

UNIVERSIDADE DE SOROCABA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA, EXTENSÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROCESSOS TECNOLÓGICOS E
AMBIENTAIS

Maiara Roberta da Silva Maximo

BUILDING INFORMATION MODEL (BIM): UMA PROPOSTA PARA
INTEROPERABILIDADE ENTRE SOFTWARES DISPONÍVEIS
NO MERCADO BRASILEIRO

Sorocaba/SP
2021

MAIARA ROBERTA DA SILVA MAXIMO

**BUILDING INFORMATION MODEL (BIM): UMA PROPOSTA PARA
INTEROPERABILIDADE ENTRE SOFTWARES DISPONÍVEIS
NO MERCADO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada à Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação em Processos Tecnológicos e Ambientais, da Universidade de Sorocaba, como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Processos Tecnológicos e Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Bertoli Gonçalves

**Sorocaba/SP
2021**

Ficha Catalográfica

Maximo, Maiara Roberta da Silva
M419b Building information model (BIM): uma proposta para
interoperabilidade entre softwares disponíveis no mercado
brasileiro / Maiara Roberta da Silva Maximo. – 2021.
83 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Bertoli Gonçalves.
Dissertação (Mestrado em Processos Tecnológicos e
Ambientais) – Universidade de Sorocaba, Sorocaba, SP,
2021.

1. Construção civil. 2. Computação gráfica. 3. Software -
Brasil. 4. Building information modeling. I. Gonçalves, Daniel
Bertoli, orient. II. Universidade de Sorocaba. III. Título.

Elaborada por Maria Carla P. F. Gonçalves – CRB-8/6721

Maiara Roberta Da Silva Maximo

**BUILDING INFORMATION MODEL (BIM): UMA PROPOSTA PARA
INTEROPERABILIDADE ENTRE SOFTWARES DISPONÍVEIS
NO MERCADO BRASILEIRO**

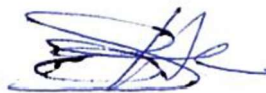
Dissertação apresentada à Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação em Processos Tecnológicos e Ambientais, da Universidade de Sorocaba, como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Processos Tecnológicos e Ambientais.

Aprovado em 10/03/2021

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Daniel Bertoli Gonçalves
Universidade de Sorocaba



Prof.(a) Dr.(a) Giovanna Tomczinski Novellini Brígite
Centro Universitário Facens



Prof. Dr. José Antonio De Milito
Centro Universitário Facens

Dedico este trabalho de Pós-Graduação e meu título de Mestre aos meus pais José Roberto da Silva e Mara Lucia da Silva, ao meu esposo Tiago Arruda Maximo e minha irmã Milena Rafaela da Silva, família que me motiva em busca de aprimorar meus conhecimentos.

AGRADECIMENTOS

Deus obrigada pela oportunidade de com saúde, perseverança, amor e fé concluir este trabalho, em tempos tão difíceis de pandemia, onde pudemos valorizar o verdadeiro sentido de nossas vidas.

Obrigada aos professores que me orientaram na realização deste trabalho Prof. Daniel Bertoli Gonçalves e Prof. Waldemar Bonventi Junior.

Agradeço imensamente a Prof^a Giovanna Tomczinski Novellini Brígite e ao Prof. José Antonio De Milito que com suas considerações e observações me permitiram aperfeiçoar o meu trabalho.

Aos colegas, professores e coordenadores de curso, pelo aprendizado e trocas de conhecimento.

Obrigada amada família e irmã por sempre me incentivarem a correr atrás dos meus sonhos, com a certeza de que havia ao meu lado pessoas maravilhosas não me deixavam desanimar.

Agradeço especialmente aos meus amados pais, que com amor e dedicação puderam proporcionar a minha formação e me fizeram chegar até aqui.

Obrigada ao meu esposo, pelo incentivo, compreensão e paciência ao longo de toda minha vida acadêmica.

“Com Deus eu aprendi muita coisa, foi nele que eu descobri que a experiência dos erros é tão importante quanto às experiências dos acertos. Porque vistos de um jeito certo, os erros, eles nos preparam para nossas vitórias e conquistas futuras.”

(Pe. Fábio de Melo)

RESUMO

Baseando-se no conceito que tem transformado as práticas de desenvolvimento de projetos e a construção civil em todo o mundo, o *Building Information Modeling* (BIM), proporciona com a sua implementação, uma forma mais assertiva e eficaz na elaboração e execução de projetos. Há uma crescente mudança de cenário no mercado brasileiro, devido ao decreto que visa incentivar a disseminação do “BIM” e estabelece sua utilização de forma gradual direta ou indireta em obras e serviços públicos, iniciativa que trará mais precisão, transparência e menos desperdício. Em um ambiente de transformação digital no contexto de modernização da construção, propõe-se com este trabalho, contribuir com o conhecimento sobre diferentes softwares nos projetos de arquitetura, estrutura, hidráulica, elétrica, compatibilização e cronograma de obra, que de acordo com a sua utilização fazem com que um projeto ou obra esteja alinhado ao conceito BIM através das capacidades de performance que um software deve ter elencados por Eastman et. al. no livro Manual de BIM (2014). O objetivo é apresentar uma proposta de interoperabilidade entre os softwares, para que engenheiros, arquitetos, construtoras, incorporadoras, alunos e professores possam ter uma visão macro do fluxo de trabalho. Como resultado foi desenvolvida uma tabela de Matriz de softwares, no qual os usuários podem se basear para definir qual software que melhor se enquadra em suas necessidades, uma tabela de análise de softwares e aderência aos requisitos BIM e um fluxograma da proposta de interoperabilidade. Através deste estudo foi possível concluir que atualmente existem diversos softwares que necessitam da interoperabilidade para que seja possível a implementação do conceito “BIM” em todo o ciclo de vida de um projeto, pois ainda não há uma solução unificada de ferramentas.

Palavras-chave: BIM. AECO. Interoperabilidade. Softwares.

ABSTRACT

Building on the concept that has transformed the practices of project development and civil construction worldwide, Building Information Modeling (BIM), provides with its implementation, a more assertive and effective way in the design and execution of projects. There is a growing change in the scenario in the Brazilian market, due to the decree that aims to encourage the dissemination of "BIM" and establishes its gradual use, directly or indirectly, in public works and services, an initiative that will bring more precision, transparency and less waste. In an environment of digital transformation in the context of modernization of construction, this work proposes to contribute with the knowledge about different software in the projects of architecture, structure, hydraulics, electrical, compatibility and work schedule, which according to its utilization cause a project or work to be aligned to the BIM concept through the performance capabilities that a software must have listed by Eastman et. al. in the book Manual de BIM (2014). The goal is to present a proposal for interoperability between the software, so that engineers, architects, construction companies, developers, students and teachers can have a macro view of the workflow. As a result, a software Matrix table was developed, on which users can rely on to define which software best fits their needs, a software analysis table and adherence to BIM requirements and a flow chart of the interoperability proposal. Through this study it was possible to conclude that there are currently several software that need interoperability so that it is possible to implement the "BIM" concept throughout the life cycle of a project, as there is still no unified tool solution.

Keywords: BIM. AECO. Interoperability. Software.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fases de Desenvolvimento do Projeto.....	25
Figura 2 - Ciclo de Vida de uma Construção.....	26
Figura 3 - Ciclo de Gerenciamento da Informação.....	28
Figura 4 - Níveis de maturidade de adoção da metodologia BIM.....	30
Figura 5 - Edifício Colaborativo de Ciências da Vida / SERA Architects e CO Architects	34
Figura 6 - Colaboração com modelo compartilhado.....	38
Figura 7 - Responsabilidades de difusão macro v1.0.....	39
Figura 8 - Descrição dos Stakeholders	40
Figura 9 - Road Map BIM BR	42
Figura 10 - Informações do IFC.....	53
Figura 11 - Linha do tempo do desenvolvimento do IFC.....	54
Figura 12 - Etapas da pesquisa exploratória.....	57
Figura 13 - Etapas da pesquisa explicativa.....	58
Figura 14 - Proposta de Interoperabilidade	74
Figura 15 - Interoperabilidade por arquivo Proprietário	76

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Atividades de Gerenciamento de Informações.....	29
Quadro 2 - Níveis de maturidade de adoção da metodologia BIM	31
Quadro 3 - Normas Brasileiras referente ao BIM	44
Quadro 4 – Taxonomia de informações	46
Quadro 5 - Descrição de requisitos necessários para softwares em BIM	50
Quadro 6 - Entregável dos Softwares	72
Tabela 1 - Matriz de Softwares.....	63
Tabela 2 - Análise de softwares e aderência aos requisitos BIM	71

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

2D - Representação Em Duas Dimensões

3D - Representação Tridimensional Do Artefato

3DS - Extensão usada pela Autodesk 3D image3D Studio

4D - análise da duração / Planejamento

5D - Orçamentação

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AEC - Arquitetura, Engenharia e Construção

AECO - Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação

AVI - Audio Video Interleave

BDF - Dados codificados no formato de distribuição Glyph bitmap

BIM - Building Information Modeling - Modelagem da Informação da Construção

BMP - Plano de Gerenciamento BIM

BMP - Arquivo Bitmap

CAD - Computer Aided Design

CBIC - CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

CE-BIM - Comitê Estratégico de Implementação do Building Information Modelling

CEE - Comissão de Estudo Especial

CGS - General Motors CAD Drawing Format

CIS - Cim Steel Integration Standards

CNC - Computer Numerical Control

CO2 - Dióxido de carbono

DBI - Data Explorer Information

DGN - Design - Microstation Design File

DTSX - Data Transformation Service - SQL Server, Microsoft.

DWF - Design Web Format

DWG - Drawing - se refere aos arquivos gerados no AutoCAD

DXF - Drawing Exchange Format

E3X - Euphoria Source Code File.

EPIX - Piranesi EPix Image

EPSF - Encapsulated PostScript Format File

ERP - Enterprise Resource Planning

GAT - Grupo de Apoio Técnico

gbXML - Green building XML

GDL - Geometric Description Language File - ArchiCAD

GFI - Gerenciamento Facilitado da Informação

GSA - General Services Administration

HCG - HClab Chart - Catia Highly Compressed Graphics

HTML - HyperText Markup Language

IFC - Industry Foundation Classes

IGES - Initial Graphics Exchange Specification

ISO - International Organization for Standardization - Organização Internacional de Padronização

JPEG - Joint Photographics Experts Group

LOD - Level of Development - Nível de Desenvolvimento

MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Industria e Comercio Exterior

MEP - Mechanical, Electrical, and Plumbing

MIA - Modelagem da Informação da Arquitetura

MIP - Modelagem da Informação de Ponte

MIS - Modelagem da Informação da Simulação

MSIC - Modelagem da Informação de Simulação da Construção

MVD - (Model view Definition)

NBR - Norma Brasileira

OBJ - Object File Wavefront 3D

ODBC - Open Database Connectivity

PAS - Publicly Available Specification - Especificação publicamente disponível

PDF - Portable Document Format - Formato de documento portátil

PDF - Portable Document Format

PLN - TopSolid Nesting Module

PMBOK - Project Management Body of Knowledge - guia para o conjunto de conhecimentos de gerenciamento de projetos

PMI - Project Management Institute

PNG - Portable Network Graphics

PSD - Adobe Photoshop Document

Q3D - Quest3D

RTD - Arquivo do Robot Structural

RTQ – Arquivo exportado do plugin Revit-TQS

SAT - ACIS SAT 3D Model Format

SDNF - Steel Detail Neutral File

SKP - Associada a SketchUp Document File

STEP - Standard for the Exchange of Product model data

STL - Standard Triangle Language

TGA - Truevision Graphics Adapter

TIFF - Tagged Image File Format

TQR – Arquivo exportado do TQS para o Revit.

TXT - Documentos de texto simples

VDC - Virtual Design & Construction - Construção Virtual

VRML - Virtual Reality Modeling Language (Linguagem para Modelagem de Realidade Virtual)

VUP - Vida Útil de Projeto

XML - Extensible Markup Language

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVOS	18
2.1	Objetivo Geral	18
2.2	Objetivos específicos.....	18
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
3.1	Processos para o desenvolvimento de um projeto e o BIM	22
3.2	Ciclo de vida de projetos	26
3.3	Níveis de maturidade de adoção da metodologia BIM.....	30
3.4	Principais benefícios do BIM.....	32
3.4.1	Visualização em 3D do projeto.....	33
3.4.2	Realização da obra virtualmente	33
3.4.3	Extração de quantitativos de um projeto	35
3.4.4	A realização de desempenho de sistemas.....	35
3.4.5	A identificação automática de interferências (geométricas e funcionais)	36
3.4.6	Documentação mais consistente e íntegra	37
3.4.7	Desenvolvimento de Maquetes Eletrônicas	38
3.4.8	Modelo compartilhado: registro e o controle de diferentes versões dos modelos.....	38
3.5	Comitê Estratégico de Implementação do <i>Building Information Modelling</i>.....	39
3.6	Taxonomia da Informação	45
3.7	Requisitos de geração de modelos BIM	48

3.7.1	<i>Industry Foundation Classes (IFC)</i>	52
4	METODOLOGIA	56
4.1	Pesquisa Exploratória.....	56
4.1.1	Pesquisa de Campo.....	57
4.1.2	Revisão bibliográfica	58
4.2	Pesquisa Explicativa	58
4.2.1	Caracterização dos Softwares	59
4.2.2	Análise de softwares e aderência aos requisitos BIM	59
5	RESULTADOS OBTIDOS.....	60
6	PROPOSTA DE INTEROPERABILIDADE	73
7	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	77
	REFERÊNCIAS.....	79

1 INTRODUÇÃO

O conceito BIM no inglês *Building Information Modeling* tradução Modelagem da Informação da Construção, possui o seguinte significado segundo Gaspar (2019):

[...] BIM poderia ser usado para definir soluções arquitetônicas e de engenharia que tem por objetivo produzir dados de qualidade para que um projeto tenha excelente performance, ou seja, o termo Building Information Modeling pode ser usado para dar significado ao processo de produção de dados para projetos de alta performance. (p. 238)

Esse conceito tende a mudar a maneira como se veem os edifícios, como eles funcionam e as formas de construí-los. É um dos mais promissores desenvolvimentos na indústria relacionada à arquitetura, engenharia e construção (AEC). Esse conceito não é um software, objeto ou ferramenta, mas, sim uma atividade humana que envolve mudanças amplas no processo de construção. (EASTMAN *Et al.*, 2014)

Na construção civil, é comum ocorrerem falhas durante a elaboração e execução de determinados projetos devido à dificuldade de interpretação, falta de informações, compatibilização entre disciplinas, cronograma e domínio de execução. Diante disso, quando se utilizam as tecnologias inseridas no conceito BIM, um modelo virtual preciso de uma edificação que é construído de forma digital é desenvolvido, contendo a geometria exata e os dados necessários para dar suporte à construção, à fabricação e ao fornecimento de insumos para a realização da construção.

A possibilidade de incorporar muitas das funções necessárias para modelar o ciclo de vida de uma edificação, proporcionando a base para novas capacidades da construção e modificações nos papéis e relacionamentos da equipe envolvida no empreendimento, com a implementação apropriada, o BIM facilita um processo de projeto e construção mais integrados que resulta em construções de melhor qualidade com custos e prazos de execução reduzidos. (EASTMAN *Et al.*, 2014)

Autores renomados em pesquisas sobre processos de projeto (AYRES; SCHEER, 2007; CRESPO; RUSCHEL, 2007; EASTMAN *Et al.*, 2014) descreveram dificuldades do setor AECO, relacionando sua fragmentação, deficiência de informações e incompatibilidade interdisciplinar ao longo do ciclo de vida do projeto.

Diante dos benefícios que o conceito BIM agrega quando utilizado como: visualização em 3D do projeto, realização da obra virtualmente, extração de quantitativos, desempenho de sistemas, identificação automática de interferências (geométricas e funcionais), documentação mais consistente e íntegra, desenvolvimento de maquetes eletrônicas, modelo compartilhado com registro e o controle de diferentes versões dos modelos, serão analisados alguns dos softwares de desenvolvimento de projeto, compatibilização e cronograma de obras, disponíveis no mercado de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação, quanto ao seu grau de performance em relação as capacidades dos softwares do conceito BIM apontados por Eastman *Et al.* (2014).

A hipótese de que construtoras, incorporadoras, empresários, estudantes e profissionais do setor AECO, podem utilizar diversos softwares para obter melhorias no desenvolvimento de projetos, planejamento e execução de obras, justifica a necessidade da pesquisa explicativa em relação aos entregáveis dos softwares e a análise da capacidade dos softwares.

Alguns dos softwares que serão analisados e terão suas características detalhadas são: Revit (AUTODESK, 2020a), Bentley Architecture (BENTLEY, 2020a), ArchiCad (GRAPHISOFT, 2020), Synchro (BENTLEY, 2020b), Naviswork (AUTODESK 2020b), Vectorworks (NEMETSCHEK, 2020), entre outros disponíveis no mercado nas disciplinas de arquitetura, estrutura, hidráulica, elétrica e os softwares de compatibilização e cronograma de obras.

O referencial teórico traz autores e coletâneas que consolidam o emprego do conceito BIM como o livro Manual de BIM, escrito por Chuck Eastman *Et al.* (2014), Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras produzida pela CBIC (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2016) e o site bimframework de Bilal Succar.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Propor um modelo de interoperabilidade, com os softwares de desenvolvimento de projetos nas disciplinas de arquitetura, estrutura, hidráulica, elétrica, compatibilização e cronograma.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar softwares e ferramentas que consolidam um projeto no conceito BIM, nas etapas de desenvolvimento de projeto, compatibilização e cronograma.
- Analisar a capacidade dos softwares disponíveis no mercado aos requisitos necessários para softwares em BIM apontados por Eastman *Et al.* (2014);
- Avaliar os softwares selecionados com base na experiência dos usuários;
- Correlacionar o funcionamento dos softwares para expor uma proposta de interoperabilidade proporcionada através do arquivo IFC;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Serão apresentados os principais conceitos definidos pelo BIM que embasam o estudo sobre a performance dos softwares analisados, enfatizando que os softwares alinhados ao BIM são ferramentas de simulação que auxilia a visualização das etapas da obra. “O desenvolvimento e o uso de um modelo de dados de software de computador multifacetado, não só para documentar um projeto de construção, mas para simular a construção e operação de uma nova instalação ou uma reforma” (GENERAL SERVICES ADMINISTRATION, 2007).

Uma das definições dadas para o conceito BIM é a da Administração de Serviços Gerais dos Estados Unidos – GSA – United States General Services Administration (CBIC, 2016) que o descreve como sendo:

[...] o desenvolvimento e o uso de um modelo digital de dados, não apenas para documentar o projeto de uma construção, mas também para simular a construção e a operação de uma nova construção ou de uma instalação já existente que se deseje modernizar. O modelo de informações de construção resulta de um conjunto de dados referentes aos objetos, que são representações inteligentes e paramétricas dos componentes da instalação. A partir desse conjunto de dados, vários usuários podem extrair visões apropriadas para a realização das suas análises específicas e o embasamento dos seus correspondentes feedbacks que possibilitam a melhoria da concepção do projeto. (p. 23)

BIM não deve ser considerada uma tecnologia tão nova, embora o termo seja relativamente novo (Eastman, et al 2014). Soluções similares ao BIM têm sido utilizadas há muito tempo em indústrias automobilísticas, de aviação, de oleodutos, cujos projetos são repetidos várias vezes e exigem maior investimento no desenvolvimento dos projetos e especificações. Diferente da indústria da construção civil que começou a ter acesso a partir de 2013 a essa ferramenta, devido ao aumento da facilidade de aquisição de *hardwares* (computadores pessoais com grande capacidade de processamento) e *softwares* (Eastman, *Et al* 2014).

Por definição, BIM é aplicável a todo o ciclo de vida de um empreendimento, desde a concepção e a conceituação de uma ideia, para a construção de uma edificação ou instalação (ou da constatação da necessidade de construir algo), envolvendo o desenvolvimento do projeto e sua construção, e também após a obra pronta, entregue e ocupada, os modelos BIM poderão ser utilizados para a gestão da própria ocupação e para o gerenciamento da manutenção (Eastman, *Et al* 2014).

Portanto, trata-se de algo abrangente demais segundo (Eastman, *Et al* 2014), transformando isso em um dos motivos que dificultam uma adequada compreensão do que é BIM e, também, das novas formas de realizar processos, utilizando essa plataforma de trabalho, que é baseada em modelos, e não apenas em documentos, desenvolvidos pela tecnologia predecessora CAD – *Computer Aided Design*.

