



# ConBRepro

XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



IA nas Engenharias

29 nov. a 01  
de dezembro 2023

## O BIM como Inovação Tecnológica na Indústria da Construção Civil

**Antonio Carlos de Oliveira Miranda, Raquel Naves Blumenschein**

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Parque de Inovação e Sustentabilidade do Ambiente  
Construído Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, DF 70.910-900, Brasil

**Paulo de Tarso Mendes Luna**

Departamento de Gestão, Mídias e Tecnologias, Universidade Federal de Santa Catarina, Campus  
Universitário Reitor João David Ferreira Lima, Florianópolis – SC, 88040-900

**Resumo:** Esse trabalho caracteriza os produtos necessários a implementação da metodologia BIM (Building Information Modeling), bem como os novos processos e as mudanças na organização requeridos para essa implementação, como inovações tecnológicas. O BIM pode ser percebido como uma inovação radical, em relação à tecnologia anteriormente dominante na elaboração de projetos, o CAD (Computer Aided Design). O trabalho traça um paralelo entre estas duas tecnologias (CAD e BIM), e destaca porque, do ponto de vista das definições de inovação do Manual de Oslo e da teoria de inovação, essa tecnologia está associada a inovação em termos de produto, processo e definição organizacional. São também apresentados exemplos concretos que facilitam a compreensão dos conceitos apresentados. O trabalho apresenta também uma visão de uma perspectiva de continuidade da evolução de conceitos e inovações associadas ao BIM.

**Palavras-chave:** BIM, inovação tecnológica, transformação digital.

## BIM as a Technological Innovation in the Civil Construction Industry

**Abstract:** This work characterizes the necessary products for the implementation of the BIM (Building Information Modeling) methodology, as well as the new processes and changes in the organization required for this implementation, as technological innovations. BIM should be perceived as a radical innovation in relation to the previously dominant technology in project design, CAD (Computer Aided Design). The work traces a parallel between these two technologies (CAD and BIM), and highlights why, from the point of view of the definitions of innovation in the Oslo Manual and the theory of innovation, this technology is associated with innovation in terms of product, process, and organizational definition. Concrete examples are also presented that facilitate the understanding of the presented concepts. The work also presents a vision of a perspective of continuity in the evolution of concepts and innovations associated with BIM.

**Keywords:** BIM, technological innovation, digital transformation.

### 1. Introdução

Atualmente, o mercado brasileiro da construção civil está se mobilizando para a apropriação da tecnologia BIM (Building Information Modeling) traduzida para “Modelagem da Informação de Construção”. A principal mudança tecnológica do BIM é a substituição do modo de projetar

em CAD (Computer Aided Design). Projetar em CAD, essencialmente, inclui a elaboração de desenhos 2D, feitos de forma isolada por projetistas de diferentes disciplinas, para planejar uma mesma obra. No caso do BIM, adota-se um novo modo de projetar, de forma colaborativa, com modelos 3D, nos quais os elementos construtivos são distinguíveis e individualizáveis, e aos quais se associam bem mais informações e processos. O CAD também foi, na sua época de criação e disseminação, uma inovação tecnológica, uma vez que permitiu que se passasse de um processo essencialmente manual e analógico (os desenhos manuais em pranchetas), para um processo digital e automatizado. Da mesma forma, a mudança do processo de elaboração de projetos 2D para 3D em BIM caracteriza-se como um significativo avanço, que incorpora diversas inovações tecnológicas, como será discutido neste artigo.

Alguns trabalhos da literatura já indicam a relação entre as inovações tecnológicas e o BIM. Em 2013, Davies e Harty (DAVIES; HARTY, 2013) apresentaram um estudo de caso empírico da implementação de um sistema inovador chamado de 'Site BIM' em um grande projeto de construção de hospital. Uma característica desse projeto, como estudo exploratório, foi o uso de tablets móveis para o acesso as informações e visualização da qualidade do trabalho pelos envolvidos. Outro estudo de caso foi apresentado por Merschbrock e Munkvold (MERSCHBROCK; MUNKVOLD, 2015) para construção de um hospital, sendo sua principal contribuição a compreensão dos principais fatores de difusão, previsto na teoria de inovação, do BIM em projetos de construção. Wong e Zhou (WONG; ZHOU, 2015) afirmam que a inovação do BIM fornece um novo meio de prever, gerenciar e monitorar os impactos ambientais da construção e desenvolvimento do projeto, por meio da tecnologia de prototipagem/visualização virtual. Em 2017, Li e coautores (LI et al., 2017) realizaram um levantamento bibliométrico no domínio do conhecimento do BIM e identificaram a palavra "inovação" (innovation) como uma das palavras chaves no topo da pesquisa, mostrando que os trabalhos de pesquisa associam fortemente o BIM com a inovação. Ahmed e Kassem (AHMED; KASSEM, 2018) apresentam uma taxonomia de adoção do BIM unificada, tendo um dos focos a teoria de difusão da inovação. Uma das principais conclusões do trabalho é que alguns estudos apresentam o BIM como uma inovação finita (não multifacetada) e sugerem a necessidade de novos estudos sobre adoção do BIM, para ratificar percepções como: o BIM é uma inovação multifacetada, pois envolve vários estágios de implementação em diferentes estágios de adoção; a sua implementação impacta as cadeias de suprimentos; e o BIM atrai o interesse das partes interessadas longitudinalmente nos setores de construção. Em 2019, Shirowzhan e coautores (SHIROWZHAN et al., 2020) realizaram um levantamento sistemático da literatura sobre o BIM, em termos de desafios de interoperabilidade como fator de inovação, demonstrando novamente a crescente associação do BIM com a inovação. Em um trabalho mais recente, Shojaei e Burgess (SHOJAEI; BURGESS, 2022) apresenta o BIM como uma tecnologia digital, explorando a adoção da inovação digital na indústria de construção do Reino Unido. Os autores afirmam que a adoção da inovação digital no setor da construção continua baixa, apesar dos benefícios potenciais. Esse panorama abre portas para acelerar a adoção/difusão/implementação de inovações digitais através do BIM.

