

# IMPACTOS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BIM NO PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO DE EMPREENDIMENTOS DO MERCADO AEC

## IMPACTS OF BIM METHODOLOGY'S APPLICATION IN PLANNING AND MANAGEMENT OF AEC MARKET ENTERPRISES

Hygor Alves Meireles<sup>1</sup>  
Simone Perruci Galvão<sup>2</sup>  
José Temístocles Ferreira Júnior<sup>3</sup>

### RESUMO

BIM é uma metodologia que visa gerenciar dados de maneira colaborativa no setor da arquitetura, engenharia e construção, proporcionando agilidade e confiabilidade nas fases de planejamento e operação de empreendimentos. Utilizar processos baseados apenas em tecnologia 2D, entretanto, retarda a aplicação dos melhores métodos de modelagem e gestão de dados nessa indústria, frequentemente gerando desentendimento entre agentes envolvidos no projeto. Logo, esse estudo avalia, através de revisão bibliográfica, a evolução da metodologia BIM e os impactos resultantes da sua aplicação no planejamento e gerenciamento de obras. Foram ressaltados dados referentes ao seu desenvolvimento ao longo dos anos, características intrínsecas, normas e legislações vigentes, assim como sua influência nas tendências do setor construtivo. Para análise da literatura, selecionaram-se livros, artigos e dissertações sobre o tema, produzidos entre os anos 2005 e 2020, tomando por critério de escolha o número de citações. Observou-se que as principais consequências da aplicação do BIM são: aumento das cargas de trabalho e aportes financeiros durante implementação, redução de retrabalhos e diminuição de custos globais dos empreendimentos. A criação regular de normas e decretos sobre BIM demonstra a existência de uma tendência de incentivos à sua adoção, visando agregar mais qualidade aos processos e, conseqüentemente, produtos.

**Palavras-chave:** BIM. Modelagem de Informação da Construção. Gerenciamento de dados. Arquitetura, Engenharia e Construção. Automação colaborativa.

### ABSTRACT

BIM is a methodology that aims to collaboratively manage data in the architecture, engineering and construction sector, providing agility and reliability in the planning and operation phases of projects. Using processes based only on 2D technology, however, slows down the application of the best modeling and data management methods in this industry, often generating disagreement between agents involved in the project. Therefore, this study evaluates, through bibliographic review, the evolution of BIM's methodology and the impacts resulting from its application in the planning and management of works. Data related to its development over the years, intrinsic characteristics, norms and legislation in force, as well as its influence on trends

---

<sup>1</sup> Bacharelado em Engenharia Civil - Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho

<sup>2</sup> Orientador do Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil – Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho

<sup>3</sup> Coorientador do Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil – Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho

in the construction sector, were highlighted. For the literature analysis, books, articles and dissertations on the theme, produced between the years 2005 and 2020, were chosen, taking the number of citations as the selection criterion. It was observed that the main consequences regarding the application of BIM are: increase of workloads and financial contributions during implementation, reduction of rework and decrease in the project's overall costs. The regular creation of rules and decrees on BIM demonstrates the existence of a trend of incentives for its adoption, aiming to add more quality to processes and, consequently, products.

**Keywords:** BIM. Building Information Modeling. Data management. Architecture, Engineering and Construction. Collaborative automation.

## INTRODUÇÃO

A tecnologia vem auxiliando o ser humano nas mais variadas atividades ao longo das últimas décadas e, conseqüentemente, é utilizada em proporções cada vez maiores com o passar dos anos. Isso se reflete no maior e mais rápido desenvolvimento da sociedade, acompanhada pelo crescimento da construção civil, que é considerada como o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais (CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 2014). Logo, conclui-se que este setor possui sua parcela de contribuição na deterioração ambiental global e, desta forma, reduções de custos operacionais desse mercado refletem considerável economia a nível mundial, assim como uma maior preservação dos recursos naturais.

A redução de custos é uma das alternativas mais viáveis, pois a atuação da construção civil está atrelada a muitos desperdícios, que por sua vez envolvem diversos fatores, como os erros de planejamento e orçamentação, assim como a baixa produtividade. Mundialmente estima-se que mais de 90% dos projetos de infraestrutura estejam atrasados ou com custos acima dos previstos (GROVES, 2017). É fato que há relação direta entre a produtividade (que se superestimada, leva a atrasos) e o planejamento de empreendimentos. Uma pesquisa sobre a necessidade de aumento da produtividade na construção civil brasileira, realizada em 2014 com 74 executivos de empresas com atuação diversificada na construção civil, mostrou que 92% dos

participantes consideram as lacunas de planejamento como um fator relevante no impacto da produção (ZANCUL et al., 2014).

Com o objetivo de padronizar processos no ciclo de vida das construções, diversas metodologias vêm sendo aplicadas. Entretanto, com a digitalização presente em cada vez mais setores e o aumento das exigências do mercado consumidor, destaca-se a tecnologia BIM como uma das alternativas mais abordadas na última década. Isso porque possibilita o desenvolvimento de projetos extremamente complexos, reduz o risco de erros de modelagem, oferece uma visualização mais efetiva dos elementos, fornece ambiente para realizar melhoras nas soluções de design, minimiza despesas ao longo da vida útil dos empreendimentos e acelera a produção com qualidade (AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, 2007; MCGRAW HILL CONSTRUCTION, 2014b).

BIM é um acrônimo para *Building Information Modeling* – ou Modelagem de Informação da Construção – e pode ser definido como a utilização da representação digital compartilhada de um ativo construtivo com o objetivo de facilitar os processos de modelagem, construção e operação, formando uma base confiável de dados para tomadas de decisões (ISO, 2018b, tradução nossa).

O *National Building Information Modeling* (2007), ou Padrão Nacional BIM, nos Estados Unidos, complementa esta visão, classificando o BIM como elemento crítico na redução de perdas, na criação de valor

agregado ao produto e no aumento da performance dos trabalhadores. Além disso, fornece uma perspectiva mais sistemática para o termo BIM, dividindo-o em três dimensões:

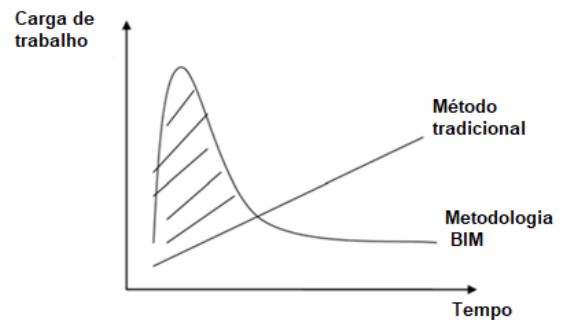
- i. *Building Information Model* - O produto, formado por um conjunto estruturado de dados e que descrevem uma construção.
- ii. *Building Information Modeling* – A atividade, realizada ao desenvolver o modelo (*Building Information Model*).
- iii. *Building Information Management* – O sistema, composto pelas estruturas de negócio para trabalho e comunicação, que aumenta a qualidade e eficiência operacional.

É verdade que, inicialmente, ao implementar este tipo de metodologia ao processo construtivo, demandam-se maiores esforços e investimentos, pois é necessário padronizar processos, adquirir ferramentas adequadas à metodologia BIM e qualificar trabalhadores. Além disso, as empresas que optam por adotar um método para promover o aumento de performance, como o BIM, precisam definir a maneira mais adequada para que o time de projeto troque informações sem perdas (padronização de ferramentas de modelagem para todos ou estimular o uso de um ambiente que permita a transferência/cominação de modelos entre diferentes plataformas), investir para criar contratos adequados à nova realidade de gestão de dados (definição dos proprietários do modelo, das condições de pagamento dos envolvidos e dos responsáveis por cada etapa), além de dedicar-se à elaboração de um minucioso plano de implementação previamente à mudança (EASTMAN et al., 2008).

A Figura 1 explica a ocorrência de um grande aumento da carga de trabalho nas fases iniciais de criação do projeto aplicando uma entrega integrada com BIM, quando comparada à metodologia tradicional. Mais tarde, a antecipação dos problemas, gerada pela melhoria nos

processos de comunicação e colaboração, se mostra útil, com redução de custos de projetos, maior otimização do modelo e redução considerável de esforços para resolver problemas ao longo da vida útil do empreendimento (WONG; FAN, 2013).

Figura 1 – Cargas de trabalho ao longo do tempo utilizando método tradicional e BIM.



Fonte: Adaptado de Wong & Fan (2013, p. 148).

