

MAGDIEL DA SILVA SOUSA

**A IMPORTÂNCIA DA APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM NA  
ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE COMBATE E PREVENÇÃO A  
INCÊNDIO: uma revisão bibliométrica.**

Trabalho de Conclusão de Curso em formato de artigo científico apresentado como requisito parcial para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Civil, pela Universidade Federal do Pará.

Orientador(a): Dra. Raisia Rodrigues Neves

TUCURUÍ-PA  
2025

## RESUMO

Atualmente a tecnologia BIM (*Building Information Modeling*) é pouco difundida e utilizada no Brasil, devido a diversos fatores como mão de obra desqualificada e o alto custo exigido pelo mesmo. Esta pesquisa ressalta sua utilização para combate a incêndio pela indústria da construção civil, e assim, foi empregado um método misto de revisão que associou a análise qualitativa-quantitativa e revisão sistemática da literatura. Para condução da revisão inicialmente foram identificadas 396 publicações da base de dados *Scopus*, utilizando o software *VOSviewer* para investigar a frequência de fontes e citações e as redes de coocorrência de palavras-chave, de coautoria e de países compuseram a primeira análise. Em seguida, a análise sistemática do conjunto de dados foi realizada por meio de gráficos onde evidenciou-se a correlação de artigos publicados com outros fatores como quantidade de publicações por anos e por países, instituição acadêmica, coautoria entre outros. Como resultado, foi possível identificar que o campo “BIM para combate a incêndio” está em crescimento principalmente em países da Ásia e América do Norte e que as finalidades de aplicação neste âmbito têm sido ampliadas, além de haver uma associação promissora das tecnologias emergentes como Revit com o BIM para este fim.

Palavras-chave: segurança contra incêndios, tecnologia BIM, qualidade de projetos

## ABSTRACT

Currently, Building Information Modeling (BIM) technology is still underused and not widely disseminated in Brazil, due to several factors such as unskilled labor and high implementation costs. This research highlights its application in fire safety within the construction industry. A mixed review method was employed, combining qualitative-quantitative analysis and systematic literature review. To conduct the review, 396 publications were initially identified in the Scopus database, and the *VOSviewer* software was used to investigate source and citation frequency, as well as co-occurrence networks of keywords, co-authorship, and countries, which composed the first analysis. Subsequently, the systematic analysis of the dataset was carried out through graphs that

revealed the correlation of published articles with other factors, such as the number of publications by year and country, academic institutions, and co-authorship. As a result, it was possible to identify that the field of “*BIM for fire safety*” is growing, especially in Asia and North America, and that its application purposes have been expanding. Moreover, there is a promising association of emerging technologies, such as Revit, with BIM for this purpose.

Keywords: fire safety, BIM technology, project quality

## 1. Introdução

O BIM (*Building Information Modeling*), ou Modelagem da Informação da Construção, contribui para a melhoria da eficiência dos projetos, tanto no processo da elaboração quanto na execução (Mentz, 2021). Em resumo o BIM oferece uma abordagem para a elaboração e execução de projetos de combate a incêndio, trazendo diversos benefícios que vão desde a melhoria da segurança e da eficiência até a redução de custos.

É de vital importância destacar o uso do BIM (*Building Information Modeling*) em projetos de combate a incêndio, especialmente em projetos de prevenção e combates a incêndios (PPCI), oferece diversas vantagens, como a criação de modelos 3D detalhados a simulação de cenários de incêndio e a evacuação, a facilitação da comunicação entre a equipe e a redução de erros e retrabalhos. (Vieira, 2022)

Desde os anos 60, os avanços da ciência da computação impulsionaram as aplicações do mundo digital a engenharia, proporcionando à Construção Civil ferramentas de modelagem aplicadas ao design, detalhamento e análise estrutural (Costa et al., 2015).

No Brasil, tragédias como as ocorridas nos edifícios Joelma (1974) e Andraus (1972), no Gran Circo Norte Americano (1961) e na Boate Kiss (2013) evidenciaram falhas históricas relacionadas à ausência de planejamento, fiscalização e legislação adequada. Como resposta, foram instituídos códigos e normas prescritivas, além da Lei nº 13.425/2017 (Lei Kiss), que estabeleceu diretrizes de prevenção e combate a incêndios em locais de reunião de público.

Mais recentemente, o governo federal tem incentivado a adoção do BIM por meio de decretos e leis que determinam sua obrigatoriedade progressiva em obras públicas a partir de 2021, ampliando-se até 2028 para todo o ciclo de vida das edificações, principalmente através da lei 6.619/2017.

As tragédias descritas acima revelam que a grande maioria dos incêndios em prédios que ocorreram no passado deve-se pela falta de planejamento e monitoramento, além da falta de fiscalização e legislação mais severas, uma vez que as edificações seguiam os parâmetros de construção e combates a incêndios da época.

Para Checcucci (2019), o contexto discutido acima, contribui para que o BIM seja altamente discutido pela academia, culminando em um vasto acervo de pesquisas acadêmicas explorando-o nos mais diversos contextos. Os trabalhos focam em investigar a aplicação do BIM nas diversas fases do ciclo de vida da construção, em geral, separadamente, além de investigar o impacto do BIM nas diversas áreas do gerenciamento de projetos.

A tecnologia BIM envolve várias tecnologias e ferramentas que permite que áreas de atuação diferentes projetam de forma colaborativa (COGIC, 2020). Visto isso, com a utilização dessa ferramenta as etapas de uma obra civil tornam-se mais práticas, com poucos erros e o nível de detalhamento do projeto aumenta - dessa forma, auxiliando em sua aprovação pelos órgãos de fiscalização, como por exemplo os Corpos de Bombeiros Militares do Estados.

Costa (2013) destaca que apesar dos benefícios do BIM, a maior dificuldade encontrada é a implementação devido aos altos custos tecnológicos e de capacitação dos usuários. Além disso, a falta de bibliotecas virtuais e problemas de visualização após a renderização dificultam a implementação de projetos completos modelados no BIM (Prates, 2010; Elverdin, 2022).

Esta pesquisa apresenta uma análise da evolução das pesquisas sobre o uso do BIM para projetos de combate a incêndio, utilizando métodos de revisão sistemática da literatura e análise quantitativa-qualitativa utilizando o software VOSViewer. Identifica tendências e tópicos atuais de pesquisa, auxiliando na organização do conhecimento dentro desta área de estudo. As

limitações das revisões anteriores também são consideradas, destacando a relevância do tema abordado e indexados na base de dados Scopus.

Van Eck & Waltman (2009) em seus estudos descrevem em detalhe a funcionalidade do VOSviewer, apresentando exemplos com mapas de co-citação de periódicos e os diferentes modos de visualização (*label, density, cluster density* e *scatter*), além de comparar com SPSS e Pajek.

Também é importante destacar que Martins, Gonçalves & Branco (2022) Realizam mapeamento bibliométrico sobre adoção de e-learning analisando 896 documentos do Scopus entre 1989–2021, explicitamente usando VOSviewer. Já Patty et al. (2024) realizou uma Revisão bibliométrica qualitativa e quantitativa (2014–2023) do uso do VOSviewer em pesquisa educacional, destacando padrões e evolução do uso da ferramenta.

A bibliometria ajuda a reduzir o viés subjetivo durante a pesquisa bibliográfica, fornecendo acesso a dados orientados e opiniões de diversos pesquisadores no mesmo campo. Isso auxilia na obtenção de informações mais precisas e aprofundadas durante o processo de pesquisa. (Silva, 2023)

O objetivo do presente estudo é mapear o conhecimento relacionado ao tema, destacar os tópicos mais relevantes, visualizar os pontos mais importantes e identificar as relações entre as publicações e os autores.

O mapeamento do conhecimento científico é fundamental para entender a evolução de uma área, identificar lacunas na literatura e direcionar novas pesquisas. Conforme Aria e Cuccurullo (2017), a análise bibliométrica possibilita sintetizar grandes volumes de dados e revelar padrões ocultos, além de evidenciar redes de colaboração e núcleos produtivos.

## **2. Metodologia**

A metodologia que foi utilizada nesta pesquisa é de caráter quantitativo-qualitativo. Os métodos mistos combinam diferentes abordagens de pesquisa para superar as limitações dos paradigmas de pesquisa de abordagem única, resultando em estudos mais completos e robustos (Zou; Sunindijo; Dainty, 2014). A revisão sistemática da literatura foi realizada para

identificar lacunas e direções futuras de pesquisa. Essa prática permite ao pesquisador analisar a literatura de forma metodológica, sem vieses e com confiança nas informações (Booth *et al.*, 2022).

