, 2021 e López et al, 2021.

Os dashboards adotados no controle de desempenho em projetos possuem o papel de agregar as informações e apresentá-las de forma a permitir uma rápida consciência da situação que os dados apresentam, possibilitando assim, a tomada de decisão mais rápida e fundamentada. Para isso, são adotadas ferramentas de visualização como gráficos de barras, linhas de tendência, escalas de cor e porcentuais gerais conforme apresentado na figura20 (BRAGHITTONI, 2017).

Figura 20 – Exemplo dashboard.



Fonte: Adaptado de MICROSOFT, 2021

#### 2.2.2.5.1. Tipos de dashboards

Os dashboards, como ferramentas de apresentação de dados, devem comunicar ao seu usuário a informação que é necessária naquele momento para determinada função. Devido a esse fato, é essencial a identificação do usuário e sua finalidade para o bom desempenho da ferramenta (BRAGHITTONI, 2017).

Os dashboards operacionais são aqueles que permitem o controle em tempo real da operação na área em que está sendo adotada a ferramenta. O dashboard permite a visualização da informação de status real, possibilitando a rápida identificação e correção de erros. Tornando, dessa forma, o gerenciamento de operações mais transparente e visão geral da operação (MAGNUS; RUDRA, 2019).

Para a análise de informações que embasem decisões de médio prazo são adotados dashboards táticos. Nesses, são apresentados dados reais que podem ser comparados a base de dados da empresa possibilitando análises comparativas que suportem decisões táticas da empresa (CLARK, 2021).

Os dashboards estratégicos visam possibilitar a análise de longo prazo nas empresas. Possibilitando uma visão geral de como a empresa está no momento, como ela estava e onde quer chegar num determinado período. Sendo, portanto, uma ferramenta que auxilia a alcançar o planejamento estratégico da empresa por meio da análise de indicadores estratégicos (LÓPEZ et al., 2021). Na figura 21 é apresentado exemplo de dashboard estratégico que permite a análise de desempenho por indicadores de forma visual e intuitiva.

**Figura 21** – Exemplo dashboard estratégico.



Fonte: López et al, 2021.

### 3. METODOLOGIA DE PESQUISA

A metodologia adotada para o estudo dos usos da metodologia Building Information Modeling em conjunto com técnicas de Business Intelligence se baseará na pesquisa exploratória da revisão bibliográfica do tema. O estudo exploratório consiste na pesquisa na literatura e em grupos especializados visando a compreensão do tema como um todo, relacionando as abordagens possíveis para seu estudo. (GRAY, 2012)

Para o estudo adotou-se a técnica de bibliometria para a pesquisa de dados sobre o tema. A bibliometria permite por meio de técnicas quantitativas e estatísticas de medição a constatação da produção e disseminação de um determinado tema do conhecimento científica. (FONSECA, 1986).

Dentro da bibliometria, particularmente a análise de citações permite a identificação e descrição de uma série de padrões na produção do conhecimento científico. Com os dados retirados das citações pode-se descobrir: autores mais citados, autores mais produtivos, elite de pesquisa, frente de pesquisa, fator de impacto dos autores, procedência geográfica e/ou institucional dos autores mais influentes em um determinado campo de pesquisa; tipo de documento mais utilizado, idade média da literatura utilizada, obsolescência da literatura, procedência geográfica e/ou institucional da bibliografia utilizada; periódicos mais citados, “core” de periódicos que compõem um campo (ARAÚJO, 2006).

No presente estudo as pesquisas foram realizadas por meio da plataforma SCOPUS. A ferramenta de pesquisa adota a lógica booleana em que a partir de palavras-chave e lógica de pesquisa, são obtidos resultados da literatura referente aos termos pesquisados. A busca é realizada em repositórios institucionais, revistas científicas e anais de eventos.

Para o estudo das aplicações de BIM em conjunto com técnicas de análise e inteligência de negócios, foram adotadas as palavras-chave apresentadas na tabela 2

**Tabela 2 – Palavras-chave da pesquisa**

<b>Palavras – chave</b>
<b>Building information modeling</b>
<b>Business intelligence</b>

Fonte: Autoria própria, 2021

Inicialmente foram pesquisados cada um dos termos independentemente de forma a se obter o panorama geral da ordem de grandeza da relevância dos temas pesquisados. Os resultados da pesquisa estão demonstrados na tabela 3 foram obtidos nos títulos de artigos, resumos e palavras – chave.

