

BARREIRAS À IMPLEMENTAÇÃO DO BIM: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA ACERCA DAS PESQUISAS SOBRE A ADOÇÃO DO CONCEITO NO SETOR AEC DE 2010 A 2021

BARRIERS TO BIM IMPLEMENTATION: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS ON RESEARCH ON CONCEPT ADOPTION IN THE AEC SECTOR FROM 2010 TO 2021

Larissa Miranda Sá¹, Luciano Falcão da Silva¹

RESUMO:

As discussões e pesquisas em torno do conceito de *Building Information Modeling* (BIM) se intensificaram nos últimos anos. Porém, a sua aplicabilidade no setor de Arquitetura, Engenharia e Construção Civil (AEC) segue escalas distintas, com particularidades que devem ser consideradas. Este trabalho reúne pesquisas relevantes relacionadas à adoção e implementação do BIM, nos escritórios e empresas do setor AEC, resultado de uma análise bibliométrica da literatura científica, publicada na última década (2010 a 2021). Objetivou-se levantar informações acerca das barreiras e dificuldades enfrentadas por esses escritórios na adoção do BIM, em um panorama particionado em seis aspectos principais: quantidade de publicações anuais; países com maior produção e citações; ocorrência de palavras-chave e grupos (*clusters*); quantidade de publicações por periódico ou evento; autores mais citados e autores com maior quantidade de publicações no Portfólio. Os documentos resultantes foram organizados sob dois aspectos: grupos organizados por tema principal e barreiras profissionais, operacionais e associadas. Na Pesquisa Bibliométrica, foi utilizado o método *Knowledge Development Process – Constructivist* (ProKnow-C), aplicado na base de dados científica *Web of Science*, resultando em um Portfólio Bibliográfico composto por 80 documentos. As análises revelaram disparidade relacionada ao nível de implementação do BIM, independente da nacionalidade, sobretudo para micro escritórios e empresas de pequeno porte da construção civil, e também a importância do aspecto organizacional dos escritórios nesse processo. Destacou as temáticas proeminentes da última década e apontou dificuldades e barreiras comuns na adoção e implementação do BIM.

PALAVRAS-CHAVE: tecnologia; escritórios de projeto; gestão; processos.

ABSTRACT:

Research and research around the concept of *Building Information Modeling* (BIM) has intensified in recent years. However, its applicability in the Architecture, Engineering and Civil Construction (AEC) sector follows different scales, with particularities that must be considered. This work brings together relevant research related to the adoption and implementation of BIM in offices and companies in the AEC sector, the result of a bibliometric analysis of the literature published in the last decade (2010 to 2021). The objective was to raise information about the barriers and difficulties faced by these offices in adopting BIM, in a panorama divided into six main aspects: number of annual publications; countries with greater production and citations; occurrence of keywords and clusters; number of publications per periodical or event; most cited authors and authors with the highest number of publications in the Portfolio. The resulted documents were organized under two more aspects: groups organized by main theme; professional, operational and associated barriers. In the Bibliometric Research, the Knowledge Development Method - Constructivist (ProKnow-C) was used, analyzed in the scientific database *Web of Science*, published in a Bibliographic Portfolio composed of 80 documents. The analyzes revealed a disparity related to the level of BIM implementation, regardless of nationality, especially for micro-offices and small civil construction companies, and also the importance of the organizational aspect of the offices in this process. It stood out as prominent themes of the last decade and pointed out the common difficulties and barriers in the adoption and implementation of BIM.

KEYWORDS: technology; design offices; management; processes.

How to cite this article:

SÁ, L. M.; SILVA, L. F. Barreiras à implementação do BIM: uma análise bibliométrica acerca das pesquisas sobre a adoção do conceito no setor AEC de 2010 a 2021. *Gestão & Tecnologia de Projetos*. São Carlos, v17, n2, 2022. <https://doi.org/10.11606/gtp.v17i2.189870>

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense

Fonte de Financiamento:
Não houve.

Conflito de Interesse:
Declara não haver.

Ética em Pesquisa:
Declara não haver
necessidade.

Submetido em: data de
submissão: 23/08/2021
Aceito em: 16/05/2022



INTRODUÇÃO

O presente trabalho é parte integrante de uma pesquisa em desenvolvimento que possui como objetivo principal, a elaboração de uma metodologia de projeto, que utiliza o conceito *Building Information Modeling* (BIM), adequado para micro e pequenos escritórios de projeto e construção. Na fase da pesquisa bibliográfica inicial deste estudo, verificou-se que as particularidades, em micro e pequenos escritórios do setor AEC, trazem condições diferenciadas que não são necessariamente atendidas pelas metodologias existentes. Os autores Santos, Costa e Grilo (2017) realizaram uma pesquisa bibliométrica sobre o BIM, que compreende o período de 2005 a 2015, analisando não somente a literatura existente, mas também os novos campos emergentes dessa área. Tal pesquisa trouxe contribuições importantes para a compreensão da adoção do BIM, em um universo que reúne diferentes enquadramentos de empresas.

A dimensão da disparidade do mercado e a importância de desenvolver métodos que auxiliem micro e pequenos escritórios podem ser percebidas, a partir dos dados do Sindicato da Arquitetura e da Engenharia (SINAENCO) de 2015. Esses dados mais recentes foram analisados, de modo específico no Perfil SINAENCO 2017). Eles mostram que o setor de Arquitetura e Engenharia Consultiva contava com um total de 61.506 empresas ativas. Do total existente, 85,71% das empresas estão na faixa de até 4 profissionais em seus quadros, sendo, em geral, empresas de um único profissional, pequenos escritórios, que trabalham para clientes privados ou como subcontratadas de empresas maiores em contratos públicos.

O Perfil Arquitetura e Engenharia Consultiva (AEC) da SINAENCO de 2017, aponta ainda para uma enorme disparidade estrutural entre as empresas, no que diz respeito ao tamanho. As empresas com menos de 20 profissionais ocupados, ou seja, vínculos ativos, correspondem a 96,68% do total. As empresas com 20 ou mais profissionais ocupados formam apenas 3,32% do total, com 2.045 organizações (HORI, LUDWIG e DEFENSE, 2017). De acordo com Coelho, Lima e Melhado (2015, apud Oliveira 2005), as pequenas empresas possuem um papel importante no crescimento e maturação da economia. Contudo, também possuem peculiaridades que costumam limitar seu desempenho, como: poucos recursos financeiros, humanos e tecnológicos, e necessidade de liderança e atuação dos seus titulares, tanto na gestão técnica como administrativa.

As análises da pesquisa bibliográfica inicial, mostraram ainda que, por outro lado, para Coelho, Lima e Melhado (2015), a implementação do BIM nas empresas de projeto pode permitir maior competitividade e garantir sua sobrevivência, devido a maior produtividade das operações. Nesse ambiente de negócios, há uma flexibilidade que, em conjunto com sua predisposição para inovações, permite que a empresa seja agente de mudanças, fomentando o aparecimento de novos serviços e produtos (COELHO; LIMA e MELHADO, 2015).

Tem-se, na adoção da metodologia BIM, a possibilidade de auxiliar profissionais, escritórios e empresas do setor AEC a melhorar processos projetivos, descobrir novas habilidades e até mesmo, em um âmbito mais avançado, gerir o ciclo de vida de uma edificação. Contudo, autores como Saka e Chan (2020), Li et al. (2019), Hong et al. (2017) e Poirier, Staub-French e Forgues (2015) apontam barreiras enfrentadas na adoção e implementação do BIM. Para esses escritórios, o ritmo é mais lento do que a demanda do mercado de trabalho. Muitas vezes, o profissional não consegue organizar o seu fluxo de atividades para atender à metodologia e, ao mesmo tempo, aos serviços contratados. Coelho e Melhado (2017) apontam, por exemplo, que a ausência de conhecimento em gestão administrativa, nas empresas de arquitetura, apresenta uma barreira à implementação de novas tecnologias, principalmente do BIM. A metodologia baseada em modelagem da informação da construção, possui uma natureza que obriga a empresa a rever e inovar suas práticas de gestão. Portanto, os titulares das empresas devem se

capacitar em processos de gestão, antes mesmo de planejar a mudança nos processos de produção do projeto.

Conforme aponta a revisão bibliográfica, entre os obstáculos mais notados estão: a dificuldade de acesso às ferramentas tecnológicas, a necessidade de se adotar técnicas modernas de gestão, bem como a dificuldade de atingir eficazmente o mercado com pouquíssimos recursos. Dos principais motivos para a mortalidade das micro e pequenas empresas, 90% são atribuídos à não utilização eficiente de recursos de informática (OLIVEIRA, 2005). Para Souza, Amorim e Lyrio (2009), a decisão de se adotar a metodologia BIM, pelas empresas de projetos, está atrelada a uma decisão estratégica, não estando somente ligada a práticas avançadas de tecnologia para o setor de projetos, mas, sobretudo, aos desafios e oportunidades existentes no cenário empresarial.

Ainda, Oliveira (2005) ressalta que, na gestão de pequenas empresas de projeto, é necessária a conscientização dos projetistas para melhor desempenho dos escritórios. Este é um dos maiores desafios enfrentados. Salienta, também, que devido ao alto nível de dependência desses escritórios, em relação ao projetista titular, há certo grau de dificuldade, no que concerne à reestruturação e otimização de processos.

Outros autores, como Lam, Mahdjoubi e Mason (2016), Hamid et al. (2021) e Jones (2020) concordam que as discussões se intensificaram nos últimos anos. Em especial, não só porque a metodologia contribui para eficiência nas construções, conforme observa Santos, Costa e Grilo (2017). Esses desafios ser observados das micro até grandes escritórios e empresas do setor AEC.

A partir do cenário apresentado pelos autores mencionados anteriormente e outros como Chan, Olawumi e Ho (2019), Zhang et al. (2020), Arrotéia, Freitas e Melhado (2021) e Ibrahim et al. (2018), houve a necessidade de aumentar a análise através de uma pesquisa sistemática ampla, que envolvesse um quantitativo maior de documentos. Com isso, o objetivo geral deste trabalho busca alcançar o “estado da arte” em adoção e implementação do BIM, no setor AEC, através da Pesquisa Bibliométrica. A investigação ocorreu em trabalhos publicados no período de 2010 a 2021, e tem como objetivo não somente atualizar as pesquisas acerca do tema, mas também analisar as particularidades para os perfis de micro e pequenos escritórios, sobretudo as dificuldades enfrentadas na adoção e implementação do BIM.

METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa realizada neste trabalho é de natureza exploratória e possui uma abordagem quali-quantitativa. Com vistas a mensurar, interpretar e avaliar os resultados obtidos nas buscas, pesquisadores recorrem a técnicas bibliométricas. Essas são análises quantitativas, com a finalidade de mensurar a produção e disseminação científica, como especificam Lacerda, Ensslin e Ensslin (2012, p. 61, apud Araújo, 2006). Além disso, de acordo com Lacerda, Ensslin e Ensslin (2012 apud PODSAKOFF et al., 2005), o uso de um banco de dados ficou evidente, a partir da evolução dos sistemas de informação, sendo um instrumento que facilita a recuperação e utilização do conhecimento científico em pesquisas. Os procedimentos descritos neste artigo foram realizados durante o mês de junho de 2021, na base de dados da *Web of Science (WoS)/Coleção Principal (Clarivate Analysis)*, em documentos publicados no período de 2010 a 2021.

Por procedimentos e instrumentos, foram utilizadas a pesquisa bibliográfica, obtendo como referencial teórico, documentos publicados em revistas e eventos científicos, e a revisão sistemática da literatura, através de pesquisa bibliométrica, sob o método ProKnow-C (*Knowledge Development Process – Constructivist*). Este é um método construtivista de

conhecimento para análise de dados, que seleciona e evidencia documentos, promovendo o conhecimento do “estado da arte”.

A utilização desse método também pode ser verificada em outros trabalhos, como: “Revisão sistemática e bibliometria facilitadas por um canvas para visualização de informação”, por Medeiros et al. (2015); “Aplicação do ProKnow-C para seleção de um portfólio bibliográfico e análise bibliométrica sobre avaliação de desempenho da gestão do conhecimento”, por Vilela (2012); “Avaliação de desempenho na gestão da produção: análise bibliométrica e sistêmica da literatura internacional”, por Lizot et al. (2016).

Quanto à base de dados, a escolha se deu por aquela que ofereceu maior quantidade de resultados relacionados à temática. Para a sua determinação, foi realizada uma análise comparativa de resultados entre a base *Web of Science (WoS)/Coleção Principal (Clarivate Analysis)* e, pelo menos, outras duas bases, *SCOPUS (Elsevier)* e *SciELO.ORG*. A escolha dessas bases se deu por serem abrangentes, e retornarem maior quantidade de documentos nas buscas iniciais: às três bases foram aplicados os mesmos termos de busca (apresentados na Tabela 1), filtragem por período (2010 a 2021) e categoria (Engenharia). A *SCOPUS (Elsevier)* apresentou 475 resultados, a *SciELO.ORG* apresentou 332 resultados, enquanto a *Web of Science (WoS)/Coleção Principal (Clarivate Analysis)* apresentou 2.398 documentos.

Portanto, utilizando os termos e critérios finais, verificou-se que a *Web of Science (WoS)/Coleção Principal (Clarivate Analysis)* retornou um quantitativo que respondia aos critérios recomendados pelo método, para a primeira etapa (entre 2.000 e 10.000 documentos). Além disto, reuniu maior contribuição científica atualizada, na temática definida neste trabalho.