Ou seja, serão abordadas pesquisas acadêmicas que tem por base números, métricas e cálculos matemáticos, outros baseiam-se no caráter subjetivo da pesquisa, os métodos mistos de revisão somam as vantagens das abordagens quantitativas e qualitativas (Araújo; Pereira Carneiro; Palha, 2020; Hussein; Zayed, 2021). Deste modo, foram analisadas a implantação e emprego da tecnologia BIM no combate a incêndios, suas características e em qual área construtiva o mesmo é mais utilizado.

Para embasar o referencial teórico do artigo, foram consultados monografias, dissertações, teses e artigos de periódicos do período de 2019 a 2024. A análise bibliométrica utilizou apenas a base de dados Scopus, escolhida por ser eficaz para encontrar artigos acadêmicos, identificar tendências de pesquisa e analisar métricas de publicação. A quantidade de artigos disponíveis em diferentes épocas também contribuiu para uma maior quantidade de dados para análise.

Optou-se por analisar o período de 2019 a 2024 porque ele representa os anos mais recentes de produção científica, refletindo tendências atuais no uso do BIM em projetos de combate a incêndio e pânico. Este recorte temporal permite compreender melhor a evolução recente da área, garantindo que os dados sejam relevantes para a prática atual e para possíveis aplicações futuras. Além disso, considerando a dinâmica acelerada das pesquisas que unem engenharia civil e tecnologias digitais, focar nos últimos seis anos garante que os resultados reflitam as abordagens mais inovadoras e a adoção atual de ferramentas tecnológicas como o BIM.

A *Scopus* é uma base de dados multidisciplinar, produzida pela editora Elsevier desde 2004, com cobertura desde 1960, que contém resumos de 27 milhões de artigos, referências e índices da literatura científica, técnica e médica (Elsevier, 2004). Essa escolha se deu pelo amplo acervo de artigos relacionados a projetos de incêndio e tecnologia BIM disponíveis nessa plataforma.

As palavras-chave utilizadas na busca foram: “fire safety”, “BIM-based” e “design” sendo empregado o conectivo "AND" para refinamento da pesquisa, as palavras utilizadas para buscar foram selecionadas devidas a abrangência das mesmas na grande maioria dos artigos disponíveis na plataforma *Scopus*. Todas as palavras-chave foram selecionadas em inglês para maximizar a abrangência da busca, dada a predominância desse idioma na literatura científica.

Para a construção de mapas, especificamente, o VOSviewer faz uso de três etapas baseando-se em uma matriz de coocorrência. Na primeira etapa, uma matriz de similaridade é calculada com base na matriz de coocorrência. Na segunda etapa, um mapa é construído aplicando a técnica de mapeamento VOS à matriz de similaridade. Ramos et al. (2023).

E, finalmente, na terceira etapa, o mapa é transferido, girado e refletido (Van Eck e Waltman, 2010). O VOSviewer usa a técnica de mapeamento VOS (Van Eck e Waltman, 2007), onde VOS significa visualização de similaridades.

O VOSviewer foi escolhido para a análise bibliométrica quantitativa devido à sua capacidade de gerar visualizações de redes de coautoria, coocorrência de palavras-chave e co-citação de forma clara e intuitiva.

Embora existam diversos softwares disponíveis, o VOSviewer oferece algumas vantagens específicas para o nosso estudo o fato de ser gratuito e de fácil acesso, permite a análise direta de grandes bases de dados como Scopus e Web of Science dentre outras, gera mapas de rede visualmente intuitivos, facilitando a interpretação de clusters e tendências. É amplamente utilizado em estudos bibliométricos recentes, garantindo comparabilidade com outros trabalhos publicados, como Henning *et al.*, (2023) e Wincent *et al.*, (2025).

A descrição das fases da pesquisa e descrição das atividades podem ser encontradas na tabela 01.

Tabela 01 - apresenta a sequência metodológica adotada

Fases da metodologia	Descrição das atividades
1- Estruturação da pesquisa	-Estabelecimento e avaliação do objetivo da pesquisa para estruturação do referencial teórico; -Seleção das palavras ou termos de acordo com a revisão da literatura; -Composição da busca sendo a mesma direcionada em artigos
2- Levantamento de artigos	-Exploração das palavras e termos acordados; -Saturação dos artigos encontrados na base de dados Scopus;
3- Apuração da amostra de artigos	-Extração das referências de todos os itens indexados; -Listagem das citações pertinentes dos trabalhos buscados;
4- Tabulação e análise de dados	-Tabulação dos quesitos escolhidos dos documentos; -Geração de tabelas para análises dos dados utilizando o VOSviewer e o Excel.

Modificado de Schmitt *et al.*, 2013.

A metodologia adotada neste estudo foi inspirada em Schmitt *et al.*, (2013), que utilizaram a análise bibliométrica como ferramenta para investigar a produção científica em sua área de interesse, conforme a tabela 01.

Para o alcance de objetivos, foi adotado um método misto de revisão. Os métodos mistos de revisão somam as vantagens das abordagens quantitativas e qualitativas (Hussein; Zayed, 2021), neste caso essa pesquisa é representada pela análise bibliométrica e revisão sistemática, respectivamente. As metodologias mistas se destacam como uma solução para as deficiências dos padrões de pesquisa de abordagem única (Zou *et al.*, 2014).

A parte quantitativa desta pesquisa foi realizada através das análises numéricas, seja por meio de gráficos, cálculos e tabelas. Nesta análise, o *software VOSviewer* (Van Eck; Waltman, 2010) foi utilizado para desenvolvimento da mesma. Desta forma, foi possível determinar as redes de co-ocorrências de palavras-chave, coautoria, países, co-citação de autores, que é a identificação da ligação/semelhança de dois ou mais documentos citados, através de sua frequência de ocorrência conjunta em uma lista de referências dos autores citantes e documentos (Small, 1973).

A busca qualitativa foi realizada por meio de uma revisão sistemática que buscou identificar lacunas e sugerir novas direções para estudos futuros, possibilitando ao pesquisador uma avaliação clara e imparcial da literatura existente, conforme recomendado por (Booth *et al.*, 2022).

Também foram excluídos artigos não pertinentes ao escopo do estudo. Esses critérios resultaram na identificação de documentos. Parte dos indicadores bibliométricos foi extraída diretamente da base *Scopus*, enquanto outra parte, juntamente com a elaboração de gráficos e tabelas, foi realizada por meio de planilha eletrônica.

As informações analisadas neste estudo incluíram a evolução do total de publicações sobre o tema, a distribuição das publicações por periódico, os autores mais influentes, os países com maior produção e influência na área, as subáreas abordadas nos artigos, as principais palavras-chave, os artigos mais relevantes e a avaliação desses artigos em relação aos projetos de combate e prevenção a incêndio.

Os artigos selecionados foram então analisados quanto à metodologia de combate e prevenção a incêndio ao fogo em etapas específicas do projeto, a utilização da tecnologia BIM e à presença de estudos de caso.

As principais questões que foram levantadas para a realização deste estudo foram:

Desde quando a tecnologia BIM pode ser aplicada em estratégias de combates a incêndios?;

Tal tecnologia pode ser implantada em conjuntos com outras tecnologias para uso em projetos de combate incêndio?;

A implantação da BIM poderá ser universalizada atendendo todas as camadas sociais?

Qual será o custo benefício da plataforma BIM se comparada a outras tecnologias existentes?

As formas de análise foram aplicadas na leitura e análise dos artigos da amostra, comparando e combinando conceitos para formar uma visão consolidada. Os próximos subtópicos discutirão o delineamento das abordagens quantitativa e qualitativa nesta pesquisa.

