



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

EDUARDO LOAMÍ DE LIMA MARTINIANO

**BIM E SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO: UM
MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA**

**NATAL-RN
2018**

Eduardo Loamí de Lima Martiniano

BIM E Saúde E Segurança Do Trabalho: Um Mapeamento Sistemático Da Literatura

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Artigo Científico, submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Reymard Sávio Sampaio de Melo

Natal-RN
2018

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Martiniano, Eduardo Loamí de Lima.

BIM e saúde do trabalho: um mapeamento sistemático da literatura / Eduardo Loamí de Lima Martiniano. - 2018.
21 f.: il.

Artigo científico (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil. Natal, RN, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Reymard Sávio Sampaio de Melo.

1. Building Information Modeling - TCC. 2. BIM - TCC. 3. Mapeamento sistemático - TCC. 4. Saúde e segurança do trabalho - TCC. I. Melo, Reymard Sávio Sampaio de. II. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 331.46

Eduardo Loamí de Lima Martiniano

BIM E Saúde E Segurança Do Trabalho: Um Mapeamento Sistemático Da Literatura

Trabalho de conclusão de curso na modalidade Artigo Científico, submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 20 de junho de 2018

Prof. Dr. Reymard Sávio Sampaio de Melo – Orientador

Prof. Dr. Heitor de Andrade Silva – Examinador interno

Prof(a). Dr(a). Josyanne Pinto Giesta – Examinador externo

Natal-RN
2018

RESUMO

A Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling* – BIM) viabiliza a detecção e antecipação de interferências nos projetos ainda na fase da sua concepção e proporciona uma melhor organização, logística e segurança para a construção como um todo. A saúde e segurança do trabalho constitui um fator de elevada importância nas diferentes fases da construção e os modelos BIM podem ser utilizados, associados ou não a outras tecnologias, para garantir as condições de segurança do canteiro. Dessa maneira, o presente artigo tem como objetivo caracterizar a produção bibliométrica de artigos na área de BIM relacionado com saúde e segurança do trabalho para determinar a distribuição, ao longo dos anos, das publicações; os países, instituições e pesquisadores com maior representatividade no tema, além de elencar os assuntos que se configuram como oportunos para publicações futuras. Para tanto, foi realizado um mapeamento sistemático da literatura limitado entre os anos de 2007 e 2017. Foram coletados, após a aplicação dos critérios de seleção, 166 trabalhos, os quais foram organizados em 9 categorias. Percebeu-se o caráter recente das publicações, pois mais de 50% dos artigos estão concentrados nos três últimos anos da análise. Estados Unidos, China e Alemanha são os países com mais contribuições para o tema e, juntos, são responsáveis por exatamente metade dos trabalhos publicados. Naturalmente, são também desses três países as instituições e pesquisadores com maior representatividade. Identificou-se que as categorias denominadas gestão de riscos, treinamento, percepções do uso do BIM para a segurança do trabalho, estruturas temporárias e equipamentos e máquinas são os temas menos presentes tanto em anais de eventos como em periódicos eletrônicos, constituindo, dessa maneira, temas centrais oportunos de trabalho. Dentro das categorias mencionadas, foram identificadas e apresentadas limitações e sugestões para trabalhos futuros, apresentando tópicos específicos como sugestão para o desenvolvimento de novas pesquisas.

Palavras-chave: Building Information Modeling; BIM; Mapeamento Sistemático, Saúde e Segurança do Trabalho.

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) enables the detection and anticipation of interferences in the projects early in the design phase and provides better organization, logistics and safe conditions for the construction. Occupational Health and Safety is a factor of significant importance in the distinct stages of construction and BIM models can be used, associated or not with other technologies, to guarantee on site construction safety. Therefore, the present work aims to characterize the bibliometric production of articles covering BIM related to Occupation Health and Safety to determine the publications distribution over the time; the most important countries, institutions and researchers; as well as listing topics taken as opportune for future works. Thus, a systematic mapping was developed limited to the years of 2007 e 2017. After applying the selection criteria, 166 articles were collected, they were organized in 9 categories. It was noted the recent nature of the publications, since more than 50% of them are concentrated in the last three years of the analysis. United States, Germany and China are the countries that have contributed the most with publications, together, they account for exactly half of the published articles. The most important institutions and researchers are also from these countries. It was identified that the categories named risk management, training, perceptions for using BIM for occupational health and safety, temporary structures and machines and equipment are the least covered themes in both congresses and journals, which means they are opportune themes for future works. Within the abovementioned categories, limitations and suggestions for future works were identified, showing specific topics as suggestions for developing new researches.