No cenário nacional, alguns trabalhos também apontam a relação entre BIM e inovação tecnológica. A dissertação de mestrado de Silva Junior (2013) apresenta o BIM como uma inovação tecnológica no processo de concepção de edifícios, por meio de um novo paradigma tecnológico. O trabalho não se profunde nas mudanças de processo de projeto na realidade brasileira, como mencionado pelo autor, mas apresenta os conceitos e processos de BIM e inovação. Essencialmente, sugere o aprimoramento das ferramentas BIM, especialmente quanto à interoperabilidade. Alcantara e autores (ALCANTARA; NOVAES; ROCHA, 2018) questionam como a inovação em serviço pode maximizar o resultado dos projetos de arquitetura e constata que as grandes inovações do BIM ocorreram a nível de software,

permitindo inovações no processo de projeto. Entretanto, não apresenta uma relação direta entre inovação e BIM. O BIM é considerado como uma inovação disruptiva (LIMA; CATAI; SCHEER, 2021), pois há uma quebra e rompimento com a tecnologia anterior de CAD, modificando as soluções técnicas de uma organização. O BIM também é visto como uma das principais expressões das inovações tecnológicas digitais aplicadas à Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (APARECIDA COSTA et al., 2021). Busquim e Silva e coautores (BUSQUIM E SILVA; SILVEIRA JÚNIOR; DANTAS, 2022) afirmam que o BIM é uma inovação técnica e processual com grandes transformações na indústria da construção, sendo ligado as inovações disruptivas que vem se consolidando na indústria 4.0. Em todos esses trabalhos nacionais, a associação entre o BIM como inovação tecnológica é mencionada, mas não explorada como nesse artigo.

Dentro desse contexto de BIM e inovação, algumas perguntas podem ser reformuladas: como é possível afirmar que um determinado produto, processo, serviço BIM é uma inovação? Quais são os elementos produzidos no BIM que podem ser considerados como inovação? Como as empresas de indústria da construção civil podem assegurar que estão realizando inovações com o BIM? Esse artigo responde essas e outras perguntas relacionadas com o BIM e inovação.

Dessa forma, a principal contribuição desse trabalho é relacionar as mudanças e inovações tecnológicas com as inovações de produto, processo e da organização advindas do BIM, principalmente pelas definições de inovação do ponto de vista do Manual de Oslo (FINEP, 1997).

## **2. O BIM COMO INOVAÇÃO TECNOLÓGICA SEGUNDO O MANUAL DE OSLO**

O BIM se contrapõe ao processo de projetos em CAD (Computer Aided Design). O CAD também foi na sua época uma inovação tecnológica, passando de um processo essencialmente manual e analógico, para um processo digital e automatizado, diminuindo significativamente as tarefas manuais. O CAD produz basicamente desenhos 2D no computador, que antes eram gerados em pranchetas. O BIM inicialmente inova com representação 3D inteligente da obra, com adição de informações que podem abranger todo o ciclo de vida de um ativo, mas também produz outras inovações além da representação 3D em si.

O processo de projetos em CAD é sequencial e apresenta desafios inerentes a dificuldade de reproduzir objetos reais 3D em 2D, sendo um desses desafios a reconstrução mental 3D a cada fase do projeto e construção. Considere, por exemplo, um pedido de um cliente para produzir um projeto de um imóvel. Um arquiteto concebe e mentaliza esse imóvel e produz um draft que deve ser aprovado pelo cliente. Como é um desenho 2D, o cliente e o arquiteto, não necessariamente, vão ter uma mesma visão do imóvel real. Esse imóvel vai ser apresentado em 2D por curvas, pontos, textos e polígonos. Entretanto, como se pode garantir que o modelo imaginado pelo arquiteto seja completamente representado como em 2D? Essa representação é passada para as outras disciplinas, como estruturas e instalações. Os profissionais dessas áreas vão interpretar os desenhos 2D e reconstruí-los mentalmente, em 3D. Surge outra questão: como se pode garantir que a reconstrução mental 3D desses profissionais seja a mesma do arquiteto? Nesse processo, cada profissional vai ter uma visão mental 3D para representar o imóvel futuro.

