

EDIFÍCIOS SUSTENTÁVEIS E DETALHES DA AVALIAÇÃO BIM EM PROJETOS COMERCIAIS

SUSTAINABLE BUILDINGS AND BIM EVALUATION DETAILS IN COMMERCIAL PROJECTS

¹ Rodrigo de Souza Gomes; ¹ Emerson Pinheiro Valentim Lima
¹ Universidade Federal do Acre, Rio Branco – Brasil

* Autor correspondente: gsm.gomes@gmail.com

RESUMO

A tecnologia BIM (Building Information Modelling) é atualmente reconhecida como uma importante ferramenta no desenvolvimento na indústria da engenharia, arquitetura e construção, estabelecendo uma nova perspectiva no processo de execução dos projetos das diferentes especialidades. É importante empresas, engenheiros e arquitetos atualizarem suas práticas e métodos de trabalho por meio das produções técnicas-científicas disponíveis. O objetivo deste artigo é analisar quantitativamente as bibliografias científicas produzidas a respeito de obras sustentáveis e o uso do BIM nos últimos anos. A busca na literatura e a seleção dos artigos foi realizada nos meses de abril e maio de 2020, na base de dados do Portal da CAPES através da base *Institution of Civil Engineers (ICE)* e no Google Acadêmico, usando os descritores: “BIM”, “engenharia” e “sustentável”, combinados com auxílio do operador booleano AND. Foram considerados os trabalhos produzidos até maio de 2020, em especial o período a partir de 2015. As pesquisas nas bases de dados revelaram que desde 1965 até maio de 2020, cerca de 1.744 trabalhos foram publicados em revistas científicas internacionais, relacionando o BIM a projetos de sustentáveis de engenharia. No entanto, boa parte desses trabalhos, 1.262 (aproximadamente 72%) foram publicados nos últimos cinco anos tanto para o levantamento do base da CAPES quanto no Google Acadêmico. O ano de 2019 teve o maior registro de publicação, 342 artigos. A preocupação com a sustentabilidade tem crescido na indústria da construção, baseada nos conceitos de projetos que consideram fatores sociais, econômicos e ambientais nas suas estratégias. Os principais usos do BIM na bibliografia levantada trata-se da organização da informação, com modelos criados ou já existentes que usam o BIM para planejar e gerenciar obras; planejamento de uma obra com BIM 4D e/ou BIM 5D; monitoramento em tempo real de obras; potencialidades e desafios na implantação do BIM. Apesar do BIM ser uma metodologia consolidada como algo que viabiliza e contribui significativamente no processo de elaboração de obras da engenharia civil e projetos sustentáveis, ainda há muita resistência quanto ao uso dessa ferramenta. A tecnologia pode trazer importantes contribuições ao reduzir o tempo de obtenção da informação e a complexidade de extração dos dados, além de tantas outras vantagens, mas ainda que exista um grande avanço tecnológico, profissionais e empresas precisam optar e investir pra o uso das ferramentas. O que atualmente é moderno, sustentável e de difícil acesso, será em um futuro não tão distante, a única alternativa viável. É importante destacar que o uso do BIM não deve ser visto com a simples adoção de um modelo de desenvolvimento, mas ele é uma ferramenta multidisciplinar que tem o intuito de correlacionar e potencializar os setores envolvidos na concepção de projetos de engenharia sustentáveis.

Palavras-chave: modelagem; engenharia civil; baixo impacto ambiental; viabilidade.

ABSTRACT

BIM (Building Information Modeling) technology is currently recognized as an important tool in development in the engineering, architecture and construction industry, establishing a new perspective in the process of executing the projects of different specialties. It is important for companies, engineers and architects to update their practices and working methods through the available technical-scientific productions. The aim of this article is to quantitatively analyze the scientific bibliographies produced regarding sustainable works and the use of BIM in recent years. The literature search and selection of articles was carried out in the months of April and May 2020, in the CAPES Portal database through the Institution of Civil Engineers (ICE) database and in Google Scholar, using the keywords: “BIM”, “Engineering” and “sustainable”, combined with the help of the Boolean operator AND. Works produced up to May 2020 were considered, especially the period starting in 2015. Research in the databases revealed that from 1965 to May 2020, around 1,744 works were published in international scientific journals, relating BIM to projects of sustainable engineering. However, a good part of these works, 1,262 (approximately 72%) were published in the last five years, both for surveying the CAPES database and Google Scholar. The year 2019 had the highest publication record, 342 articles. The concern with sustainability has grown in the construction industry, based on the concepts of projects that consider social, economic and environmental

factors in their strategies. The main uses of BIM in the bibliography raised are the organization of information, with models created or existing that use BIM to plan and manage works; planning a project with BIM 4D and / or BIM 5D; real-time monitoring of works; potentialities and challenges in the implementation of BIM. Although BIM is a consolidated methodology as something that enables and contributes significantly to the process of preparing civil engineering works and sustainable projects, there is still a lot of resistance regarding the use of this tool. Technology can bring important contributions by reducing the time to obtain information and the complexity of extracting data, in addition to so many other advantages, but even if there is a great technological advance, professionals and companies need to choose and invest to use the tools. What is currently modern, sustainable and difficult to access, will in the not-so-distant future be the only viable alternative. It is important to highlight that the use of BIM should not be seen with the simple adoption of a development model, but it is a multidisciplinary tool that aims to correlate and enhance the sectors involved in the design of sustainable engineering projects.