Um outro resultado, gerado pela redução de revisões em projetos por conta do aprimoramento dos modelos e da melhora nos processos de comunicação entre os envolvidos, é a redução dos custos e prazos globais do empreendimento (AMORIM, 2020). Com base nesse e em outros impactos avaliados por uma série de autores, como Lee et al. (2005) e Amorim (2020), relacionando aumento de performance de empresas de projeto e construção com adoção de modelos que possibilitam a integração entre disciplinas, este trabalho visa, através de uma revisão bibliográfica, avaliar os avanços da metodologia BIM e sua contribuição nas práticas de planejamento e gerenciamento de obras, assim como seu envolvimento nos resultados tangíveis dos empreendimentos. Em um estudo desta natureza, algumas delimitações se fazem necessárias, então este trabalho realizou análise com base nos autores de livros, artigos e dissertações mais citados nos estudos relativos aos benefícios do BIM entre os anos de 2005 e 2020.

Existem duas vertentes de discussão entre os pesquisadores da interferência do BIM no setor construtivo. A primeira acredita que a metodologia BIM traz benefícios

relevantes para o mercado da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) por propiciar um ambiente colaborativo e integrado. Já a segunda vê o BIM como uma simples ferramenta, representando um marco que, apesar de contribuir para atingir marcos significativos da indústria AEC, apenas aponta para que direção esse mercado deve seguir futuramente.

Entre os defensores da primeira vertente, pode-se citar Amorim (2020), que defende o processo de projeto BIM como a melhor alternativa para o desenvolvimento de projetos de construção, quando associado às dimensões de pessoas, tecnologias e processos.

Alternativamente, Wierzbicki, de Silva e Krug (2011) são exemplos dos que participam da segunda vertente, pois enxergam que a metodologia BIM, por si só, não é capaz de resolver todos os problemas do setor AEC, pois não constitui uma solução adequada para fases de idealização do projeto e, além disso, depende de uma compatibilização com os processos operacionais das organizações, sendo complexo quantificar os investimentos para executá-la.

Cada uma das linhas possui argumentos válidos, que se baseiam em resultados provenientes de experiências práticas com o BIM. Entretanto, ambas convergem para um ponto: investir de forma consistente e estratégica em processos que permitam o gerenciamento de dados e o trabalho colaborativo traz impactos positivos a vários setores das empresas que o fazem.

## JUSTIFICATIVA

Estudos estimam que a previsão de crescimento mundial no volume de produção da construção gira em torno de 85%, ou US\$ 15,5 trilhões, até 2030 (ROBINSON, 2015). De acordo com o mesmo autor, o Brasil apresenta-se como uma economia emergente de baixa competitividade por necessitar de políticas que aumentem a produtividade laboral, o

que reduz a perspectiva de crescimento das atividades de construção.

Complementarmente, de acordo com a ISO 19650-1 (2018b), atualmente o mercado de produção de projetos utiliza uma quantidade considerável de recursos na realização de correções relacionadas com o reúso e reprodução de informações, que em sua maioria provêm de gestão incorreta de informações, assim como mão de obra sem treinamento e coordenação. Apesar disso, o documento pontua que os atrasos gerados por estes problemas podem ser reduzidos adotando os princípios da gestão da informação, aplicados através de modelos BIM, por exemplo.

O cenário demonstra que buscar por metodologias capazes de elevar a produtividade do setor construtivo de maneira eficiente é crucial tanto num contexto nacional, para gerar a alteração das previsões econômicas negativas, quanto a nível mundial, permitindo o crescimento equilibrado das economias globais. Neste sentido, o desenvolvimento de projetos utilizando a metodologia BIM vem ganhando espaço no mercado, pois permite a criação de ambientes colaborativos que aumentam o potencial de comunicação eficiente entre as partes envolvidas, reduzem os riscos de perda de informação, assim como mal-entendidos e contradições (ISO, 2018b).

Outra categoria de benefícios gerados por esta sistemática envolve a abordagem ambiental. Wong e Fan (2013) afirmam que a Modelagem da Informação na Construção (BIM) é inovadora e torna possível atingir de forma eficiente a elaboração de projetos sustentáveis, reduzindo desperdícios e agregando valor ao produto. A redução de impactos ambientais por si só já é um objetivo primordial dos projetos de construção, já que o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (2014) aponta a indústria da construção civil como setor de atividades humanas com maior consumo de recursos naturais.

Uma série de documentos são produzidos sobre o tema a fim de auxiliar na gestão do

elevado volume de informação gerado ao longo do ciclo de vida de um empreendimento e demonstram que a tendência de adoção do método BIM em construções e trabalhos de engenharia civil, de maneira geral, é global. Alguns deles são: o *British Standard* (BS) 8536 (BSI, 2010), as séries da ISO 19650 e os capítulos da ABNT NBR 15965.

A existência de documentações regulamentadoras do BIM por várias economias demonstra a sua potencialidade no cenário global. De fato, ao se tratar de ganhos trazidos às organizações de projetos, por exemplo, Amorim (2020) afirma que o BIM, quando bem implementado e monitorado, pode trazer:

- Incremento de produtividade de 25% a 50%, após domínio dos processos pela equipe.
- Redução dos prazos totais de serviços em cerca de 25%.
- Diminuição de revisões (a principal causa de retrabalho) em até 90%.

SmartMarket (2017) pontua que no segmento de construtores e subempreiteiros, alguns fatores chamam a atenção para os benefícios que o BIM pode gerar, entre eles:

- Redução de 5% nos custos totais da construção.
- Diminuição em 5% do prazo de conclusão.
- Aumento da produtividade da mão de obra em canteiro de até 25%.
- Redução de até 25% da mão de obra de canteiro devido ao aumento da pré-fabricação de elementos.

Assim, a relevância do estudo da metodologia BIM está no fato desta gerar economia de recursos físicos e financeiros, além de aumentar a qualidade do produto entregue e estimular a comunicação ativa entre os envolvidos no projeto.

## METODOLOGIA

Esta pesquisa possui metodologia baseada em análise da literatura, com enfoque nos principais pontos que caracterizam uma

tecnologia como BIM, na evolução histórica deste método no mercado, além dos avanços na padronização da modelagem da informação na construção através da legislação e das implicações dessa tecnologia nas tendências do setor construtivo do futuro. Para a realização desta revisão bibliográfica, foram selecionados livros, artigos, dissertações, normas e documentos sobre BIM e sua relação com o mercado da arquitetura, engenharia e construção. O critério de escolha das fontes foi o de maior número de citações e relevância no meio técnico.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### CONTEXTUALIZAÇÃO DE MERCADO

O sucesso de um projeto envolve o atendimento das metas estipuladas ao longo do planejamento (características, prazo e custo), atendendo às normas vigentes de qualidade e segurança (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2017). Apesar deste fato ser conhecido pelos profissionais do setor da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), é comum se deparar com empresas que passam por dificuldades por não adotar boas práticas de gerenciamento de informações, projetos e obras. Entre as principais, se encontram: padronização na forma de representação, armazenamento e compartilhamento de informações geradas; estimativas de execução de tarefas realistas e sistêmicas para a criação de cronogramas; integração entre as partes envolvidas (projetistas, construtores, engenheiros e fornecedores) na entrega do produto.

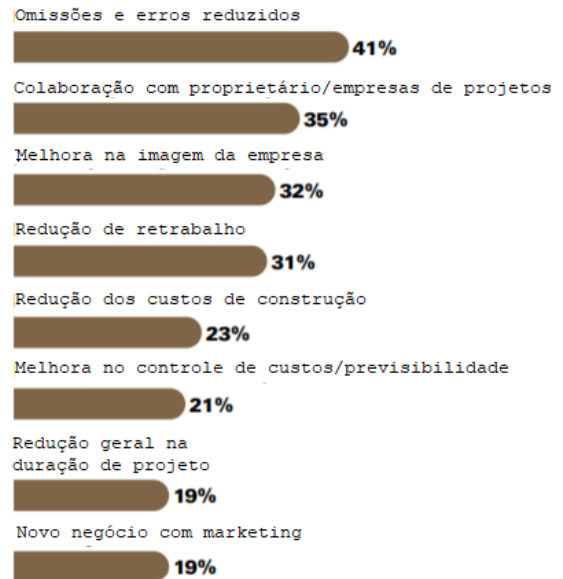
Kamardeen (2010) aponta que os programas de modelagem tradicionais utilizados por décadas no setor AEC são do tipo CAD (*Computer Aided Design*), que utilizam de representações geométricas sem vinculação de dados com os objetos modelados. A adoção deste tipo de metodologia não apenas gera retrabalhos, pela suscetibilidade natural a erros humanos, mas também exige uma parcela

considerável de tempo para que se extraia dados dos mesmos, uma vez que existe maior dificuldade tanto em entender como será a aparência real dos modelos após construídos quanto em visualizar suas informações de maior importância (CRC CONSTRUCTION INNOVATION, 2007). Entre os resultados comumente produzidos por empresas que optam seguir aplicando o método tradicional, encontram-se: conflito entre os envolvidos no processo de concepção e execução, atrasos no cronograma, custos adicionais (com consequente redução da margem de lucros) e, em alguns casos, problemas judiciais, visando decidir qual das partes envolvidas é responsável pelos erros de projeto, que levaram a alterações ocorridas durante a fase de construção (EASTMAN et al., 2008).