Para uma solução ser considerada como BIM não podem possibilitar apenas a modelagem e a visualização gráfica em 3D de uma edificação ou instalação, com a utilização de *softwares* como *Sketchup*, onde os objetos utilizados possuem informações da sua própria geometria. (EASTMAN, *Et al* 2014).

Algumas soluções existentes possuem entregáveis de modelos tridimensionais de instalações e edificações, porém não utilizam objetos paramétricos e inteligentes. Com essas soluções são gastas muitas horas de trabalho e o nível de qualidade depende unicamente da atenção do usuário, possibilitando a ocorrência de erros e inconsistências. As alterações sejam elas quaisquer ou posicionamento de objetos num trabalho em desenvolvimento não são automáticos e são difíceis e demorados (EASTMAN *Et al.*, 2014).

Ao construir virtualmente em 3D um modelo inteligente onde todas as informações pertinentes ao projeto da construção utilizando de um formato inteligente que poderá ser utilizado para o desenvolvimento de soluções otimizadas proporciona a diminuição dos riscos e elevação dos custos (WOO; WILSMANN; KANG, 2010).

A possibilidade da interoperabilidade do BIM, proporciona a interação de diversas equipes no mesmo projeto padrão, o que faz com que erros de compatibilização sejam diminuídos ou eliminados. Zuppa *Et al.* (2009, p. 503) define que o “BIM foi mais frequentemente percebido como uma ferramenta para visualização e coordenação do trabalho de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) e evitando os erros e omissões”.

Segundo General Services Administration (2007) o BIM auxilia através de um software de simulação a visualização de etapas da obra. “O desenvolvimento e o uso de um modelo de dados de software de computador multifacetado, não só para documentar um projeto de construção, mas para simular a construção e operação de uma nova instalação ou uma reforma”.

Quando é definido, a utilização de elementos de famílias para realizar um projeto fielmente ao executado, o BIM é o processo de projeto, construção e uso da edificação ou instalação de infraestrutura utilizando informações sobre objetos virtuais (PAS 1192-2, 2013).

As definições de buildingSmart (2010) e Chien, Wu e Huang (2014) afirmam que ao utilizar o conceito BIM em todo o ciclo de vida da obra terá o auxílio de informações confiáveis que possibilitarão as tomadas de decisões, compreendendo etapas desde a construção até a demolição.

Em definição o BIM proporciona a representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação. Onde esse modelo, servirá de recurso para o compartilhamento de conhecimento e para obtenção de informações sobre a instalação formando assim uma base confiável de dados para as tomadas de decisões durante o seu ciclo de vida. O BIM está fundado em normas abertas de interoperabilidade com uma representação digital partilhada (BUILDING SMART, 2010).

Segundo Chien, Wu e Huang (2014) BIM é uma tecnologia em desenvolvimento no qual os modelos de informações digitais são empregados em um espaço virtual para alcançar alta qualidade, construção eficiente e gerenciamento por todo o ciclo de vida de uma instalação.

A complexidade das obras exige cada vez mais equipes com grande número de profissionais especializados de áreas de projetos diferentes. Por tanto torna se necessário de um intercâmbio de informações entre as equipes podendo gerar conflitos durante essas trocas de informações entre os profissionais envolvidos. Pelo grande volume de detalhes envolvidos em um projeto tem como consequência esses conflitos. (OH *Et al.*, 2015).

3.1 Processos para o desenvolvimento de um projeto e o BIM

O gerenciamento de uma obra significa administrar, simultaneamente, o cumprimento do cronograma e a previsão financeira, gerir os profissionais que têm diferentes formações e práticas. Assume essa função o gestor que deve dominar custos, contratos, prazos, ser organizado e um bom gestor de pessoas. (NAKAMURA, 2014)

Pontos que Segundo Nakamura (2014 p. 1) fazem parte do escopo de gerenciamento:

- a) A elaboração do planejamento físico-financeiro da obra;
- b) A programação de aquisição de materiais e contratação de serviços
- c) Incluindo cronograma de suprimentos;
- d) O planejamento operacional e logístico da obra, incluindo o planejamento;
- e) Canteiro;
- f) O controle e o acompanhamento das atividades executadas (gestão de Mão de obra e de segurança);
- g) A retroalimentação do planejamento físico-financeiro.

(NAKAMURA, 2014, p. 1)

O método de gerenciamento de projetos consiste em um conjunto de processos, métodos e ferramentas para o alcance dos objetivos do projeto. Deve ser seguido um roteiro (*roadmap*) onde estarão especificadas as principais etapas a serem planejadas na gestão do projeto em questão.

De acordo com KERZNER (2001), as características que uma metodologia de gerenciamento de projetos são:

- a) Um nível recomendado de detalhes;
- b) Uso de modelos;
- c) Técnicas padronizadas de planejamento, programação e controle;
- d) Formato padronizado de relato de desempenho;
- e) Flexibilidade na aplicação nos projetos;
- f) Flexibilidade para melhorias, quando necessário;
- g) Facilidade de entendimento e aplicação.

O PMBOK é a mais importante bibliografia de gestão de projetos da atualidade, é usada como referência para quase todas as metodologias existentes, conforme padronização do PMI (2018), os processos abordam 10 áreas de conhecimento:

1. Gerenciamento de Integração
2. Gerenciamento do Escopo
3. Gerenciamento do Tempo
4. Gerenciamento de Custos
5. Gerenciamento da Qualidade
6. Gerenciamento de Recursos Humanos
7. Gerenciamento de Comunicações
8. Gerenciamento de Riscos
9. Gerenciamento das Aquisições
10. Stakeholders

Em paralelo com os pontos citados por Kerzen (2001), segundo Coelho e Novaes (2008) o sistema BIM traz muitos avanços para o processo de gerenciamento de projetos principalmente a minimização de problemas frequentes tais como a fragmentação das etapas de projeto, identificação tardia de interferências entre projeto arquitetônico e projetos complementares, desperdício de materiais, retrabalho, alto custo da produção e a baixa qualidade dos produtos.

Envolvendo as 10 áreas citadas pelo PMBOK, com o BIM, um projeto complexo envolvendo diversos profissionais e muitas tecnologias pode ser facilmente gerenciado, pois o BIM facilita o processo colaborativo.

A integração dos sistemas é para os fornecedores da construção, uma ótima oportunidade de negócios (LEUSIN, 2007). Se um fornecedor disponibilizar os produtos que dispõe na forma de modelos em uma plataforma alinhada ao BIM, será muito mais fácil para o projetista especificar estes produtos. O fornecedor disponibiliza os dados para que o projetista use o seu produto. Uma vez que as informações foram disponibilizadas pelo próprio fabricante, tem-se a segurança por parte do projetista, que as informações do modelo são confiáveis. (COELHO; NOVAES, 2008)

Cada disciplina de um projeto (estrutural, arquitetura, hidráulico, elétrico, entre outros), são compostos por várias pranchas com inúmeros detalhes, e são

desenvolvidos por profissionais ou empresas diferentes, gerando, conflitos entre os sistemas, por vezes identificados apenas na fase de execução, algo que se tornou de extrema relevância no desenvolvimento de uma obra.

Portanto, no mercado da construção algumas características cotidianas são: incompatibilidade de projetos, não existência de interoperabilidade (equipes distintas trabalhando com o mesmo projeto base), planejamento inadequado, orçamentos frágeis e pouca eficiência no gerenciamento de obras.

Os projetos baseados em BIM são feitos de forma colaborativa entre as equipes e com essa comunicação a qualidade do projeto e a produtividade das equipes aumentam (OH, *Et al.*, 2015).

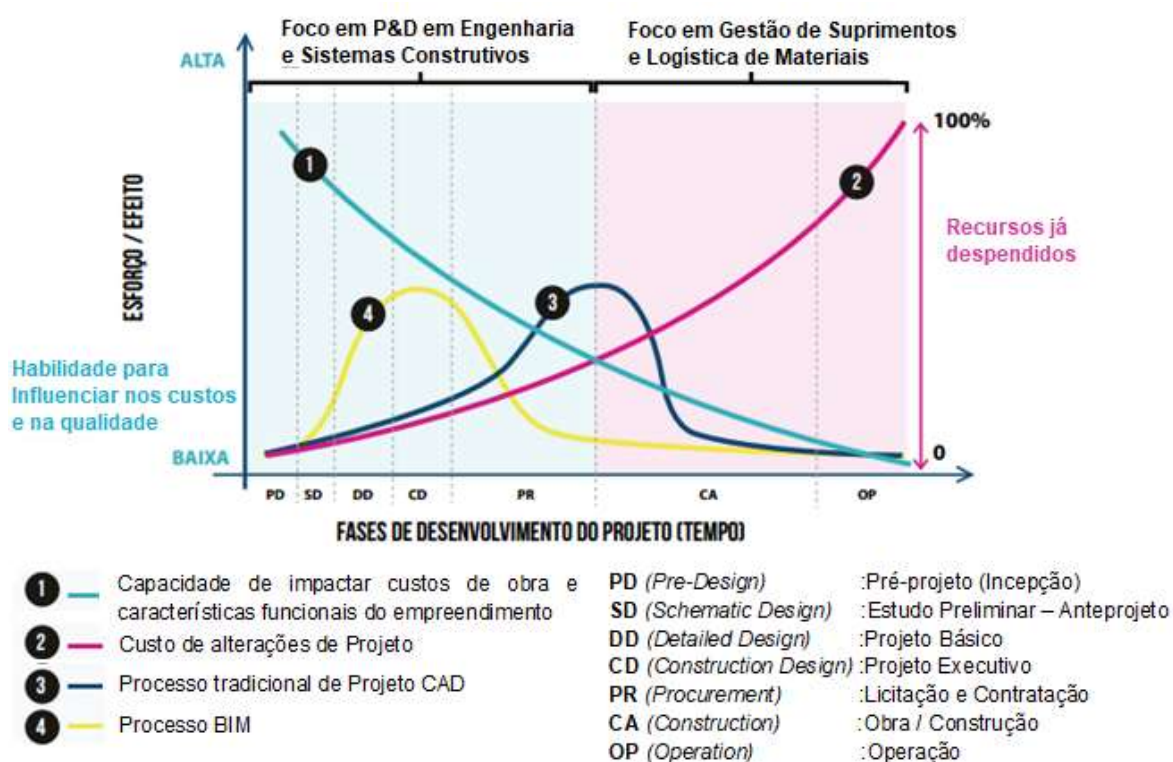
De acordo com Smith (2014) a metodologia BIM, quando aplicada na área de gerenciamento de projetos, permite uma integração entre os projetos e os profissionais envolvidos, portanto, os dados são compartilhados fazendo com que os processos de alterações no projeto se tornem automatizados. Com a aplicação do conceito, os erros comuns da fase de projetos são minimizados ou completamente eliminados.

A utilização do BIM acelera os processos de decisões que precisam ser tomados, relacionados aos detalhes construtivos, especificações de um determinado projeto e sobre os métodos construtivos que serão utilizados. Isso é difícil de ser viabilizado devido à maneira como são estruturadas a maioria das empresas incorporadoras e construtoras no Brasil (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2016).

O conhecimento técnico mais detalhado e aprofundado sobre os métodos construtivos utilizados pelas construtoras, comumente, está registrado apenas na experiência e na memória de alguns poucos gerentes técnicos responsáveis pela produção propriamente dita. É difícil ter a participação desses técnicos nas fases de discussão de projetos e especificações em tarefas que podem exigir um tempo de dedicação razoável, eles acabam não participando de reuniões com a coordenação BIM quando se deparam com uma lista com algumas centenas de interferências que precisam ser resolvidas, com tomadas de decisões nem sempre simples, tampouco rápidas (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2016).

A Figura 1 representa a comparação entre o processo tradicional de desenvolvimento de projetos, baseado apenas em documentos e desenhos (CAD) onde o envolvimento é apenas entre os projetistas sem o envolvimento técnico de obra, e o desenvolvimento utilizando o conceito BIM, considerando a variação da capacidade de influenciar os custos e a qualidade de um dado empreendimento no decorrer das diversas fases do projeto (tempo).

Figura 1 - Fases de Desenvolvimento do Projeto



Fonte: CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2016.

Antes do início das obras (parte esquerda do gráfico, com o fundo azul), estão as grandes e mais significativas oportunidades para obter reduções de custos e definir racionalizações. Nessas fases do desenvolvimento do projeto, o foco dos esforços deve estar nas atividades de concepção, pesquisas e desenvolvimentos de sistemas, de soluções construtivas e de engenharia (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2016).

Após o início das obras (parte direita do gráfico, com o fundo rosa), numa situação ideal, a maioria das especificações e decisões sobre os métodos construtivos a serem utilizados já terá sido tomada e estaria congelada (CÂMARA BRASILEIRA

DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2016). Portanto, o foco dos esforços deverá migrar para a gestão de suprimentos de materiais e dos demais recursos logísticos.

3.2 Ciclo de vida de projetos

O ciclo de vida dos empreendimentos, representado na Figura 2, indica a possibilidade de início de um novo ciclo após o término da vida útil do objeto ou instalação construída (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2016).

Figura 2 - Ciclo de Vida de uma Construção



Fonte: CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2016.

O novo ciclo poderia ser definido, por exemplo, pelo início de um novo período de vida útil, após uma reforma em que foi mantido o uso para a edificação, até a situação limite da demolição completa, com o desenvolvimento de um novo objeto no mesmo endereço (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2016).

A etapa pré-obra consiste em serviços realizados nos escritórios e sem ter acesso definitivo ao canteiro. Abrangem a concepção e a conceituação, assim como os estudos de viabilidade, de validação de investimentos, as análises de riscos, os projetos, orçamentos e o processo de licitação para contratação da etapa de construção. Conceituou-se a fase de 'encerramento e pós-obra', caracterizada pelas atividades relacionadas de um empreendimento recém-concluído (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2016).

O aspecto mais importante do pós-obra é a verificação das exigências estabelecidas pela ABNT NBR 15575/2013, norma técnica de desempenho para edificações habitacionais, em especial as incumbências e responsabilidades dos agentes envolvidos na produção de edificações. Deve ser estabelecida e comunicada a Vida Útil de Projeto (VUP) para vários subsistemas construtivos, como estruturas, segurança contra incêndio, estanqueidade (da edificação e dos componentes), pisos internos, vedações, cobertura, e sistemas hidrossanitários (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2016).

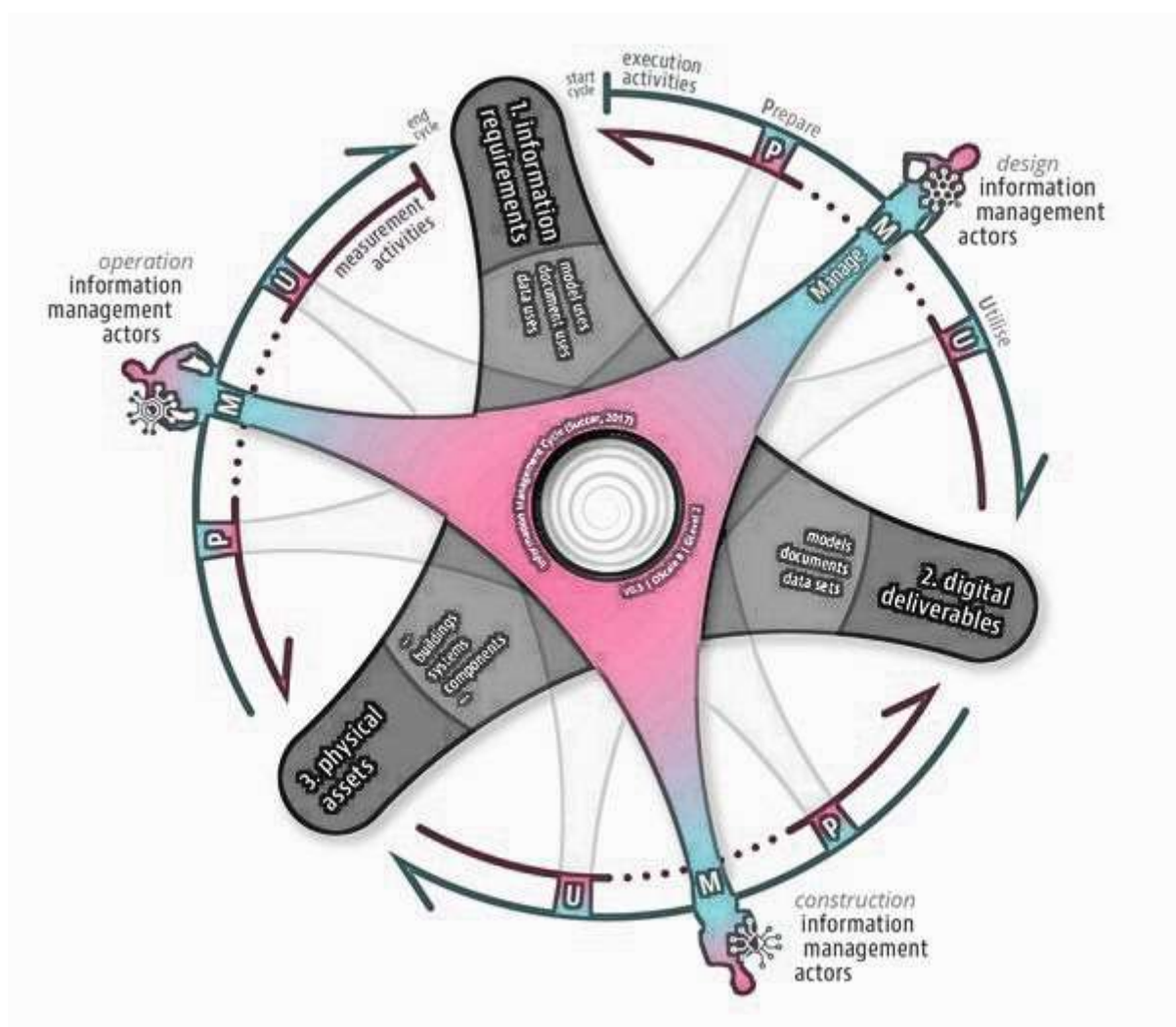
De acordo com Succar (2017) existem três estados de gerenciamento de informações conforme Figura 3, descritas como:

[1] Requisitos de informação: especificações de projetos, protocolos ou similares que identificam o que precisa ser gerado pelas partes interessadas no projeto. Os requisitos de informação podem ser representados como um conjunto de uso de documentos, uso de modelos e uso de dados.

[2] Entregas digitais: simulações digitais de objetos físicos e como / quando eles serão construídos ou fabricados. Os produtos digitais podem ser documentos (modelos CAD digitais ou listas de móveis em PDF), modelos e / ou conjuntos de dados.

[3] Ativos físicos: informações incorporadas a objetos do mundo real semelhantes a instalações inteiras, um edifício, sistema mecânico, unidade de aquecimento ou uma única bomba.

Figura 3 - Ciclo de Gerenciamento da Informação



Fonte: Succar, 2017.

Succar (2017) apresenta também as atividades de gerenciamento de informações onde as transições entre esses Estados de gerenciamento de informações são representadas como atividades avançadas ou reversas. As atividades do ciclo de encaminhamento se referem às ações executadas para passar de um estado para o outro; enquanto Atividades de ciclo reverso se referem às medições feitas para examinar um estado em relação ao anterior. As atividades de amostra são fornecidas no Quadro 1.

