



ADOÇÃO DO BIM NAS EMPRESAS DE ARQUITETURA, ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO NO ESTADO DE MINAS GERAIS: UMA AVALIAÇÃO POR NÍVEL DE MATURIDADE

Recebido: 10 maio 2021

Aprovado: 06 dez. 2021

Versão do autor aceita publicada online: 06 dez. 2021

Publicado online: 06 jan. 2022

Como citar esse artigo - American Psychological Association (APA):

Pereira, M. H., Braga, J. L., Zaidan, F. H., & Leal, A. L. de C. (2023, out./dez.). Adoção do BIM nas empresas de Arquitetura, Engenharia e Construção no estado de Minas Gerais: uma avaliação por nível de maturidade. *Exacta*, 21(4), 868-884. DOI: <https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.20007>

Submeta seu artigo para este periódico

Processo de Avaliação: *Double Blind Review*

Editor: Dr. Luiz Fernando Rodrigues Pinto



Dados Crossmark



ADOÇÃO DO BIM NAS EMPRESAS DE ARQUITETURA, ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO NO ESTADO DE MINAS GERAIS: UMA AVALIAÇÃO POR NÍVEL DE MATURIDADE

Maila Honorato Pereira¹ José Luis Braga² Fernando Hadad Zaidan³ André Luiz de Castro Leal⁴

Resumo: Objetivou-se com este estudo apresentar o cenário atual do nível de maturidade de empresas da Arquitetura, Engenharia e Construção do estado Minas Gerais em relação à ferramenta *building information modeling*. Para tanto, avaliaram-se as capacidades tecnológicas, processos e políticas a partir de cinco níveis de maturidade predefinidos. A partir dessa pesquisa exploratória foram sugeridas implementações para evolução do nível de maturidade. Foi possível constatar que o cenário brasileiro para implementação da ferramenta é bastante promissor, mas a necessidade de criação de modelos de avaliação de performance é evidente. Além disso, há uma heterogeneidade nos níveis de maturidade nas indústrias brasileiras de Arquitetura, Engenharia e Construção, permitindo, assim, que este estudo aponte boas práticas exequíveis em todos os níveis de maturidade.

Palavras-chave: Modelagem da informação da construção. Métricas. Desempenho. Maturidade.

ADOPTION OF BIM IN ARCHITECTURE, ENGINEERING AND CONSTRUCTION COMPANIES IN THE STATE OF MINAS GERAIS: AN EVALUATION BY MATURITY LEVEL

Abstract: The objective of this study was to present the current scenario of the level of maturity of companies in Architecture, Engineering and Construction in the state of Minas Gerais in relation to the Building Information Modeling tool. Therefore, technological capacities, processes and policies were assessed from five predefined levels of maturity. From this exploratory research, implementations for the evolution of the maturity level were suggested. It was possible to verify that the Brazilian scenario for the implementation of the tool is very promising, but the need to create performance evaluation models is evident. In addition, there is a heterogeneity in the levels of maturity in the Brazilian industries of Architecture, Engineering and Construction, thus allowing this study to point out good practices that are feasible at all levels of maturity.

Keywords: Building information modeling. Metrics. Performance. Maturity.

¹ IETEC - Instituto de Educação Tecnológica, Mestrado em Engenharia e Gestão de Processos e Sistemas. Mestre em Engenharia e Gestão de Processos e Sistemas, Graduação Engenharia Civil, 2018. Belo Horizonte (MG) – Brasil. Contato principal para correspondência. mailahonorato@gmail.com

² IETEC - Instituto de Educação Tecnológica, Mestrado em Engenharia e Gestão de Processos e Sistemas. Área de GRC-Governança, Risco e Compliance. Belo Horizonte (MG) – Brasil. Doutor em Informática PUC-Rio 1990. <http://br.linkedin.com/in/joseluisbraga/> / zeluisbraga@gmail.com

³ Centro de Pesquisa e Pós-Graduação da PMMG (Polícia Militar de Minas Gerais) / Belo Horizonte (MG) – Brasil. Doutor em Ciência da Informação (UFMG). <http://www.fernandozaidan.com.br/> / contato@fernandozaidan.com.br

⁴ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ / ICE/Departamento de Computação. Juiz de Fora (MG) – Brasil. Pós-Doutorado em Computação pela UFES. Doutor em informática pela PUC-Rio. <http://cursos.ufrj.br/grad/sistemas/curso/corpo-docentes/> - andrecastr@gmail.com



1 Introdução

Modelagem da informação da construção ou *building information modeling* [BIM] é um repositório de informações digitais que contempla todo o ciclo de vida de um projeto construtivo, abordando desde a fase de pré-projeto até a fase de pós-construção da edificação (Sampaio, 2015).

Indicadores de maturidade já são amplamente divulgados, entretanto, sua avaliação tende a se tornar subjetiva sem a utilização de métricas e marcadores. A implementação de boas práticas também contribui de forma significativa para a evolução do nível de maturidade.

Segundo o documento produzido por Kassem e Amorim (2015) para o Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio [MDIC], a indústria da construção no Brasil é uma das maiores do mundo, sendo responsável por 2% do volume global. Segundo esse estudo, o impacto da utilização do BIM atinge toda a cadeia produtiva e não se limita às edificações. A indústria de produtos e materiais, a arquitetura, as obras estruturais e a manutenção e desmonte ou reuso dessas obras são também atingíveis pela ferramenta BIM.

Conforme discorre Oliveira (2021), em tempos de crise, onde as mudanças estratégicas na gestão de negócios determinam o redimensionamento estrutural em empresas de engenharia a adoção do BIM é um fator decisivo como suporte a tomada de decisão. Associe-se a este cenário as operações anticorrupção, decisivas para que meio empresarial passasse a balizar o foco na ética profissional, que privilegia a atuação com honestidade e a moralidade e também a transparência que o framework BIM proporciona.