Key-words: Building Information Modeling; BIM; Systematic Mapping; Occupational Health and Safety.

INTRODUÇÃO

A Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling* – BIM) pode ser entendida como uma nova maneira de representar um edifício na qual objetos digitais são utilizados para simular componentes da edificação real, levando em consideração suas especificações e ciclo de vida. (RUSCHEL; CRESPO, 2007). O modelo BIM combina uma representação em três dimensões do empreendimento associada com elementos não geométricos que podem ser utilizados para projetar e planejar a construção e toda a vida útil do empreendimento. (BIOTTO; FORMOSO; ISATTO, 2015). A utilização de modelos BIM proporciona uma facilidade na detecção de interferências e inconsistências nos projetos e melhora a organização, logística e segurança dos canteiros de obras. (BIOTTO, 2012).

Em nível mundial, a Indústria da Construção Civil é uma das que apresenta os mais elevados índices de acidentes de trabalho, levando à necessidade de altos investimentos em soluções corretivas dos acidentes. (GUIMARÃES *et al*, 2017). Além disso, as condições de segurança são precárias devido à diversidade de atividades realizadas nos canteiros de obras, as quais ampliam a exposição dos trabalhadores aos riscos (OLIVEIRA; SERRA, 2017). Segundo Souza (2017), os acidentes de trabalho devem ser investigados por pessoal capacitado da empresa objetivando mitigar o acontecimento de acidentes similares.

Dessa forma, dada a diversidade de informações associadas aos modelos BIM, estes podem ser utilizados com diferentes finalidades na atuação da promoção da saúde e segurança do trabalho na construção civil. Kamardeen (2010) apresentou ferramentas de modelagem 8D, modelos esses que atuam na prevenção dos acidentes ainda na fase de projeto. Hilfert; Teizer e König (2016) estudaram a utilização de tecnologia de realidade aumentada associada ao BIM para a viabilização de treinamento para a promoção de saúde e segurança nos canteiros de obras. Costin; Teizer e Schoner (2015) desenvolveram estudo relacionado à utilização de Identificação por rádio frequência (RFID – *Radio Frequency Identification*) para o monitoramento em tempo real da equipe de trabalho visando garantir as condições de segurança.

Nesse contexto, o presente artigo tem como finalidade realizar um mapeamento sistemático da literatura a fim de determinar o estado da arte das publicações relacionadas ao BIM com a Saúde e Segurança do Trabalho e responder os seguintes questionamentos:

- Como estão distribuídas, ao longo dos anos, as publicações envolvendo o tema?
- Quais são os países, instituições e pesquisadores com maior representatividade?
- Como estão categorizados os trabalhos e quais categorias representam temas oportunos de trabalho?
- Dentre as categorias classificadas como oportunas, quais assuntos ainda não foram abordados?

TRABALHOS ANTERIORES

Foram encontrados trabalhos que também realizaram mapeamentos sistemáticos da literatura envolvendo BIM e segurança do trabalho. Rodrigues e Alvez (2015) analisaram a contribuição do BIM na prevenção de acidentes, mas a análise foi limitada à prevenção através de projeto, não contemplando outros usos do BIM para este fim.

De maneira análoga, Xiaer; Dib; Yuan et al (2016) realizaram o mapeamento restringindo ao tema prevenção através de projeto. Os dois trabalhos apresentaram número limitado de resultados, inferior à quantidade de artigos analisados no presente trabalho.