O orçamento e o planejamento serão, também, afetados por esse processo de montagem mental 3D e representação em projeto 2D, influenciando a eficiência da construção. O imóvel é construído com várias visões de projeto e o engenheiro de obra também terá sua própria visão da edificação. Essas várias pessoas e suas diferentes visões, tendem a gerar vários problemas praticamente inevitáveis, como erros e conflitos entre disciplinas de projeto e mais

gastos e desperdício de material, por exemplo. No final, na prática, a edificação requer um projeto final de como foi construída, o projeto “as built”, que não reflete totalmente a realidade do projeto original, pois são desenhos 2D tentando representar algo que é complexo em 3D, e que, por não refletir a realidade, teve que ser “adaptado” durante a execução da obra.

O projeto, no processo BIM, graças a diversos recursos tecnológicos, muda radicalmente toda essa dificuldade de compartilhamento de uma única visão inerente ao projeto em CAD, por isso é considerado uma inovação tecnológica e também uma transformação digital. Seguindo o mesmo raciocínio apresentado anteriormente, o arquiteto, agora com as ferramentas BIM, pode gerar um modelo 3D e apresentar para o cliente. Esse cliente pode usar um óculos 3D, com realidade virtual, para avaliar e aprovar o projeto. Aqui já há uma grande mudança, pois o cliente e o arquiteto vão ter uma mesma visão do projeto. As várias disciplinas de projeto vão ter uma mesma visão do modelo 3D e, quando juntas, tem-se o modelo federado 3D da obra. Esses vários modelos integrados permitem análise de alternativas e tomadas de decisões para alcançar melhores soluções (custos, formas, arranjos, etc). É possível verificar, principalmente, as interferências geométricas entre os elementos construtivos e realizar as correções no projeto. Logo, é possível antecipar possíveis problemas de construção nesse modelo 3D, chamado de “gêmeo digital”. Adicionalmente, as informações de orçamento e planejamento já podem estar embutidas no modelo BIM.

É possível que informações sejam perdidas durante o processo de projeto em BIM? Sim, mas serão perdas muito menores, do que no processo de projeto desenvolvido em CAD. As soluções de projeto dos profissionais envolvidos serão bem mais próximas da realidade, apesar de algumas limitações ainda existentes, pois o processo envolve questões tecnológicas relacionadas a representatividade do mundo real de forma digital e, também, a fatores humanos, na criação de tais representações, que podem, ainda, ocasionar erros. Apesar dessas limitações, o mais comum é que o modelo BIM represente fielmente a edificação construída, não sendo necessário a elaboração do projeto “as built”.

O ambiente BIM envolve a adoção de novas tecnologias de software, hardware e armazenamento de dados. São softwares específicos para a representação adequada inteligente dos elementos construtivos paramétricos, criação e manipulação do modelo BIM 3D. Os softwares exigem também hardwares melhores e atualizadas, com computadores com maior capacidade de memória, placas de vídeo dedicadas e velocidades maiores de leitura e escrita dos modelos para armazenamento, pois os modelos BIM geram arquivos digitais muito maiores do que os modelos em CAD. Os dados devem ser armazenados em servidores (local, ou em nuvem) para permitir que os envolvidos trabalhem no modelo de forma colaborativa. Dado o tamanho dos arquivos que precisam ser compartilhados, se exige, também, velocidade de transferência de dados maiores do que em aplicações habituais.

As pessoas fazem parte desse processo BIM. Geralmente, são engenheiros e arquitetos, mas o processo envolve, também, profissionais técnicos de nível médio, gestores de pessoas, economistas, diretores administradores etc. Várias questões surgem relacionados às pessoas: elas estão preparadas para lidar com as novas tecnologias? Conseguem trabalhar de forma colaborativa e sincronizada? conseguem lidar com suas deficiências e entender o processo BIM como todo? Estão dispostas a mudar o modelo mental com o qual atuam no projeto? Essas e muitas outras questões impactam na adoção do BIM nas empresas de construção civil.

Os vários argumentos, pontos de vistas e questões apresentadas nessa seção estão relacionadas a um processo de transformação tecnológica com a adoção de inovações. Em uma empresa que adota metodologias tradicionais de elaboração de projetos de obras, o BIM é uma tecnologia nova, que vai trazer uma melhoria na qualidade dos projetos, com redução de custos e aumento da performance. Ao mesmo tempo, permite, mais facilmente, a exploração de novas ideias, a todo momento, na execução de processos, ou para criar

projetos inovadores. É possível perceber, baseando-se no conceito de inovação do Manual de Oslo, que o BIM, no contexto de sua adoção em uma organização, se enquadra, ao mesmo tempo, como inovação de produto, de processo e organizacional. As subseções seguintes apresentam argumentos que justificam essa afirmação.

## **O BIM COMO UMA INOVAÇÃO DE PRODUTO**

Da definição da inovação de produto do Manual de Oslo é possível obter algumas palavras-chaves: um bem ou serviço novo ou significativamente melhorado; componentes e materiais; softwares incorporados; facilidade de uso; e características funcionais. Essas palavras-chaves já estão associadas com algumas das definições mais difundidas sobre o BIM.

Eastman e coautores (EASTMAN et al., 2008) defendem o BIM como uma simulação inteligente da arquitetura:

“[...] uma tecnologia de modelagem associada e um conjunto de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção. Modelos de construção são associados por:

- Os componentes de construção, que são representados como representações digitais inteligentes (objetos) que “sabem” quem são, e podem ser associados com atributos (gráficos e de dados) computáveis e regras paramétricas;
- Componentes que incluem dados que descrevem como eles se comportam, conforme necessário para análises e processos de trabalho, por exemplo, quantificação, especificações e análise energética;
- Dados consistentes e não redundantes, de modo que alterações nos dados dos componentes sejam representadas em todos outros componentes;
- Dados coordenados de forma que todas as visualizações de um modelo sejam representadas de maneira coordenada”.