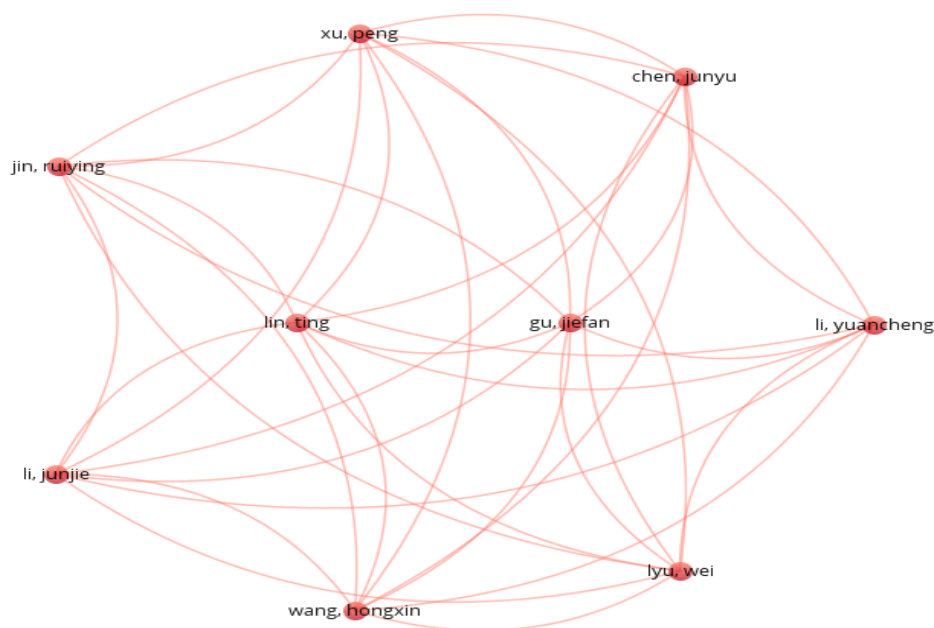
### **3. Resultados e discussões**

Nesta seção, são apresentados e analisados os principais resultados obtidos ao longo da pesquisa. A interpretação dos dados é realizada à luz dos objetivos propostos e em diálogo com a literatura revisada, permitindo identificar padrões, contrastes e implicações relevantes. Os achados são discutidos de forma crítica, buscando compreender suas causas, significados e possíveis impactos, além de apontar limitações e sugestões para investigações futuras.

#### **3.1 Cenário Mundial de pesquisas sobre SCPI (Sistema de combate e prevenção a incêndios).**

A Figura 1 mostra a rede de coautoria com nove clusters diferentes, destacando temas como ligação com incêndios em edifícios, automação, simulação de evacuação e sistemas de segurança contra incêndios. Entre os autores podemos destacar Xu, Peng, Chen, Junyu, Gu e Liefan entre outros que destacam-se em diferentes áreas de pesquisa dentro da engenharia civil e construção. Veja a figura 1 abaixo para os contribuidores mais comuns.

Figura 1. Rede de coautoria



Fonte: Autores (2024)

Ainda sobre a figura 1 é notável a interligação dos principais autores no que diz respeito ao tema e as palavras-chaves buscadas os 9 grupamentos que podem ser vistos na figura são as similaridades de linhas de pesquisas dos principais autores, onde os mesmo utilizam em seus estudos dados parecidos buscando uma rede de cooperação que permite o compartilhamento de conhecimentos e informações entre a comunidade científica.

Vilela *et. al*, 2022 obteve também o número de artigos por autor, que é um dos mais importantes dados, pois citam diretamente os autores dos documentos utilizados neste estudo. A maioria das iterações foi feita por Kermanshachi S. e Marnewick C., que compilaram quatro documentos do banco de dados Web of Science, e Tran D.H. ficou em terceiro lugar com três artigos.

Tradicionalmente, estas redes são analisadas para visualizar as relações de colaborações científicas entre pesquisadores. Embora a coautoria não seja sinônimo de colaboração, suas análises são amplamente utilizadas para identificar colaborações em diversos campos do conhecimento (Oliveira; Castanha; Grácio, 2021), visto que, a coautoria reflete um vínculo social entre autores, revelando redes sociais formadas pela produção científica (Lu; Wolfram, 2012).

A representação gráfica de clusters é uma ferramenta essencial para a análise estratégica de agrupamentos, sejam eles industriais, logísticos ou baseados em grandes volumes de dados (Porter, 1998).

Ao mapear os temas e clusters que compõem a transformação digital da construção civil, Botton (2020) identificou que o BIM (*Building information modeling*) ocupa o papel central na transformação digital (TD), chegando a ofuscar as muitas outras tecnologias emergentes.

Para Jain (2010), um cluster pode ser definido, de modo geral, como um conjunto de objetos que são semelhantes entre si e diferentes de objetos pertencentes a outros clusters.

Os métodos de agrupamento (*clustering*) são aplicados regularmente na literatura bibliométrica para identificar áreas de pesquisa ou campos científicos. Esses métodos agrupam publicações em clusters com base em suas relações em uma rede de citações. (Šubelj, van Eck & Waltman, 2015)

A coocorrência de palavras chave revela como os conceitos estão interconectados dentro de textos científicos. A frequência com que duas palavras-chave aparecem juntas permite a identificação de tópicos e subáreas científicas. Frequentemente utilizada em análises temáticas e mapas da ciência (Callon; Courtial; Laville, 1991; Dias; Gomes; Moita, 2018).

A figura 2 demonstra uma perspectiva da rede de coocorrência de palavras-chave criada por meio do VOSviewer. Para um mínimo de 14 ocorrências selecionadas no VOSviewer, 114 palavras-chave alcançaram o limite e formaram-se 8 agrupamentos (Figura 2).

O cluster #1 representado pela cor vermelha pelo VOSviewer tem ligação com modelos baseados em agentes, modelagem de informações de construção, segurança de construção, automação. O cluster #2 em verde tem familiaridade com segurança contra incêndios, modelação de informações de evacuação, saídas, segurança contra incêndios.

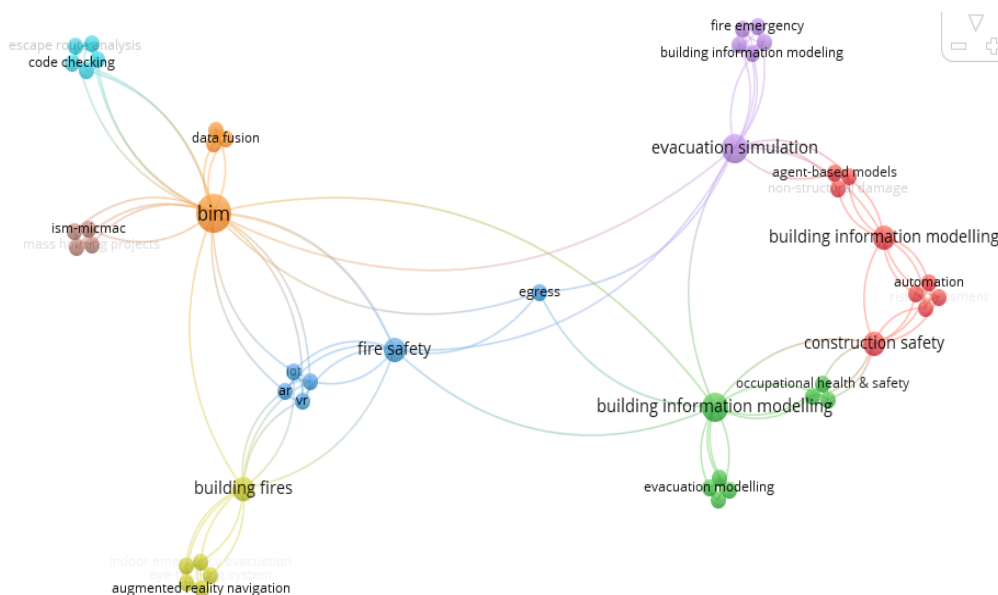
O cluster #3 em tom azul tem as características destacadas: AR (Realidade aumentada), saídas, IoT (Internet das coisas), segurança contra incêndio, consciência da situação. O cluster #4 em dourado tem ligação com

incêndios em edifícios, sistema de rastreamento ocular e evacuação de emergência interna. O cluster #5 cor roxa tem convergência com simulação de evacuação, emergência de incêndio, grande infraestrutura e estação de metrô.

O cluster #6 em tom ciano tem relação com verificação de código, modelos de navegação e análise de rotas de fuga. Representado pela cor laranja o cluster #7 tem suas características apresentadas: Fusão de dados, avaliação de edifícios verdes, análise de segurança, análise de meio ambiente. O cluster #8 tem ligação com projeto de habitação em massa, segurança de risco e construção urbana o mesmo está em tom vermelho.

Cada região representa palavras-chaves que possuem semelhanças entre si, além do tema abordado entre tais palavras, o VosViewer analisa artigos para identificar palavras-chave, contando quantas vezes elas aparecem. No exemplo citado, foram encontradas 114 palavras-chave, porém ao considerar apenas aquelas presentes em pelo menos 1 artigo, todas as 114 palavras-chaves foram encontradas. Isso significa que pelo menos 1 artigo mencionaram essas palavras-chave.