Quadro 1 - Atividades de Gerenciamento de Informações

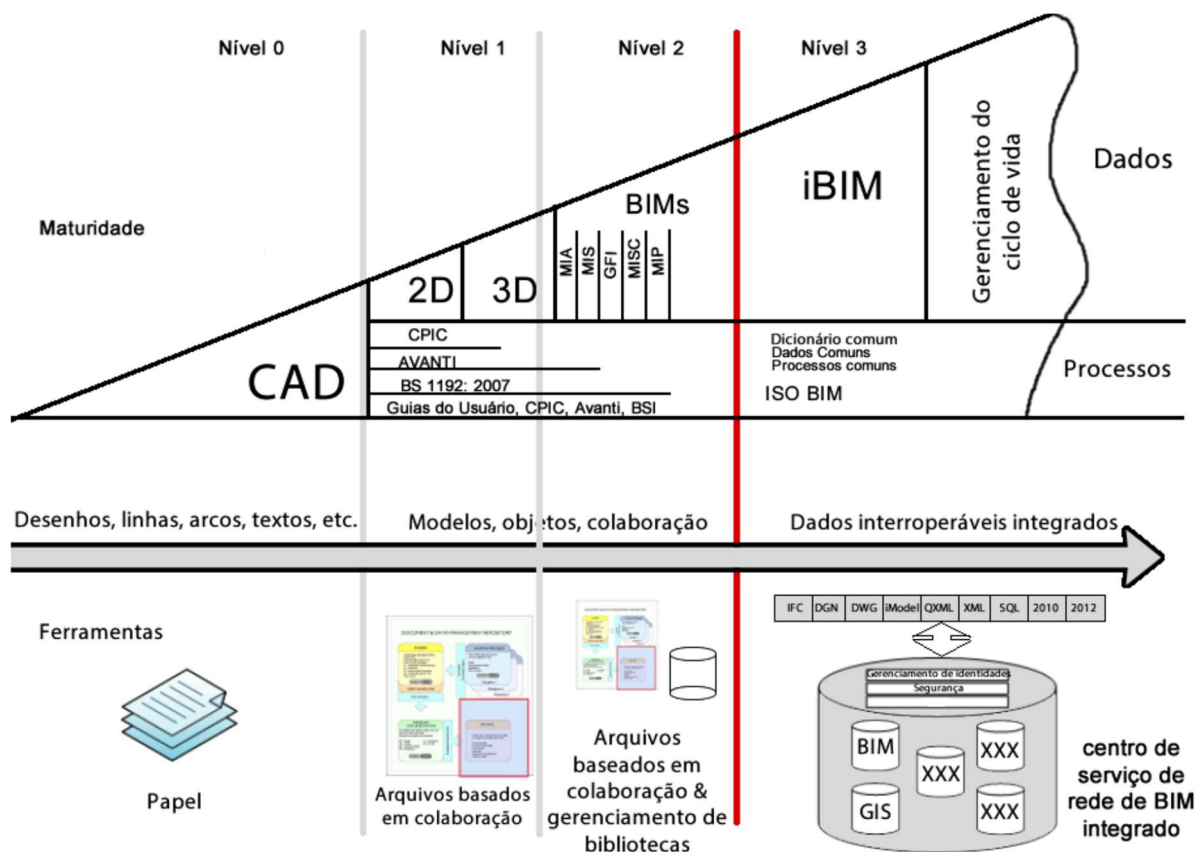
Atividades de Gerenciamento de Informações	
• Atividades de Execução Avançada de [1] a [2]	As atividades normalmente conduzidas durante a Fase de Design de um projeto, que inclui as sub-fases de planejamento e especificações (por exemplo, elaboração, desenho, detalhamento e modelagem); e
• Atividades de medição reversa de [2] a [1]	As atividades necessárias para verificar ou validar entregas digitais de acordo com os requisitos de informação (por exemplo, verificar as áreas do piso de um modelo BIM com os requisitos espaciais de um cliente).
• Atividades de execução a frente de [2] a [3]	Todas as atividades normalmente conduzidas durante a fase de construção, que incluem planejamento e comissionamento da construção (por exemplo, assentamento de pisos, tetos de montagem e paredes de pintura); e
• Atividades de medição reversa de [3] a [2]	As atividades necessárias para testar e confirmar saídas físicas em relação a produtos digitais (por exemplo, verificar a colocação de suportes de dutos no local em relação a modelos relevantes ou desenhos de oficinas mecânicas).
• Atividades de Execução Avançada de [3] a [1]	Todas as atividades tipicamente conduzidas durante a Fase de Operação, que incluem gerenciamento, manutenção e desativação (por exemplo, limpeza de salas, reparos em tubulações, substituição de telhas); e
• Atividades de medição reversa de [1] a [3]	As atividades necessárias para capturar dados pertencentes a um ativo físico ou monitorar o desempenho de um sistema físico (por exemplo, captura de dados através de varredura a laser e monitoramento de dados através de sensores).

Fonte: Adaptado de Succar, (2017)

3.3 Níveis de maturidade de adoção da metodologia BIM

Foi desenvolvido por Bew e Richards (2008) o modelo de maturidade BIM ele é usado amplamente para discutir a maturidade BIM em uma indústria ou organização conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Níveis de maturidade de adoção da metodologia BIM



MIA - Modelagem da Informação da Arquitetura
 MIS - Modelagem da Informação da Simulação
 GFI - Gerenciamento Facilitado da Informação
 MISC - Modelagem da Informação de Simulação da Construção
 MIP - Modelagem da Informação de Ponte

Fonte: Bew e Richards, 2008.

O modelo de maturidade esclarece as fases e transições que ocorrem durante a adoção da metodologia BIM e o Quadro 2 traz as informações dessas transições.

Quadro 2 - Níveis de maturidade de adoção da metodologia BIM

Níveis de maturidade de adoção da metodologia BIM	
Nível 0-1	Retrata a transição de sistema de CAD Geométricos para o sistema CAD-BIM. Nesta fase os sistemas são desenvolvidos modelos tridimensionais focados na geração automática de desenhos num nível 3D de desenhos – pode ser gerado automaticamente plantas, cortes, esquemas, elevações etc. – sem o envolvimento de outros profissionais. Os profissionais que trabalham nesse primeiro nível da plataforma BIM já conseguem compatibilizar projetos, pois os diversos projetos da edificação são lançados em um mesmo arquivo que é compartilhado na “nuvem” e são acessados ao mesmo tempo em todos os escritórios profissionais envolvidos no projeto.
Nível 2	No segundo nível outros profissionais além dos projetistas de arquitetura, estrutura e instalações prediais entram no processo de projeto, e acrescentam informações relativas a tempo (4D), custos (5D), análise de eficiência energética, dentre outras. A partir deste nível são necessárias adoções de estratégias que minimizem problemas de interoperabilidade para melhorar a conversa entre todos os participantes do projeto. Segundo Tobin (2008), a adoção efetiva do BIM no nível 2 já é realidade na América do Norte, na Ásia e na Europa.”
Nível 3	O nível 3 é apenas uma tendência ainda não existindo na prática. E se caracteriza pela integração total entre todos os agentes envolvidos no empreendimento, não existindo qualquer tipo de obstáculo com relação à interoperabilidade entre sistemas e ao intercâmbio de informações. (SOUSA; MERIÑO, 2013)

Ao longo da implementação do conceito BIM faz-se necessário o levantamento de acordo com Kymell (2008) de questões de responsabilidades técnicas e direitos autorais em modelos.

Tratando-se de um modelo de projeto que é desenvolvido e utilizado por todos os profissionais durante as fases de projetos, até mesmo após a entrega das obras, são necessários mecanismos jurídicos que assegurem as informações técnicas integralmente e a autoria desses projetos desenvolvidos por diversos especialistas envolvidos. (SOUSA; MERIÑO, 2013)

Por tanto conforme avançamos nos níveis de maturidade da implementação e utilização do conceito BIM diversos benefícios são proporcionados e estes serão abordados a seguir.

3.4 Principais benefícios do BIM

Para a fase inicial de concepção do projeto, a aplicação do conceito BIM facilita a compreensão do proprietário, usuários e outros participantes, sobre a ideia da futura edificação ou instalação, beneficiando principalmente aqueles que não possuem formação técnica específica, garante maior confiabilidade e melhor nível de precisão nas estimativas de custos, ou seja, do desenvolvimento correto do projeto (EASTMAN *Et al.*, 2014).

No projeto, quando se adota o BIM, há uma melhoria na qualidade do *design*, cuja viabilização de ciclos de análises é mais rápida e mais efetiva, maior nível de inovação, com a utilização de recursos de “*design* digital”, nos quais algumas das soluções e dos subsistemas são propostas pelo próprio computador, testando milhares de alternativas baseadas em premissas de desempenho especificadas para um projeto (EASTMAN *Et al.*, 2014).

Na construção um benefício valioso é a detecção de erros e omissões nos projetos (MIETTINEN; PAAVOLA, 2014). A fonte para todas as referências 2D e 3D do projeto é um único arquivo tridimensional, logo as inconsistências geradas por desenhos 2D são completamente eliminadas (EASTMAN *Et al.*, 2014). Como é possível fazer a verificação no lançamento de todas as disciplinas (estrutural, mecânica e hidráulica), podem ser evitados, na fase de planejamento, erros que atrasariam obra caso não fossem descobertos antes de chegarem ao canteiro

Para a fase de composição de custos, compra e contratação, há processos de prospecções e aquisições mais rápidos com maior nível de precisão e menor risco, comparação de alternativas, viabilizando a escolha e a definição de processos e métodos construtivos mais eficazes.

Na fase de construção, a adoção BIM (EASTMAN *Et al.*, 2014) pode proporcionar melhoria da eficiência no canteiro de obras, ao possibilitar a visualização do cronograma da construção, maior índice de pré-fabricação em função dos melhores recursos de controle da execução e maior previsibilidade das condições de campo, equipes de trabalho bem dimensionadas. Utilizando dados confiáveis sobre quantidades de serviços e dividindo o processo em fases, eliminação de interferências entre subsistemas construtivos, redução da imprevisibilidade na fase de construção,

facilidade no registro da progressão da construção e comparação com a evolução planejada, viabilização de ciclos econômicos mais curtos e aderentes ao planejamento, redução da estrutura administrativa, conduzindo a um menor custo total da gestão da fase de construção.

Para revisões e alterações realizadas numa determinada 'vista', em *softwares* que são BIM (EASTMAN *Et al.*, 2014)., provocam automaticamente a atualização das demais vistas e relatórios de um mesmo projeto ou trabalho em desenvolvimento. Isso facilita para o usuário que não precisa executar comandos específicos, e seu projeto se torna mais dinâmico evitando apresentar inconsistências e erros.

Em seguida tem-se a descrição dos principais benefícios na utilização do conceito BIM no desenvolvimento de projetos e construção.

3.4.1 Visualização em 3D do projeto

Nos projetos desenvolvidos em CAD (*Computer Aided Design*), as representações em plantas, cortes, vistas são feitas em 2D e quando se têm perspectivas e detalhes que não permitem a correta visualização e compreensão do projeto, cabe ao 'leitor' das informações documentadas usar a imaginação para reproduzir, mentalmente, as formas tridimensionais de uma edificação ou instalação projetada, reunindo e combinando as informações documentadas e fragmentadas em diferentes desenhos.

A modelagem 3D possibilita a visualização exata do que está sendo projetado, por mais complexa que seja a instalação ou edificação, além de oferecer funcionalidades para a detecção automática de interferências geoespaciais entre objetos.

3.4.2 Realização da obra virtualmente

A construção civil, costuma-se dizer, é uma indústria de protótipos. Apenas quando uma obra acaba que é possível saber tudo sobre ela. Ainda que um projeto seja repetido, só de alterar o endereço, serão diferentes as condições de execução, de acesso ao novo endereço, à formação geológica do subsolo, as condições climáticas durante a execução, a mão de obra, que poderá empregar outros

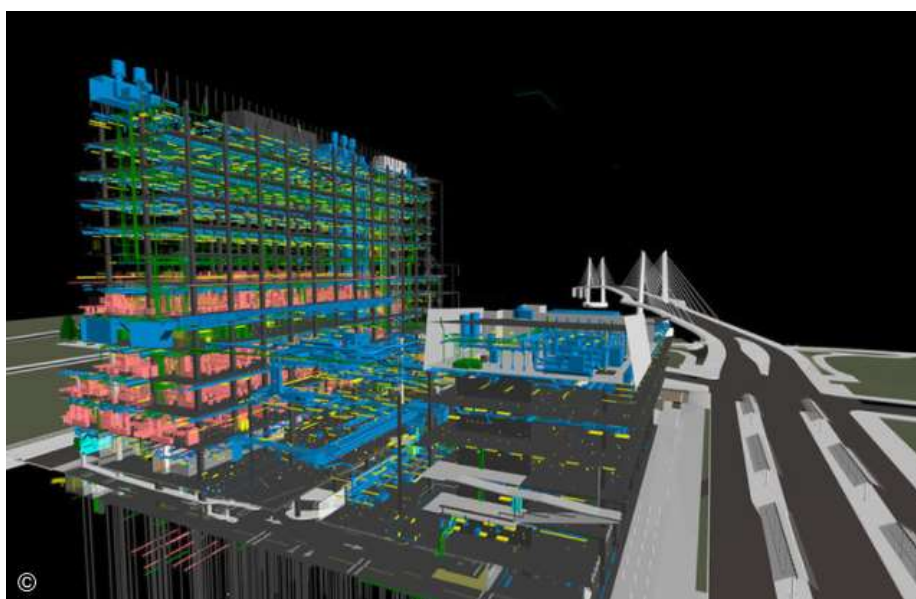
prestadores de serviços, entre outros, sendo comum que ocorram várias mudanças do decorrer da obra, em relação ao projeto e ao planejamento originais.

A utilização do BIM para o Planejamento ou Sequenciamento 4D permite que se estudem as etapas e atividades previstas para a execução de uma obra. A construção de um prédio de múltiplos pavimentos exige, por exemplo, a instalação de bandejas de proteção, para evitar a queda de materiais ou ferramentas. Com a plataforma BIM, pode-se realizar a Construção Virtual (*Virtual Design & Construction* – VDC), que permite ensaiar uma obra no computador.

Podem ser simuladas as instalações de bandejas, de guias e de elevadores de carga, experimentando as várias fases de um canteiro de obras, possibilitando assim a eliminação de eventuais interferências desses recursos de construção, permitindo com esses modelos estudar, prévia e detalhadamente, todo o processo de construir, definindo o sequenciamento das atividades, com um nível de informação sem precedentes.

A utilização de softwares BIM permite que se modele, não apenas o edifício ou a instalação com todos os seus sistemas e componentes, mas permite também que se modele o processo de construir e o seu entorno como podemos ver o exemplo na Figura 5.

Figura 5 - Edifício Colaborativo de Ciências da Vida / SERA Architects e CO Architects



Fonte: ArchDaily, 2018.

Além disso, alguns *softwares* BIM, criam animações para a demonstração explícita da sequência de atividades nas obras. Esses recursos podem gerar economia e reduzir a descontinuidade e surpresas durante a execução da obra, quando a flexibilidade para tomada de decisão já é muito reduzida, elevando a qualidade do planejamento e seu nível de precisão. Um dos *softwares* que permite realizar essa funcionalidade é o *Naviswork*, o qual foi utilizado para reproduzir a execução da obra em estudo.

3.4.3 Extração de quantitativos de um projeto

A extração automática de todas as quantidades de serviços e componentes dos modelos BIM é uma das funções mais utilizadas por aqueles que começam a utilizar a plataforma. Ela garante consistência, precisão e agilidade de acesso às informações das quantidades, que poderão ser divididas e organizadas (ou agrupadas) de acordo com as etapas (ex: fundação, pavimento térreo, pavimento superior, cobertura) definidas no planejamento e cronograma de execução dos serviços.

A ferramenta minimiza conflitos e problemas específicos da fase de construção, suas incertezas e riscos que poderão ser analisados e contornados previamente usando o BIM refletindo maior aderência da execução da obra ao orçamento que foi planejado, e no cumprimento de prazos definidos. Esse grande ensaio virtual, feito antes de se partir para a execução propriamente dita, no canteiro de obras, configura-se como algo realmente valioso para a indústria da construção civil.

Existem alguns *softwares* disponíveis no mercado de possibilitam que os objetos constituintes de um modelo BIM sejam associados (linkados) com as atividades de um cronograma desenvolvido em *MS-Project* ou *Primavera*, permitindo que o controle da execução da obra também seja realizado com base nos modelos. Dessa forma, as extrações automáticas de quantidades dos modelos BIM, baseados nas fases planejadas, agiliza e garante a precisão das comparações entre serviços previstos e efetivamente realizados.

3.4.4 A realização de desempenho de sistemas

Os modelos BIM tornaram possíveis simulações do comportamento e do desempenho de edifícios e instalações ou de suas partes e sistemas componentes.

Essa é uma das áreas que mais têm recebido investimentos dos desenvolvedores de *softwares*. Algumas das análises e simulações possíveis são:

- Análises estruturais;
- Análises energéticas (simulações do consumo de energia);
- Estudos térmicos e termodinâmicos;
- Estudos de ventilação natural;
- Estudos de níveis de emissão de CO₂;
- Estudos luminotécnicos;
- Estudos de insolação e sombreamento.

3.4.5 A identificação automática de interferências (geométricas e funcionais)

Os *softwares* BIM localizam automaticamente as interferências entre os objetos que compõem um modelo. Essa funcionalidade é conhecida como *clash detection*. Os relatórios das interferências localizadas em um modelo BIM em desenvolvimento podem ser extraídos automaticamente e compartilhados com as equipes responsáveis por cada uma das diferentes disciplinas.

Melhado (2005) ressalta que com a compatibilização, os projetos de diferentes disciplinas são superpostos para verificar as interferências entre eles, e os problemas são evidenciados para que a coordenação possa agir sobre eles e solucioná-los.

Alguns *softwares* oferecem formatos padronizados de listas de interferências que já incluem a imagem do problema e referências da sua localização no modelo. Isso é bastante útil nos casos de modelos muito extensos ou complexos, em que há muitas repetições de trechos de instalações. Além da localização automática, algumas soluções também classificam as interferências como leves, moderadas ou críticas.

Programação e inserção de 'regras de verificação' também podem ser admitidas em algumas soluções BIM. Podem ser utilizados para averiguar a consistência da rota de acesso de deficientes físicos às edificações ou ainda para verificar exigências específicas, feitas por códigos sanitários ou de uso e ocupação do solo.

3.4.6 Documentação mais consistente e íntegra

No BIM, os objetos são paramétricos e inteligentes, ou seja, esses objetos já têm informações próprias sobre o seu relacionamento com outros objetos, e com o seu entorno ou ambiente no qual está inserido. Por exemplo, uma janela em um modelo BIM tem como propriedade a informação intrínseca de que precisa ser ‘hospedado’ numa parede e que esta deverá ter uma determinada espessura, por exemplo: 15 cm. Caso ocorra uma alteração de projeto na espessura da parede para 20 cm, o objeto janela BIM consegue ‘perceber’, ‘interpretar’ e ‘reagir’ a essa mudança e, automaticamente, ajustar algumas das suas partes componentes para se adequar à nova situação.

As reações automáticas contribuem para a garantia da consistência e da integridade das soluções projetadas e de toda a documentação do projeto (desenhos, detalhes, tabelas).

3.4.7 Desenvolvimento de Maquetes Eletrônicas

A partir dos próprios modelos BIM desenvolvidos para a criação de uma edificação ou para gerenciar a sua construção, é possível gerar imagens renderizadas com alta qualidade e definição. Por meio de recursos como sombreamento, iluminação, inserção em contexto (endereço local e imagens do entorno), são criadas maquetes eletrônicas que podem ser utilizadas para apresentar ao cliente o projeto da sua casa ou empreendimento.

3.4.8 Modelo compartilhado: registro e o controle de diferentes versões dos modelos

Nos casos de projetos muito complexos ou naqueles cujo desenvolvimento acontece simultaneamente por diferentes equipes, há a possibilidade de identificação e controle das diferentes versões dos documentos, o que na maioria das vezes acaba confundindo a equipe. No entanto, soluções BIM oferecem recursos que possibilitam a identificação fácil e intuitiva das diferentes versões de um modelo, utilizando um código de cores para identificar partes e componentes que tenham sido modificadas, incluídas ou excluídas, conforme representado na Figura 6.

Figura 6 - Colaboração com modelo compartilhado



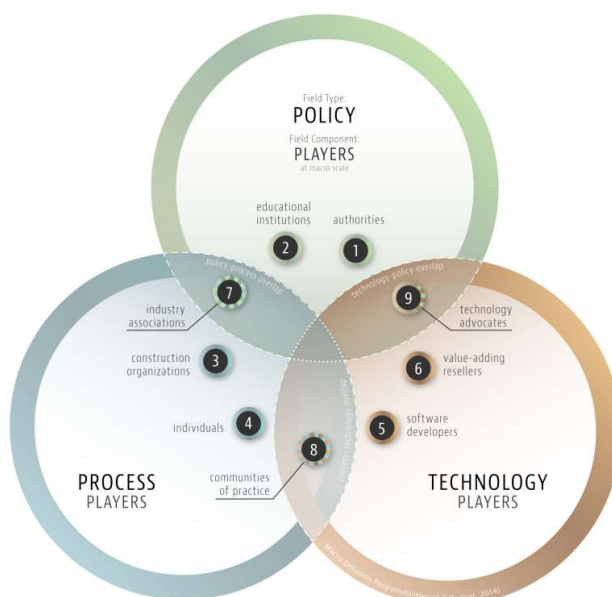
Fonte: BIMexperts,2019.