A fim de evitar tais problemáticas, várias companhias vêm notando que a viabilidade da implantação da metodologia BIM se dá não apenas por aspectos relacionados com o desenvolvimento de projetos, mas também por setores, como o de marketing empresarial, por exemplo.

Em um relatório, divulgado pela McGraw Hill Construction (2014a), foi avaliada a opinião de diversas empresas situadas em 10 países da América, Europa e Ásia quanto aos três principais fatores benéficos que as faziam aplicar a metodologia BIM, conforme se exhibe na Figura 2. Nele foi mostrado que, além da redução de erros, omissões e retrabalhos, a maior parte das companhias veem o BIM como vantajoso no que se refere ao aumento da colaboração entre as partes envolvidas no empreendimento e na melhora da imagem da empresa. Tais questões, normalmente tidas como objetivo dos modelos de negócio empresariais e potencializadas com a aplicação do BIM, são de fundamental relevância para a manutenção da competitividade frente ao mercado.

Figura 2 – Principais benefícios do BIM de acordo com as empresas.

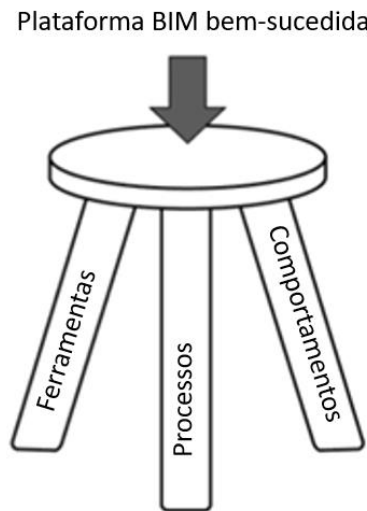


Fonte: Adaptado de McGraw Hill Construction (2014a, p. 5).

O mesmo relatório expõe que em torno de 75% das companhias enxerga retornos positivos com relação aos seus investimentos em BIM, com estimativas entre 10% e 25%. Assim, é possível notar que aplicações financeiras em tecnologia BIM a nível empresarial não apenas trazem benefícios processuais e de marketing, mas também econômicos.

Apesar de parecer óbvio que a introdução deste tipo de tecnologia no dia a dia de companhias do mercado AEC é benéfica em vários sentidos, Hardin e McCool (2015) destacam que para implementar de forma bem-sucedida o BIM em uma organização são necessários três fatores-chave: ferramentas, processos e comportamentos, detalhados a seguir na Figura 3.

Figura 3 - Tripé para sucesso na implementação do BIM.



Fonte: Adaptado de Hardin & McCool (2015, p. 4).

- i. Ferramentas – Cada companhia deseja entregar resultados com características praticamente únicas e para isso deve ser capaz de analisar e escolher a tecnologia mais adequada à sua maneira de operar, levando em conta as tendências de mercado e ofertas tecnológicas. Este tipo de capacidade é essencial para manter-se ágil e eficaz, assim como atualizada e competitiva.
- ii. Processos – É preciso que as empresas adaptem seus processos às novas tecnologias e não o contrário. Para que os benefícios da ferramenta BIM sejam aproveitados ao máximo deve-se investir, previamente à implementação, no estudo dos processos necessários para implementar o sistema. Caso opte por não realizar esta etapa, a empresa corre o risco de não apenas reduzir a sua produtividade por utilizar o recurso de maneira ineficiente, como também frustrar a equipe.
- iii. Comportamentos – Trabalhar com as melhores ferramentas e os processos mais adequados a elas, por si só, não possibilita o uso efetivo do BIM. Isto porque o

trabalho colaborativo entre equipes depende diretamente de pessoas. Em outras palavras, é essencial que o mind-set dos integrantes da equipe e da própria organização estejam alinhados e que ambos estejam abertos a novas ideias, assim como a trabalhar em cenários altamente dinâmicos.

Desta maneira, nota-se que muitas das organizações que não foram bem-sucedidas ao tentar adotar o BIM em suas rotinas de trabalho buscaram inserir procedimentos aliados às ferramentas, apenas. Sendo que o tripé de fatores-chave só é efetivo quando as pessoas envolvidas estão dispostas a mudanças em suas metodologias de trabalho e em aprender de forma contínua (MCGRAW HILL CONSTRUCTION, 2014b; HARDIN; MCCOOL, 2015; AMORIM, 2020).

## EVOLUÇÃO E CARACTERÍSTICAS

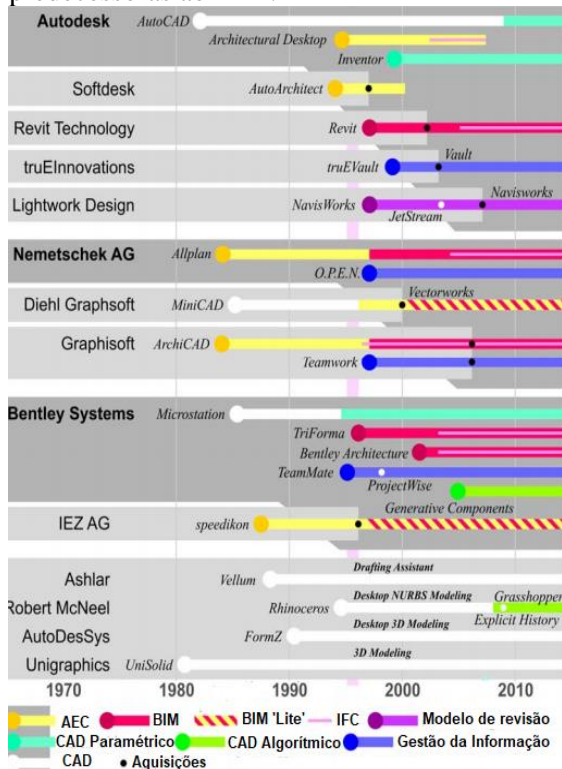
De acordo com Hardin e McCool (2015), a pretensão do BIM é criar uma estrutura virtual, previamente a construí-la fisicamente, permitindo às partes envolvidas projetar, analisar, sequenciar e explorar o projeto através do ambiente digital. Neste cenário é possível realizar alterações de maneira menos custosa do que em campo, onde os custos relacionados às mudanças aumentam exponencialmente. Adicionalmente, quando associado às outras matérias (ou dimensões), o BIM é aplicável à quantificação de insumos necessários a cada etapa construtiva, de acordo com o cronograma de obra, como também aos seus custos associados, à eficiência energética do empreendimento, sistemas de ventilação, iluminação e acústico e aos serviços de manutenção da construção na fase pós-obra, por exemplo (KAMARDEEN, 2010). As informações contidas nestas disciplinas estão interligadas e podem ser acessadas e compartilhadas entre os diversos intervenientes daquele projeto,



característica esta denominada interoperabilidade.

Desde a década de 80 as indústrias tentaram desenvolver soluções BIM. No início isso se deu através de uma mescla complexa entre as tecnologias CAD e aquelas aplicadas no mercado, o que representou o princípio da modelagem paramétrica 3D. As tecnologias BIM se destacaram por volta dos anos 2000, ao integrar esta modelagem paramétrica com um sistema de gestão da informação (WIERZBICKI; DE SILVA; KRUG, 2011). A Figura 4 exibe um esquema cronológico de desenvolvimento das tecnologias e suas respectivas empresas.

Figura 4 - Evolução das tecnologias predecessoras ao BIM.



Fonte: WIERZBICKI, DE SILVA & KRUG (2011, p. 2).

## Interoperabilidade

Segundo Eastman et al. (2008), a interoperabilidade é a capacidade de transferir dados entre softwares e que estes possam contribuir, em conjunto, para a atividade em questão. Além disso, a interoperabilidade elimina a necessidade de se replicar informações que já foram

inseridas anteriormente, o que contribui para a automação do processo de elaboração do projeto.