**Tabela 3:** Busca por termos gerais

<b>Termo de busca</b>	<b>Quantidade de Publicações</b>
<b>“Building information modeling”</b>	7 847
<b>“Business intelligence”</b>	8 640

Fonte: Autoria própria, 2021

Visando a obtenção de informações quanto a aplicação do Building Information Modeling em conjunto com técnicas de Business Intelligence adotou-se o seguinte protocolo de pesquisa.

**Tabela 4:** Protocolo de pesquisa

<b>Estratégia</b>	<b>Protocolo</b>
<b>Questão de pesquisa</b>	Como as ferramentas de BI aplicadas a partir de modelos BIM podem colaborar em empreendimentos da construção civil?
<b>Base de dados</b>	Scopus Elsevier
<b>Termo de busca</b>	“Building Information Modeling”, “Business Intelligence”, “Dashboard”
<b>Lógica de pesquisa 1</b>	("building information modeling" AND "business intelligence") OR ("BIM" AND "business intelligence")
<b>Lógica de pesquisa 2</b>	("building information modeling" AND "dashboard")
<b>Período</b>	2010 a agosto/2021
<b>Idioma</b>	Inglês, português e espanhol
<b>Crítérios de exclusão</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Títulos não relacionados com o objetivo da pesquisa;</li> <li>• Artigos duplicados;</li> <li>• Trabalhos que não contenham no título, resumo ou palavras-chave os termos pesquisados;</li> <li>• Trabalhos publicados fora do período estipulado.</li> </ul>
<b>Crítérios de inclusão</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabalhos que contenham no título, resumo ou palavras-chave os termos pesquisados;</li> <li>• Trabalhos publicados no período estipulado.</li> </ul>

Fonte: Autoria própria, 2021.

## 4. DESENVOLVIMENTO

A partir do protocolo de pesquisa descrito no capítulo anterior, foram obtidos os seguintes resultados quantitativos.

**Tabela 5** - Busca por termos classificados

<b>Lógica da pesquisa</b>	<b>Quantidade de Publicações</b>
1	1

Fonte: Autoria própria, 2021

**Tabela 6** - Busca por termos classificados

<b>Lógica da pesquisa</b>	<b>Quantidade de Publicações</b>
2	16

Fonte: Autoria própria, 2021

Foi realizada pesquisa bibliográfica por meio da leitura de títulos, resumos e palavras-chave para identificar os temas pesquisados na bibliografia internacional. Constatou-se que o artigo obtido na lógica de pesquisa 1 se encontra também nos resultados da lógica de pesquisa 2. Este é denominado 4D and 5D BIM: A system for automation of planning and integrated cost management (ÇELIK, 2021) e versa sobre o processo de implementação de processos visando a aplicação do business intelligence integrado ao BIM nas etapas de planejamento e custos de obras.

Após análise, os trabalhos foram classificados conforme aplicação ao longo do ciclo de vida de um empreendimento. A classificação adotou a seguinte segregação.

**Tabela 7** - Classificação por fase do ciclo de vida

<b>Classificação</b>	<b>Quantidade de Publicações</b>
<b>Projeto</b>	6
<b>Construção</b>	7
<b>Operação e manutenção</b>	3

Fonte: Autoria própria, 2021

Nas tabelas a seguir são apresentados os estudos obtidos conforme apresentado no protocolo de pesquisa, segregados pela classificação da aplicação do BIM em conjunto com ferramentas de BI ao longo do ciclo de vida de um empreendimento na construção civil.

**Tabela 8** - Trabalhos categorizados como PROJETO.

<b>ID</b>	<b>Nome</b>	<b>Autores</b>	<b>Ano</b>	<b>Classificação</b>
<b>1</b>	Fluxo de trabalho BIM com relaridade aumentada para projeto estrutural por meio de visualização de dados	Boechat, L.C., Corrêa, F.R.	2021	Projeto
<b>2</b>	Experiência do usuário em Business Intelligence - Uma construção e modelo de qualidade para projetar Dashboards de BI para suporte	Burnay, C., Bouraga, S., Faulkner, S., Jureta, I.	2020	Projeto
<b>3</b>	Dashboad visual para monitoramento de modelos dinâmicos	Abou-Ibrahim H.,Hamzeh F.	2020	Projeto
<b>4</b>	Um fluxo de trabalho assistido para o projeto inicial de edifícios de saúde com emissão quase zero	Sleiman, H.A., Hempel, S., Traversari, R., Bruinenberg, S.	2017	Projeto
<b>5</b>	Uma plataforma para suporte ao design arquitetônico inspirada em BIM	Wang, J., Chi, H.-L., Liu, C., Wang, X.	2016	Projeto
<b>6</b>	Escopo e design de andaimes colaborativos habilitados para BIM	Wu N.a, b,Shih S.-G.	2015	Projeto

Fonte: Autoria própria, 2021.

