

**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST
HIGOR SANDIEL BORGES COSTA**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AS TECNOLOGIAS CAD
E BIM APLICADAS NA EXECUÇÃO DE PROJETOS DE
ENGENHARIA CIVIL**

LAGES-SC
2020

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST
HIGOR SANDIEL BORGES COSTA

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AS TECNOLOGIAS CAD
E BIM APLICADAS NA EXECUÇÃO DE PROJETOS DE
ENGENHARIA CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Civil do
Centro Universitário Unifacvest, como
requisito necessário para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Civil.

Prof. Orientador: Aldori Batista dos Anjos.

LAGES-SC
2020

HIGOR SANDIEL BORGES COSTA

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AS TECNOLOGIAS CAD E BIM
APLICADAS NA EXECUÇÃO DE PROJETOS DE ENGENHARIA
CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Civil do
Centro Universitário Unifacvest, como
requisito necessário para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA

Aldori Batista dos Anjos
Professor, Coordenador e Orientador

Lages, ____ de _____ de 2020.

*Dedico este trabalho à minha família,
principalmente a minha mãe, pelo apoio aos
momentos de superação aos obstáculos que
surgiram no processo de conclusão desta
caminhada e no desenvolvimento deste
trabalho.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida, por me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos ao longo do curso.

A minha mãe e meus familiares, que me incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava a realização deste trabalho.

Aos professores e ao orientador, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional.

RESUMO

É contínua a procura por automação e inovação na indústria da construção civil. Entre as novidades mais atuais, o presente estudo ressalta o BIM, cuja sigla em inglês representa Building Information Modeling. O BIM, objeto de estudo na presente pesquisa, tem sido usado em escala maior de construções civis, tais como edifícios, se comparado a construções de infraestrutura tais como aparelhos viários, dispositivos de drenagem e fornecimento de água e energia. Tais obras seriam os mais importantes gargalos que os países em desenvolvimento enfrentam, em função de sua complexidade e da necessidade de altos financiamentos. Averiguando-se essa conjuntura, ressalta-se o seguinte problema de pesquisa: quais são as principais vantagens técnicas e competitivas proporcionadas pelo método BIM para a execução de projetos de engenharia civil? Ressalta-se, como hipótese, o fato de que o BIM trata-se de um método para modelar informações, com vistas a fornecer insumos a fim de permitir uma prototipagem virtual de diversas estruturas no segmento da engenharia civil. O objetivo geral é averiguar as principais questões sobre as tecnologias CAD e BIM aplicadas no segmento de engenharia civil. Sobre a definição dos objetivos específicos, estabeleceu-se o seguinte: verificar conceitos básicos sobre tecnologia CAD e tecnologia BIM; investigar aspectos técnicos e mercadológicos sobre a tecnologia BIM; analisar as principais vantagens técnicas e competitivas da tecnologia BIM na execução de projetos de engenharia civil. A metodologia adotada nesse estudo foi a seguinte: Revisão Bibliográfica Narrativa (Revisão de Literatura).

Palavras-chave: Construção Civil. Engenharia Civil. Inovação. Projetos. Tecnologia.

COMPARATIVE STUDY BETWEEN CAD AND BIM TECHNOLOGIES APPLIED IN THE EXECUTION OF CIVIL ENGINEERING PROJECTS

ABSTRACT

The search for automation and innovation in the construction industry is continuous. Among the most current news, this study highlights BIM, whose acronym in English stands for Building Information Modeling. BIM, object of study in the present research, has been used on a larger scale of civil constructions, such as buildings, when compared to infrastructure constructions such as road equipment, drainage devices and water and energy supply. Such works would be the most important bottlenecks that developing countries face, due to their complexity and the need for high financing. When investigating this situation, the following research problem is highlighted: what are the main technical and competitive advantages provided by the BIM method for the execution of civil engineering projects? It is emphasized, as a hypothesis, the fact that BIM is a method for modeling information, with a view to providing inputs to allow virtual prototyping of various structures in the civil engineering segment. The general objective is to investigate the main questions about CAD and BIM technologies applied in the civil engineering segment. Regarding the definition of specific objectives, the following was established: to verify basic concepts about CAD technology and BIM technology; to investigate technical and marketing aspects of BIM technology; to analyze the main technical and competitive advantages of BIM technology in the execution of civil engineering projects. The methodology adopted in this study was as follows: Narrative Bibliographic Review (Literature Review).

Keywords: *Civil Construction. Civil Engineering. Innovation. Projects. Technology.*

SUMÁRIO

RESUMO	6
<i>ABSTRACT</i>	7
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	10
1 INTRODUÇÃO	11
2 TECNOLOGIA CAD E TECNOLOGIA BIM: CONCEITOS BÁSICOS	14
3 ASPECTOS TÉCNICOS E MERCADOLÓGICOS SOBRE A TECNOLOGIA BIM	20
4 TECNOLOGIA BIM: AVALIAÇÃO SOBRE AS PRINCIPAIS VANTAGENS TÉCNICAS E COMPETITIVAS NA EXECUÇÃO DE PROJETOS DE ENGENHARIA CIVIL	31
5 METODOLOGIA	44
CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS	48

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - BIM no ciclo de vida das edificações.	20
Figura 2 – Fluxos básicos no processo de projeto BIM.	21
Figura 3 - Fluxo básico em uma etapa de projeto.....	22
Figura 4 - Esquema de organização da informação no BIM.....	24
Figura 5 - Esquema de organização da informação no BIM.....	25
Figura 6 - Fluxograma para a fase de inepção	34
Figura 7 - Subprocesso de definição de premissas	35
Figura 8 - Fluxograma exemplo de estudo de viabilidade e respectiva planilha correlacionada	37
Figura 9 - Exemplo de desenho de instalações com detalhes 3D.....	38
Figura 10 - Isométricas enriquecidas e realísticas	39

1 INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica por meio de computação gráfica resultou em importantes softwares de modelagem no segmento industrial da construção civil. Nesse contexto, o presente estudo destaca o sistema BIM – *Building Information Modeling*, cujo termo, ao ser traduzido para o idioma português, significa Modelagem da Informação da Construção. Ao utilizar a tecnologia BIM, os profissionais envolvidos com o projeto da área de construção civil desenvolvem modelos virtuais referente à estrutura física que almejam, concedendo a maior quantidade viável de dados referente as características, procedimentos e interdependências dos componentes arquitetônicos. O método BIM oferece uma forma única, com diversos dados antes da construção, proporcionado desta maneira a compatibilização dos projetos e a levando a obter mais qualidade e economia projetual (CHAGAS; PADILHA JUNIOR; TEIXEIRA, 2015).

A utilização da tecnologia da informação associada ao crescimento e aperfeiçoamento de programas gráficos, viabilizou um enorme progresso e significou uma modificação considerável para o ramo dos projetos de construção civil, da engenharia e arquitetura. O método pioneiro na utilização do computador para representar e elaborar os projetos de arquitetura e engenharia civil, foi o CAD. Em um contexto mais recente, o método BIM de modelagem, proporcionou melhorias gráficas significativas e acrescentou mais funcionalidade para a concepção de projetos, tornando viável uma reprodução virtual paramétrica e ajustada às construções (NUNES; LEÃO, 2018).

Historicamente no ramo da construção civil, o procedimento de concepção de um projeto ocorre por partes e em sequência, onde cada profissional desenvolve o projeto da sua área e posteriormente, quando todos estiverem finalizados, os mesmos são compatibilizados e encaminhados para o canteiro de obras. Raramente existe no grupo um funcionário responsável por coordenar e compatibilizar os projetos, com o objetivo de fiscalizar e revisar os projetos, para averiguar se existe alguma incompatibilidade entre os mesmos (MULLER, 2017).

De modo geral, os projetos são encaminhados para os locais da obra sem um estudo final e apenas no canteiro de obras, é que são encontrados diversas falhas que precisam ser ajustadas e arrumadas o mais rápido possível para atender ao calendário existente, e em diversos casos estes episódios resultam em desperdício de tempo, retrabalho, edificações com pouca qualidade e não cumprimento dos prazos combinados. Para responder a estes erros e as necessidades no decorrer do desenvolvimento do projeto, existe um sucessiva evolução na administração de projetos e no aperfeiçoamento do ramo de tecnologia da informação. Objetivando a maior

comunicação entre o quadro de trabalhadores, o avanço comunicativo e virtual da construção, elaborou-se o conceito de BIM. Este método, surge com uma nova proposta no modo de projetar, não abordando somente programas e ferramentas mais desenvolvidas tecnologicamente, mas a utilização mais competente de dados incluídos no decorrer do processo do projeto e a elaboração de mecanismos e de armazenamento de informações para facilitar e possibilitar a troca de dados no decorrer deste procedimento (DANTAS FILHO; AMORIM; TABATINGA NETO; SOUZA; BERTINI; BARROS NETO, 2015).

Além do benefício de elaborar um projeto de modo participativo, um dos princípios do BIM é que os dados são juntados, ao se projetar no programa, os dados não são individuais e separados como no processo de modelagem em 2D, e sim o oposto, o processo de criação reproduz itens por padrões e determinações que especificam a geometria, isso possibilita que ao alterar alguma informação no projeto, todas as outras partes do mesmo, serão atualizadas junto, diminuindo o tempo empregado na revisão e modificação dos projetos (NUNES; LEÃO, 2018).

Para realizar a exportação e a compatibilização entre todas as partes de um projeto do método BIM, existe a comunicação de forma transparente entre os diversos programas, deste modo cada projeto pode ser concebido em um programa e ser exportado para outro, possibilitando a comunicação entre todas as áreas que utilizam este mesmo sistema. Em todo o mundo, o BIM tem se evidenciado e manifestado excelentes resultados. Seus princípios são muito bem divulgados, seja na área profissional, como na acadêmica em diversas partes do mundo, principalmente dos EUA e na Europa. No nosso país o assunto é ainda muito pouco abordado. Grande parte dos especialistas das áreas de engenharia civil, construção e arquitetura não compreendem completamente os benefícios e princípios do emprego do BIM e como consequência existe uma carência de profissionais capacitados para trabalhar neste ramo (EASTMAN; TEICHOLZ; SACKS; LISTON, 2014).

Além da escassez de mão-de-obra de qualidade, ainda existe o problema financeiro que proíbe que algumas firmas de engenharia civil, construção e arquitetura introduzam esta tipologia, particularmente as de pouco tamanho e prestígio, pois é preciso realizar um investimento inicial elevado para adquirir programas, equipamentos, preparação específica e assessoria. Mesmo que o método BIM seja considerado antigo e sua utilização ser um tanto quanto recente, ainda existe muito à progredir. Mas é evidente que mesmo com enormes obstáculos a serem enfrentados para sua introdução, existem diversos benefícios, como a agilidade, qualidade e segurança em todas as etapas da construção. A apresentação e análise das experiências de instituições que já vivenciaram este procedimento de alteração, atua como

ferramenta para a propagação no meio profissional e acadêmico, e também ampara as instituições que ainda irão passar por este processo (MENDES, 2017).

Averiguando-se essa conjuntura, ressalta-se o seguinte problema de pesquisa: quais são as principais vantagens técnicas e competitivas proporcionadas pelo método BIM para a execução de projetos de engenharia civil? Ressalta-se, como hipótese, o fato de que o BIM trata-se de um método para modelar informações, com vistas a fornecer insumos a fim de permitir uma prototipagem virtual de diversas estruturas no segmento da engenharia civil. O objetivo geral é averiguar as principais questões sobre as tecnologias CAD e BIM aplicadas no segmento de engenharia civil. Sobre a definição dos objetivos específicos, estabeleceu-se o seguinte: verificar conceitos básicos sobre tecnologia CAD e tecnologia BIM; investigar aspectos técnicos e mercadológicos sobre a tecnologia BIM; analisar vantagens técnicas e competitivas da tecnologia BIM na execução de projetos de engenharia civil. A metodologia adotada nesse estudo foi a seguinte: Revisão Bibliográfica Narrativa (Revisão de Literatura).

Dentre as principais citações indicadas, destacam-se os autores a seguir Azhar (2011); Baroni (2011); Cao et al. (2016); Chagas (2020); Degasperi et al. (2016); Eastman et al. (2014); Farr, Piroozfar e Robinson (2014); Haymaker et al. (2009); Justi (2008); Kassem e Amorim (2015); Kensek (2018); Kymmell (2015); Leão (2013); Medeiros e Freire (2016); Mendes (2017); Muller (2017); Nunes e Leão (2018); Prates (2010); Ruschel, Andrade e Moraes (2013); Silveira (2016); Tavares e Machado (2015); Venâncio (2014). A metodologia adotada nesse estudo foi a seguinte: Revisão Bibliográfica Narrativa (Revisão de Literatura). Em relação a estrutura, destacam-se os seguintes elementos: capítulo 1 – introdução; capítulo 2 – foram verificados conceitos básicos sobre tecnologia CAD e tecnologia BIM; capítulo 3 – foram investigados aspectos técnicos e mercadológicos sobre a tecnologia BIM; capítulo 4 – foram analisadas vantagens técnicas e competitivas da tecnologia BIM na execução de projetos de engenharia civil; capítulo 5 – metodologia; considerações finais.

2 TECNOLOGIA CAD E TECNOLOGIA BIM: CONCEITOS BÁSICOS

No ano de 1982, na Hungria, foram introduzidos em uma calculadora as primeiras combinações de programação de um método para concepção de um projeto tridimensional de uma usina nuclear. Tratava-se de uma calculadora de 64K e o programa foi chamado de ArchiCad. O presidente da Graphisoft, Gallelo, que desenvolveu o método, descreve que a introdução da computação gráfica no ramo da arquitetura aconteceu na década de 80, revolucionando os meios de elaboração de projetos, incluindo também a concepção dos espaços (FRANK, 2008).

Com base neste período, a abreviatura CAD – Computer Aided Design (em português, Desenho Assistido por Computador) começou a simbolizar esta tecnologia. Nos últimos 40 anos, o sistema CAD foi a novidade tecnológica mais relevante. De acordo com alguns autores, existem três períodos diferentes no desenvolvimento da utilização do computador no campo da arquitetura: o primeiro trata-se do CAD, o segundo da modelação geométrica e, por último, a modelação final dos objetos, que iniciou no final de década de 80 (SCHEER; ITO; AYRES FILHO; BEBER, 2007).

No período pré-histórico surgiram, os princípios de projeto de construção de um edifício, quando os homens começaram a desenvolver aptidões de representação do cotidiano. No decorrer dos anos, ocorreu o desenvolvimento e a evolução destas simbologias. Os motivos que mais influenciaram para o pleno desenvolvimento deste procedimento de construção foram, as aplicações da tecnologia, a competência e o aperfeiçoamento dos profissionais (NUNES; LEÃO, 2018). A compatibilização é um item essencial no decorrer das diversas etapas de um projeto, contribuindo significativamente para a qualidade do mesmo. As informações precisam ser averiguadas de modo que as soluções para os problemas demonstrem coerência para o andamento da obra.