Keywords: modeling; civil engineering; low environmental impact; viability.

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por edificações mais sustentáveis, eficiência na elaboração e execução de projetos da construção cível trazem à tona a importância da aplicação de tecnologia no desenvolvimento de obras. As simulações e modelagens no ambiente virtual apresentam grande potencial na previsão de problemas e, conseqüentemente, na proposição de soluções, tanto ambientais quanto do gerenciamento da obra.

A integração virtual das informações e as projeções de empreendimentos são estratégicos na personalização de projetos, por proporcionar uma ampla variedade de resoluções, sistematizando os requisitos dos usuários, os impactos da obra e auxilia na tomada de decisão diante de contratempos [1]. Os estudos e análises dos diversos domínios da indústria de Engenharia e Construção são indispensáveis para a criação, o estabelecimento de parâmetros e sistemas que apoiam às tomadas de decisões, como ocorre em projetos que utilizam as ferramentas computacionais tipo BIM.

O *Building Information Modeling* (BIM) cria e utiliza a informação computacional consistente de um projeto de edificação, essa informação paramétrica é usada na obra para orientação de riscos, formulação de documentos, previsão do desempenho, estimativa de custo, na solução de problemas e no planejamento [2]. O BIM também pode ser definido como uma tecnologia de modelação associada à um conjunto de processos que produzem, analisam e expressam modelos para uma obra (construção de edifícios e outras obras de engenharia civil), a qual viabiliza a interpretação das informações de engenharia e suas interações, de maneira antecipada e sem a necessidade de desenhos detalhados [3, 4].

Com a crescente demanda por práticas sustentáveis no século XXI também influenciou a adoção de métodos mais eficientes e ecologicamente corretos. O uso irresponsável de água, o desperdício de materiais, impacto de obras ao meio ambiente, entre outras questões, tornam necessário o debate e adequação técnica, política, econômica e social. De acordo com Saud et al. [5], a construção civil passa por um período de desafios econômicos que exigem mais

eficiência dos projetos e a implementação do BIM como ferramenta destaca a necessidade de inovação na construção civil.

Neste contexto atual, onde é preciso combinar eficiência e sustentabilidade, o uso do BIM é preponderante para o alcance de resultados positivos. Anteriormente, elaborar um projeto nos moldes sustentáveis era uma opção do engenheiro, no entanto, essa abordagem vai de consonância com as necessidades contemporâneas. Ter controle sobre as ações envolvidas na obra, prever problemas, otimizar os recursos, reduzir custo e promover a preservação ambiental são aspectos inerentes à construção civil moderna e são características que os clientes e o mercado buscam.

Desta forma, é importante empresas, engenheiros e arquitetos atualizarem suas práticas e métodos de trabalho por meio das produções técnicas-científicas disponíveis nas plataformas de busca e base de dados. Assim, o presente trabalho tem como objetivo analisar quantitativamente as bibliografias científicas produzidas a respeito de obras sustentáveis e o uso do BIM nos últimos anos. A partir da pesquisa bibliográfica quantitativa é possível visualizar o quanto essa temática vem sendo estudada e sua relevância para o mercado da construção civil.

2. FUNDAMENTAÇÃO E PERCURSO METODOLOGICO

2.1. PROJETOS SUSTENTÁVEIS

A mais de uma década a construção civil passa por reformulações, principalmente sob os aspectos de suas práticas danosas ao meio ambiente, Silva et al. [6] destacam o consumo de cerca de 75% dos recursos naturais do planeta por esse setor, com boa parte desses recursos não renováveis. As práticas sustentáveis estão cada vez mais presentes nos debates e são desafios para países, desenvolvidos ou não, assim, o volume de resíduos produzidos pelas construções, o consumo energético e a própria manutenção das construções compõem algumas das problemáticas discutidas pela sociedade atual [6].

O Brasil tem estabelecido alguns instrumentos para estímulo, regulação e fiscalização de obras da construção civil e projetos arquitetônicos, dentre essas ferramentas se destaca a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), constituída pela Lei nº 12.305/2010. A lei é produto da cooperação dos setores privados, público e da sociedade civil, e firma a responsabilidade comum entre todos os setores associados à construção civil referente a geração, reutilização e destinação de resíduos [7].

A PNRS impacta positivamente a produção, pois propõe a logística reversa e tem como um de suas metas à adoção de modelos sustentáveis na produção de tanto de bens quanto na prestação de serviços [6]. Logo, obras sustentáveis levam em consideração o processo concepção do projeto, o uso dos ambientes, a vida útil e se após esse período, a obra poderá ser usada para outros propósitos [8].

Os “projetos verdes” estabelecem basicamente que os materiais utilizados sejam avaliados pela necessidade, que se evite desperdício, economia energética, reaproveitamento de resíduos e o uso racional da água, além é claro da segurança e bem-estar de colaboradores [6, 9]. As obras sustentáveis não são pensadas apenas para mitigar os impactos ambientais, elas também têm como objetivo proporcionar qualidade de vida às pessoas que usam destas construções [10].