Com os benefícios alcançados a partir da incorporação dos processos, softwares e ferramentas pertencentes ao conceito de Modelagem da informação da construção é imprescindível o envolvimento das partes interessadas na disseminação e implementação.

3.5 Comitê Estratégico de Implementação do *Building Information Modelling*

Seguindo o modelo conceitual de SUCCAR, B., & KASSEM, M. (2015) são identificados nove grupos de *stakeholders* do setor de participantes do BIM: formuladores de políticas, instituições educacionais, organizações de construção, profissionais individuais, desenvolvedores de tecnologia, provedores de serviços de tecnologia, associações industriais, comunidades de prática e defensores da tecnologia. Sendo estes distribuídos em três campos: tecnologia, processo e política.

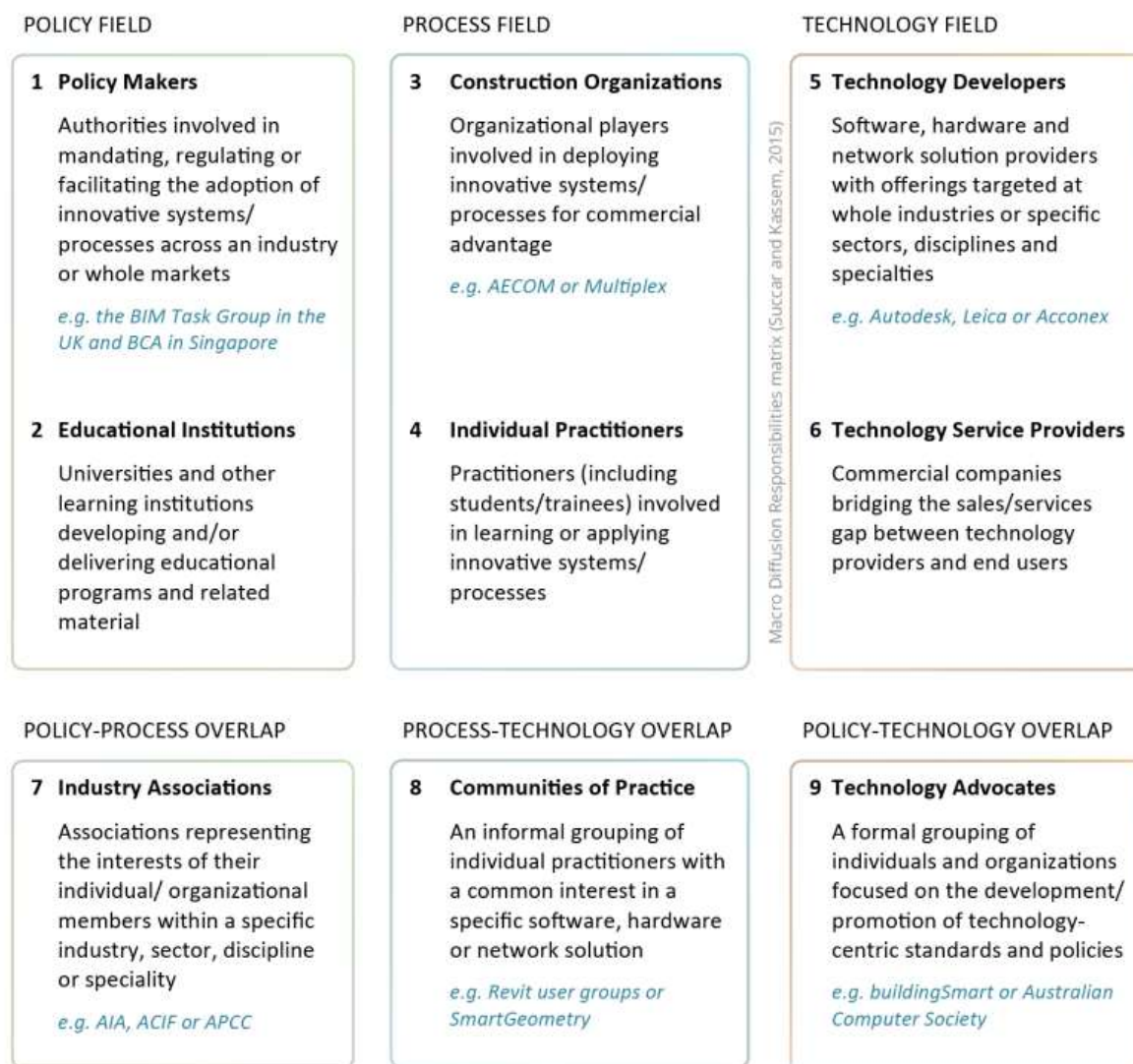
Figura 7 - Responsabilidades de difusão macro v1.0



Fonte: SUCCAR, B.; KASSEM, M. (2015)

A Figura 8 descreve sucintamente cada grupo de partes interessadas, seguida de como poderá ser utilizada essa subdivisão na difusão de BIM dentro e com diferentes mercados.

Figura 8 - Descrição dos Stakeholders



Fonte: SUCCAR, B.; KASSEM, M. (2015)

Cada um dos nove grupos de *players* identificados na Figura 8 inclui vários tipos de *players*. Por exemplo, o grupo de *players* 3 (organizações de construção) é composto de vários tipos de *players*, incluindo: proprietários de ativos, arquitetos, engenheiros e gerentes de projeto. Além disso, o grupo de *players* 4 (praticantes individuais) é composto por profissionais, profissionais associados e comerciantes. Essas distinções entre grupos de *players*, tipos e alguns únicos (por exemplo, uma pessoa específica, grupo, associação, empresa ou universidade) permitem a avaliação direcionada e a comparação do envolvimento das partes interessadas (SUCCAR, B.; KASSEM, M. 2015).

O Governo Federal, com o intuito de promover a modernização e a transformação digital da construção, criou em junho de 2017 o Comitê Estratégico de Implementação do Building Information Modelling – CE-BIM para formular uma estratégia que pudesse alinhar as ações e iniciativas do setor público e do privado, impulsionar a utilização do BIM no país, promover as mudanças necessárias e garantir um ambiente adequado para seu uso.

O CE-BIM foi composto por representantes dos seguintes órgãos: Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços; Casa Civil da Presidência da República; Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações; Ministério das Cidades; Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão; Ministério da Defesa e Secretaria Especial do Programa de Parcerias de Investimentos da Secretaria geral da Presidência da República.

Para o apoio técnico e administrativo e o assessoramento do colegiado, foi instituído o Grupo de Apoio Técnico (GAT-BIM). Além disso, para apoiar a execução dos trabalhos e subsidiar as deliberações, foram criados seis grupos *ad hoc* que trataram de temas específicos: Regulamentação e Normalização, Infraestrutura Tecnológica, Plataforma BIM, Compras Governamentais, Capacitação de Recursos Humanos e Comunicação.

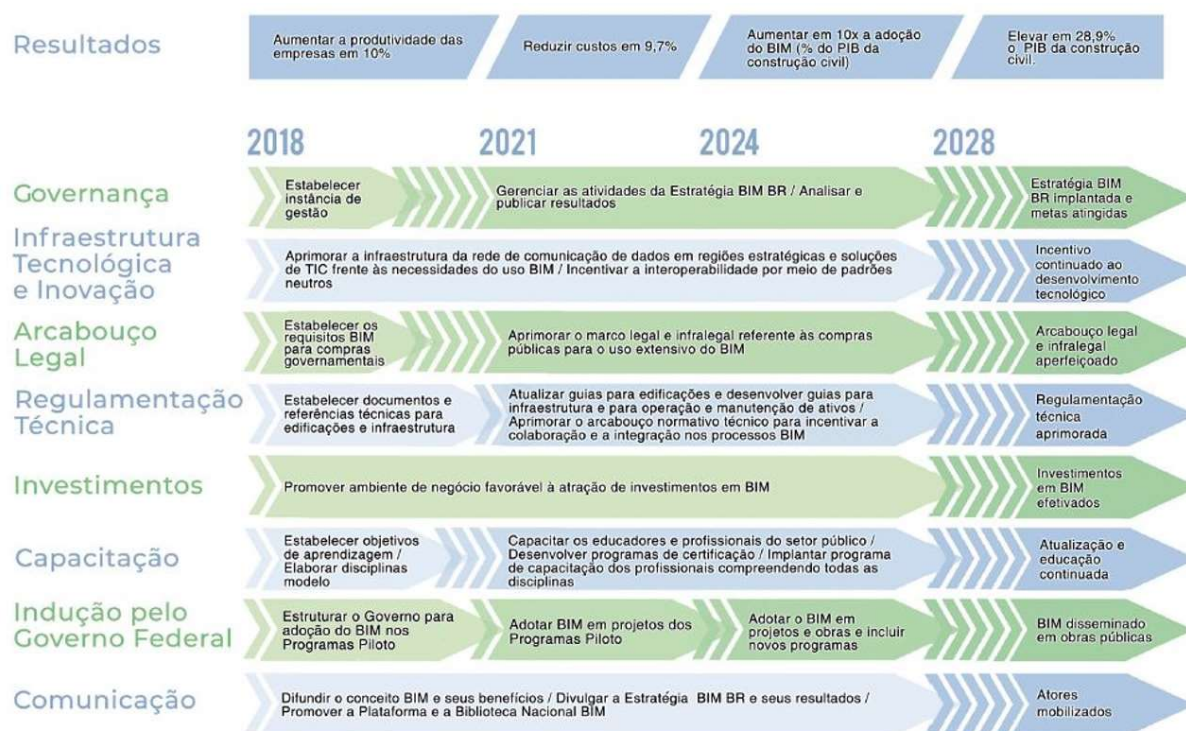
O Grupo de Apoio Técnico elaborou 9 objetivos estratégicos do Programa BIM BR (ABDI, 2020):

1. Difundir o BIM e seus benefícios;
2. Coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM;
3. Criar condições favoráveis para o investimento público e privado em BIM;
4. Estimular a capacitação em BIM;
5. Propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e as contratações públicas com o uso do BIM;
6. Desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para a adoção BIM;
7. Desenvolver a plataforma e a biblioteca Nacional BIM;
8. Estimular o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM;

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

Com essa nova perspectiva do mercado da construção civil e o incentivo do governo, impulsionou o estudo e análise de softwares e ferramentas que consolidam um projeto no conceito BIM.

Figura 9 - Road Map BIM BR



Fonte: BRASIL (2018)

No Brasil, é ainda reduzido o número de empresas que utilizam BIM em suas rotinas de trabalho (BRASIL, 2018). Esse cenário está mudando devido a instituição pelo governo federal brasileiro da Estratégia Nacional para Disseminação do BIM, com o intuito de aumentar a produtividade das empresas do setor e reduzir os custos de suas obras.

Outra iniciativa no Brasil, foi o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio Exterior (MDIC) em 2009, criar a Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção, ABNT/CEE-134, que foi incumbida de desenvolver normas técnicas sobre BIM.

Para Cintra (2005), é necessária uma melhor integração e compartilhamento da informação entre os diversos atores envolvidos no processo de construção como forma de contribuir para seu sucesso. A falta de informação, ou informação insuficiente, pode levar a uma série de problemas nas etapas de projeto, construção, operação e manutenção.

Foi publicada a norma ABNT NBR ISO 12006-2:2010 Construção de edificação — Organização de informação da construção - Parte 2: Estrutura para classificação de informação, que define diretrizes e uma estruturação para a concepção de sistemas de classificação das informações da Construção, permitindo o desenvolvimento de sistemas de classificação compatíveis internacionalmente, dando sequência e tomando essa Norma como referência, e tendo como texto-base o sistema de classificação norte-americano Omni-Class™, foi iniciado o desenvolvimento do sistema brasileiro.

Em julho de 2012, decidiu-se criar um grupo de trabalho no âmbito da ABNT/CEE-134 para desenvolver a terceira atividade planejada: o Grupo de Trabalho de Componentes BIM (GT).

O quadro 3 apresenta as normas vigentes sobre BIM no Brasil.

Quadro 3 - Normas Brasileiras referente ao BIM

Normas	
· ABNT NBR 15965-1:2011 Sistema de classificação da informação da construção Parte 1: Terminologia e estrutura	Esta Norma define a terminologia, os princípios do sistema de classificação e os grupos de classificação para o planejamento, projeto, gerenciamento, obra, operação e manutenção de empreendimentos da construção civil.
· ABNT NBR 15965-2:2012 Sistema de classificação da informação da construção Parte 2: Características dos objetos da construção	Esta parte da ABNT NBR 15965 define as terminologias, o sistema de classificação e os grupos de classificação relativos às características dos objetos da construção. O sistema de classificação se aplica ao planejamento, projeto, obra, operação e manutenção de empreendimentos da construção civil.
· ABNT NBR 15965-3:2014 Sistema de classificação da informação da construção Parte 3: Processos da construção	Esta parte da ABNT NBR 15965 tem por objetivo apresentar a estrutura de classificação que define os processos da construção, para aplicação na tecnologia de modelagem da informação da construção, pela indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC).
· ABNT NBR 15965-7:2015 Sistema de classificação da informação da construção Parte 7: Informação da construção	Esta parte da ABNT NBR 15965 apresenta a estrutura de classificação que define as informações (ou dados referenciados e utilizados durante o processo de criação e manutenção de um objeto construído) para aplicação na tecnologia de modelagem da informação da construção, pela indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC).
· ABNT NBR ISO 12006-2:2010 Construção de edificação — Organização de informação da construção	Esta parte da ABNT NBR ISO 12006 define uma estrutura e um conjunto de títulos recomendados de tabelas apoiados em definições, mas não o conteúdo detalhado destas tabelas. Ela se destina ao uso por organizações que desenvolvem e publicam sistemas de classificação e tabelas em âmbito nacional ou regional.
· ISO 16739: 2013 Industry Foundation Classes (IFC) para compartilhamento de dados nas indústrias de construção e gerenciamento de instalações	Especifica um esquema de dados conceituais e um formato de arquivo de troca para dados do Building Information Model (BIM).

Fonte: Adaptado CATELANI; SANTOS, 2016.

3.6 Taxonomia da Informação

A taxonomia atualmente inclui conceitos / termos a serem usados na definição de requisitos de informação em documentação de missão crítica (por exemplo, dentro de um Plano de Gerenciamento BIM (BMP) ou similar) (Succar, 2016).

O termo 'informação' - usado para descrever Ativos Digitais – são separados em: documentos, modelos e dados:

- **Documento:** um meio (por exemplo, um e-mail, uma página da web ou um documento PDF) que contém uma variedade de informações, incluindo texto, metadados ou modelos 3D incorporados. Ao se referir a documentos não digitais, o termo será qualificado (como documento em papel). Exemplos de documentos incluem um desenho do plano mestre, um certificado de desempenho e um relatório de auditoria;
- **Modelo:** Uma “*representação de um sistema que permite a investigação das propriedades do sistema*” (ISO, 2016). Como um termo, pode se referir a modelos digitais (por exemplo, cascas / limites ou modelos gráficos de geometria sólida); modelos físicos (por exemplo, um castelo de areia, modelo LEGO ou formas impressas em 3D); ou modelos financeiros, matemáticos e conceituais. O termo Modelo se refere a um meio digital tridimensional que transporta uma variedade de informações e - potencialmente - incorporando ou referenciando documentos e conjuntos de dados. Um modelo pode representar uma disciplina / especialidade (por exemplo, modelo arquitetônico), um estado (por exemplo, modelo de registro) ou uma tecnologia de base (por exemplo, modelo baseado em objeto); e
- **Dados:** uma sequência digital de símbolos - normalmente letras e números - que podem ser coletados e analisados / interpretados por um ator. Os dados podem ser *incorporados* estaticamente em Documentos e Modelos ou *direcionar* sua geração / modificação dinâmica - adaptado de ISO / IEC (2015). Os dados podem ser capturados por meio de sensores, atuadores e scanners (Gubbi, Buyya, Marusic, & Palaniswami, 2013); derivado de fontes de dados conectadas; ou gerado por meio de aprendizado de máquina. O termo Dados pode ser acoplado a outros termos que o precedem (por exemplo, *estruturado*, *não estruturado* ou *meta* -Dados) ou que o seguem (por

exemplo, *nuvem* de dados, *objeto*, *rotina*, *script*, *conjunto* ou *tabela*) para indicar agrupamentos funcionais, estruturas de relacionamento, coesão interna, inferências semânticas, instruções de computador codificadas ou 'como uma variedade de gráficos e diagramas' (Sowa; Zachman, 1992).

Segundo Succar (2016) esta subdivisão é útil e destina-se a fins práticos estão apresentadas no Quadro 4 uma síntese da Taxonomia de informações que permite a identificação mais precisa de produtos digitais direcionados e fornece flexibilidade na especificação de usos de entrega de informações, visualizações, definições de visualização, visualizadores e ambientes.

Quadro 4 – Taxonomia de informações

Uso da informação: os usos / aplicativos pretendidos da informação		
Uso de documentos Os tipos <i>pretendidos</i> ou <i>esperados</i> de entregas, a partir do desenvolvimento e troca de informações por meio de Documentos. Exemplos: relatórios baseados em documentos, certificação ou garantia.	Uso do modelo Os tipos de entregas <i>pretendidos</i> ou <i>esperados</i> , desde a geração, colaboração e vinculação de modelos a bancos de dados externos. Exemplos: representação, simulação ou quantificação baseada em modelo.	Uso de dados Os tipos de entregas <i>pretendidos</i> ou <i>esperados</i> da geração, troca e manipulação de Dados. Exemplo: mineração ou script de dados (por exemplo, usando código para acionar equipamentos de corte, fresagem ou sinterização).
Visualização de documento Uma exibição que permite um ou mais usos do documento. Uma Visualização de documento pode ser um desenho, programação, relatório, nota de instrução ou um conjunto de especificações. Uma Visualização de documento pode ser redigida (assistida por computador) por um ator humano ou derivada automaticamente de uma fonte de modelo ou de dados. Exemplo: folha de dados do produto ou folha de dados da sala (um desenho detalhando os requisitos de um operador para cada tipo de sala, incluindo layout da sala, móveis, acessórios, equipamentos e acabamentos de superfície).	Visualização do modelo Uma visualização que permite um ou mais usos do modelo. Uma visualização de modelo pode ser uma visualização 3D estática / dinâmica, uma animação ou um holograma. Uma visualização de modelo segue as especificações em sua definição de visualização de modelo correspondente ou reflete os requisitos personalizados de projeto / ativo. Exemplos: Visualização de modelo mostrando apenas elementos arquitetônicos ou outro mostrando elementos mecânicos e estruturais em um visualizador de modelos.	Visualização de dados Uma visualização que permite um ou mais usos de dados. Uma Visualização de dados pode ser um trecho de código, um arquivo CNC (Computer Numerical Control), um arquivo XML / JSON ou semelhante. Exemplos: um gráfico de dados, um diagrama de link de nó, uma receita If This Then That (IFTTT), um tradutor FME ou um script visual no Grasshopper ou Dynamo.

(Continua)

(Continuação) Quadro 4 – Taxonomia da Informação

Definição da exibição de informações: como as exibições de informações são definidas para o uso consistente de informações		
Definição de exibição de documento	Definição de visualização de modelo (MVD)	Definição de visualização de dados
Uma especificação (ou modelo) que identifica o conteúdo, atributos e formatos das Vistas do documento (veja acima). As definições de exibição de documentos são normalmente geradas por autoridades, advogados de tecnologia e associações que promovem a padronização. Exemplos: Modelo de dados do produto (um documento que identifica as informações pertencentes a um produto especificado - por exemplo, modelo, fabricante, atributos de desempenho e requisitos de manutenção).	Uma especificação que identifica as propriedades e especifica os requisitos de troca das Visualizações de Modelo. Uma MVD (Model view Definition) 'padronizada' pode ser um subconjunto de um esquema estabelecido (por exemplo, Industry Foundation Classes), normalmente destinado a desenvolvedores de software (não usuários finais) a serem implementados em suas Ferramentas de Software (ISO, 2016). Exemplo: a Vista de transferência de design da IFC4, buildingSMART International.	Uma especificação que identifica as propriedades e especifica os requisitos de troca de Exibições de Dados. As definições de exibição de dados são normalmente geradas por atores da informação para formalizar cenários de troca de dados e harmonizar métodos de análise de dados. Exemplos: um modelo de representação de dados, script de conversão de dados ou fórmula de análise de dados.

