XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

Uma análise bibliométrica da produção científica sobre BIM e Realidade Virtual

A bibliometric analysis of scientific production on BIM and Virtual Reality

Juliana Bambini Mandola
Universidade Estadual de Londrina | Londrina | Brasil | juliana.bambini@uel.br
Fernando Gargantini Graton
Universidade Estadual de Londrina | Londrina | Brasil |fgraton@hotmail.com
César Imai
Universidade Estadual de Londrina | Londrina | Brasil | cimai@uel.br

Resumo
Na área de AEC, diversas pesquisas tem se aprofundado em novas estratégias para garantir uma comunicação eficiente entre os agentes dos processos de projeto, como o BIM e a RV. Entretanto, é importante aprofundar em estudos que abordem o uso em conjunto destas tecnologias em ambientes colaborativos. O objetivo deste artigo é analisar os estudos voltados à utilização do BIM em conjunto com a RV por meio de uma análise bibliométrica da produção científica dos últimos cinco anos. Os resultados possibilitaram analisar os termos e conceitos utilizados referentes ao assunto abordado, contribuindo com discussões e recomendações para futuras pesquisas.

Palavras-chave: Building Information Modeling. BIM. Realidade Virtual. Análise Bibliométrica.

Abstract
In the area of AEC, several researches have delved into new strategies to ensure efficient communication between the agents of design processes, such as BIM and VR. However, it is important to deepen in studies that approach the joint use of these technologies in collaborative environments. The objective of this article is to analyse the studies focused on the use of BIM in conjunction with VR through a bibliometric analysis of the scientific production of the last five years. The results made it possible to analyse the terms and concepts used regarding the subject addressed, contributing to discussions and recommendations for future research.

Keywords: Building Information Modeling. BIM. Virtual Reality. Bibliometric Analysis.

Como citar:
MANDOLA, J. B.; GRATON, F. G.; IMAI, C. Uma Análise Bibliométrica da Produção Científica sobre BIM e Realidade Virtual. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1-12.

INTRODUÇÃO

Atualmente, no que diz respeito à área de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), muitas pesquisas tem se aprofundado em estratégias para garantir uma comunicação eficiente entre os agentes participantes dos processos de projeto. Uma das estratégias comumente utilizadas é o projeto colaborativo, o qual é responsável por incluir os usuários nos processos de projeto por meio de práticas participativas. As abordagens que envolvem os usuários têm sido descritas como essenciais no alinhamento das necessidades e preferências dos usuários, assim como tem contribuído para justificar e legitimar as decisões de projeto, de modo que as divergências sobre o resultado podem ser evitadas [1]. Desta forma, o projeto deixa de ser uma atividade de especialistas e voltada para objetos específicos, passando a ser reconhecida como uma forma de atuar e pensar que pode trazer grandes impactos positivos para a sociedade [2].

Apesar das atividades colaborativas serem práticas constantes em projetos arquitetônicos, as interações e a colaboração entre as partes são frequentemente caracterizadas por mal-entendidas e a troca de informações são consideradas insuficientes e ineficazes [3], sendo que, muitas vezes, os usuários leigos não conseguem compreender as representações utilizadas pelos arquitetos e projetistas nas etapas iniciais do projeto, podendo resultar em soluções arquitetônicas que não levam em consideração suas necessidades [4]. Desta forma, a chave para esta desconstrução está em partir do reconhecimento das assimetrias de conhecimento entre os grupos socioespaciais e os técnicos, assim como evitar a tradicional imposição ou informação das tomadas de decisão por parte dos especialistas em projeto [5].

Dentro desse contexto, na tentativa de atender as complexas demandas deste processo, percebe-se que a prática do projeto arquitetônico está mudando rápida e constantemente. Graças aos vastos desenvolvimentos na Tecnologia da Informação e Comunicação, é possível notar que as representações utilizadas no processo de projeto estão sendo modificadas no intuito de atender às diferentes situações de projeto, de maneira que os novos ambientes virtuais desenvolvidos estão criando diferentes dimensões de representação e comunicação no processo de projeto [6]. A inovação digital não apenas oferece vantagens quantitativas, mas pode permitir o desenvolvimento de novos paradigmas, enriquecendo a complexidade das informações incorporadas nos produtos projetados. Segundo Moura e Campagna [6], juntamente com as novas mídias emergentes e as rápidas mudanças da tecnologia da informação, o mundo digital tem se tornado uma tendência líder, provocando uma mudança no modo de pensar e desenvolver as etapas que fundamentam o projeto.

Dentre as diversas inovações digitais existentes para a discussão do projeto em AEC, o uso das tecnologias *Building Information Modeling* (BIM) e Realidade Virtual (RV) tem sido altamente exploradas nos processos de projeto. Pesquisas recentes [3][7][8] já apresentam estudos com foco na viabilização da integração entre BIM e ambientes virtuais imersivos, onde se torna possível inserir os modelos realizados em BIM dentro dos softwares de RV sem a perda dos dados e informações importantes dos projetos. As simulações têm sido utilizadas como uma plataforma de aprendizagem cognitiva,

auxiliando os agentes envolvidos na compreensão das consequências de suas ações sem implicações prejudiciais na vida real e, desta forma, trazendo inúmeras contribuições benéficas que seriam difíceis de compreender com os sistemas tradicionais [7].