A partir do ano de 2021, a modelagem 3D passou a ser exigida para a elaboração de projetos governamentais. Nessa direção, a indústria da construção civil espera que, até 2024, 50% de seu produto interno bruto [PIB] tenha adotado essa abordagem no desenvolvimento de seus projetos. O cenário brasileiro para a implementação da ferramenta é bastante promissor, mas a necessidade de criação de modelos de avaliação de performance é evidente. Além disso, há uma heterogeneidade nos níveis de maturidade nas indústrias brasileiras de Arquitetura, Engenharia e Construção [AEC], o que permite apontar boas práticas exequíveis em todos os níveis de maturidade.

O impacto econômico causado pela ferramenta deve ser mensurado para justificar o aporte financeiro necessário para a sua implementação. Esse impacto normalmente segue em duas vertentes: o custo de implementação inicial e os ganhos financeiros obtidos na gestão dos projetos. O custo de implementação inicial leva basicamente em consideração o custo de tecnologia e o custo de capacitação dos recursos humanos. A gestão mais eficiente se apoia na mitigação de erros. Tais erros são da fase pré-projeto, e sua mitigação pode causar impactos em todo o ciclo de vida do empreendimento. Portanto, mensurar o impacto por meio de padrões comparativos sólidos e transparentes contribui para geração de expectativas factíveis de retornos sobre investimento.

Frente a esse contexto, o presente artigo tem como objetivo avaliar de forma exploratória o perfil de maturidade das empresas de AEC em Minas Gerais com o intuito de propor a aplicação de métricas, indicadores de performance e boas práticas com foco na evolução dos níveis de maturidade.

O artigo está estruturado da seguinte forma: na seção 1 há a contextualização do estudo com a introdução; na seção 2 é apresentado o percurso metodológico adotado; na seção 3, o referencial teórico que embasa o estudo; na seção 4, a pesquisa e validação; e, por fim, na seção 5, as considerações finais.

2 Metodologia

Para atingir o objetivo deste estudo, a metodologia adotada foi a apresentação de uma pesquisa bibliográfica quali-quantitativa a partir de uma metodologia de revisão narrativa ampliada e com abordagem da síntese temática. Apresentou-se, dessa forma, um referencial bibliográfico sobre o assunto, oferecendo, de forma crítica, conclusões sobre os temas abordados embasadas em estudos científicos publicados em periódicos renomados.

Segundo Marconi e Lakatos (2003), buscar familiaridade com o problema e utilizar técnicas de revisão sistemática de literatura [RSL] resultam na solução de problemas existentes de forma prática.

A RSL deve ser sistemática ao seguir parâmetros e processos predefinidos, explícita na apresentação da forma de condução da seleção e o mais abrangente possível para incluir em seu arcabouço teórico todas as informações relevantes ao questionamento. Além disso, deve ser reproduzível àqueles que desejarem validar a mesma abordagem na revisão do tema proposto. Assim, nesta seção, são abordados os percursos metodológicos adotados nesta pesquisa, a partir dos sete passos utilizados: 1) identificação do objetivo; 2) planejamento do protocolo; 3) seleção prática; 4) extração dos dados; 5) avaliação da qualidade; 6) síntese; e 7) formulação do estudo.

Para a identificação dos objetivos da RSL, o estudo adotou como base para seleção o seguinte questionamento: como se encontra o nível de maturidade das empresas da indústria da AEC no estado de Minas Gerais e o que pode ser sugerido para a evolução desse nível de maturidade?

Segundo Chito Okoli (2015), a seleção prática é subjetiva, não incidindo sobre ela erros ou acertos. Deve, ainda, levar em consideração razoabilidade e justificação, ser ampla o suficiente para redimir o questionamento proposto de forma satisfatória, sem se tornar ingerenciável.

Como referência literária inicial foram adotados o artigo de Hamid Abdirab (2017), que revisa, analisa e sintetiza trabalhos com abordagem baseada em métricas para implementação do BIM, e o artigo de Bilal Succar (2010), que apresenta conceitos de avaliação de maturidade BIM.

A partir do artigo base de Abdirad (2017) foram evidenciados e analisados 131 artigos. Submetendo-os ao protocolo de seleção, 19 foram aprovados na seleção. Quando submetidos à fase de



extração de dados, houve um aproveitamento de nove artigos, a saber: Kassem, Succar e Dawood (2013), Grilo, Zutshi, Jardim-Goncalves e Steiger-Garcao (2013), Lee, Park e Won (2012), Lee e Kim (2014), Manzione, Wyse, Sacks, Berlo e Melhado (2011), Corry, Keane, O'Donnell e Costa (2011), Succar (2010), Won, Lee, Dossick e Messner (2013) e Sebastian e Berlo (2010).

Na segunda fase, artigos relevantes que não atenderam ao escopo foram submetidos ao *forward search* [FS], ou busca para frente, e foram analisados com intuito de validação e, ou, atualização dos artigos base, e o resultado dessa análise foi incorporado à RSL. Os artigos selecionados na fase FS foram: Olugboyega e Windapo (2019), Olugboyega, Edward, Windapo, Omopariola e Marte (2020), Loyola e López (2017), Ahuja, Sawhney, Jain, Arif e Rakshit (2018) e Smits, Buite e Hartmann (2016).

A partir da seleção das oportunidades de melhorias baseadas nos artigos selecionados, o presente estudo procurou estabelecer uma referência de maturidade na utilização do BIM pelas empresas mineiras, através da aplicação de um questionário desenvolvido por Succar (2010) que determina padrões de níveis de maturidade. O intuito da aplicação deste questionário é determinar quais ações poderiam ser factíveis dentro do cenário de utilização da ferramenta pelas empresas mineiras.

3 Referencial teórico

Nesta seção serão explorados os principais conceitos abordados neste artigo.