**Tabela 9** - Trabalhos categorizados como CONSTRUÇÃO.

<b>ID</b>	<b>Nome</b>	<b>Autores</b>	<b>Ano</b>	<b>Classificação</b>
<b>7</b>	BIM - Transmissão de alterações e possíveis aditamentos habilitadas para BIM induzidas por projetos Fast-Tracking Design-Build	Kalach, M., Abdul-Malak, M.-A., Srour, I.	2021	Construção
<b>8</b>	BIM no campo: Estabelecendo uma Estrutura de Requisitos para tecnologias móveis em aplicações BIM	Jowett, B., Kassem, M.	2021	Construção
<b>9</b>	BIM 4D e 5D: Um sistema para automatização do planejamento e gerenciamento dos custos	Çelik, U.	2021	Construção
<b>10</b>	Dados abertos do governo e estrutura de integração de dados de detecção para gerenciamento inteligente de canteiros de obras	Lee, C.M., Kuo, W.L., Tung, T.J., Hsu, S.H., Hsieh, S.H.	2019	Construção

<b>11</b>	Ferramenta colaborativa para o canteiro de obras para melhorar a entrega do projeto enxuto	Ratajczak, J., Schimanski, C.P., Marcher, C., Riedl, M., Matt, D.T.	2018	Construção
<b>12</b>	Plataforma de visualização e comunicação para monitoramento remoto de projetos de infraestrutura	Van Der Laan M.,Kellet R.,Girling C.,Senbel M.,Su T.	2013	Construção
<b>13</b>	Ferramentas Urbanas futuras com telas multi-toque, multi-display e colaborativa	Varghese K.,Majumdar M.	2010	Construção

Fonte: Autoria própria, 2021

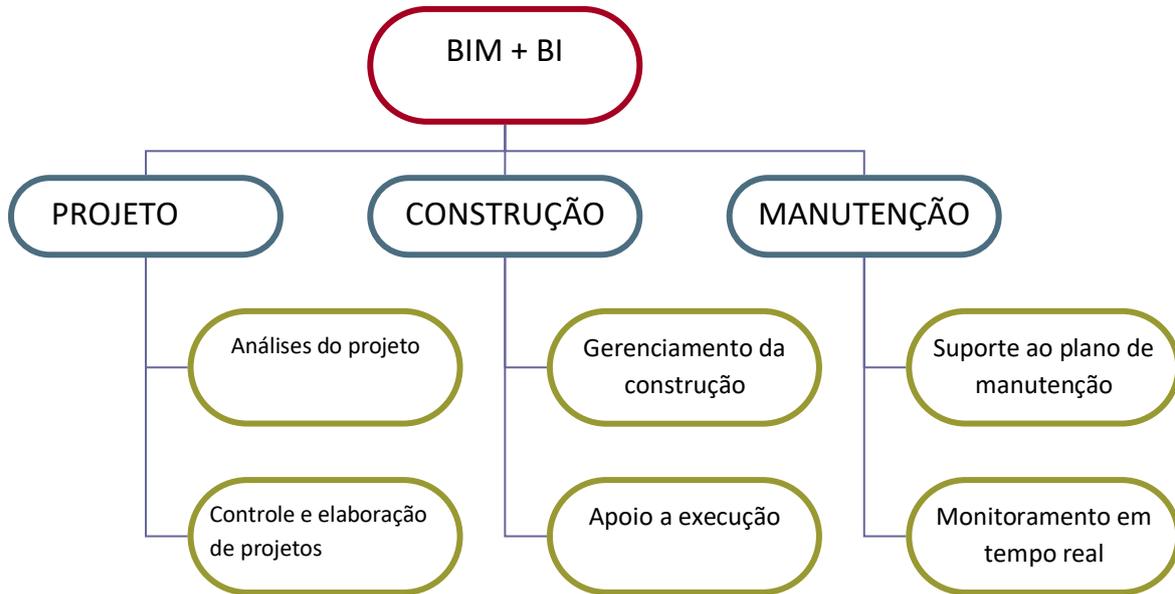
**Tabela 10** - Trabalhos categorizados como MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO.