Entretanto, apesar de pesquisas confirmarem os efeitos positivos das simulações imersivas em termos de entrega de projetos de melhor qualidade por meio de uma comunicação mais aprimorada, estas tecnologias ainda não estão amplamente integradas na prática arquitetônica e algumas reformulações precisam ser feitas em relação à sua aplicação no desenvolvimento do projeto [9]. Buhammood et al [3] também afirmam que os recursos de visualização dos modelos BIM não estão sendo totalmente explorados, em parte devido à sua capacidade interativa limitada. Além disso, por se tratar de uma ferramenta que envolve programação computacional, conhecimento que geralmente foge do domínio dos projetistas pela inexperiência na área, o uso em conjunto destas tecnologias também é dificultado.

Desta forma, tendo conhecimento de que o processo colaborativo envolvendo tecnologias dentro da área de AEC é altamente benéfico, cabe realizar estudos mais aprofundados que abordam o uso em conjunto destas ferramentas. Por se tratar de um campo multidisciplinar, envolvendo diversas áreas de conhecimento como Ciência da Computação e Tecnologia da Comunicação, optou-se por realizar primeiramente uma exploração geral das ferramentas BIM e RV para analisar as áreas de conhecimento em que estão sendo aplicadas.

O objetivo deste artigo é analisar os estudos voltados à utilização do BIM em conjunto com a RV por meio de uma análise bibliométrica da produção científica dos últimos cinco anos.

METODOLOGIA

Para a realização da análise bibliométrica proposta, a metodologia aplicada foi a Revisão Sistemática de Literatura (RSL). Foi elaborado um protocolo de desenvolvimento da pesquisa com os objetivos, os critérios de análise e a seleção dos artigos. A base de dados escolhida para a realização da revisão foi a Scopus (http://www.scopus.com) por se tratar de uma base internacional e multidisciplinar, oferecendo um panorama abrangente da produção de pesquisas.

Para o levantamento dos textos da revisão, foi elaborado um *String* de busca com base nas palavras-chave pré-definidas pelos autores de acordo com as diretrizes do protocolo, os quais estão demonstradas no Quadro 1.

Quadro 1: *String* de busca utilizado nesta pesquisa

	1º CAMPO	2º CAMPO
Termos utilizados na pesquisa (Título, Resumo ou Palavras-Chave)	"building information model*"	"virtual reality"
	bim	vr
Busca restrita em publicações entre 2017 e 2021 (últimos 5 anos)		

Fonte: os autores.

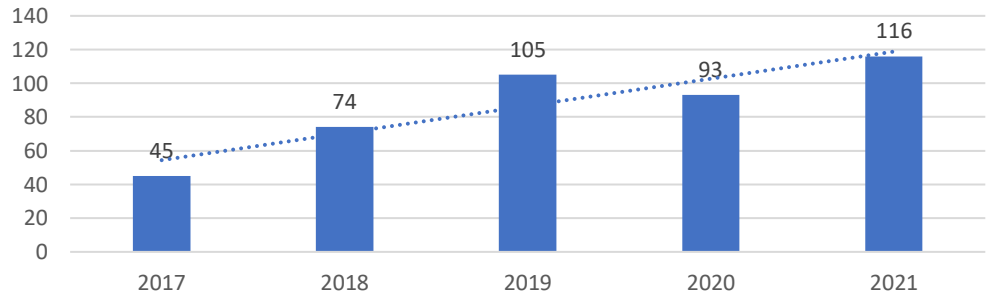
Por se tratar de uma pesquisa exploratória e abrangente, visando identificar as características gerais destas ferramentas e suas áreas de conhecimento, o *String* foi dividido em apenas dois campos. O primeiro campo abordou a tecnologia BIM e o segundo campo abordou a tecnologia RV. Entre cada campo, foi utilizado o operador booleano "*AND*" e, entre as palavras, foi utilizado o operador "*OR*". Optou-se por fazer a busca em inglês para garantir uma maior coleta de publicações. Por fim, a busca ficou estabelecida nos últimos cinco anos (2017 – 2021) para definir o estado da arte mais atualizado desse tema.

A partir do *String* de busca aplicado, foram encontradas 472 publicações. Descartando os artigos incompletos, panfletos, brochuras e os resumos dos eventos, obteve-se como resultado final 433 publicações, onde foram realizadas análises quantitativas e bibliométricas, as quais serão expostas a seguir.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

No que diz respeito à quantidade de publicações realizadas por ano, percebe-se um grande aumento nos últimos cinco anos, conforme é possível analisar no Gráfico 1. Também, observa-se um pequeno decréscimo em 2020, possivelmente decorrente da pandemia originada pelo Covid-19. Esses dados ressaltam que pesquisas envolvendo as ferramentas BIM e RV vem crescendo nos últimos anos, o que sugere uma tendência cada vez maior de publicações e pesquisas sendo feitas com o uso destas duas tecnologias.