De acordo com a mesma fonte, desde o início da utilização do CAD 2D, por volta do início dos anos 80, havia a necessidade da troca de informações entre diferentes plataformas produtoras de conteúdo. Porém, com o surgimento da necessidade do BIM, as diversas ferramentas de análise para cada disciplina foram desenvolvidas e utilizadas em várias frentes, gerando, com o passar do tempo, uma demanda pelo aproveitamento e uso inteligente dos dados entre diferentes plataformas.

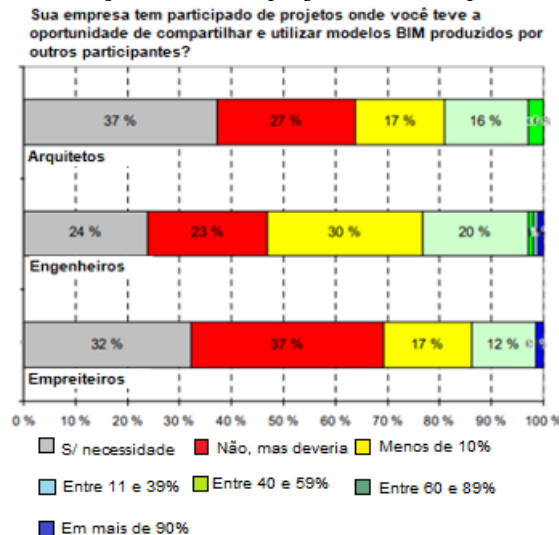
O uso de um único software que integre todas as disciplinas e dispense a chamada interoperabilidade não é visto como ideal pelo mercado em geral, uma vez que geraria um monopólio. Desta forma, é prioritário que haja um padrão internacional que possibilite a troca, sem perdas, de informações durante o processo de elaboração de um projeto (ANDRADE; RUSCHEL, 2009). Para o caso da indústria da construção civil, o modelo de dados IFC (*Industry Foundation Class*) é o mais cotado para se tornar o padrão de troca e integração entre plataformas, pois é público e tem padronização internacionalmente aceita (EASTMAN et al., 2008).

Apesar de um dos principais objetivos da aplicação da metodologia BIM ser a comunicação eficiente entre as disciplinas envolvidas no trabalho, pesquisas como a de Kiviniemi et al. (2008), realizada com centenas de profissionais do setor AEC de países nórdicos, apontam que menos de 5% dos envolvidos possuem o hábito de compartilhar as informações geradas em softwares BIM com outros participantes, como demonstra a Figura 5. Em Portugal, por exemplo, se realizou uma pesquisa com 65 estudantes de uma matéria avançada do curso de engenharia civil e se notou o desconhecimento do conceito BIM por parte de 88% dos universitários (LINO; AZENHA; LOURENÇO, 2012). No Brasil também se nota tal tendência através de pesquisas como a de Lauden et al. (2020),



em que foram avaliados 57 profissionais do mercado AEC, chegando-se à conclusão de que quase 60% dos avaliados ainda não utilizavam softwares que permitissem aplicar o BIM para projetar. O principal motivo para esse resultado, ainda de acordo com o estudo, é a resistência às mudanças por parte das empresas e profissionais, que normalmente não estão dispostos a investir tempo e capital na melhoria de processos. Em outras palavras, arquitetos, engenheiros e empreiteiros ainda não estão desfrutando de um dos maiores benefícios oferecidos por suas ferramentas de trabalho: o ambiente colaborativo.

Figura 5 - Compartilhamento e utilização de informações BIM em projetos nas companhias.



Fonte: Adaptado de KIVINIEMI et al. (2008, p. 98).

Eastman et al. (2008) contribui para esse argumento, afirmando que o maior gargalo para a disseminação do BIM no mercado é a falta de profissionais treinados apropriadamente. Observa-se, entretanto, que apesar de ainda existir uma pequena difusão do BIM no Brasil, segundo Amorim (2020), há uma tendência de mudança de hábitos pelos profissionais de forma a utilizar os softwares de maneira mais eficiente, tanto pelo aumento dos níveis de demanda dos clientes quanto pelas oportunidades de negócios oferecidas pelo BIM (MCGRAW HILL CONSTRUCTION, 2014b).

Nesse cenário, a interoperabilidade entre as ferramentas BIM se torna fundamental, pois, além de evitar a perda de informações ao longo do processo de compartilhamento, estimula o uso inteligente do BIM por profissionais, facilitando o processo de transição para aplicação de metodologias que gerenciam dados e facilitam o processo colaborativo (EASTMAN et al., 2008).

### Nível de detalhamento e nível de desenvolvimento

Reinhardt e Bedrick (2019) explicam que nível de detalhamento e nível de desenvolvimento são às vezes interpretados como sinônimos, pois ambos podem ser representados através da sigla LOD, que deriva da tradução do inglês (*Level of Detail* e *Level of Development*), porém existem algumas diferenças importantes que valem a pena ser exploradas.

Os autores definem que nível de detalhamento é, basicamente, quanto detalhe é incluído no elemento do modelo, enquanto nível de desenvolvimento é o grau de confiabilidade ao qual a geometria do elemento e suas informações anexadas estão associados. Em outras palavras, nível de detalhamento tem relação com a informação inserida no elemento, já nível de desenvolvimento pode ser pensado como a informação confiável extraída do elemento. A literatura costuma abordar LOD como nível de desenvolvimento, assim este trabalho adotará a mesma convenção.

Segundo Manzione (2013), os níveis de desenvolvimento são representados com mais frequência em uma escala de cinco graus, que aumenta de maneira progressiva desde a conceituação do projeto até a sua completa execução: 100 (fase conceitual); 200 (geometria aproximada); 300 (geometria precisa); 400 (execução, fabricação ou instalação) e; 500 (obra concluída). No Quadro 1, representa-se de forma resumida em que consiste cada LOD e as aplicações práticas nas diferentes disciplinas.

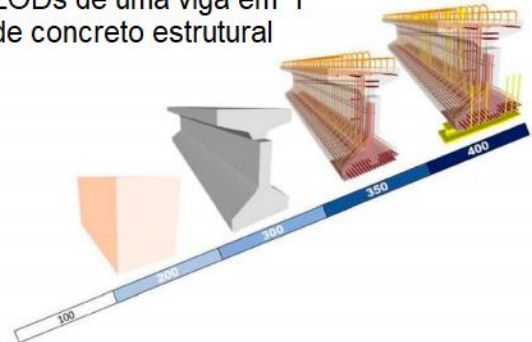
Quadro 1 – Níveis de desenvolvimento do modelo BIM e aplicações.

Níveis de desenvolvimento	100	200	300	400	500
Conteúdo modelado	Conceitual	Geom. Aproximada	Geom. Precisa	Execução/fabricação	As-built
<i>Projeto e coordenação</i>	Estudos de massa, volumes, zonas modeladas em 3D ou representadas por outros dados	Modelagem genérica e com aproximações de dimensões, peso, quantidade, etc., podendo conter informações não geométricas	Modelagem exata de dimensões, peso, quantidade, etc., podendo conter informações não geométricas	Modelagem com objetivo de montagem, com precisão de características e detalhamento para fabricação e montagem	Modelagem conforme construção, contendo informações exatas das características, podendo conter informações não geométricas
<b>Usos recomendados</b>					
<i>Planejamento</i>	Duração global da obra; Macro-planejamento	Inserção de escala de tempo; apresentação de elementos principais	Apresentação detalhada das atividades principais e seus conjuntos pelo tempo	Fabricação e detalhes de montagem, incluindo meios e métodos de construção	
<i>Estimativa de custos</i>	Custos estimados por unidade generalista (R\$/m <sup>2</sup> construído)	Custo estimado baseado em dimensões de elementos genéricos (R\$/laje)	Custos baseados em dimensões precisas e especificações detalhadas	Preços confirmados em propostas de fornecedores	Custos realizados
<i>Cumprimento de programa de necessidades</i>	Áreas brutas dos diversos setores	Requisitos específicos de cada um dos ambientes	Especificidades, instalações e conexões		
<i>Materiais sustentáveis</i>	Estratégias para atendimento aos requisitos de certificações (LEED)	Quantidades aproximadas de materiais organizados pelas categorias da certificação	Quantidades precisas de materiais com a porcentagem de materiais reciclados	Seleção dos fornecedores específicos	Documentação das compras e especificações
<i>Análises de iluminação, energia e fluxo de ar</i>	Estratégias e critérios de desempenho com base em áreas e volumes	Projeto conceitual baseado na geometria aproximada e em pré-definições de sistemas	Simulação aproximada baseada em sistemas projetados	Simulação precisa baseada nas especificações do fabricante	Comissionamento e registro dos resultados obtidos

Fonte: Adaptado de MANZIONE (2013, p. 86).