<b>ID</b>	<b>Nome</b>	<b>Autores</b>	<b>Ano</b>	<b>Classificação</b>
<b>14</b>	Arquitetura Iot de código aberto para a manutenção de instalações prediais	Villa, V., Naticchia, B., Bruno, G., (...), Piantanida, P., Antonelli, D.	2021	Manutenção e operação
<b>15</b>	Monitoramento da qualidade do ar em um modelo BIM por meio de uma rede de sensores IoT	Rosati, C.A., Cervo, A., Fantuzzi, C.	2020	Manutenção e operação
<b>16</b>	Dashboard da construção baseado em modelo BIM	Attar R.,Hailemariam E.,Glueck M.,Tessier A.,McCrae J.,Khan A.	2010	Manutenção e operação

Fonte: Autoria própria, 2021

Em seguida os dezessete trabalhos foram analisados para obter classificação dos usos possíveis da metodologia building information modeling com técnicas de business intelligence. Os resultados foram categorizados conforme figura 22.

**Figura 22** – Classificação da pesquisa



Fonte: Elaboração própria, 2021

Após classificados, os trabalhos foram estudados conforme aplicação integrada da metodologia BIM com as ferramentas de business intelligence. As tabelas foram elaboradas segundo categorização pela fase do ciclo de vida do empreendimento em projeto, construção e operação. Em cada fase do ciclo de vida, foram identificados 2 usos mais relevantes da integração estudada. Dessa forma, foram identificados 6 usos potenciais da integração entre as ferramentas de Business Intelligence e os modelos BIM.

Nas tabelas a seguir, foram detalhados os resultados obtidos. Na coluna “BIM” é apresentado como o BIM é adotado no estudo em questão. Na coluna posterior é detalhado quais ferramentas de BI são adotadas no uso identificado. Na coluna seguinte são apresentadas de forma sintetizada as vantagens da integração entre BIM e BI, conforme apresentado nos artigos estudados. Na coluna “DESAFIO”, são apresentados as barreiras e desafios para a implementação conjunta das técnicas conforme apresentado nos estudos.

**Tabela 11** - Análise de trabalhos categorizados como PROJETO.

<b>USOS</b>	<b>ID DOS TRABALHOS QUE APRESENTAM APLICAÇÃO</b>	<b>BIM</b>	<b>BI</b>	<b>VANTAGENS DA INTEGRAÇÃO</b>	<b>DESAFIOS</b>
<b>ANÁLISES DE PROJETO</b>	1;2;4	Modelo 3D permite diversas análises a partir de projeto básico.	Ferramenta de visualização de informações	Compilação de dados em plataforma de fácil visualização	Estabelecer parâmetros para modelagem adequada aos fins que se propõe
<b>CONTROLE E ELABORAÇÃO</b>	3;5;6	Elaboração de projeto em modelo colaborativo	Ferramenta de visualização de informações	Controle na elaboração de projetos de forma mais visual.	Integração entre softwares com transferência consistente das informações

Fonte: Autoria própria, 2021

**Tabela 12** - Análise de trabalhos categorizados como CONSTRUÇÃO.

<b>USOS</b>	<b>ID DOS TRABALHOS QUE APRESENTAM APLICAÇÃO</b>	<b>BIM</b>	<b>BI</b>	<b>VANTAGENS DA INTEGRAÇÃO</b>	<b>DESAFIOS</b>
<b>GERENCIAMENTO DA CONSTRUÇÃO</b>	7;9;10;11	Modelos 3D dotados de informação de custos e modelados de forma integrada ao cronograma	Ferramenta de dashboard para análises rápidas	Permite o monitoramento visual do avanço na construção. É a análise rápida das diversas variáveis envolvidas em projetos de construção.	Modelagem coerente com as necessidades de uso
<b>APOIO À EXECUÇÃO</b>	8;12;13	Modelos 3D dotados de informação de custos e modelados de forma integrada ao cronograma	Ferramenta de dashboard para análises rápidas	Permite visualização mais dinâmica e de simples entendimento. Proporcionando condições para tomadas de decisões melhores e mais rápidas	Adoção de metodologia com colaboradores operacionais