Os projetos começaram a manifestar incompatibilidades, que antes eram vistas somente nos estágios finais das obras, pois começou a acontecer a segmentação dos profissionais da construção, da engenharia civil e da arquitetura. Como consequência, aumentaram os custos finais das obras, além de resultar em retrabalhos e atrasos nas obras, resultantes do desperdício de tempo para conseguir achar uma solução eficiente (COSTA, 2013). A principal finalidade da compatibilização de projetos é proporcionar totalidade e administração competente para obter mais qualidade projetual e nas futuras edificações. Todavia, compatibilizar é um modo de integrar todas as áreas que abrangem um projeto. O método ocorre após a finalização de todas

as áreas abrangentes, corrigindo problemas e interferências por meio da justaposição manual dos projetos ou por intermédio de tecnologias que agilizam a análise (MANZIONE, 2015). A tecnologia da informação viabiliza o aprimoramento da capacidade e da qualidade dos programas mais racionais e inteligentes, que pretendem atender as necessidades e deficiências do mercado, oferecendo de modo indireto a evolução e crescimento de hardwares mais competentes. Um dos principais modelos a citar, são os métodos CAD, que há vários anos modificaram o ramo da construção civil (FLORIO, 2007).

Na década de 80, os computadores começaram a auxiliar no ramo de arquitetura e engenharia civil, por meio de representações mais completas, possibilitando mais agilidade e exatidão na atividade (SCHODEK; BECHTHOLD; GRIGGS; KAO; STEINBERG, 2007). O método CAD que mais se adequou a capacidade de hardware daquele período, foi o CAD geométrico, que proporciona a concepção de representações bidimensionais virtuais. Porém, os desenhos no sistema geométrico ocasionam a separação do meio virtual com a realidade, à medida que complica a compreensão dos clientes que não entendem do assunto. Em diversos casos, o cliente não consegue compreender o que as linhas representam, dificultando a compreensão do projeto 2D e da realidade projetual (SCHEER *et al.*, 2007).

O CAD 3D emerge da necessidade de melhorar a reprodução tridimensional dos projetos. Com o emprego de ferramentas específicas, é possível utilizar efeitos que enriquecem e aperfeiçoam a representação do projeto. Existem também outras referências de acordo com o crescimento do sistema CAD, como por exemplo o CAD 4D e nD, que oferecem funcionalidades específicas. O CAD 4D, tendo como exemplo, fundamenta-se na associação da modelagem em 3D com a linha do tempo, como se fosse uma quarta dimensão, possibilitando a criação de cronogramas físicos e de gráficos. Com a criação do 4D, o procedimento de divulgar os pormenores e as etapas da construção para os clientes e para as construtoras torna-se mais fácil, pois é possível visualizar as etapas de modo dinâmico. Além disso, mesmo com uma representação em uma escala reduzida, são claras as vantagens relativas ao CAD 4D (RUSCHEL; ANDRADE; MORAES, 2013).

O mercado do ramo da construção, da arquitetura e da engenharia civil, enfrenta uma modificação que necessita da alteração dos métodos, assim como uma alteração de padrão: modificando os projetos que são baseados nos métodos bidimensionais para o modelo paramétrico e da sequência de trabalho em grupo. Os procedimentos elaborados por meio do modo convencional liberam casos passíveis de erros, riscos, incoerência e em diversos casos, projetos repetidos. Estes casos ocasionam perdas consideráveis do custo dos dados do projeto (EASTMAN *et al.*, 2014).

O desenvolvimento histórico do sistema CAD retrata três etapas: desenho amparado pelo computador, modelação geométrica e modelação final dos itens. Kale e Arditi (2005) citam que de modo similar houve a associação dos dados geométricos com informações não geométricas, por meio de comunicações institucionais e paramétricas. O desenvolvimento dos primeiros projetos gráficos realizados por meio da tecnologia CAD ocorreu na década de 70, em ambiente internacional. No Brasil, porém, a tecnologia CAD começou a ser adotada apenas no ano de 1990. Este método modificou o ramo, com a elevação da produtividade e eficiência dos profissionais e a comunicação por meio de documentos. Mesmo havendo a oposição dos profissionais mais antigos e conservadores, o mesmo firmou-se em consequência dos avanços e aperfeiçoamentos viabilizados (MENEZES; PONTES, 2012).

Com a introdução do sistema BIM, houve uma modificação significativa nas comunicações dos grupos trabalhistas encarregados de elaborar um projeto, direcionando a novos obstáculos e conquistas nos métodos de introdução. Ao examinar a diferença entre um programa tradicional de molde em 3D e um sistema BIM, a princípio contata-se a competência de conseguir itens paramétricos, os quais podem admitir modificações espontaneamente e oferecer apoio para o sistema, concedendo características para o desenho, como por exemplo o tamanho dos blocos que irão constituir uma parede, o tipo de revestimento e os fabricantes, sendo este um agente eficiente da plataforma (MENEZES; PONTES, 2012).

A partir do princípio da elaboração do sistema BIM não havia somente um programa que englobasse todo o período de elaboração e concepção de uma construção. Se por acaso existisse esta alternativa, o software possuiria um custo elevado e de complexa manutenção (SCHODEK *et al.*, 2007). Por esta razão, elaborou-se o IFC¹, com a intenção de proporcionar que os indivíduos de um escritório elaborem um projeto em comum com os mais variados meios, havendo a transição de dados, modificações e edições de um mesmo projeto (MOTTER; CAMPELO, 2014).

Entre os programas que abrangem o BIM, o Revit é o mais empregado, compreendendo em média 70% de utilização, logo em seguida encontra-se com 30% o ArchiCAD. Estes resultados acontecem por causa da vantagem que o Revit disponibiliza, na qualidade de método desenvolvido pela Autodesk, contemplando a arquitetura, as instalações hidrossanitárias, a infraestrutura e a administração de informações (MENDONÇA, 2012). Existem também

¹ "O IFC, Industry Foundation Classes, é um específico formato de dados que tem a finalidade de permitir o intercâmbio de um modelo informativo sem perda ou distorção de dados ou informação. É um formato arquivo aberto, neutro, não controlado pelos fornecedores individuais de software, criado para facilitar a interoperabilidade entre os diferentes operadores. O IFC foi projetado para elaborar todas as informações do edifício, através de todo o seu ciclo de vida, desde a análise de viabilidade até a sua realização e manutenção, passando pelas várias fases de projeto e planejamento." (BIBBLUS BLOG, 2017).

programas alternativos, como o VisualPV3D e o Blender 3D, que dispõem de vantagens por serem ferramentas gratuitas e que ocupam um espaço menor no disco rígido dos computadores (CARDOSO; MAIA; SANTOS, 2013).

Projetos referentes a engenharia civil são de importância capital ao desempenho acertado de um corpo social. Na questão econômica, basicamente associa-se a propriedade do modelo de infraestrutura ao elevado progresso econômico de uma localidade. Referentes aos projetos de engenharia civil, incluem-se as obras de construção pesada, tais como aeroportos, portos, estradas, obras de saneamento, usinas hidroelétricas e nucleares, obras de arte, entre outros (CHAGAS, 2020).

No ambiente internacional, os projetos referentes a engenharia civil cabem na posição dos mais relevantes responsáveis pelas afinidades de comércio entre os diversos países. A aquisição de bens associados à engenharia civil deve ser encarada como uma aplicação a longo prazo. Do mesmo modo que o investimento em educação proporciona meios de transformar o cidadão em um ser mais bem-sucedido a médio e longo prazos, a aplicação em infraestrutura oportuniza o avanço do progresso da região, afogado pela inabilidade de desarticular sua produção e suas riquezas naturais sob a perspectiva da produção para o consumo (HERRMANN, 2012).

Uma grande capacidade de produção em um país que não tenha um sistema de transporte competente para escoar tal produção, possivelmente, não poderá exportar a totalidade de sua produção para os demais países. Por sua vez, o país poderia canalizar sua produção ao mercado interno. Todavia, tal direcionamento ordenaria um escoamento baseado na competência interna, o que poderia, ainda, estar prejudicado em função da falha referente aos projetos de engenharia civil. Tal questão termina por gerar um acúmulo na produção, por conseguinte mais despesas com a estocagem, estando a economia do setor estancada (DANTAS FILHO *et al.*, 2015).

A construção civil pesada apresenta propriedades particulares, tanto a nível estratégico como a nível operacional, ambas relevantes ao contexto onde as corporações trabalham, ou seja, em empreendimentos de médio e longo prazos, também apresentam um elevado nível de dificuldade operacional, sendo, frequentemente, conduzidos de maneira individual em regiões de concentração humana, obrigando a colocação de zonas habitacionais para os funcionários, ou ainda com o desafio de recepção de insumos indispensáveis à execução da obra em função de estarem localizados em locais com acesso difícil; também inclui uma enorme variedade e volume de agentes interferentes em atividades relacionadas à construção; também agrega uma importante quantidade de recursos, o que acirra ainda mais o empenho dos vários stakeholders; e em virtude de serem empreendimentos de valor econômico vultoso são escassos os clientes

que possuem potencial para o investimento no segmento. O poder público, comumente, termina por ser o investidor mais importante (MULLER, 2017).

Os projetos referentes a engenharia civil se diferenciam das obras de construções corriqueiras pela enorme dimensão no sentido horizontal, ao passo que as obras de edificações, na maior parte das vezes, têm dimensões verticais. Tal diferença faz com que determinados critérios de projetos, os quais frequentemente não são trabalhados na condição de prioridade em obras de edificações passem a assumir vital importância na concepção e no planejamento dessa classe de obra. Rodovias e ferrovias, como exemplo, são obras que são dependentes da topografia, de condições geológicas e geotécnicas e de importantes movimentos de terra. Uma pesquisa de viabilidade realizada com um traçado ruim poderá inviabilizar toda a obra, por sua vez em obras de edificações tal situação é extremamente rara (KASSEM; AMORIM, 2015). Os aspectos ambientais e sociais também estão entre as questões influenciadoras em relação aos projetos referente a engenharia civil. Os cálculos dos estudos de impacto durante e após a realização da obra devem ser efetuados com a maior exatidão possível, de forma que não existam partes danificadas, afora deixar a execução morosa, tendo impacto financeiro, inclusive (COSTIN, 2018).

Uma outra distinção entre os dois tipos de obras encontra-se na maneira jurídica que as contratações se dão. De maneira geral, os projetos referentes a engenharia civil são executados para atender necessidades ligadas à sociedade, nas quais o provedor de recursos pode ser uma instituição governamental. Assim, apresentam diferentes modelos de contrato, de abastecimento de recursos e exceções legais se conferidas com outras obras de origem privada (OLIVEIRA, 2018). De acordo com Costin (2018), o fator diferencial mais relevante entre os projetos de construções e os de infraestrutura de transporte é o padrão de coordenadas utilizado para a concepção, o planejamento e a implementação da obra. No caso de construções verticais, o sistema de coordenadas utilizado é o cartesiano, por sua vez em construções horizontais utilizam-se múltiplas estações e alinhamentos de curvas como padrão de referência.

Na etapa de implementação, as obras de infraestrutura caracterizam-se pela necessidade de equipamentos com maior porte e em maior volume. O excesso de transporte de insumos torna a obra muito mais custosa, já que a despesa com o transporte de tais equipamentos é um elemento importante na composição do custo total da obra. Diversamente de obras de dimensão vertical, nas quais o trabalho manual é decisivo, esse tipo de construção é caracterizado pela grande concentração de trabalho mecanizado, o que passa a ser um grande enorme aliado à adoção de tecnologias da informação no canteiro de obras (JONES, 2017). Cabe salientar, ainda, que os projetos referentes a engenharia civil carecem de manutenção com maior

frequência quando comparado a obras de edificações. Em virtude de estarem expostos a cargas normalmente periódicas, é muito complexo sustentar a integridade dos materiais que constituem a estrutura. Destarte, outra etapa diferencial de ambas as obras é a de manutenção (KYMMELL, 2015).

3 ASPECTOS TÉCNICOS E MERCADOLÓGICOS SOBRE A TECNOLOGIA BIM

Apesar da concepção de BIM ser parcialmente nova, a metodologia de trabalho que envolve este processo já possui mais de 30 anos. A definição mais antiga que já foi catalogada, trata-se de um modelo de trabalho denominado ‘Building Description System’, no ano de 1975 (EASTMAN *et al.*, 2014). A relevância do conceito BIM reside no ato de baixar o valor do projeto, elevar a qualidade projetual e a produtividade, minimização do período de entrega da obra, redução das taxas de reformulação do trabalho e livrar-se de desperdícios. Inicia no período de simulação virtual de construção e depois de completado este período, os dados concebidos irão servir de suporte para os trabalhos de compra, design, calendário de prazos da construção, produção e a construção em si. É ainda viável utilizar estes dados para apresentar o ciclo de utilização da construção, colher detalhes de documentos e ligar informações de construção – Figura 1 (AZHAR, 2011).

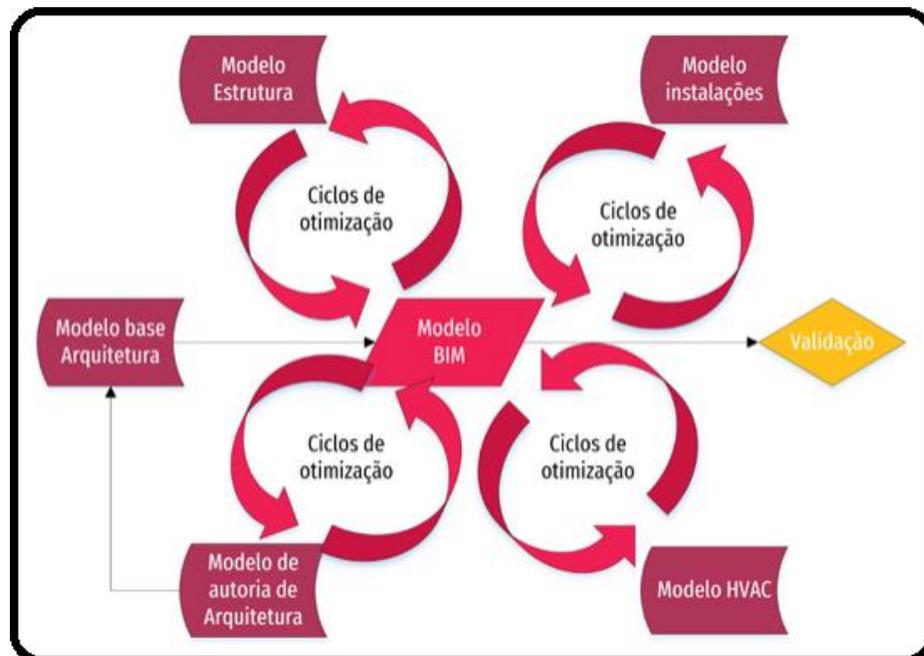
Figura 1 - BIM no ciclo de vida das edificações.