**Figura 2.** Rede de coocorrências de palavras-chave



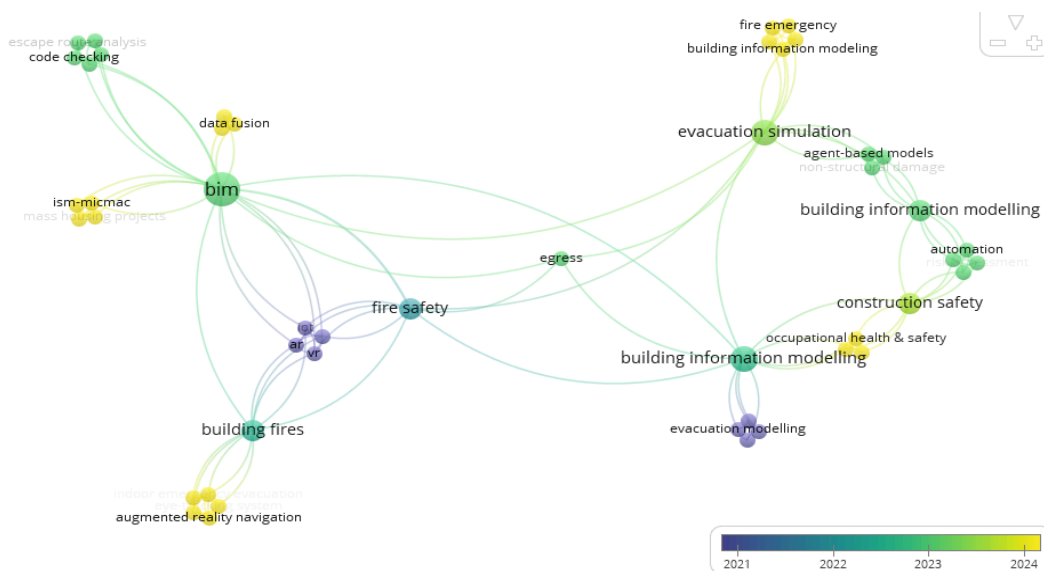
**Fonte:** Autores (2024)

A análise temporal dos dados da rede de coocorrência de palavras-chave (figura 3) mostra termos como "modelos de evacuação",

"segurança contra incêndio", "Modelagem de informações de construção" têm sido abordados nos últimos anos em uma escala de cor que vai da coloração azul representando artigos com publicações mais antigas e a coloração amarela representando artigos publicados recentemente tal escala varia entre os anos de 2019 a 2024.

A Figura 3 também mostra a evolução e síntese das pesquisas sobre o uso do BIM para fins de segurança contra incêndios, identificando tópicos atuais de pesquisa e auxiliando na estruturação do conhecimento dentro desse campo ao longo do tempo.

**Figura 3.** Verificação temporal de coocorrências de palavras-chave

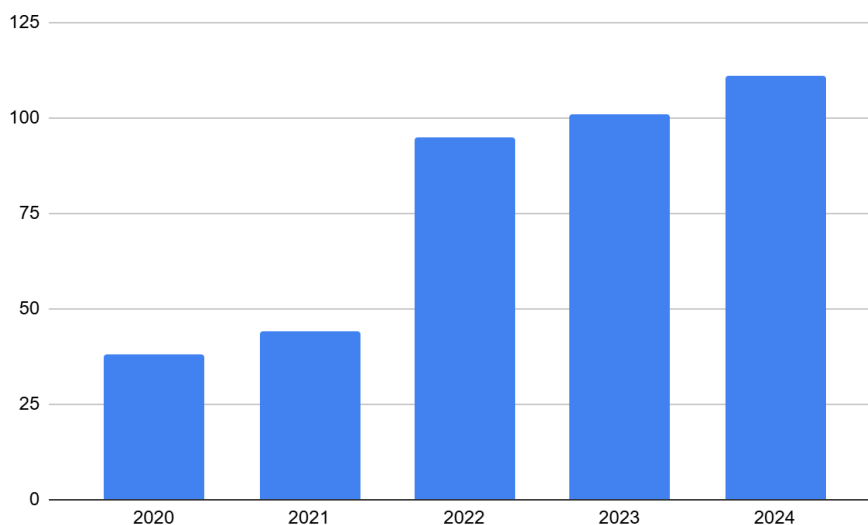


Fonte: Autores (2024)

A Figura 4 mostra a distribuição temporal de 389 artigos selecionados para a pesquisa utilizando a plataforma *SCOPUS*, os mesmos foram publicados entre os anos de 2020 e 2024 por 110 autores diferentes. Também é de vital importância destacar que houve um crescimento de 38,42% entre os anos de 2020 a 2024 no número de publicações.

Esse crescimento pode ser explicado pela maior adoção do BIM na engenharia, pelo aumento das exigências normativas tanto em relação ao uso do BIM quanto em relação ao combate a incêndio, pela necessidade de integração multidisciplinar de projetos e pelo interesse em soluções digitais mais eficientes para segurança e planejamento.

**Figura 4.** Taxa de crescimento anual dos artigos publicados.



Fonte: Autores (2024)

Na tabela 02, pode-se observar alguns dos principais autores e temas abordados relativos à aplicação do BIM em projetos de combate a incêndio.

**Tabela 02.** Principais autores e resultados.

Autor	Ano	Resultados dos trabalhos
Waqar et al.	2023	BIM aplicado ao gerenciamento de segurança da construção, incluindo planejamento do local de trabalho, identificação de riscos, segurança contra quedas, incêndios, objetos, riscos sísmicos e rastreamento de comportamento dos trabalhadores.
Kim et al.	2020	Confirmou a eficácia do BIM na detecção e resolução de conflitos antes da construção, reforçando melhorias significativas em relação a métodos tradicionais.
Hilal, Maqsood & Abdekhodae	2019	Análise cientométrica do uso do BIM em Facility Management (FM) com 68 artigos da Web of Science; destacou a necessidade de mais pesquisas sobre interoperabilidade no BIM-FM.

Wang, Ali & Au-Yong	2022	Investigou gestão de instalações habilitadas para BIM com 286 artigos; sugeriu pesquisas futuras sobre melhoria do uso do BIM, saúde e segurança, regulamentações e conscientização de riscos.
---------------------	------	--

Fonte: Autores (2024)

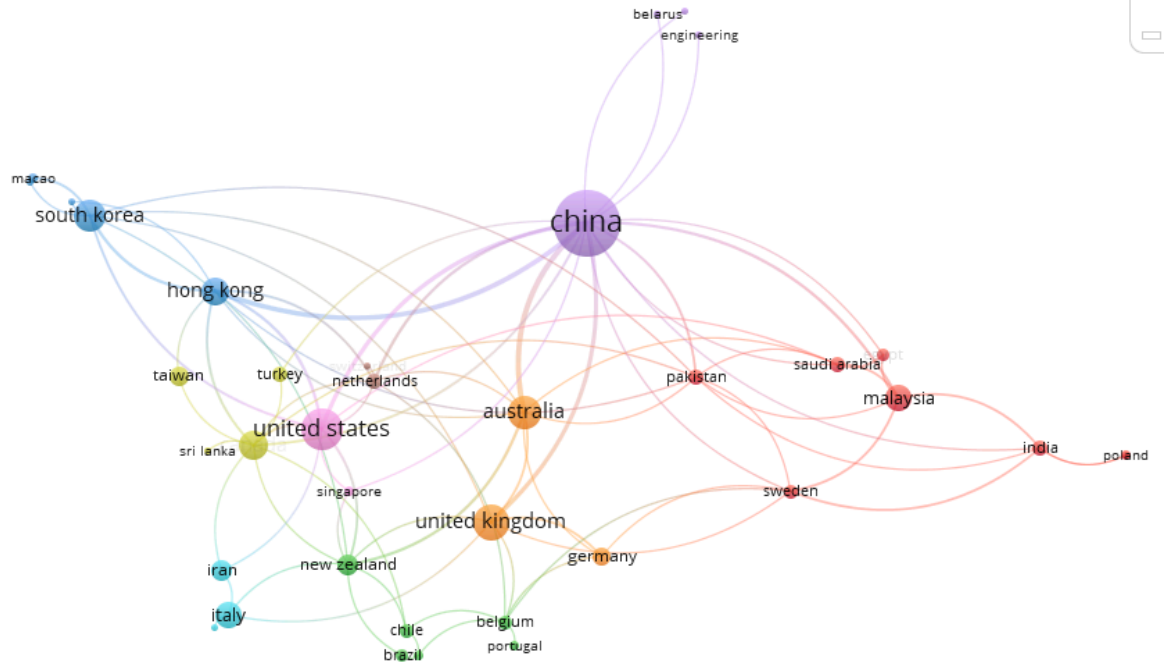
O BIM permite a utilização de vários recursos, incluindo gerenciamento de informações, simulação, verificação automatizada de segurança e detecção de riscos (Karim *et al.*, 2023).