3.1 Building information modeling

Building information modeling é um repositório de informações digitais que contempla todo o ciclo de vida de um projeto construtivo, abordando desde a fase de pré-projeto até a fase de pós-construção (manutenção operacional) da edificação (Sampaio, 2015). É uma ferramenta global que impacta diretamente na condução dos processos, facilitando a coordenação e a eficiência da entrega das informações demandadas (Oti, Tizani, Abanda, Jaly-Zada, & Tah, 2016).

Conforme apontam Eastman, Teicholz, Sacks e Liston (2011), os principais pontos favoráveis à adoção dessa ferramenta pelos setores envolvidos na cadeia produtiva da construção, sejam eles privados ou governamentais, são:

- Melhor previsibilidade e conformidade orçamentária e cronológica dos projetos;
- Capacidade de readequação de projetos com minimização de impactos;
- Redução nas requisições de mudanças;

- Integração da cadeia produtiva;
- Simulação, avaliação e validação dos processos construtivos em tempo real.

Os fatores impactantes negativos, por sua vez, são:

- O custo de implantação, a tecnologia em si;
- Mudança conceitual, operacional e, não raramente, cultural dos agentes envolvidos;
- Escassez de mão de obra especializada em todos os níveis hierárquicos;
- Disponibilidade de informações digitais de objetos, métodos e processos construtivos;
- Políticas públicas, incentivos governamentais e legislação pertinente.

Iniciativas governamentais em todo o mundo vêm incentivando a adoção do BIM como ferramenta necessária ao crescimento da indústria da AEC. No Brasil, esse incentivo se deu com a publicação do decreto 9.377, de maio de 2018, posteriormente revogado, mas readequado pelo decreto 9.983, de agosto de 2019, e novamente readequado pelo decreto 10.306, de 2 de abril de 2020.

Segundo Hamid Abdirad (2017), pesquisas indicam o intuito de avaliar, pontualmente, maturidade, desempenho e produtividade por profissionais e acadêmicos, com especial interesse pelas métricas, abordagens e critérios de avaliação para implementação do BIM, apesar da documentação escassa até o momento.

3.2 Índice de maturidade BIM

Abordar o índice de maturidade BIM é se referir à qualidade, à recorrência e aos graus de excelência na entrega de um serviço ou produto desenvolvido para/ou em BIM (Succar, 2010). Existem inúmeros estudos relativos à maturidade de uma série de disciplinas quando avaliada a nível de países. Todavia, ao se abordar especificamente a indústria da AEC, e, de forma particular, o BIM, esses estudos se tornam escassos (Kassem *et al.*, 2013).

Succar (2010) aponta cinco etapas para que, de forma precisa e consistente, o desempenho de aplicações BIM possa ser avaliado. As etapas de capacidade BIM referem-se aos principais marcos de desempenho, que podem ser elencados por organizações e equipes à medida que adotam ferramentas, fluxos de trabalho e protocolos BIM. Tais etapas são:



- 1) Estágio pré-BIM (inicial): as organizações ou equipes dependem de processos manuais ou de ferramentas e processos 2D-CAD. Ferramentas CAD 2D são usualmente utilizadas para geração de plantas e detalhamentos;
- 2) Modelagem (definido): uma capacidade BIM é adquirida com sucesso e a implementação de objetos baseados em ferramenta de *softwares* similares ao Revit, ArchiCAD ou Tekia já são utilizados. Nesse estágio, as ferramentas já podem fornecer cinco tipos de entregas baseadas nesse modelo. Essa entrega permite a geração de um modelo *single-disciplinary*, contendo *design*, construção e operação, denominadas fases do ciclo de vida do projeto;
- 3) Colaboração (gerenciado): nesse estágio, os usuários já adquiriram a capacidade de colaboração com usuários de outras disciplinas. Essa colaboração ocorre por meio do intercâmbio de modelos (troca de interoperabilidade) dos formatos proprietários e não proprietários. Nesse estágio, o intercâmbio de informações é feito ponto a ponto;
- 4) Integração (integrado): nesse estágio de capacitação, modelos mais elaborados são criados e compartilhados e mantidos de forma colaborativa durante todo o ciclo de vida do projeto. Esses modelos são multidisciplinares e fornecem análises complexas e todos os estágios do *design* virtual da construção;
- 5) Estágio pós-BIM (otimizado): tem-se, aqui, a solução completa ou a chamada *virtually integrated design, construction and operation* [VIDCO]. Nessa fase, outros serviços são integrados ao projeto, tais como: lógica de operação do negócio, informações sistêmicas de georreferenciamento, sistemas de gestão construtiva, gestão de custos e cronograma.

Dentro desses componentes, sempre são avaliados: tecnologia, processos e regras. Para avaliar o conceito de maturidade, o presente estudo adota o índice de maturidade BIM [do inglês, *BIM Maturity Index – BIMMI*], desenvolvido a partir da análise e integração de modelos de maturidade de diferentes setores e proposto por Succar (2010).

3.3 Cenário brasileiro do BIM na AEC

Segundo a última Pesquisa Anual da Indústria da Construção [PAIC], de 2018, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], o número de empresas ativas no setor era de 124.522, empregando, aproximadamente, 1.9 milhões de trabalhadores (Ibge, 2018).

A indústria de AEC brasileira passa por um momento de mudança de paradigma com a implementação do BIM por meio da política de Estado implementada principalmente pelo governo federal brasileiro por meio de ações coordenadas entre o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, Ministério das Cidades e Ministério do Planejamento. Essa estratégia vem sendo

reforçada pelo atual governo por meio da readequação dos decretos que regulamentam a utilização do BIM, já indicados anteriormente neste estudo.