É importante destacar que as reduções dos problemas ambientais previstos em obras sustentáveis são consideradas no que diz respeito à manutenção dessas estruturas, como diminuição da demanda energética e produção de resíduos [11]. Um empreendimento sustentável deve apresentar três propriedades: social, ambiental e econômico, sem esses pilares são inviáveis projetos sustentáveis e eficientes [12].

A sociedade e os clientes também buscam por projetos sustentáveis em todos seus aspectos, o que têm exigido das empresas aprimoramento e certificação, principalmente referente à qualidade, saúde e segurança ocupacional, responsabilidade social e gerenciamento ambiental [6]. Paiva et al. [13] afirmam que a implementação de métodos e práticas sustentáveis contribuem para redução de desperdício tanto de materiais como serviços, na otimização do tempo gasto na execução da obra e na melhoria e gerência do ambiente de trabalho. Neste contexto, o engenheiro tem papel indispensável, pelo fato de ser o profissional habilitado tecnicamente para deliberar padrões para o desenvolvimento de uma obra sustentável.

Para orientar profissionais e empresas de engenharia, foram estabelecidos instrumentos para adequação dos projetos como o Sistema de Gestão da Qualidade, disposto na ABNT NBR ISO 9001, o OHSAS 18001 (*Occupational Health and Safety Management Systems*) que é a resolução de Segurança e Saúde Ocupacional mais usada e o PROCEL Edifica, plano de ação para métodos de eficiência energética indicadas pelo governo brasileiro [14].

Assim, referente às metodologias direcionadas para à elaboração de projetos com qualidade ambiental, a modelagem digital como ferramenta de antecipar a performance da edificação e possibilitar os ajustes ainda na fase de concepção, assim como gerenciar todos os fatores que impactam direta e indiretamente a execução da obra [15]. Desta forma, o BIM tem

sido amplamente utilizado em projetos de engenharia e arquitetônicos que têm como objetivo potencializar os resultados e maximizar os recursos, mitigando os impactos ambientais.

2.2. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

Building Information Modeling (BIM) é uma expressão que pode ser traduzida como Modelagem da Informação da Construção e é um método que auxilia no processo de concepção e uso de informações coletivamente, formando uma base de dados aplicados nas tomadas de decisões durante o ciclo de vida de um projeto [5]. O ciclo de um empreendimento pode envolver desde o planejamento inicial até a entrega e, posteriormente, manutenção do projeto, considerando as emissões de documentos, execução da obra, demolições e a operação, com o gerenciamento do canteiro e equipes [16].

O BIM dispõe de várias aplicações que podem ser utilizadas nos processos de um empreendimento, dentre as opções destaca-se o *Code Checking*, onde os parâmetros computacionais podem ser usados para as análises de projetos com baixa intervenção, o que gera bastante subsídios para a indústria da construção civil, por conta do baixo custo e da pouca interferência do usuário [17].

O BIM foi concebido anteriormente como Sistema de Descrição de Edifícios (*Building Description System*), e tratava-se de um sistema, na verdade um modelo matemático, para descrever os elementos e suas combinações, a fim de aproximar o projeto do desenho ideal do empreendimento. Assim, logo com o avanço tecnológico o BIM evoluiu em um método de modelagem paramétrica estatística e representada de forma virtual, as informações são inseridas e relacionadas entre si nesse ambiente [18].

A aplicabilidade do modelo BIM durante as fases de vida do projeto é direcionada pelos tipos de uso das plataformas empregadas no empreendimento e de suas interações, dependes não apenas das ferramentas e tecnologias utilizadas, assim como das equipes e gestão da obra [9]. Para Succar [19], têm três estágios de capacidade BIM, onde o primeiro é a modelagem do produto baseada em objetos desenvolvida por ferramentas BIM; a próxima está ligada à colaboração fundamentada nos modelos; e por fim, a integração baseada em rede. Existem outros dois estágios, um que antecede, chamado de Pré-BIM, que representa o status antes da implementação de BIM; e Pós-BIM, que é o aspecto final da obra e o objetivo em constante evolução para empregar ferramentas e conceitos que são virtualmente integrados com design, construção e operação [15].

Para o dimensionamento do projeto, não se pode tão-somente considerar a capacidade de entregar um modelo ou a forma de desenvolvê-lo, mas também o nível de maturidade associada à qualidade e ao estado de melhoria de um produto BIM. O nível de maturidade inicia-se com arquivos CAD 2D para a documentação, que não possui informações relacionadas aos objetos, considerado como nível 0. O nível 1 são estabelecidos os modelos constituídos de objetos que serão usados com associação semântica para visualização 3D, geração de representação gráfica 2D automatizada e uma colaboração de arquivos, mas sem integração dos dados de projeto. No nível 2, as disciplinas são gerenciadas separadamente, e o ambiente 3D é usado para análise cruzada e colaboração, onde são feitas por meio de conexões proprietárias ou extensões abertas [15].

No último nível, 3, integração de processos e dados estão completamente abertos, habilitados por "serviços Web" compatíveis com os padrões IFC, gerenciados por um servidor de modelo colaborativo empregando processos de engenharia simultâneos [20]. Santos [21] comenta alguns dos requisitos para a obtenção da capacidade e maturidade de acordo com seus níveis de evolução, apresentados na Tabela 01, segundo o autor para atingir o objetivo esperado definido pelo uso do modelo BIM, ambos os critérios devem ser trabalhados em conjunto.