Fonte: ABDI (2017, p. 12).

Cabe destacar que o BIM não se trata apenas de um programa de computador, mas de uma plataforma que envolve grande parte dos elementos de um projeto, trazendo alterações nos procedimentos e andamento das atividades (AZHAR, 2011). São dados que não podem ser excluídos, elaborados com base em um fluxo de informações que podem ser utilizadas nas mais variadas ocasiões da vida útil do projeto, até mesmo pelas áreas jurídicas e de seguros – Figura 2 (ABID, 2017).

Figura 2 – Fluxos básicos no processo de projeto BIM.

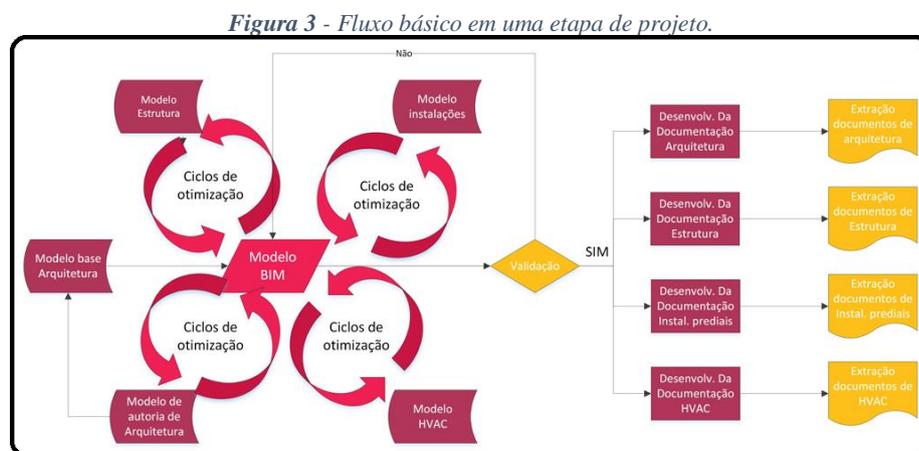


Fonte: ABDI (2017, p. 15).

À vista disso, a definição não pode ser reduzida em um novo modo de realizar um desenho, mas sim como um novo estágio de qualidade no gerenciamento e organização de um projeto (PRATES, 2010). A utilização eficiente do BIM gera enormes alterações na convivência dos indivíduos envolvidos, seja na construção ou nas condições de contrato antes eles, além de tudo a cooperação entre a empreiteira da obra, os arquitetos e as outras áreas envolvidas no projeto, devem ser efetuadas com uma antecedência maior, visto que as informações proporcionadas pelos especialistas são empregadas com grande força ao longo da etapa de projeto. Todavia, a organização e a administração da produção nas firmas construtoras têm sido percebidas como um item indispensável para o êxito das construções, em virtude de, que com oscilações econômicas e com compradores cada vez mais rigorosos, com questões de qualidade, valores e prazo de entrega, o custo da venda que anteriormente era definido pela construtora, torna-se aos poucos definido pelo mercado consumidor, desta forma é importante direcionar a

atenção para a administração dos custos onde o procedimento de elaboração é fundamental (EASTMAN *et al.*, 2014).

Ainda tratando da questão teórica, a principal diferença entre a plataforma BIM e o método CAD convencional é o aparecimento da modelação paramétrica e da comunicação do sistema de forma transparente com outros sistemas. A modelação paramétrica objetiva a representação de itens por padrões e normas ligadas à sua configuração, também incorporando características e particularidades não geométricas para estes itens. Estas modelações fundamentadas nos parâmetros de itens ainda propiciam, pela utilização do BIM, a retirada de relatórios e a verificação de incompatibilidade com outros itens. A indicação do grau de precisão de um modelo será assegurada por meio da diversidade de normas presentes nos gráficos paramétricos. Os itens são elaborados com a utilização de padrões angulares, distâncias e diretrizes (CALMON, 2016). Os modelos possuem a competência dinâmica dos profissionais que realizam o projetam, viabilizando novas formas que ainda não existem em outros sistemas que estão a disponibilização e conseguindo, também, serem introduzidos em qualquer biblioteca virtual de uma firma de arquitetura ou modalidade de projeto – Figura 3.



Fonte: ABDI (2017, p. 16).

Com a utilização da comunicação do sistema de forma transparente com outros sistemas, descartam-se dados repetidos e estimulam a movimentação de trabalho entre programas diferentes, de modo automatizado e sem dificuldades (BARONI, 2011). As fases de utilização do BIM, onde o Brasil e o restante dos países encontram-se, são traçados por estas ferramentas. Na primeira fase, existe a concretização dos sistemas que se baseiam nos objetos paramétricos, que aos poucos já substituem, o sistema convencional do CAD. Da mesma maneira que as modelagens geométricos em 3D substituem as modelagens 2D. Este estágio é qualificado pela

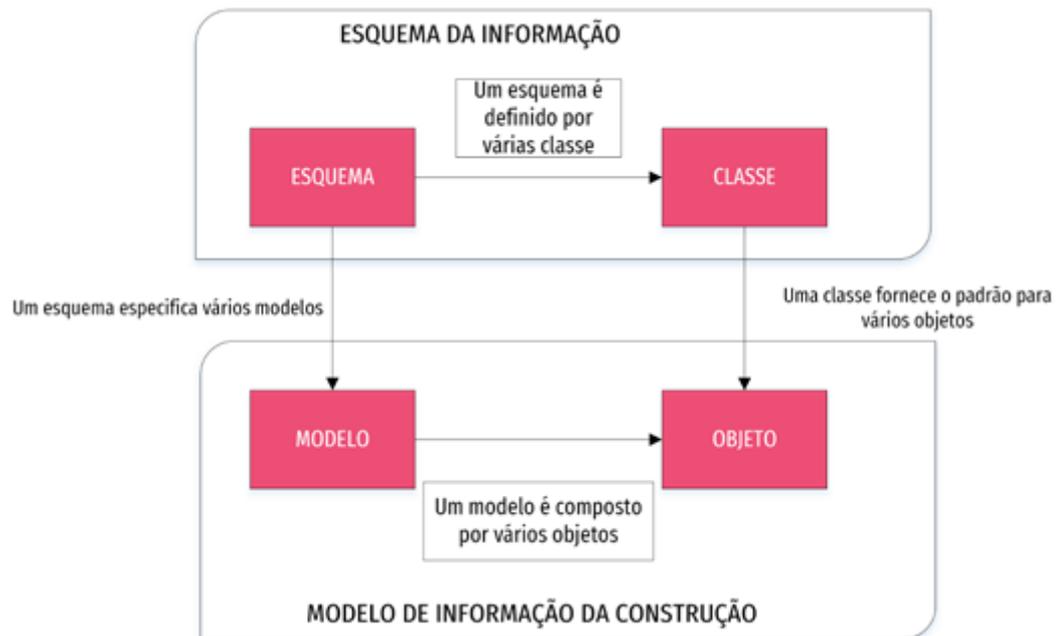
competência dos projetistas em manusear dados relativos ao espaço e aos objetos. Todavia, esta competência fica restrita somente ao trabalho interno das firmas de arquitetura (TAVARES; MACHADO, 2015).

Ao mesmo tempo que na primeira fase o BIM é empregado como ferramenta e não como um extenso procedimento de trabalho, na segunda fase, existe a concentração da utilização do local de comunicação com a evolução de sistemas de análise integrados, e também a introdução de desenvolvimento de modelagens em 4D e 5D. Neste estágio, a comunicação do sistema de forma transparente com outros sistemas e a colaboração entre os indivíduos do grupo de trabalho são muito importantes para o desenvolvimento do projeto. Na fase mais avançada, torna-se viável o uso de modelos completamente integrados, onde o andamento dos trabalhos ocorrerão de modo contínuo, sem perdas ou sobreposições. A compreensão do modelo individual aparecerá como um plano coletivo de construção, onde os grupos de diversas áreas irão utilizar um meio virtual 3D, com um banco central de armazenamento de informações (LINO; AZENHA; LOURENÇO, 2012).

As instituições internacionais estão investindo em estudos da tecnologia BIM e instituições públicas de diversas nações, estão incentivando a sua utilização, seja por meio de estatutos ou conferências de discussão sobre o assunto. Apesar de que exista a utilização duradoura do BIM em graus mais evoluídos, grande parte dos escritórios ainda estão começando a conhecê-lo e utilizá-lo. Tendo como exemplo, no Reino Unido, no ano de 2012, foi estabelecido um período de 4 anos para que todas as empresas de construção começassem a utilizar o BIM, isto é, no final do ano de 2016, todas as obras públicas deveriam ser projetadas utilizando a plataforma BIM de nível médio. Este fato, ocasionou um aumento de aproximadamente 37% de adaptações de instituições que começaram a utilizar este sistema (EASTMAN et al., 2014).

A modelagem no sistema BIM é relacionada com a comunicação do sistema de forma transparente com outros sistemas e com o compartilhamento de dados. Possibilita retratar, de modo compacto e articulado, todos os dados e fases de uma construção: desde a análise inicial até a sua possível demolição (LEÃO, 2013). O BIM exhibe uma capacidade considerável para renovar os pontos de vistas atuais do ramo da construção civil, seja em relação aos tópicos de projeto, como nas situações de execução e condução da obra – Figura 4 (ABIM, 2017).

Figura 4 - Esquema de organização da informação no BIM



Fonte: ABDI (2017, p. 22).

A repercussão do BIM é muito mais abrangente nas etapas conceituais de um projeto, à medida que contribui para uma avaliação melhor e mais integrada das decisões de uma forma introdutória. Na continuação, a repercussão abrange o patamar da construção do molde, os detalhes, as informações projetuais e os cálculos de custos, e por fim, a associação de trabalhos de engenharia e apoio em novos dados de movimentos de trabalho e associação colaborativa (FARR; PIROOZFAR; ROBINSON, 2014).

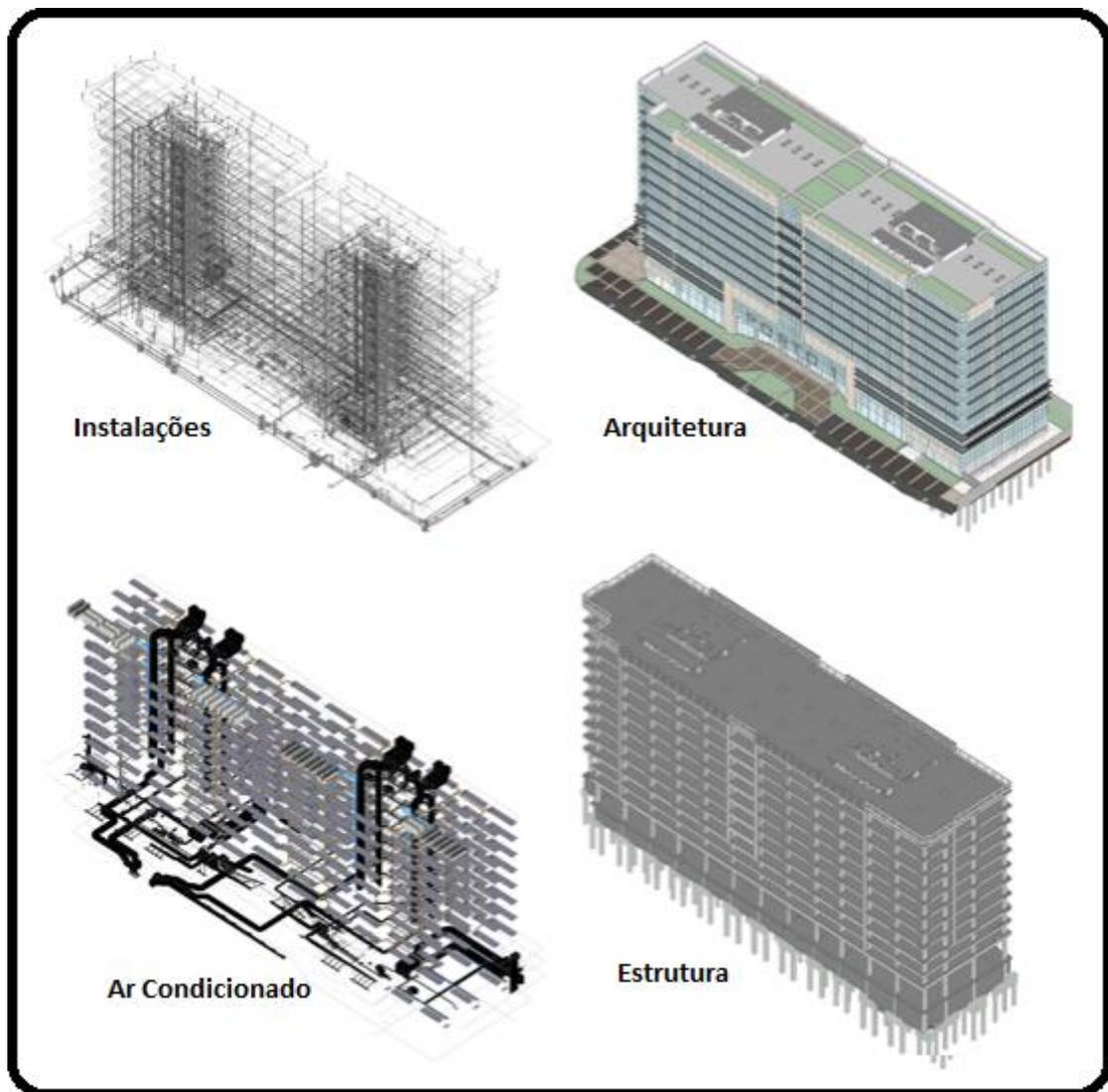
A metodologia BIM é identificada como um sistema de administração que oferta respostas integradas ao ramo da construção civil, elevando a satisfação dos consumidores em questões de qualidade, segurança, tempo, valores e utilidade dos projetos (TAKIM; HARRIS; NAWAWI, 2013). A tecnologia BIM concede novas possibilidades e transforma procedimentos de projeto mais eficientes e automatizados. Portanto, esta indicação demanda de mais qualidade e modernização dos profissionais da área. Eliminando pouco a pouco do mercado os profissionais que trabalham de modo repetitivo e manifestam somente resultados comuns, já apresentados e conhecidos (DURANTE, 2013).