O estudo de Kassem e Amorim (2015), último elaborado pelo governo brasileiro, salienta a limitação da estrutura regulatória dos processos de projeto e construção governamentais em todas as esferas, o que deve mudar com a nova regulamentação proposta. O cenário a seguir, também avaliado nesse estudo, apresenta o estágio de implementação do BIM nos diversos setores.

Na seara acadêmica, inúmeras instituições de ensino com atuação de cursos na AEC buscam a inclusão em sua grade curricular de disciplinas voltadas à utilização do BIM com intuito da formação do capital humano necessário à implementação dessa nova ferramenta pela cadeia construtiva nacional. Na mesma linha, a difusão no corpo técnico vem crescendo de forma sistêmica, revelando um maior número de artigos científicos produzidos e publicados.

Na contramão da área acadêmica, a implementação na área pública vem sendo mais lenta. Destoantes, estão o Exército Brasileiro e projetos de grande monta, como o “Minha Casa, Minha Vida”, “Museu do Amanhã” e os estádios da copa, que foram, em parte, gerenciados a partir do *framework* BIM. No setor privado, os dados relativos são muito limitados e se restringem a poucos artigos acadêmicos e pesquisas isoladas realizadas por entidades ou associações patronais.

4 Pesquisa e validação

Com o intuito de validar a aplicabilidade das métricas e boas práticas propostas, o presente estudo submeteu o questionário proposto pela organização não governamental BIM *Excellence*, uma iniciativa não governamental, a um grupo de usuários de BIM de empresas de engenharia e arquitetura.

Para tanto, a pesquisa contemplou a análise de dados do perfil desses usuários verificando a utilização da ferramenta, estágio de maturidade e pretensões futuras. Foram apresentados aos entrevistados os critérios de avaliação propostos, avaliando o nível de conhecimento das informações técnicas, predisposição para adoção, qualificador de importância na adoção das ferramentas e nível de percepção de limitadores.

Para Kassem *et al.* (2013), a matriz de maturidade é uma ferramenta para avaliação e operacionalização da modelagem. Ainda conforme Succar (2010), dentre as várias qualidades de uma matriz, a possibilidade da determinação de seus estágios a partir de um processo gradativo e com ações bem delimitadas é real. A partir de uma progressão lógica de fatos e ações, a matriz permite a progressão do nível de maturidade.

O questionário apresentou dois vértices, sendo que a coluna vertical descrevia o conjunto de capacidades (tecnologias, processos, políticas e escala macro) e a coluna horizontal os cinco índices de maturidade (inicial, definido, gerenciado, integrado e otimizado). Esses índices foram pontuados a cada

resposta, com o valor variando de 0 a 40 pontos, aplicados do nível inicial ao otimizado. A pontuação máxima a ser obtida pelo questionário era de 600 pontos.

A partir da pontuação alcançada no questionário, dois valores foram extraídos: o grau de maturidade e o índice de maturidade. O primeiro foi calculado a partir da seguinte fórmula:

$$\text{Grau de Maturidade} = \frac{\sum(a1 \dots a15)}{15}$$

Onde: a1...a15 referem-se às respostas dadas aos índices de maturidade na escala horizontal.

A classificação numeral foi obtida a partir da relação percentual entre a pontuação máxima (600 pontos) e a obtida. Já o índice de maturidade foi definido conforme o Quadro 1:

Quadro 1

Grau de maturidade BIM

Grau de Maturidade BIM			
	Nível de maturidade	Classificação textual	Classificação numeral
A	Inicial	Baixa maturidade	0-19%
B	Definido	Media-baixa maturidade	20-39%
C	Gerencial	Média maturidade	40-59%
D	Integrado	Média-alta maturidade	60-79%
E	Otimizado	Alta maturidade	80-100%

Fonte: Santos, 2016.

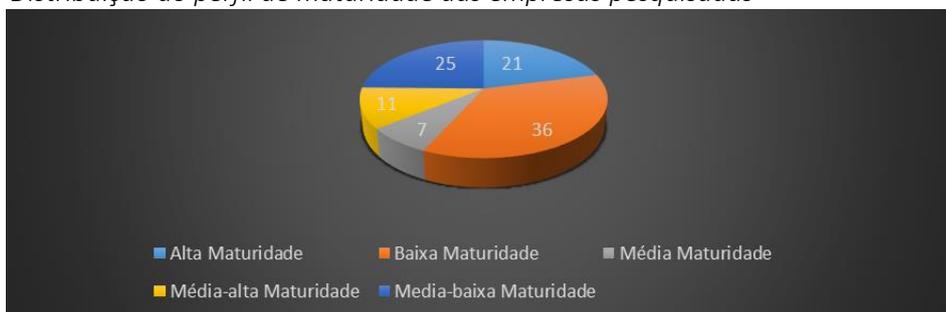
Como definição do escopo, este estudo propôs aos 175 integrantes de um grupo de usuários BIM, pertencentes às empresas de arquitetura e engenharia de MG, que, de forma voluntária, preenchessem o questionário proposto em um documento armazenado no *Google Docs*, disponibilizado pelos autores por um período de 40 dias. 81 questionários foram preenchidos, garantindo ao estudo uma margem de erro de 8% e um nível de confiança de 95%.

Essa opção foi adotada com o intuito de refletir o maior número de métricas, critérios e/ou avaliadores de desempenho que poderiam ser implementados para evolução do nível de maturidade.

A Figura 1 demonstra o nível de maturidade dos usuários/empresas avaliados.

Figura 1

Distribuição do perfil de maturidade das empresas pesquisadas



Fonte: Dos autores, 2021.

A partir do gráfico apresentado na Figura 1 é possível perceber que a maioria das empresas se encontra nos níveis de maturidade baixa (36%) e média-baixa (25%), totalizando 61%. No lado oposto, é possível perceber que apenas 32% destas se encontram nos níveis mais avançados, sendo de alta maturidade (21%) e média-alta (11%).