EASTMAN et al. (2008) apresentam o BIM como um produto novo pois, no BIM, os componentes de construção são modelados como representações digitais inteligentes, que sabem como se comportar com outros componentes e contêm informações coordenadas, para que sejam trabalhados de forma colaborativa. Esse produto facilita o uso no processo de projeto e construção do ativo, como argumentando anteriormente. As características funcionais são os componentes de construção inteligentes, que as empresas vão incorporar no modelo, para que sejam usados no ciclo de vida da edificação.

A norma ISO 19650 (ISO, 2018a) define BIM como:

“uso de uma representação (modelo) digital compartilhada de um empreendimento (construção/obra) para facilitar os processos de projeto, construção e operação e para formar uma base confiável para as decisões”,

Nesse caso, o modelo digital de dados de uma obra em BIM é o produto inovador que compreende as informações completas e suficientes para suportar todos os processos do ciclo de vida desta obra, os quais podem ser interpretados diretamente por aplicações computacionais. Esse conceito inclui conhecimento sobre a obra em si, bem como de seus componentes e compreende as informações sobre propriedades tais como função, forma, material e processos para o ciclo de vida da edificação. Esse novo modelo está intrinsecamente ligado ao conceito de inovação, enquanto produto, uma vez que ele se materializa em um conjunto interrelacionado de softwares inovadores que colaboram para atingir esse propósito. Além disso, as definições associadas ao BIM, enquanto metodologia, estão relacionadas com inovação de processos, como apresentados mais adiante.

Um outro produto inovador é o conjunto das “entregas BIM”, que são os modelos de informações BIM e as informações e os dados a serem por neles incorporados para serem

utilizados, futuramente, na operação e manutenção do empreendimento. As entregas dos modelos de informação BIM são:

- Arquivos nativos e IFC. Os arquivos nativos são aqueles gerados pelos programas proprietários usados no projeto. Eles são necessários, principalmente, para verificações de inconsistências nos modelos gerados e para produção do projeto “as built”. O formato de arquivo IFC (Industry Foundation Classes) foi desenvolvido pela BuildingSmart (BUILDINGSMART, 2020). Esse formato tem como objetivo fornecer uma solução de interoperabilidade entre os diferentes aplicativos de software, estabelecendo padrões internacionais para importar e exportar projetos, componentes e suas propriedades. É importante observar que ambos os formatos de arquivo fornecem acesso completo aos modelos gerados e que seu uso pode estar associado a direitos autorais, o que pode gerar conflitos que devem ser resolvidos legalmente, mas esse tema não é abordado, nesse trabalho.
- Conflitos geométricos. Esses arquivos permitem identificar conflitos geométricos e de espaço entre os elementos construtivos, usados no projeto da edificação. As informações destacam possíveis conflitos, que não foram resolvidos no projeto e que podem ser corrigidos no momento de construção. Entretanto, esses conflitos devem ser considerados de fácil resolução, a partir de uma determinada tolerância.
- Modelo federado (MF). É um arquivo com a união de todos os modelos das disciplinas, elaborados pelos projetistas, unificados em um único modelo virtual, o qual representa um empreendimento de forma completa. Existem três tipos de MF: de projeto, de compatibilidade e de visualização. O MF de projeto é usado para gerar informações para o projeto com as disciplinas, como pranchas de detalhamento nos vários níveis de tubulação. O MF de compatibilização é usado para identificar os conflitos geométricos entre as disciplinas e para o gerenciamento das decisões de conflitos. O MF de visualização é um modelo com apresentação realística do modelo 3D e que pode ser usado com tecnologias de realidade virtual e aumentada, para facilitar a percepção do usuário de como será o empreendimento real, além de permitir identificar erros de projeto. Usualmente, serve para apresentação para outros profissionais não envolvidos no projeto.

Dependendo do nível de uso do BIM, as informações e dados sobre o empreendimento para operação e manutenção, também, devem ser entregues. Essas informações são, geralmente, representadas em formato COBie (BUILDINGSMART, 2020), um padrão internacional para troca de dados de edifícios. O modelo de dados COBie é um subconjunto (“filtro inteligente”) do modelo de dados buildingSMART (BUILDINGSMART, 2020), no formato IFC (Industry Foundation Classes). O COBie faz parte do movimento OpenBIM (BUILDINGSMART, 2020) para projetar, construir e operar edifícios de forma colaborativa.

A inovação no campo de conhecimento da ciência da informação pode se referir a várias coisas diferentes, como: desenvolvimento de novas tecnologias para armazenar, acessar e analisar informações, bem como a criação de novos conteúdos ou fontes de informação. Segundo Kumar (KUMAR, 2015) “A informação (“Information”) é uma combinação de dados brutos que transmite uma mensagem significativa”. Partindo desses vários conceitos, as informações geradas no processo BIM incluídas, por exemplo, nos elementos de construção inteligentes têm um valor agregado de produto, que as caracteriza como inovação tecnológica.