Há ainda situações em que se criam LODs intermediários para tornar a discriminação das etapas de desenvolvimento mais minuciosa. Um exemplo bastante recorrente é a adoção do LOD 350 – adotado em eventos internacionais, como o BIM Forum, e por boa parte dos estados brasileiros, em documentos educativos da tecnologia BIM -, que foi adicionado entre os LOD 300 e 400 para definir com mais precisão os níveis de informação necessários para uma coordenação comercial eficaz (REINHARDT; BEDRICK, 2019). A Figura 6 exibe visualmente o que ocorre com um elemento estrutural ao ser associado a diferentes LODs.

Figura 6 – Visualização de LODs de uma viga pré-fabricada de concreto estrutural em “I”. LODs de uma viga em “I” de concreto estrutural



Fonte: Adaptado de Reinhardt & Bedrick (2019, p. 226).

### Dimensões de um modelo BIM

Com as possibilidades de integração entre os vários setores envolvidos em um projeto, os modelos BIM se tornaram cada vez mais complexos e desenvolvidos (MANZIONE, 2013). Tendo em vista que existem diversas áreas passíveis de inserção em modelos BIM, costuma-se chamá-las de dimensões, sendo incerto o número total de dimensões que se pode alcançar. Desta maneira, criou-

se a expressão “*nD Modeling*”, que representa uma extensão do modelo BIM que incorpora toda informação requerida em cada estágio do ciclo de vida do empreendimento (LEE et al., 2005).

De acordo com Kamardeen (2010), os sistemas 2D, ou sistemas CAD, foram usados por décadas na indústria AEC para projetar, usando elementos não inteligentes, como linhas e polígonos, para produzir os elementos desejados. Já um modelo 3D, que é a utilização mais simplista que se pode obter de um modelo BIM, se caracteriza por representar em uma realidade virtual as dimensões espaciais de um objeto. Alguns exemplos de programas amplamente utilizados mundialmente para esse fim são o Revit, da empresa Autodesk, e o ArchiCAD, da empresa Graphisoft (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

A vinculação entre o modelo tridimensional e o planejamento (sequenciamento de etapas construtivas) é chamada de modelagem BIM 4D e permite a simulação em tempo real do cronograma, além da detecção de problemáticas relacionadas com o sequenciamento de atividades e compatibilização (EASTMAN et al., 2008). No Brasil costuma-se aplicar, entre outros, os softwares MS Project e Navisworks, produzidos pela Microsoft e Autodesk, respectivamente.

Quando ao modelo BIM 4D são atrelados dados que envolvam a dimensão “custo” forma-se um modelo BIM 5D, permitindo a geração instantânea de orçamentos e representações financeiras do empreendimento ao longo do tempo (MONTEIRO; MARTINS, 2011; SAKAMORI, 2015). Entre alguns dos softwares mais aplicados para este tipo de análise estão: Sienge, da empresa Softplan, iTWO, da empresa RIB U.S. Cost, e ARC5D, da empresa Graphisoft.

Existem ainda os modelos que agregam àquelas informações as dimensões “manutenção” e “sustentabilidade”, criando modelos BIM 6D e 7D, respectivamente, além das inúmeras outras dimensões que podem gerar novas nomenclaturas e novas

possibilidades de análise de dados de um empreendimento, conforme o termo “*nD modeling*” sugere (KARMADEEN, 2010). Para o fim de análises que visam facilitar a fase de manutenção, alguns exemplos são os softwares ONUMA System, da ONUMA BIM, e o IWMS, da FM:Systems. Já com relação aos softwares que avaliam características de acordo com padrões sustentáveis, pode-se citar como exemplos os softwares Ecotect e Virtual Environment (VE), das empresas Autodesk e IES, respectivamente.

Existe ainda a dimensão do BIM relativa à avaliação da saúde e segurança de ambientes, assunto do qual trata o documento de relevância internacional *Publicly Available Specifications (PAS) 1192-6*, por exemplo (BSI, 2018). Em resumo, o *nD modeling* representa, de fato, uma incógnita com relação ao número de dimensões passíveis de serem avaliadas tecnicamente através de uma ferramenta BIM.

A fim de possibilitar a integração entre os profissionais do mercado AEC e os envolvidos com menor interesse técnico com relação às informações geradas através de cada dimensão BIM, existem softwares que permitem a visualização e acompanhamento do projeto de maneira simples por meio de links. Entre as opções disponíveis no mercado estão o Dalux BIM Viewer, da empresa Dalux Copenhagen, e o BIM Voyager, da companhia ACCA Software.

### **Relações contratuais para trabalhos em BIM**

A implantação do BIM traz como consequência imediata a mudança nas práticas de elaboração e coordenação de projetos, gerenciamento de obras e manutenção de empreendimentos, mas, além disso, altera as relações contratuais, uma vez que um novo fluxo de trabalho resulta naturalmente em um rearranjo das condições de pagamento (AMORIM, 2020).

Ainda segundo Amorim (2020), isso se traduz em estabelecer pagamentos atrelados às entregas dos marcos no desenvolvimento do projeto, avaliando critérios de qualidade e atendimento aos requisitos do empreendimento, assim como em seguir um Plano de Execução BIM - que indica a participação e responsabilidade de cada envolvido ao longo do empreendimento - alinhado com as estratégias da organização e seus recursos.

Dada a necessidade de mudanças nas práticas contratuais para a efetiva implementação do BIM, o *American Institute of Architects* (2007) desenvolveu um conceito chamado *Integrated Project Delivery* (IPD), definido como uma abordagem que integra pessoas, sistemas, estruturas e práticas empresariais em um processo, visando otimizar resultados de projetos, aumentando seu valor percebido e reduzindo seus custos.

Manzione (2013) defende que ao combinar a capacidade tecnológica do BIM com os princípios de colaboração e planejamento intensivo do IPD pode-se ter como resultado o incentivo à participação antecipada e ativa dos agentes, acelerando os processos de trabalho e a tomada de decisões. Isto porque o alto grau de interdependência entre as fases de projeto, construção e operação faz com que o método tradicional de entrega seja sequencial e com poucas interações, enquanto a integração BIM e IPD estimularia o acontecimento simultâneo destas etapas (MANZIONE, 2013; AMORIM, 2020).

Apesar de não existirem obstáculos legais para que o mesmo ocorra, não há notícias do uso deste modelo no Brasil. Entretanto, se acredita que uma das principais causas para geração de sucesso do modelo é a existência de confiança entre os participantes, gerada pela parceria em projetos anteriores (AMORIM, 2020).

## LEGISLAÇÃO DO BIM

O BIM é necessário para a quebra de paradigmas no setor da construção civil, demandando infraestrutura (softwares, hardwares e capacidade de tráfego de dados), assim como arcabouço técnico e institucional. Além disto, estudos comparativos internacionais mostram que o governo - como agente regulador e solicitante de projetos - tem papel essencial para estimular a disseminação efetiva da tecnologia BIM (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2017).

Nesse sentido, governos podem incentivar a aplicação do BIM através de vários métodos, como: criação de normas técnicas, investimentos em divulgação por meio de eventos, exigência de utilização por prestadores de serviços (licitantes).

Assim, esta seção se dedica à identificação e descrição de alguns dos principais marcos para a regularização e disseminação do BIM, com foco no Brasil. Cada um deles surgiu por conta da necessidade de padronização nas informações geradas e pelas diversas vantagens que podem ser trazidas para a economia de uma nação, entre elas: maior confiabilidade de informações em modelos, redução de custos globais de empreendimentos e redução de riscos financeiros e diminuição da ocorrência de imprevistos.

### **Norma ISO 19650-1**

A norma ISO 19650-1 define os conceitos e princípios para processos empresariais do setor construtivo que têm o objetivo de gerenciar e produzir informação durante o ciclo de vida de empreendimentos utilizando BIM (ISO, 2018b, tradução nossa).