Ademais, houve a definição da *WoS* para realizar a pesquisa bibliométrica, porque esta plataforma também se mostrou adequada para a pesquisa na qual este trabalho traz contribuições, a dissertação mencionada anteriormente. Com o alinhamento de títulos e resumos dos documentos encontrados nas etapas iniciais, verificou-se, também, que os documentos poderiam responder às questões dessa pesquisa, atendendo à necessidade de sistematização da busca e do método, e de maneira alinhada aos objetivos.

Os documentos retornados pela busca foram filtrados e organizados de acordo com a sequência de etapas descritas no item Pesquisa Bibliométrica, segundo as etapas elaboradas por Ensslin et al. (2010a). Após esta sequência do método ProKnow-C, realizou-se um complemento (pós-método), a fim de destacar os dados importantes, relativos às barreiras enfrentadas pelos escritórios e empresas do setor AEC, expressado nas tabelas 6 e 7.

PESQUISA BIBLIOMÉTRICA

Neste trabalho, a aplicação do método ProKnow-C (Ensslin et al, 2010a) foi realizada dividindo-o em quatro etapas. A primeira delas compreende a determinação da área de conhecimento, escolha das palavras-chave que serão utilizadas nas buscas, segundo critérios de aderência ao tema e quantidade de resultados, e culminou, no Banco de Artigos Bruto. Já a segunda etapa, trabalha a filtragem desse primeiro grupo de artigos, quanto ao alinhamento do título em relação à temática investigada, e resulta no banco de artigos não repetidos com títulos alinhados. Quanto à terceira etapa, aplicou-se o critério de relevância, com a seleção dos artigos mais citados através da regra de Pareto, os artigos recentes (menos de 2 anos de publicação) e os artigos de repescagem, aqueles que foram publicados há menos de dois anos, mas possuem contribuição potencial devido ao fato de serem escritos por autores reconhecidos, no primeiro filtro desta etapa. Ao final, para este conjunto selecionado de documentos, também é verificado o alinhamento de cada um dos resumos, em relação ao

recorte da pesquisa. Por fim, a última etapa, que verifica a disponibilidade do trabalho e inclui a leitura integral dos documentos, resulta no Portfólio Bibliográfico, um conjunto relevante de trabalhos alinhados, reconhecidos e recentes, donde foi possível realizar as análises, objetivo da pesquisa. O fluxograma, a seguir (Figura 1), apresenta a síntese das etapas principais do processo.

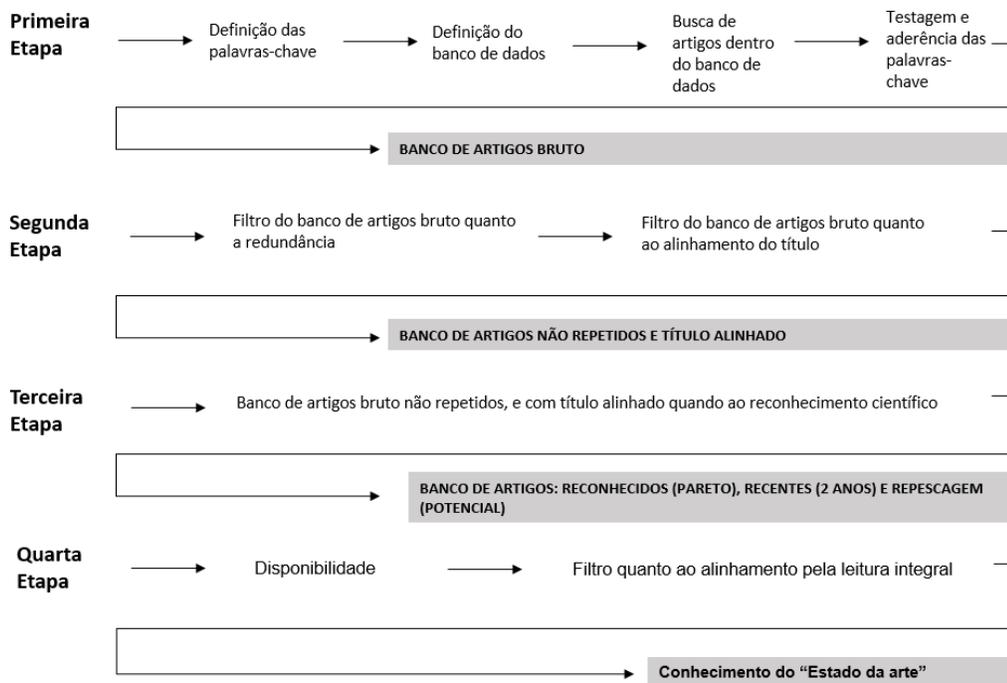


Figura 1. Fluxograma demonstrativo das principais etapas do processo

Fonte: Autores (2021)

As palavras-chave a serem utilizadas nas buscas foram definidas a partir da seleção dos principais termos e organizadas por eixo. Cada um deles foi complementado com possíveis variações ortográficas e gramaticais das palavras, de acordo com a sintaxe de caracteres especiais determinada pela base de dados da WoS, culminando nos termos de busca utilizados, conforme exemplo mostrado na Figura 2. Nesse contexto, vale destacar que, os termos em língua inglesa, foram utilizados para ampliar os resultados, após a revisão bibliográfica.

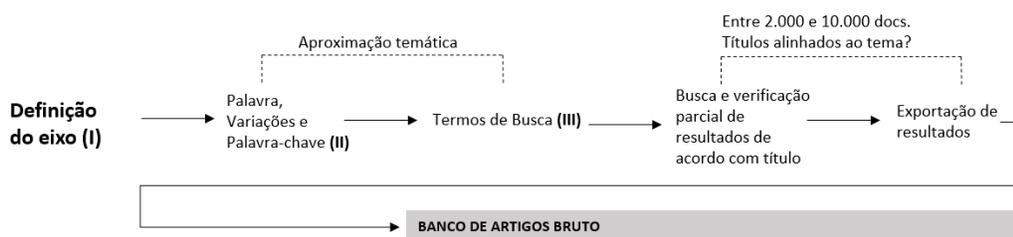


Figura 2. Fluxograma para definição dos eixos

Fonte: Autores (2021)

Para alcançar uma combinação que melhor respondesse às expectativas do método e aderência à temática, foram realizadas 36 buscas primárias, utilizando 10 eixos contendo palavras correlatas aos assuntos:

- Eixo 1: *Design* e Projetos;
- Eixo 2: Arquitetura, Engenharia e Construção Civil (AEC);
- Eixo 3: Administração e Gerenciamento;
- Eixo 4: *Building Information Modeling*;
- Eixo 5: Barreiras e Lacunas;
- Eixo 6: Processos e Estratégias;

- Eixo 7: Escritórios e Empresas (de modo geral e também PME's);
- Eixo 8: Adoção e Implementação;
- Eixo 9: Sustentabilidade;
- Eixo 10: Benefícios;

A partir dos resultados primários de cada uma destas combinações, foram analisados, principalmente, aspectos quanto à aderência ao tema e a quantidade total das publicações no resultado da pesquisa. A etapa de combinação utilizou quatro eixos, desses dez que haviam sido testados inicialmente. A combinação que mostrou melhores resultados, segundo esses critérios, é apresentada a seguir (Tabela 1), tendo como resultado 2.398 documentos, já refinados pela categoria, e denominado Banco de Artigos Bruto. Os números em romano, no cabeçalho da tabela, indicam os passos apresentados no fluxograma da Figura 2.

Tabela 1. Eixos de pesquisa utilizados na busca final

Fonte: Autores (2021)

EIXO (I)	PALAVRA (II)	VARIAÇÕES (II)	PALAVRA-CHAVE (II)	TERMO DE BUSCA (III)
1 (Design e Projetos)	design	design	design*	(design* OR plan* OR project*)
		designing		
		designer		
	plan	plan	plan*	
		planning		
project	project	project*		
5 (Barreiras e Lacunas)	obstacle	obstacle	obstacle*	(obstacle* OR problem* OR factor* OR issue* OR barrier* OR error* OR gap* OR difficult* OR challenge* OR challeng* OR boundar* OR risk* OR bottleneck*)
	problem	problem	problem*	
	factor	factor	factor*	
	issue	issue	issue*	
	barrier	barrier	barrier*	
	error	error	error*	
	gap	gap	gap*	
	difficulty	difficulty	difficult*	
		difficulties		
	challenge	challenge	challenge*	
	boundary	boundary	boundar*	
		boundaries		
risk	risk	risk*		
bottleneck	bottleneck	bottleneck*		
7 (Escritórios e Empresas)	office	office	office*	(office* OR firm* OR enterprise* OR compan* OR SME OR small OR medium OR organi\$ation*)
	firm	firm	firm*	
	enterprise	enterprise	enterprise*	
		companies		
	company	company	compan*	
	SME	SME	SME	
	small	small	small	
	medium	medium	medium	
organization	organization	organi\$ation*		
	organisation			
8 (Adoção e Implementação)	Implementation	implementation	implementation	(implementation OR application OR adoption)
	application	application	application	
	adoption	adoption	adoption	

O Eixo 4 foi considerado em 22 das 36 combinações realizadas, ou seja, mais de 50% das combinações. Porém, embora com palavras direcionadas ao tema, a partir do quantitativo, ficou evidenciado-se uma restrição dos resultados. Assim, de modo que o quantitativo mínimo sugerido para a primeira etapa do método não seria alcançado, não sendo possível determinar uma amostra. À medida que as buscas foram realizadas, observou-se que as tentativas não deveriam ser muito “abertas”, porque poderiam filtrar documentos que não respondiam à temática. Também não deveriam ser muito “fechadas”, uma vez que o método ProKnow-C sugere que o banco preliminar de artigos brutos tenha entre 2.000 a 10.000 artigos, segundo Lacerda, Ensslin e Ensslin (2012). Uma filtragem maior é realizada nas etapas posteriores.

A partir do Banco de Artigos Bruto, foi realizada a segunda etapa do método, filtrando as publicações, quanto ao alinhamento do título, o que resultou em 417 documentos. A partir desses, foi aplicado o Princípio de Pareto, onde se afirma que 80% dos resultados são derivados de 20% das causas. O número de citações foi a informação utilizada para ordenar e selecionar a parcela de documentos com maior reconhecimento científico, ou seja, que possuísem 80% do total de citações de todos os 417 documentos alinhados à temática, resultando em um conjunto com 118 documentos. A partir das demais publicações, 299 itens, foram selecionados aqueles mais recentes, ou seja, com menos de dois anos de publicação, totalizando mais 251 documentos. Com a leitura dos resumos destes dois grupos (Reconhecidos e Recentes), totalizando 369 e considerando o descarte de documentos (caso não houvesse alinhamento com o tema), foi montado o Banco de Autores, utilizado para selecionar os documentos equivalentes à repescagem. Este ponto do processo objetiva trazer publicações não reconhecidas cientificamente, publicadas há mais de dois anos, mas que são da mesma autoria daquelas já selecionadas nos grupos de 118 e 251 documentos, ditos relevantes. Para este trabalho, nesta repescagem, foram selecionadas 48 publicações com reconhecimento potencial. Posteriormente, também tiveram a avaliação de alinhamento de seus resumos, o que resultou em 12 documentos adicionados à seleção. Após todas as etapas, com a filtragem do banco de artigos não repetidos, título alinhado, resumo alinhado e com reconhecimento científico, foi finalizada a montagem do Banco de Artigos Bruto, com 165 documentos.

Na última etapa, verificou-se a disponibilidade dos documentos, resultando em 102 arquivos. A leitura integral reduziu esse quantitativo para 80 documentos, revisado o alinhamento à temática, e formando o Portfólio Bibliográfico da pesquisa, ou seja, um conjunto relevante de trabalhos donde se conseguiu extrair o “estado da arte”, e realizar as análises relativas ao tema.

A tabela a seguir (Tabela 2), apresenta o resumo do processo bibliométrico descrito anteriormente. Os graus de eficácia, calculados relacionando os resultados do último filtro ao primeiro, mostram a efetividade das etapas do método, na reunião de documentos pertinentes ao assunto e reconhecidos cientificamente.

RESUMO BIBLIOMÉTRICO					
Passo de seleção	NÚMERO DE DOCUMENTOS RESULTANTES POR FILTRO				
	Alinhados por título	Alinhados por Títulos, Resumo e BA	Disponibilidade	Alinhados por Leitura Integral	Grau de eficácia
Reconhecidos (Pareto)	118	65	45	39	33,05%
Recentes	251	88	52	36	14,34%
Repescagem	48	12	5	5	10,41%
Total:	417	165	102	80	19,18%

Tabela 2. Quantitativos de documentos por filtro aplicado nas etapas do processo Proknow-C

Fonte: Autores (2021)

A seguir, são apresentados os 80 documentos do Portfólio Bibliográfico (Tabela 3), ordenados alfabeticamente por autor e separados pelos passos de seleção apresentados na tabela anterior (Tabela 2).