Vale ressaltar, ainda, que a informação pode ser considerada um produto, pois tem valor e pode ser comprada e vendida. Nos momentos atuais de era digital, as informações geralmente são armazenadas e transmitidas eletronicamente, facilitando a sua distribuição e o seu acesso. No caso do BIM, o produto pode ser o modelo digital, com informações embutidas e ser armazenado nas bibliotecas BIM.



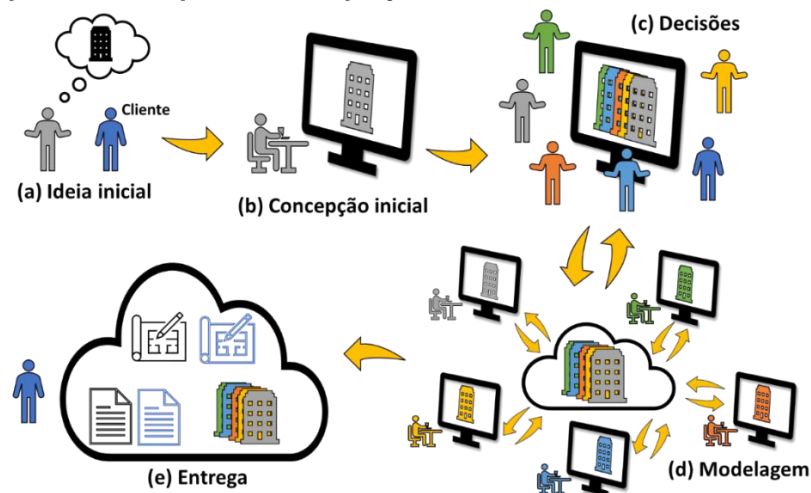
O modelo digital é um conjunto de componentes de construção, como definido por Eastman e coautores (EASTMAN et al., 2008), que são armazenados em uma Biblioteca BIM. Essa biblioteca contém os elementos construtivos, simbologia e elementos de representação gráfica a serem utilizados no desenvolvimento dos projetos. Estes devem obedecer a padrões de modelagem, nomenclatura e interoperabilidade. Esses elementos devem compor uma biblioteca BIM para agilidade de possíveis alterações futuras.

Em resumo, o BIM agrega vários produtos com inovações tecnológicas. São produtos novos quando comparados com os produtos CAD e estão sendo melhorados continuamente pelas empresas de construção civil, a medida em que os softwares vão evoluindo na representação do modelo e no gerenciamento de informações. Esse novo produto facilita consideravelmente as tarefas associadas a todo o ciclo de vida do ativo, pois incorpora informações e características funcionais desse ativo.

## O BIM COMO UMA INOVAÇÃO DE PROCESSO

Da definição da inovação de processo do Manual de Oslo é possível obter algumas palavras chaves: implementação de um método de produção (novo ou melhorado); e mudanças em técnicas, equipamentos e/ou softwares.

Figura 1 – Fluxo esquemático do processo de projeto BIM desde uma ideia inicial até a entrega.



Fonte: autores.

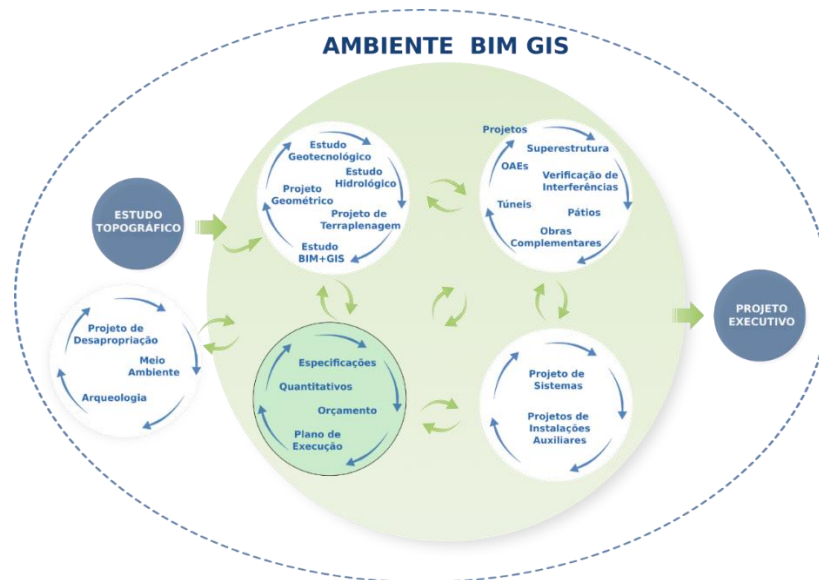
Bilal Kumar (KUMAR, 2015) afirma que o BIM pode ser aplicado a qualquer projeto de qualquer construção, incluindo infraestrutura, agronegócio, paisagismo, dentre outros e sugere que o termo “Modelling Information” é conceitualmente mais bem interpretado quando usado como “Management Information”. A tradução do termo “Management” para o português é Gestão, tornando, assim, o conceito BIM associado a ideia de Gestão da Informação. Na opinião dos autores desse trabalho, a melhor tradução para o BIM é: Modelagem e Gestão da Informação da Construção. Essa interpretação dá uma conotação bem mais ampla para o BIM, pois tanto a modelagem, quanto a gestão de processos são igualmente importantes e, sozinhas, insuficientes.