Fonte: Autoria própria, 2021

**Tabela 13** - Análise de trabalhos categorizados como MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO.

<b>USOS</b>	<b>ID DOS TRABALHOS</b>	<b>BIM</b>	<b>BI</b>	<b>VANTAGENS DA INTEGRAÇÃO</b>	<b>DESAFIOS</b>
<b>PLANO DE MANUTENÇÃO</b>	14	Modelos 3D dotados de informações de sistemas e equipamentos	Banco de dados conectado a sensores que permitem a coleta de dados e visualização	Permite visualização mais dinâmica e de simples entendimento. Proporcionando condições para tomadas de decisões	Implementação de sensores em todos os sistemas e equipamentos
<b>MONITORAMENTO DA OPERAÇÃO</b>	15;16	Modelos 3D dotados de informações de sistemas e equipamentos	Banco de dados conectado a sensores que permitem a coleta de dados e visualização da informação	Permite o monitoramento de forma mais visual da operação a partir de modelo BIM	Aplicação de sensores em larga escala para testes de desempenho.

Fonte: Autoria própria, 2021

Observou-se que dentro das aplicações envolvidas na fase de projeto, destacam-se as relacionadas a adoção de ferramentas como dashboards como suporte ao controle e desenvolvimento do projeto. Se constatou também que ferramentas de BI são adotadas em análises visuais do projeto e suas informações agregadas os objetos modelados.

Na fase de construção, do ciclo de vida do empreendimento, ferramentas de Business Intelligence são adotadas em conjunto com modelos virtuais da construção visando aprimorar o gerenciamento e controle da construção. As ferramentas também são adotadas para o suporte a execução, por meio de ferramentas visuais que promovem melhor entendimento entre as partes envolvidas no processo construtivo.

Após o empreendimento entregue, na fase de operação e manutenção, constatou-se que as ferramentas de BI, como dashboards, podem ser adotadas para suporte as atividades de monitoramento das condições da construção por meio de sensores integrados a modelos de construção virtual. A partir dos sensores, é possível visualizar no modelo condições não adequadas que são alertadas ao operador do sistema por meio de mensagens de alerta visuais. Por meio dessas ferramentas integradas, é possível implementar e gerenciar de forma mais eficiente planos de manutenção e operação da construção. Proporcionando, dessa forma, antecipação de falhas que comprometam as operações que o empreendimento abriga.

## 5. CONCLUSÃO

Por meio de revisão bibliográfica esse trabalho introduziu os conceitos de Building Information Modeling e Business Intelligence visando identificar possíveis usos integrados entre as duas metodologias.

A partir de estudo bibliométrico no portal agregador de conteúdos científicos Scopus, foram obtidos estudos em que se identificou possíveis usos das ferramentas de BI aplicadas em modelos virtuais da construção. A aplicação desses conceitos em conjunto foi segregada em três etapas do ciclo de vida da edificação, sendo elas, a fase de projeto, construção e manutenção e operação.

Na fase de projeto foram identificados usos das ferramentas em conjunto na análise de projetos e no controle do processo de elaboração de projetos no contexto de empresas especializadas. Na fase de construção, identificou-se que ferramentas de business intelligence em conjunto com modelos BIM podem ser adotados de forma a suportar atividades de campo e no gerenciamento da construção, facilitando a comunicação entre todos os envolvidos no projeto. Após concluído o empreendimento, as ferramentas de BI podem ser aplicadas em modelos virtuais da construção, proveniente da metodologia BIM de forma a apoiar no monitoramento da operação e na manutenção do empreendimento. Esse controle é possível com a instalação de sensores que integrados ao modelo permitem o monitoramento em tempo real das condições da construção.

Após a análise dos artigos levantados, conclui-se que a adoção de ferramentas de Business Intelligence em conjunto de modelos virtuais da construção provenientes de modelos BIM, podem ser adotados em conjunto de forma a aprimorar o fluxo de trabalho durante todo o ciclo de vida de um empreendimento.

Entretanto, observou-se que os estudos das ferramentas de Business Intelligence se concentram na adoção da ferramenta de dashboard, sem detalhamento da estruturação do banco de dados proveniente de modelos da construção. Observou-se também que, embora o BIM e BI sejam termos de grande relevância nos estudos científicos, o uso em conjunto dos dois conceitos possui pouco aprofundamento.

## REFERÊNCIAS

ABOU-IBRAHIM, H., Hamzeh, F. **A visual dashboard to monitor BIM model dynamics** (2020) Canadian Journal of Civil Engineering, 47 (2), pp. 178-185.