Tabela 3. Documentos do Portfólio Bibliográfico organizados por ordem alfabética de título

Fonte: Autores (2021)

RECONHECIDOS (PARETO)
"Comparison of EnergyPlus and IES to model a complex university building using three scenarios: Free-floating, ideal air load system, and detailed" (AL-JANABI <i>et al</i> , 2018)
"Dynamic shading systems: A review of design parameters, platforms and evaluation strategies" (AL-MASRANI e AL-OBAIDIB, 2019)
"Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice" (ARAYIC <i>et al</i> , 2010)
"Bridging the digital divide gap in BIM technology adoption" (AYINLA e ADAMU, 2018)
"Analysis of the building energy balance to investigate the effect of thermal insulation in summer conditions" (BALLARINI e CORRADO, 2012)
"Implementation of corporate social responsibility in Australian construction SMEs" (BEVAN e YUNG, 2015)
"Practices and effectiveness of building information modelling in construction projects in China" (CAO <i>et al</i> , 2015)
"Evaluating the Alignment of Organizational and Project Contexts for BIM Adoption: A Case Study of a Large Owner Organization" (CAVKA <i>et al</i> , 2015)
"Probabilistic behavioral modeling in building performance simulation: A Monte Carlo approach" (CECCONI <i>et al</i> , 2017)
"Critical success factors for building information modelling (BIM) implementation in Hong Kong" (CHAN; OLAWUMI; HO, 2019B)
"Perceived benefits of and barriers to Building Information Modelling (BIM) implementation in construction: The case of Hong Kong" (CHAN <i>et al</i> , 2019A)
"Examining issues influencing green building technologies adoption: The United States green building experts' perspectives" (DARKO <i>et al</i> , 2017)
"Making friends with Frankenstein: hybrid practice in BIM" (DAVIES; MCMEEL; WILKINSON, 2017)
"Key factors for the BIM adoption by architects: a China study" (DING <i>et al</i> , 2015)
"A survey of current status of and perceived changes required for BIM adoption in the UK" (EADIE <i>et al</i> , 2015)
Identifying and assessing critical risk factors for BIM projects: Empirical study (FENG <i>et al</i> , 2014)
"A multi-agent approach for performance-based architecture: Design exploring geometry, user, and environmental agencies in facades" (GERBER <i>et al</i> , 2017)
"Using BIM capabilities to improve existing building energy modelling practices" (GERRISH <i>et al</i> , 2017)
"Aligning building information model tools and construction management method" (HARTMANN <i>et al</i> , 2012)
"BIM adoption model for small and medium construction organisations in Australia" (HONG <i>et al</i> , 2019)
"Surveying the Extent and Use of 4D BIM in the UK" (LEDSON e GREENWOOD, 2016)
"Critical success factors for enhancing the building information modelling implementation in building projects in Singapore" (LIAO e TEO, 2017)
"Understanding adoption and use of BIM as the creation of actor networks" (LINDEROTH, 2010)
"A framework to assist in the analysis of risks and rewards of adopting BIM for SMEs in the UK" (MAHDJOUBI e MASON, 2017)
"Exploring the Adoption of BIM in the UAE Construction Industry for AEC Firms" (MEHRAN, 2016)

“Integration of BIM and LCA: Evaluating the environmental impacts of building materials at an early stage of designing a typical office building” (NAJJAR <i>et al</i> , 2017)
“Modeling and evaluating construction project competencies and their relationship to project performance” (OMAR e FAYEKB, 2016)
“Origins and probabilities of MEP and structural design clashes within a federated BIM model” (PÄRN <i>et al</i> , 2018)
“Towards energy performance evaluation in early stage building design: A simplification methodology for commercial building models” (PICCO; LOLLINI; MARENGO, 2014)
“Measuring the impact of BIM on labor productivity in a small specialty contracting enterprise through action-research” (POIRIER <i>et al</i> , 2015)
“Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects” (PORWAL e HEWAGE, 2013)
“Adoption of Building Information Modelling technology (BIM): Perspectives from Malaysian engineering consulting services firms” (ROGERS <i>et al</i> , 2015)
“Risk management implementation in small and medium enterprises in the UK construction industry” (ROSTAMI <i>et al</i> , 2015)
“Bibliometric analysis and review of Building Information Modelling literature published between 2005 and 2015” (SANTOS <i>et al</i> , 2017)
“Implementation of innovative technologies in small-scale construction firms: Five Australian case studies” (SHELTON; MARTEK; CHEN, 2016)
“Needs and technology adoption: observation from BIM experience” (SINGH e HOLMSTROM, 2015)
“What drives the adoption of building information modeling in design organizations? An empirical investigation of the antecedents affecting architect’s behavioral intentions” (SON <i>et al</i> , 2015)
“Users-orientated evaluation of building information model in the Chinese construction industry” (XU <i>et al</i> , 2014)
“Building energy performance diagnosis using energy bills and weather data” (YANG <i>et al</i> , 2018)
RECENTES
“Barriers to BIM Adoption in Brazil” (ARROTÉIA; FREITAS; MELHADO, 2021)
“Required model content and information workflows enabling proficient BIM usage” (CESNIK <i>et al</i> , 2021)
“Adoption of building information modeling in Chinese construction industry: The technology-organization-environment framework” (CHEN, 2019)
“Combining context-aware design-specific data and building performance models to improve building performance predictions during design” (CHOKWITTHAYA <i>et al</i> , 2019)
“Augmented and Virtual Reality in Construction: Drivers and Limitations for Industry Adoption” (DELGADO <i>et al</i> , 2020)
“Investigating major challenges for industry 4.0 adoption among construction companies” (DEMIRKESEN e TEZEL, 2021)
“Predicting behavioural resistance to BIM implementation in construction projects: an empirical study integrating technology acceptance model and equity theory” (GUANGBIN <i>et al</i> , 2020)
“Enhancing the Knowledge and Proficiency for Interior Designers in Malaysia through the Implementation Building Information Modelling” (HAMID <i>et al</i> , 2020)
“Forecasting the net costs to organisations of building information modelling (BIM) implementation at different levels of development (LOD)” (HONG <i>et al</i> , 2019)
“Exploring behavioural factors for information sharing in BIM projects in the Malaysian construction industry” (IBRAHIM <i>et al</i> , 2019)
“Impacts of facade opening’s geometry on natural ventilation and occupant’s perception: A review” (IZADYAR <i>et al</i> , 2020)

“A study of building information modeling (BIM) uptake and proposed evaluation framework” (JONES, 2020)
“Methodology for Building Information Modeling (BIM) Implementation in Structural Engineering Companies (SECs)” (LA RIVERA <i>et al</i> , 2019)
“Critical Challenges for BIM Adoption in Small and Medium-Sized Enterprises: Evidence from China” (LI <i>et al</i> , 2019)
“Investigation of individual perceptions towards BIM implementation-a Chongqing case study” (LIU <i>et al</i> , 2019)
“Leveraging Micro-Level Building Information Modeling for Managing Sustainable Design: United Kingdom Experience” (LIU <i>et al</i> , 2020)
“Change management practices for adopting new technologies in the design and construction industry” (MAALI <i>et al</i> , 2021)
“Scientometric analysis of BIM adoption by SMEs in the architecture, construction and engineering sector” (MAKABATE <i>et al</i> , 2021)
“Critical factors affecting a successful BIM integrated design solution [...]” (MATEC, 2019)
“Disturbance analysis and their impact on delays in construction process” (MESZEK <i>et al</i> , 2019)
“BIM Use by Architecture, Engineering, and Construction (AEC) Industry in Educational Facility Projects” (MORENO <i>et al</i> , 2019)
“Application of BIM and 3D Laser Scanning for Quantity Management in Construction Projects” (NGUYEN, 2020)
“The relationship between BIM Implementation and Individual Level Collaboration in Construction Project” (OZTURK, 2019)
“Using a TAM-TOE model to explore factors of Building Information Modelling (BIM) adoption in the construction industry” (QIN <i>et al</i> , 2020)
“BIM Use Assessment (BUA) Tool for Characterizing the Application Levels of BIM Uses for the Planning and Design of Construction Projects” (ROJAS <i>et al</i> , 2019)
“Adoption and implementation of building information modelling (BIM) in small and medium-sized enterprises (SMEs): a review and conceptualization” (SAKA e CHAN, 2020)
“Exploring Critical Success Factors for Green Housing Projects: An Empirical Survey of Urban Areas in China” (SANG <i>et al</i> , 2019)
“Green and sustainable practices in the construction industry: A confirmatory factor analysis approach” (SHURRAB <i>et al</i> , 2019)
“Deploying Geometric Dimensioning and Tolerancing in Construction” (TALEBI <i>et al</i> , 2020)
“BIM-tool development enhancing collaborative scheduling for pre-construction” (TALLGREN <i>et al</i> , 2020)
“Modelling of Efficiency Evaluation of Traditional Project Delivery Methods and Integrated Project Delivery (IPD)” (TRACH <i>et al</i> , 2019)
“A Seven-Dimensional Building Information Model for the Improvement of Construction Efficiency” (WANG e LIU, 2020)
“Evaluating the Impact of Building Information Modeling on the Labor Productivity of Construction Projects in Malaysia” (WONG; RASHIDI; ARASHPOUR, 2020)
“Implementation of Building Information Modeling (BIM) in Sarawak Construction Industry: A Review” (ZAINI <i>et al</i> , 2019)
“Factors Influencing BIM Adoption for Construction Enterprises in China” (ZHANG <i>et al</i> , 2020)
“Barriers to BIM implementation strategies in China” (ZHOU <i>et al</i> , 2019)
REPESCAGEM
“Analysis of BIM use for asset management in three public organizations in Quebec, Canada” (BRUNET, 2019)
“BIM-based design coordination for China architecture, engineering and construction industry” (CHEN <i>et al</i> , 2021)

“An Investigation on Virtual Information Modeling Acceptance Based on Project Management Knowledge Areas” (DIDEHVAR <i>et al</i> , 2018)
“A study and application of the degree of satisfaction with indoor environmental quality involving a building space factor” (XU <i>et al</i> , 2018a)
“Developing an IFC-Based Database for Construction Quality Evaluation” (XU <i>et al</i> , 2018b)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise bibliométrica foi realizada avaliando-se seis aspectos: quantidade de publicações anuais; países com maior produção e número de citações; ocorrência de palavras-chave e grupos de afinidade (*clusters*); quantidade de publicações por periódico ou evento; autores mais citados e autores com maior quantidade de publicações no Portfólio, juntamente com seus respectivos *clusters*. Como acréscimo ao método, mais dois aspectos foram considerados: grupos organizados por tema principal e barreiras profissionais, operacionais e associadas.

O primeiro aspecto avaliado é apresentado no gráfico a seguir (Figura 3), e mostra que o portfólio está contemplando as publicações mais recentes, resultado esperado da metodologia aplicada, e validando-a. Considerando-se os últimos três anos, houve uma redução no ano de 2020. É importante destacar que vivenciamos um contexto de pandemia, e isso pode ter influenciado na redução das produções, ao mesmo tempo que 2021 ainda está em curso.

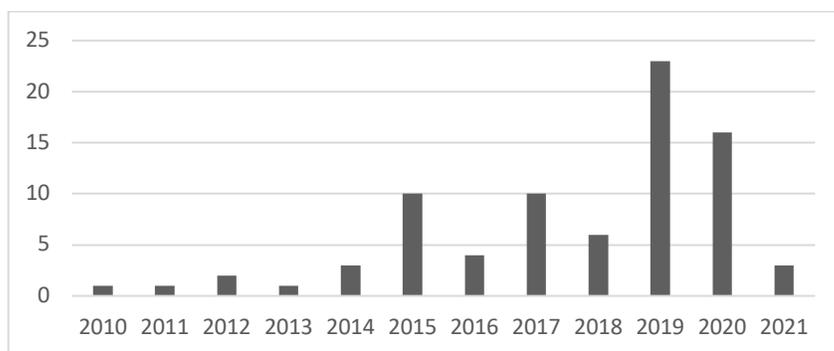


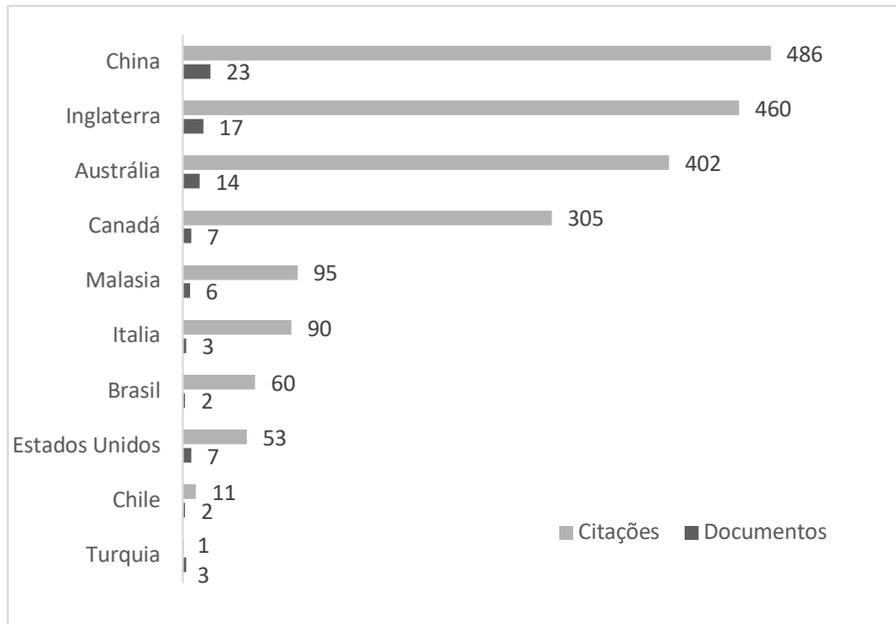
Figura 3. Quantidade de publicações anuais no período de 2010 a 2021 no Portfólio Bibliográfico

Fonte: Autores (2021)

Na figura acima, pode-se observar onde as pesquisas ocorrem em maior número. Assim, foram realizadas análises sobre as origens das publicações, elencando os países que mais apresentam produções para o tema. O gráfico a seguir apresenta os dez países com maior produção em relação do BIM (Figura 4). Nele, a China aparece em primeiro lugar, com 23 dos 80 documentos que compõem o Portfólio Bibliográfico. Em seguida, está a Inglaterra com 17 das 80 publicações selecionadas, e em terceiro lugar, a Austrália com 14 dos 80 documentos. Esses números mostram, do ponto de vista percentual neste recorte, que a China é responsável por 28,75% da produção, enquanto a Inglaterra é responsável por 21,25% e a Austrália 17,5%, totalizando 67,5% da produção deste Portfólio.