O método BIM demonstra enormes vantagens, no que diz respeito aos prazos de entrega das obras, mais eficiência e qualidade, além de um desempenho mais competente. O método BIM, no momento em que trabalha simultaneamente com os demais envolvidos no projeto (arquitetos, engenheiros civis, construtoras e clientes), diminui as falhas, as lacunas do projeto e as alterações no canteiro de obras, promovendo um processo de entrega mais eficaz e correto,

reduzindo os prazos e proporcionando uma obra menos custosa. O BIM é classificado como um dos progressos tecnológicos mais prósperos no meio fabril, incluindo os setores de engenharia civil, arquitetura e construção (EASTMAN *et al.*, 2014).

Desta forma, o sistema BIM é viável para planejar uma construção por meio de formatos absolutamente virtuais, sendo que este conta com dados geométricos exatos, e informações pertinentes ao mesmo, fornecendo auxílio no decorrer do projeto, da construção, da distribuição de mercadorias e do período de existência da obra, abrangendo a manutenção, reforma e se necessário a demolição – Figura 5 (MOTTER; CAMPELO, 2014).

Figura 5 - Esquema de organização da informação no BIM



Fonte: ABDI (2017, p. 23).

Diversos especialistas acreditam que a plataforma BIM trata-se somente de um programa ou de uma plataforma digital para elaborar projetos. No entanto, o BIM compreende muito

mais. Tolera-se dizer que BIM é um conceito, um novo modo de elaborar um projeto e de administrar uma obra, um novo modo de comunicação dos profissionais, não somente na elaboração do projeto, mas sim, durante todo o período de existência deste. Para melhor esclarecer do que se trata o BIM, é importante entender a definição das dimensões, conhecidos como projetos em 2D, 3D, 4D, 5D, 6D e 7D (SILVEIRA, 2016).

Os projetos em 2D e 3D popularmente conhecidos no ambiente técnico e acadêmico da engenharia civil, arquitetura e construção, são relativamente os projetos efetuadas em duas ou três dimensões, onde além das coordenadas x e y, acrescenta-se a z, sendo que esta simboliza a profundidade dos projetos (MENDES, 2017). Deste modo, a inovação surge a partir dos projetos 4D. Nestes projetos, acrescenta-se a administração do tempo e do calendário de construção; já nos projetos 5D (cinco dimensões) agregam-se os orçamento e as estimativas de custo; e nos projetos 6D (seis dimensões) acrescenta-se a perspectiva do período de existência da obra, que nos dias atuais compreendemos como a administração das atividades e comodidades, sendo possível incluir o final da vida útil da obra e sua possível demolição. Mesmo sendo novo, ouve-se sobre os projetos 7D (sete dimensões), que abrangem além de todos os itens já mencionados, a preocupação de inserir conceitos de sustentabilidade nos projetos (ADDOR, 2009).

O BIM proporciona a união de diversos conceitos que já existem e são extensivamente conhecidos na área da engenharia, da administração e coordenação de projeto, possibilitando que todas os ramos de projetos sejam desenvolvidos de modo participativo e em conjunto, realizando a administração real de todos os dados dos projetos. Ao desenvolver um projeto em BIM, o mesmo já encontra-se compatibilizado, não sendo preciso a utilização de um programa de compatibilização de projetos, mas sim de um gerente ou um administrador (DEGASPERI; MARTINS NETO; DEGASPERI; AGUIAR; VIVAS, 2016). Neste ponto, desponta a diferença entre a plataforma BIM e o método convencional de se desenvolver um projeto. Por este motivo, em diversos casos, existe a resistência e a complexidade de realizar a migração de um sistema para o outro. Não é suficiente somente introduzir programas e equipamentos novos, é preciso que todo o processo de projetar seja modificado, e com mais ênfase para a comunicação e dedicação dos profissionais da área, que necessitam compreender que esta modificação irá ocasionar benefícios maiores e aperfeiçoamento nos modos de se projetar (MENDES, 2017).

A engenharia sincronizada auxilia profundamente para o procedimento de projeto na construção, com o aprimoramento de desempenho por meio da elaboração conjunta de todas as etapas do período de existência de uma obra. Os procedimentos programados pelo BIM, são um tipo de suporte de informações onde são arquivadas tanto as informações geométricas como

também as informações de cada componente construtivo aplicado no projeto. Esta mistura possibilita a elaboração automática de plantas baixas, cortes, elevações, perspectivas e índices quantitativos, concedendo para os profissionais maiores soluções projetuais e não apenas os projetos técnicos (BIRX, 2006).

O BIM trata-se de uma plataforma inteligente de arquitetura, possuindo 6 principais propriedades para sua completa introdução, ser: acessível, digital, duradouro, espacial, extensivo e mensurável (CAMPBELL, 2007). O BIM é um método que se baseia em exemplos digitais, distribuídos, integrados e de comunicação transparente com outros sistemas. Na tecnologia BIM, há duas vertentes: Building Information Modeling, o qual pode ser conceituado como um método que possibilita a administração de dados; Building Information Model, o qual trata-se de um grupo de exemplos compartilhados, sendo digitais, de três dimensões e significativamente ricos, que constituem a base do projeto (MANZIONE, 2015).

Os principais pontos que fazem distinção entre o sistema CAD convencional e a plataforma BIM, são a comunicação do sistema de forma transparente com outros sistemas e a modelação paramétrica (EASTMAN *et al.*, 2014). Em consequência dos diversos dados que são compartilhadas no decorrer da elaboração dos elementos de uma construção, é preciso a ampliação desta comunicação transparente, de maneira a aprimorar a transferência de informações entre os sistemas com capacidade de comunicação e compatibilização (MENDES, 2017).

O padrão paramétrico é uma reprodução de computadores de um elemento produzido com companhias, normalmente, geométricas que contam com características estáveis e modificáveis (HERNANDEZ, 2006). As estáveis são reguladas, e as modificáveis podem ser apresentados por padrões e normas, oportunizando que itens sejam de modo automático assentados conforme a administração do usuário e a modificação das circunstâncias (EASTMAN *et al.*, 2014). A composição de um modelo paramétrico é formado por famílias de itens que incluem, características de aparência, configurações e relações. Desta forma, as solicitações de modelo podem produzir diversos itens, com características diversas e organizadas de muitos modos. A diversidade de normas incluídas nas famílias, determinam o grau de precisão de um programa, como seus ângulos, medidas e normas para alcançar exclusivamente o resultado almejado (RUSCHEL; ANDRADE; MORAES, 2013).

Nas ações de vendas ou projetos em grupos de grandes empresas, necessita-se de um local de trabalho mais colaborativo nas instituições de todos os tamanhos, de modo a comunicar-se bem com os clientes e fornecedores. Para tanto, é fundamental a comunicação, que tem como objetivo aproximar os profissionais que trabalham separados, independentemente de existirem

conflitos sobre a individualização dos funcionários com o aparecimento da tecnologia (JACOSKI, 2003). A utilização destes apetrechos computacionais, tem como finalidade propor mais competitividade e melhorar progressivamente o andamento dos projetos com apoio da comunicação do sistema de forma transparente com outros sistemas, da cooperação e da reutilização de dados (MARCOS, 2015).

Na arquitetura e na engenharia civil, a dificuldade da reprodução das construções passou do modo convencional de visualização em 2D, para uma visualização digital em 3D com união de formas e consecutiva tendência pela modelação destas, com características físicas, geométricas e práticas e até mesmo características comerciais, como o valor e especificação dos fabricantes (VENÂNCIO, 2014). Para isso, os profissionais do ramo de engenharia civil, arquitetura e construção utilizam um método que tem como objetivo elevar a competitividade e melhorar progressivamente o processo de elaboração dos itens. Para que alterações de sucesso aconteçam na implantação das novas ferramentas CAD, são indispensáveis que os profissionais estejam qualificados, que haja o amadurecimento da empresa, táticas de trabalho que se aparelhem com o desenvolvimento do sistema CAD para a modelação que será empregada, métodos e ferramentas corretas que descompliquem os procedimentos projetuais (RUSCHEL; ANDRADE; MORAES, 2013).

O sistema BIM abrange muito mais que apenas uma nova tecnologia em 3D, o ponto principal para compreender o real significado de BIM, é a comunicação do sistema de forma transparente com outros sistemas. Isto é, a competência que o modelo possui de adequar um conjunto de informações geradas por profissionais de diversos ramos, e que utilizam ferramentas informatizadas em diversos casos. Se a chance de modelagens em 3D permanece como a característica mais importante do método BIM, suas utilizações são muito maiores do que apenas uma ação estética. São dados permanentes, que criam um caminho de grandes responsabilidades, podendo auxiliar até na área de seguros, e em questões jurídicas, como por exemplo (EASTMAN *et al.*, 2014).

Ao elaborar um projeto com os métodos convencionais, mais tarde os projetos de arquitetura recebem a adição dos projetos complementares, como o projeto paisagístico, elétrico e hidráulico; incluindo também os profissionais que administram a mesma, tendo a possibilidade de supervisionar os orçamentos, as compras, os calendários de entrega e os outros funcionários. No entanto, com o sistema BIM, a proposta é que estes diversos programas que possuem diferentes finalidades, comuniquem-se entre si e apontem de modo automático soluções adaptadas. Citando como exemplo, temos o caso de um projeto hidráulico e um estrutural, que ao juntá-los o sistema BIM identificou automaticamente um erro, um cano que

inicialmente estava projetado para passar por dentro de uma viga, mas que possivelmente terá que ser realocado, para não afetar a estrutura da edificação. Ou seja, cada projeto pode conter informações que possuem diversas finalidades, como o orçamento da obra, o calendário de entregas e os materiais empregados (CHAGAS; PADILHA JUNIOR; TEIXEIRA, 2015).

As alterações e melhorias para os projetos, são realizados de maneira automática nos orçamentos, nas plantas baixas, cortes e elevações da construção, possibilitando um acréscimo importante na qualidade de representação e de comunicação e, portanto, na qualidade final do projeto (FARR; PIROOZ FAR; ROBINSON, 2014). Pesquisadores que efetuam análises sobre este assunto, listam este grupo de elementos para o progresso planejado e administrado de exemplos de edificações (GARCIA, 2003; KIVINIEMI, 2005). Um grupo responsável por um projeto deve usar, ao mesmo tempo, programas de programação, administração, acompanhamento de obra, estimativo de gastos e de visualização do andamento da construção. Em um meio diferenciado, a engenharia conjunta e a comunicação do sistema de forma transparente com outros sistemas, possuem uma função de grande importância na coordenação da obra (CHENG; LAW, 2002).

Por este ângulo, torna-se pertinente que a administração da qualidade seja essencial para o ramo da construção civil, especialmente para a importância de compatibilizar e elaborar os projetos. A grande relevância da elaboração de sistemas que garantam a qualidade, seja internacional ou nacional, torna-se cada vez mais reconhecido. Estes, precisam levar em consideração as ligações contratuais do ramo, de maneira a fazê-lo operar de modo eficaz. Em contrapartida, as diretrizes e regras também estão dando mais importância para estes controles. As sucessivas exigências do mercado tem reivindicado das construtoras a progressiva busca de diminuição de custos e prazos, e portanto uma alteração do caráter estratégico e produtivo mediante estas circunstâncias (LEÃO, 2013).

O projeto deve ser compreendido como um item indispensável para a construção e elaboração de uma obra, em consequência de uma enorme necessidade no ramo da construção civil de aprimorar a concepção dos projetos, para interagir com o andamento da mesma, pela perspectiva de melhorar e acrescentar mais valor para a edificação finalizada (CHAGAS; PADILHA JUNIOR; TEIXEIRA, 2015).

No Brasil, as instituições que trabalham no ramo da construção civil, são muito inseguras e resistentes perante as novas tecnologias que surgem no mercado. A inserção de novas tecnologias com base na plataforma BIM, contudo, implica na reorganização das mesmas, por meio da reestruturação dos métodos, da inserção de um novo modo de administração das atividades e de uma nova forma de pensar as metodologias de projeto, julgado de um modo

absolutamente integrado. Além de tudo, a utilização do BIM necessita de qualificação dos profissionais da área, obtenção de equipamento novos, e um novo modo de enfrentar e resolver os outros fatores do processo (JUSTI, 2008).

Estas informações são consideradas obstáculos para a implantação de novas tecnologias em instituições direcionadas para o ramo da construção civil, especialmente o sistema BIM. Verifica-se nos Estados Unidos e na Europa, o progresso da utilização do BIM em projetos de engenharia e arquitetura, conduzindo de modo integrado as diversas partes do projeto, da obra e do seu gerenciamento baseado na concepção de modelos virtuais. Em virtude dos perigos e inseguranças, as instituições criam barreiras e esperam a solidificação da tecnologia para implantá-la (NASCIMENTO; SANTOS, 2003).

4 TECNOLOGIA BIM: AVALIAÇÃO SOBRE AS PRINCIPAIS VANTAGENS TÉCNICAS E COMPETITIVAS NA EXECUÇÃO DE PROJETOS DE ENGENHARIA CIVIL

As vantagens da tecnologia BIM no contexto e no modo como visualiza-se o conjunto, cálculos de custo mais precisos, identificação de divergências construtivas e uma implantação com melhor comunicação entre todos os profissionais envolvidos. Em contrapartida, os obstáculos são relacionados às mudanças no modo de trabalhar, oposição e dificuldade de adaptação aos novos programas, e o grande período de tempo que é preciso para se acostumar com as novidades do novo sistema (VOLK; STENGEL; SCHULTMANN, 2013).

De modo oposto do método CAD, que inclui itens chamados de blocos, o sistema BIM contém objetos, comumente, conhecidos como famílias. Estes, acumulam dados técnicos específicos de cada tipo de material de construção. Partindo deste princípio, o sistema tem a possibilidade de não apenas produzir elevações, cortes, quadro de esquadrias, de áreas finais e de revestimentos, mas do mesmo modo estimativas do custo final de uma construção. Deste modo, torna-se viável conduzir cada detalhe do desenvolvimento de um projeto, a começar da etapa preliminar, até a concepção final com a modelagem em 3D da edificação. O sistema BIM pode diminuir em até duas vezes o tempo de produção de um projeto de engenharia civil. Um único indivíduo, com conhecimento inicial do método, pode conseguir uma quantidade maior de dados, do que um grupo de três indivíduos que produzem o mesmo projeto por meio do modo convencional (CAMPOS NETO; PAMBOUKIAN; CRAVEIRO; BARROS, 2012).