AIA E202™–2012. **Building Information Modeling Protocol Exhibit 1**

AKANBI, T.; ZHANG, J. Design information extraction from construction specifications to support cost estimation. **Automation in Construction**, v. 131, 2021.

ANI, A. I. C. et al. Building information modeling (BIM)-based building condition assessment: A survey of water ponding defect on a flat roof. **Jurnal Teknologi**, v. 75, n. 9, p. 25–31, 2015.

ARAÚJO, Carlos Alberto. **Bibliometria: evolução histórica e questões atuais**. Em *Questão*, vol. 12, núm. 1, enero-junio, 2006, pp. 11-32. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil

ATTAR, R., Hailemariam, E., Glueck, M., Tessier, A., McCrae, J., Khan, A. **BIM-based building dashboard** (2010) Spring Simulation Multiconference 2010, SpringSim'10, art. no. 197,

BARONE, D., Yu, E., Won, J., Jiang, L., Mylopoulos, J. **Enterprise modeling for business intelligence** (2010) Lecture Notes in Business Information Processing, 68 LNBIP, pp. 31-45.

BOECHAT, L.C., Corrêa, F.R. **Augmented BIM Workflow for Structural Design Through Data Visualization** (2021) Lecture Notes in Civil Engineering, 98, pp. 180-196.

BURNAY, C., Bouraga, S., Faulkner, S., Jureta, I. **User-Experience in Business Intelligence - A Quality Construct and Model to Design Supportive BI Dashboards** (2020) Lecture Notes in Business Information Processing, 385 LNBIP, pp. 174-190.

CBIC. **Fundamentos BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e**

**Incorporadoras.** Câmara Brasileira da Indústria da Construção. - Brasília: CBIC, 2016.

CECI, Flávio (2012). **Business intelligence : livro digital.** Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/232882251\\_Business\\_Intelligence#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/232882251_Business_Intelligence#fullTextFileContent) [acessado em Sep 09 2021].

CLARK, B. Marketing dashboards, resource allocation and performance. **European Journal of Marketing**, v. 55, n. 1, p. 247–270, 2021.

COENDERS, J. L. Next generation parametric design. **Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures**, v. 62, n. 2, p. 153–166, 2021.

DAVE, B. et al. Opportunities for enhanced lean construction management using Internet of Things standards. **Automation in Construction**, v. 61, p. 86–97, 1 jan. 2016.

DAVTALAB, O. **Benefits of real-time data driven BIM for FM departments in operations control and maintenance.** Congress on Computing in Civil Engineering, Proceedings. **Anais...2017**

DELATTORRE, Joyce Paula Martin. Arcabouço teórico para mineração de dados de defeitos construtivos em modelos BIM. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, University of São Paulo, São Paulo, 2016. doi:10.11606/D.3.2016.tde-05122016-152544. Acesso em: 2021-09-13.

EASTMAN, C., Telcholz, P., Sacks, R., Liston, K. **Manual de BIM – Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiro, Gerentes, Construtores e Incorporadores.** Bookman Editora Ltda., Porto Alegre, 2014.

GASPAR, J.; RUSCHEL, R. **A evolução do significado atribuído ao acrônimo BIM: Uma perspectiva no tempo.** [s.l: s.n.].

GOOGLE Trends. In: GOOGLE, Alphabet Inc. Google trends: Data science. Rio de Janeiro, 9 set. 2021. Disponível em <https://trends.google.com.br/trends/explore?date=all&geo=BR&q=data%20science>. Acesso em: 9 set. 2021.

GRAY, D. **Pesquisa no Mundo Real**. 2. ed. Porto Alegre: 2012.

GRILO, A.; JARDIM-GONCALVES, R. Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments. **Automation in Construction**, v. 19, n. 5, p. 522–530, 2010.

GU, N.; LONDON, K. Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. **Automation in Construction**, v. 19, n. 8, p. 988–999, 2010.

HASAN, A. M. M.; TORKY, A. A.; RASHED, Y. F. Geometrically accurate structural analysis models in BIM-centered software. **Automation in Construction**, v. 104, p. 299–321, 2019.

HOU, R. et al. Data-driven analytical load rating method of bridges using integrated bridge structural response and weigh-in-motion truck data. **Mechanical Systems and Signal Processing**, v. 163, 2022.