Figura 4. Países com maior destaque no Portfólio Bibliográfico

Fonte: Autores (2021)



Esses números apontam fatores importantes a serem observados. O primeiro sugere que a tecnologia BIM apresenta barreiras independentes da cultura, uma vez que, pesquisas sobre este tema vêm sendo demandadas em regiões diferentes, como o oriente e ocidente, e países desenvolvidos e em desenvolvimento. Outro fator engloba um nível social e tecnológico de desenvolvimento do setor AEC, pelo fato dos países apresentados estarem desenvolvendo a adoção de políticas para implementar a utilização do BIM, classificando níveis de desenvolvimento e exigindo que os profissionais trabalhem nesse viés.

Entre os países com nível avançado de conhecimento do BIM, estão: Canadá, Finlândia e Nova Zelândia (ARROTÉIA, FREITAS E MELHADO, 2021). Segundo Eadie et al. (2014), governos reconheceram os benefícios das tecnologias BIM, e têm implantado políticas para a sua promoção. A exemplo, o UK *Efficiency and Reform Group* (ERG) em 2011, publicou uma meta para adoção do BIM de nível 2, que deveria ser implantada até 2016. Outros exemplos, que podem ser mencionados incluem a Austrália que sugeriu o uso obrigatório do BIM em projetos do setor público, e os EUA, com a McGraw Hill, tendo realizado três relatórios sobre a adoção do BIM entre 2007 e 2009, onde ficou comprovado um aumento de 75% do uso, naquela época, nesse país (EADIE et al. 2014).

No que concerne aos países em desenvolvimento, no Brasil, por exemplo, já há algum tempo existem iniciativas em difusão visando a adoção do BIM na construção, como, por exemplo, o Guia de Boas Práticas em BIM – ASBEA 2015, conforme Arrotéia, Freitas e Melhado (2021).

O próximo aspecto avaliado, é apresentado a seguir (Figuras 5 e 6), e representa a ocorrência de palavras-chave presentes nos artigos do Portfólio, bem como a força e a conexão (*link*) dos *clusters* por palavra-chave. Os termos “BIM” e “BIM *Adoption e Implementation*”, ocorrem 48 e 44 vezes, respectivamente, e correspondem a 25,26% e 23,15% do total de documentos. Tal resultado valida o Portfólio, trazendo pesquisas que estão voltadas predominantemente para investigações sobre adoção e implementação da metodologia.

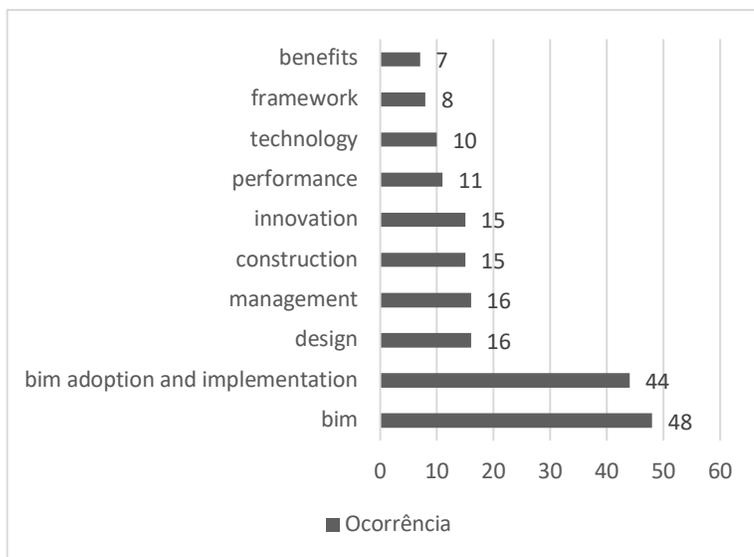


Figura 5. Ocorrência de palavras-chave nas referências do Portfólio Bibliográfico

Fonte: Autores (2021)

A figura a seguir (Figura 6) destaca os *clusters* das palavras-chave mais citadas, destacando que o “BIM” e “BIM Adoption and Implementation” são, de fato, os temas principais. A leitura dessa figura pode ser compreendida verificando o *link* entre os termos e as demais palavras do *ranking*, o *link* (linha entre um *cluster* e outro) expressa a conexão entre *clusters* e a espessura desse *link* expressa a força (ocorrência). O tamanho do *cluster* aponta o termo com mais “peso” em relação aos demais.

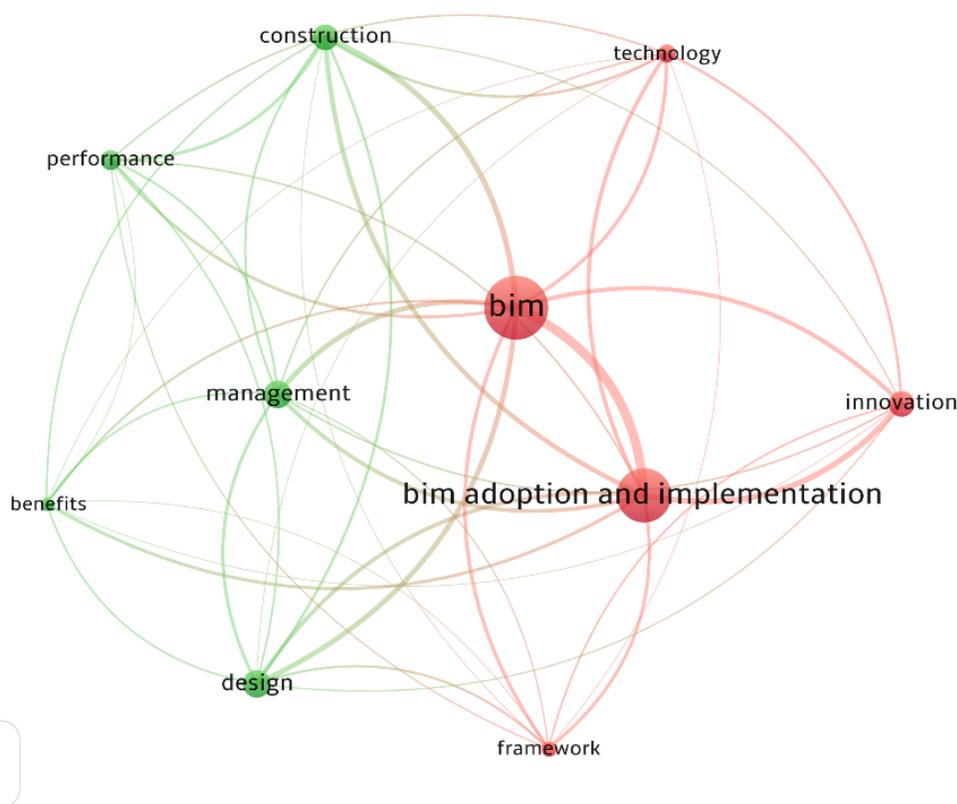


Figura 6. Relação das dez palavras-chave mais citadas por clusters (grupos), extraídas do VOSviewer

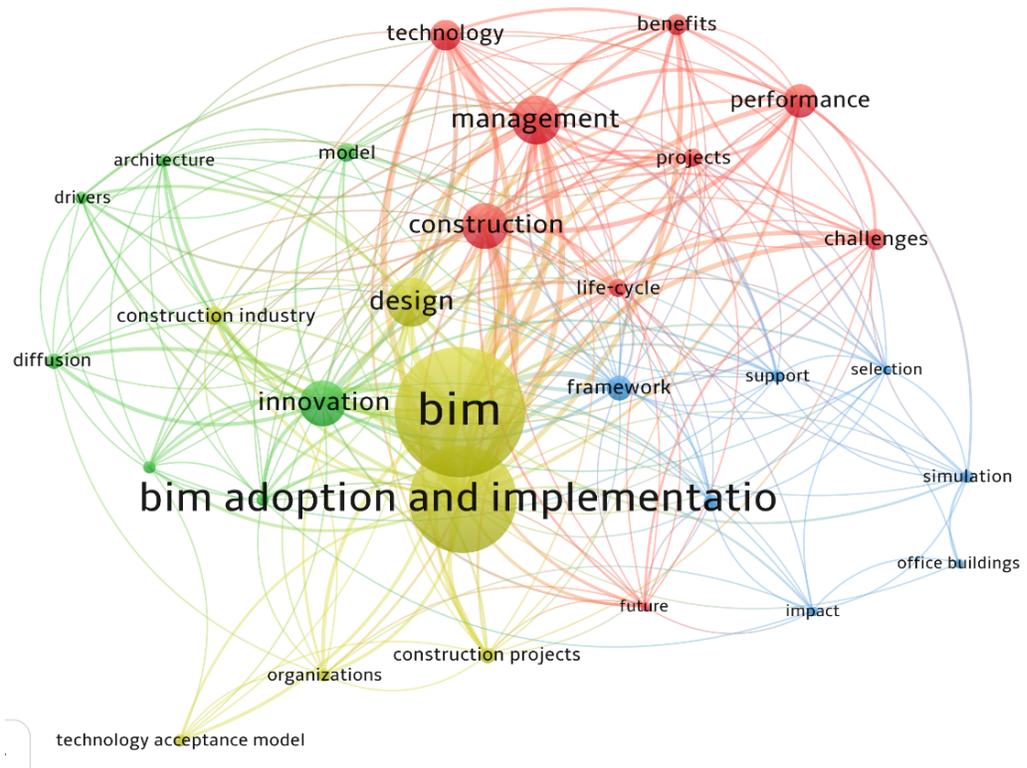
Fonte: Autores (2021)

Na imagem a seguir (Figura 7), verifica-se a força e os *links* dos termos em um universo amplo de trinta palavras-chave com maior ocorrência no documento e mostra como acontece a conexão entre elas no universo BIM.

Assim, verifica-se que o termo “BIM” e “BIM Adoption and Implementation” possuem *clusters* maiores em relação aos demais, ou seja, possuem uma ocorrência maior, validando as informações apresentadas anteriormente (Figuras 5 e 6).

Figura 7. Força do termo “BIM” e “BIM Adoption and Implementation” no universo, por *clusters*, extraídas do VOSviewer.

Fonte: Autores (2021)



Conforme observado na figura anterior (Figura 7), podem ser destacadas outras temáticas correlatas, com *clusters* secundários e *links* acentuados, especialmente nos termos destacados na cor vermelha. Entre elas, estão: “*technology acceptance model*” (*cluster* amarelo), “*performance*”, “*technology*”, “*life-cycle*” (*cluster* vermelho), “*innovation*” e “*drivers*” (*cluster* verde), “*simulation*” (*cluster* azul).

Estas primeiras análises compõem um processo de validação das buscas realizadas e da adequação do Portfólio Bibliográfico à temática inicial apresentada. Sendo assim, valida que este grupo é composto por documentos relacionados a pesquisas recentes, de abrangência mundial, e com temas afins. As análises, a seguir, tratam das informações necessárias para se direcionar novas leituras e estudos em pesquisas recentes na temática.

Na sequência, evidencia-se o quantitativo de produções por evento ou periódico (Figura 8), e apresenta-se, em ordem decrescente, o respectivo quantitativo de acordo com o Portfólio. Entre as três revistas com maior número de documentos presentes no Portfólio, a “*Engineering Construction and Architectural Management*” representa 22,5% do total, “*Automation in Construction*”, representa 18,7% e “*Advances in Civil Engineering*”, representa 12,5%. No que concerne aos eventos, entre os três primeiros, destacam-se o 3º e 4º “*World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium – (WMCAUS)*” e “*Integrating Data Science, Construction and Sustainability – (ICSDEC 2016)*”.

Verifica-se o alinhamento das fontes com a temática investigada, uma vez que a revista “*Engineering Construction and Architectural Management*” possui foco na promoção de práticas integradas de *design* e construção, gerenciamento do ciclo de vida do projeto e construção sustentável, segundo aponta o editor (EMERALD PUBLISHING, 2021). Com relação à revista “*Automation in Construction*”, o escopo é amplo, e busca abranger as diversas etapas do ciclo de vida da construção, incluindo também reciclagem de edificações e estruturas de engenharia, de acordo com informações da editora (ELSEVIER, 2021). Quanto à revista “*Advances in Civil Engineering*”, segundo informações no site (HINDAWI, 2021), publica artigos em todas as áreas da engenharia civil. Além disso, também valoriza artigos de revisão que examinam o estado da arte, identificam tendências emergentes e sugerem direções futuras para campos em desenvolvimento.

Com relação ao alinhamento dos eventos mencionados, o simpósio mundial WMCAUS, envolve estudos multidisciplinares relacionados à Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, oferecendo uma diversidade de tópicos para discussões relacionadas às últimas descobertas e tecnologias, com próxima edição marcada para junho de 2022, em Praga, República Tcheca. Quanto ao outro evento presente na lista, o *Integrating Data Science, Construction and Sustainability*, é uma conferência internacional e interdisciplinar, que abre espaço para discussões atuais relacionadas à inovação, tendências e preocupações, desafios e soluções da ciência de dados para construção e sustentabilidade, com próxima edição marcada para abril de 2022, em Nova York, EUA.