Segundo Volk, Stengel e Schultmann (2014), além da utilização do BIM no planejamento e na concepção de projetos, o mesmo está sendo aplicado nas fases posteriores, como a manutenção e remodelação da edificação, especialmente nas mais complexas. Sendo assim, esta tecnologia desempenha um papel fundamental devido a sua interdisciplinaridade, as quais podem ser aplicadas na arquitetura e na engenharia (Eastman *et al.*, 2011).

Quando implementado corretamente, o BIM facilita o processo, um projeto e construção mais integrado, gerando uma construção de melhor qualidade, com custos e prazos de execução reduzidos (Eastman *et al.*, 2014). No BIM também é possível auxiliar o pós-obra, acompanhando a vida da edificação para manutenção, futuras alterações, além de contribuir com a otimização de processos construtivos e novos materiais (Maria, 2008).

Para os autores Underwoode e Iskdag, o sistema BIM é compreendido como um processo fundamentado em modelos digitais, compartilhados, integrados e interoperáveis que permitem a gestão da informação. Já Nederveen, Beheshti e Gielingh, o BIM é um modelo que envolve uma grande gama de informações sobre o edifício e seus componentes, informações necessárias para dar suporte aos processos do seu ciclo de vida e que pode ser interpretado diretamente por aplicativos de computador (Eastman *et al.*, 2008; Underwoode; Iskdag, 2010; Nederveen; Beheshti; Gielingh, 2010).

**Figura 5.** Rede de coautoria de países



**Fonte:** Autores (2024)

A Figura 5 apresenta a rede de coautoria de países, com um mínimo de 3 documentos por país, onde 24 países atingem tal marca pré estabelecida. Destacam-se China (84), Estados Unidos(33), Reino Unido (24) e Austrália (22) com o maior número de publicações. Apenas esses quatro países representam mais de 50% das publicações dos 24 países estudados. A rede mostra forte colaboração entre Estados Unidos, China, Austrália e Reino Unido. Alguns países da América do Sul como o Brasil, Chile e a Colômbia (3) possuem artigos cada.

A descrição do percentual das publicações científicas, apresentadas na figura 5, por país, evidencia o protagonismo da China, responsável por 26,9% dos estudos identificados. Em seguida, destacam-se os Estados Unidos (10,6%) e o Reino Unido (7,7%), refletindo seu papel consolidado na produção acadêmica sobre BIM e segurança contra incêndios. Outros países com participação relevante incluem Austrália (7,1%), Coreia do Sul (6,4%), Canadá (5,4%) Hong Kong (4,8%), e outros países com 31% , indicando o caráter global e colaborativo da pesquisa na área.

A análise de coautoria é uma ferramenta essencial para compreender como o conhecimento é produzido de forma colaborativa. Por meio da

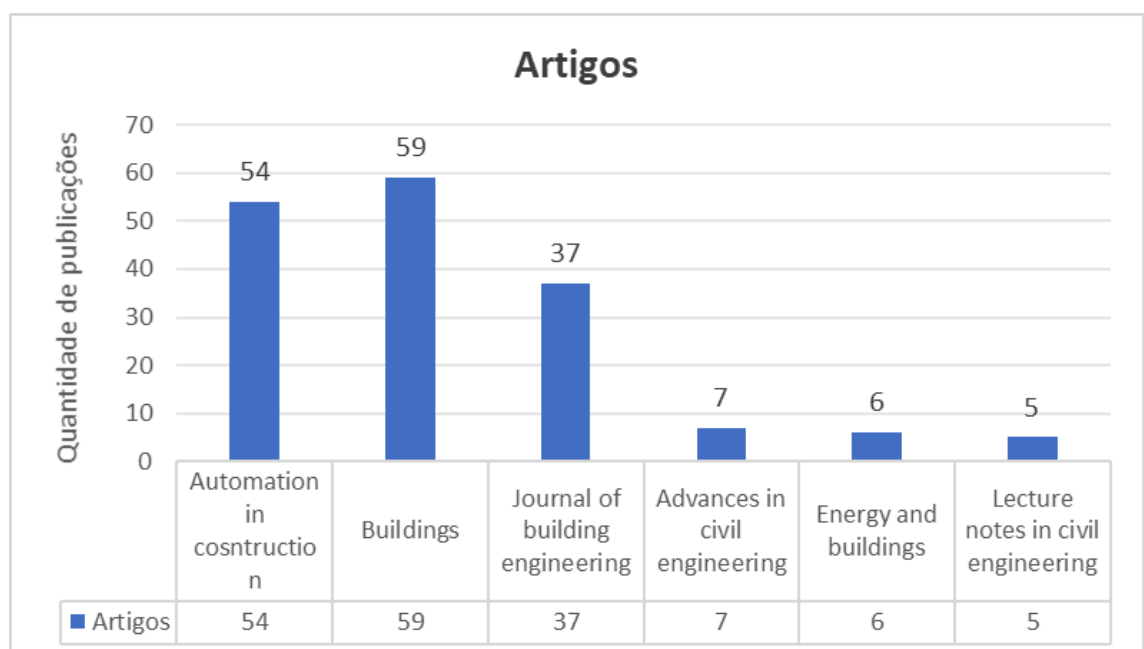
identificação de autores que publicam juntos, é possível mapear redes de colaboração científica e analisar padrões de integração entre diferentes campos do saber. De acordo com Van Raan (1998), a coautoria expressa a articulação entre indivíduos ou grupos com objetivos de pesquisa comuns, sendo um reflexo direto da dinâmica colaborativa da ciência moderna.

Além disso, Newman (2001) argumenta que a representação dessas redes por meio de grafos contribui para a identificação de núcleos produtivos e líderes científicos, além de revelar a estrutura interna das comunidades de pesquisa.

Morais et. al. (2024) em sua pesquisa destacou que a rede de coautoria de países do mesmo mostra que 41 países atingiram o mínimo de 5 documentos cada. Destaque para EUA, China, Reino Unido e Itália com maior número de publicações. Colaborações fortes entre EUA, China, Japão e Finlândia são notadas.

A figura 6 apresenta as fontes de publicações com mais artigos sendo a “*Building*” com a maior quantidade de artigos publicados no total de 59 logo em seguida a fonte “*Automation in construction*” vem logo em seguida com 54 artigos.

**Figura 6.** Fontes de pesquisas



**Fonte:** Autores (2024)

Morais et. al, 2024 apresenta em seu trabalho as dez fontes de publicação com mais artigos dentre os 1004 artigos recuperados, sendo consideradas as principais fontes em seu estudo. Os periódicos *Automation in Construction*, *Facilities*, *Applied Sciences (Switzerland)*, *Buildings* e *Sustainability (Switzerland)* são responsáveis por aproximadamente 16% das publicações no campo de pesquisa. Houve um total de 165 periódicos e 220 conferências entre as fontes de publicação.

A análise revelou as redes de palavras-chave, coautoria e os padrões de pesquisa colaborativa entre diferentes autores e países. Os termos mais abordados nos últimos pelas publicações incluem: "modelos de evacuação", "segurança contra incêndio", "modelagem de informações de construção". Países como Estados Unidos, China, Reino Unido e Austrália se destacam em número de publicações, houve também um saldo de mais de 30% no número de publicações entre o ano de 2020 a 2024.

### **3.2 Cenário brasileiro de pesquisas sobre SCPI (Sistema de combate e prevenção a incêndios)**

No Brasil, pesquisas recentes demonstram o potencial do BIM no combate a incêndios. Silva et al. (2021) utilizaram modelos BIM para integrar sistemas de proteção como sprinklers e detectores, aprimorando a compatibilidade com normas locais e reduzindo conflitos de projeto. Em estudo posterior, Almeida & Ribeiro (2022) aplicaram simulações de evacuação em contexto real, identificando pontos críticos de fluxo em edificações públicas. Mais recentemente, Castro & Sousa (2023) demonstraram a integração do BIM com o Fire Dynamics Simulator (FDS) para avaliar o comportamento da fumaça em estacionamentos, evidenciando benefícios na análise de ventilação e segurança.