Resultados de um estudo prático efetuado na China, indicam que as diferenças financeiras entre projetos são a causa para a implantação do sistema BIM. A análise constatou da mesma forma, que a tipologia de projetos está consideravelmente relacionada com a utilização do método BIM. Complementarmente, as empresas de projetos que trabalham na área pública, em grande parte dos casos tem razões maiores para utilizar o BIM. Tal situação, deve-se pela expansão da identidade da organização e as enormes vantagens identificadas (CAO; LI; WANG; HUANG, 2016).

Os principais benefícios fornecidos pelo método BIM, se constituem na anulação de retrabalho e na aquisição de mais qualidade de dados oferecidos (EASTMAN *et al.*, 2014). É frequente a indicação de que o sistema BIM é o aperfeiçoamento do método CAD. No entanto, diferente do método CAD, o sistema BIM não produz somente a reprodução gráfica dos projetos. A tecnologia BIM viabiliza a combinação de dados de objetos, a retirada de informações e resultados. Um dos principais benefícios, trata-se da diminuição do tempo de

serviço e a diminuição de dúvidas nos projetos, pois quando o projeto é realizado no BIM todos os dados estarão correlacionados e torna-se viável trabalhar com estes dados de modo abrangente, intuitivo, concedendo ao projeto mais confiança e tornando dispensável a compatibilização, pois o projeto já é concebido de forma compatível (MENDES, 2017).

No método convencional do ramo da construção civil, o arquiteto elabora os projetos na mente no modo 3D, entretanto o projeto final é concebido no modelo 2D, todo este procedimento pode complicar o produto final do projeto, sendo possível iniciar o seu cancelamento e a divergência de dados (STEHLING, 2012). Além de se tratar de um instrumento para modelar novas edificações, o sistema BIM pode ser empregado nos estágios de manutenção e reforma das construções, mesmo que este não tenha sido projetado primeiramente com o BIM. É importante que todos os dados referente ao projeto de reforma sejam introduzidos no modelo, para que a administração das reformas sejam efetuadas de modo automatizado (MENDES, 2017).

As vantagens conquistadas a partir da aplicação do sistema BIM são diversas, dentre elas ressalta-se a demonstração em 3D, elaboração automatizada de projetos gráficos, quantitativos de produtos, identificação de falhas no projeto e verificação da competência energética da construção (EASTMAN *et al.*, 2014). Todavia, a utilização deste sistema revolucionário de trabalho esbarra na desconfiança de algumas incorporadoras, companhias de construção e escritórios de projetos, visto que existem inúmeras etapas de implantação do BIM e não há um padrão para a migração do CAD para o método BIM, isto é, a necessidade deve surgir de uma análise única de cada cliente (MEDEIROS; FREIRE, 2016).

Com o emprego do sistema BIM, torna-se viável a identificação de erros e falhas projetuais e a diminuição das compatibilizações que aparecem nas obras, como a ausência de dados e interferências físicas, que levam a refazer grande parte do trabalho, elevando as despesas e acarretado em atrasos (HAYMAKER; SOREMEKUN; BANSAL; WELLE; FLAGER, 2009). Uma infraestrutura com qualidade é um dos coeficientes constituintes da qualidade de vida da região e da produtividade e riqueza por meio de meios de transporte rápidos e eficazes (OLIVEIRA, 2018).

Em uma nação, os sistemas de engenharia civil devem estar francamente conectados ao incremento socioeconômico de um país. A insuficiência na qualidade de tais sistemas interfere francamente na vida em sociedade desta população. A ausência de energia elétrica e o desafio no esquema de transporte de passageiros, como exemplo, são questões evidenciadas em locais onde o sistema de engenharia civil é precário. Usualmente, tais locais são estereotipados como subdesenvolvidos (MCKINSEY, 2013).

A maioria dos países que apresentam melhor eficiência em relação a infraestrutura atingem um nível superior do PIB – Produto Interno Bruto por indivíduo. Uma boa qualidade de infraestrutura parece ser um dos mais importantes pré-requisitos ao veloz progresso em um mercado competitivo. Essa, ainda, é uma garantia de investimento em locais subdesenvolvidos, afora estarem proporcionalmente relacionadas ao coeficiente de desenvolvimento humano. Esse índice considera as condições de saúde, de educação e de estilo de vida dos indivíduos de uma população, esta é uma apreensão constante dos povos desenvolvidos. Para Joshi (2010), o alcance desse crescimento econômico se faz necessário a partir do investimento em infraestrutura, fundamentado em propostas com factibilidade financeira, tratados por meio de boas práticas de comércio.

Na visão de Khan (2014), o êxito econômico de países desenvolvidos poderia ser devido a estes terem primariamente investido no provisionamento de infraestrutura, para apenas após serem conduzidos ao sucesso por seu desenvolvimento econômico. Por sua vez, Herrmann (2012) subdivide as vantagens permitidas por uma razoável infraestrutura de engenharia civil em sete itens: a redução do prazo de viagem; as despesas com transporte; a segurança; os produtos sociais à população atingida pela proposta; a criação de postos de trabalho nas fases de implantação, de operação e de preservação; a capacidade da região em diversificar-se economicamente; e a elevação na atratividade econômica da região.

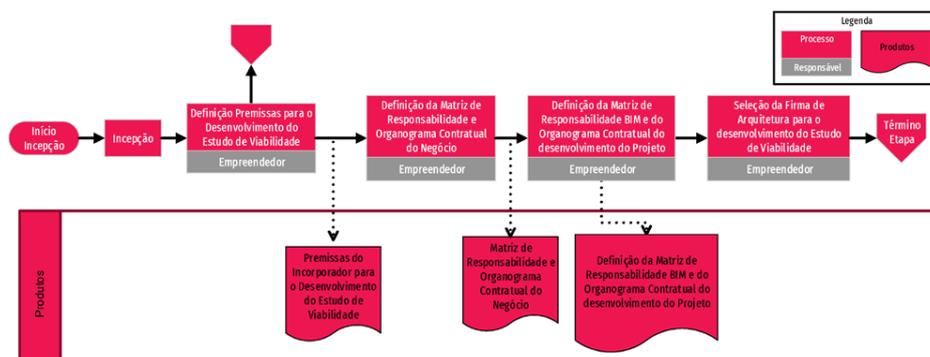
A partir da segunda metade do século XX, a maior parte das nações desenvolvidas passaram a investir massivamente no campo da construção de infraestruturas, o que permitiu o avanço de tais países. Entretanto, a preservação de infraestruturas de engenharia civil tem sido um enorme desafio para tais nações. Por exemplo, nos Estados Unidos, cerca de 57% das despesas totais em infraestrutura no ano de 2014 foi destinada somente para a operação e a conservação da infraestrutura pré-existente (PARLIKAD, 2016).

Presentemente, os maiores desafios a serem encarados pela área de infraestrutura compreendem não apenas a concepção de obras novas, mas ainda a preservação das obras já existentes. Em várias situações, a manutenção em si é dependente da expansão da capacidade, passando a ser mais difícil do que uma mera manutenção de nível de serviço. As obras de infraestrutura comumente apresentam múltiplos stakeholders, e tal fato poderia ser um problema caso a meta seja atender às condições e às expectativas de todos. Afora isso, em função de apresentar diversas disciplinas, o desafio da conformidade de propostas passa a ser um complicador desse tipo de obra (KENSEK, 2018).

As dificuldades e as soluções de infraestrutura são subdivididos em classes, o acompanhamento ativo e a presciência de problemas, em virtude do enorme volume de obras

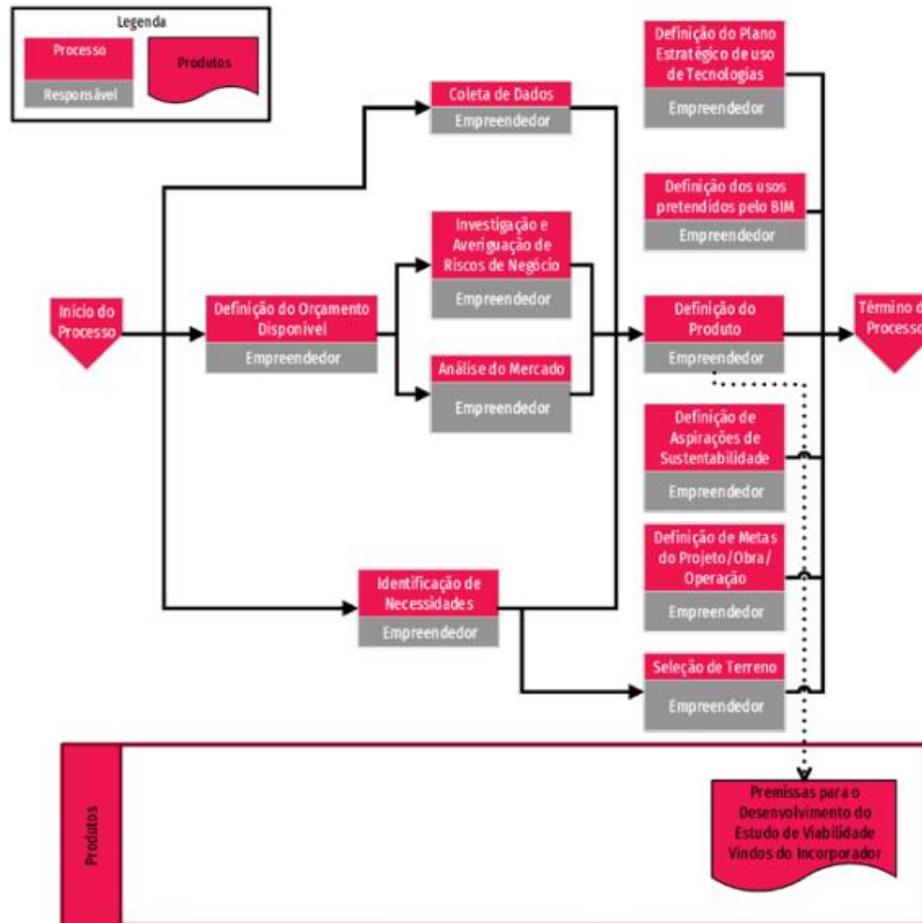
de infraestrutura, pode ser bastante difícil o exame e o acompanhamento de maneira manual, embora com o progresso das novas tecnologias tal acompanhamento possa ter sido facilitado; o gerenciamento de dados, no mesmo formato da inovação tecnológica, o gerenciamento de dados pode ser um instrumento na previsão de situações de risco, de surpresas e de fracassos, sendo um instrumento vital à compreensão e ao envolvimento dos stakeholders e, afora, à escolha por um sistema de dados estandardizado que permita a permuta de informações entre as diversas disciplinas da proposta, abreviando o método de fluxo do projeto; a otimização do investimento, o mais eficaz gerenciamento de dados tem por meta otimizar os investimentos, na forma de os recursos serem investidos considerando os riscos oferecidos pela gestão de dados; a modificação da cultura organizacional, com a implementação de um sistema eficiente de gestão de obras de infraestrutura, com a mudança de processos, de metodologias, de procedimentos e, até, das estruturas organizacionais – Figura 6 e Figura 7 (PARLIKAD, 2016).

Figura 6 - Fluxograma para a fase de injeção



Fonte: ABDI (2017, p. 36).

Figura 7 - Subprocesso de definição de premissas



Fonte: ABDI (2017, p. 37).

O BIM pode ser entendido como um método poderoso à solução de tais dificuldades, já que a partir do auxílio de seus instrumentos de compatibilização de múltiplas disciplinas e da visualização em três dimensões seria muito mais fácil o entendimento da complexidade dos stakeholders. Seus instrumentos, ainda, utilizam bancos de dados, o que permite uma facilidade maior na gestão das informações (KYMMELL, 2015). A modificação na cultura e a otimização dos investimentos incluem alterações muito pragmáticas aos componentes de todas as etapas, a contar da concepção do projeto até a operação e conservação das obras de infraestrutura. Na implantação do método BIM, por conseguinte, os usuários necessitarão ser conduzidos a uma mudança de cultura. Ao passo que o uso do BIM em edificações tem crescido de forma exponencial, o progresso do uso do BIM sobreposto à infraestrutura de engenharia civil ainda se encontra limitado e marchando a passos brandos (BAE *et al.*, 2015).

As obras de infraestrutura são a explicação para o progresso social e econômico dos países. A aplicação de métodos recentes e aperfeiçoamentos de processos em propostas e operações neste campo é uma questão fundamental. Ao considerar a capacidade geral, o BIM é

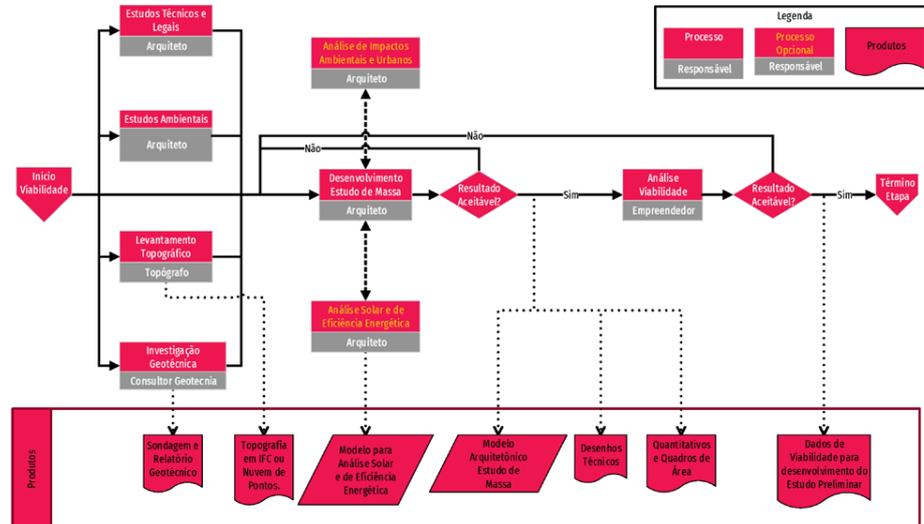
um importante aliado ao progresso da qualidade de obras de infraestrutura ao longo de seu ciclo de vida (COSTIN, 2018). Não obstante, entre os anos de 2012 e 2017, foi observado um considerável crescimento na escolha do BIM para obras de infraestrutura, em cerca de cinquenta por cento dos projetos, entre 20% e 52% em certos países da Europa e dos Estados Unidos. De acordo com um estudo realizado entre inúmeras organizações da França, Alemanha, Estados Unidos e Reino Unido, foi verificado que entre as companhias que realizam projetos de túneis, cerca de 86% adotam o BIM em seus projetos. Uma taxa mais reduzida é observada na construção de estradas, onde 76% das corporações fazem uso de projetos de com o BIM como ferramenta (JONES, 2017).