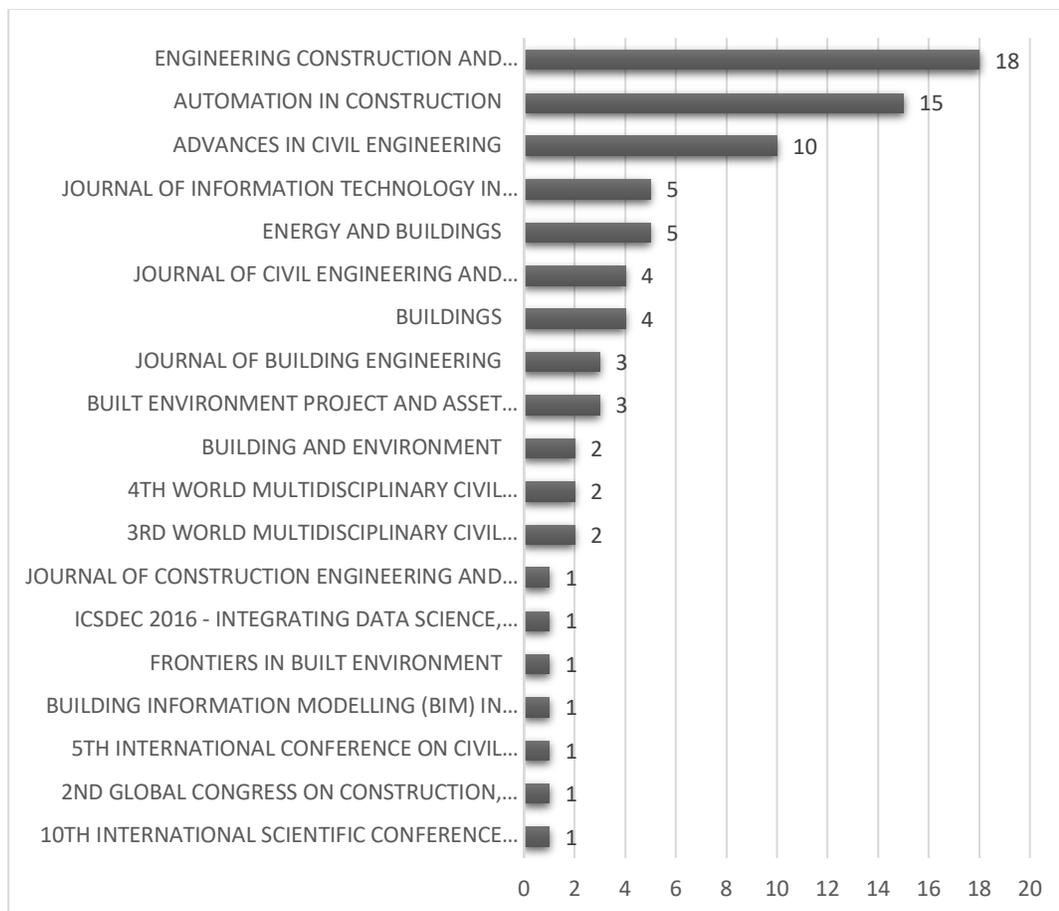


Figura 8. Quantitativo de publicações por periódico/eventos no portfólio

Fonte: Autores (2021)

Nas revistas e eventos que compõem a análise (Figura 8), destacam-se autores que investigam áreas correlatas à adoção e uso do BIM. A exemplo, Najjar et al. (2017), escreve sobre a integração do BIM com *Life Cycle Assessment* (LCA) e apresenta o resultado dessa integração

na avaliação de impactos ambientais de materiais de construção no setor da construção civil. Também, Cecconi *et al.* (2017) investigam sobre a evolução das políticas energéticas e ambientais para o setor da construção, orientadas para a eficiência dos recursos, propondo um fluxo de trabalho que visa estabelecer uma continuidade entre as fases de projeto e operação. Já Davies, McMeel e Wilkinson (2016), exploram os fatores que levam à prática híbrida em BIM entre as disciplinas ou estágios do projeto e as acomodações que devem ser alcançadas dentro das estruturas do projeto BIM para permitir isso.

Outro aspecto avaliado são os autores mais citados em documentos do Portfolio (Tabela 4), selecionados a partir dos dados obtidos no processo. São citadas publicações realizadas entre 2011 e 2017.

Tabela 4. Número de citações nas referências por autor

Fonte: Autores (2021)

AUTORES	CITAÇÕES
Arayici, Y.; Coates, P.; Koskela, L.; Kagioglou, M.; Usher, C.; O'Reilly, K.	212
Porwal, A.; Hewage, K. N.	190
Hartmann, T.; van Meerveld, H.; Vossebeld, N.; Adriaanse, A.	122
Cao, D.; Wang, G.; Li, Heng; Skitmore, M.; Huang, T.; Zhang, W.	100
Santos, R.; Costa, A. A.; Grilo, A.	99
Chien, K.; Wu, Z.; Huang, S.	95
Linderoth, H. C. J.	80
Son, H.; Lee, S.; Kim, C.	79
Rogers, J.; Chong, H.; Preece, C.	73
Ding, Z.; Zuo, J.; Wu, J.; Wang, J. Y.	68

De modo complementar, também apresentamos os dez autores com mais documentos no Portfolio (Tabela 5):

Tabela 5. Autores com maior frequência de publicação.

Fonte: Autores (2021)

AUTORES	QTDE. DOCUMENTOS
Chan, D.W. M.	3
Huang, T.	2
Li, H.	2
Cao, D.	2
Herrera, R. F.	2
Wang, G.	2
Demian, P.	2
Sapasgozar, S.	2
Akbarnezhad, A.	2
Forgues, D.	2

Na análise das tabelas 4 e 5, observa-se que quatro autores estão entre os mais citados e também estão entre aqueles com maior presença no Portfolio, Huang T., Li H., Cao, D. e Wang, G. As temáticas estudadas por estes autores estão conectadas (Figura 9), e tratam das práticas e eficácias do BIM em projetos para construção na China.

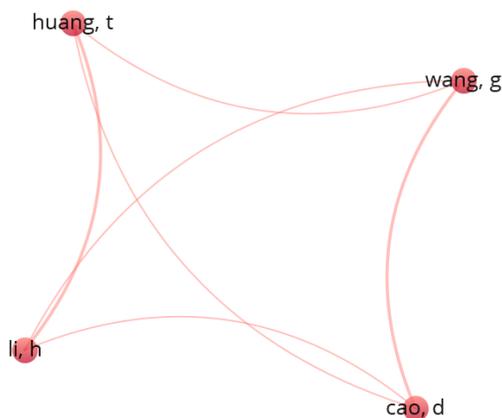


Figura 9. Grupo de autores comum as tabelas 5 e 6, com temáticas correlatas

Fonte: Autores (2021)

No contexto dos autores mais citados, Arayici et al. (2011) representam 19,96%; em seguida, Porwal e Hewage (2013), representam 16,99%; Hartmann et al (2012), em terceiro, com 10,91%. E ainda, cada um destes autores contribui com 1 documento do Portfólio e trata de diferentes temáticas. Arayici et al. (2011) realizam um estudo de caso para uma avaliação abrangente e sistêmica das tecnologias BIM mais relevantes, observando que os ganhos de eficiência foram alcançados em direção a uma prática arquitetônica enxuta. Já Porwal e Hewage (2013), apresentam um estudo de caso que prova a viabilidade da aquisição proposta, com base no BIM, em projetos de construção com financiamento público, cujo arranjo contratual sugerido resultou em maior produtividade, melhor coordenação e redução de erros e retrabalho. Hartmann et al. (2012) fizeram descobertas acerca de teorias de implementação existentes na gestão de construção, observando que os processos de trabalho existentes precisam ser radicalmente alterados para se alinhar com a funcionalidade das ferramentas baseadas em BIM. Esses assuntos ajudam a compor a base para as demais pesquisas, com recorte para a eficiência e o uso completo das ferramentas relacionadas ao conceito.

Entre os artigos mais citados, Santos, Costa e Grilo (2017), trazem um estudo bibliométrico que resulta em considerações sobre os temas mais pesquisados relacionados ao desenvolvimento de ferramentas BIM, ao estudo da adoção do BIM mundialmente, à simulação de energia utilizando informações baseadas em BIM e, mais recentemente, à interoperabilidade semântica e ontologia. E revelam que, por outro lado, o estudo sobre BIM, em nível acadêmico, é muito pequeno, assim como a modelagem paramétrica.

As análises dos aspectos mencionados acima destacam “onde” se encontram os ambientes de discussão acerca do universo BIM, seja através dos eventos, revistas, autores, seus grupos ou instituições de pesquisa, ou seja, situam o leitor em relação a temática BIM, referente a última década. Isso permite saber onde encontrar mais informações, possibilitando também novas investigações.

O próximo aspecto avaliado inicia as análises “pós-método”, um acréscimo ao método, mencionadas na metodologia. O aspecto a seguir resultou em uma organização dos grupos por tema principal (Tabela 6), obtidos no Portfólio Bibliográfico, bem como o quantitativo de artigos pertencentes a cada um desses grupos e representatividade em relação ao total de documentos do Portfólio.

Após organizar as temáticas presentes nos documentos do Portfólio, verificou-se a quantidade daqueles que investigam, especificamente, a adoção do BIM por escritórios e empresas do setor AEC, permitindo iniciar uma análise relativa às barreiras enfrentadas pelos escritórios. Esse passo foi desenvolvido com a leitura integral dos documentos e análises.

Tabela 6. Resumo dos grupos por temas presentes no Portfólio Bibliográfico

Fonte: Autores (2021)

REF.	GRUPOS	Qtd.	Qtd.%
A.	BIM na indústria AEC	28	35
B.	Adoção e implementação do BIM em PME'S	11	25
C.	Eficiência energética e sustentabilidade associadas ao uso do BIM	17	21
D.	Gestão e gerenciamento	8	10
E.	Desempenho de projeto	5	6
F.	Adoção e implementação do BIM em nível micro (escritório de arquitetura, engenharia e <i>design</i> de interiores)	4	5
G.	BIM associado a novas tecnologias	4	5
H.	Implementação do BIM em empresa de grande porte	3	4

A tabela anterior apresenta informações relacionadas aos documentos do Portfólio, que investigam o BIM relacionado a empresas de nível micro, pequenas e médias (PME's), e de grande porte. Os grupos que correspondem diretamente à adoção e implementação do BIM, por escritórios e empresas do setor AEC, representam 69% do total (destacados em azul na tabela 6), validando que os artigos do portfólio estão, em maioria, voltados para a adoção do BIM, e embora tenham uma abrangência de diferentes portes de empresas, concentram 30% dos trabalhos em micro, pequenas e médias empresas.

Outra observação, diz respeito à parcela que corresponde às pesquisas do grupo F, que é igual para as pesquisas em ascensão do grupo G, aquele cuja metodologia BIM vem sendo associada a diferentes tecnologias. Quando observamos isso em relação aos *clusters* de ocorrência de palavras-chave, verificamos a relevância de pesquisas associando o BIM à eficiência energética.

Há quinze documentos que tratam especificamente de micro, pequenas e médias empresas no Portfólio, representam 18,7% do total de documentos, e verifica-se, nas análises, um crescente interesse relacionado a estes perfis e lacunas na literatura. A seguir, apresenta-se as barreiras mais importantes nos âmbitos: profissional, operacional e associados, apontadas pelos autores em cada documento.

Para Li et al. (2018), a taxa de adoção do BIM pela indústria é diversificada. A adoção do BIM pelas PME's ainda se encontra em um nível abaixo do esperado, afirmam os autores. Contudo, verifica-se que as PME's têm contribuído com o desenvolvimento econômico de regiões e até mesmo países. Essa afirmativa pode ser verificada nas pesquisas da SINAENCO (2015 e 2017), no caso do cenário brasileiro e de outros autores mencionados anteriormente, como, Saka e Chan (2020) e Arrotéia, Freitas e Melhado (2021). No entendimento de Zhou, Yang e Yang (2018), devido às barreiras para o desenvolvimento e adoção do BIM, atualmente, a tecnologia ainda é aplicada principalmente em empresas que trabalham com grande escala de projetos. Contudo, estas empresas de grande porte não são maioria na China.

No entendimento de Wong, Rashidi e Arashpour (2020), embora a indústria tenha consciência sobre as vantagens do BIM, as empresas de construção ainda não conseguem utilizar plenamente seu potencial. No Reino Unido, por exemplo, há uma lentidão na adoção do conceito. Algumas razões estão na complexidade de implementação do BIM, no fato de que a adoção pode gerar custos e também por exigir um conjunto abrangente de treinamento. Além disso, a maioria dos projetistas estão familiarizados com o uso do AutoCAD. Para Chan, Olawumi e Ho (2019), algumas das barreiras enfrentadas são: o custo de aquisição do *software* BIM e licenças, *hardware* e outros custos associados, como indisponibilidade de programas de treinamento para facilitar a transferência de conhecimento em BIM e apatia das partes interessadas do projeto para mudar as formas convencionais (2D) de gerenciamento de projetos e *designs*.

Para Saka e Chan (2020), há carência de estudos com foco em Pequenas e Médias Empresas (PME's), além de baixo nível de conscientização, adoção e implementação. Também, há uma necessidade de mais investigação sobre metodologias que exploraram métodos potenciais para abordar o BIM de nível micro (LIU et al. 2020).

Ainda, de acordo com Santos, Costa e Grilo (2017), os artigos recentes possuem qualidade e complexidade substancialmente altas, significando níveis avançados de maturidade BIM. Para Ayinla e Adamu (2017), os benefícios gerais da modelagem de informações de construção foram bem documentados, mas o ritmo e a extensão da adoção e implementação do BIM pelas empresas dentro da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) varia.

Nesse contexto, a adoção do BIM exige diferentes modelos estratégicos para difusão em toda cadeia de suprimentos de construção, complementam (AYINLA E ADAMU, 2017). Outros autores, que corroboram com essa visão sobre a adoção e implementação do BIM, são Porwal e Hewage (2013), afirmando que, apesar dos esforços, na maioria das práticas de construção, a implantação BIM geralmente ocorre de forma lenta.

Analisando-se os documentos que tratam especificamente das PME's, foi possível concatenar dois grupos distintos de barreiras, em especial aquelas cujos escritórios de pequeno porte costumam lidar ao atuar no mercado de trabalho, especialmente tentando conciliar a adoção e implementação do BIM à demanda de serviços.