No estudo realizado por Silva et al. (2021), foi explorada a aplicação de modelos BIM (Building Information Modeling) para a integração eficiente de sistemas de proteção contra incêndio, como sprinklers e detectores automáticos, em projetos de edificações na cidade de São Paulo. O foco

principal do trabalho foi aprimorar a compatibilidade desses sistemas com as normas técnicas locais, assegurando que o projeto atendesse aos requisitos regulatórios específicos da região.

Os autores demonstraram que o uso do BIM permitiu uma melhor coordenação entre as disciplinas envolvidas no projeto, reduzindo significativamente os conflitos e interferências entre os sistemas de proteção e outras instalações prediais. A modelagem tridimensional possibilitou identificar antecipadamente possíveis colisões e incompatibilidades, facilitando ajustes antes da fase de execução.

No artigo *Simulação de evacuação com BIM em edifícios brasileiros: um estudo de caso* de Almeida e Ribeiro (2022), os autores aplicaram a metodologia de simulação de evacuação integrada ao BIM (Building Information Modeling) para analisar o fluxo de pessoas em um edifício público no Brasil. O estudo identificou pontos críticos de congestionamento e falhas no planejamento de rotas de saída durante situações de emergência.

Os resultados mostraram que determinados corredores e escadas apresentaram altas taxas de acúmulo de pessoas, o que pode aumentar o tempo total de evacuação e o risco de acidentes. A simulação permitiu testar diferentes cenários de evacuação e sugerir melhorias no desenho das rotas, além da necessidade de sinalização mais eficiente e treinamento dos ocupantes para otimizar a saída.

Os resultados de Kater e Ruschel (2020) corroboram para validar que em seus estudos, a elaboração do projeto de segurança contra incêndio no aplicativo Revit Architecture se deu com o uso do modelo BIM do conjunto habitacional em estudo. O modelo BIM foi desenvolvido pelo grupo de pesquisa a partir do projeto básico fornecido pelo CDHU de uma edificação em formato “H” de cinco andares. Esse modelo foi parametrizado com requisitos dentro dos limites exigidos pelas regulamentações.

Os objetos utilizados foram laje, escada, corrimão, extintor, hidrante, sinalização, esguicho, mangueira, abrigo do hidrante, iluminação de emergência, dispositivos de recalque, interfone, passeio, alvenaria e portas.

Nota-se que somente um subconjunto de objetos do modelo, com um subconjunto de propriedades, é necessário para o processo de verificação automatizada. Isso indica que é possível criar futuramente uma extração de *Model View Definition* (MVD) específica e otimizada para essa tarefa (Kater e RUSCHEL,2020).

Costa (2022) em sua pesquisa realizou uma busca básica exploratória para compreender e gerar maior conhecimento sobre o assunto. Foram feitas pesquisas bibliográficas, consultas às normas técnicas de MG e SP e modelagem de um projeto de prevenção contra incêndios conforme exigências do CBMMG, usando software BIM.

Ainda destacando os resultados de (Costa, 2022) seu estudo analisou os prós e contras do software Revit na modelagem de projetos de incêndio. Foi constatado que há dificuldades na garantia do cumprimento das normas de segurança, exigindo recursos manuais e trabalhosos. No entanto, o software facilita a visualização do sistema, a identificação rápida de interferências e permite o desenvolvimento simultâneo de disciplinas.

Barbosa (2022) realizou um trabalho classificado como um estudo de caso, o qual tem a finalidade de desenvolver o tema direcionado a uma determinada edificação. Seu estudo se fundamenta nas etapas necessárias para a aprovação do PSCIP junto ao CBMPE, bem como o orçamento da execução do projeto. Portanto, foi utilizada a abordagem qualitativa e quantitativa para a análise das normas e para a aplicação na edificação em estudo.

A aplicação do BIM em projetos de prevenção e combate a incêndios no Brasil tem apresentado avanços significativos, conforme demonstrado por Costa (2022). Em sua monografia na UFMG, a autora desenvolveu um modelo no software Revit voltado para o Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais, evidenciando que o BIM possibilita uma visualização integrada dos sistemas de prevenção e combate a incêndio. Contudo, apontou limitações relacionadas à verificação manual do cumprimento das normas técnicas, o que indica a

necessidade de ferramentas complementares para automatização dessa etapa (Costa, 2022).

Um estudo realizado no Corpo de Bombeiros Militar do Ceará por Vieira, Barros Neto e Freitas (2023) relata a experiência de capacitação dos analistas em modelagem BIM aplicada a edificações industriais. O trabalho demonstrou que, apesar do reconhecimento do potencial da tecnologia para otimizar a análise dos projetos de combate a incêndio, a aplicação prática enfrenta desafios, como a limitação da carga horária dos treinamentos, que ainda restringe a profundidade do aprendizado (Vieira; Barros Neto; Freitas, 2023).

Análises divulgadas em plataformas especializadas, como Proelli (2023), ressaltam que o BIM revoluciona os projetos de prevenção contra incêndio ao permitir simulações precisas do comportamento do fogo, dimensionamento de sistemas como sprinklers e hidrantes, e análise detalhada das rotas de evacuação. Esses benefícios facilitam a aprovação dos projetos junto às autoridades competentes e promovem maior integração entre os profissionais envolvidos (Proelli, 2023).

Com base na análise dos principais trabalhos acadêmicos e técnicos disponíveis sobre a aplicação da tecnologia BIM no combate a incêndios no Brasil, verifica-se que os estados que mais se destacam na produção científica e técnica são Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Ceará. Minas Gerais se evidencia por meio da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), que desenvolveu estudos focados na modelagem de projetos de prevenção e combate a incêndio utilizando BIM (Costa, 2022).

Mentz (2021), em sua dissertação na UFRGS, abordou a coordenação e compatibilização de projetos BIM para a segurança contra incêndio, enfatizando a importância de alinhar as diversas disciplinas envolvidas na elaboração dos projetos de prevenção e proteção contra incêndio (PPCI). A autora destacou que o uso do BIM reduz conflitos técnicos e melhora a conformidade com as normas legais, o que contribui para maior eficiência e segurança nos empreendimentos (Mentz, 2021).

Em relação aos questionamentos levantados no início deste trabalho, assevera-se que a aplicação do BIM em estratégias de combate a incêndios tem origem nos avanços da modelagem digital nos anos 1960, mas sua consolidação ocorreu apenas recentemente, entre 2020 e 2024, com aumento das pesquisas acadêmicas na área. No Brasil, esse processo foi impulsionado possivelmente pela obrigatoriedade do uso do BIM em obras públicas a partir de 2021.

Que o BIM pode ser integrado a outras tecnologias, ampliando sua eficácia nos projetos. Exemplos incluem o uso do Revit para modelagem detalhada, a integração com o Fire Dynamics Simulator (FDS) para simulação do comportamento da fumaça e softwares específicos para simulação de evacuação. Tecnologias emergentes, como IoT e realidade aumentada, também têm sido associadas ao BIM, permitindo análises mais precisas e decisões mais seguras.

Também que a universalização do BIM ainda esbarra em desafios como custos elevados, falta de profissionais qualificados e bibliotecas virtuais limitadas, o que restringe seu uso em projetos menores. Atualmente, é mais comum em obras públicas e grandes empreendimentos privados. Contudo, com incentivos governamentais e a redução gradual dos custos de software, há expectativa de maior acessibilidade a diferentes camadas sociais no futuro.

E por fim que, apesar do alto custo inicial, o BIM oferece um bom custo-benefício pois reduz erros e retrabalhos, facilita a compatibilização entre disciplinas e possibilita simulações realistas de incêndio e evacuação. Também agiliza a aprovação de projetos e, ao acompanhar todo o ciclo de vida da edificação, gera economia em manutenção e maior segurança para edificação.

O objetivo da pesquisa foi alcançado, pois uma vez que foi possível mapear o conhecimento existente sobre o uso do BIM em projetos de combate a incêndio, identificar os tópicos mais relevantes, visualizar os pontos centrais da produção científica e ainda evidenciar as relações entre publicações e autores.

A análise demonstrou que alguns pesquisadores se destacam de forma significativa no cenário internacional, como Xu, Peng, Chen, Junyu, Gu e Liefan, que atuam em diferentes áreas da engenharia civil e segurança contra incêndio.

No que diz respeito aos temas mais estudados, verificou-se que a aplicação do BIM está fortemente associada à simulação de evacuação de pessoas em situações de emergência, à integração de sistemas de proteção contra incêndios e à verificação automatizada de rotas de fuga.