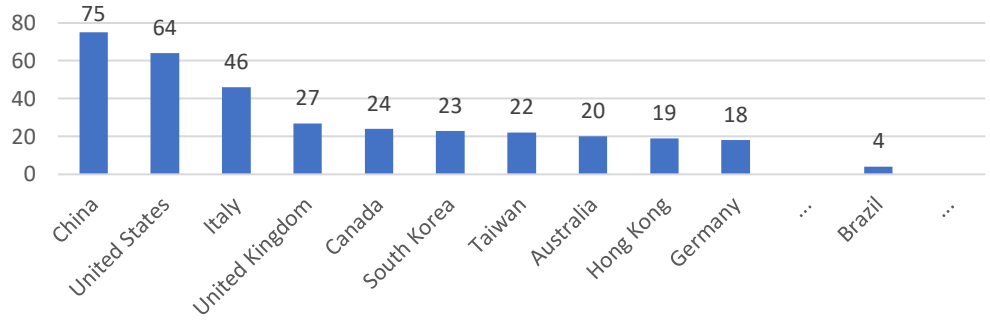
Gráfico 1: Quantidade de publicações realizadas por ano (2017-2021)



Fonte: os autores.

Quando analisado os países que obtiveram o maior número de publicações (Gráfico 2), temos como destaque a China (75 publicações), seguida pelos Estados Unidos (64 publicações) e Itália (46 publicações). Os países seguintes apresentam um número significativamente inferior. O Brasil aparece com apenas 4 publicações, o que pode sugerir uma falta de pesquisas voltadas ao uso em conjunto do BIM com RV.

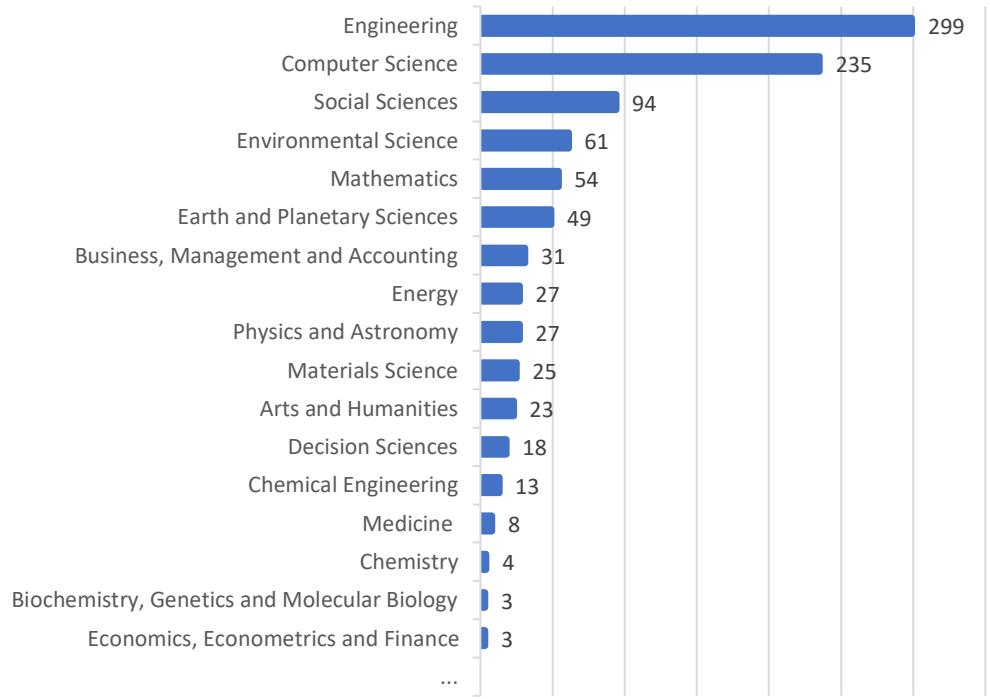
Gráfico 2: Países que obtiveram o maior número de publicações (2017-2021)



Fonte: os autores.

Analisando as áreas de conhecimento exploradas nas pesquisas de acordo com a classificação feita pela base de dados Scopus (Gráfico 3), percebe-se grandes destaques nas áreas de Engenharia (*Engineering* - 299 publicações) e Ciência da Computação (*Computer Science* - 235 publicações), seguidas pelas áreas Ciências Sociais (*Social Sciences* - 94 publicações) e Ciência Ambiental (*Environmental Science* - 61 publicações). É importante ressaltar que, por tratar de um levantamento multidisciplinar, uma única publicação pode englobar diversas áreas de conhecimento.