A síntese a seguir (Tabela 7) foi particionada em barreiras profissionais, operacionais e associadas. As barreiras profissionais estão diretamente ligadas ao profissional enquanto atuante no mercado de trabalho. Engloba questões como novas habilidades cognitivas e de planejamento. Já as barreiras operacionais estão diretamente ligadas ao processo de projeto baseado em modelagem da informação da construção, englobando aspectos como gerenciamento e fluxo de trabalho BIM. No grupo relacionado às barreiras associadas, figuram aspectos que correspondem aos clientes, recursos financeiros do escritório/empresa e também aspectos organizacionais.

BARREIRAS PROFISSIONAIS
Escassez de especialistas;
Falta de conscientização das partes interessadas;
Resistência à mudança;
Riscos e incertezas associados à falta de treinamento e conscientização de pessoal, distribuição de benefícios e responsabilidades;
Experiências inadequadas da equipe no uso de BIM;
Baixo controle interno das atividades em andamento e projetos;
Ausência de treinamento e aconselhamento adequado;
Compreensão dos recursos de hardware de ponta necessários;
Escopo limitado do BIM e incertezas associadas com sua implementação;
Falta de informações (sobre PME's);
BARREIRAS OPERACIONAIS
Padrões e protocolos insuficientes entre os participantes do projeto em colaboração, integração e interoperabilidade;
Falta de uma estrutura (roteiro) para delinear a estratégia eficaz e método para implementar BIM;
Adoção de desequilíbrio e implementação de BIM entre o projeto e parceiros;
Atenção na fase de envolvimento com projeto, estágio de construção e operação/manutenção;
Preocupações com dados e informações;
Nenhuma notificação ou especificação de mudanças;

Tabela 7. Barreiras enfrentadas pelos escritórios e empresas

Fonte: Autores (2021)

Canais de comunicação ineficientes;
Perda de informação da fonte central (arquiteto, cliente) ao passar pelas revisões de engenheiros seniores, coordenadores, até o engenheiro de projeto em execução;
Não há diário de bordo / registro do projeto, modificações;
Grande número de retrabalhos pelo projeto relator devido a mudanças recorrentes;
Falta de instalações de rede para executar o BIM aplicativos e ferramentas de forma eficiente;
BARREIRAS ASSOCIADAS
Falta de demanda dos clientes por BIM;
Recursos escassos e limitados;
Falta de acordos legais / contratuais associados ao BIM modelo;
Altos custos de implementação inerentes à configuração baseada em BIM;
Muitos projetos com prazos semelhantes (como todos os clientes querem que seus projetos sejam concluídos rapidamente, todos precisam do "ontem");
Eficiência diminuída devido a vários trabalhos realizados em paralelo por um profissional;
Melhoramento de Responsabilidade Social Corporativa com base em aspectos carentes: ambiental, social, ético e aspecto econômico;

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os documentos pertencentes ao Portfólio Bibliográfico (80) tratam de um universo amplo em relação ao porte das empresas que atuam no setor AEC. Isto porque, embora a realidade de uma empresa de grande porte seja oposta à realidade dos micro e pequenos escritórios/empresas (sentido financeiro e organizacional), foi observado que algumas barreiras são comuns, especialmente aquelas ligadas ao profissional, como, por exemplo, a resistência à mudança e aprendizagem de *softwares*.

A respeito do método ProKnow-C adotado, observou-se que, o processo por etapas permitiu filtrar documentos que trouxeram dados importantes relativos ao setor AEC, especialmente, no âmbito da adoção e implementação do BIM por escritórios e empresas de arquitetura e engenharia. Contudo, o entendimento das questões relativas à adoção e implementação da metodologia levou ao desenvolvimento de etapas pós-método, como, por exemplo, a classificação dos grupos existentes no Portfólio Bibliográfico (Tabela 7), e a seleção dos artigos relacionados aos micros, pequenos e médios escritórios (15 documentos).

Portanto, o ProKnow-C, como método para filtrar e mensurar os documentos, apontou diferentes fatores, como o fato de as pesquisas caminharem para áreas correlatas, como o BIM associado a mecanismos de eficiência energética, sustentabilidade e novas tecnologias de interação. Conclui-se que o método adotado permitiu que fossem encontradas pesquisas importantes em relação à temática. Portanto, entendemos que o ProKnow-C levou ao conhecimento do “estado da arte” e se mostrou eficaz na seleção dos artigos, de forma relativamente rápida, uma vez que os autores mais recentes do período (2010 a 2021) eram desconhecidos nas fases iniciais do desenvolvimento deste trabalho.

Além disso, na análise dos documentos do Portfólio Bibliográfico, observa-se que, embora os documentos sejam de autores que investigam o BIM em diferentes nacionalidades, os perfis micro e pequenos apresentam as mesmas barreiras na adoção e implementação do conceito. Outra observação está acerca da representatividade destes perfis em relação ao mercado de trabalho: os documentos do Portfólio Bibliográfico apontam que independente da nacionalidade a representatividade é expressiva.

Em resumo, no âmbito profissional as barreiras com maior ocorrência, são: o desenvolvimento de novas habilidades (organizacional e tecnológica), e ausência de informações para apoiar a adoção e implementação do BIM. Já no âmbito operacional, destaca-se a falta de uma estrutura para delinear uma estratégia eficaz e método específico para implementar o BIM. Por fim, no âmbito associado, estão recursos financeiros escassos e falta de demanda de serviços simultâneos.

A composição do Portfólio Bibliográfico é 98,75% em língua estrangeira. Isso significa que apenas um documento filtrado investiga a adoção e implementação do BIM, no contexto brasileiro. Embora a base de dados tenha trazido apenas esse documento, trouxe os autores que são referências, como Arrotéia, Freitas e Melhado (2021). Apontou também que há uma lacuna de investigações na área, no cenário nacional. No documento em questão, o autor mencionado tem ligação direta com a área de engenharia civil, pesquisando, principalmente, gestão do processo de projeto e gestão de empresas de projeto. O documento filtrado apresenta um estudo de caso de uma empresa do setor AEC de grande porte. Tal documento também contribuiu com a formulação das barreiras. No contexto brasileiro, Silvio Melhado é uma das principais referências e observa-se que os autores citados em sua pesquisa, também estão presentes no Portfólio Bibliográfico desta investigação.

A partir da lacuna encontrada no contexto brasileiro, a pesquisa bibliográfica trouxe outros documentos que pudessem contribuir ou apoiar as informações provenientes dos documentos do Portfólio. Assim, apresenta-se Oliveira (2005), SINAENCO (2015 e 2017) com os dados do setor AEC no Brasil e a pesquisa realizada por Coelho, Lima e Melhado (2015). Apresentada no VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção: Edificações, Infraestrutura e Cidade – do BIM ao CIM, trouxe um estudo sobre a implementação da modelagem da informação em uma empresa de arquitetura, onde foram constatadas, pelos autores, tanto dificuldades relacionadas ao planejamento estratégico para nortear a implementação da modelagem, como impactos na gestão da empresa e necessidade de mudanças no processo de projeto. Outra observação de relevância, são as Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), apontadas pelos autores como uma alternativa que vem sendo utilizada no processo de desempenho das empresas. Estas informações corroboram com os dados analisados nos documentos do Portfólio Bibliográfico.

Sobre os estágios de maturidade BIM verificados na leitura integral dos documentos, os países desenvolvidos avançam em investigações relacionadas ao setor AEC. Mas os autores ressaltam as lacunas na literatura sobre os micro e pequenos escritórios e empresas, e apontam programas de desenvolvimento e integração desses profissionais pela utilização do BIM. Portanto, os entraves relativos a esse perfil de empresas existem nas diferentes nacionalidades mencionadas nas análises, porém o processo de maturidade vem se desenvolvendo, à medida que os incentivos são fomentados. A bibliometria ajudou a esclarecer esse cenário no contexto global, porque trouxe autores e pesquisas de diferentes países.

Outro aspecto notado, diz respeito à questão organizacional dos escritórios. Quando observa-se que muitas barreiras apontam para a área da gestão, percebe-se a importância do treinamento organizacional, sobretudo, o hábito da organização. Trabalhar com o fluxo BIM, requer um nível de organização que possa ser construído continuamente à medida que a maturidade vai sendo desenvolvida. Entende-se que a maturidade organizacional deve estar proporcional à maturidade operacional para aprofundar o processo BIM.

Os resultados deste trabalho apontam um universo de publicações pertencentes à última década, que apresentam o BIM no contexto global, permitindo a compreensão da dimensão da metodologia, na atualidade, nas áreas de arquitetura, engenharia, administração, ciência da informação e comunicação, e o que vem sendo investigado em temáticas correlatas. São

observadas questões do universo BIM no setor AEC, e compiladas as barreiras enfrentadas pelos profissionais na atualidade, estimulando novas investigações.

Trazer à tona essas questões pode contribuir com novas investigações sobre a metodologia, especialmente aplicável aos micro e pequenos escritórios e empresas do setor AEC, trazendo foco aos pontos sensíveis e importantes e promovendo mais um nível de conhecimento em relação à Modelagem da Informação da Construção. Apresentou-se, também, um conjunto de pesquisas, debates e considerações globais que podem ser posteriormente analisados perante a realidade brasileira, com seus pontos em comum, semelhanças e contradições.

Portanto, o presente trabalho, apresenta um conjunto de pesquisas, debates e considerações globais que podem ser posteriormente analisados perante a realidade brasileira, com seus pontos em comum, semelhanças e contradições.

Referências Bibliográficas

AL-JANABI, A.; KAVGIC, M.; MOHAMMADZADEH, A.; AZZOUZ, A. Comparison of EnergyPlus and IES to model a complex university building using three scenarios: Free-floating, ideal air load system, and detailed. Elsevier, **Journal of Building Engineering**, ano 2018, v. 22, p. 262-280, 27 dez. 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.12.022>.

AL-MASRANI, S. M.; AL-OBAIDIB, K. M. Dynamic shading systems: A review of design parameters, platforms and evaluation strategies. Elsevier, **Automation in Construction**, ano 2019, v. 102, p. 195-216, 4 mar. 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.01.014>.

ARAYICI, Y.; COATES, P.; KOSKELA, L.; KAGIOGLOU, M.; USHER, C.; O'REILLY, K. Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice. **Automation in Construction**, Elsevier, ano 2011, v. 20, ed. 2, p. 189-195, 20 out. 2010. DOI <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.016>.

ARROTÉIA, A. V.; FREITAS, R. C.; MELHADO, S. B. Barriers to BIM Adoption in Brazil. **Frontiers in Built Environment**, Frontiers in Built Environment, ano 2021, v. 7, p. 1-12, 11 mar. 2021. DOI [doi: 10.3389/fbuil.2021.520154](https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.520154)

AYINLA, K. O.; ADAMU, Z. Bridging the digital divide gap in BIM technology adoption. Emerald Insight, **Engineering, Construction and Architectural Management**, ano 2018, v. 25, ed. 10, p. 1398-1416, 19 out. 2018. DOI <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2017-0091>.

BALLARINI, I.; CORRADO, V. Analysis of the building energy balance to investigate the effect of thermal insulation in summer conditions. **Energy and Buildings**, Elsevier, ano 2012, v. 52, p. 168-180, 20 jun. 2012. DOI <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.06.004>.

BEVAN, E. A. M.; YUNG, P. Implementation of corporate social responsibility in Australian construction SMEs. Emerald Insight, **Engineering, Construction and Architectural Management**, ano 2015, v. 22, ed. 3, p. 295-311, 18 maio 2015. DOI <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2014-0071>.

BRUNET, M. Analysis of BIM use for asset management in three public organizations in Quebec, Canada. Emerald Insight, **Built Environment Project and Asset Management**, ano 2019, v. 9, ed. 1, p. 153-167, 5 mar. 2019. DOI <https://doi.org/10.1108/BEPAM-02-2018-0046>.

CAO, D.; WANG, G.; LI, H.; SKITMORE, M.; HUANG, T. et al. Practices and effectiveness of building information modelling in construction projects in China. **Automation in Construction**, Elsevier, ano 2015, v. 49, p. 113-112, 7 nov. 2014. DOI <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.10.014>.

CAVKA, H. B.; STAUB-FRENCH, S.; POTTINGER, R. Evaluating the Alignment of Organizational and Project Contexts for BIM Adoption: A Case Study of a Large Owner Organization. *MDPI, Buildings*, ano 2015, v. 5, ed. 4, p. 1265-1300, 27 nov. 2015. DOI <https://doi.org/10.3390/buildings5041265>.

CECCONI, F. R.; MANFREN, M.; TAGLIABUE, L. C.; CIRIBINI, A. L. C.; DE ANGELIS, E. Probabilistic behavioral modeling in building performance simulation: A Monte Carlo approach. Elsevier: Journals & Books, *Energy and Buildings*, ano 2017, v. 148, p. 128-141, 8 maio 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.05.013>.

CESNIK, J.; ZIBERT, M.; LAH, M.; SKALJA, M. Required model content and information workflows enabling proficient BIM usage. IOPscience, IOP **Conference Series: Materials Science and Engineering**, ano 2019, p. 1-11, 2 jul. 2021. DOI [doi:10.1088/1757-899X/603/3/032074](https://doi.org/10.1088/1757-899X/603/3/032074).

CHAN, D. W. M.; OLAWUMI, T. O.; HO, A. M. L. Critical success factors for building information modelling (BIM) implementation in Hong Kong. Emerald Insight, *Engineering, Construction and Architectural Management*, ano 2019B, v. 26, ed. 9, p. 1838-1854, 4 set. 2019. DOI <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2018-0204>.