### **Norma ISO 16739-1**

Esta norma, através do *Industry Foundation Classes* (IFC), especifica um esquema de dados e uma formatação da estrutura de

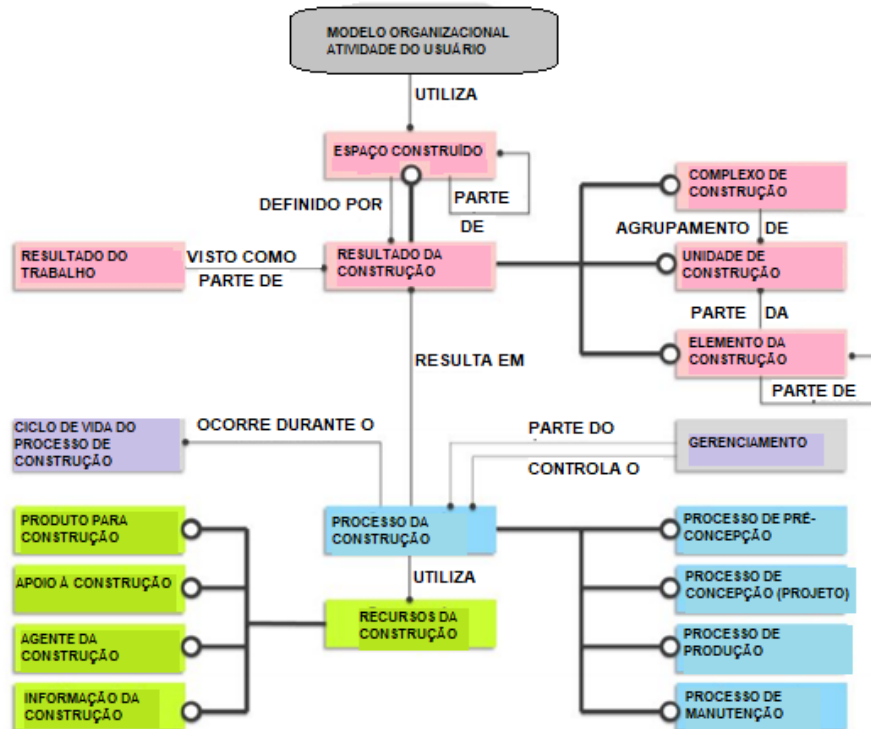
arquivos de troca entre os vários participantes na construção ou no gerenciamento das instalações do setor industrial. Inclui também definições que cobrem dados necessários ao longo do ciclo de vida das construções (ISO, 2018a).

### Norma ABNT NBR ISO 12006-2

Uma tradução da norma internacional ISO 12006-2 que apresenta uma estrutura geral para os sistemas de classificação da construção e tem como objetivo servir de

base para sistemas nacionais de classificação BIM e permitir o posterior intercâmbio de informações entre diferentes países (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2017). Para isso, a NBR ISO 12006-2 identifica um conjunto de títulos de tabelas de classificação aplicáveis às várias classes de objetos da construção, e exibe a relação destas últimas com diversos sistemas e subsistemas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018), conforme exposto na Figura 7.

Figura 7 – Classes da construção e suas relações.



Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO 12006-2 (2018, p. 7).

### Norma ABNT NBR 15965

Divide-se em sete partes, sendo que até o ano de 2020 apenas foram lançadas as partes 1, 2, 3 e 7. Consistirá, após concluída, em 13 tabelas que tomam como base as 15 tabelas do OmniClass™ (sistema de classificação aberto criado para o mercado da construção da América do Norte) e seguem as recomendações da ISO 12006-2. As tabelas de base foram adaptadas à realidade brasileira, levando em conta os

diferentes sistemas, processos construtivos e componentes (ALTOQI, 2020).

A parte 1 define a terminologia e estrutura a serem adotadas, numerando de 0 a 5 (objetos, processos, recursos, resultados, unidades/espacos e informações, respectivamente) grandes grupos constantes na operação da indústria AEC (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011). A parte 2, por sua vez, apresenta as tabelas OM – Materiais e OP – Propriedades, que apresentam os dados primários dos objetos

virtuais, incluindo sua constituição e propriedades vinculadas. Já a parte 3 abrange as tabelas 1F – Fases, 1S – Serviços e 1D – Disciplinas, ou seja, as etapas construtivas, as atividades praticadas e as especialidades técnicas envolvidas. Por fim, a parte 7 define a tabela 5I – Informação, que relaciona a documentação da construção, indo desde normativas vigentes aos dados que devem ser monitorados e projetos (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2017).

### **Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling**

Iniciativa do Governo Federal brasileiro, instituída pelo Decreto n. 9.983, de 22 de agosto de 2019, a Estratégia BIM BR tem como fim estimular a modernização e transformação digital na construção, promovendo um ambiente adequado ao investimento em BIM. Além disso, visa fornecer maior transparência e confiabilidade de informações para participantes da cadeia de produção e compradores, em especial o Poder Público (BRASIL, [s.d.]).

A proposta do Governo atinge dois fatores frequentemente presente em obras de médio e grande porte, principalmente naquelas com financiamento público: atrasos no cronograma e excedimento dos gastos previstos no orçamento. Desta forma, a Estratégia BIM BR tem objetivos que envolvem a implantação do conceito BIM gradualmente nos processos de planejamento, execução e manutenção de ativos até 2028.

Além da criação de normativas para possibilitar a adoção em escala e do estímulo à capacitação profissional continuada, o Governo definiu por meio desta proposta 3 fases de utilização e exigência para uso do BIM (BRASIL, 2020):

- (i) A partir de janeiro de 2021 se estimulará que as construções novas, reformas ou reabilitações

tenham projetos arquitetônico e de engenharia (estrutura, hidráulica, elétrica, AVAC) em BIM, com verificação de interferências, extração de quantitativos e geração de documentação gráfica a partir dos modelos;

- (ii) A partir de janeiro de 2024 será incentivada a inclusão do BIM na fase de execução de projetos de arquitetura e engenharia de construções novas, reformas, ampliações ou reabilitações, aplicando, além das exigências da fase anterior, recursos como planejamento executivo, orçamentação e construção de modelo *as-built*;
- (iii) Por fim, a partir de janeiro de 2028, a fase 3 consistirá em promover a aplicação do BIM nas situações expostas nas fases anteriores, assim como nos serviços de gerenciamento e manutenção do empreendimento cujos projetos e obras tenham sido feitos com a tecnologia BIM.

A Estratégia BIM BR se mostrou como um marco de incentivo governamental ao desenvolvimento tecnológico na construção civil, que promoverá a competitividade nacional e transformação digital da indústria AEC por meio de metas claras de estímulo ao mercado.

### **Decreto n. 10.306**

Este Decreto, de 2 de abril de 2020, estabelece a aplicação do BIM, de forma gradual, na execução de obras e serviços de engenharia feitos pelos órgãos e entidades da administração pública federal de acordo com a Estratégia BIM BR. Assim, aborda as 3 fases de implementação do BIM entre 2021 e 2028, além das regras gerais para a elaboração de contratos passíveis da aplicação de BIM.

A partir do Decreto n. 10.306 nota-se que aqueles profissionais ofertantes de serviços relacionados à elaboração de projetos ou gerenciamento de obras que, o quanto antes, estiverem a par do que foi estabelecido pelo Governo acerca do BIM, através de seus decretos, terão vantagens competitivas ao participar de editais de licitação ou contratos de serviços. Isto porque nele se estabelece que mesmo os profissionais contratados de forma indireta pelo prestador de serviços na forma de apoio executivo deverão comprovar a sua familiaridade com o BIM (BRASIL, 2020).