Para Saud et al. [5], em projetos desenvolvidos com BIM, os modelos da edificação contêm além das informações geométricas tridimensionais (3D), informações de planejamento (4D), de orçamento (5D), de sustentabilidade ambiental (6D) e de manutenção (7D). Neste sentido, o modelo BIM é enriquecido por informações geométricas e não-geométricas interdependentes, ou seja, cruciais estarem incrementadas conjuntamente para o sucesso da implementação BIM no empreendimento [22].

Apesar de todas as aplicabilidades, ferramentas e vantagens do uso do BIM ainda existe muitas dificuldades que induzem empresas e engenheiros a não utilizarem essa metodologia. Outras possíveis razões prendem-se com o elevado investimento inicial necessário em formação e programas informáticos, que também conduz a quebras de produtividade durante a fase de adaptação. Restrições de interoperabilidade entre plataformas e ferramentas e a falta de normalização também contribuem negativamente para a implementação generalizada do BIM [1, 5, 23].

É imprescindível a produção de informações e bases científicas que possam subsidiar às tomadas de decisões de engenheiros e empresas do setor da construção civil, logo o uso do BIM é uma alternativa atual e eficiente para a elaboração de projetos sustentáveis e de alta performance. Neste sentido, o objetivo desta pesquisa é analisar quantitativamente os trabalhos

produzidos a respeito de obras sustentáveis e o uso do BIM nos últimos cinco anos, de 2015 a 2020.

Tabela 01: Níveis de capacidade e maturidade em BIM.

	CAPACIDADE	MATURIDADE	CONSIDERAÇÕES
PRÉ-BIM (N0)	Utilização de ferramentas CAD	A documentação não te informações associadas aos objetos	_____
N1	Modelagem baseada em objeto desenvolvida por ferramentas ARCHICAD, Revit e Vectorworks	Visualização em 3D; Representação gráfica 2D automatizada	Nenhuma integração de dados de projetos
N2	Projeto de colaboração multidisciplinar baseado em modelo	Ambiente 3D para análise cruzada e colaborações; Utilização de recursos 4D e 5D; Análise de projeto por meio de recursos de parametrização;	Necessidade de gerenciar informações entre diferentes disciplinas
N3	Integração baseada em rede	A integração de processos de dados está completamente aberta, habilitada por “serviços Web” compatíveis com os padrões IFC	_____
PÓS-BIM	Constante evolução para empregar ferramentas e conceitos que são virtualmente integrados com design, construção e operação		

Fonte: Adaptado de Santos [21].

3. METODOLIGA

O presente estudo trata-se de uma revisão literatura com abordagem quantitativa e descritiva. O tipo de revisão foi integrativo que se caracteriza por uma vasta pesquisa nas mais diversas fontes, permitindo a entrada de estudos experimentais e não-experimentais para uma compreensão ampla do fenômeno em análise, neste caso o uso do BIM na elaboração de projetos sustentáveis de engenharia civil.

Para realização do estudo foram utilizados como critérios de inclusão: abordar a temática do uso do BIM e projetos sustentáveis. A busca na literatura e a seleção dos artigos foi realizada nos meses de abril e maio de 2020, na base de dados do Portal da CAPES através da base *Institution of Civil Engineers* (ICE), considerado o recurso online com informações relacionadas à engenharia civil e áreas correlatas mais abrangente do mundo, usando os descritores: “BIM”, “engenharia” e “sustentável”, combinados com auxílio do operador booleano AND. Foram considerados os trabalhos produzidos até maio de 2020, em especial o período a partir de 2015. Além disso, foi feito o levantamento na base de dados gratuita Google Acadêmico.

Tais bases de dados foram selecionadas observando o critério de representatividade indicado por Gil [24], além do acesso fácil e gratuidade. Em um primeiro momento, a partir da pesquisa bibliográfica e com base no referencial teórico, foi destacado os resultados quantitativos, referentes ao número de publicações encontradas ao longo dos anos verificados,

posteriormente foi feita a discussão acerca da importância do uso do BIM para resultados positivos de obras de engenharia, em específico projetos sustentáveis e por fim, apresentado as principais técnicas sugeridas nos trabalhos acadêmicos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As pesquisas nas bases de dados do Portal da CAPES através da base *Institution of Civil Engineers* revelaram que desde 1965 até maio de 2020, cerca de 1.744 trabalhos foram publicados em revistas científicas internacionais, relacionando o BIM a projetos de sustentáveis de engenharia. No entanto, boa parte desses trabalhos, 1.262 (aproximadamente 72%) foram publicados nos últimos cinco anos, destacando a importância recente do uso da metodologia BIM e a disseminação de propostas de obras sustentáveis (Figura 01).