CHAN, D. W. M.; OLAWUMI, T. O.; HO, A. M. L. Perceived benefits of and barriers to Building Information Modelling (BIM) implementation in construction: The case of Hong Kong. Elsevier, *Journal of Building Engineering*, ano 2019A, v. 25, p. 1-10, 14 abr. 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100764>.

CHEN, C.; YANG, L.; TANG, L.; JIANG, H. Bim-based design coordination for china's architecture, engineering and construction industry. WIT Transactions on The Built Environment, *Building Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations II*, v. 169, p. 211 - 219, 3 set. 2021. DOI <https://doi.org/10.2495/BIM170201>.

CHEN, Y. Adoption of building information modeling in Chinese construction industry: The technology-organization-environment framework. Hindawi, *Hindawi*, ano 2019, v. 26, ed. 9, p. 1878-1898, 4 nov. 2019. DOI <https://doi.org/10.1108/ECAM-11-2017-0246>.

CHOKWITTHAYA, C.; ZHU, Y.; DIBIANO, R.; MUKHOPADHYAY, S. Combining context-aware design-specific data and building performance models to improve building performance predictions during design. *Automation in Construction*, Elsevier, ano 2019, v. 107, p. 102-917, 1 ago. 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102917>.

COELHO, K. M.; MELHADO, S. B. A modelagem como estratégia competitiva para empresas de projeto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 2017 - João Pessoa-PB; *Anais...*Porto Alegre: ANTAC. p. 1-10.

COELHO, K. M.; SILVA, T. F.; MELHADO, S. B. Implementação da modelagem da informação da construção em empresa de arquitetura: um estudo de caso. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7, 2015, Recife. *Anais...* Porto Alegre: ANTAC, p. 1-13.

DARKO, A.; CHAN, A. P.C.; AMEYAW, E. E.; HE, B.J.; OLANIPEKUN, A. Examining issues influencing green building technologies adoption: The United States green building experts' perspectives. *Energy and Buildings*, Elsevier, ano 2017, v. 144, ed. 1, p. 320-332, 30 mar. 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.03.060>.

DAVIES, K.; MCMEEL, D. J.; WILKINSON, S. Making friends with Frankenstein: hybrid practice in BIM. Emerald Insight, *Engineering, Construction and Architectural Management*, ano 2017, v. 24, ed. 1, p. 78-93, 16 jan. 2017. DOI <https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2015-0061>.

DELGADO, J. M. D.; OYEDELE, L.; BEACH, T.; DEMIAN, P. Augmented and Virtual Reality in Construction: Drivers and Limitations for Industry Adoption. ASCE Library, **Journal of Construction Engineering and Management**, ano 2020, v. 146, ed. 7, 11 maio 2020. DOI [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001844](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001844).

DEMIRKESEN, S.; TEZEL, A. Investigating major challenges for industry 4.0 adoption among construction companies. Emerald Insight, **Engineering, Construction and Architectural Management**, ano 2021, 29 abr. 2021. DOI <https://doi.org/10.1108/ECAM-12-2020-1059>.

DIDEHVAR, N.; TEYMOURIFARD, M.; MOJTAHEDI, M.; SEPASGOZAR, S. An Investigation on Virtual Information Modeling Acceptance Based on Project Management Knowledge Areas. MDPI, **Buildings**, ano 2018, v. 8, ed. 6, p. 1-19, 12 jun. 2018. DOI [doi:10.3390/buildings8060080](https://doi.org/10.3390/buildings8060080).

DING, Z.; ZUO, J.; WU, J.; WANG, J. Y. Key factors for the BIM adoption by architects: a China study. Emerald Insight: **Discover Journals, Books & Case Studies**, Emerald Insight, ano 2015, v. 22, ed. 6, p. 732-748, 16 nov. 2015. DOI <https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2015-0053>.

EADIE, R.; BROWNE, M.; ODEYINKA, H.; MCKEOWN, C.; MCNIFF, S. A survey of current status of and perceived changes required for BIM adoption in the UK. Emerald Insight, **Built Environment Project and Asset Management**, ano 2015, v. 5, ed. 1, p. 4-21, 2 fev. 2015. DOI <https://doi.org/10.1108/BEPAM-07-2013-0023>.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. 2011. **BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. 2nd ed. New Jersey: John Wiley & Sons, ISBN 9781119287551.

ECK, N. J. V.; WALTMAN, L. VOSviewer: Visualizing Scientific Landscapes. 1.6.16. Universiteit Leiden, 22 jul. 2021. Disponível em: <https://www.vosviewer.com/>. Acesso em: 26 jul. 2021.

ELSEVIER: Automation in Construction. Amsterdã: Elsevier, 1936-2021. ISSN 0926-5805. Disponível em: <https://www.journals.elsevier.com/automation-in-construction>. Acesso em: 26 out. 2021.

EMERALD PUBLISHING: Engineering, Construction and Architecture Management. Reino Unido: Emerald Publishing Limited, 1967-2021. ISSN 0969-9988. Disponível em: <https://www.emeraldgroupublishing.com/journal/ecam?id=ecam>. Acesso em: 26 out. 2021.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; LACERDA, R. T. O.; TASCA, J. E. Proknow-C, knowledge development process - constructivist. Processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI. 2010a.

FENG, K.; WU, Z.; HUANG, S. Identifying and assessing critical risk factors for BIM projects: Empirical study. **Automation in Construction**, Elsevier, ano 2014, v. 45, p. 1-15, 18 maio 2014. DOI <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.04.012>.

GERBER, D. J.; PANTAZIS, E.; WANG, A. A multi-agent approach for performance based architecture: Design exploring geometry, user, and environmental agencies in facades. Elsevier, **Automation in Construction**, ano 2017, v. 76, p. 45-58, 20 jan. 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.01.001>.

GERRISH, T.; RUIKAR, K.; COOK, M.; JOHNSON, M.; PHILLIP, M. Using BIM capabilities to improve existing building energy modelling practices. Emerald Insight, **Engineering, Construction and Architectural Management**, ano 2017, v. 24, ed. 2, p. 190-208, 20 mar. 2017. DOI [10.1108/ECAM-11-2015-0181](https://doi.org/10.1108/ECAM-11-2015-0181).

GUANGBIN, W.; WANG, P.; CAO, D.; LUO, X. Predicting behavioural resistance to bim implementation in construction projects: an empirical study integrating technology acceptance

model and equity theory. *Journal of Civil Engineering and Management*, **Journal of Civil Engineering and Management**, ano 2020, v. 26, ed. 7, p. 651-665, 2020. DOI <https://doi.org/10.3846/jcem.2020.12325>.

HARTMANN, T.; VAN MEERVELD, H.; VOSSEBELD, N.; ADRIAANSE, A. Aligning building information model tools and construction management methods. **Automation in Construction**, Elsevier, ano 2012, v. 22, p. 605-613, 10 jan. 2012. DOI <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2011.12.011>.

HAMID, A B.; EMBI, M. R.; TAIB, M. Z. M.; RAZAK, A. H. N. A. Enhancing the Knowledge and Proficiency for Interior Designers in Malaysia through the Implementation Building Information Modelling. IOPScience, **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, ano 2020, 2020. DOI doi:10.1088/1757-899X/713/1/012047.

HINDAWI: *Advances in Civil Engineering*. Londres: Hindawi Publishing Corporation, 1997-2021. ISSN 1687-8094. DOI 10.1155/7074. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/ace/about/>. Acesso em: 26 out. 2021.

HONG, Y.; HAMMAD, A. W. A.; AKBARNEZHAD, A. Forecasting the net costs to organisations of building information modelling (BIM) implementation at different levels of development (LOD). *Journal of Information Technology in Construction*, **Journal of Information Technology in Construction**, ano 2019, p. 1-16, 2019. DOI DOI: 10.36680/j.itcon.2019.033.

HONG, Y; HAMMAD, A. W. A.; SEPASGOZAR, S.; AKBARNEZHAD, A. BIM adoption model for small and medium construction organisations in Australia. *Emerald Insight*, **Engineering, Construction and Architectural Management**, ano 2019, v. 26, ed. 2, p. 154-183, 26 mar. 2019. DOI <https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2017-0064>.

IBRAHIM, C. K. I. C.; SABRI, N. A. M.; BELAYUTHAM, S.; MAHAMADU, A. Exploring behavioural factors for information sharing in BIM projects in the Malaysian construction industry. *Emerald Insight*, **Built Environment Project and Asset Management**, ano 2019, v. 9, ed. 1, p. 15-28, 5 mar. 2019. DOI <https://doi.org/10.1108/BEPAM-02-2018-0042>.

INTEGRATING DATA SCIENCE, CONSTRUCTION AND SUSTAINABILITY. 11. ed. WASET.ORG: World Academy of Science, Engineering and Technology, 2016. Disponível em: <https://publications.waset.org/archive>. Acesso em: 26 out. 2021.

IZADYAR, N.; MILLER, W.; RISMANCHI, B.; GARCIA-HANSEN, V. Impacts of facade opening's geometry on natural ventilation and occupant's perception: A review. **Building and Environment**, Elsevier, ano 2020, v. 170, p. 106-613, 20 dez. 2012. DOI <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106613>.

JONES, B. I. A study of building information modeling (bim) uptake and proposed evaluation framework. *ITcon*, **Journal of Information Technology in Construction**, ano 2020, v. 25, p. 1-17, 2020. DOI: 10.36680/j.itcon.2020.026.

LA RIVERA, F. M.; VIELMA, J. C.; HERRERA, R. F.; CARVALLO, J. Methodology for Building Information Modeling (BIM) Implementation in Structural Engineering Companies (SECs). *Hindawi*, **Hindawi**, ano 2019, p. 1-16, 21 fev. 2019. DOI <https://doi.org/10.1155/2019/8452461>.

LACERDA, R. T. de O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. *SciELO Brasil*: **Gestão e Produção**, São Carlos, ano 2012, v. 19, ed. 1, p. 59-78, 2012. DOI <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2012000100005>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/sKh5wfCCGv68fdRP8GStLXC/abstract/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 14 jul. 2021.

LEDSON, B. J.; GREENWOOD, D. J. Surveying the extent and use of 4d bim in the uk. *ITcon, Journal of Information Technology in Construction*, ano 2016, v. 21, p. 1-16, 2016. ISSN 1874-4753.

LI, P.; ZHENG, S.; SI, H.; XU, K. Critical Challenges for BIM Adoption in Small and Medium-Sized Enterprises: Evidence from China. *Hindawi, Hindawi*, ano 2019, p. 1-14, 11 fev. 2019. DOI <https://doi.org/10.1155/2019/9482350>.

LIAO, L.; TEO, E. A. L. Critical success factors for enhancing the building information modelling implementation in building projects in singapore. Taylor & Francis Online, *Journal of Civil Engineering and Management*, ano 2017, v. 23, ed. 8, p. 1029-1044, 20 nov. 2017. DOI <https://doi.org/10.3846/13923730.2017.1374300>.

LINDEROTH, H. C. J. Understanding adoption and use of BIM as the creation of actor networks. *Automation in Construction*, Elsevier, ano 2010, v. 19, ed. 1, p. 66-72, 2 out. 2010. DOI <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.09.003>

LIU, N.; RUAN, L.; JIN, R.; CHEN, Y.; DENG, X.; YANG, T. Investigation of individual perceptions towards BIM implementation-a Chongqing case study. *Emerald Insight, Emerald Insight*, ano 2019, v. 26, ed. 7, p. 1455-1475, 2 ago. 2019. DOI <https://doi.org/10.1108/ECAM-08-2018-0342>.

LIU, Z.; WANG, Y.; OSMANI, M.; DEMIAN, P. Leveraging Micro-Level Building Information Modeling for Managing Sustainable Design: United Kingdom Experience. *Hindawi, Advances in Civil Engineering*, ano 2020, p. 1-11, 13 jun. 2020. DOI <https://doi.org/10.1155/2020/3641950>.

LIZOT, M.; JUNIOR, P. P. A.; MAGACHO, C. S.; BORTOLUZZI, S. C.; VIERO, A. Avaliação de desempenho na gestão da produção: análise bibliométrica e sistêmica da literatura internacional. *Revista Gestão Industrial*, Paraná, v. 12, ed. 3, p. 65-84, 21 set. 2016. DOI 10.3895/gi.v12n3.4377. Disponível em: https://web.archive.org/web/20170922233407id_/https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/viewFile/4377/3189. Acesso em: 26 out. 2021.

MAALI, O.; LINES, B.; SMITHWICK, J.; HURTADO, K.; SULLIVAN, K. Change management practices for adopting new technologies in the design and construction industry. *Journal of Information Technology in Construction, Journal of Information Technology in Construction*, ano 2021, v. 25, p. 325-341, 2 jul. 2021. DOI <https://doi.org/10.36680/J.ITCON.2020.019>.

MAHDJOUBI, L.; MASON, J.; THEP, T. L. A framework to assist in the analysis of risks and rewards of adopting BIM for SMEs in the UK. Taylor & Francis Online, *Journal of Civil Engineering and Management*, ano 2017, v. 23, ed. 6, p. 740-752, 15 maio 2017. DOI <https://doi.org/10.3846/13923730.2017.1281840>.

MAKABATE, C. T.; MUSONDA, I.; OKORO, C. S.; CHILESHE, N. Scientometric analysis of BIM adoption by SMEs in the architecture, construction and engineering sector. *Emerald Insight, Engineering, Construction and Architectural Management*, ano 2021, 23 fev. 2021. DOI <https://doi.org/10.1108/ECAM-02-2020-0139>.

MATEC WEB CONF. INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE BUILDING DEFECTS (BUILDING DEFECTS 2018), 10., 2019, Czech Republic. Critical factors affecting a successful BIM integrated design solution [...]. MATEC Web Conf.: MATEC Web Conf., 12/04/2019. Tema: Building Information Modeling (BIM). DOI <https://doi.org/10.1051/matecconf/201927901004>.