A Figura 1 mostra um macroprocesso BIM na fase de projeto. Inicia-se com a conceituação do projeto, na qual a ideia inicial é discutida com o cliente (Figura 1a); define-se a concepção inicial do projeto, por meio de um modelo tridimensional simplificado, com ferramentas de computação gráfica (Figura 1b). Com esse modelo de concepção é possível que decisões de projeto sejam tomadas com os vários profissionais envolvidos, com ou sem a participação do cliente, visando resolver, ainda em fase de projeto, possíveis problemas no planejamento e

construção (Figura 1c). Com as decisões projetuais integradas, a edificação é modelada, de forma tridimensional, pelos vários profissionais, usando um ambiente comum de armazenamento de dados, que permite o desenvolvimento colaborativo dos trabalhos, de forma síncrona (Figura 1d). Os modelos produzidos pelas disciplinas são reunidos em um único modelo (modelo federado) que dará suporte a tomada de decisões de projeto e possibilitará a verificação e a solução de conflitos entre os projetos. Esse procedimento é repetido, até que as soluções de projeto estejam definidas e que o modelo alcance os requisitos específicos de cada etapa do projeto e construção. Sempre que isso ocorre, o projeto é entregue ao cliente com as peças projetuais convencionais, documentos não gráficos e os modelos federados BIM (produtos de inovação, como mostrado anteriormente).

A Figura 1 apresenta um fluxo esquemático e reduzido de um processo para que empresas possam ter uma diretriz de referência para as mudanças de processo necessárias. Entretanto, para que tais mudanças sejam adequadamente planejadas, é necessário definir outros vários micros processos internos, como processos de decisões, reuniões, modelagem, comunicação entre pessoas, comunicação entre equipes, protocolos de comunicação, entre outros. O planejamento e definição desses novos processos vai se estender, também, para a construção e a manutenção do ativo, pois, também nessas etapas, são usadas novas tecnologias e novas forma de interagir com o ambiente BIM, como um todo. Nesse sentido, cada empresa deve definir os seus próprios processos BIM, pois as empresas são diferentes umas das outras.

**Figura 2. Fluxo geral de um processo colaborativo de um projeto ferroviário executivo.**



Fonte: autores.

Um exemplo dessa mudança de processo BIM foi vivenciado pelos autores (PISAC/PCTEC/UNB, 2022) para o caso de projetos ferroviários. O ponto de partida é o fluxo de processos tradicionais, como aqueles propostos por Nabais (2015), um fluxo essencialmente linear, com pouca colaboração entre as disciplinas. A proposta de mudança do processo de fluxo de projetos, para adoção da metodologia BIM, é apresentada na Figura 2. Como se trata de projetos de infraestrutura linear de grande extensão, foi adicionado o Sistema de Informação Geográfica (GIS) como uma outra fonte de inovação tecnológica. No novo fluxo proposto, o projeto começa com a topografia e, paralelamente, os projetos de desapropriação, meio ambiente e arqueologia começam também, para alimentar o desenvolvimento do projeto e o planejamento da obra. O estudo BIM+GIS é aprofundado no projeto executivo, a fim de implementar ferramentas e fluxos ágeis de modelagem do projeto.



As disciplinas de especificações, orçamento e o plano de execução recebem as informações como um centro aglutinador e verificador dos dados do projeto.

Importante observar que não existe um fluxo direcional na Figura 2, indo no sentido do começo para o fim, mas uma interação colaborativa entre as várias equipes de projeto, ao longo de todo o desenvolvimento do projeto. Cada círculo pode significar um conjunto de decisões e modelagem, como mostra a Figura 1(c) e 1(d), assim como todas as equipes juntas.

Além disso, é importante observar que o fluxo do projeto integra todas as etapas e disciplinas, incluindo a especificação, quantitativos, orçamento e plano de execução, que são integradas ao processo desde o início. Essa integração, ao longo de todo o desenvolvimento do projeto, permite que se tomem decisões levando em conta sua viabilidade técnica e financeira, de forma a tornar o empreendimento com melhor desempenho tanto técnico, quanto financeiro. Ao não integrar especificações e estudos orçamentários desde o início, corre-se o risco de o custo do empreendimento ser conhecido apenas no final. Caso este não seja viável, retornar-se-ia para um reprojeto. No caso do processo BIM desenvolvido, estimativas mais precisas de custos já são feitas durante o projeto, permitindo que mudanças e ajustes sejam realizados durante o desenvolvimento do projeto.

Esse exemplo ilustra o BIM como uma grande oportunidade para as empresas inovarem em termos de processo, adotando uma abordagem usualmente adaptativa, para que alcancem um processo realmente colaborativo, como exemplificado na Figura 2. Um processo adaptativo de implementação do BIM deve ser projetado para ser flexível e responsivo as circunstâncias e/ou as mudanças, pois as empresas vão buscar produzir um produto com menor tempo possível e com menores custos, apesar dos desafios inerentes as incertezas e imprevistos que caracterizam o mundo real.