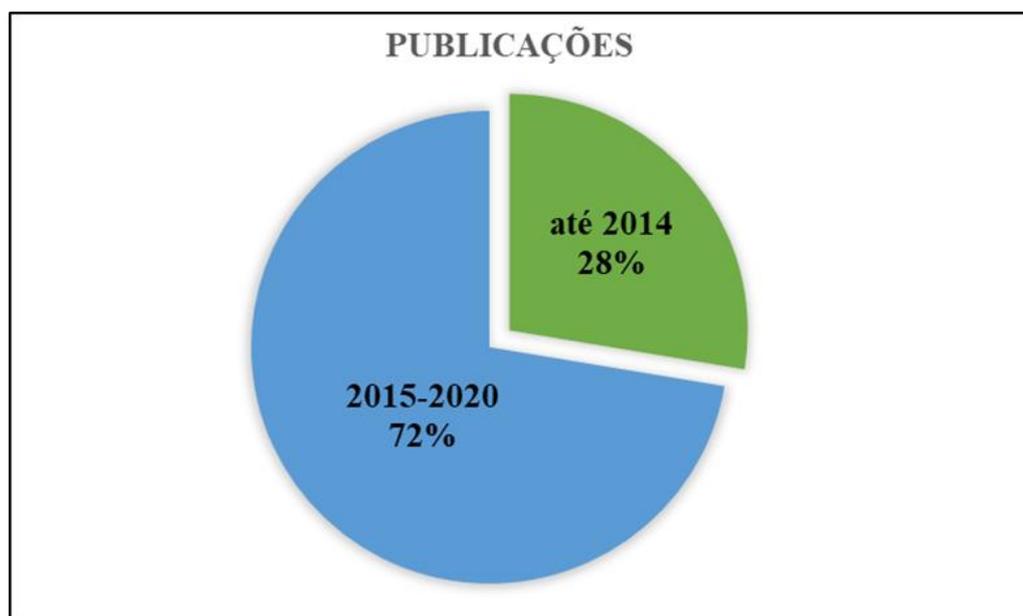


Figura 01: Trabalhos publicados de 1965 até 2020 relacionando o BIM a projetos de sustentáveis de engenharia. **Fonte:** elaborado pelo autor.

O uso do método BIM é recente e sua aplicação em projetos de baixo impacto ambiental pode estar associada às condições de alta performance e previsão de riscos operacionais, no entanto a engenharia sustentável é um tema bastante estudado, nos últimos 100 anos, de 1920 a 2020, foram mais de 362.334 trabalhos publicados em revistas conceituadas. O *Building Description System* (BIM) é tema de 7.414, com trabalhos relacionados antes da década de 70.

Como verificado na pesquisa o aumento de pesquisas com o uso do BIM cresce juntamente como os avanços tecnológicos, a informação digital além de conter dados sobre as

características geométricas dos elementos que compõem o edifício, permite a visualização de suas propriedades e atributos, a simulação e prevenção de aspectos inerentes a execução da obra, além de produzir dados para o gerenciamento e operação em todas as fases do empreendimento.

Nos últimos cinco anos, de 2015 até a presente maio de 2020, foi o período de maior concentração de pesquisas publicadas com o uso do BIM e projetos sustentáveis, sendo que o ano de 2019 foi o com maior produção de trabalhos, cerca de 342. Em 2020, até o mês de maio já se registram 116 publicação sobre o tema pesquisado (Figura 02). Além disso, durante esse período houve um crescimento constante anual de publicação e tais números podem estar associados a alguns fatores, como a crise do setor de engenharia civil, os avanços tecnológicos e a demanda por projetos sustentáveis, impulsionando o investimento no uso do BIM como alternativa para eficiência, economia e baixo geração de impacto ambiental.

Outra base de dados gratuita e bastante utilizada atualmente é o Google Acadêmico, na pesquisa sobre o uso do BIM em projetos foram encontrados 5.860 trabalhos em português, com mais de 60% registrados também nos últimos cinco anos (3.640 trabalhos de 2015 até maio de 2020). O BIM em projetos sustentáveis representou, de acordo com o Google Acadêmico, 1.410 trabalhos desde 2015 e projetos de engenharia sustentáveis tiveram 16.200 registros, corroborando, proporcionalmente, com os resultados encontrados na pesquisa da base de dados do Portal da CAPES.

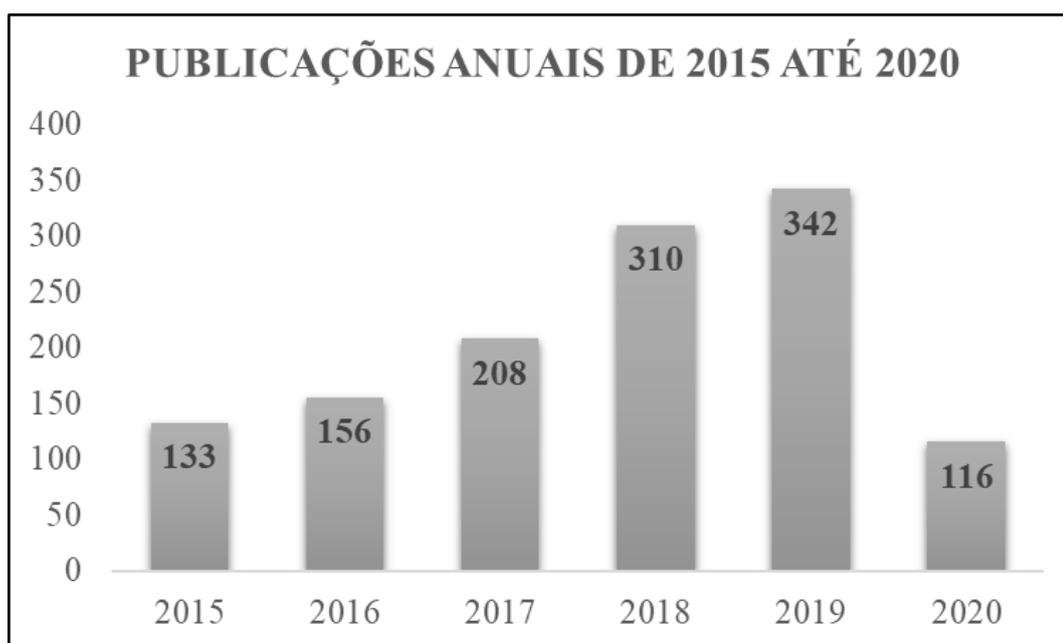


Figura 02: Publicações anuais de 2015 até 2020 relacionando o BIM a projetos de sustentáveis de engenharia. **Fonte:** elaborado pelo autor.