O BIM tem possibilidade de ser usado como ferramenta de gestão de risco, com o propósito de aumentar a segurança. Um planejamento em 4D, pela adição da variável tempo no modelo, isto é, o planejamento e a definição da sequência e do prazo das atividades pode auxiliar na avaliação do risco em um empreendimento. O BIM pode auxiliar os especialistas na redução e na busca de falhas durante a etapa de construção, os quais podem elevar a produtividade e diminuir os riscos ligados ao tempo e às despesas, podendo ser simulados, concebidos, quantificados e caracterizados por meio do uso da metodologia (COSTIN, 2018).

A adoção do BIM justaposto à infraestrutura de engenharia civil, como em uma edificação de corredor de metrô via subterrânea, ao longo da etapa de construção, diminui as questões de coordenação entre as várias etapas incluídas no trabalho multidisciplinar, como também intensifica o trabalho cooperativo, sendo capaz de reduzir o risco e o custo total da obra. Assim sendo, permite aos gestores do projeto a análise do potencial e da economia criada pela adoção do método, bem como alertá-los sobre as prováveis decorrências no caso de um gerenciamento de risco e uma idealização de prazo e despesa não terem sido seguidos (SARKAR, 2016).

A prototipagem virtual, a demonstração e o design da infraestrutura traz consigo diversas vantagens à indústria por meio de uma mais acurada idealização e uso das informações, com efeitos positivos a contar da etapa de estudo de viabilidade, pela comparação dos variados panoramas de design, concepções dos processos construtivos, pesquisas acerca da viabilidade do projeto e da documentação necessária – Figura 8 (COSTIN, 2018).

Figura 8 - Fluxograma exemplo de estudo de viabilidade e respectiva planilha correlacionada

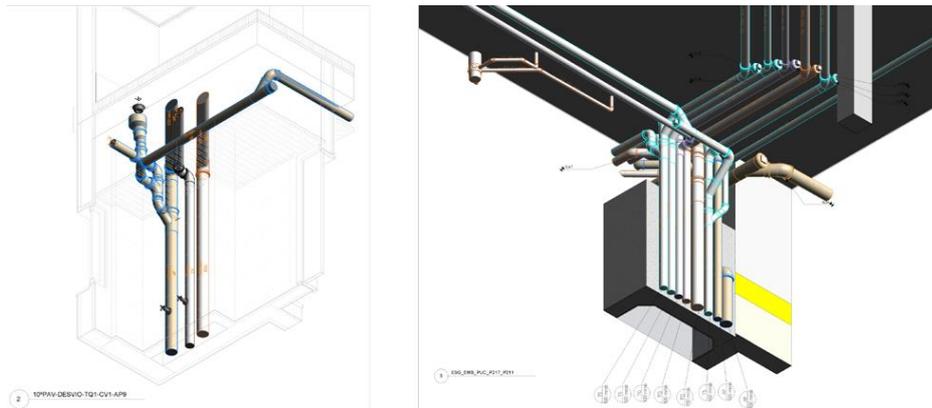


Fonte: ABDI (2017, p. 43).

Uma outra vantagem proporcionada pelo uso do método BIM é na avaliação do desenvolvimento sustentável e uso de energia ao longo do ciclo de vida de uma construção de infraestrutura de engenharia civil. Tal avaliação pode incluir relevantes informações para compor um estudo de economia de energia para a sinalização e a iluminação de uma estrada e o volume de combustível necessário à preservação dos equipamentos (MARZOUK *et al.*, 2017).

De acordo com o ponto de vista de Jones (2017), os benefícios mais importantes em propostas desfrutadas pela adoção do BIM neste tipo de obra incluem a melhoria no processo de habilitação de projetistas com pouca experiência, a elevação na habilidade de fornecer serviços, a implementação de um processo de concessão de projeto mais recursivo, conservação e acréscimo no portfólio, bem como a redução no prazo gasto com documentação e mais tempo dedicado ao design. Por meio da Figura 9, verifica-se um projeto visual referente a uma instalação industrial criada com recursos 3D.

Figura 9 - Exemplo de desenho de instalações com detalhes 3D

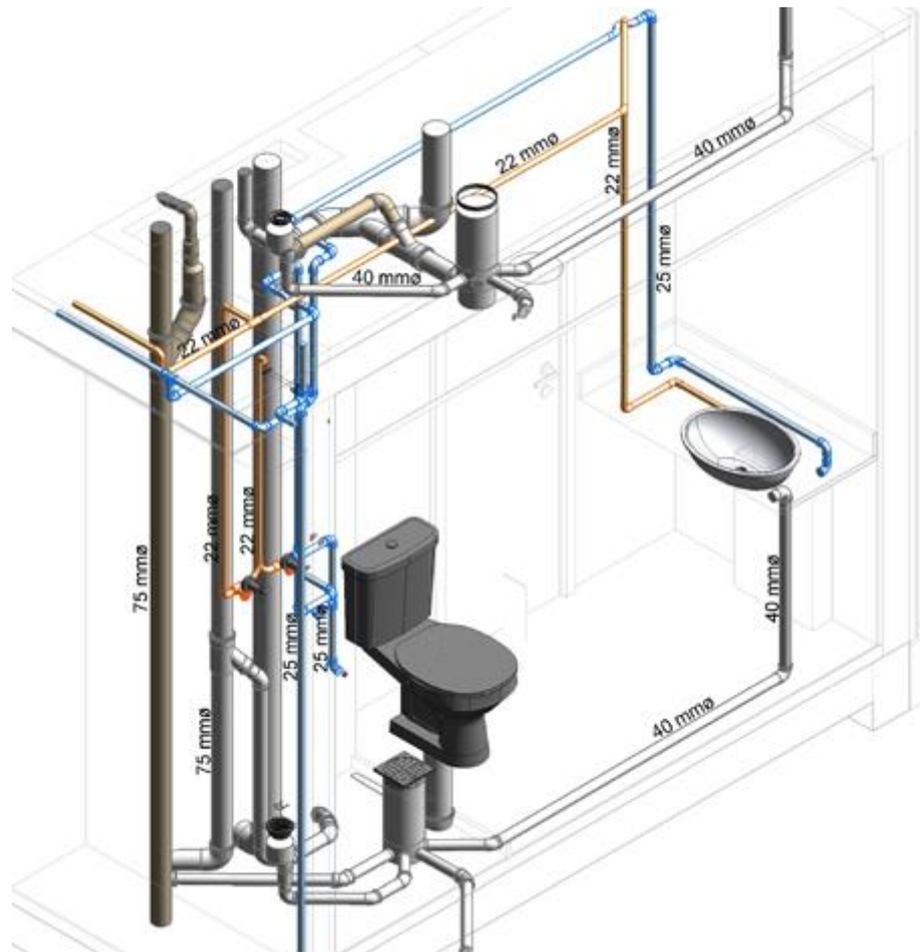


Fonte: ABDI (2017, p. 48).

A conexão entre o Sistema de Informações Geográficas (SIG ou GIS) e os padrões BIM é um ponto crucial nesse tipo de construção, em virtude de apresentarem grandes dimensões dependendo de sua localização geográfica. Tal conexão permite uma avaliação eficaz das despesas adicionais, tais como no caso de desapropriações. No SIG, estão incluídos os equipamentos e as ferramentas que possibilitam o manuseio, o armazenamento e a avaliação de informações espaciais. Os sistemas computacionais que se baseiam em SIG demonstram uma base de dados georreferenciada, permitindo o manuseio de informações geoespaciais. Em virtude disso, apresentam grande valor em obras de engenharia, possibilitando a concepção de padrões conectados com informações de seu entorno, isto é, coleções de água, zonas sob risco de inundação, áreas urbanas, zoneamentos e outros (BRANDÃO, 2014).

Uma outra vantagem relevante em um modelo BIM é a simples renderização de projetos, possibilitando uma conversação com o cliente de maneira eficaz e rápida. Frequentemente, o cliente não tem os conhecimentos necessários à concepção de um objeto considerando visualizações em somente duas dimensões (KASSEM; AMORIM, 2015). Assim, a renderização e a concepção de objetos tridimensionais ocorrem de maneira pouco trabalhosa, cuja característica é uma das propriedades mais atrativas da modelagem em BIM, considerando-se o alto nível de realidade em cada projeto criado – Figura 10.

Figura 10 - Isométricas enriquecidas e realísticas



Fonte: ABDI (2017, p. 53).

Uma das maiores dificuldades em obras de grandes dimensões é a perda de dados ao longo do projeto. Construções de tal porte trazem consigo a exigência de uma quantidade enorme de informações para que seu dimensionamento seja efetivo. A maneira com que a exigência de projetos de rodovias ocorre no território nacional bloqueia sobremaneira o sistema de avaliação das interferências entre os empreendimentos. Uma visualização em duas dimensões torna árduo e trabalhoso verificar tais aspectos, podendo ser, frequentemente, tais serviços abandonados pelos departamentos responsáveis (CHAGAS, 2020).

A modelagem virtual parametrizada tem o poder de facilitar, e muito, a avaliação de possíveis antagonismos entre os projetos, as despesas e as verificações de normatizações. Vários softwares BIM possibilitam a verificação de tais antagonismos de maneira simples e rápida. Para a construção de pontes, o BIM tem sido um instrumento largamente competente na fase do projeto e da obra (HUANG *et al.*, 2011). A aplicação do BIM pode se dar ao longo de todo o ciclo de vida da construção de uma ponte (COSTIN, 2018). O uso do BIM aperfeiçoa a aptidão e a exatidão dos desenhos, afora a construtibilidade e possibilita uma colaboração maior

entre os elementos, em função da modelagem virtual em 3D inteligente da ponte, onde podem ser encontradas todas as informações necessárias ao ciclo de vida de tal estrutura (OKASHA; FRANGOPOL, 2011).

Uma das divisões do BIM trabalha com as verificações de pontes, já que a maior parte das inspeções são feitas de forma manual. Verificações manuais tendem a ser difíceis, imperfeitas e pessoais, em virtude da dependência da interpretação individual durante sua condução (HÜTHWOHL, 2016). Inúmeras metodologias alternativas têm sido criadas e usadas na obtenção de dados, tais como sensores de modificações e esforços, sensores wireless, métodos robóticos, UAS (sistemas aéreos automatizados) ou UMV (veículos marítimos automatizados). Afora tais instrumentos, o laser scanning é um método que se torna muito promissor no ramo, já que a contar de uma nuvem de pontos obtida por tais instrumentos é plausível arquivar e manusear a mesma em um padrão BIM com vistas ao acompanhamento e análise de possíveis falhas nos elementos da ponte (COSTIN, 2018).

Algumas pesquisas foram conduzidas com vistas a estabelecer e autenticar propostas para o uso de BIM na construção de pontes. O trabalho de Tanaka *et al.* (2016) trouxe a proposta de um modelo de informação, fundamentado em IFC, com o propósito de dar apoio na inspeção de pontes. Por sua vez, Al-Shalabi *et al.* (2015) idealizaram um modelo BIM para a prática e validação de inspeções em pontes pelo uso do método da nuvem de pontos. Os resultados obtidos por Al-Shalabi *et al.* (2015) sugeriram que, embora existam inúmeras dificuldades em uma implantação da metodologia, diversos especialistas da indústria creem que o BIM usado na construção de pontes tem a capacidade de auxiliar de forma significativa no processo de acompanhamento, alcançando a diminuição das despesas com conservação e conserto.

Embora o BIM usado em pontes possa parecer trazer um custo significativo ao projeto em fases iniciais, algumas pesquisas indicam que tal despesa adicional traz uma relevante viabilidade ao longo da fase de construção do projeto. O valor de emprego da metodologia usada em pontes equivale somente a uma fração de no máximo 15% do total da economia criada pela implantação do processo. A exatidão e a simples e rápida documentação são capazes de trazer muitos lucros financeiros, técnicos e ainda auxiliar na condução de prevenções e planos, suscitando múltiplos benefícios para os stakeholders do empreendimento (COSTIN, 2018).

Além disso, o BIM ainda pode ser usado em projetos para o alinhamento de estradas de ferro, seja na etapa de design seja na operação. A revisão de benefícios realizada por Kurwui *et al.* (2017) quanto à associação de funcionalidades do BIM e do GIS em ferrovias indicou as vantagens encontradas no suporte à tomada de decisões e à integração com a etapa de construção. Na mesma linha, Jubierre e Borrman (2015) utilizaram tal metodologia em um

modelo de túnel ferroviário em Munique, e os resultados verificados demonstraram que a técnica poderia ser aplicada para projetos e modificações de túneis ferroviários, já que conferem flexibilidade em modificações, mantendo a consistência do modelo. Um modelo BIM foi adotado por Zak e Macadam (2017) em uma modelagem e atualização de uma estação ferroviária na República Checa.

Ultimamente, várias pesquisas procuraram elevar e aperfeiçoar o grau de armazenamento e uso de informações, com vistas ao aumento da eficácia do fluxo de projeto em túneis. O BIM parece ser uma ferramenta essencial nesta finalidade. O estudo de Sugiyama *et al.* (2013) propôs a utilização de dispositivos de visualização e acompanhamento das condições da câmara de corte de túneis. Para Amann *et al.* (2013) que desenvolveram um modelo de alinhamento fundamentado em IFC para a standardização de uma forma de permuta de dados para o design e conservação de obras de túneis, o resultado obtido em um modelo de alinhamento bastante versátil seria capaz de ser integrado a outras extensões de infraestrutura que usam IFC, tais como o IFC-Bridge, para pontes.

A proposta de Tagliari (2018) foi a realização de traçados de túneis com base nas aplicações BIM. Em seu trabalho, se deu a proposta de um modelo paramétrico de acepção automática de perfis de túneis desde um alinhamento definido de antemão. A modelagem produzida continha dados de quantitativos que possibilitavam uma avaliação rápida e eficiente da viabilidade do traçado. O uso de simulações e de modelos virtuais para projetos de aeroportos também reduzem de forma significativa a ocorrência de falhas de projeto e de operação (COSTIN, 2018).

Em função de sua complexidade, o BIM pode auxiliar na redução dos problemas de organização de projetos nos terminais de aeroportos pois simplifica a percepção de intervenções entre as diferentes disciplinas que compõem um terminal de aeroporto (BADRINATH *et al.*, 2016). Na visão de Costin (2018), afora a questão da organização de projetos, o BIM também auxilia na avaliação das condições do entorno da obra, como a modelagem do consumo de energia ou dos possíveis impactos ambientais. De acordo com Cheng *et al.* (2016), a aplicação do BIM em planos e projetos de aeroportos permanece em fases incipientes, quando comparado ao seu uso em túneis e pontes, e existe um largo campo para o desenvolvimento de pesquisas neste contexto.