INSIGHTS, START US. Construction Innovation Report. In: **Construction Innovation Report**. [S. l.], 1 maio 2021. Disponível em: <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/construction-innovation-map-reveals-emerging-technologies/>. Acesso em: 13 set. 2021.

ISO 19650-1 **Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles**. ISO, Geneva, 2018.

JOWETT, B., Kassem, M. Field BIM: **Establishing a Requirements Framework for Mobile BIM Technologies** (2021) Lecture Notes in Civil Engineering, 98, pp. 1003-1013.

KABIRI, A.; CHIADMI, D. **A method for modelling and organazing ETL processes**. 2nd International Conference on Innovative Computing Technology, INTECH 2012. **Anais...**2012

KANG, T. Rule-Based LEED Evaluation Method considering BIM Linkage and Variability. **KSCE Journal of Civil Engineering**, v. 24, n. 1, p. 110–121, 2020.

KALACH, M., Abdul-Malak, M.-A., Srour, I. **BIM-Enabled Streaming of Changes and Potential Claims Induced by Fast-Tracking Design-Build Projects.** Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction, 13 (1), art. no. 04520042.

LEE, C.M., Kuo, W.L., Tung, T.J., Huang, B.K., Hsu, S.H., Hsieh, S.H. **Government open data and sensing data integration framework for smart construction site management** (2019) Proceedings of the 36th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, ISARC 2019, pp. 1261-1267.

LÓPEZ, L. et al. QaSD: A Quality-aware Strategic Dashboard for supporting decision makers in Agile Software Development. **Science of Computer Programming**, v. 202, 2021.

LU, W. et al. Demystifying construction project time-effort distribution curves: BIM and Non-BIM comparison. **Journal of Management in Engineering**, v. 31, n. 6, 2015.

LU, W.; ZHANG, D.; ROWLINSON, S. **BIM collaboration: A conceptual model and its characteristics.** Proceedings 29th Annual Association of Researchers in Construction Management Conference, ARCOM 2013. **Anais...2013**

LUO, N.; PRITONI, M.; HONG, T. An overview of data tools for representing and managing building information and performance data. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 147, 2021.

MAGNUS, S. M.; RUDRA, A. **Real-time operational dashboards for facilitating transparency in Supply Chain management: Some considerations.** ICEIS 2019 - Proceedings of the 21st International Conference on Enterprise Information Systems. **Anais...2019**

MESSNER, J., Anumba, C., Dubler, C., Goodman, S., Kasprzak, C., Kreider, R., Leicht, R., Saluja, C., and Zikic, N. (Under Development). **BIM Project Execution Planning Guide**, Version 3.0. Computer Integrated Construction Research Program, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA, Available at <http://bim.psu.edu>.

MOHAMMAD, W. N. S. W. et al. An Exploratory Factor Analysis (EFA) of building information modelling uses towards bim adoption for BIM-based projects: Contractors perspective. **Journal of Critical Reviews**, v. 7, n. 5, p. 101–108, 2020.

PAN, Y.; ZHANG, L. A BIM-data mining integrated digital twin framework for advanced project management. **Automation in Construction**, v. 124, p. 103564, 1 abr. 2021.

PÉREZ, C. T.; BASTOS COSTA, D. Increasing production efficiency through the reduction of transportation activities and time using 4D BIM simulations. **Engineering, Construction and Architectural Management**, 2021.

SALIMZADEH, N.; VAHDATIKHAKI, F.; HAMMAD, A. **BIM-based surface-specific solar simulation of buildings**. ISARC 2018 - 35th International Symposium on Automation and Robotics in Construction and International AEC/FM Hackathon: The Future of Building Things. **Anais...**2018

RAHIS, **Revista de Administração Hospitalar e Inovação em Saúde** Vol. 18, n 2 ▪ Belo Horizonte, MG ▪ ABR/JUN 2021 ▪ e-ISSN: 2177- 2754 e ISSN impresso: 1983-5205 ▪ DOI: <https://doi.org/10.21450/rahis.v18i2.6605> ▪ Submetido: (28/03/2021) ▪ Aceito: (20/05/2021) ▪ Sistema de avaliação: Double Blind Review ▪ p. 90-106

R. DAVIES, C. Harty. **Implementing Site BIM: A Case Study of ICT Innovation on a Large Hospital Project**. *Automation in Construction*, 30 (2013), pp. 15-24

RAO, I. K. **Métodos Quantitativos em Biblioteconomia e em Ciência da Informação**. Brasília: ABDF, 1986.