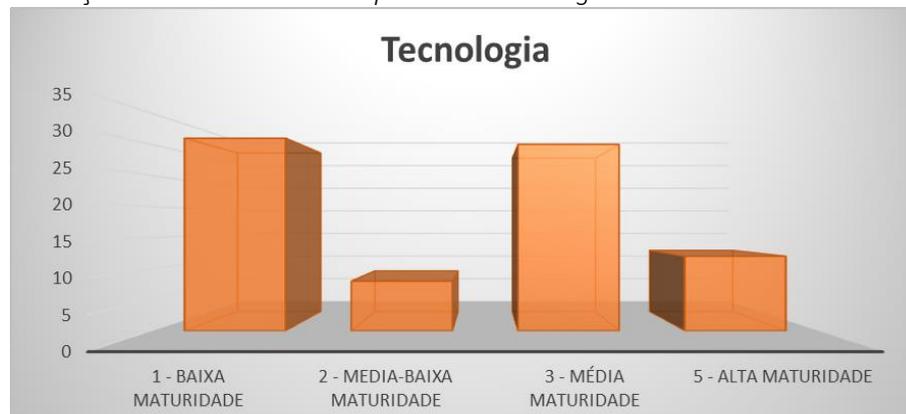
A pesquisa permitiu, ainda, a avaliação de maturidade por capacidades, conforme atribui o conceito de Kassem *et al.* (2013). São elas: tecnologia, processos e políticas.

4.1 Capacidade tecnologia

Nessa capacidade, conforme Kassem *et al.* (2013), são avaliadas estruturas de *software*, *hardware* e redes. A Figura 2 traz a avaliação de maturidade dessa capacidade.

Figura 2

Avaliação de maturidade da capacidade tecnologia



Fonte: Dos autores, 2021.

Em relação aos dados apresentados pela capacidade tecnologia, é possível observar uma preponderância entre baixa maturidade (38,3%) e média maturidade (37%).

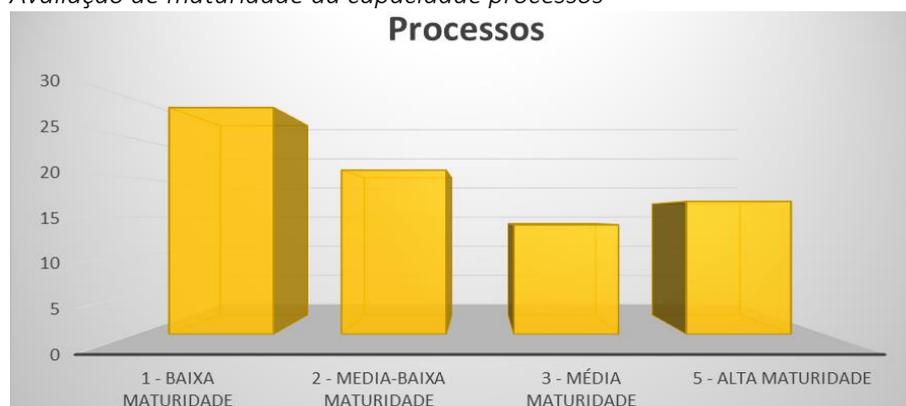
Os dados permitem presumir que boas práticas podem ser sugeridas como forma de evolução para os estágios superiores. Ainda que práticas de implementação mais evoluídas tenham sua aplicabilidade limitada a um número de usuários menor, podem e devem ser utilizadas.

4.2 Capacidade processos

A capacidade processos trata dos recursos de infraestrutura física e de conhecimento, das atividades e fluxo de trabalho, dos produtos e serviços ofertados e, por último, da liderança e gerenciamento organizacional e estratégico (Kassem *et al.*, 2013). A Figura 3 traz a avaliação de maturidade dessa capacidade.

Figura 3

Avaliação de maturidade da capacidade processos



Fonte: Dos autores, 2021.

Conforme apresentado na Figura 3, os níveis mais baixos (baixa e média-baixa) correspondem a 61,73% das respostas. Esse índice indica que uma preocupação maior com boas práticas relacionadas aos estágios iniciais deve ser o foco de atuação.

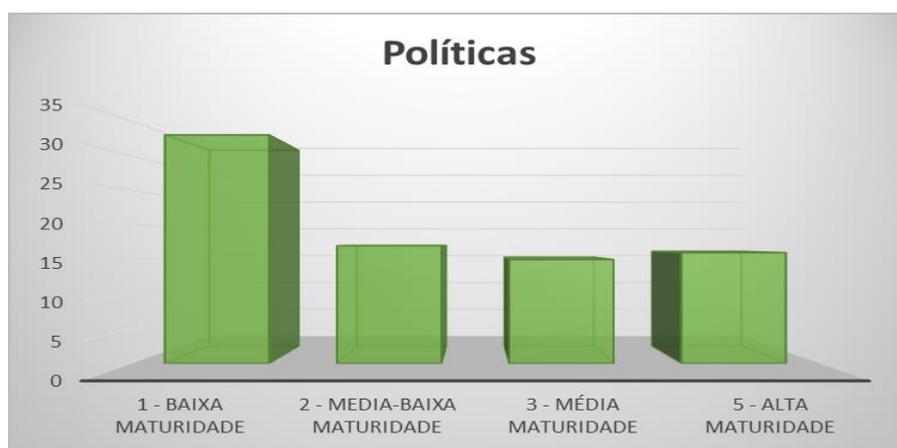
4.3 Capacidade políticas

Segundo Kassem *et al.* (2013), capacidades políticas se dividem em: preparatória, regulatória e contratual. As políticas preparatórias devem levar em consideração a capacidade de pesquisas e programas de treinamento educacional. As políticas regulatórias, por sua vez, avaliam os códigos, regulamentações, padrões, classificações, linhas guia e valores de referência. Já as contratuais abordam

as responsabilidades, recompensas e alocação de riscos. A Figura 4 traz a avaliação de maturidade dessa capacidade.