Adicionalmente, a implementação do BIM necessita a adoção de novas tecnologias de software, hardware e armazenamento de dados, envolvendo assim também uma inovação de processo, pois requer mudanças de equipamentos e softwares. São softwares específicos para a representação adequada inteligente dos elementos construtivos paramétricos, criação e manipulação do modelo BIM 3D. Os softwares exigem também hardwares melhores e atualizados, ou seja, computadores com maior capacidade de memórias, placas de vídeo dedicadas e velocidades maiores de leitura e escrita nos dispositivos para armazenamento, pois os modelos BIM são muito maiores digitalmente que os modelos em CAD. Os dados devem ser armazenados em servidores (local ou em nuvem) para que se possa dispor de um modelo federado de forma colaborativa. Para isso, em termos tecnológicos, se exige, também, a disponibilidade de links de comunicação com velocidade de transferência de dados maiores.

## **O BIM COMO UMA INOVAÇÃO ORGANIZACIONAL**

Da definição da inovação organizacional do Manual de Oslo é possível destacar-se algumas palavras chaves: novo método organizacional; organização do seu local de trabalho; relações externas com o trabalho.

Uma estrutura organizacional para a implementação do BIM deve permitir separar e organizar as pessoas e equipes para assumir funções e responsabilidades específicas. Para fazê-lo, é preciso primeiro responder algumas perguntas gerais, como: Que *software* se precisa aprender para uso do BIM? Quem faz a gerência de informações BIM? Quem são os responsáveis pelas entregas? Muitos administradores ainda entendem que BIM é, apenas, sinônimo do uso de software específicos BIM e que, para implantar na empresa, só precisam aprender a manipulá-los. Alguns administradores possuem ainda uma visão equivocada dos papéis e responsabilidades inerentes à implantação do BIM, mesmo com leitura e estudo das

normas (ISO, 2018a, 2018b) e livros (DEUTSCH, 2011; EASTMAN et al., 2014; KUMAR, 2015).

De acordo com a norma PAS 1192-2:2013(BSI, 2013), as pessoas exercem funções e responsabilidades específicas dentro de um projeto BIM. Os papéis são apresentados como (nomes adaptados pelos autores a situação brasileira de projeto):

- Gerente de informação (*information management*).
- Gerente de entrega do produto (*project delivery management*).
- Coordenador e projetista principal (*lead designer*).
- Coordenador de área (*task team manager*).
- Verificador de informações (*task information manager*).
- Gerenciador de compatibilização (*interface manager*).
- Autores BIM (*information originator*).

A evolução das PAS, a ISO 19650, apresenta uma organização em nível estratégico, tático e operacional, como mostra a Figura 5. As letras A, B e C representam as partes (atores) envolvidos no projeto, enquanto os números 1, 2 e 3 representam as equipes de trabalho.

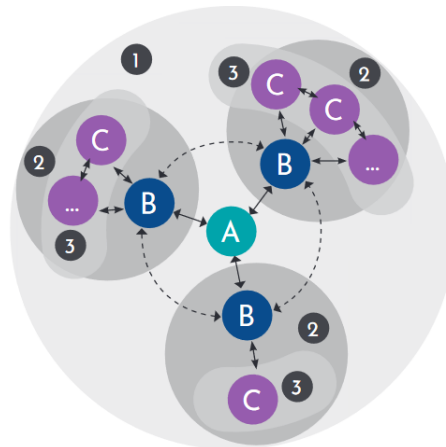
As seguintes partes são definidas na Figura 3:

- Contratante (*Appointing Party*). Geralmente é um cliente ou um profissional que está gerenciando informações em nome de um cliente;
- Contratada (*Lead Appointed Party*). Geralmente é um profissional responsável por coordenar as informações entre a equipe de entrega, da qual faz parte, e a parte nomeante;
- Subcontratada (*Appointed Party*). Um profissional que está concorrendo ou designado para um projeto.

As seguintes equipes são definidas na Figura 3:

- 1) Equipe do Projeto (*Project Team*). São todos os profissionais que trabalham para um projeto;
- 2) Equipe de Entrega (*Delivery Team*). São os profissionais responsáveis pela verificação e entregas dos produtos produzidos. Essa equipe é composta pela Parte Nomeada Principal e Parte Designada;
- 3) Equipe(s) de Tarefa(s) (*Task Team(s)*). São os profissionais responsáveis em desenvolver as partes constituintes do modelo de informação em conexão com tarefas específicas. É composta apenas pela Parte Designada.

**Figura 3 - Organização das partes e equipes de acordo com a ISO 19650.**



Fonte: ISO 19650.

Observa-se que a organização proposta pela ISO 19650 permite relacionar vários cenários organizacionais. Por exemplo, um cenário onde a Parte Nomeante é uma empresa como cliente, e a Parte Nomeada Principal e a Parte Designada é uma empresa contratada para um determinado projeto. Um outro exemplo de cenário é uma empresa que tem um coordenador de projetos como Parte Nomeante, os coordenadores das disciplinas de projetos como Parte Nomeada Principal, e os membros das disciplinas como Parte Designada. Em ambos os cenários, se aplica a organização em níveis estratégico, tático e operacional. Em resumo, a inovação organizacional em BIM significa adotar um novo método organizacional como mostra a Figura 3. Essa organização impacta nos níveis estratégicos, táticos e operacional da organização. Isso afeta também a relação externas entre cliente e contratado, com adição de protocolos BIM definidos.