Segundo Souza et al. [25], embora seja comprovada a eficiência do uso do BIM nas etapas de construção de uma edificação e os benefícios para o setor, é um recurso ainda pouco explorado no Brasil. Assim, comparando os resultados das pesquisas com BIM em relação aos projetos sustentáveis e a pesquisas na área de engenharia civil é perceptível a inferioridade no número de publicação com o método de modelagem. Este tipo de abordagem, utilizando o conceito do BIM, pode passar a ser obrigatória a partir do ano de 2021, o que conseqüentemente, acarreta o avanço de estudos e utilização do procedimento no país [26].

Em um trabalho recente, Rodrigues et al. [27] realizaram uma revisão sistemática acerca do uso do BIM na engenharia civil e seus resultados indicaram um horizonte promissor da aplicação da tecnologia, além de uma tendência pela busca da interrelação entre as equipes envolvidas no desenvolvimento dos projetos de engenharia, corroborando com os resultados aqui encontrados.

É importante salientar que o intercâmbio de informações entre as equipes associadas à um empreendimento, engenheiros, arquitetos e gestores, deve ser orientado não somente por diferentes *softwares*, mas precisa ser conduzido por critérios [27]. A ausência de uma modelo funcional pode acarretar perdas de informações na conversão dos arquivos e tais prejuízos geram retrabalho, e por consequência maiores custos, sendo frequentemente considerados como fatores de inibição na adoção da plataforma [28]. Outros problemas podem estar relacionados como a falta de expertise da equipe e do gestor de obra quanto ao uso da tecnologia BIM e dificuldades técnicas com os softwares [29].

No entanto, os avanços nos processos de desenvolvimento da engenharia civil não estão unicamente associados as mudanças de *softwares*, evolução tecnológica, treinamento e atualização de *hardware* [30], pois o processo efetivo de implantação do BIM exige também a aplicação de novas políticas e relacionamento entre as partes envolvidas numa indústria que é considerada fragmentada [31, 32].

A metodologia BIM pode ser vista como uma oportunidade para aproximar os conhecimentos técnicos das condições reais dos elementos modelados tais como, processos produtivos, estudo de materiais, estruturas construtivas, além de forma de otimizar os recursos, garantindo resultados positivos. Assim, dentre os aspectos benéficos que podem ser adicionados à um projeto através da modelagem, Lee et al. [33] citam: análise do ciclo de vida; maximização da sustentabilidade; investigações sobre exigências energéticas; análises de acessibilidade; gestão de facilidades; e análises acústicas.

Para além dos aspectos apontados acima, Carneiro [30] destaca outros pontos positivos para o uso da metodologia BIM, como: a melhoria na interoperabilidade entre as equipes; a otimização do cronograma; a análise de recursos e produtividade mais eficiente; elevação do nível de confiabilidade no projeto; o controle visual de obras; a redução de custos e impactos ambientais, além da melhoria nas tomadas de decisão.

A preocupação com a sustentabilidade tem crescido na indústria da construção, baseada nos conceitos de projetos que consideram fatores sociais, econômicos e ambientais nas suas estratégias. O impacto dos custos resultantes de projetos de edificações sustentáveis é um dos recursos que os projetistas deveriam considerar quando estão idealizando um novo empreendimento [34], logo uma obra sustentável não é aquela unicamente pautada em mitigar os impactos ambientais, ela também deve ser de baixo custo e trazer conforto ao usuário [35]. Para Azevedo [36] uma grande contribuição para atingir as novas demandas de mercado é o uso de BIM em todo o ciclo de vida de um empreendimento. Assim, é possível “ter melhor controle sobre os prazos de execução e os custos”, bem como questões relacionadas à sustentabilidade.

Os principais usos do BIM na bibliografia levantada trata-se da organização da informação, com modelos criados ou já existentes que usam o BIM para planejar e gerenciar obras; planejamento de uma obra com BIM 4D e/ou BIM 5D; monitoramento em tempo real de obras; potencialidades e desafios na implantação do BIM. O uso do planejamento BIM 4D e 5D é o tema mais utilizado entre os trabalhos pesquisados, o primeiro refere-se à adição do cronograma da obra ao arquivo do projeto [37].

Já a o BIM 5D está relacionado as informações relativas aos custos da obra no modelo a inclusão de dados relativos aos serviços (custos materiais, mão de obra e equipamentos, despesas diretas e indiretas e bônus etc.), permitindo analisar diretamente os custos do projeto. Com estas ferramentas, é possível ser tomadas decisões mais eficazes, economicamente sustentáveis e com alto grau de confiabilidade [30, 38].