Gráfico 3: Áreas de pesquisa (2017-2021)



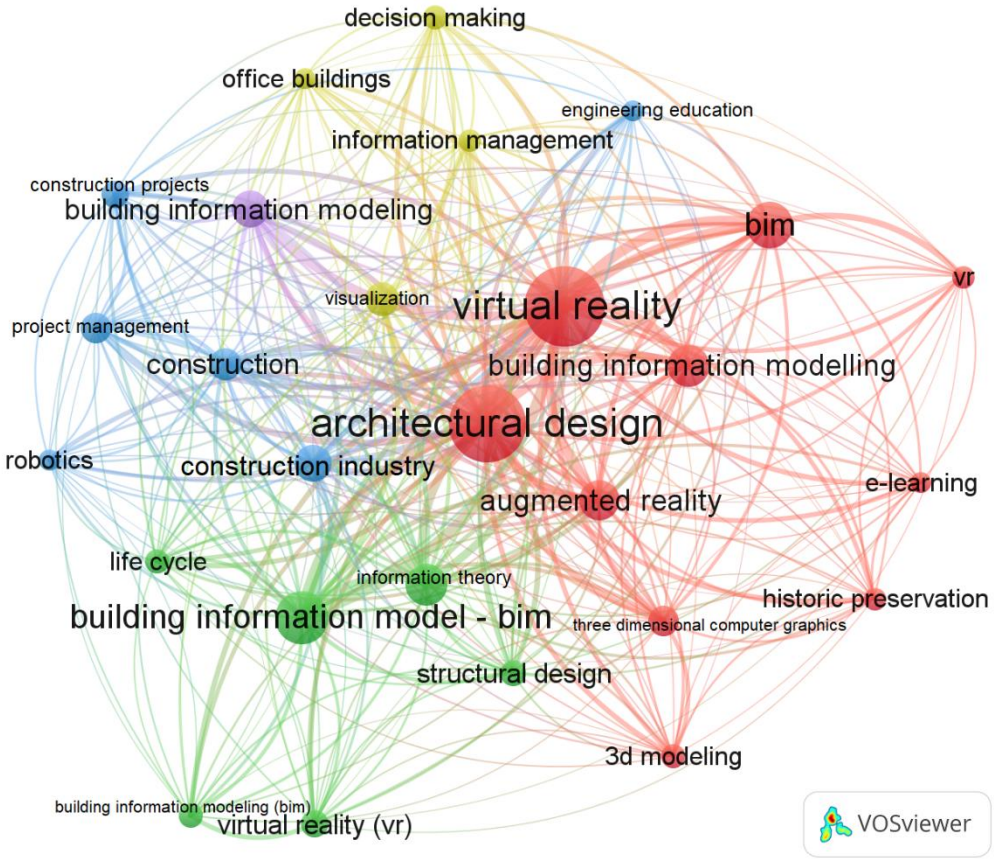
Fonte: os autores.

Observa-se que apesar da área de Engenharia apresentar uma maior quantidade de publicações, grande parte das pesquisas tem abordado a Ciência da Computação como área de estudo para aplicação do BIM e RV em conjunto. As outras áreas encontradas englobam campos das exatas e biológicas, como a área da Matemática (*Mathematics*), Medicina (*Medicine*) e Química (*Chemistry*). Também foram encontradas publicações

em outras áreas de conhecimento, como saúde e agricultura, mas não foram abordadas na discussão por terem tido apenas uma incidência neste levantamento.

No que diz respeito às análises das palavras-chave, optou-se por utilizar o software VOSViewer, programa que permite a criação de redes de relações de citações, acoplamento bibliográfico e análises das relações entre as palavras-chave. Foi definido o número mínimo de 20 aparições para gerar o estudo, o que resultou em 27 palavras-chave (Figura 1).

Figura 1: Palavras-chave de maior ocorrência nos 433 artigos (2017-2021)



Fonte: os autores.

Através da seleção das palavras-chave mais recorrentes, o software criou grupos de similaridades denominados '*clusters*', os quais apresentam ligações com os termos de maior afinidade. É possível identificar na figura acima os 5 clusters criados através das colorações diferentes, assim como é possível conferir as relações existentes entre os termos. As palavras-chave que apresentam maior destaque são: *Virtual Reality*, *Architectural Design*, *Building Information Modeling*, BIM, *Augmented Reality* e *Construction*.