Figura 4

Avaliação de maturidade da capacidade políticas



Fonte: Dos autores, 2021.

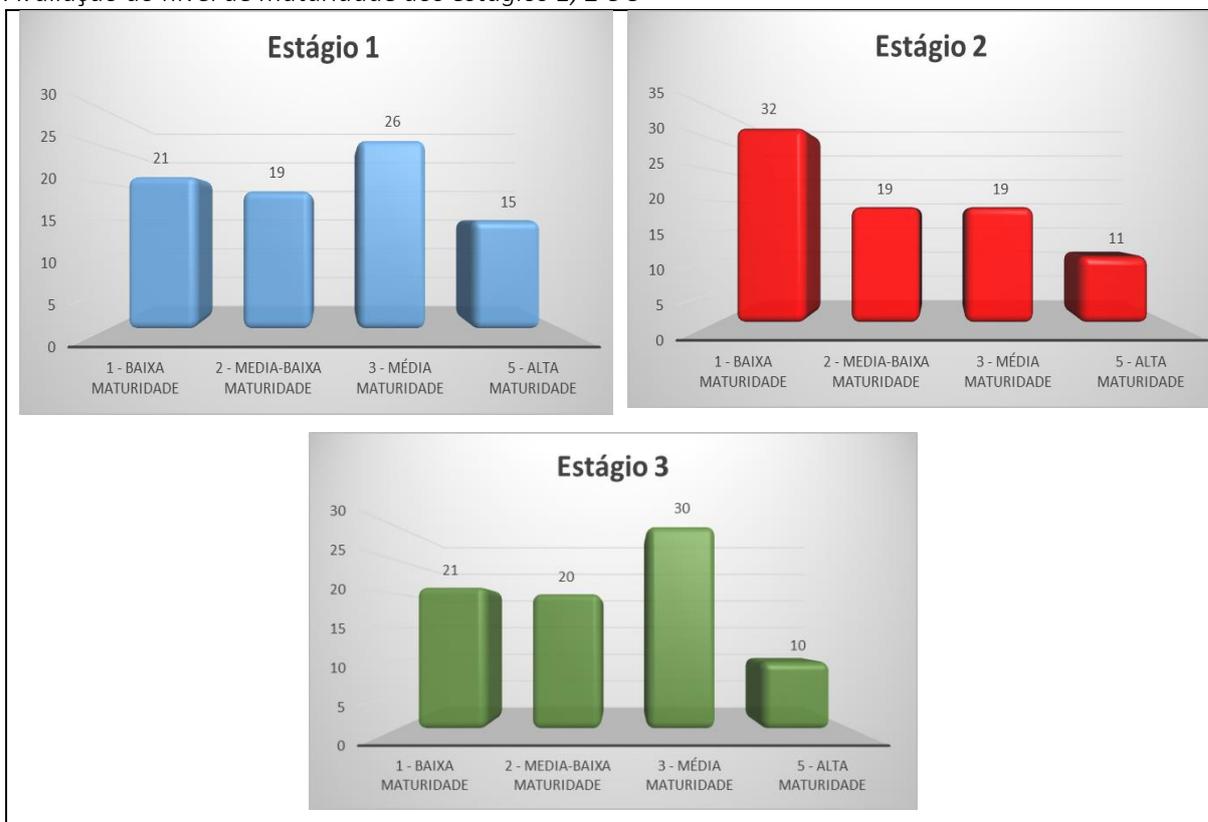
Conforme apresentado na Figura 4, o nível baixa maturidade na avaliação da capacidade política se sobressai às demais capacidades, com cerca de 40,74% das respostas. Trata-se de uma situação preocupante, pois esse indicador reporta à falta de preocupação das empresas com a responsabilidade contratual atrelada ao projeto e à alocação de riscos. Também não há políticas para recompensa por objetivos alcançados e metas cumpridas.

4.4 Estágios

O questionário proposto ainda avalia os três estágios possíveis: modelagem (estágio 1), colaboração (estágio 2) e integração (estágio 3). A Figura 5 traz a avaliação do nível de maturidade dos três estágios.

Figura 5

Avaliação do nível de maturidade dos estágios 1, 2 e 3



Fonte: Dos autores, 2021.

No estágio 1 é possível verificar uma distribuição linear entre os níveis de maturidade, o que indica que não há foco específico para implementação de boas práticas. No estágio 2 é possível observar um nível maior de baixa maturidade avaliado pelos usuários. Nesse sentido, recomenda-se traçar metas primárias. No estágio 3, a média maturidade se destaca. Nesse sentido, merecem destaques os indicativos que possam evoluir esse nível.

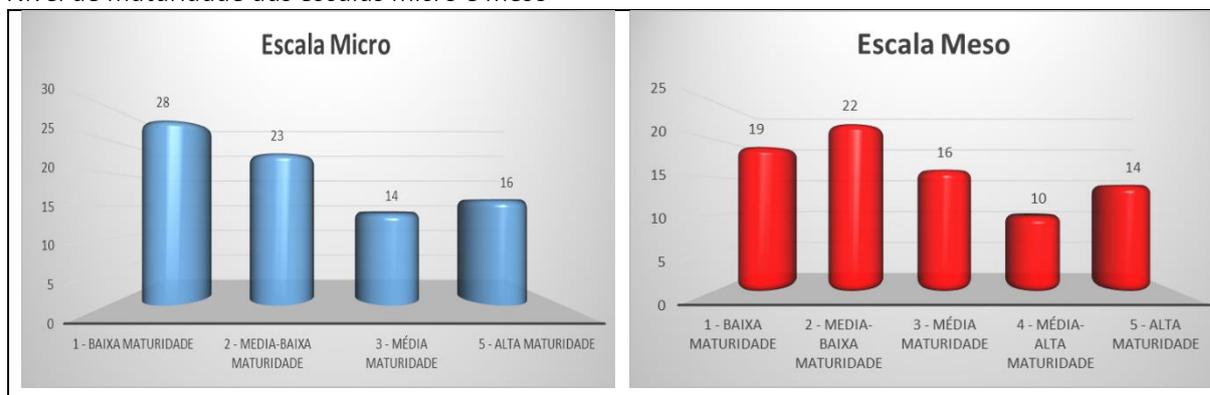
4.5 Escalas micro e meso

Por fim, o questionário avaliou as escalas micro e meso. Escala micro se refere ao perfil organizacional responsável pelas dinâmicas e entregáveis em BIM. Já a escala meso avalia o perfil da equipe de trabalho.