(Continua)

(Continuação) Quadro 4 – Taxonomia da Informação

Visualizador de informações: o software que permite o acesso às informações por atores humanos		
Visualizador de documentos Um aplicativo de software que permite aos usuários inspecionar e manipular informações de acordo com as visualizações de documentos predefinidas. Exemplos: leitor de PDF ou visualizador de CAD 2D.	Visualizador de modelos Um aplicativo de software que permite aos usuários inspecionar e navegar pelos Modelos de acordo com as Definições de Visualização de Modelo ad-hoc ou padronizadas. Exemplos: BIM Vision, BIMx, Dalux ou Solibri Model Viewer.	Data Viewer Um aplicativo de software que permite aos usuários inspecionar e manipular dados de acordo com as definições de exibição de dados predefinidas. Exemplos: ferramentas do Tableau ou Business Intelligence.
Ambiente de Informação: O ecossistema digital distribuído, permitindo a coleta e utilização de informações por várias partes interessadas. Um ambiente de informações pode incluir uma combinação de soluções de software conectadas a fontes de dados diferentes por meio de middleware e plugins		
Ambiente de documento compartilhado Um ecossistema para gerenciar documentos, composto por vários módulos de software - incluindo um Document Viewer, e permitindo a filtragem de informações pelo Document View. Exemplo: um ecossistema digital construído em torno de um sistema de gerenciamento de documentos / projetos.	Ambiente Federado do Modelo Um ecossistema para gerenciar modelos, composto por vários módulos de software - incluindo um visualizador de modelos e permitindo a filtragem de informações pelo visualizador de modelos. Exemplo: um ecossistema digital criado em torno de um Model Server ou Software como serviço (SaaS) ativado por BIM.	Ambiente de Dados Integrado Um ecossistema para gerenciar conjuntos e estruturas de dados, composto por vários módulos de software - incluindo um Data Viewer, permitindo a filtragem de informações pelo Data View. Exemplo: um ecossistema digital construído em torno das soluções Data Warehousing e Data Integration.

Fonte: Adaptado de Succar (2016)

3.7 Requisitos de geração de modelos BIM

A seguir estão resumidas as principais capacidades que distinguem os diferentes sistemas BIM de projeto. As capacidades se aplicam tanto aos sistemas orientados ao projeto quanto as ferramentas BIM de fabricação. Essas capacidades distintas são propostas para aqueles que desejam empreender um primeiro nível de revisão e avaliação de sistemas alternativos, de forma a tomar uma decisão bem-informada quanto a uma plataforma para um empreendimento, um escritório ou toda a empresa. A escolha afeta as práticas de produção, a interoperabilidade e, de certa forma, as capacidades funcionais de uma organização de projeto para fazer tipos específicos de projetos.

Os produtos atuais também possuem diferentes capacidades considerando a interoperabilidade, o que afeta sua habilidade de colaborar e pode levar a fluxos de trabalho intrincados e replicação de dados. É preciso enfatizar que nenhuma plataforma será ideal para todos os tipos de empreendimentos. Idealmente, uma organização deve suportar várias plataformas e usar uma ou outra dependendo do empreendimento específico.

Nesse estágio inicial, um esforço para adotar qualquer uma das ferramentas BIM disponíveis é uma empreitada significativa. Isso envolve o conhecimento da nova tecnologia, das novas habilidades organizacionais que ela pressupõe, e o aprendizado e gerenciamento dessas habilidades. Esses desafios vão diminuir com o tempo, à medida que a curva de aprendizado para um sistema for vencida. Porque as funcionalidades das ferramentas de projeto BIM estão mudando rapidamente, é importante acompanhar as análises das versões atuais.

Dentro de um contexto comum de proporcionar modelagem paramétrica baseada em objetos, as ferramentas BIM de criação e edição incorporam diferentes tipos de capacidades. As capacidades são apresentadas no Quadro 5 como os requisitos necessários para os softwares baseados no BIM

Quadro 5 - Descrição de requisitos necessários para softwares em BIM

Descrição de requisitos necessários para <i>softwares</i> em BIM	
Interface do Usuário	As ferramentas BIM são bastante complexas e possuem muito mais funcionalidades que as ferramentas CAD anteriores. Algumas ferramentas BIM de projeto têm uma interface relativamente intuitiva e fácil de aprender, com uma estrutura modular para suas funcionalidades, enquanto outras colocam maior ênfase em funcionalidades que nem sempre estão bem integradas no sistema como um todo. Os critérios considerados aqui devem incluir: consistência dos menus entre as funcionalidades do sistema, seguindo convenções padrão; esconder menus eliminando ações irrelevantes, sem significado no contexto das ações atuais; organização modular de diferentes tipos de funcionalidade e ajuda online fornecendo mensagens em tempo real e explicações em linhas de comando sobre operações e entradas. Apesar de questões de interface do usuário parecerem menores, uma interface de usuário ruim resulta em longos períodos de aprendizado, mais erros e com frequência, não se consegue aproveitar totalmente as funcionalidades disponíveis no aplicativo.
Geração de Desenhos	Quão fácil é gerar desenhos ou conjuntos de desenhos e mantê-los ao longo de múltiplas atualizações e séries de versões? A avaliação deve incluir a rápida visualização dos efeitos de mudanças do modelo em desenhos, fortes associações, de modo que as mudanças no modelo se propaguem diretamente aos desenhos e vice-versa, e geração efetiva de gabaritos que permitam aos tipos de desenho gerar tanta formatação automática quanto possível.
Facilidade de Desenvolver Objetos Paramétricos Personalizados	Isso é avaliado considerando a existência e facilidade de uso de uma ferramenta de esboço para a definição de objetos paramétricos; determinando a extensão do conjunto de regras ou vínculos do sistema (um conjunto de vínculos geral deve incluir distância, ângulo, inclusive ortogonalidade, regras de tangenciamento de faces adjacentes e de linhas, e condições "se/então"), sua habilidade de ligar os objetos com interface do usuário para que sejam facilmente embutidos num projeto, e sua habilidade de suportar a montagem paramétrica de objetos.

(Continua)

(Continuação) Quadro 5 - Descrição de requisitos necessários para softwares em BIM

Escalabilidade	A habilidade de lidar com combinações de projetos de grande escala e modelagem em alto nível de detalhes. Isso envolve a habilidade do sistema de permanecer interativo e de responder independentemente do número de objetos 3D paramétricos no projeto. Um tema fundamental é o grau em que o sistema é baseado em disco em termos de gerenciamento de dados, em vez de ser baseado em memória. Sistemas baseados em disco são mais lentos para projetos pequenos, mas o tempo de atraso aumenta pouco à medida que o projeto cresce. O desempenho dos sistemas baseados em memória diminui rapidamente uma vez que o espaço em memória seja exaurido. Essas questões são parcialmente limitadas pelo sistema operacional; o Windows XP suporta no máximo 2GB de memória de trabalho para cada processo. Arquiteturas de 64 bits eliminam a restrição de uso de memória. O desempenho da placa gráfica é importante para alguns sistemas.
Interoperabilidade	Os dados do modelo são gerados, em parte, para serem compartilhados com outras aplicações com vistas a estudos iniciais de viabilidade do empreendimento, para colaboração com engenheiros e outros consultores e depois para construção. Isso é suportado pelo grau com que a ferramenta BIM proporciona interfaces diretas com outros produtos específicos e, mais genericamente, seu suporte a importação e exportação por meio de padrões abertos de intercâmbio de dados.
Extensibilidade	Uma ferramenta BIM de criação e edição serve tanto para o uso final quanto como uma plataforma para personalização e extensão. As capacidades para extensão são avaliadas baseadas em se elas fornecem o suporte para scripts – uma linguagem interativa que acrescenta funcionalidades ou automatiza tarefas de baixo nível, semelhante ao AutoLISP® no AutoCAD –, uma interface bidirecional no formato Excel e uma ampla e bem documentada interface de programação de aplicações (application programming interface – API). Linguagens de script e interfaces Excel geralmente são para usuários finais, enquanto uma API é para desenvolvedores de <i>software</i>. Essas capacidades são necessárias, dependendo da extensão que a empresa espera personalizar, particularmente na área de interoperabilidade.

(Continua)

(Continuação) Quadro 5 - Descrição de requisitos necessários para softwares em BIM

Modelagem de Superfícies Curvas Complexas	Suporte para a criação e edição de modelos de superfícies complexas baseadas em quádricas, splines e B-splines não uniformes é importante para firmas que fazem esse tipo de trabalho ou estão planejando fazer. Essas capacidades de modelagem geométrica em uma ferramenta BIM são parte da sua própria base; elas não podem ser acrescentadas posteriormente.
Ambiente Multiusuário	Alguns sistemas suportam colaboração entre integrantes de uma equipe de projeto. Eles permitem que múltiplos usuários criem e editem partes do mesmo projeto diretamente de um único arquivo de projeto, e gerenciam o acesso dos usuários a essas diversas partes de informações.

Fonte: Adaptado de Eastman, *Et al.* (2014)

3.7.1 *Industry Foundation Classes (IFC)*

A *buildingSMART* (2012) que é uma organização filantrópica, aberta, neutra e internacional define o IFC como um arquivo de dados que possibilita a troca de informações entre diferentes softwares e aplicativos para BIM.

Essa organização teve início com a Aliança Internacional para Interoperabilidade (IAI), criada em 1994, para coordenar o desenvolvimento de padrões internacionais dos arquivos de interoperabilidade, onde as doze principais organizações americanas ligadas ao setor de arquitetura, engenharia e construção. Evoluiu para um consórcio internacional de empresas comerciais e instituições de pesquisa (INTERNATINAL ALLIANCE FOR INTEROPERABILITY, 2008).

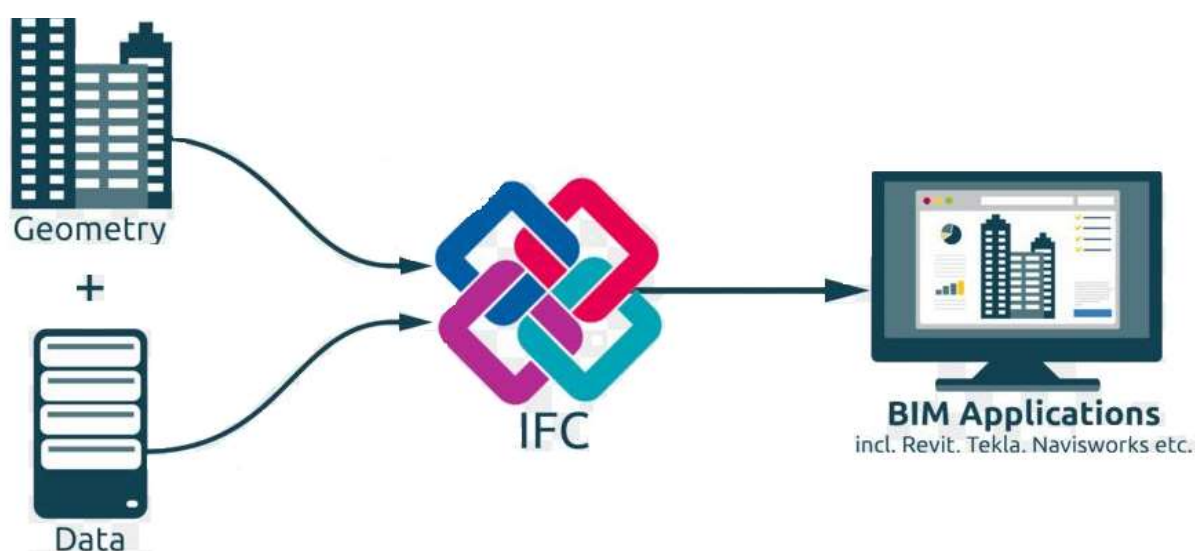
O objetivo da IAI, de acordo com Hyvärinen *Et al.* (2006), é de buscar a interoperabilidade de softwares da indústria da AEC/FM por meio de uma base que permita a melhoria da comunicação, da produtividade, do tempo de entrega, do custo e da qualidade, por todo o ciclo de vida do edifício. Visando isso, o IFC foi desenvolvido especificamente como um meio de troca de dados, baseado em um modelo, entre aplicativos da indústria da AEC/ FM (KHEMLANI, 2004). Atualmente é umas das soluções de entregáveis dos softwares BIM e ferramentas de análise.

Khemlani (2004) coloca um aspecto importante, é que, nem sempre as estruturas de dados são as mesmas entre diferentes softwares, pode ocorrer

problemas na tradução de dados por falta de interoperabilidade. Assim, o aplicativo vai ler e importar, a partir do modelo IFC, todas as entidades que fazem parte de seu repertório, mas aquelas que não existem no seu repertório serão desconhecidas. Por outro lado, como o modelo IFC ainda não apresenta uma completude de todos os sistemas e processos da AEC, podendo deixar de incorporar informações do modelo.

O arquivo IFC é um tipo de extensão que possui informações de diversas disciplinas que compõem o desenvolvimento de construção de uma edificação durante seu ciclo de vida envolvendo a concepção, o projeto a obra e até reformas ou demolição conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10 - Informações do IFC



Fonte: *BIMCommunity*, 2018.

O IFC (*Industry Foundation Classes*) possui em sua codificação uma grande vantagem pois permite que ocorra a troca e compartilhamento de dados de um modelo mesmo que o arquivo seja de fornecedores de softwares diferentes. Sendo assim, tornou-se um modo adequado para examinar e consultar os dados sem a necessidade de utilizar os softwares nativos que cada parceiro de projeto escolhe para trabalhar. Por ser um formato aberto o arquivo de IFC não pertence a um fornecedor de software, sendo de característica neutra e independente.

O fluxo de projeto onde o IFC é utilizado com ferramenta de interoperabilidade é definido com OpenBim.

Quando o fluxo de projeto é baseado em uma única solução computacional BIM, onde todos envolvidos trabalham em uma mesma plataforma e utilizam um arquivo proprietário fechado que não compartilha os dados com outros sistemas, é definido como Closed BIM.

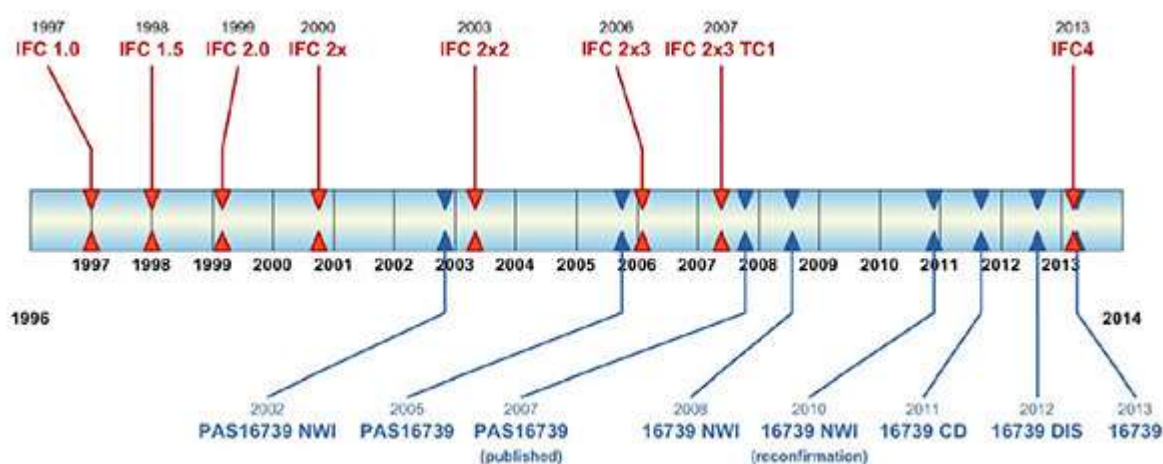
Segundo Manzione (2013), esses softwares possuem estruturas internas de dados em “formato proprietário”, ou seja, o compartilhamento de informações entre si não funciona, a não ser que exista um tradutor para isso.

Eastman *Et al.* (2008) explicam que para criar um grande conjunto de dados consistentes foi desenvolvido o IFC de forma também a representar um modelo de dados de um edifício, com o objetivo de possibilitar e permitir a troca de informações entre os diferentes desenvolvedores de software para Arquitetura Engenharia e Construção.

Em 1994 iniciou-se o desenvolvimento do IFC, e é um formato que está em constante evolução. A versão do IFC mais utilizada atualmente é o IFC4, que foi lançada em 2013. Atualmente é a versão que está homologada para a maioria dos softwares BIM. Outras, versões mais atualizadas já foram lançadas é o IFC4 Add1 e IFC4 Add2 lançados em 2015 e 2016, respectivamente (CBIC, 2016).

A linha do tempo do desenvolvimento do IFC até a versão IFC 4 pode ser visualizada na Figura 11. O IFC está sendo desenvolvido desde 1997, quando foi lançada a versão 1.0, e após sucessivas e regulares atualizações encontra-se hoje na versão Ifc Alignment (BUILDINGSMART, 2018), primeira entidade voltado para infraestrutura.

Figura 11 - Linha do tempo do desenvolvimento do IFC



Fonte: adaptado de buildingSMART (2014).

As diferentes versões do IFC: IFC 1.5.1; IFC 2x (2000); IFC 2x-add1 (2001); IFC 2x2-add1 (2004); IFC2x3 (2006); IFC2x3-TC1 (2007); IFC2x4 alpha (2008); IFC2x4 beta1 e beta 2 (2009). O modelo do IFC2x3 que agrega entidades que contém sistemas de informações geográficas (Geographic Information System – GIS) (ANDRADE, RUSCHEL 2009).

A ISO-PAS-16739 (2005) é o registro oficial do IFC pela *International Organization for Standardization* (ISO). Para cada implementação de troca são necessários seguir os requisitos de troca exigidos pelo IFC. Esses requisitos são utilizados para especificar qual informação é pertinente em uma troca de dados em cada estágio de um projeto, preventivo com as incertezas. A *buildingSMART* (2012) coordena o desenvolvimento atual do modelo IFC e a responsabilidade está sob o *Model Support Group*.

Através do processo de *Model View Definitions* (MVD) e com intermédio do IFC, é possível criar as “vistas de informação”, ou subconjuntos de dados, apenas com os dados necessários para determinado domínio.

De acordo com Kiviniemi *Et al.* (2008), o uso de padrões IFC atende a requisitos de determinadas tarefas, deixando, contudo, que muitas tarefas não sejam suportadas utilizando esse formato. Isso implica em um obstáculo para a adoção do IFC comprometendo a robustez na interface disponível nos softwares, tornando isso um impasse no amplo e voluntário uso do IFC como protocolo preferido para troca de dados.

Está sendo desenvolvido pela *buildingSMART* um roteiro técnico (Anexo 1), para otimizar a interoperabilidade de forma escalonável para padrões de dados, ferramentas e tecnologias subjacentes, onde a solução é tornar o arquivo IFC modular, tornando o mais confiável e permitindo que os desenvolvedores planejem implementações, diminuindo o tempo de lançamentos e disponibilidade nas ferramentas (*buildingSMART*, 2020).

Existe um processo de certificação fornecido pela *buildingSMART*, para as aplicações que sejam compatíveis com IFC e estão disponíveis para as empresas de software desenvolverem exportações de dados no formato, por ser um formato de dados neutro e aberto. São aproximadamente 150 softwares certificados como compatíveis com IFC.

4 METODOLOGIA

O foco deste trabalho é contribuir para que pessoas do setor AECO tenham o conhecimento dos principais softwares utilizados no mercado que fazem parte do BIM e como se dá a interoperabilidade entre eles, apresentando assim suas características, funcionalidades, entregáveis e a aderência aos requisitos apontados por Eastman *Et al.* (2014) de interfaces de visualização, geração de desenhos, desenvolvimento de objetos paramétricos personalizados, escalabilidade, interoperabilidade, extensibilidade, modelagem de superfície curvas complexas e ambiente multiusuários. Desta maneira foram realizadas pesquisas com características exploratória e explicativa.

4.1 Pesquisa Exploratória

A pesquisa exploratória tem como objetivo proporcionar familiaridade com o assunto em questão (explicitá-lo), proporcionar e por meio do estudo de campo gerar uma hipótese. Envolvendo o levantamento bibliográfico e documental, entrevistas não padronizadas com pessoas experientes e estudos de caso, assumindo a forma de pesquisa bibliográfica (GIL, 2002).