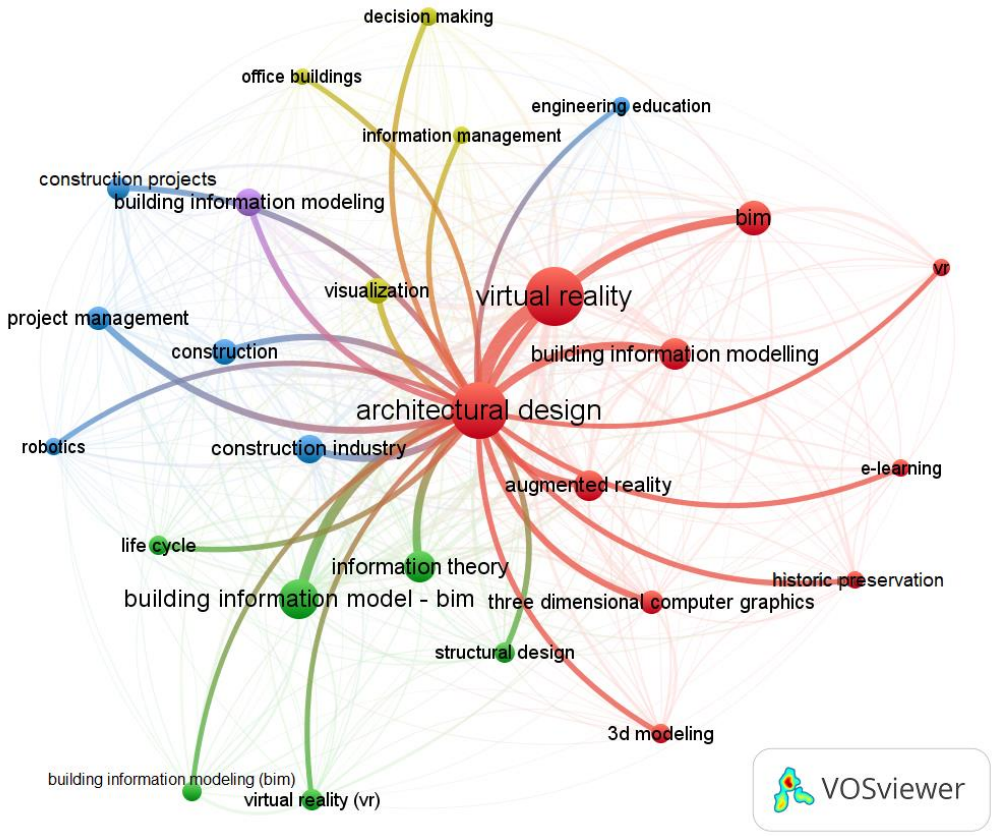
O cluster vermelho está localizado numa posição central de destaque, apresentando ligações com todos os outros clusters. Este grupo tem como foco as palavras-chave *Virtual Reality* e *Architectural Design*, estando relacionado à outras ferramentas tecnológicas como BIM, *Augmented Reality* e *3d Modeling*.

Foi possível analisar que várias derivações de um mesmo conceito foram encontradas durante as análises. Como exemplo, podemos citar o *Building Information Modeling*, o qual foi utilizado no levantamento com diversas grafias diferentes, como *Building Information Model* – BIM, *Building Information Modeling* (BIM), *Building Information Modelling*.

Apesar de não terem sido colocados no *String* de busca, podemos analisar outros termos relacionados à área de AEC que apareceram com grande frequência, como é o caso da *Construction Industry*, *Structural Design*, *Historic Preservation*, *Engineering Education* e *Project Management*.

O termo *Architectural Design* possui grande destaque pelo número de citações, apresentando dimensão semelhante à palavra-chave *Virtual Reality*, a qual foi utilizada inicialmente para a coleta das publicações. Este fato é interessante, uma vez que o termo não foi adicionado no *String* de busca para coleta dos artigos. Desta forma, buscando focar numa análise mais aprofundada deste termo, podemos visualizar na Figura 2 as relações diretas que este apresenta com as demais palavras-chave.

Figura 2: Ligações do termo *Architectural Design* com as demais palavras-chave (2017-2021)



Fonte: os autores.

A palavra-chave *Architectural Design* está localizada numa posição central, estando ligada com todos os outros clusters e termos da pesquisa. Desta forma, infere-se que um grande número de pesquisas apresenta discussões sobre o projeto arquitetônico envolvendo as tecnologias BIM e RV.

Como existe uma grande quantidade de publicações focadas na área da Ciência da Computação (*Computer Science* - 235 publicações), presume-se que o *Architectural Design* também necessita de pesquisas relacionadas à área da computação para conseguir desenvolver estratégias metodológicas do uso em conjunto do BIM com a RV.

Outro dado interessante é a ausência de termos que englobem as práticas colaborativas em projeto. Apesar do termo *Architectural Design* ser muito citado, nenhum termo relacionado aos projetos colaborativos ganhou destaque nesta análise de palavras-chave.

Desta forma, no intuito de identificar como as pesquisas estão abordando os métodos e características dos ambientes colaborativos, foi realizado uma segunda busca bibliográfica por meio de uma nova RSL.

PUBLICAÇÕES FOCADAS EM PRÁTICAS COLABORATIVAS

O Quadro 2 mostra como foi elaborado o novo *String* de busca para a pesquisa com foco em práticas colaborativas. Os dois primeiros campos permaneceram os mesmos, focando nas tecnologias BIM e RV, sendo adicionado apenas um novo campo que engloba as formas de atuação dos envolvidos no projeto. Novamente, entre cada campo, foi utilizado o operador booleano "*AND*" e, entre as palavras, foi utilizado o operador "*OR*". A busca continuou sendo restrita nos últimos cinco anos (2017 – 2021).