A preferência pelo BIM em empreendimentos rodoviários é um dispositivo muito útil na etapa do projeto, diminuindo o prazo e o trabalho na etapa de elaboração da proposta, das demandas dos usuários, bem como na elevação da precisão na retirada de montantes, mitigando erros construtivos e o risco de superfaturamento de obras (BRANDÃO, 2014). O BIM também

pode ser considerado como uma importante ferramenta no aperfeiçoamento das etapas de projeto para novas estradas e rodovias, podendo ser usada no design, no planejamento, e na conservação das mesmas (REEDER; NELSON, 2015).

Consoante Kim *et al.* (2014), a procura por opções para distintos traçados é uma função mais enfadonha e que exaure tempo e dinheiro. Na referida pesquisa houve a proposta de um modelo que usa a orientação por objetos com vistas à automatização do cálculo de despesas e prazo de execução em uma obra rodoviária. Foi constatado que, pela aplicação de um modelo 3D guiado a objetos, é possível obter um significativo impacto na redução do consumo de tempo e trabalho, quando comparado a distintos alinhamentos.

Um modelo de três alinhamentos 3D a fim de comparar o cálculo de corte de aterro entre eles foi conduzido por Augustine e Eldhouse (2016). Os resultados obtidos sugeriram resultados admissíveis, com tempo de projeto reduzido, em comparação com métodos tradicionais. A construção de estradas e rodovias segue uma sequência de normas repetitivas no decurso de toda sua extensão. Tais normatizações podem ser automatizadas pela adoção de ferramentas BIM (COSTIN, 2018).

Os estudos desenvolvidos por Mawlana *et al.* (2015), a contar do uso de procedimentos de modelagem 4D – a fim de otimizar a sequência de atividades de construção de rodovias –, constataram uma significativa otimização de recursos e uma redução do desperdício. Ademais, o trabalho citado verificou uma melhora na etapa do planejamento da viabilidade e nas etapas de detecção de colisões de atividades, ajudando no processo decisório. Para Sankaran *et al.* (2016), os mais importantes empecilhos para o desenvolvimento do BIM em planejamentos públicos de rodovias encerram-se na implantação de processos de criação do projeto e na ausência de clareza e recursos jurídicos para a declaração de cláusulas contratuais. Não obstante, Sankaran *et al.* (2016) concluíram que o BIM é capaz de auxiliar na entrega de projetos de rodovias integralmente digitais.

Na visão de Brandão (2014), podem ser citados inúmeros benefícios contraídos em função da integração do BIM a projetos rodoviários. O uso do BIM para a retirada de montantes na fase de terraplenagem e de movimentação de terra, a remoção de montantes das camadas da estrutura de pavimento de uma rodovia, a avaliação de interferências entre as rodovias e os aparelhos de drenagem das cidades e a integração entre o BIM e o GIS figuram entre as mais importantes funcionalidades que as ferramentas proporcionam.

A proposição geométrica de uma estrada depende de sua velocidade diretriz. Os raios de curvas horizontais, as curvas parabólicas verticais, as extensões das pistas, todos são determinados de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo especialista em projetos. Uma

das propriedades de um modelo BIM é a elaboração de modelos paramétricos, oportunizando ao cliente um projeto de estrada de maneira rápida e mais simplificada, esboçando automaticamente os raios de acordo com a necessidade e os critérios informados (CHAGAS, 2020). Afora o projeto geométrico da rodovia, também é possível dimensionar os componentes secundários da rodovia, tais como os itens que estabilizam os taludes, a drenagem, o pavimento, entre outros. De forma geral, tais componentes também podem ser modelados de forma paramétrica, permitindo uma redução no trabalho do projetista (MULLER, 2017).

O alinhamento de uma rodovia incide em um objeto geométrico consecutivo com três dimensões incluindo várias camadas, afora a terraplanagem, integrando a base, a sub-base, o pavimento, a calçada, o acostamento, entre outros. Deste modo, a criação de um modelo que contenha todos os elementos da estrada é de vital importância. A metodologia convencionalmente escolhida na elaboração de projetos de pavimentação de estradas inclui uma série de esboços bidimensionais que trazem uma certa dificuldade na descrição completa e integral de um empreendimento, uma vez que a representação de um objeto tridimensional carece de muitas visões a fim de representá-lo integralmente (BRANDÃO, 2014).

5 METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado com base em prestigiados autores e suas obras publicadas na área de Engenharia Civil. Para o desenvolvimento desse estudo, foi utilizada a metodologia de Revisão da literatura, a qual, segundo Marconi e Lakatos (2017), baseia-se no levantamento de um grande volume de publicações, na forma de livros, periódicos, publicações avulsas e imprensa escrita. Seu intuito reside no contato direto do pesquisador com o material publicado acerca de um determinado assunto, tal contato permite que o autor compreenda sua pesquisa.

A Revisão Bibliográfica Narrativa inclui a leitura crítica, questionadora e seletiva das publicações selecionadas de forma a destacar os aspectos mais relacionados ao problema de pesquisa (BENTO, 2012). O referencial teórico é essencial para fornecer o embasamento teórico necessário à robustez do trabalho, permitindo a discussão de ideias entre os autores mais relevantes na área pesquisada. Segundo Martins e Pinto (2001), tal procedimento é essencial a compreensão de conceitos, bem como para a condução de novos estudos sobre o tema.

No que tange ao tipo de pesquisa, optou-se pela pesquisa qualitativa, um importante ponto de referência ao pesquisador, o qual é responsável pela pesquisa extensa e sua avaliação crítica (CAJUEIRO, 2012). Deste modo, um procedimento metodológico orientado por uma pesquisa qualitativa avalia as informações obtidas e é capaz de apresentar conclusões relevantes, de acordo com um dado problema de pesquisa pré-determinado (ROTHER, 2007).

A pesquisa qualitativa nesse estudo é exploratória, pois é o método que possui maior identificação com a metodologia de Revisão Bibliográfica Narrativa (Revisão de Literatura), cuja metodologia foi adotada para o desenvolvido deste artigo. Ressalta-se um importante conceito sobre pesquisa exploratória:

Pesquisa exploratória é quando a pesquisa se encontra na fase preliminar, tem como finalidade proporcionar mais informações sobre o assunto que vamos investigar, possibilitando sua definição e seu delineamento, isto é, facilitar a delimitação do tema da pesquisa; orientar a fixação dos objetivos e a formulação das hipóteses ou descobrir um novo tipo de enfoque para o assunto. Assume, em geral, as formas de pesquisas bibliográficas e estudos de caso. (PRODANOV; FREITAS, 2013, p. 51-52).

Nesse ínterim, a metodologia de Revisão Bibliográfica Narrativa objetiva buscar em bases de dados, identificar os artigos, avaliá-los e proceder à sua discussão. Verifica-se que a Revisão Bibliográfica Narrativa, método de escolha adotado, visa a apreensão e a análise dos fundamentos de natureza científica, isto é, de trabalhos de impacto científico, publicado em periódicos, jornais e/ou outros meios científicos nacional e/ou internacional (DEMO, 2009).

Assim, conclui-se que a metodologia de Revisão Bibliográfica Narrativa, com base em uma pesquisa qualitativa exploratória, pode estimular uma discussão coerente quanto ao objeto de estudo, buscando conclusões inovadoras e permitindo o desenvolvimento de outros estudos posteriores com o intuito de ampliar as reflexões sobre o tema (SOUSA; FIRMINO; MARQUES-VIEIRA; SEVERINO; PESTANA, 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aferiu-se que, mesmo diante de muita resistência no Brasil, se o procedimento de implantação da tecnologia BIM ocorre de modo organizado, de acordo com as etapas e procedimentos adequadamente planejados, sob coordenação técnica especializada, os profissionais da área de engenharia civil, ao detectarem os diversos benefícios técnicos e competitivos sobre o uso da tecnologia BIM tendem a aceitar o novo método. Atuar com a tecnologia BIM trata-se de conhecer e praticar um novo modo de elaborar um projeto, por isso seu procedimento de inserção é tão complicado, é necessário renunciar a determinadas educações e princípios e admitir que a cooperação e a comunicação fornecem um amplo campo de benefícios para este procedimento, diferente do modo individual e convencional de efetuar um projeto.

Avaliou-se que a principal razão para procurar o sistema BIM, é aperfeiçoar a nitidez e o modo como vemos os projetos, levando em consideração que é de grande importância que um projeto seja muito bem retratado e com uma interpretação clara e descomplicada. O maior obstáculo que se encontra na migração do método CAD para o modelo BIM, tem relação com o preparo e qualificação para usar o sistema, que necessita de muito tempo e investimentos dos profissionais das organizações.

Observou-se que o emprego do BIM nas organizações, oportuniza diversas vantagens, ao compararmos com o sistema CAD, que satisfazem amplamente os profissionais do ramo de projetos. Aperfeiçoar o modo de visualizar o projeto em 3D, minimizar falhas de projeto e descomplicar a compatibilização com os projetos complementares, são algumas das vantagens, que impactam e modificam severamente o tempo e a qualidade dos projetos.

Confirmou-se que um dos principais prós de empregar o método BIM é a simplicidade em compatibilizar os projetos de arquitetura com os outros projetos. Ter um programa que de modo fácil e rápido, reconheça e faça com que os profissionais da área solucionem as incompatibilidades entre os projetos e satisfação quem irá construir o edifício. Possuir um projeto bem compatível e com leitura fácil e clara, acrescenta valor e diminui o tempo de execução.

Investigou-se que projetos incompatíveis ocasionam desperdício de tempo para os profissionais da construção, pois, por exemplo, precisarão pensar em uma forma de resolver e compatibilizar os encanamentos com a estrutura arquitetônica, além de poder gerar outras possíveis falhas projetuais ao longo do caminho.

Verificou-se que, por meio da metodologia BIM, é aceitável a produção de um projeto conceitual de uma rodovia de maneira rápida e eficaz. A clareza de modificação de propostas de projetos possibilita a condução de vários modelos, avaliando distintos traçados.

Averiguou-se que a preparação de um modelo 3D interligado a um meio real oportuniza validar uma maior e melhor idealização do projeto, muito eficaz na tomada de decisões em etapas conceituais, já que admite a avaliação de conflitos e ingerências em seu entorno. A probabilidade de migração desse modelo conceitual para um dispositivo de criação de projetos executivos parece ser muito produtiva em decorrência de uma diminuição do retrabalho e de avaria de dados já modelados.

Constatou-se que a investigação de normas, no que concerne à geometria da estrada, é conduzida de forma automática, reduzindo a necessidade de aplicar rotinas de estimativas para cada um dos trechos por parte do projetista. Uma modelagem paramétrica torna mais fácil a remoção de montantes de maneira dinâmica, já que permite quantificar os componentes que, por sua conta, associam-se aos critérios geométricos. Tal situação permite a obtenção de dados de forma independente do volume de modificações propostas de forma instantânea.

Concluiu-se que a metodologia BIM é um recurso tecnológico com alto nível de desempenho, capaz de oferecer importantes vantagens referente ao desenvolvimento de projetos relacionados a infraestrutura de transportes e rodovias.

REFERÊNCIAS

- ABDI. **Processo de projeto BIM**. Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Processo de Projeto BIM: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC / Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. – Brasília, DF: ABDI, 2017. v. 1, 82 p. ISBN 978-85-61323-43-1. Disponível em: https://mutual.com.br/wp-content/uploads/2018/01/GUIA-BIM01_20171101_web.pdf. Acesso em: 22 jun. 2020.
- ADDOR, M. **BIM**. v. 8. São Roque: Fórum Asbea, Encontro Regional, 2009.
- AL-SHALABI, F. A.; TURKAN, Y.; LAFLAME, S. **BIM implementation for documentation of bridge condition for inspection**. Proceeding in 5th International/11th Construction Specialty Conference, Vancouver, Canadá. 2015.
- AMANN, J.; BORRMANN, A.; HEGEMANN, F.; JUBIERRE, J. R. **A refined product model for shield tunnels based on a generalized approach for alignment representation**. Proc. in International Conference on Civil and Building Engineering Informatics (ICCBIE). 2013.
- AUGUSTINE, A.; ELDHOUSE, S. **3D Model for Highway Alignment**. 2016.
- AZHAR, S. **Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry**. pp. 241-252, jul. 2011. Leadership and Management in Engineering, 2011.
- BADRINATH, A.; CHANG, Y.; LIN, E.; HSIEN, S.; ZHAO, B. **A preliminary study on BIM enabled design warning analysis in T3A Terminal of Chongqing Jiangbei International Airport**. Proceeding in International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE). 2016.
- BAE, A; LEE, D.; PARK, B. **BIM utilization for optimizing milling quantity and HMA pavement overlay quality**. Canadian Journal of civil engineering, Research Gate, 2016.
- BARONI, Larissa L. **Os desafios para implementação do BIM no Brasil**. PINI: Construção Mercado, 2011.
- BENTO, António V. **Como fazer uma revisão da literatura: considerações teóricas e práticas**. Revista da Associação Académica da Universidade da Madeira, Funchal, n. 65, ano VII, p. 42-44, maio 2012. ISSN: 1647-8975.
- BIBLUS BLOG. **IFC e BIM: IFC, o que é e para que serve? Qual é a ligação com o BIM?** ACCA Software, BibLus Blog, 20 mar. 2017. Disponível em: <http://biblus.accasoftware.com/ptb/ifc-o-que-e-e-para-que-serve-qual-e-a-ligacao-com-o-bim/>. Acesso em: 4 jun. 2020.
- BIRX, G. W. **Getting started with Building Information Modeling**. The American Institute of Architect – Best Practices, 2006.
- BRANDÃO, Rogério de Almeida. **Avaliação do uso de BIM para o estudo de obras de infraestrutura viárias**. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

CAJUEIRO, Roberta Liana Pimentel. **Manual para elaboração de trabalhos acadêmicos: guia prático do estudante.** 3. ed. [S. l.]: Vozes, 2012. 112 p. ISBN-10 853264354X. ISBN-13 978-8532643544.

CALMON, Carlos Eduardo. **Implantação do BIM em projetos civis no escritório de arquitetura.** Vitória, 2016.

CAMPBELL, D. A. **Building Information Modeling: the Web3D application for AEC.** pp. 173-176. ACM, New York: ACM, 2007.

CAMPOS NETO, S.; PAMBOUKIAN, S. V. D.; CRAVEIRO, M. V.; BARROS, E. A. R. **Estudo comparativo de ferramentas computacionais que utilizam tecnologia BIM para desenvolvimento de projetos de engenharia civil.** In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Belém, 2012.

CAO, D.; LI, H.; WANG, G.; HUANG, T. **Identifying and contextualising the motivations for BIM implementation in construction projects: An empirical study in China.** International Journal of Project Management, Elsevier, 2016.