A Figura 6, a seguir, traz o nível de maturidade das escalas micro e meso.

Figura 6

Nível de maturidade das escalas micro e meso



Fonte: Dos autores, 2021.

Na escala micro, os estágios iniciais de maturidade representam cerca de 63% dos usuários avaliados, indicativo de que políticas de boas práticas iniciais devem ser o foco de melhoria. Dessa forma, o perfil organizacional pode ser evoluído. Da mesma forma, as respostas referentes à escala meso nos estágios iniciais (baixa, média-baixa e média) são a maioria, indicando que cerca de 70% dos usuários estão nessa faixa, o que remete, novamente, à implementação de boas práticas voltadas para níveis menos evoluídos.

4.6 Análise dos resultados e recomendações

Conforme demonstra a análise dos dados, há uma heterogeneidade no nível de maturidade no grupo pesquisado, o que leva a perceber que a implementação de sistemáticas de avaliação de performance por meio de critérios métricos sólidos e a aplicação de políticas e processos consolidados como boas práticas de gestão são significativamente recomendadas.

Para que haja evolução, há de se medir de forma não subjetiva o *status quo*. O fator retorno sobre o investimento, considerado por todas as empresas do setor da AEC e amplamente questionado na implementação da ferramenta, torna-se evidentemente favorável quando são utilizadas métricas e indicadores de performance para mensuração desse retorno. Independentemente do nível de maturidade, esses procedimentos devem ser adotados como prática usual pelos gestores e contratantes.

Os fatores técnicos e não técnicos são importantes na definição de adoção do BIM. Todavia, o estado de prontidão organizacional não técnica se sobrepõe à prontidão tecnológica, apontando para a necessidade da mobilização dos atores como questão primordial.



Nesse sentido, as empresas evoluem seu nível de maturidade à medida que seus colaboradores são incentivados a aderir à utilização do *framework*. Investimento em treinamento e outras políticas de incentivo devem ser implementadas de modo a promover essa evolução.

Essa linha também é abordada por Olugboyega e Windapo (2019), que apontam que estratégias de comprometimento da alta administração, estratégias de motivação e estratégias de desenvolvimento de capacidades devem ser implementadas.

Conforme apontado por Nassar (2012), avaliar processos e estimativas, validando precisão e eficiência, contribuem para a evolução do índice de maturidade. Lee *et al.* (2012) afirmam que com uso do BIM na validação do *design*, os erros de projetos implicariam impactos econômicos menores. Os mesmo autores ainda discorrem sobre a gestão do número de pedidos de informação, apontando esse acompanhamento como métrica para medida de desempenho.

A falta de padronização é apontada por Loyola e López (2017) como um fator impeditivo para evolução de projetos baseados na ferramenta BIM. Em seu estudo, os autores apresentam a utilização de padrões internos, não compartilhados e não interoperáveis, como dificultadores para evolução do BIM no Chile.

A interoperabilidade fornecida pelos padrões IFC [Industry Foundation Classes] permite a troca de informações síncronas e contínuas a partir de um modelo de dados único e centralizado, favorecendo a evolução do índice de maturidade, conforme apresentado por Manzione *et al.* (2011). A falta de informações detalhando métodos e ferramentas sistemáticas que possibilitem a comparação de desempenho previsto e realizado em uma edificação, como aponta Corry *et al.* (2011), são fatores que restringem o alcance de desempenho ideal.

A definição do modelo de coordenação (*design* sequencial ou paralelo) na fase de planejamento é de suma importância, como defendido por Lee e Kim (2014). Nesse sentido, a utilização do *framework* BIM facilita essa integração entre as diferentes disciplinas, reduzindo o retrabalho em fase de execução.

A dimensão da interoperabilidade é apontada como crítica para o sucesso do BIM. A existência de interações entre vários agentes multidisciplinares durante todo ciclo de vida do projeto contribui para essa necessidade. A interoperabilidade não é apenas uma questão de tecnologia de informação e comunicação, não se tratando apenas de conectar sistemas entre agentes dentro de um grupo de empresas. Esse conceito é reforçado por vários autores, dentre eles: Grilo *et al.* (2013), Smits *et al.* (2017), Olugboyega e Windapo (2019) e Ahuja *et al.* (2018).

Assim, é possível evoluir a utilização das ferramentas e gerenciamento do BIM. Ponto passivo é a garantia de flexibilidade, integração, adaptabilidade e reutilização.

5 Considerações finais

Por meio deste estudo foi possível constatar que a utilização da ferramenta BIM em escala global apresenta resultados extremamente positivos na gestão de processos, políticas e tecnologia na indústria da AEC, como já demonstrado em inúmeros trabalhos científicos publicados.

Assim, empresas e projetos devem ser avaliados quanto a seu nível de maturidade. Entretanto, sem a existência de métricas adequadas, essa avaliação tende a ser subjetiva. O estudo indica que há uma heterogeneidade no nível de maturidade do BIM na indústria brasileira. Todavia, existem algumas métricas, indicadores e boas práticas que devem ser implementados, independentemente do nível de maturidade, para que haja a evolução desses níveis.