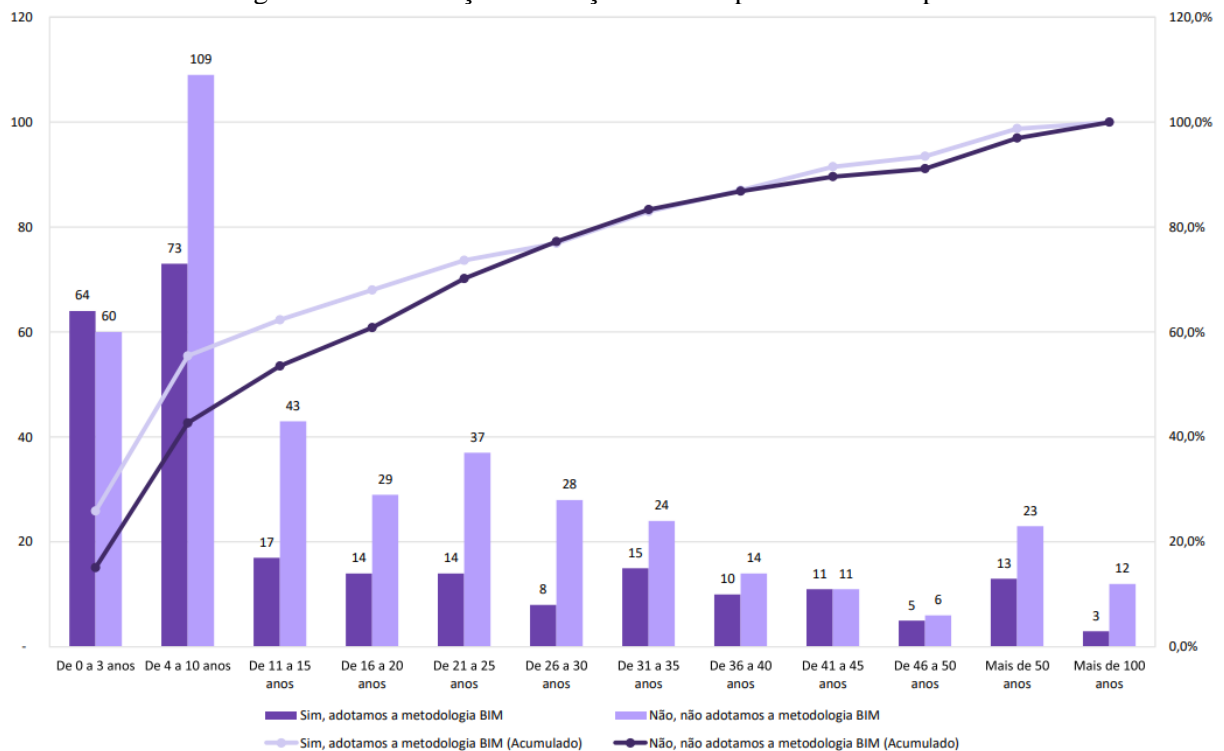
### TENDÊNCIAS NO SETOR CONSTRUTIVO

Enquanto em alguns países há grande demanda pela padronização e associação entre informações BIM geradas de forma a permitir a ocorrência da interoperabilidade, no Brasil nota-se que cada organização tende a desenvolver o seu próprio padrão. Desta forma, a criação dos capítulos da

NBR 15965 em associação com a Estratégia BIM BR (BRASIL, [s.d.]) incentivarão as empresas a gerar dados normatizados, confiáveis e passíveis de comparação com diversas fontes, permitindo a integração entre bases diferentes (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2017).

Atualmente já se nota a influência do BIM sobre as empresas através de mapeamentos como o realizado por uma associação entre o Sienge e a Grant Thornton, que avaliou 643 empresas e profissionais sobre a utilização do BIM em suas rotinas de trabalho (IAMAMOTO; SCHVEITZER, 2020). Além de obter que os 38,4% da amostra que afirmaram utilizar a metodologia BIM se concentram, principalmente, nas regiões Sul e Sudeste, o mapeamento mostrou, através da Figura 8, que apenas as empresas com até 3 anos de atuação representavam maioria entre as que aplicavam o BIM em seus processos.

Figura 8 – Distribuição da adoção do BIM por idade da empresa.



Fonte: Iamamoto & Schweitzer (2020).



De modo geral, à medida que os programas melhoram, também ocorre a melhora das tecnologias para apoiar o seu uso, o que constantemente muda os paradigmas de práticas no gerenciamento das construções para projetistas e construtores (HARDIN; MCCOOL, 2015) e isso influencia as empresas jovens de maneira mais intensa com relação à receptividade às novas práticas de mercado, como é o caso do *Building Information Modeling*. Com base nos números ainda baixos quando se trata de aplicação do BIM, os integrantes da indústria AEC deverão investir cada vez mais em qualificação e aperfeiçoamento profissional, uma vez que o BIM funciona como um catalisador de mudanças em processos, assim como uma fonte de novas capacidades (WIERZBICKI; DE SILVA; KRUG, 2011).

## CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

A eficiência no planejamento e gerenciamento de obras se mostra cada vez mais atrelada à utilização de recursos tecnológicos, oferecidos em massa pelo mercado. O BIM surge como uma alternativa para redução das problemáticas mais comuns na concretização de um projeto: perdas de informação, incompatibilidade entre projetos e necessidade de aditivos contratuais (aumento de verba ou prorrogação de prazo).

Certamente, ao passo que cresça a quantidade de leis, normatizações e incentivos ao aumento de investimentos para melhoramento da produtividade na construção civil e à medida que se eleve o nível de exigência dos clientes quanto ao desempenho de seus ativos, se aumentará a demanda por profissionais da indústria da arquitetura, engenharia e construção (projetistas, fornecedores, construtores e diretores) com domínio sobre a metodologia BIM. Entretanto, seu entendimento pleno apenas ocorrerá através de um processo cíclico de aprendizagem, já que o desenvolvimento constante das

tecnologias resulta na criação de programas com cada vez mais funcionalidades para apoiar os profissionais envolvidos no ciclo de vida de um empreendimento.

Foi verificado que a metodologia BIM possui potencial para ser empregada, em escala global, como ferramenta que proporciona automação e aumento de eficiência à indústria da construção. Se devidamente implementada pelas empresas - ao avaliar minuciosamente o conjunto de ferramentas, processos e comportamentos mais adequados à sua realidade - o BIM gera redução de contradições, diminuição da carga horária de dedicação aos projetos ao atingirem fases avançadas, além de maior precisão e previsibilidade do escopo envolvido. É primordial, desta maneira, que haja estímulo de origem pública e privada quanto à aplicação do BIM em empreendimentos, buscando maior economia de recursos, melhor precisão de estimativas e aumento na eficiência dos processos empresariais, de maneira geral.

## REFERÊNCIAS

ALTOQI. **Primeira Norma de BIM no Brasil**: ABNT NBR 15965. [S.l.], 2020. Disponível em: [https://lp.altoqi.com.br/wp-content/uploads/2020/07/artigo\\_primeira\\_norma\\_bim\\_brasil\\_nbr\\_15965-1\\_2011.pdf](https://lp.altoqi.com.br/wp-content/uploads/2020/07/artigo_primeira_norma_bim_brasil_nbr_15965-1_2011.pdf). Acesso em: 17 dez. 2020.

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. **Integrated Project Delivery: A Guide** - version 1. AIA California Council, 2007. 57 p. Disponível em: [http://info.aia.org/siteobjects/files/ipd\\_guid\\_e\\_2007.pdf](http://info.aia.org/siteobjects/files/ipd_guid_e_2007.pdf). Acesso em: 6 fev. 2021.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Classificação da informação no BIM**: Coletânea guias BIM ABDI-MDCI. Brasília: ABDI, 2017. v. 2, 38 p. Disponível em:

BIM02\_20171101\_WEB.pdf. Acesso em: 6 fev. 2021.

AMORIM, S. R. L. **Gerenciamento e coordenação de projetos BIM**: Um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimentos. 1. ed. – [Reimpr.]. Rio de Janeiro: LTC, 2020.

ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 4, n. 2. USP, 2009. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50960>>. Acesso em: 6 fev. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 12006-2**: Construção de edificação – Organização de informação da construção: Parte 2. Rio de Janeiro, 2018.

\_\_\_\_\_. **NBR 15965-1**: Sistema de classificação da informação da construção: Parte 1. Rio de Janeiro, 2011.

BRASIL. **Decreto nº 10.306**, de 2 de abril de 2020. Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling - Estratégia BIM BR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 3 abr. 2020. Edição 65, Seção 1, p. 5. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.306-de-2-de-abril-de-2020-251068946>. Acesso em: 10 mar. 2021.

\_\_\_\_\_. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **BIM BR**: Construção inteligente. Brasília: MDIC, [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/produktividade-e->

[comercio-exterior/pt-br/images/REPOSITARIO/sdci/CGMO/Livretoa\\_Estrata\\_giaa\\_BIMa\\_BRa\\_versa\\_oa\\_sitea\\_MDIC.pdf](https://www.gov.br/comercio-exterior/pt-br/images/REPOSITARIO/sdci/CGMO/Livretoa_Estrata_giaa_BIMa_BRa_versa_oa_sitea_MDIC.pdf). Acesso em: 19 mar. 2021.

British Standards Institution. **BS 8536**: Facility management briefing. Code of practice. London, 2010.

\_\_\_\_\_. **PAS 1192-6**: Specification for collaborative sharing and use of structured Health and Safety information using BIM. London, 2018.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. **Aspectos da construção sustentável no Brasil e promoção de políticas públicas**: Subsídios para a promoção da construção civil sustentável. [S.l.], v. 1, nov. 2014. Disponível em: [http://www.cbcs.org.br/\\_5dotSystem/userFiles/MMA-Pnuma/Aspectos%20da%20Construcao%20Sustentavel%20no%20Brasil%20e%20Promocao%20de%20Politicass%20Publicas.pdf](http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/MMA-Pnuma/Aspectos%20da%20Construcao%20Sustentavel%20no%20Brasil%20e%20Promocao%20de%20Politicass%20Publicas.pdf). Acesso em: 19 mar. 2021.