RATAJCZAK, J., Schimanski, C.P., Marcher, C., Riedl, M., Matt, D.T. **Collaborative tool for the construction site to enhance lean project delivery** (2018) *Lecture Notes in Computer Science* (including subseries *Lecture Notes in Artificial Intelligence* and *Lecture Notes in Bioinformatics*), 11151 LNCS, pp. 192-199.

ROSATI, C.A., Cervo, A., Fantuzzi, C. **Air Quality Monitoring in a BIM model by means of a IoT Sensors Network** (2020) *Proceedings of the 4th International Conference on IoT in*

Social, Mobile, Analytics and Cloud, ISMAC 2020, art. no. 9243508, pp. 110-115.

ROUIBAH , Kamel, Samia Ould-ali. **PUZZLE: a concept and prototype for linking business intelligence to business strategy**. The Journal of Strategic Information Systems, Volume 11, Issue 2,2002, Pages 133-152, ISSN 0963-8687, [https://doi.org/10.1016/S0963-8687\(02\)00005-7](https://doi.org/10.1016/S0963-8687(02)00005-7).

SABHERWAL, R., & Becera-Fernandez, I. (2011). **Business Intelligence. Practices, Technologies and Management** , John Williley & Sons, Inc.

SLEIMAN, H.A., Hempel, S., Traversari, R., Bruinenberg, S. **An assisted workflow for the early design of nearly zero emission healthcare buildings** (2017) Energies, 10 (7), art. no. 993, .

SHANBARI, H. A.; BLINN, N. M.; ISSA, R. R. Laser scanning technology and BIM in construction management education. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 21, p. 204–217, 2016.

SOUSA, R. et al. Software tools for conducting real-time information processing and visualization in industry: An up-to-date review. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 11, n. 11, 2021.

SREEMATHY, J. et al. **Data Integration and ETL: A Theoretical Perspective**. 2021 7th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems, ICACCS 2021. **Anais...2021**

TAN, T. et al. **Combining multi-criteria decision making (MCDM) methods with building information modelling (BIM): A review**Automation in ConstructionElsevier B.V., , 1 jan. 2021.

VANUS, J.; KUCERA, P.; KOZIOREK, J. **Visualization software designed to control operational and technical functions in smart homes**. [s.l: s.n.]. v. 285

VAN DER LAAN, M., Kellet, R., Girling, C., Senbel, M., Su, T. **A collaborative multi-**

**touch, multi-display, urban futures tool** (2013) Simulation Series, 45 (8), pp. 67-70.

VARGHESE, K., Majumdar, M. **Visualization and communication platform for remote monitoring of infrastructure projects** (2010) 2010 - 27th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, ISARC 2010, pp. 571-577

VILLA, V., Naticchia, B., Bruno, G., Aliev, K., Piantanida, P., Antonelli, D. **Iot open-source architecture for the maintenance of building facilities (2021)** Applied Sciences (Switzerland), 11 (12), art. no. 5374.

WAHAB, A.; WANG, J. Factors-driven comparison between BIM-based and traditional 2D quantity takeoff in construction cost estimation. **Engineering, Construction and Architectural Management**, 2021.

WANG, X. **Construction of Civil Engineering Teaching System Based on Data Mining Algorithm and Big Data Technology**. Journal of Physics: Conference Series. **Anais...2021**

WANG, J., Chi, H.-L., Liu, C., Wang, X. **BIM-enabled collaborative scaffolding scoping and design** (2016) Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 9929 LNCS, pp. 43-50

WU, N., Shih, S.-G. **A BIM Inspired Supporting Platform for Architectural Design** (2015) Computer-Aided Design and Applications, 12 (3), pp. 327-337.

ZAHEDI, A.; PETZOLD, F. **Utilization of simulation tools in early design phases through adaptive detailing strategies**. CAADRIA 2018 - 23rd International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia: Learning, Prototyping and Adapting. **Anais...2018**

ZHANG, S.; GAO, H. **Application Research of Campus Operation and Maintenance Management Based on BIM**. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. **Anais...2018**

ZHOU , Ying, Lie Yun DING. **The CRIOCM 2006 International Symposium on**

**“Advancement of Construction Management and Real Estate”** . School of Civil Engineering, HuaZhong Science and Technology Univ., Wuhan, Hubei, China

ÇELIK, U. **4D and 5D BIM: A system for automation of planning and integrated cost management.**, 2021.