Fatores culturais, expectativas de retorno de investimento e ausência de mão de obra qualificada foram apontados em diversos artigos como impeditivos para implementação do BIM. Nesse sentido, o setor público deve exercer o papel de liderança na implementação dessa nova ferramenta.

Uma das limitações deste estudo é a disponibilidade dos usuários e suas estratégias mercadológicas para uma avaliação mais precisa do cenário atual. A avaliação sistemática é contínua e fortemente recomendada. Sem um ponto de partida, a impossibilidade de avaliação da evolução é evidente. Nesse sentido, o acompanhamento contínuo e a adaptação de métricas e indicadores de performance da realidade do observador são imprescindíveis.

Em síntese, o estudo aponta para a necessidade de uma maior participação dos atores envolvidos em toda cadeia da AEC para que a ferramenta BIM exerça todo seu potencial como alavanca de desenvolvimento desse ramo da indústria.

Referências

- Abdirad, H. Metric-based BIM implementation assessment: a review of research and practice. (2017). *Architectural Engineering and Design Management*, 13(1), 52-78.
<https://doi.org/10.1080/17452007.2016.1183474>.
- Ahuja, R., Sawhney, A., Jain, M., Arif, M., & Rakshit, S. (2018). Factors influencing BIM adoption in emerging markets: the case of India. *International Journal of Construction Management*, 20(1), 65-76.
- Corry, E., Keane, M., O'Donnell, J., & Costa, A. (2011, November). Systematic development of an operational BIM utilizing simulation and performance data in building operation. *Proceedings of Conference of International Building Performance Simulation Association*, Sydney, Australia, 12.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM handbook: a guide to building information modelling for owner, managers, designers, engineers, and contractors*. New York: John Wiley & Sons.

- Grilo, A., Zutshi, A., Jardim-Goncalves, R., & Steiger-Garcao, A. (2013). Construction collaborative networks: the case study of a building information modelling-based office building project. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 26(1-2), 152-165.
- Ibge. (2018). *Pesquisa anual da indústria da construção*. Recuperado em 23 novembro, 2020, de <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9018-pesquisa-anual-da-industria-da-construcao.html?=&t=destaques>.
- Kassem, M., Succar, B., & Dawood, N. (2013, October). A proposed approach to comparing the BIM maturity of countries. *Proceedings of International Conference on Applications of it in the AEC Industry*, Beijing, China, 30.
- Kassem, M., & Amorim, S. R. L. de. (2015). *Diálogos setoriais para BIM: Building information modeling no Brasil e na União Europeia*. Brasília: Mdic.
- Lee, G., Park, H. K., & Won, J. (2012). D3 city project: economic impact of BIM-assisted design validation. *Automation in Construction*, 22, 577-586.
- Lee, G., & Kim, J. (2014). Parallel vs. sequential cascading mep coordination strategies: a pharmaceutical building case study. *Automation in Construction*, 43, 170-179.
- Loyola, M., & López, F. (2017). An evaluation of the macro-scale adoption of Building Information Modeling in Chile: 2013-2016. *Revista de la construcción*, 158-171.
- Manziona, L., Wyse, M., Sacks, R., Berlo, L. van, & Melhado, S. B. (2011, October). Key performance indicators to analyze and improve management of information flow in the BIM design process. *Proceedings of International Conference of CIB W78*, Sophia Antipolis, France, 28.
- Marconi, M. A., & Lakatos, E. M. (2003). *Fundamentos da Metodologia Científica*. (5a ed.). São Paulo: Atlas.
- Nassar, K. (2012). Assessing building information modeling estimating techniques using data from the classroom. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 138(3), 171-180. <https://doi.org/10.1061/>.
- Okoli, C. (2015). A Guide to conducting a standalone systematic literature review. *Communications of the Association for Information Systems*, 37(43). <https://doi.org/10.17705/1CAIS.03743>.
- Oliveira, E. V., & Zaidan, F. H. (2021). *Implementação da modelagem da informação da construção (BIM) em projetos: pesquisa e proposta de melhoria no contexto da governança, risco e conformidade (GRC)*. Exacta. DOI: <https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.16216>.
- Olugboyega, O., & Windapo, A. (2019). A comprehensive BIM implementation model for developing countries. *Journal of Construction Project Management and Innovation*, 9(2), 83-104.
- Olugboyega, O., Edwards, D. J., Windapo, A. O., Omopariola, E. D., & Martek, I. (2020). Development of a conceptual model for evaluating the success of BIM-based construction projects. *Smart and sustainable built environment*, 1-21. <https://doi.org/10.1108/SASBE-02-2020-0013>.
- Oti, A. H., Tizani, W., Abanda, F. H., Jaly-Zada, A., & Tah, J. H. M. (2016). Structural sustainability appraisal in BIM. *Automation in Construction*, 69, 44-58.

Sampaio, A. Z. (2015). The introduction of the BIM concept in civil engineering curriculum. *International Journal of Engineering Education*, 31, 302-315.

Santos, W. R. (2016). Estudos de caso de implementação da modelagem da informação da construção em microescritórios de Arquitetura. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

Sebatian, R., & Berlo, L. van. (2010). Tool for benchmarking BIM performance of design, engineering and construction firms in The Netherlands. *Architectural Engineering and Design Management*, 6, 254-263.

Smits, W., Buiten, M. van, & Hartmann, T. (2017). Yield-to-BIM: impacts of BIM maturity on project performance. *Building Research & Information*, 45(3), 336-346.

Succar, B. (2010). The five components of BIM performance measurement. *Proceedings of CIB World Congress*, Salford, United Kingdom, 10.

Won, J., Lee, G., Dossick, C., & Messner, J. (2013). Where to focus for successful adoption of building information modeling within organization. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(11).