Também se destaca a associação do BIM a ferramentas digitais complementares, como o Revit e o Fire Dynamics Simulator (FDS), ampliando o potencial de análise e aplicação prática da tecnologia.

As relações entre publicações e autores mostraram uma rede estruturada em diferentes clusters, marcada por forte colaboração internacional. Países como China, Estados Unidos, Reino Unido e Austrália concentram mais da metade das publicações sobre o tema, o que reforça não apenas a relevância global do assunto, mas também a formação de uma comunidade científica colaborativa. Esse cenário demonstra que o campo está em expansão, consolidando-se como uma área de estudo estratégica tanto para a academia quanto para a prática profissional.

As pesquisas sobre a aplicação do BIM em sistemas de combate e prevenção a incêndio têm grande relevância tanto no meio acadêmico quanto no setor técnico. No contexto acadêmico, essas investigações ampliam o conhecimento científico, incentivam estudos interdisciplinares e contribuem para a formação de profissionais capacitados a utilizar tecnologias inovadoras. Além disso, permitem explorar a relação entre modelagem digital e conformidade com normas técnicas.

Já no campo técnico-profissional, essas pesquisas viabilizam a redução de erros de projeto, promovem maior segurança operacional por meio de simulações e análises precisas, e facilitam a gestão e manutenção dos sistemas ao longo do ciclo de vida das edificações. A centralização de informações no modelo BIM também agiliza processos de aprovação e garante

maior conformidade com requisitos legais. Dessa forma, os estudos sobre o uso do BIM em segurança contra incêndio impulsionam a digitalização da construção civil e elevam os padrões de qualidade e segurança nas edificações.

#### **4. Conclusão**

A tecnologia BIM tem se destacado como uma ferramenta eficiente na prevenção e combate a incêndios no Brasil. Ela permite maior integração entre disciplinas, simulações de riscos e planejamento de rotas de evacuação. Também contribui para a redução de erros e o cumprimento das normas técnicas. Sua aplicação, aliada a outras tecnologias, melhora o treinamento das equipes de emergência. Apesar dos desafios, o BIM representa um avanço relevante para a segurança em edificações

Este trabalho apresenta uma revisão sistemática da literatura e uma análise qualitativa-quantitativa sobre o uso do BIM para fins de projeto a combate a incêndio com o objetivo de identificar tópicos de pesquisa atuais e estruturar o conhecimento produzido nessa área. Foram analisados 396 artigos da base de dados *Scopus*, dos quais investigados por meio do software VOSviewer foi empregado um método misto de revisão da literatura para responder a questões de pesquisa previamente determinadas.

É importante ressaltar a pouca difusão do BIM no Brasil empregado principalmente junto aos órgãos governamentais como o corpo de bombeiros, ainda sim o mesmo é bastante utilizado com outros software como o REVIT para atender as demandas dos projetistas.

A pesquisa foi limitada à análise de estudos acadêmicos disponíveis, sem investigação prática de campo. Também não considerou diretamente a percepção de profissionais da área sobre a implementação do BIM. Outras limitações como a ausência de estudos de caso práticos, falta de entrevistas com profissionais atuantes e restrição a fontes secundárias disponíveis online. Não foram consideradas variáveis regionais, legais ou econômicas que afetam a adoção do BIM em diferentes estados. Apesar disso, os resultados apontam o potencial da tecnologia para aprimorar a segurança em edificações.

Diante dos resultados analisados, conclui-se que a adoção da tecnologia BIM representa um avanço significativo para os projetos de prevenção e combate a incêndios no Brasil. Apesar das limitações enfrentadas na presente pesquisa, os estudos indicam que o BIM contribui para maior integração entre disciplinas, melhoria no planejamento e maior conformidade com as normas técnicas. Ao mesmo tempo, evidencia-se a necessidade de aprofundar investigações práticas e considerar fatores regionais e institucionais que impactam sua aplicação. Assim, espera-se que este trabalho incentive novas pesquisas e colabore com a expansão do uso do BIM como ferramenta estratégica para a segurança das edificações e da sociedade.

Para aprimorar futuras pesquisas, sugere-se a realização de estudos de campo e entrevistas com profissionais da área, a fim de obter uma compreensão mais prática sobre a aplicação do BIM. A análise de estudos de caso reais, considerando aspectos regionais, legais e econômicos, também contribuiria para resultados mais abrangentes. Além disso, investigações sobre custo-benefício, barreiras de adoção e comparações com contextos internacionais podem enriquecer a compreensão sobre o potencial e os desafios da tecnologia no combate a incêndios no Brasil.

## **Referências**

ALMEIDA, D.; RIBEIRO, E. F. Simulação de evacuação com BIM em edifícios brasileiros: um estudo de caso. *Cadernos de Engenharia de Segurança*, v. 10, n. 1, p. 23–36, 2022.

ARAÚJO, A. G.; PEREIRA CARNEIRO, A. M.; PALHA, R. P. Sustainable construction management: a systematic review of the literature with meta-analysis. *Journal of Cleaner Production*, v. 256, n. 1, p.120350, 2020.

ARIA, Massimo; CUCCURULLO, Corrado. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, v. 11, n. 4, p. 959–975, 2017.

Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>. Acesso em: 11 jun. 2025.

BARBOSA, F. K. C.; PROJETO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO UTILIZANDO TECNOLOGIA BIM. Faculdade de engenharia civil. UFPE. Caruaru-PE. 2023

BOOTH, A. et al Systematic approaches to a successful literature review. 3rd . ed. London: Sage, 2022.

CANEPPELE, N. R.; SHIGAKI, H. B.; RAMOS, H. R.; RIBEIRO, I. A utilização do software VOSviewer em Pesquisas Científica, 2023.

CALLON, M.; COURTIAL, J. P.; LAVILLE, F. Co-word analysis as a tool for describing the network of interactions between basic and technological research: The case of polymer chemistry. *Scientometrics*, v. 22, p. 155-205, 1991. DOI: 10.1007/BF02019280.

Editorial. Iberoamerican Journal of Strategic Management (IJSM). v. 22, n. 1, p. 1-8, e24970, 2023.

CASTRO, F.; SOUSA, M. A. Integração do BIM e FDS para avaliação de fumaça em estacionamentos no Brasil. *Journal of Brazilian Building Sciences*, v. 5, n. 3, p. 101–117, 2023

CHECCUCCI, É. de S. Teses e dissertações brasileiras sobre BIM: uma análise do período de 2013 a 2018. *PARC - Pesquisa em Arquitetura e Construção*, Campinas, v. 10, p. e019008, fev. 2019.

COSTA, Daniela Pereira da. Modelagem de projeto de prevenção e combate a incêndio e pânico em software BIM. 2022. 87 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/49901>.

COSTA, H. S. B. et al. *Estudo comparativo entre as tecnologias CAD e BIM aplicadas na execução de projetos de engenharia civil*. 2015. Disponível em: <https://www.unifacvest.edu.br/assets/uploads/files/arquivos/6168d-costa%2C-h.s.b.%2CA0-estudo-comparativo-entre-as-tecnologias-cade-bim-aplicadas-na-execucao-de-projetos-de-engenharia-civil%2C2020.-55f.-monografia-%28curso>

-de-engenharia-civil%29---centro-universitario-uni.pdf. Acesso em: 14 set. 2025.

COSTA, Eveline Nunes. Avaliação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos. 2013. 84f. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto-MG, 2013.

DIAS, T. M. R.; GOMES, J. O.; MOITA, G. F. Redes de palavras-chave como mecanismo para a identificação dos tópicos de interesses dos pesquisadores brasileiros. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE BIBLIOMETRIA E CIENTOMETRIA, 6., 2018, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: EBBC, 2018. Disponível em: <https://ebbc.inf.br/ojs/index.php/ebbc/article/view/681>. Acesso em: 18 mai. 2025.

ELVERDIN, Andrés. Projeto de Segurança Contra Incêndio em Edifícios – Adaptação da regulamentação para um edifício existente e Modelação em BIM. Orientador: António Manuel Figueiredo Freitas de Oliveira. 2023. Dissertação (Mestrado em engenharia da construção e reabilitação) - ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA E GESTÃO DE VISEU, [S. I.], 2022.

ELSEVIER. Scopus Amsterdam: Elsevier, 2004. Material publicitário.

EASTMAN, C. et al. Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

Hilal, Mustafa & Maqsood, Tayyab & Abdekhodae, Amir. (2018). A scientometric analysis of BIM studies in facilities management. International Journal of Building Pathology and Adaptation. 37. 10.1108/IJBPA-04-2018-0035.