### 3. CONCLUSÕES

Esse trabalho defende o reconhecimento do BIM como inovação tecnológica. O BIM pode ser visto como uma inovação radical em relação à tecnologia anterior de projetos, o CAD (Computer Aided Design). A principal contribuição desse trabalho é esclarecer e ilustrar os principais aspectos que permitem caracterizar o BIM como inovação de produto, processo e da organização, sob o ponto de vista das definições apresentadas no Manual de Oslo e teoria da inovação. De forma resumida, os principais argumentos que caracterizam o BIM como inovação por categoria de conceito são:

- Inovação de Produto. O BIM define uma representação (modelo) digital inovador de um empreendimento (construção/obra) capaz de permitir uma modelagem colaborativa e o seu compartilhamento visando facilitar os processos de projeto, construção e operação, criando uma base confiável para as decisões relativas ao empreendimento ao longo de todo o seu ciclo de vida.
- Inovação de Processo: Diferente dos projetos em CAD, o BIM exige que o processo de elaboração de projetos seja colaborativo, desde seu início. Logo as organizações que desejam implementar o BIM precisam reconceber seus processos internos e os novos processos estabelecidos podem ser muito diferentes dos tradicionais.
- Organização. Para que os produtos e processos sejam efetivamente planejados e gerados, é recomendável uma nova estrutura organizacional. A ISO 19650 reconhece essa necessidade e propõe uma forma de organização básica que pode ser adotada nas organizações que desejam implementar a metodologia BIM.

A partir dessa compreensão, tais organizações podem, também, buscar viabilizar incentivos a inovação tecnológica, nas diversas políticas públicas que definem instrumentos de apoio à inovação (renúncia fiscal, subvenção e crédito para inovação etc.), de forma a obterem os recursos que serão necessários a apropriação das inovações de produto, processo e organizacional associadas ao BIM.

### Referências

- AHMED, A. L.; KASSEM, M. A unified BIM adoption taxonomy: Conceptual development, empirical validation and application. **Automation in Construction**, v. 96, p. 103–127, 1 dez. 2018.
- ALCANTARA, S. R. A. S. DE; NOVAES, L. N. S.; ROCHA, T. L. DA C. G. DA. **Inovação em Serviço: Desafios e Resultados em Projetos de Arquitetura**. **MIX Sustentável**, v. 4, n. 1, p. 123–132, 13 abr. 2018.
- APARECIDA COSTA, H. et al. MODELAGEM BIM PARA REGISTRO DIGITAL DO PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO MODERNO. **Revista Projetar - Projeto e Percepção do Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 49–68, 25 jan. 2021.

BSI. PAS 1192-2:2013, **Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling**. [s.l: s.n.].

BUILDINGSMART. buildingSMART - **The Home of BIM**. Disponível em: <[www.buildingsmart.org](http://www.buildingsmart.org)>.

BUSQUIM E SILVA, R. C.; SILVEIRA JÚNIOR, A.; DANTAS, G. H. G. Avaliação Multicritério da Utilização da Metodologia Bim na Diretoria de Projetos de Engenharia do Exército Brasileiro. **Revista Foco**, v. 15, n. 6, p. e577, 14 dez. 2022.

DAVIES, R.; HARTY, C. Implementing “site BIM”: A case study of ICT innovation on a large hospital project. **Automation in Construction**, v. 30, p. 15–24, 2013.

DEUTSCH, R. **BIM and Integrated Design: Strategies for Architectural Practice**. [s.l.] Wiley, 2011.

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. [s.l.] Bookman Editora, 2014.

EASTMAN, C. M. et al. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. [s.l.] Wiley, 2008.

FINEP. Manual de Oslo. Disponível em: <<https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/manualoslo.pdf>>. Acesso em: 8 fev. 2023.

ISO. ISO 19650-1, Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles. [s.l: s.n.].

ISO. ISO 19650-2, Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 2: Delivery phase of the assets. [s.l: s.n.].

KUMAR, B. **A Practical Guide to Adopting BIM in Construction Projects**. [s.l.] Whittles Publishing Limited, 2015.

LI, X. et al. Mapping the knowledge domains of Building Information Modeling (BIM): A bibliometric approach. **Automation in Construction**, Elsevier B.V., 1 dez. 2017.

LIMA, L. DE O.; CATAI, R. E.; SCHEER, S. Análise de modelos de maturidade para medição da implementação do Building Information Modeling (BIM). **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 16, n. 2, p. 133–147, 12 mar. 2021.

MERSCHBROCK, C.; MUNKVOLD, B. E. Effective digital collaboration in the construction industry - A case study of BIM deployment in a hospital construction project. **Computers in Industry**, v. 73, p. 1–7, 1 out. 2015.

NABAIS, R. J. DA S. **Manual Básico de Engenharia Ferroviária**. [s.l.] Oficina de Textos, 2015.

PISAC/PCTEC/UNB. RELATÓRIO DE PESQUISA N° 18, **Projeto Piloto BIM/GIS: Estratégia de desenvolvimento e resultados**. [s.l: s.n.].

SHIROWZHAN, S. et al. BIM compatibility and its differentiation with interoperability challenges as an innovation factor. **Automation in Construction**, Elsevier B.V., 1 abr. 2020.

WONG, J. K. W.; ZHOU, J. Enhancing environmental sustainability over building life cycles through green BIM: A review. **Automation in Construction**, Elsevier, 26 jun. 2015.