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do BIM ser uma metodologia consolidada com algo que viabiliza e contribui significativamente no processo de elaboração de obras da engenharia civil e projetos sustentáveis, ainda há muita resistência quanto ao uso dessa ferramenta. Isso deve-se a inúmeros problemas como a falta de qualificação profissional, baixo investimento de empresas e

profissionais, softwares complexos e a própria cultura de valorização do conhecimento empírico, descartando outras possibilidades facilitadas pela modelagem.

No entanto, os trabalhos encontrados a partir do levantamento bibliográfico revelam um incremento no uso da metodologia BIM e de suas várias possibilidades, principalmente quanto tem-se o interesse em projetar e executar obras sustentáveis tanto de baixo impacto ambiental quanto no sentido da redução de custos e gerenciamento operacional. É importante destacar que o uso do BIM não deve ser visto com a simples adoção de um modelo de desenvolvimento, mas ele é uma ferramenta multidisciplinar que tem o intuito de correlacionar e potencializar os setores envolvidos na concepção de projetos de engenharia sustentáveis.

Por fim, a tecnologia pode trazer importantes contribuições ao reduzir o tempo de obtenção da informação e a complexidade de extração dos dados, além de tantas outras vantagens, mas ainda que exista um grande avanço tecnológico, profissionais e empresas precisam optar e investir pra o uso das ferramentas. O que atualmente é moderno, sustentável e de difícil acesso, será em um futuro não tão distante, a única alternativa viável.

REFERÊNCIAS

- [1]. MORORÓ, M. S. D. M.; ROMCY, N. M.; CARDOSO, D. R.; BARROS NETO, J. D. P. Proposta paramétrica para projetos sustentáveis de Habitação de Interesse Social em ambiente BIM. **Ambiente Construído**, v. 16, p. 27-44, 2016.
- [2]. KRYGIEL, E.; NIES, B. **Green BIM: successful sustainable design with building information modeling**. Indiana: Wiley Publishing, Inc., 2008.
- [3]. LINO, J. C.; AZENHA, M.; LOURENÇO, P. Integração da metodologia BIM na engenharia de estruturas. **BE2012-Encontro Nacional Betão Estrutural**, p. 2-3, 2012.
- [4]. SACKS, R.; BARAK, R. Teaching Building Information Modeling as an Integral Part of Freshman Year Civil Engineering Education. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, v. 136, p. 30-38, 2010.
- [5]. SAUD, D. N.; DO CARMO, C. S. T.; DE SENNA, A. C. Metodologia BIM em projetos sustentáveis. **Revista de Trabalhos Acadêmicos Lusófona**, v. 2, n. 2, p. 282-304, 2019.
- [6]. SILVA, D. H.; DA SILVA SANTANA, E.; SILVA, J. F. T.; ALMEIDA, S.; DE LIMA, S. F. Construção Sustentável na Engenharia Civil. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS**, v. 4, p. 89, 2018.
- [7]. GOMES, M. H. S. C.; OLIVEIRA, E. C.; BRESCIANI, L. P.; DA SILVA PEREIRA, R. POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS: perspectivas de cumprimento da Lei 12.305/2010 nos municípios brasileiros, municípios paulistas e municípios da região do ABC. **Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria**, v. 7, p. 93-109, 2014.

- [8]. CÔRTEZ, R. G. Contribuições para a sustentabilidade na construção civil. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, v.6, n.3, p.384-397, 2011.
- [9]. ALMEIDA, L. D. B.; COSTA, D. B.; ALBERTE, E. P. V. Proposta de sistema de indicadores de desempenho para gestão sustentável em canteiros de obras. **Ambiente Construído**, v. 20, p. 153-170, 2020.
- [10]. CASAGRANDE, E. **Princípios e Parâmetros para a Construção Sustentável**. Artigo extraído do site www.idhea.com.br. (acessado em maio de 2020).
- [11]. MARTINS, D. F.; GODOY LEME, M. A. AVALIAÇÃO DE CUSTOS E QUALIDADE DE DOIS MATERIAIS CONSIDERADOS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL. **FOCO: caderno de estudos e pesquisas**, v. 14, p. 22-41, 2019.
- [12]. LABORATÓRIO, DE SUSTENTABILIDADE DA USP. **Pilares da Sustentabilidade**. v. 21, 2015.
- [13]. PAIVA S. M.; BARROSO, K. O.; NETO, M. V. C.; FERNANDES, K. K. B.; RESENDE, J. A. L. C.; DE MELLO REZENDE, G. B.; CAMPOS, I. A. M. S. A responsabilidade do engenheiro civil perante as legislações de resíduos da construção civil. **Revista Panorâmica online**, v. 2, 2019.
- [14]. GOMES, F. B. **Sustentabilidade na construção civil e as certificações: análise de aplicações em edificações do selo leed™ no Distrito Federal**. 2018.
- [15]. SANTOS, E. R.; SALGADO, M. S. **BIM na verificação de requisitos do PROCEL edifica. in: Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção**, 2, 2019, Campinas. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2019.
- [16]. ABAKUMOV, R. G.; NAUMOV, A. E. Building Information Model: advantages, tools and adoption efficiency. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 327, n. 2, p. 022001, mar. 2018.
- [17]. SUCCAR, B.; SALEEB, N.; SHER, W. Model Uses: Foundations for a Modular Requirements Clarification Language. **Australasian Universities Building Education**, p. 6-8, 2016.
- [18]. AZHAR, S.; KHALFAN, M.; MAQSOOD, T. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM): NOW AND BEYOND. **Construction Economics and Building**, v. 12, n. 4, p. 15-28, 2012.
- [19]. SUCCAR, B. THE FIVE COMPONENTS OF BIM PERFORMANCE MEASUREMENT. In: **CIB World Congress**. 2010. Disponível em: <http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/31438749/The_Five_Components_of_BIM_Performance_Measurement.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1491675327&Signature=7u5HxPSkDO9syqbz0XF88ACadf4%3D&response-content>
- [20]. GCCG, Government Construction Client Group. **A Report for the Building Information Modelling (Bim) working party strategy paper**. 2011. Disponível em: <<http://www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2012/03/BIS-BIM-strategy-Report.pdf>>, acesso em 8 abr 2020.