Quadro 2: Segundo *String* de busca utilizado nesta pesquisa

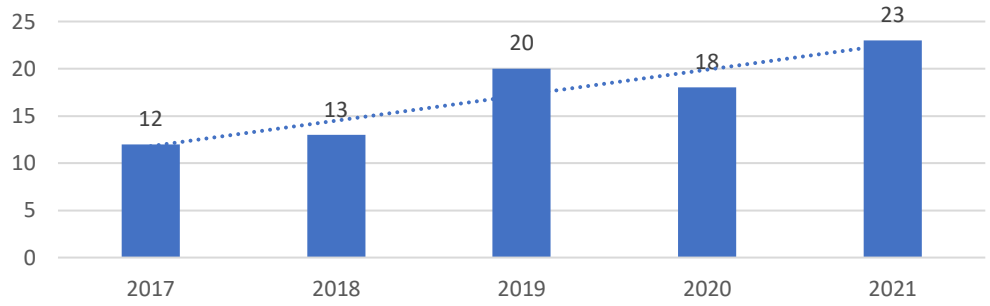
	1º CAMPO	2º CAMPO	3º CAMPO
Termos utilizados na pesquisa (Título, Resumo ou Palavras-Chave)	"building information model*"	"virtual reality"	"colaborat*"
			"collaborat*"
			"participat*"
	bim	vr	"co-design"
			"codesign"
Busca restrita em publicações entre 2017 e 2021 (últimos 5 anos)			

Fonte: os autores.

A partir do *String* de busca aplicado, foram encontradas 97 publicações. Descartando os artigos incompletos, panfletos, brochuras e os resumos dos eventos, obteve-se como resultado final 86 artigos, os quais passaram por uma nova análise bibliométrica.

No que diz respeito à quantidade de publicações realizadas por ano, novamente é possível notar um aumento no número de publicações nos últimos cinco anos (Gráfico 4). Esses dados ressaltam que pesquisas envolvendo as ferramentas BIM e VR também apresentam uma tendência cada vez maior de publicações e pesquisas sendo feitas com foco em processos e práticas colaborativas.

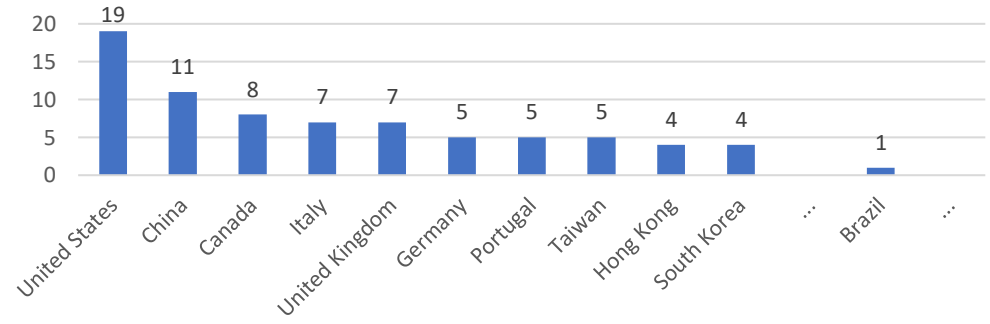
Gráfico 4: Quantidade de publicações realizadas por ano com foco em práticas colaborativas (2017-2021)



Fonte: os autores.

Quando analisado os países que obtiveram o maior número de publicações, houve uma pequena mudança na classificação (Gráfico 5). Os Estados Unidos aparecem com um maior número de publicações (19 publicações), seguidos pela China (11 publicações) e Canadá (8 publicações). Desta forma, sugere-se que alguns países que abordam o BIM e RV podem não estar focando em processos colaborativos ao discutir o uso dessas tecnologias.

Gráfico 5: Países que obtiveram o maior número de publicações com foco em práticas colaborativas (2017-2021)

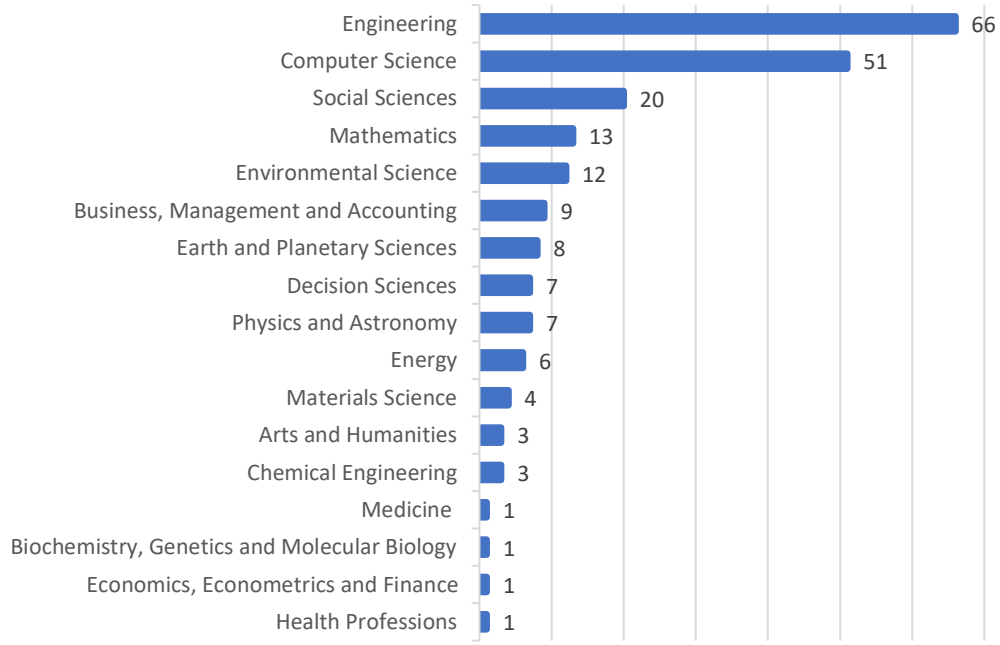


Fonte: os autores.