MEDEIROS, I. L.; VIEIRA, A.; BRAVIANO, G.; GONÇALVES, B. S. Revisão Sistemática e Bibliometria facilitadas por um Canvas para visualização de informação. **Revista Brasileira de Design da Informação**, São Paulo, v. 12, ed. 1, p. 93 – 110, 18 maio 2014. Disponível em: <https://infodesign.emnuvens.com.br/infodesign/article/view/341/213>. Acesso em: 26 out. 2021. DOI <https://doi.org/10.51358/id.v12i1.341>.

MEHRAN, D. Exploring the Adoption of BIM in the UAE Construction Industry for AEC Firms. Elsevier, **Procedia Engineering**, ano 2016, v. 145, p. 1110-1118, 20 maio 2016. DOI <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.144>.

MESZEK, W.; REJMENT, M.; DZIADOSZ, A. Disturbance Analysis and Their Impact on Delays in Construction Process. IOPScience, **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, ano 2019, p. 1-11, 2019. DOI [doi:10.1088/1757-899X/603/5/052002](https://doi.org/10.1088/1757-899X/603/5/052002).

MORENO, C.; OLBINA, S.; ISSA, R. BIM Use by Architecture, Engineering, and Construction (AEC) Industry in Educational Facility Projects. Hindawi, **Hindawi**, ano 2019, p. 1-20, 3 jul. 2019. DOI <https://doi.org/10.1155/2019/1392684>.

NAJJAR, M.; FIGUEIREDO, K.; PALUMBO, M.; HADDAD, A. Integration of BIM and LCA: Evaluating the environmental impacts of building materials at an early stage of designing a typical office building. **Jornal of Building Engineering**, Elsevier, ano 2017, v. 14, p. 115-126, 16 out. 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2017.10.005>.

NGUYEN, T. A. Application of BIM and 3D Laser Scanning for Quantity Management in Construction Projects. Hindawi, **Advances in Civil Engineering**, ano 2020, p. 1-10, 28 dez. 2020. DOI <https://doi.org/10.1155/2020/8839923>.

OLIVEIRA, O. J. **Modelo de gestão para pequenas empresas de projeto de edifícios**. Orientador: Silvio Burrattino Melhado. 2005. 279 p. Modelo de gestão (Tese de Doutorado) - Doutorando, São Paulo, 27/04/2005. DOI [10.11606/T.3.2005.tde-15062005-112500](https://doi.org/10.11606/T.3.2005.tde-15062005-112500). Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-15062005-112500/pt-br.php>. Acesso em: 26 out. 2021.

OMAR, M. N.; FAYEKB, A. R. Modeling and evaluating construction project competencies and their relationship to project performance. Elsevier, **Automation in Construction**, ano 2016, v. 69, p. 115-130, 20 jun. 2016. DOI <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.05.021>.

OZTURK, G. B. The relationship Between BIM Implementation and Individual Level Collaboration in Construction Projects. IOPScience, **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, ano 2019, v. 471, ed. 2, p. 1-9, 2019. DOI [doi:10.1088/1757-899X/471/2/022042](https://doi.org/10.1088/1757-899X/471/2/022042).

PAERN, E. A.; EDWARDS, D. J.; SING, M. C. P. Origins and probabilities of MEP and structural design clashes within a federated BIM model. Elsevier, **Automation in Construction**, ano 2018, v. 85, p. 209-219, 5 nov. 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.09.010>.

PICCO, M.; LOLLINI, R.; MARENGO, M. Towards energy performance evaluation in early stage building design: A simplification methodology for commercial building models. Elsevier, **Energy and Buildings**, ano 2014, v. 76, p. 497-505, 19 mar. 2014. DOI <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.03.016>.

POIRIER, E. A.; STAUB-FRENCH, S.; FORGUES, D. Measuring the impact of BIM on labor productivity in a small specialty contracting enterprise through action-research. **Automation in Construction**, Elsevier, ano 2015, v. 58, p. 74-84, 30 jul. 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.07.002>.

PORWAL, A.; HEWAGE, K. N. Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects. **Automation in Construction**, Elsevier, ano 2013, v. 31, p. 204-214, 5 jan. 2013. DOI <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.12.004>.

QIN, X.; QIN, X.; SHI, Y.; LYU, K.; MO, Y. Using a TAM-TOE model to explore factors of Building Information Modelling (BIM) adoption in the construction industry. *Journal of Civil Engineering & Management*, **Journal of Civil Engineering & Management**, ano 2020, v. 26, ed. 3, p. 259-277, 2020. DOI <https://doi.org/10.3846/jcem.2020.12176>.

ROGERS, J.; CHONG, H.; PREECE, C. Adoption of Building Information Modelling technology (BIM): Perspectives from Malaysian engineering consulting services firms. **Emerald Insight: Discover Journals, Books & Case Studies**, Emerald Insight, ano 2015, v. 22, ed. 4, p. 424-445, 20 jul. 2015. DOI <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2014-0067>.

ROSTAMI, A.; SOMMERVILLE, J.; WONG, I. L.; LEE, C. Risk management implementation in small and medium enterprises in the UK construction industry. Emerald Insight, **Engineering, Construction and Architectural Management**, ano 2015, v. 22, ed. 1, p. 91-107, 19 jan. 2015. DOI <https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2014-0057>.

ROJAS, M. J.; HERRERA, R. F.; MOURGUES, C.; PONZ-TIENDA, J. L.; ALARCON, L. F. et al. BIM Use Assessment (BUA) Tool for Characterizing the Application Levels of BIM Uses for the Planning and Design of Construction Projects. Hindawi, **Advances in Civil Engineering**, ano 2019, p. 1-10, 9 jun. 2019. DOI <https://doi.org/10.1155/2019/9094254>.

SAKA, A. B.; CHAN, D. W. M. Adoption and implementation of building information modelling (BIM) in small and medium-sized enterprises (SMEs): a review and conceptualization. Emerald Insight, **Engineering, Construction and Architectural Management**, ano 2020, 20 out. 2020. DOI <https://doi.org/10.1108/ECAM-06-2019-0332>.

SANG, P.; YAO, H. Exploring Critical Success Factors for Green Housing Projects: An Empirical Survey of Urban Areas in China. Hindawi, **Advances in Civil Engineering**, ano 2019, p. 1-13, 9 dez. 2019. DOI <https://doi.org/10.1155/2019/8746836>.

SANTOS, R.; COSTA, A. A.; GRILO, A. Bibliometric analysis and review of Building Information Modelling literature published between 2005 and 2015. Elsevier. **Automation in Construction**, [s. l.], ano 2017, v. 80, p. 118-136, 17 mar. 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.03.005>.

SHELTON, J.; MARTEK, I.; CHEN, C. Implementation of innovative technologies in small-scale construction firms: Five Australian case studies. Emerald Insight, **Engineering, Construction and Architectural Management**, ano 2016, v. 23, ed. 2, p. 177-191, 21 mar. 2016. DOI <https://doi.org/10.1108/ECAM-01-2015-0006>.

SHURRAB, J.; HUSSAIN, M.; KHAN, M. Green and sustainable practices in the construction industry: A confirmatory factor analysis approach. Emerald Insight, **Emerald Insight**, ano 2019, v. 26, ed. 6, p. 1063-1086, 10 jul. 2019. DOI <https://doi.org/10.1108/ECAM-02-2018-0056>.

SINAENCO. Perfil Arquitetura e Engenharia Consultiva. 7. ed. SINAENCO: SINAENCO, 2017. Disponível em: <https://sinaenco.com.br/dados-setoriais/perfil-do-setor/>. Acesso em: 27 set. 2021.

SINGH, V.; HOLMSTROM, J. Needs and technology adoption: observation from BIM experience. Emerald Insight, **Engineering, Construction and Architectural Management**, ano 2015, v. 22, ed. 1, p. 128-150, 16 mar. 2015. DOI <https://doi.org/10.1108/ECAM-09-2014-0124>.

SON, H.; LEE, S.; KIM, C. What drives the adoption of building information modeling in design organizations? An empirical investigation of the antecedents affecting architect's behavioral intentions. **Automation in Construction**, Elsevier, ano 2015, v. 49, p. 92-99, 6 nov. 2014. DOI <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.10.012>.

SOUZA, L. L. A.; AMORIM, S. R. L.; LYRIO, A. M. Impactos do uso do bim em escritórios de arquitetura: oportunidades no mercado imobiliário. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, Portal de Revistas da USP, v. 4, ed. 2, p. 26-53, 15 dez. 2009. DOI <https://doi.org/10.4237/gtp.v4i2.100>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50958>. Acesso em: 26 out. 2021.

TALEBI, S.; KOSKELA, L.; TZORTZOPOULOS, P.; KAGIOGLOU, M.; KRULIKOWSKI, A. Deploying Geometric Dimensioning and Tolerancing in Construction. MDPI: **Buildings**, ano 2020, v. 10, ed. 4, p. 1-29, 26 mar. 2020. DOI <https://doi.org/10.3390/buildings10040062>.

TALLGREN, M. V.; ROUPE, M.; JOHANSSON, M.; BOSCH-SIJTSEMA, P. BIM-tool development enhancing collaborative scheduling for pre-construction. **ITcon, Journal of Information Technology in Construction**, ano 2020, v. 25, p. 374-397, 2020. DOI <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2020.022>.

TRACH, R.; POLONSKI, M.; HRYTSIUK, P. Modelling of Efficiency Evaluation of Traditional Project Delivery Methods and Integrated Project Delivery (IPD). IOPScience: **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, [s. l.], ano 2019, v. 471, ed. 11, p. 1-10, 2019. DOI [Doi:10.1088/1757-899X/471/11/112043](https://doi.org/10.1088/1757-899X/471/11/112043).

VILELA, L. O. Aplicação do Proknow-c para seleção de um portfólio bibliográfico e análise bibliométrica sobre avaliação de desempenho da gestão do conhecimento. **Revista Gestão Industrial**, Paraná, v. 08, ed. 1, p. 76-92, 23 mar. 2012. DOI [10.3895/S1808-04482012000100005](https://doi.org/10.3895/S1808-04482012000100005). Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/69fb/084cc61a89909f218f0071b717b3a4e207c9.pdf>. Acesso em: 26 out. 2021.

WANG, Z.; LIU, J. A Seven-Dimensional Building Information Model for the Improvement of Construction Efficiency. Hindawi, **Advances in Civil Engineering**, ano 2020, p. 1-17, 21 dez. 2020. DOI <https://doi.org/10.1155/2020/8842475>.

WONG, J. H.; RASHIDI, A.; ARASHPOUR, M. Evaluating the Impact of Building Information Modeling on the Labor Productivity of Construction Projects in Malaysia. MDPI, **Buildings**, ano 2020, v. 10, ed. 4, p. 1-21, 30 mar. 2020. DOI <https://doi.org/10.3390/buildings10040066>.

WORLD MULTIDISCIPLINARY CIVIL ENGINEERING-ARCHITECTURE-URBAN PLANNING SYMPOSIUM. 3. ed. WMCAUS.ORG: WMCAUS, 2018. Disponível em: <https://www.wmcaus.org/archive.html>. Acesso em: 26 out. 2021.

WORLD MULTIDISCIPLINARY CIVIL ENGINEERING-ARCHITECTURE-URBAN PLANNING SYMPOSIUM. 4. ed. WMCAUS.ORG: WMCAUS, 2019. Disponível em: <https://www.wmcaus.org/archive.html>. Acesso em: 26 out. 2021.

XU, H.; FENG, J.; LI, S. Users-orientated evaluation of building information model in the Chinese construction industry. **Automation in Construction**, Elsevier, ano 2014, v. 39, p. 32-46, 4 jan. 2014. DOI <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.12.004>.

XU, H.; HUANG, Q.; ZHANG, Q. A study and application of the degree of satisfaction with indoor environmental quality involving a building space factor. Elsevier, **Building and Environment**, ano 2018, v. 143, p. 227-239, 10 jul. 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.07.007>.

XU, Z.; HUANG, T.; LI, B.; LI, H.; LI, Q. Developing an IFC-Based Database for Construction Quality Evaluation. Hindawi, **Advances in Civil Engineering**, ano 2018, p. 1-23, 28 ago. 2018. DOI <https://doi.org/10.1155/2018/3946051>.

YANG, G.; JI, W.; LIN, B.; HONG, J.; ZHU, Y. Building energy performance diagnosis using energy bills and weather data. Elsevier, **Energy and Buildings**, ano 2018, v. 171, p. 181-191, 3 maio 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.04.047>.

ZAINI, N.; ZAINI, A. A.; TAMJEHI, S. D.; RAZALI, A. W.; GUI, H. C. Implementation of Building Information Modeling (BIM) in Sarawak Construction Industry: A Review. IOPScience, **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, ano 2019, v. 498, 19 dez. 2019. DOI [doi:10.1088/1755-1315/498/1/012091](https://doi.org/10.1088/1755-1315/498/1/012091).

ZHANG, R.; TANG, Y.; WANG, L.; WANG, Z. Factors Influencing BIM Adoption for Construction Enterprises in China. Hindawi, **Advances in Civil Engineering**, ano 2020, p. 1-15, 29 nov. 2020. DOI <https://doi.org/10.1155/2020/8848965>.

ZHOU, Y.; YANG, Y.; YANG, J. Barriers to BIM implementation strategies in China. **Emerald Insight: Discover Journals, Books & Case Studies**, Emerald Insight, ano 2019, v. 26, ed. 3, p. 554-574, 3 abr. 2019. DOI <https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2018-0158>.

Larissa Miranda Sá

lmirandasa@gmail.com

Luciano Falcão da Silva

lfalcao@iff.edu.br