CRC CONSTRUCTION INNOVATION. **Adopting BIM for facilities management**: Solutions for managing the Sydney Opera House. Cooperative Research Center for Construction Innovation. Brisbane, Australia, 2007. Disponível em: [http://www.construction-innovation.info/images/CRC\\_Dig\\_Model\\_Book\\_20070402\\_v2.pdf](http://www.construction-innovation.info/images/CRC_Dig_Model_Book_20070402_v2.pdf). Acesso em: 6 fev. 2021.

EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook**: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008. Disponível em: [https://www.academia.edu/3183272/BIM\\_handbook\\_A\\_guide\\_to\\_building\\_informaton\\_modeling\\_for\\_owners\\_managers\\_designers\\_engineers\\_and\\_contractors](https://www.academia.edu/3183272/BIM_handbook_A_guide_to_building_informaton_modeling_for_owners_managers_designers_engineers_and_contractors). Acesso em: 19 mar. 2021.

GROVES, D. Efficiency eludes the construction industry. **The Economist**. London, 17 ago. 2017. Disponível em: <https://www.economist.com/business/2017/08/17/efficiency-eludes-the-construction-industry>. Acesso em: 8 fev. 2021.

HARDIN, B.; MCCOOL, D. **BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows**. ed. 2. Indianapolis: John Wiley & Sons, 2015. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=YczVoAEACAAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 19 mar. 2021.

IAMAMOTO, L.; SCHVEITZER, F. - **Mapeamento de maturidade BIM Brasil**. Relatório técnico, 2020. Disponível em: <https://www.sience.com.br/relatorio-mapeamento-de-maturidade-bim/>. Acesso em: 21 jan. 2021.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 16739-1: Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries - Part 1: Data schema**. 2018a. Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:70303:en>. Acesso em: 18 jan. 2021.

\_\_\_\_\_. **ISO 19650-1: BSI Standards Publication Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) - Information management using building information modelling – Part 1: Concepts and principles**. 2018b. Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:19650:-1:ed-1:v1:en>. Acesso em: 19 mar. 2021.

KAMARDEEN, I. **8D BIM modelling tool for accident prevention through design**. In: 26th Annual ARCOM Conference, Leeds, UK, p. 281-289, 2010. Disponível em:

<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.461.8274&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 6 fev. 2021.

KIVINIEMI, A. et al. **Review of the Development and Implementation of IFC Compatible BIM**. [S.l.]: Erabuild Funding Organisations. 126 p. 2008. Disponível em: <https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/131997343/Untitled.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2021.

LAUDEN, A. P. et al. Estudo da viabilidade do conceito BIM (Building Information Modeling) no gerenciamento de obras. **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada**, Blumenau, SC, v.14, n. 1, p. 73-97, 2020. Disponível em: <https://rica.unibes.com.br/rica/article/view/1016/809>. Acesso em: 6 fev. 2021.

LEE, A. et al. **nD modelling road map: A vision for nD-enabled construction**. Construct IT Report, Salford: [s.n.], 2005. Disponível em: <https://usir.salford.ac.uk/id/eprint/35972/1/nD%20Modelling%20Roadmap%20-%20Developing%20a%20Vison%20of%20nD-Enabled%20Construction.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2021.

LINO, J. C.; AZENHA, M.; LOURENÇO, P. Integração da metodologia BIM na engenharia de estruturas. In: ENCONTRO NACIONAL BETÃO ESTRUTURAL, 2012, Porto. **Anais [...]**, Porto: FEUP, 2012. Disponível em: [https://paginas.fe.up.pt/~be2012/Indice/BE2012/pdf-files/076\\_Artigo.pdf](https://paginas.fe.up.pt/~be2012/Indice/BE2012/pdf-files/076_Artigo.pdf). Acesso em: 21 jan. 2021.

MANZIONE, L. **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 324 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-08072014->

124306/publico/TESE\_LEONARDO\_MANZIO.pdf. Acesso em: 21 jan. 2021.

MCGRAW HILL CONSTRUCTION. **The business value of BIM for construction in major global markets:** how contractors around the world are driving innovation with building information modeling. Bedford, MA: MCGRAW HILL, 2014a. Disponível em: [https://www.icn-solutions.nl/pdf/bim\\_construction.pdf](https://www.icn-solutions.nl/pdf/bim_construction.pdf). Acesso em: 20 jan. 2021.

\_\_\_\_\_. **The business value of BIM for owners.** Bedford, MA: MCGRAW HILL, 2014b. Disponível em: [https://i2sl.org/elibrary/documents/Business\\_Value\\_of\\_BIM\\_for\\_Owners\\_SMR\\_\(2014\).pdf](https://i2sl.org/elibrary/documents/Business_Value_of_BIM_for_Owners_SMR_(2014).pdf). Acesso em: 20 jan. 2021.

MONTEIRO, A.; MARTINS, J. P. Building Information Modeling (BIM) – teoria e aplicação. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING UBI2011, 2011, Covilhã. **Anais [...]**. Covilhã: UBI, 2011. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/69849/2/60875.pdf>. Acesso em: 6 fev. 2021.

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. **United States National Building Information Modeling Standard: Version 1 – Part 1: Overview, Principles and Methodologies.** Washington, DC: NIBS, 2007. Disponível em: [https://buildinginformationmanagement.files.wordpress.com/2011/06/nbimsv1\\_p1.pdf](https://buildinginformationmanagement.files.wordpress.com/2011/06/nbimsv1_p1.pdf). Acesso em: 20 jun. 2020.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia de conhecimento em gerenciamento de projetos.** 6. ed. Pennsylvania: PMI, 2017. Disponível em: <https://dicasliderancagp.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Guia-PMBOK-6%C2%AA-Edi%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2021.

REINHARDT, J.; BEDRICK, J. **Level of development (LOD) specification part 1 and commentary:** form building information models and data. BIM Forum. [S.l.]. 2019. Disponível em: [https://bimforum.org/resources/Documents/BIMForum\\_LOD\\_2019\\_reprint.pdf](https://bimforum.org/resources/Documents/BIMForum_LOD_2019_reprint.pdf). Acesso em: 7 jan. 2021.

ROBINSON, G. **Global Construction 2030:** a global forecast for the construction industry to 2030. London: GCP Global, 2015. Disponível em: <https://www.ice.org.uk/icedevelopmentwebportal/media/documents/news/ice%20news/global-construction-press-release.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2020.

SAKAMORI, M. M. **Modelagem 5D (BIM):** processo de orçamentação com estudo sobre controle de custos e valor agregado para empreendimentos de construção civil. 2015. 178 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/41394>. Acesso em: 6 fev. 2021.

SMARTMARKET. **SmartMarket Brief: BIM Advancements.** n. 1. [S.l.]: Dodge Data & Analytics, 2017. Disponível em: <https://www.smartmarketbrief.com/reports/SMBrief-BIM-Advancements-01.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2021.

WIERZBICKI, M.; DE SILVA, C. W.; KRUG, D. H. BIM – History and trends. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONSTRUCTION APPLICATIONS OF VIRTUAL REALITY, 11., 2011, Weimar, Germany. **Electronic proceedings CONVR2011.** Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/259390230\\_BIM\\_-\\_History\\_and\\_Trends](https://www.researchgate.net/publication/259390230_BIM_-_History_and_Trends). Acesso em: 20 jan. 2021.

WONG, K.; FAN, Q. Building information modelling (BIM) for sustainable building design. **Facilities**, v. 31, n. 3/4, p. 138-157,

2013. Disponível em:  
<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/02632771311299412/full/html?mobileUi=0&fullSc=1&fullSc=1&fullSc=1&fullSc=1&mbSc=1&fullSc=1&fullSc=1>  
. Acesso em: 6 fev. 2021.

ZANCUL, E. et al. **Estudo sobre produtividade na construção civil: desafios e tendências no Brasil**. 12 f. Relatório técnico, 2014. Disponível em:  
[https://www.researchgate.net/publication/284899775\\_Estudo\\_sobre\\_produtividade\\_na\\_construcao\\_civil\\_desafios\\_e\\_tendencias\\_no\\_Brasil](https://www.researchgate.net/publication/284899775_Estudo_sobre_produtividade_na_construcao_civil_desafios_e_tendencias_no_Brasil). Acesso em: 19 jan. 2021.