Outro dado relevante é a classificação do Brasil, que aparece com apenas uma publicação feita nos últimos cinco anos. Isso demonstra que o país segue apresentando um número ainda menor quando o foco da pesquisa está em práticas colaborativas.

Analisando as áreas de conhecimento exploradas nas pesquisas de acordo com a classificação feita pela base de dados Scopus (Gráfico 6), as áreas de destaque continuam sendo Engenharia (*Engineering* - 66 publicações) e Ciência da Computação (*Computer Science* - 51 publicações), seguidas pelas áreas Ciências Sociais (*Social Sciences* - 20 publicações) e Matemática (*Mathematics* - 13 publicações). Novamente, é possível notar um destaque em pesquisas que englobam a área de Ciências da Computação em ambientes colaborativos, apresentando um número superior às demais áreas.

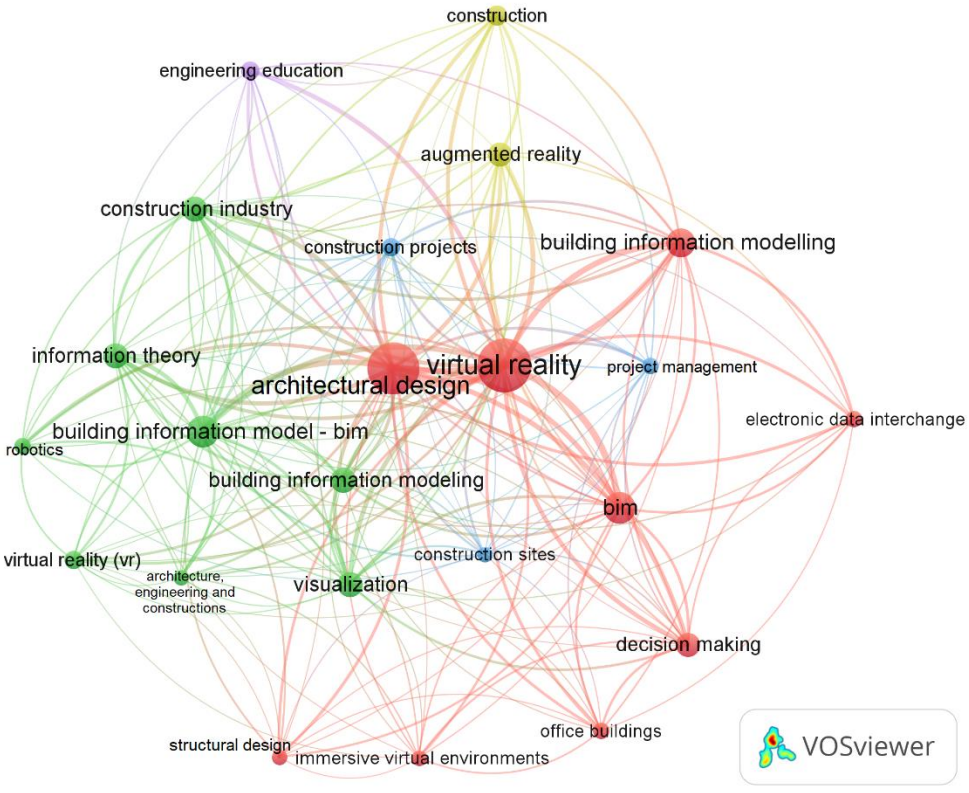
Gráfico 6: Áreas de pesquisa com foco em práticas colaborativas (2017-2021)



Fonte: os autores.

No que diz respeito às análises das palavras-chave, o software VOSViewer gerou um novo grupo de similaridades por meio do estudo das relações das 23 palavras-chave mais citadas, as quais podem ser analisadas na Figura 3.

Figura 3: Palavras-chave de maior ocorrência nos 86 artigos (2017-2021)



Fonte: os autores.

O destaque continua sendo o cluster em vermelho, cujos termos mais recorrentes são *Virtual Reality*, *Architectural Design*, *Building Information Modelling* e BIM. Alguns outros termos também permaneceram em evidência, como *Augmented Reality* e *Construction Industry*. Novamente, foi possível constatar que termos semelhantes apresentaram grafias diferentes nos estudos, o que pode comprometer os resultados das análises.

Apesar da busca ter sido focada em termos que envolvam práticas colaborativas, esta segunda análise envolvendo as palavras-chave com maior número de ocorrências não englobou o uso de termos colaborativos, como *Collaborative*, *Participative* e *Co-Design*. São necessárias pesquisas mais aprofundadas para compreender o motivo da ausência desses termos nas análises.