- [21]. SANTOS, E. R. **Adoção da plataforma BIM no processo de aprovação de projetos de edificações: desafios e possibilidades**. Rio de Janeiro, 2018. 127 f. Dissertação de mestrado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, 2018.
- [22]. HOLZER, D.; MALKIN, R. **Real-time design collaboration in 3D | ArchitectureAU**. Disponível em: <<https://architectureau.com/articles/real-time-design-collaboration-in-3d/>>. Acesso em: 30 ago. 2018.
- [23]. CARVALHO, J. P.; SILVA, S. M.; MATEUS, R.; BRAGANÇA, L. As metodologias BIM como auxiliar no projeto de reabilitação energética de edifícios. **Reabilitação Urbana e Construção Sustentável**, 2017.
- [24]. GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- [25]. SOUZA, B. V. A.; GONÇALVES, D. B.; DE PAULA RESENDE, A.; ALVIM, M. A.; MENDES, M. C.; FERNANDES, W. L. Identificação de interferências e análise de compatibilidade na integração de projetos utilizando o conceito BIM em uma edificação modelo/Identification of interferences and compatibility analysis in the integration of projects using the BIM concept in a model building. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 33843-33857, 2020.
- [26]. BIM BR. **Estratégia nacional de disseminação do Building Information Modelling no Brasil**. [S.l.], 2018. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br>. Acesso em: 7 mai. 2020.
- [27]. RODRIGUES, K. C.; DE CASTRO MESQUITA, H.; EDUARDO, R. C.; DE PAULA, H. M. Mapeamento Sistemático de Referências do uso do BIM na compatibilização de projetos na Construção Civil. **REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 13, n. 1, 2017.
- [28]. HU, Z.; ZHANG, X.; WANG, H.; KASSEM, M. Improving interoperability between architectural and structural design models: An industry foundation classes-based approach with web-based tools. **Automation in Construction**, v. 66, p. 29 - 42, 2016.
- [29]. CARNEIRO, N. S. R. **Panorama do uso do BIM 4D e 5D no planejamento e gerenciamento de obras na construção civil**. 2019. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.
- [30]. EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM: um guia para modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros gerentes, construtores e incorporadores**. Tradução de Cervantes Gonçalves Ayres Filho; Kléos Magalhães Lenz César Junior, et al. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- [31]. MENA, G. A.; CRAWFORD, J.; CHEVEZ, A.; FROESE, T. Building information modelling demystified: Does it make business sense to adopt BIM? **International Journal of Managing Projects in Business**, v. 2, n. 3, p. 419-434, 2009.
- [32]. KRAATZ, J. A.; SANCHEZ, A. X.; HAMPSON, K. D. Digital Modeling, Integrated Project Delivery and Industry Transformation: An Australian Case Study. **Buildings**, v. 4, p. 453-466, 2014.

- [33]. LEE, A.; WU, S.; MARSHALL-PONTING, A.; AOUAD, G.; COOPER, R.; TAH, J. H. M.; ABBOTT, C.; BARRETT, P. S. **nD Modelling Road map: A Vision for nD-Enabled Construction**. Salford: University of Salford, 2005.
- [34]. ALSAYYAR, B.; JRADE, A. Integrating Building Information Modeling (BIM) with sustainable universal design strategies to evaluate the costs and benefits of building projects. **5th International/11th Construction Specialty Conference**. Vancouver - British Columbia: 10 p. 2015.
- [35]. MATTANA, L.; LIBRELOTTO, L. I. Contribuição do BIM para a sustentabilidade econômica de edificações. **Mix Sustentável**, v. 3, n. 2, p. 134-146, 2017.
- [36]. AZEVEDO, O. J. M. D. **Metodologia BIM - Building Information Modeling na Direção Técnica de Obras**. 2009. 114p. (Mestrado). Engenharia Civil, Reabilitação, Sustentabilidade e Materiais de Construção, Universidade do Minho, 2009.
- [37]. CAMPESTRINI, T. F. **Entendendo BIM** – Uma visão do projeto de construção sob o foco da informação. 1. ed. Cuiabá: FABRÍCIO NOGUEIRA COSTA, 2015.
- [38]. SAKAMORI, M. M. **Modelagem 5D (BIM) - Processo de orçamentação com estudo sobre controle de custos e valor agregado para empreendimentos de Construção Civil**. 2015. 178f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2015.