Lakatos & Marconi (2001) ressaltam que a hipótese de trabalho usada nos estudos de caráter exploratório ou descritivo, onde é dispensável sua explicitação formal – é necessária para que a pesquisa apresente resultados úteis, ou seja, atinja níveis de interpretação mais altos.

Segundo Mattar (2001), os métodos utilizados pela pesquisa exploratória são amplos e versáteis. Os métodos empregados compreendem: levantamentos em fontes secundárias, levantamentos de experiências, estudos de casos selecionados e observação informal

A Figura 12 representa as etapas da pesquisa exploratória:

Figura 12 - Etapas da pesquisa exploratória



Fonte: elaborado pela autora

4.1.1 Pesquisa de Campo

A realização da pesquisa de campo ocorreu para que fosse possível identificar quais os softwares são comumente utilizados no mercado brasileiro de desenvolvimento de projetos da construção civil, baseou-se no conteúdo disponíveis em fóruns, *feedback* de usuários, blogs de engenharia e BIM, foram utilizados também os softwares apontados no livro Manual de BIM de Eastman, et al (2014).

As entrevistas realizadas com pessoas que tiveram experiências práticas com os softwares foram usadas para comparar o grau de complexidade ou facilidade ao desenvolver projetos utilizando determinado software.

Quanto aos procedimentos técnicos o levantamento: é a interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer. Procede-se à solicitação de informações a um grupo significativo de pessoas acerca do problema estudado para, em seguida, mediante análise quantitativa, obterem-se as conclusões correspondentes aos dados coletados. Quanto o levantamento recolhe informações de todos os integrantes do universo pesquisado, tem-se um censo. (GIL, 2008)

A partir desse censo foi possível definir qual o grau em uma escala entre baixa, média e alta complexidade ou facilidade na utilização dos softwares em estudo para cada requisito elencado por Eastman, *Et al* (2014).

Com a pesquisa de campo foi possível procura o aprofundamento de uma realidade específica. É basicamente realizada por meio da observação direta das

atividades do grupo estudado e de entrevistas com informantes para captar as explicações e interpretações do ocorrem naquela realidade. (GIL, 2008)

4.1.2 Revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica teve como foco apresentar como é o desenvolvimento de projetos, e quais os benefícios e etapas esperadas quando se faz a escolha de implementação do conceito BIM.

Segundo Gil (2008) a Pesquisa Bibliográfica: é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos.

4.2 Pesquisa Explicativa

A pesquisa explicativa envolve exploração, descrição e correlação ou associação a fim de proporcionar o entendimento dos softwares.

Para Lakatos & Marconi (2001), este tipo de pesquisa visa estabelecer relações de causa-efeito por meio da manipulação direta das variáveis relativas ao objeto de estudo, buscando identificar as causas do fenômeno.

A

Figura 13 representa as etapas da pesquisa explicativa.

Figura 13 - Etapas da pesquisa explicativa



Fonte: elaborado pela autora

4.2.1 Caracterização dos Softwares

Após a seleção de softwares, foi organizado as informações pertinentes a cada um em uma Matriz de Softwares colocando as seguintes informações: disciplina de projeto (arquitetura, estrutura, elétrica, hidráulica, compatibilização e cronograma de obras), desenvolvedor, descrição, extensão de exportação e importação, pontos fortes e pontos fracos.

4.2.2 Análise de softwares e aderência aos requisitos BIM

A análise da capacidade dos softwares BIM foram retirados do livro Manual de BIM de Eastman, et al (2014) a partir disso foram realizadas análises comparativas com base na experiência de usuários para que fosse possível estabelecer os níveis de complexidade e facilidade, sendo os requisitos: complexidade interface do usuário, complexidade geração de desenhos, facilidade de desenvolver objetos paramétricos personalizados, escalabilidade, interoperabilidade, extensibilidade, modelagem de superfície curvas complexas, ambiente multiusuários.

Nesta seção foram descritos as etapas e característica metodológica no desenvolvimento da dissertação, a seguir serão apresentados os resultados da pesquisa.

5 RESULTADOS OBTIDOS

Diante da diversidade de softwares que o mercado oferece foi realizada uma análise de 22 softwares, considerando as disciplinas de arquitetura, estrutura, hidráulica, elétrica e softwares de compatibilização e cronograma de obra, identificando e expondo o que cada um oferece de entregável e quais suas características e a percepção a partir da sua utilização, foram também analisados a aderência de cada softwares aos parâmetros apontados por Eastman, *Et. al* (2014), em seu livro Manual de BIM.

Os dados foram organizados em duas Tabelas: Matriz de Softwares (Tabela 1) e Análise de softwares e aderência aos requisitos BIM (Tabela 2), possibilitando de maneira sintetizada uma visão geral dos diversos softwares e suas funcionalidades.

Considerando a finalidade que cada software se propõe a entregar, observa-se as seguintes características:

Quanto à arquitetura:

ArchiCAD, Revit Architecture, Vectorworks Architect possuem uma interface de baixa complexidade para os usuários e o Bentley Architecture tem alta, todos tem baixa complexidade para a geração de desenhos, no quesito de desenvolvimento de objetos paramétricos ArchiCAD, Revit Architecture, Vectorworks Architect possuem uma facilidade mediana e utilizando o Bentley Architecture é alta facilidade. O Bentley Architecture, Vectorworks Architect são mais utilizados em projetos de alta escala e o ArchiCAD, Revit Architecture, Vectorworks Architect para média escala. A modelagem de superfície curvas complexas no ArchiCAD, Bentley Architecture, Vectorworks Architect é realizada facilmente com diversos recursos e no Revit Architecture o grau de dificuldade é maior e com menos recursos.

Quanto à estrutura:

Eberick possui uma interface de baixa complexidade para os usuários, Robot mediana e Tekla Structures, TQS tem alta. Tekla Structures, TQS, Eberick tem baixa complexidade para a geração de desenhos e Robot Média, no quesito de desenvolvimento de objetos paramétricos todos possuem alta facilidade. Tekla Structures, TQS, Eberick são mais utilizados em projetos de alta escala e o Robot,

apresenta alguns problemas no desenvolvimento de projetos muito grandes devido à alta demanda que seu sistema utiliza, portanto, foi classificado como média escala. A modelagem de superfície curvas complexas no Tekla Structures, TQS, Eberick é realizada facilmente com diversos recursos e no Robot o grau de dificuldade é mediana.

TQS e Eberick são mais utilizados no Brasil por disponibilizarem as normas vigentes, no desenvolvimento de projetos.

Quanto à elétrica:

A maior diferença entre os dois softwares da disciplina elétrica é que o Revit MEP faz apenas a modelagem do sistema elétrico e o Qi Elétrico faz o dimensionamento desse sistema elétrico fornecendo informações de projetos relevantes como quadro de cargas, no quesito de interface do usuário os dois apresentam baixa complexidade, para a geração de desenhos Revit MEP tem uma complexidade mediana e o Qi Elétrico Baixa, porém muitos usuários finalizam as pranchas utilizando o AutoCAD, no parâmetro de desenvolvimento de objetos paramétricos ambos possuem uma alta facilidade. O Qi elétrico realiza projetos de alta escala e o Revit MEP para média escala.

Outro diferencial do Qi elétrico é a possibilidade de desenvolvimento de projetos com base nas Normas Brasileiras.

Quanto à hidráulica:

CypeCAD MEP, PRO Hidráulica possuem uma interface de média complexidade para os usuários e o Qi Hidrossanitário tem baixa. No quesito de complexidade para a geração de desenhos CypeCAD MEP, PRO Hidráulica, são mais simples comparado ao Qi Hidrossanitário, onde os usuários finalizam as pranchas no AutoCAD. Ambos possuem alta facilidade no desenvolvimento de objetos paramétricos. O CypeCAD MEP, é mais utilizado em projetos de alta escala e PRO Hidráulica e Qi Hidrossanitário em projetos de média escala. PRO Hidráulica e Qi Hidrossanitário não possuem ambiente multiusuário e o CypeCAD MEP possui.

Todos possuem desenvolvimento de projetos adequados as Normas Brasileiras.

Quanto à compatibilização:

O Solibri apresenta um sistema de regras bastante completo, que permite vários tipos de condicionamentos distintos, diferentemente do Navisworks, que possui um sistema de regras mais simplificado. Ambos os softwares possuem ferramentas que auxiliam na visualização, como caminhamento em primeira e terceira pessoa, caixas de corte e filtros, variando apenas em uma coisa ou outra.

O Navisworks permite a geração de um relatório em formato html que pode ser acessado por qualquer navegador de internet, porém, não mantém um registro automático das correções e não atribui automaticamente as responsabilidades para cada membro.

Com a utilização de um ambiente chamando de BIM Collab o software Solibri integra todo tipo de ocorrência e as suas respectivas responsabilidades e possui plugins para os softwares BIM mais utilizados (Revit, Archicad, Cypecad) que permitem que as solicitações de alterações sejam visualizadas e atendidas no próprio programa, facilitando o processo.

Quanto ao Cronograma de Obra:

Vico, Synchro, possuem uma interface de alta complexidade para os usuários, o Primavera média e Project baixa isso se deve por pertencer ao desenvolvedor Microsoft e possuir interface semelhante ao Excel.

Primavera, Vico, Synchro, ambos possuem ambiente multiusuário podem assim ser definido qual os níveis que cada usuários tem liberdade de alterações e preenchimento de dados, o Project não possui essa ferramenta. O Project e Primavera são mais comuns por usuários no Brasil.

A seguir estão as Tabelas de Matriz de Softwares e Análise de softwares com aderência ao BIM:

Tabela 1 - Matriz de Softwares

Disciplina	Software	Desenvolvedor	Descrição	Exportação / importação	Pontos Fortes	Pontos Fracos	Link ¹
Arquitetura	ArchiCAD	Graphisoft	É a mais antiga ferramenta BIM de projeto de arquitetura continuamente no mercado. Único sistema de CAD para arquitetura orientado a modelos e objetos que roda no Apple Macintosh. Seus objetos paramétricos usam a linguagem script GDL, baseada em construções CGS e sintaxe semelhante ao Basic.	Suporta interfaces direta com Maxon, ArchiFM e o Sketchup. Na área de energia e sustentabilidade sua interface é com gbXML, Ecotect, Energy+, ARCHIPHISIK e RIUSKA.	• Interface intuitiva e simples de usar. • Grande biblioteca de objetos; • Rico conjunto de aplicações de suporte em construção e gerenciamento de <i>facilities</i>; • Único produto BIM forte disponível para Macs;	• Limitação em capacidade de modelagem paramétrica; • Não suporta regras de atualização entre objetos em uma montagem ou aplicação de operações booleanas entre objetos; • É um sistema baseado em memória, podendo ser encontrados problemas com projetos grandes, como resolução criaram um modo efetivo de gerenciar tais problemas, podendo repartir determinado projeto em módulos;	Manual de BIM pág. 59 y22loekt y6ve6fv9
Arquitetura	Bentley Architecture	Bentley Systems	Possui produtos integrados: Bentley Structure, Bentley Building Mechanical Systems, Bentley Building Electrical Systems, Bentley Facilities, Bentley PowerCivil, Bentley Generative Components. Os arquivos gerados em ações, através desse sistema resultam com uma menor carga de memória. Sistema de arquivos com diversas aplicações por <i>softwares</i> de terceiros.	DGN, DWG, DXF, PDF, STEP, IGES, STL, IFC.	• Ampla faixa de ferramentas de modelagem da construção; • Suporte para modelagem de superfície curvas; • Múltiplos níveis de suporte para desenvolvimento de projetos paramétricos personalizados; • Fornece suporte escalável para grandes empreendimentos com diversos objetos;	• Interface de usuário grande e não integrada sendo difícil de aprender e navegar; • Módulos heterogêneos de funcionamento no comportamento dos objetos dificultam o aprendizado; • Biblioteca de produtos reduzida; • Integração deficiente de suas várias aplicações;	Manual de BIM pág. 58 y3aro9of y6ve6fv9
Arquitetura	Revit Architecture	Autodesk	Faz parte de uma família de produtos integrada com Structure, MEP, interface com gbXML para simulação de energia e análise de cargas, interface com Robot e Risa de análises estruturais e consegue importar modelo do SketchUp e com sistemas que exportam arquivos DXF.	DGN, DWG, DWF, DXF, IFC, SAT, SKP, AVI, ODBC, D5:D7gbXML, BMP, JPG, TGA, TIF.	• Interface bem projetada e funcional; • Vasta biblioteca desenvolvida por terceiros; • Suporte bidirecional a desenhos possibilita geração e o gerenciamento de informações com base em atualizações tanto no desenho quando nos modelos de vistas; • Suporte de operações simultâneas • Biblioteca de objetos com interface de multiusuários	• Sistema Baseado em memória portanto para modelos mais robustos ocorre lentidão ao utilizar; • Limitações em regras paramétricas que se relacionam com ângulos; • Limitação para suporte em projetos que possuem superfícies curvas complexas; • Suporte apenas para Windows;	Manual de BIM pág. 57 e 58 y4gs3njj y6ve6fv9

¹ Nota: para acesso aos Links, adicione <http://tinyurl.com/> na frente de cada linha de código. Exemplo (<http://tinyurl.com/y2sjlg9>).

(continuação) Tabela 1 - Matriz de *Softwares*

Disciplina	Software	Desenvolvedor	Descrição	Exportação / importação	Pontos Fortes	Pontos Fracos	Link ¹
Arquitetura	Vectorworks Architect	Nemetschek North America	Oferece aos profissionais uma solução completa para projetar, modelar, compartilhar e documentar projetos, ferramentas que aumentam seu fluxo de trabalho criativo, da conceitualização ao processo de construção real.	IFC, DXF/DWG (desde a versão 2.5 até à versão 2019), PDF, EPSF, JPEG, PNG, EPIX, PSD, TIFF, 3DS e importação de ficheiros SketchUp	• projeto conceitual aos modelos BIM totalmente coordenados e aos documentos de construção • flexibilidade necessária para projetar qualquer coisa que possa imaginar • fácil aprendizagem • módulo de paisagismo e planejamento urbano notável • suporta a importação e exportação do Rhino ou SketchUp	• Pouco utilizado por empresas no Brasil; • Falhas na sincronização de arquivos em nuvem, ocasionando retrabalho; • Preço elevado com atualizações anuais que adicionam poucas ferramentas;	ydimw99q y7xomyp yacdbtv6 y7dyvdf
Estrutura	Eberick	AltoQi	O Eberick possui recursos BIM de modelagem, realiza a análise da estrutura, o dimensionamento das peças estruturais, a compatibilização com as demais disciplinas de projeto e a geração das pranchas finais contendo detalhamentos das armaduras, planta de formas e demais desenhos do projeto	DWG, DXF, IFC, DXF 3D, OBJ 3D, STL 3D, BMP	• O Eberick conta com recursos BIM de ponta e integra todas as soluções: modelagem, análise, dimensionamento normativo e compatibilização, em uma plataforma única. • Possui fácil manuseio e gera detalhamentos de elevada qualidade.	• Não abrange o fluxo completo de estruturas metálicas; • Não possui solução nativa de protendidas.	y64h4jl9 yy2tzx9l y6ve6fv9
Estrutura	Robot Structural Analysis Professional	Autodesk	O usuário pode analisar os vários tipos de estruturas existentes, tais como edifícios, pontes, estruturas, em projetos de engenharia civil e estruturas especiais, calcula uma variedade de estruturas com uma compreensível biblioteca de códigos de desenho, atingindo resultados em minutos e não em horas.	RTD, DGN, DWG, DWF, DXF, IFC, SAT, SKP, AVI, ODBC, D5:D7gbXML, BMP, JPG, TGA, TIF.	• "fluxo de trabalho facilitado" pela integração com REVIT, permitindo maior colaboração com Arquitetos e Engenheiros (de instalações), sem gerar retrabalho; • Análise Estrutural de edificações e diversos tipos de estrutura; • leque de tópicos abordados em fóruns na língua Inglesa; • integração com o Microsoft Excel através de plugins nativos	• NBR não vem inserida no RSA, usa o EUROCODE como forma mais similar de análise; • Não é possível configurar completamente os aspectos exigidos pela norma;	y9szleyl yd7lg4a9

¹ Nota: para acesso aos Links, adicione <http://tinyurl.com/> na frente de cada linha de código. Exemplo (<http://tinyurl.com/y2sjlg9>).

(continuação) Tabela 1 - Matriz de *Softwares*

Disciplina	Software	Desenvolvedora	Descrição	Exportação / importação	Pontos Fortes	Pontos Fracos	Link ¹
Estrutura	Tekla Structures	Tekla	Desenvolvido pela Tekla Corp. suporte para desenvolvimento de aço, concreto pré-moldado, madeira, concreto armado e para engenharia estrutural.	IFC, DWG, CIS/2, DTSV, SDNF, DGN, DXF.	• Versátil para modelar estruturas de diversos materiais e detalhes • Suporte para modelos grandes; • Operação simultânea em um mesmo projeto por diferentes usuários; • Suporta bibliotecas de componentes parametrizados complexos com ou sem programação;	• Funcionalidade complexas para o aprendizado; • Não possui a capacidade de importar superfícies multicurvas; • Custo elevado;	Manual de BIM pag.61 e 62. yxrkk2bw y4f566eu y6ve6fv9
Estrutura	TQS	TQS Informática	O TQS é um <i>software</i> destinado à elaboração de projetos estruturais de edificações de concreto armado. É composto por um conjunto de sistemas que, de forma totalmente integrada e automatizada, fornecem recursos necessários para a concepção estrutural, análise estrutural, geração de desenhos até a emissão de plantas.	DWG, DXF, TQR, RTQ, E3X, IFC, PDF e DWF	• Capaz de calcular e detalhar pilares esbeltos; • Tem como diferencial o sistema de interação solo-estrutura; • Dimensionamento e detalhamento de armaduras; • Pré-configurado de acordo com as NBRs.	• Não abrange o fluxo completo de projetos de estruturas metálicas; • Sistema de plantas de forma sem automatização de posição de textos e cotas; • Usabilidade complexa; • Complexidade ao inserir esforços externos de carga de vento; • Modelagem é feita em planos até a versão 2019.	y96h6eyr yd8zv9p8 ydaw2ogf y6ve6fv9
Elétrica	Revit MEP	Autodesk	O Revit MEP compoe o <i>software</i> Revit que é multidisciplinar com conjuntos de ferramentas para projeto de arquitetura, MEP e engenharia estrutural. Possibilita a modelagem de sistemas hidráulicos, elétricos e AVAC.	DGN, DWG, DWF, DXF, IFC, SAT, SKP, AVI, ODBC, D5:D7gbXML, BMP, JPG, TGA, TIF.	• Visualização 3D de alta qualidade, detalhamentos realistas e alta aceitação no mercado.	• Faz apenas a modelagem; não possui sistemas de cálculo e análise; • Não considera as normas brasileiras; • Remodelagem trabalhosa; • Possui usabilidade considerada complexa, especialmente para projetistas com pouca afinidade tecnológica.	yy23h2h6 y25o6l2k

¹ Nota: para acesso aos Links, adicione <http://tinyurl.com/> na frente de cada linha de código. Exemplo (<http://tinyurl.com/y2sjlg9>).