HENNING, E.; LUIZ, I. C.; KALBUSCH, A. Desvendando o VOSviewer: uso de um software de bibliometria no estudo do consumo de água. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (SIC), 33., 2023, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), 2023. Disponível em: [https://www.udesc.br/arquivos/udesc/id\\_cpmenu/16931/DESVENDANDO\\_O\\_V](https://www.udesc.br/arquivos/udesc/id_cpmenu/16931/DESVENDANDO_O_V)

OSVIEWER\_USO\_DE\_UM\_SOFTWARE\_DE\_BIBLIOMETRIA\_NO\_ESTUDO\_DO\_CONSUMO\_DE\_GUA\_16950466260603\_16931.pdf. Acesso em: 17 set. 2025.

HUSSEIN, M.; ZAYED, T. Crane operations and planning in modular integrated construction: Mixed review of literature. *Automation in Construction*, v. 122, n. Sep. 2020, p. 103466, 2021.

JAIN, A. K. Data clustering: 50 years beyond K-means. *Pattern Recognition Letters*, v. 31, n. 8, p. 651-666, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2009.09.011>.

Karim MA, Abdullah MZ, Deifalla AF, Azab M, Waqar A. An Assessment of the Processing Parameters and Application of Fibre-Reinforced Polymers (FRPs) in the Petroleum and Natural Gas Industries: a review. *Results Eng* 18:101091, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101091>.

Kater, Marcel & Ruschel, Regina. (2020). O potencial da verificação automatizada baseada em regras para as medidas de segurança contra incêndio em BIM. *Ambiente Construído*. 20. 423-444. [10.1590/s1678-86212020000400481](https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000400481).

LU, K.; WOLFRAM, D. Measuring author research relatedness: A comparison of word-based, topic-based, and author cocitation approaches. *JASIST*, Nova York, v. 63, n. 10, p. 1973-1986, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1002/asi.22628>.

MARIA, Mônica Mendonça. *Tecnologia BIM na arquitetura*. 2008. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2008. Disponível em: <https://dspace.mackenzie.br/items/9834db16-655e-4bec-aedd-3160dc8fc0fb>. Acesso em: 13 fev. 2025.

MARTINS, Juliana G.; GONÇALVES, Rafael C.; BRANCO, Maria D. A bibliometric analysis and visualization of e-learning adoption using VOSviewer. *Education and Information Technologies*, v. 27, p. 12345–12368, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11011-9>. Acesso em: 01 jun. 2025.

MENTZ, Brenda Brambatti. Coordenação de projetos BIM e a segurança contra incêndio. 2021. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021

MORAIS, G. A. T. de; ALMEIDA FILHO, A. T.; PALHA, R. P. *BIM para gerenciamento, operação e manutenção de instalações: revisão cientométrica e sistemática*. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 24, e131575, jan.–dez. 2024.

NEWMAN, M. E. J. Scientific collaboration networks. I. Network construction and fundamental results. *Physical Review E*, v. 64, p. 016131, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.64.016131>. Acesso em: 25 jun. 2025.

OLIVEIRA, C. G.; CASTANHA, R. G.; GRÁCIO, M. C. C. Coautoria dupla nos artigos do campo da ciência da informação: análise dos periódicos brasileiros qualis A1 e A2 (2013-2017). In: MACHADO, R. N.; RODRIGUES, K. O.; BARROS, S. S. (Orgs.). *Diálogos sobre bibliometria e cientometria*. Salvador: EDUFBA, 2021. p. 91-108. <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/33901/1/Dialogos%20sobre%20bibliometria-a-miolo>.

PATTY, Nova Supriyedi; YORMAN, Miswaty T. C.; SYAHID, Ahmad; MUTI'AH, Muti'ah. Bibliometric analysis of the use of VOSviewer in educational research: Trends and implications. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, v. 19, n. 1, p. 61–76, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.18844/cjes.v19i1.8010>. Acesso em: 01 jun. 2025.

PORTER, Michael E. *Clusters and the new economics of competition*. Harvard Business Review, v. 76, n. 6, p. 77–90, 1998.

PRATES, Vinícius. BIM avança no Brasil. PINI: Construção Mercado, nov, 2010. Disponível em: <http://construcaomercado.pini.com.br/negociosincorporacaoconstrucao/112/artigo283816-1.aspx>.

PROELLI. Como a tecnologia BIM revoluciona projetos de prevenção contra incêndio. 2023. Disponível em:

<https://www.proelli.com.br/post/como-a-tecnologia-bim-revoluciona-projetos-de-preven%C3%A7%C3%A3o-contra-inc%C3%AAndio>. Acesso em: 14 mai. 2025.

SEITO, A. I. (2008). *A segurança contra incêndio no Brasil*. São Paulo, SP, Brasil: Projeto Editora.

SILVA, A.; COSTA, B.; PEREIRA, C. Aplicação do BIM no projeto de sistemas de proteção contra incêndio em edificações comerciais no Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Civil*, v. 15, n. 2, p. 45–58, 2021.

SILVA, Karolayne Araújo da; SANTOS, André Felipe P. dos. Bibliometria: um estudo de teses e dissertações do Programa de Pós-Graduação em Educação da UFRN (2010–2019). *Educação em Questão*, v. 61, n. 69, p. 1-25, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/48773>. Acesso em: 15 set. 2025.

ŠUBELJ, L.; VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. *Clustering scientific publications based on citation relations*. Leiden: Centre for Science and Technology Studies, 2015. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1512.09023>. Acesso em: 20 ago. 2025.

SMALL, H. *Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents*. *Journal of the American Society for Information Science*, v. 24, n. 4, p. 265–269, 1973. DOI: 10.1002/asi.4630240406.

SCHMITT, C. S.; HAYDE, C. T. V.; DREHER, M. T. Sustentabilidade como vantagem competitiva: uma análise bibliométrica. *Revista Estratégia & Negócios*, v. 6, n. 2, p. 157-174, 2013. DOI: 10.19177/reen.v6e22013157-174.

TAVARES, Rodrigo Machado; SILVA, Andreza Carla Procoro; DUARTE, Dayse. CÓDIGOS PRESCRITIVOS x CÓDIGOS BASEADOS NO DESEMPENHO: QUAL É A MELHOR OPÇÃO PARA O CONTEXTO DO BRASIL? In: XXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2002.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. (2007). Bibliometric mapping of the computational intelligence field. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 15(05), 625-645.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, v. 84, n. 2, p. 523-538, 2010.

VAN ECK, Nees Jan; WALTMAN, Ludo. VOSviewer: a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, v. 84, n. 2, p. 523–538, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>. Acesso em: 01 jun. 2025.

VAN RAAN, Anthony F. J. The influence of international collaboration on the impact of research results. *Scientometrics*, v. 42, n. 3, p. 423–428, 1998.

VIEIRA, Bianca Maria Pacheco. *Proposição de um método de elaboração e análise de projetos para combate a incêndio com auxílio de ferramentas BIM*. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/78904>. Acesso em: 14 set. 2025.

VIEIRA, Bianca; BARROS NETO, José; FREITAS, Diógenes. O BIM em projetos de combate a incêndio: relato de experiência no Corpo de Bombeiros Militar do Ceará. In: ENEBIM – Encontro Nacional de Engenharia e BIM, 2023. Anais... [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/enebim/article/view/3453>.

WANG, T.; ALI, A. S.; AU-YONG, C. P. Exploring a body of knowledge for promoting the building information model for facility management. *Ain Shams Engineering Journal*, v. 13, n. 4, p. 101717, 2022.

Waqar et al., 2023 A. Waqar, K. Skrzypkowski, H. Almujiabah, K. Zagórski, M.B. Khan, A. Zagórska, O. Benjeddou Success of implementing cloud computing for smart development in small construction projects *Appl. Sci.*, 13 (2023), 10.3390/app13095713.

WINCENT; SAVITRI; HANDAYANI; PRASETIJO; ISRADI. Bibliometric Analysis of Material Adaptation on House Building Construction in Coastal Areas using

VOSviewer. *Journal of Engineering Research and Reports*, v. 27, n. 8, p. 325–337, ago. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.9734/jerr/2025/v27i81614>. Acesso em: 14 set. 2025.

ZOU, P. X. W.; SUNINDIJO, R. Y.; DAINITY, A. R. J. *A mixed methods research design for bridging the gap between research and practice in construction safety*. **Safety Science**, v. 70, p. 316–326, dez. 2014. DOI: 10.1016/j.ssci.2014.07.005.