CARDOSO, A.; MAIA, B.; SANTOS, D. **BIM: O que é?** 2012. 27 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil). FEUP - Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Porto: FEUP, 2013.

CHAGAS, Julio Surreaux. **Manual de gestão de projetos de engenharia nas indústrias.** Aplicação da metodologia FEL e BIM. Novas Edições Acadêmicas, 2020. 60 p. ISBN-10: 613981071X. ISBN-13: 978-6139810710.

CHAGAS, Leila Soares Viegas Barreto; PADILHA JUNIOR, Marcos Antonio; TEIXEIRA, Eduardo da Cruz. **Gestão da Teconologia: uso do sistema BIM para a compatibilização de projetos.** ENEP 2015 - XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Fortaleza, CE, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2015. Perspectivas Globais para a Engenharia de Produção, 2015.

CHENG J. C. P.; LU, Q.; DENG, Y. **Analytical review and evaluation of civil information modeling.** Automation in Construction. 2016.

CHENG, J.; LAW, K. H. **Using Process Specification Language for Project Information Exchange.** 3º International Conference on Concurrent Engineering in Construction. Berkeley: University of California, 2002.

COSTA, E. N. **Avaliação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos.** Ouro Preto: UFOP, 2013.

COSTIN, Aron. **Building Information Modeling (BIM) for transportation infrastructure: Literature review, applications, challenges and recommendations.** Automation in Construction, Elsevier, 2018.

DANTAS FILHO, João Bosco Pinheiro; AMORIM, Gustavo Bruno de Andrade; TABATINGA NETO, José Lopes; SOUZA, André Felipe Rodrigues de; BERTINI, Alexandre Araújo; BARROS NETO, José de Paula. **BIM em construtora.** Prototipagem e

compatibilização de projetos de alvenarias e instalações. VII ETICC - Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção. Edificações, Infra-estrutura e Cidade: Do BIM ao CIM. Recife 4 a 6 de novembro de 2015. TIC 2015. Recife: ETICC, 2015. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3.amazonaws.com/engineeringproceedings/tic2015/018.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2020.

DEGASPERI, Anderson Borges; MARTINS NETO, Evilazio; DEGASPERI, Fernanda L. Rocha; AGUIAR, Francisco de Amorim; VIVAS, Daniel Rizzo. **Estudo da Tecnologia BIM e os Desafios para sua Implantação**. 2016. 13 f. Faculdade Capixaba da Serra (MULTIVIX). Serra: Multiviz, 2016.

DEMO, Pedro. **Aprendizagens e novas tecnologias**. Revista Brasileira de Docência, Ensino e Pesquisa em Educação Física, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 53-75, ago. 2009. ISSN 2175-8093. Disponível em: <http://www.pucrs.br/famat/viali/doutorado/ptic/textos/80-388-1-PB.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2020.

DURANTE, F. K. **O uso da metodologia BIM (Building Information Modeling) para gerenciamento de projetos: Gerente BIM**. Londrina: UEL, 2013.

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **Manual de BIM**. Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014. 500 p. ISBN-10: 8582601174. ISBN-13: 978-8582601174.

FARR, E. R. P.; PIROOZ FAR, P. A. E.; ROBINSON, D. **BIM as a generic configurator for facilitation of customisation in the AEC industry**. Elsevier, 2014.

FLORIO, W. **Contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em arquitetura**. In: Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil. Porto Alegre, 2007.

FRANK, R. **BIM está mudando a maneira de projetar no mundo inteiro**. jun. 2008. São Paulo: PINIWeb, Noticiário Arquitetura, 2008.

HAYMAKER, J.; SOREMEKUN, G.; BANSAL, P.; WELLE, B.; FLAGGER, F. **Multidisciplinary process integration and design optimization of a classroom building**. v. 14, n. 38, pp. 595-612. aug. 2009. Electronic Journal of Information Technology in Construction, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/259221519_Multidisciplinary_Process_Integration_and_Design_Optimization_of_a_Classroom_Building. Acesso em: 4 jun. 2020.

HERNANDEZ, C. R. B. **Design Procedures: A computational Framework for Parametric Design and Complex Shapes in Architecture**. 2006. 196 f. Tese (Doutorado de Filosofia na Arquitetura: Design e Computação). Departamento de Arquitetura. MIT - Massachusetts Institute of Technology. Cambridge: MIT, 2006.

HERRMANN, Felipe Daniel. **Infraestrutura de transportes: Alavanca da economia**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Junho de 2012.

HUANG, S. F.; CHEN, C. H.; DZENG R. J. **Design of track alignment using building information modeling**. American Society of Civil Engineering (ASCE), 2011.

HÜTHWOHL, P.; LU, R.; BRILAKIS, I. **Challenges of bridge maintenance inspection**. Proceeding in International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE). 2016.

JACOSKI, C. A. **Integração e Interoperabilidade em projetos de edificações - uma implementação com IFC/XML**. 2003. 218 f. Tese (Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas). UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: UFSC, 2003.

JONES, A. Stephen. **The Business Value of BIM for Infrastructure 2017**. Smart Market Report. Dodge Data & Analytics, Belford, 2017.

JOSHI, Geeta S. **Infrastructure development strategies for inclusive growth: India's Eleventh Plan**. India, 2010.

JUBIERRE, J.; BORRMANN, A. **Knowledge-based engineering for infrastructure facilities: assisted design of railway tunnels based on logic models and advanced procedural geometry dependencies**. Electronic Journal Information of Technology Construction. 2015.

JUSTI, A. R. **Implantação da plataforma Revit nos escritórios brasileiros**. v. 3, n. 1, pp. 140-152. DOI: 10.4237/gtp.v3i1.56. Gestão e Tecnologia de Projetos, 2008.

KASSEM, Mohamad; AMORIM, Sergio R. Leusin de. BIM. **Building information modeling no Brasil e na União Europeia**. Diálogos setoriais para BIM. Brasília, DF: Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, 2015. Disponível em: <http://sectordialogues.org/sites/default/files/acoes/documentos/bim.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2020.

KENSEK, Karen M. **Building information modeling**. BIM: fundamentos e aplicações. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018. ISBN-10: 8535267042. ISBN-13: 978-8535267044.

KHAN, N. A. **Infrastructure for Economic Development**. New Dehli: Anmol, 2014.

KIM H.; ORR, K. SHEN, Z.; MOON, H.; JU, K.; CHOI, W. **Highway alignment construction comparison using object-oriented 3D visualization modeling**. Journal Construction Engineering Management. 2014.

KURWI, S.; DEMIAN, P. HASSAN, T. M. **Integrating BIM and GIS in railway projects: a critical review**. ProcEEDING in 33rd Annual ARCOM Conference, Cambridge, 2017.

KYMMELL, Willem. **BIM by example**. Building information modeling. Case studies. McGraw-Hill Professional, 2015. 304 p. ISBN-10: 0071625410. ISBN-13: 978-0071625418.

LEÃO, M. Aulas. **Tecnologias BIM na gestão de empreendimentos na construção civil**. Sinop: FACET - UNEMAT, 2013.

LINO, José Carlos; AZENHA, Miguel; LOURENÇO, Paulo. **Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas**. FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto: FEUP, 2012.

MANZIONE, Leonardo. (2013). **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM**. USP - Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 2013.

_____. (2015). **Estágios de evolução do BIM**. Artigo publicado em 21 de maio de 2015. Disponível em: <http://www.coordenar.com.br/estagios-de-evolucao-do-bim/>. Acesso em: 4 jun. 2020.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia do trabalho científico**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017. 256 p. ISBN-10 8597010665. ISBN-13 978-8597010664.

MARCOS, Micheline Helen Cot. **Método de obtenção de dados de impactos ambientais, durante o processo de desenvolvimento do projeto, através do uso de ferramenta BIM**. 2015. 144 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). USP - Universidade de São Paulo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. São Paulo: USP, 2015.

MARTINS, Gilberto de Andrade; PINTO, Ricardo Lopes. **Manual para elaboração de trabalhos acadêmicos**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2001. 96 p. ISBN 8522430047. ISBN-13 9788522430048.

MARZOUK, M.; EL-ZAYAT, M.; ABOUSHADY A. **Assessing environmental impact indicators in road construction projects in developing countries**. Sustainability. 2017.

MAWLANA, M.; VAHDATIKHAKI, F.; DORIANI, A.; HAMMAD, A. **Integrating 4D modeling and discrete event simulation for phasing evaluation of elevated urban highway reconstruction projects**. Automation in Construction, 2015.

MCKINSEY. **Oportunidades e Desafios para o Setor Brasileiro de Infraestrutura**. São Paulo, 2013.

MEDEIROS, Iago Rios; FREIRE, Fábio. **Modelagem Tridimensional de Projeto Estrutural Utilizando Tecnologia BIM**. Artigo (Graduação em Engenharia Civil). UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campus Apucarana. Curitiba: UTFPR, 2016.

MENDES, Natália Silva. 2017. 71 f. **Desafios na Implantação da Modelagem da Informação da Construção (BIM) na Construção Civil**. UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. Departamento de Engenharia de Materiais e Construção. Monografia (Pós-Graduação em Produção e Gestão do Ambiente Construído). Belo Horizonte: UFMG, 2017.

MENDONÇA, Maria M. **Tecnologia BIM na Arquitetura**. 2008. 103 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2008.

MENEZES, A. M.; PONTES, M. M. **BIM e o Ensino**: possibilidades na instrumentação e no projeto. Fortaleza, 2012.

MOTTER A. G.; CAMPELO H. Q. **Implantação da tecnologia BIM em escritórios de projetos na região de Curitiba** – estudo de casos. 2014. 58 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). UFPR – Universidade Federal do Paraná. Curitiba: UFPR, 2014.

MULLER, Marina. **Interoperabilidade de sistemas CAD-BIM de projetos estruturais via IFC**. Um estudo para concreto armado. Novas Edições Acadêmicas, 2017. 132 p. ISBN-10: 6202030038. ISBN-13: 978-6202030038.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T. **A indústria da construção na era da informação**. Ambiente Construído, Porto Alegre, 2003.

NUNES, G. H.; LEÃO, M. **Estudo comparativo de ferramentas de projetos entre o CAD tradicional e a modelagem BIM**. n. 55, pp. 47-61. Revista de Engenharia Civil, 2018.

OKASHA, N.; FRANGOPOLO, D. **Computational platform for the integrated life-cycle management of highway bridges**. Engineering Structure, ScienceDirect, 2011.

OLIVEIRA, Maurício. **Como abrir os caminhos**. Revista Exame, São Paulo, ed. 1.167, n. 15, 2018.

PARLIKAD, A. K. **Challenges in infrastructure asset management**. University of Cambridge, Reino Unido, 2016.

PRATES, Vinícius. **BIM avança no Brasil**. PINI: Construção Mercado, 2010.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Universidade Feevale, 2013. 277 p. ISBN 978-85-7717-158-3.

REEDER, G. D.; NELSON, G. A. **3D engineered models for highway construction**: the Iowa experience. Iowa Department of Transportation. 2015.

ROTHER, Edna Terezinha. **Revisão sistemática x revisão narrativa**. Acta Paulista de Enfermagem, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 5-6, 2007.

RUSCHEL, Regina; ANDRADE, Max; MORAES, Marcelo. **O Ensino do BIM no Brasil**: onde Estamos? v. 13, n. 2, pp. 151-165, abr./jun. 2013. Porto Alegre: Ambiente Construído, 2013.

SANKARAN, B. O'BRIEN, W. GOODRUM, P. KHWAJA, N.; LEITE, F.; JHONSON, J. **Civil integrated management for highway infrastructure**: case studies and lessons learned. Journal Transportation Research, 2016.

SARKAR, D. **Risk based building information modeling (BIM) for urban infrastructure transport project**. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Structural Construction Engineering, v. 10, n. 8, 2016.

SCHEER, Sérgio; ITO, Armando L. Y.; AYRES FILHO, Cervantes; BEBER, Michelle. **Impactos do Uso do Sistema CAD Geométrico e do Uso do Sistema CAD-BIM no Processo de Projeto em Escritórios de Arquitetura**. 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/266298768_IMPACTOS_DO_USO_DO_SISTEMA_A_CAD_GEOMETRICO_E_DO_USO_DO_SISTEMA_CAD-BIM_NO_PROCESSO_DE_PROJETO_EM_ESCRITORIOS_DE_ARQUITETURA. Acesso em: 4 jun. 2020.

SCHODEK, D.; BECHTHOLD, M.; GRIGGS, J. K.; KAO, K.; STEINBERG, M. **Digital Design and Manufacturing: CAD/CAN Applications in INC**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2007.

SILVEIRA, Thalita de Andrade. **Aplicação do Sistema BIM para um Projeto de Habitação**. Monografia (Graduação em Engenharia de Infraestrutura). UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. Campus de Joinville. Joinville: UFSC, 2016.

SOUSA, Luís Manuel Mota de; FIRMINO, Cristiana Furtado; MARQUES-VIEIRA, Cristina Maria Alves; SEVERINO, Sandy Silva Pedro; PESTANA, Helena Castelhão Figueira Carlos. **Revisões da literatura científica: tipos, métodos e aplicações em enfermagem**. Revista Portuguesa de Estudos Regionais, Angra do Heroísmo, v. 1, n. 1, jun. 2018.

SUGIYAMA, H.; NAKAYA, T.; NAKAYA, A.; IWAI, T. **A visualization technology for shield tunneling: an example of the application to a monitoring system in cutting chamber**. Proceeding in International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE). 2016.

TAGLIARI, P. H. **Análise preliminar de traçado de túneis utilizando a metodologia BIM**. Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina. 2018.

TAKIM, R.; HARRIS, M.; NAWAWI, A. H. **Building Information Modeling (BIM): A new paradigm for quality of life within Architectural, Engineering and Construction (AEC) industry**. Elsevier, 2013.

TANAKA, F.; HORI, M.; ONOSATO, M. **Bridge information model based on IFC standards and web content providing system for supporting an inspection process**. Proceeding in International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE). 2016.

TAVARES, Hugo Giuberti; MACHADO, Cláudio. **BIM Multidisciplinar: Processo de adoção do BIM pela Construtora Lorenge S.A.** 2015.

VENÂNCIO, M. J. **Avaliação da Implementação de BIM – Building Information Modeling em Portugal**. 2015. 374 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil). FEUP - Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Porto: FEUP, 2014.

VOLK, R.; STENGEL, J.; SCHULTMANN, F. **Building Information Modeling (BIM) for existing buildings – literature review and futures needs**. Elsevier, 2013.

ZAK, J.; MACADAM, H. **Utilization of building information modeling in infrastructure's design and construction.** ProcEEDING in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2017.