(continuação) Tabela 1 - Matriz de *Softwares*

Disciplina	Software	Desenvolvedora	Descrição	Exportação / importação	Pontos Fortes	Pontos Fracos	Link ¹
Elétrica	Qi elétrico	AltoQi	Software de dimensionamento de projetos de instalações elétricas prediais de baixa tensão.	Q3D, IFC, OBJ, STL, DXF (3D), PNG (2D), JPG (2D) e BMP (2D).	• Dimensionamento conforme as normas brasileiras. • Ferramentas de Lançamento manual ou automatizado dos pontos elétricos, comandos e quadros, dos condutos e definição automática da fiação; • dimensiona os circuitos e detalhamento do projeto, com geração automática dos quadros de cargas, diagramas unifilares, listas de materiais, entre outros detalhes executivos	• Dificil adaptar alguns lançamentos de fiação; • Ajuste dos projetos em folhas é limitado (muitos projetistas usam o AutoCAD para finalizar).	y8fhklwv y25o6l2k
Hidráulica	CypeCAD MEP	Cype	É um programa que permite realizar o dimensionamento de redes de abastecimento de água potável. Está integrado no fluxo de trabalho Open BIM, através da importação de ficheiros no formato IFC que contém informação de um modelo BIM definido previamente	DXF, DWG ou DWF, IFC, TXT, HTML, WORD, PDF, Importa e exporta modelos geométricos a partir de arquivos em formato IFC4 gerados por programas CAD/BIM como IFC Builder, Allplan, Archicad ou Revit.	diversas normas predefinidas NBR 5626 NBR 7198 NBR 8160:1999 NBR 10844:1989	• Necessidade de plugins complementares para desenvolver dimensionamentos específicos	ybm7ozeg y68ykryh y6t8tuph
Hidráulica	PRO Hidráulica	Multiplus	Um software para projetos de instalações hidráulicas e sanitárias: água quente e fria, esgoto, bomba de recalque, águas pluviais, fossas sépticas, gás natural e GLP. O programa possui sistema integrado CAD e CAE, no qual os objetos gráficos são representados por tubos e conexões.	IFC, O PRO-Hidráulica opera a partir de uma base CAD (CADMultiplus, AutoCAD, GStarCAD, ZWCAD ou BricsCAD)	• Adequado As Normas Brasileiras; • Dimensionamento; • Detalhamento; • Incêndio.	• Módulo Opcional para exportação em BIM/IFC a partir da versão 16;	yy9329db y5bfg3s2 y4g6esyb

¹ Nota: para acesso aos Links, adicione <http://tinyurl.com/> na frente de cada linha de código. Exemplo (<http://tinyurl.com/y2sjlg9>).

(continuação) Tabela 1 - Matriz de *Softwares*

Disciplina	Software	Desenvolvedora	Descrição	Exportação / importação	Pontos Fortes	Pontos Fracos	Link ¹
Hidráulica	Qi Hidrossanitário	AltoQi	Programa da AltoQi para projetos de instalações hidrossanitárias prediais, com ferramentas para lançamento automatizado da tubulação, tornando os projetos mais rápidos e precisos. Os projetos hidráulicos e sanitários são tratados como referências externas, possibilitando ao usuário a visualização das interferências entre si.	Q3D, IFC, OBJ, STL, DXF (3D), PNG (2D), JPG (2D) e BMP (2D).	• Com aplicação de Normas como NBR 5626, NBR 7198, NBR 8160; • Solução completa e integrada; • baixa curva de aprendizagem;	• Não possui aplicação completa para projetos industriais.	yx8kvyc8
Compatibilização	Navisworks	Autodesk	Ferramentas de detecção de conflitos, coordenação avançada, análise 5D e simulação. Navisworks é um <i>software</i> de revisão e gerenciamento de projetos para profissionais e equipes da AEC. Ele oferece uma revisão holística de modelos e dados integrados que envolvem as partes interessadas durante a fase de pré-construção para melhor controle das conclusões do projeto.	Leitor de arquivos IFC e DGN	• Integração com BIM 360 Glue; • Visualizações compartilhadas do BIM 360; • Coordenação BIM; • Revisão do Modelo • Simulação e Análise de Modelos Visualização do projeto; • Quantificação; • <i>Softwares</i> de programação de projeto Project Primavera	• Complexidade na geração de simulação de construção; • Possui um sistema de regras mais simplificado • Relatórios, sem um registro automático das correlações de compatibilização; • Não atribui responsabilidades membros da equipe de acordo com as interferências e soluções.	yxhuoskp y37x9qv4 y7wtn6mp y37x9qv4 y7wtn6mp
Compatibilização	Solibri	Nemetschek	Um <i>software</i> de análise de modelo BIM, onde busca verificar a integridade dos modelos, qualidade, aderência as várias regras/parâmetros do projeto e consistência da informação "dados". O pacote completo do Solibri oferece não apenas todos os recursos de classe mundial de garantia de qualidade, coordenação de questões e retirada de informações, mas também a possibilidade de automatizar sua verificação e dimensionar o número de usuários, conforme necessário.	Leitor de arquivos IFC, BCF	• Agilidade na extração de dados; • Possibilidades de verificação do projeto como Código de Obras, Rota de Fuga, Bombeiro, Normas como Acessibilidade, Plano Diretor, Normas de Segurança do Trabalho entre diversos outros; • Apresenta um sistema de regras bastante completo, que permite vários tipos de condicionamentos distintos; • Utiliza um ambiente chamado de BIM Collab, que integra todo tipo de ocorrência e as suas respectivas responsabilidades apresenta um sistema de regras bastante completo, que permite vários tipos de condicionamentos distintos	• Trabalha exclusivamente com formato IFC, BCF; • Não faz exportação em HTML	y3zc6buw y37x9qv4

¹ Nota: para acesso aos Links, adicione <http://tinyurl.com/> na frente de cada linha de código. Exemplo (<http://tinyurl.com/y2sjlg9>).

(continuação) Tabela 1 - Matriz de *Softwares*

Disciplina	Software	Desenvolvedora	Descrição	Exportação/ importação	Pontos Fortes	Pontos Fracos	Link ¹
Cronograma de Obra	Project	Microsoft	Microsoft Project é um <i>software</i> de gestão de projetos (ou gerência de projeto) produzido pela Microsoft. No geral, baseia-se no modelo diagrama de rede, utiliza tabelas no processo de entrada de dados, permite uso de subprojetos, possui recursos para agrupar, filtrar e classificar tarefas; possui um conjunto padrão de relatórios e os usuários podem criar seus próprios relatórios, permite definição de “semana de trabalho”, etc.	Office 365, suplementos do office, Power BI Pro, One Drive, Skype	• Relatórios gerados rapidamente. • Boa compatibilidade com outros programas da Microsoft • apelando exibição visual e de fácil utilização Interface: Muitas vezes, menos treinamento é necessário para operar o programa.	• Não permite Múltiplos Acesso de Usuário; • Não tem um banco de dados centralizado; • Não permite-lhe atribuir diferentes níveis de autoridade para diferentes usuário; • A incapacidade de acompanhar as questões de projeto e riscos ; • Não há maneira de converter informações diretamente para HTML; • menos versatilidade e a comunicação eficiente e preciso ou gravação de informações difícil; • Não permitindo atualizações simultâneas para o mesmo recurso sobre diferentes cronogramas de construção.	ycans3me y6kwghl ya68esb3
Cronograma de Obra	Primavera P6	Oracle	Gerenciador de projetos de quaisquer dimensões: uma solução baseada na nuvem, para priorizar, planejar, gerenciar e executar projetos, programas e portfólios globalmente.	HTML, Oracle E-Business Suite, Oracle business intelligence, Soluções ERP	• Múltiplos Acesso de Usuário; • Diferentes níveis de autoridade pode ser atribuído a diferentes usuários em Primavera para fins de organização e segurança; • Rastreamento de problemas do projeto e Riscos; • Vários agendamentos: Primavera permite que vários programas de construção de nível de projeto a ser abertas simultaneamente para análise em nível de programa; • Planos, documentos e outras informações podem ser convertidos em HTML; • Gera um documento de atividades, recursos, relatórios, riscos, questões, WBS, e tudo o que foi digitado; • permite rastreamento de múltiplos projetos, projeto múltiplo ou comparações WBS, e os custos e cálculos de unidades. • Capacidade de adicionar despesas do projeto: Além dos custos, nas despesas do projeto, tais como formação, viagens, etc;	• Alto nível de treinamento pode ser necessário: para se familiarizar com a maior variedade de opções disponíveis na Primavera. • A comunicação com os programas da Microsoft não como Seamless: Enquanto Primavera tem a capacidade de se comunicar com a suite Microsoft de programas, talvez não seja tão simples no processo de importação / exportação.	ycans3me y6lygjn

¹ Nota: para acesso aos Links, adicione <http://tinyurl.com/> na frente de cada linha de código. Exemplo (<http://tinyurl.com/y2sjlg9>).

(continuação) Tabela 1 - Matriz de *Softwares*

Disciplina	Software	Desenvolvedora	Descrição	Exportação/ importação	Pontos Fortes	Pontos Fracos	Link ¹
Cronograma de Obra	Vico Office	ndBIM	O <i>software</i> oferece soluções inovadoras para visualizar, analisar e otimizar projetos de construção, de forma integrada.	Leitor de arquivos PLN (Archicad) RVT (Revit), DB1 (Tekla) e IFC	• Suporte direto de arquivos com Autodesk Revit 2018 e 2019 (Arquitetura, MEP e Estrutura), Tekla Structures 2017, 2017i e 2018 e ArchiCAD 20 e 21; • Baseado no método de Linha de Balanço, que pode ser gerada, através da importação de um cronograma do MS-Project	• Pouco utilizado no Brasil; • O Bentley não é suportado no VICO R6.1 e posteriores. (Para continuar a usar este editor, deverá usar VICO R6 ou anterior); • Não permite a integração direta com Primavera nem o trabalho em rede, não sendo possível compartilhar o projeto entre uma equipe pela rede; • Limita de certa forma a construção de modelos 4D de grandes dimensões.	y3jwut2
Cronograma de Obra	Synchro	Bentley Systems	Synchro é uma ferramenta que torna viável a apresentação de desenhos de engenharia em 3D/4D, através de integração entre o planejamento executado no Primavera e os projetos executados em programas CAD 3D, de forma que o projeto possa ser visualizado em tempo real na sua sequência de execução em múltiplas dimensões.	Se integra com mais de 35 tipos de arquivos de CAD 3D e IFC de sistemas como Bentley, Autodesk, CATIA, Solidworks, Intergraph, AVEVA, SketchUp etc	• Plataforma totalmente integrada e completa de planejamento 4D; • Usuário pode usar dependências entre as atividades, restrições e relações lógicas para avaliar rapidamente os pequenos efeitos das mudanças do projeto inteiro; • Sincronização do cronograma com programas de planejamento populares como Primavera P6 e MS Project; • Exportar em múltiplos formatos de arquivos ajustes instantâneos no cronograma • Animação exportada tendo um layout customizado que inclui o diagrama de Gantt e gráficos.	• Interface do <i>software</i> com uma arquitetura da programação complexa; • Exige sistema operacional com placa de vídeo dedicada; • Poucos tutoriais de utilização disponíveis	yxtppu5u yxb45k62 y57ojbzs

¹ Nota: para acesso aos Links, adicione <http://tinyurl.com/> na frente de cada linha de código. Exemplo (<http://tinyurl.com/y2sjlg9>).

(continuação) Tabela 1 - Matriz de *Softwares*

Disciplina	Software	Desenvolvedora	Descrição	Exportação / importação	Pontos Fortes	Ponto Fracos	Link ¹
Extras	Digital Project	Gehry Technologies	É uma adaptação do CATIA da Dassault, uma plataforma de modelagem paramétrica para as indústrias de aeroespacial e automobilística. É necessária uma estação de trabalho robusta, porém consegue trabalhar com grandes projetos.	CIS/2, SDNF, STEP AP203 e AP214, DWG, DXF, VRML, STL, HOOPS, SAT, 3DXML, IGES e HCG. No release 3, ele possui o suporte a IFC.	• Capacidade de modelagem paramétrica poderosa e completas; • Capacidade de modelar diretamente conjuntos grandes e complexos com controle de superfícies e conjuntos; • Baseia-se em modelagem paramétrica 3D para a maior parte dos tipos de detalhamento;	• Curva de aprendizado íngreme; • Interface complexa; • Alto custo inicial; • Bibliotecas de objetos para a construção limitadas; • Bibliotecas de terceiros limitadas; • Os cortes muitas vezes são enviados para outros sistemas para que possam ser completados;	Manual de BIM pag.59 and 60.
Extras	Aplicações de AutoCAD	Autodesk	Utiliza o nome de ADT (Architectural Desktop) é baseado em extensões de sólidos e superfícies para o AutoCAD.	DGN, DWG, DWF, DXF, IFC.	• Fácil Adoção pelos usuários de AutoCAD por utilizar a mesma interface; • Construção sob funcionalidade de desenho 2D;	• Modelos não paramétricos; • Dependência do uso de XREFs; • Necessidade de propagar as modificações manualmente por todo o desenho;	Manual de BIM pag.60 and 61
Extras	Dprofiler	Beck Technologies	Basea -se em uma plataforma de modelagem paramétrica, utilizado para projeção de edifícios que geram rendas como hotéis, edifícios comerciais, escolas, igrejas, entre outros, proporciona projeção do fluxo de caixa econômico	Sketchup, DWG	• Único a criar avaliações econômicas de um empreendimento.	• Não é uma ferramenta BIM de propósito Geral; • Suporte apenas com arquivos DWG 2D;	Manual de BIM pag.62

¹ Nota: para acesso aos Links, adicione <http://tinyurl.com/> na frente de cada linha de código. Exemplo (<http://tinyurl.com/y2sjlg9>).

Tabela 2 - Análise de softwares e aderência aos requisitos BIM

Disciplina	Software	Desenvolvedor	Complexidade de Interface do Usuário	Complexidade e Geração de Desenhos	Facilidade de Desenvolver Objetos Paramétricos Personalizados	Escalabilidade	Interoperabilidade	Extensibilidade	Modelagem de superfície curvas complexas	Ambiente Multiusuários
Arquitetura	ArchiCAD	Graphisoft	Baixa	Baixa	Média	Média	Sim (IFC4)	Sim	Fácil	Sim
	Bentley Architecture	Bentley Systems	Alta	Baixa	Alta	Alta	Sim (IFC4)	Sim	Fácil	Sim
	Revit Architecture	Autodesk	Baixa	Baixa	Média	Baixa/Média	Sim (IFC4)	Sim	Média	Sim
	Vectorworks Architect	Nemetschek North America	Baixa	Baixa	Média	Alta	Sim (IFC4)	Sim	Fácil	Sim
Estrutura	Robot Structural Analysis Professional	Autodesk	Média	Média	Média	Média	Sim (IFC4)	Sim	Média	Sim
	Tekla Structures	Tekla Corp.	Alta	Baixa	Alta	Alta	Sim (IFC4)	Sim	Fácil	Sim
	TQS	TQS Informática	Alta	Baixa	Alta	Alta	Sim (IFC2X3)	Sim	Fácil	Não
	Eberick	AltoQi	Baixa	Baixa	Alta	Alta	Sim (IFC4)	Não	Fácil	Não
Elétrica	Revit MEP	Autodesk	Baixa	Média	Alta	Baixa	Sim (IFC4)	Sim	Não se aplica	Sim
	Qi elétrico	AltoQi	Baixa	Baixa	Alta	Média	Sim (IFC4)	Não	Não se aplica	Não
Hidráulica	Cype PLUMBING	Cype	Média	Baixa	Alta	Alta	Sim (IFC4)	Sim	Não se aplica	Sim
	PRO HIDRÁULICA	Multiplus	Média	Baixa	Alta	Baixa	Sim (IFC4)	Sim	Não se aplica	Não
	Qi Hidrossanitário	AltoQi	Baixa	Média	Alta	Média	Sim (IFC4)	Não	Não se aplica	Não
Compatibilização	Navisworks	Autodesk	Alta	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Sim	Sim	Não se aplica	Sim
	Solibri	NEMETSCHKE	Média	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Sim	Sim	Não se aplica	Sim
Cronograma de Obra	Project	Microsoft	Baixa	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Sim	Sim	Não se aplica	Não
	Primavera P6	Oracle	Média	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Sim	Sim	Não se aplica	Sim
	Vico	ndBIM	Alta	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Sim	Sim	Não se aplica	Sim
	Synchro	Bentley Systems	Alta	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Sim	Sim	Não se aplica	Sim
Extras	Digital Project	Gehry Technologies	Alta	Alta	Alta	Alta	Sim	Sim	Difícil	Sim
	Aplicações de AutoCAD	Autodesk	Baixa	Alta	Média	Baixa	Sim	Limitada	Difícil	Não
	Dprofiler	Beck Technologies	Alta	Baixa (Conceitual)	Alta	Alta	Não	Sim	Não se aplica	Não

Os softwares podem desempenhar as distintas funções de: representação do projeto com um modelo 3D com objetos parametrizados possuindo as informações que o caracterizam e oferecer ao usuário o desenvolvimento do dimensionamento e cálculos dos sistemas pertinentes ao projeto a seguir no Quadro 6 o resumo destes dois entregáveis que os softwares selecionados podem oferecer.

Quadro 6 - Entregável dos Softwares

Disciplina	Software	Desenvolvedora	Modelo 3D	Dimensionamento
Arquitetura	ArchiCAD	Graphisoft	Sim	Sim
	Bentley Architecture	Bentley Systems	Sim	Sim
	Revit Architecture	Autodesk	Sim	Sim
	Vectorworks Architect	Nemetschek North America	Sim	Sim
Estrutura	Robot Structural Analysis Professional	Autodesk	Sim	Sim
	Tekla Structures	Tekla Corp.	Sim	Sim
	TQS	TQS Informática	Sim	Sim
	Eberick	AltoQi	Sim	Sim
Elétrica	Revit MEP	Autodesk	Sim	Não
	Qi elétrico	AltoQi	Sim	Sim
Hidráulica	Cype PLUMBING	Cype	Sim	Sim
	PRO HIDRÁULICA	Multiplus	Sim	Sim
	Qi Hidrossanitário	AltoQi	Sim	Sim

Fonte: elaborado pela autora

6 PROPOSTA DE INTEROPERABILIDADE

No desenvolvimento de elaboração dos projetos em BIM, a utilização de softwares é de extrema importância. No fluxo de trabalho diversos softwares baseados no conceito BIM são utilizados nas diferentes etapas do projeto da edificação: modelagem, análises de interferências, planejamento, orçamento e gerenciamento.

Para que se tenha uma boa interoperabilidade é de fundamental importância a implementação de um padrão de protocolo internacional de trocas de dados nos aplicativos e nos processos do projeto. O principal protocolo usado hoje é o Industry Foundation Classes (IFC), que é um modelo de dados do edifício baseado em objetos, não proprietário.

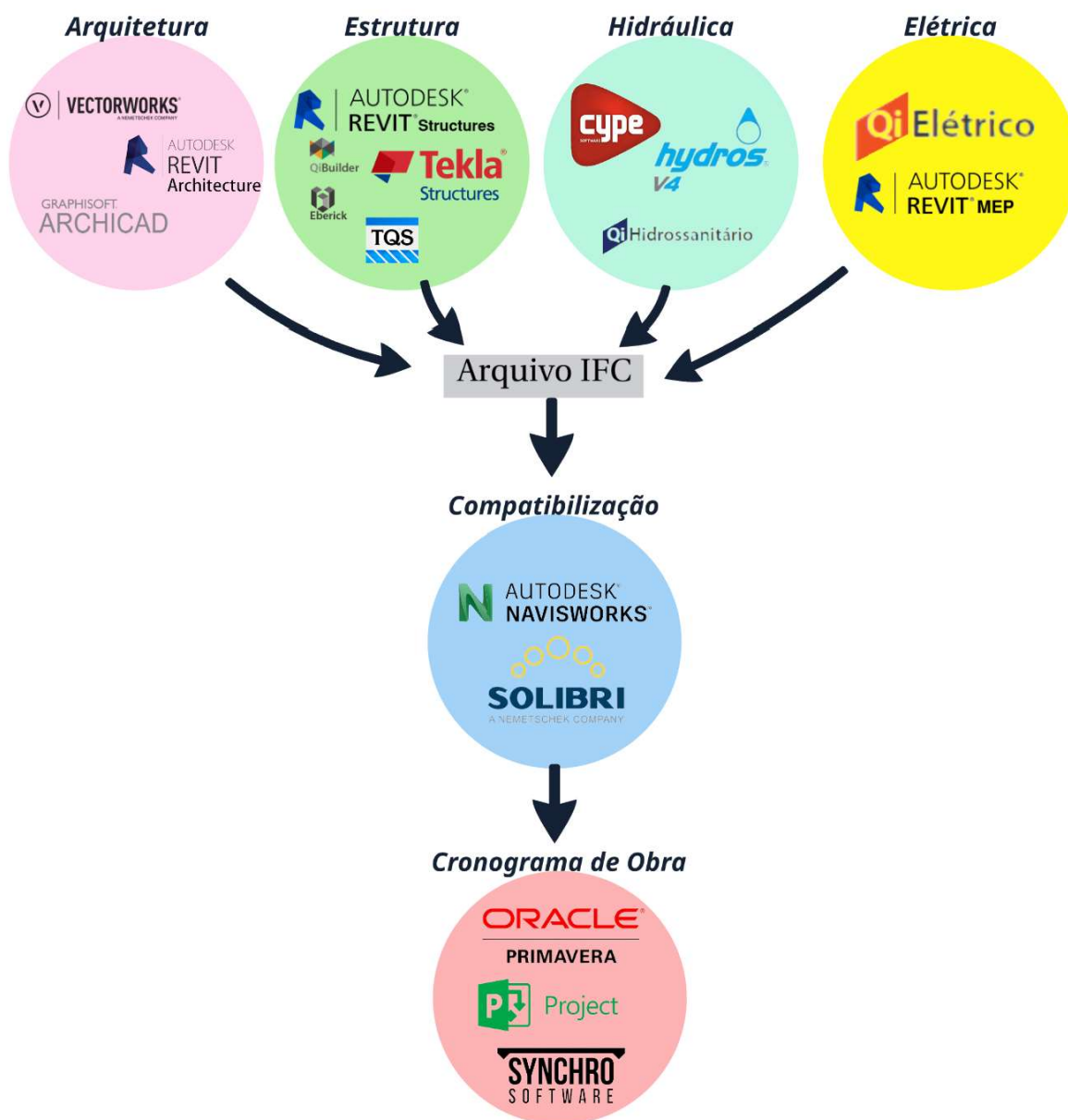
A McGraw Hill Construction (2007) estimou ainda que 3,1% dos custos dos projetos são relacionados apenas com problemas de interoperabilidade entre softwares.