CONCLUSÃO

O artigo teve como objetivo analisar os estudos voltados à utilização do BIM em conjunto com a RV por meio de uma análise bibliométrica da produção científica dos últimos cinco anos. Numa primeira pesquisa abrangente, foi possível constatar que o uso do BIM com RV apresenta um crescente número de pesquisas no decorrer dos últimos anos. Apesar da quantidade de publicações estar crescendo, constatou-se que no Brasil a quantidade de publicações é muito baixa, sendo necessário um estudo mais aprofundado para entender os reais motivos deste cenário.

Foi possível identificar que grande parte destas pesquisas está sendo abordada dentro da área de AEC, fato que pode ser comprovado pela grande ocorrência dos termos *Architectural Design*, *Engineering*, *Construction Industry* e *Structural Design*. Mesmo quando a pesquisa focou em práticas colaborativas, esses termos continuaram em evidência. Dessa forma, é possível concluir que o uso em conjunto do BIM e RV demonstra estar presente nas atuais pesquisas na área de AEC, sendo necessário um aprofundamento das leituras para coletar os dados qualitativos dessas pesquisas.

A grande quantidade de publicações focadas na área da Ciência da Computação permitiu constatar que as práticas colaborativas envolvendo BIM e RV tem englobado diversas áreas de conhecimento nas suas discussões. Outro fato levantado foi a ocorrência de novos termos correlatos, como é o caso dos Ambientes Virtuais Imersivos (*Immersive Virtual Environments*) e a Realidade Aumentada (*Augmented Reality*) referentes à tecnologia RV. Devido ao fato desta pesquisa estar restrita aos termos relacionados às ferramentas BIM e RV, não foi possível discutir e identificar as demais ferramentas que podem estar relacionadas à estas tecnologias. Desta forma, por se tratar de uma área multidisciplinar, torna-se pertinente realizar pesquisas mais abrangentes nas bases de dados para a busca das publicações, assim como são necessários aprimoramentos na definição do *String* para que a busca permita coletar resultados adicionais relevantes.

Também foi possível analisar que devido à não padronização das palavras-chave, várias derivações de um mesmo conceito foram encontradas, o que pode comprometer o resultado das análises. Isso sugere ser necessário incluir as diferentes

grafias dos termos no *String* de buscas, permitindo que todas as publicações que envolvam os termos sejam coletadas.

Por fim, para a continuidade desta pesquisa, sugere-se realizar a leitura completa das publicações selecionadas nesta RSL, dando prioridade aos artigos relacionados à área de AEC, o que possibilitará um maior entendimento da aplicação do uso com conjunto do BIM e da RV nas práticas colaborativas.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio recebido.

REFERÊNCIAS

[1] CAIXETA, M. C. B. F.; TZORTZOPOULOS, P.; FABRICIO, M. M. **User involvement in building design: a state-of-the-art review.** Pós, Rev. Programa Pós-Grad. Arquit. Urban. FAUUSP. São Paulo, v. 26, n. 48, e151752, 2019.

[2] BARROS, G. G. **Desafios para abordagens baseadas em projeto: projetistas como facilitadores no projeto participativo.** In: Jeanine Mafra Migliorini. (Org.). Divergências e Convergências: Arquitetura, Urbanismo e Design. 1ed. Ponta Grossa: Atena Editora. Cap 14, p. 150-159. 2021.

[3] BUHAMMOOD, A. H.; ABANDA, H.; GARSTECKI, P.; MANJIA, M. B; PETTANG, C.; & ABDULLAHI, A. M. **Coupling BIM and Game Engine Technologies for Construction Knowledge Enhancement.** International Journal of Gaming and Computer-Mediated Simulations (IJGCMS), 12(4), 38-63, 2020.

[4] NOROUZI, N.; SHABAK, M.; EMBI, M. R. B.; KHAN, T. H. **Participation Problems and Communication Difficulties in Architectural Design Practice.** Life Science Journal, v. 11, n. 9, p. 984-990, 2014.

[5] SILVA, A. B. A. d.; NUNES, C. d. S.; MEDVEDOVSKI, N. S. **Entre o virtual e o tangível: parametria de mobiliário para promover processos colaborativos em contextos de habitação de interesse social.** Pixo, v.5, n.17, 2021.

[6] MOURA, A. C. M.; CAMPAGNA, M. **Co-Design: digital tools for knowledge-building and decision-making in planning and design.** DisegnareCON, v. 11, n. 20, june 2018.

[7] TAYEH, R.; ISSA, R. R. A. **Interactive Holograms for Construction Coordination and Quantification.** In: Journal of Management in Engineering, p. 04020079-1 – 04020079-12, 2020.

[8] GEGANA, G.; THIODORE, J.; GUNAWAN, F. **Study of Lighting and Material Iterations in Full Scale Model Using Virtual Reality and Interactive Architectural Representation.** IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 238. 2019.

[9] SPAETH, A. B.; KHALI, R. **The place of VR technologies in UK architectural practice.** Architectural Engineering and Design Management 14 (6), pp. 470-487. 2018.