Como resultado dessa análise de softwares apresenta-se uma proposta de interoperabilidade (Figura 14) onde o arquivo em IFC exportado de cada software possibilita que os projetistas, mesmo utilizando softwares de desenvolvedores diferentes e sendo estes específicos de sua disciplina de projeto, a compatibilização 3D na fase de projetos antecipando as tomadas de decisões para que aconteçam antes do início da obra. A versão do arquivo IFC pode ser consultada na Tabela 2.

Por esta razão a interoperabilidade também é vista como um meio que permite a integração na execução do projeto, pois constitui uma implementação para administrar relações colaborativas entre os membros dos vários domínios da construção.

A proposta tem como intenção fazer com que os leitores tenham uma visão macro de como seria o fluxo de informações ao utilizar softwares do conceito BIM.

Figura 14 - Proposta de Interoperabilidade



Fonte: elaborado pela autora

Para a disciplina de arquitetura foi selecionado como possibilidade o desenvolvimento do projeto arquitetônico com o Vectorworks Architect, Revit Architecture ou Archicad e o projeto de estrutura poderia ser desenvolvimento, contemplando a parte de modelagem e os cálculos estruturais os seguintes softwares Tekla Structures, Qibuilder, Eberick, TQS, Revit Structures sendo possível também realizar o detalhamento de projeto.

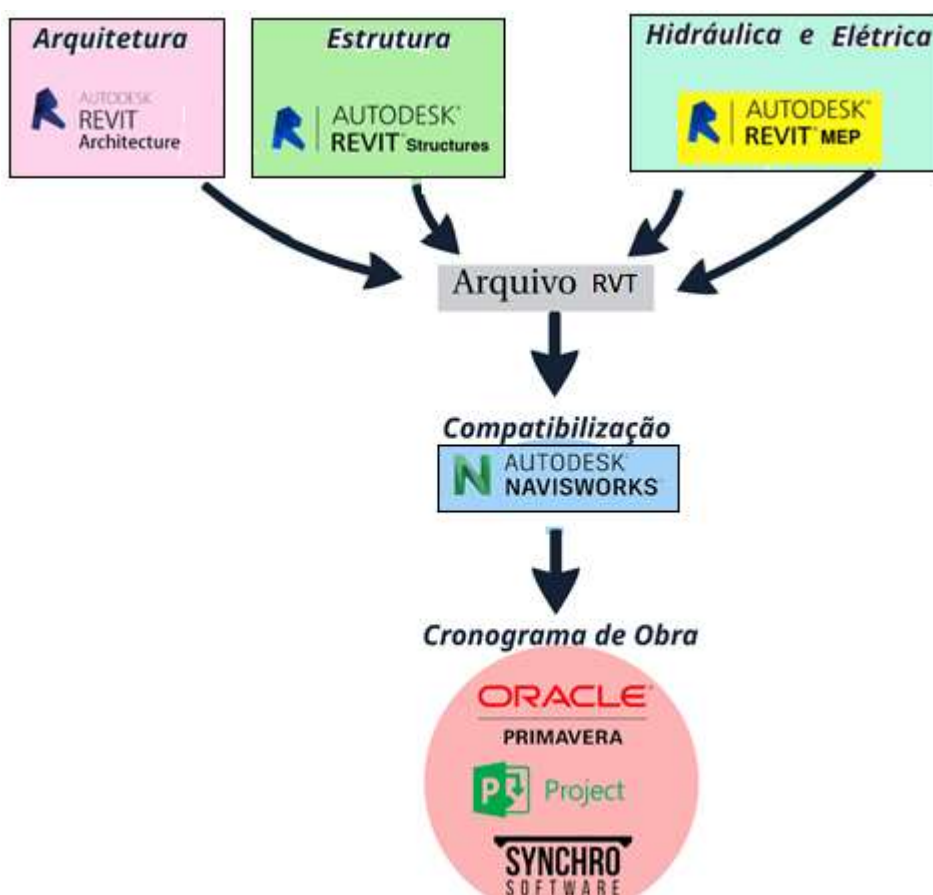
Para o desenvolvimento da disciplina de hidráulica é apresentado os softwares Cype, Hydros e Qihidrossanitário sendo que em todos há a possibilidade de se desenvolver os cálculos de dimensionamento dos sistemas hidráulicos de um projeto.

Os softwares da disciplina de elétrica são Qielétrico sendo este um software de dimensionamento de projeto elétrico com o modelo em 3D e o Revit MEP pode ser usado quando a intenção é a obtenção de um modelo 3D parametrizado e o dimensionamento deve ser calculado a parte.

A partir dos modelos gerados nos softwares das disciplinas de arquitetura, estrutura, hidráulica e elétrica é realizado a exportação do arquivo em IFC de cada disciplina de projeto e as análises ocorrem em softwares de compatibilização como o Solibri ou Navisworks e em complemento ao planejamento da obra os softwares que oferecem ferramentas para o cronograma de obra são Primavera, Synchro e o MS Project.

Com a possibilidade de desenvolvimento dos projetos utilizando uma única desenvolvedora como o exemplo da Figura 15 a extensão do arquivo utilizado para a compatibilização é o .RVT sendo próprio da Autodesk sendo assim é possível a interoperabilidade através de arquivos proprietários.

Figura 15 - Interoperabilidade por arquivo Proprietário



Fonte: elaborado pela autora

7 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

A utilização de modelagem da informação da construção (BIM) resolve problemas de compatibilização de projetos, trazendo para a fase de projetos a possibilidade de solucionar todas as inconsistências e incompatibilidades nas disciplinas de projetos, as interferências quando encontradas no modelo podem impedir problemas crônicos ou onerosos para a edificação.

O gerenciamento do ciclo de vida do projeto se torna mais fácil e organizado com o uso do BIM, criando um modelo único entre todos os envolvidos desde a fase de concepção até a fase de execução.

A visualização tridimensional fornece às pessoas a experiência de entender o projeto com riqueza de detalhes. Para as pessoas envolvidas com o projeto e que não possuem experiência ou conhecimento da linguagem de representação de projetos terá uma visão simplificada e direta do que será realizado na obra.

As alterações de projeto são facilmente executadas de tal forma a não trazer erros em detalhes, cortes e fachadas como exemplos, já que são feitas de maneira automática quando alterada em uma única vista.

Os custos da compatibilização na fase de projeto são menores comparando o envolvimento apenas de recursos humanos em vez de custos de retrabalho na execução da obra.

Os softwares de Modelagem de Informações da Construção apresentam soluções complementares quando aplicado em todo o ciclo de vida de uma edificação pois não temos no mercado um único software que atenda todas as etapas, disciplinas de projetos.

Com o crescente uso e disseminação da implementação do BIM no setor AECO, seja pelo esforço do governo federal Brasileiro com o decreto Nº 10.036 ou por iniciativas privadas, deverá ocorrer de forma gradativa uma mudança cultural para desenvolvimento de projetos baseados no conceito BIM.

Os softwares oferecidos no mercado da construção civil, a cada nova atualização, trazem melhorias pertinentes. Ainda não encontramos em um único

software a aderência ideal aos requisitos apontados por Eastman, também é possível afirmar que apesar de a maioria dos softwares oferecerem a exportação de arquivos em extensão IFC nas versões 4 ou 2X3, a interoperabilidade com outros softwares pode ocasionar problemas, sendo muitas vezes ocasionada com o uso de modelos de desenvolvedores diferentes.

Os softwares de cálculos estruturais e dimensionamentos elétricos, hidráulicos, disponíveis no mercado, não isentam o engenheiro da responsabilidade técnica, portanto deste modo é essencial que o usuário conheça não somente as capacidades e limitações do software utilizado, mas também outros meios de análise para que possa ser feita a conferência dos resultados obtidos sendo de extrema relevância a conhecimento da teoria.

Em linhas gerais foram possíveis a exposição para futuros usuários de quais softwares se adequam melhor de acordo com as necessidades e expectativas de sua empresa.

Por fim, a disponibilidade desses dados tem como intenção dar a oportunidade para que o leitor analise criticamente cada software, tirando assim suas próprias conclusões, visto que cada usuário pode ter mais facilidade com determinado software que outro.

Para trabalhos futuros:

- Matriciar outros softwares do mercado explorando suas características, pontos fortes e fracos;
- Expandir a análise para softwares open BIM na proposta de interoperabilidade;
- Acrescentar softwares de outras disciplinas de projetos;
- Desenvolvimento de um manual para instruir os usuários para identificar um software e ferramenta conforme suas necessidades;
- Analisar os softwares em arquivos de exportação com formatos padrões da BuildingSMART como BCF e COBie.

REFERÊNCIAS

- ABDI. **Plataforma BIM BR**. 2020. Disponível em:
<<https://plataformabimbr.abdi.com.br/bimBr/#!/conteudo/>>. Acesso em: 4 Mar. 2020
- ARCHDAILY. **Espanha tornará obrigatório o uso de BIM em obras públicas**. 2018. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/891092/espanha-tornara-obrigatorio-o-uso-de-bim-em-obras-publicas?ad_source=search&ad_medium=search_result_all. Acesso em: 02 fev. 2021.
- ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. **Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC**. Gestão e Tecnologia de Projetos, v. 4, n. 2, 76-111, dez. 2009.
- AUTODESK. **Revit**. 2020a Disponível em:
<<https://www.autodesk.com.br/products/revit/overview>>. Acesso em: 12 jan. 2020.
- AYRES F., C.; SCHEER, S. **Diferentes abordagens do uso do CAD no processo de projeto arquitetônico**. In: Anais do VII Workshop Nacional de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, Curitiba, 2007.
- BENTLEY. **Bentley Architecture**. 2020a. Disponível em: <
<https://www.bentley.com/en/solutions/project-delivery/architecture-and-engineering> >. Acesso em: 20 jan. 2020.
- BENTLEY. **Synchro**. 2020b. Disponível em:
<<https://www.bentley.com/pt/products/brands/synchro>>. Acesso em: 20 jan. 2020.
- BEW, M.; RICHARDS, M. **Bew-Richards BIM Maturity Model**. 2008.
- BIMEXPERTS. **Collaboration for Revit**. 2019. Disponível em:
<https://www.bimexperts.com.br/post/collaboration-for-revit>. Acesso em: 04 fev. 2021.
- BRASIL. **Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018, que institui a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling***. Diário Oficial da União, Brasília, 17 de maio de 2018.
- BRASIL. Ministério da Economia Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Governo Federal Lança Estratégia Para Promover a Inovação na Indústria da Construção**. 2018. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/index.php/noticias/3296-governo-federal-lanca-estrategia-para-promover-inovacao-na-industria-da-construcao>>. Acesso em: 20 set. 2018.
- BUILDINGSMART. **Especificações técnicas**. 2012. Disponível em:
<<http://www.buildingsmart-tech.org/specifications> >. Acesso em: 10 Abr. 2019

BUILDINGSMART. **Developing the open standards, tools and training that will drive the successful uptake of BIM**. United Kingdom & Ireland, 2014. Disponível em: < <https://goo.gl/AUu4UN> >. Acesso em 20 de novembro de 2017.

BUILDINGSMART. **Ifc Alignment**. Disponível em:<<http://www.buildingsmart-tech.org/downloads/ifc/ifc5-extensionprojects/ifc-alignment/ifcalignment-projectpresentation-cs-1>>. Acesso em: 27 ago. 2018.

BUILDINGSMART. **Technical Roadmap buildingSMART: getting ready for the future**. 2020. Disponível em: <https://www.buildingsmart.org/about/technical-roadmap/>. Acesso em: 11 dez. 2020.

BUILDINGSMART. **What is a BIM?** buildingSMART, 2010. Disponível em: <<http://www.buildingsmart.org/>>. Acesso em: 29 dezembro 2019.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras**. Rio Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://cbic.org.br/bim/index.html>>. Acesso em: 30 mar. 2017.

CATELANI, W. S.; SANTOS, E. T. **Normas brasileiras sobre BIM**. Concreto & Construções, São Paulo, v. 44, n. 84, p. 54-59, 2016.

CBIC (Brasil) (org.). **Coletânea BIM**. Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2016. 124 p. Disponível em: <https://cbic.org.br/faca-o-download-da-coletanea-bim-no-site-da-cbic/>. Acesso em: 25 set. 2019.

CHIEN, K. F.; WU, Z. H.; HUANG, S. C. **Identifying and assessing critical risk factors for BIM projects: Empirical study**. Automation Construction, p. 1-15, abril 2014.

CINTRA, M. A. H. **Uma proposta de estrutura para organização do conhecimento na pequena empresa de edificações**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

COELHO, S. S.; NOVAES, C. C. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil**. Pelotas, RS: Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, 2008. Disponível em: <http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/~gpacc/BIM/referencias/COELHO_2008.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2019.

CRESPO, C.; RUSCHEL, R. C. **Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto**. In: III Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil, 2007, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre: ANTAC, 2007. p. 1-9.

EASTMAN, C. *Et al.* **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** Porto Alegre: Bookman Editora, 2014.

EASTMAN, C. *Et al.* **The BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors.** 1. Ed, Hoboken: John Wiley & Sons, 2008.

GASPAR, J. A. M. **O significado atribuído a BIM ao longo do tempo.** 2019. 1 recurso online (238 p.). Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP.

GENERAL SERVICES ADMINISTRATION. **GSA BIM Guide Series.** Washington, p. 210-215. 2007.

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

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GRAPHISOFT. **ArchiCad.** 2020. Disponível em: <<https://graphisoft.com/solutions/products/archicad>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

GUBBI, J.; BUYYA, R.; MARUSIC, S.; PALANISWAMI, M. **Internet das coisas (IoT): A vision, architectural elements, and future directions.** 2013. Future Generation Computer Systems, Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>> Acesso em: 4 Mar. 2020

HYVÄRINEN, J.; PORKKA J.; PIENIMÄKI, M.; KORKIALA-TANTTU, L.; MÄKELÄINEN, T.; KIVINIEMI, A. **Report 1: objectives and ramifications of product modelbased system in finnish infra-sector: targets and forecasts based on norwegian experience.** INFRA 2010, VTT, 2006.

INTERNATIONAL ALLIANCE FOR INTEROPERABILITY. **BuildingSMART: Regional Alliances**, 2008. Acesso em: 14 mar. 2009.

ISO 29481-1: 2016 **Building information models** — Information delivery manual — Part 1: Methodology and format.

ISO PAS 16739: **Industry Foundation Classes, Release 2x, Platform Specification (IFC2x Platform).** 2005. 42 p.

ISO/IEC. 2015. **Smart Cities Preliminary Report.** (2015).

KERZNER, H. Project Management. **A systems approach to planning, scheduling, and controlling.** Nova York: John Wiley & Sons, 2001.

KHEMLANI, L. **The IFC Building Model: a look under the hood.** 2004 Disponível em: <<http://home.fau.utl.pt/~franc/2007/mapoio/projdig/ifcmodel.pdf>> Acesso em: 30 Abr. 2020.

KIVINIEMI, A.; TARANDI, V.; KARLSHØJ, J.; BELL, H.; KARUD, O. **Review of the Development and Implementation of IFC Compatible BIM**. erabuild funding organizations, 2008. Disponível em: < <http://www.ebst.dk/file/9498/ReviewoftheDevelopmentandImplementationofIFCcompatibleBIM.pdf> > Acesso em: 15 out. 2009.

KYMEL, W. **Building Information Modeling. planning and managing construction project with 4d and simulations**. McGraw-Hill, 2008

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos metodologia científica**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

LEUSIN, Sergio R. A. **Novas formas de pensar o processo de projeto e o produto edifício – Modelagem de produto – BIM**. In: VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios WBGPPCE, Curitiba, 2007.

MANZIONE, L. **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 311 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MCGRAW-HILL CONSTRUCTION. **Interoperability in the construction industry. SmartMarket**. Report. 1 ed. Bedford: 2007. Mc Graw Hill Construction, 2007. 34 p.

MELHADO, S. B. **Coordenação de Projetos de Edificações**. São Paulo. Ed. O Nome da Rosa. 2005.

MIETTINEN, R.; PAAVOLA, S. **Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling**. Automation in Construction, v. 43, p. 84–91, Jul. 2014.

MORE: **Mecanismo online para referências**, versão 2.0. Florianópolis: UFSC Rexlab, 2013. Disponível em: <http://www.more.ufsc.br/>. Acesso em: 04 fev. 2021.

NAKAMURA, Juliana. **Como fazer o gerenciamento de obras**. Revista Online IBDA. Fórum da construção, 2014. Disponível em: < <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=12&Cod=2020> >. Acesso em: 07 abr. 2019.

NEMETSCHEK. **Vectorworks**. 2020. Disponível em: <<https://www.vectorworks.net/en-US>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

OH, M. *Et al.* **Integrated system for BIM-based collaborative design**. Automation in Construction, v. 58, p. 196-206, Jul. 2015.

PAS 1192-2. **Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling**. [S.l.]: The British Standards Institution 2013, v. I, 2013.

PMI. **Guia PMBOK®**: um guia para o conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos. 6. ed. Eua: Project Management Institute, 2018. 756 p.

SMITH, P. **BIM & the 5D Project Cost Manager**. *procedia - social and behavioral sciences*, Sydney, v. 119, p. 475- 484, 2014.

SOUSA, O. K. de; MEIRIÑO, M. J. **Aspectos da Implantação de Ferramentas BIM em Empresas de Projetos relacionados à Construção Civil**. In: IX Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Jun-2013. [Rio de Janeiro, RJ]. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/2875285-Aspectos-da-implantacao-de-ferramentas-bim-em-empresas-de-projetos-relacionados-a-construcao-civil.html>>. Acesso em: 19 jul. 2019.

SOWA, J. F.; ZACHMAN, J. A. **Extending and Formalizing the Framework for Information Systems Architecture**. *IBM Systems Journal*, v.31, n.3, p.590-616, 1992.

SUCCAR, B. ; KASSEM, M. **Macro-BIM adoption: Conceptual structures**. *Automation in Construction*, (2015) v. 57, p. 64-79". Disponível em: <https://www.academia.edu/12388220/Macro-BIM_adoption_Conceptual_structures>._Acesso em: 20 Jun 2020.

SUCCAR, Bilal. **Information Management Cycle**. 2017. Blog BIM Framework. Disponível em: <https://www.bimframework.info/2017/07/information-management-cycle.html>. Acesso em: 24 jun. 2019.

SUCCAR, Bilal. **Information Taxonomy**. 2016. BIME Initiative. Disponível em: <https://www.bimframework.info/2016/06/project-information-taxonomy.html>. Acesso em: 22 ago. 2019.

TOBIN, J. **Proto-Building: To BIM is to build**. 2008 Disponível em:<<https://static1.squarespace.com/static/5af254d97e3c3aa74fe65385/t/5b3cb1458a922db5a5332cf7/1530704197850/Proto-Building+-+To+BIM+is+to+Build.pdf>>. Acesso em: 29 de junho de 2019.

WOO, J.; WILSMANN, J.; KANG, D. **Use of as-built building information modeling**. *Construction Research Congress 1*. Milwaukee: [s.n.]. 2010. p. 538-547.

ZUPPA, D.; ISSA, R. R. A.; SUERMANN, P. C. **BIM's impact on the sucess measures of construction projects**. *Computing in Civil Engineering*. Gainesville: [s.n.]. 2009.