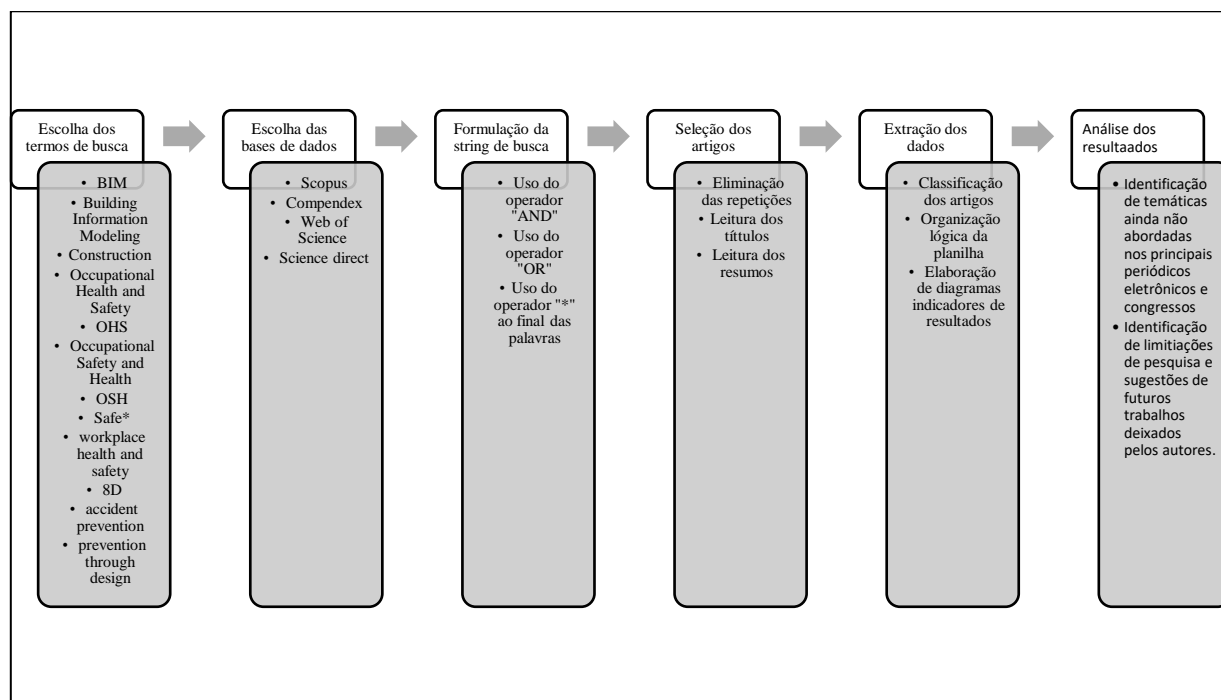
Forsythe (2014) e Zhou; Whyte e Sacks (2012) realizaram revisões sistemáticas da literatura visando apresentar informações aprofundadas sobre o tema, entretanto, não houve a caracterização bibliométrica das publicações, elemento este que faz parte dos objetivos do presente artigo.

Dessa forma, percebe-se que apesar de semelhantes, os artigos supramencionados possuem finalidades divergentes em relação a do presente trabalho e, além disso, são relativamente antigos, dada a análise temporal apresentada no capítulo de discussões.

MÉTODO DE PESQUISA

O método com o qual o presente trabalho foi realizado consiste em um mapeamento sistemático da literatura, que é definido como uma “contribuição autoral que apresenta como resultado o estado da literatura de um determinado assunto ou subconjunto de assuntos, identificando as referências pertinentes a uma pesquisa” (PROENÇA JÚNIOR; SILVA, 2016). Este processo foi realizado visando identificar e avaliar a produção científica na área de BIM relacionado com saúde e segurança do trabalho, analisando trabalhos publicados entre 2007 e 2017. O fluxo do processo, bem como as suas etapas estão ilustrados na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma do processo de pesquisa



Fonte: Autor.

A escolha dos termos de busca, primeira etapa, foi realizada primeiramente em inglês. Para tanto, realizou-se uma consulta ao Google Acadêmico utilizando os termos “BIM” e “*Work safety*”

com o intuito de encontrar artigos relacionados ao tema e identificar suas palavras-chave para, então, definir os termos de busca que estão elencados na Figura 1.

A pesquisa se sucedeu em dois momentos: inicialmente, as bases de dados escolhidas foram *Scopus*, *Compendex*, *Web of Science* e *Science Direct*, as quais possuem mecanismos de busca similares, portanto a formulação da *string* de busca foi a mesma para todas.

Utilizou-se o operador “OR” para relacionar termos sinônimos e o operador “AND” para garantir que os resultados mostrassem somente artigos que contivessem as palavras relacionadas a BIM e à segurança do trabalho na construção simultaneamente.

O operador “*” foi utilizado para que fossem incluídos resultados que apresentassem palavras com o radical “safe”, mas podendo ter diferentes terminações. Em todas as bases a pesquisa dos termos de busca foi limitada ao título, resumo e palavras-chave, com exceção da *Web of science*, na qual a pesquisa foi restringida ao tópico dos artigos buscados. Utilizou-se o campo de busca avançada onde foi digitado o seguinte texto para obtenção dos resultados: (((BIM OR "BUILDING INFORMATION MODELING") AND CONSTRUCTION) AND ("OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY" OR OHS OR "OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH" OR OSH OR SAFE* OR "WORKPLACE HEALTH AND SAFETY" OR 8D OR "ACCIDENT PREVENTION" OR "PREVENTION THROUGH DESIGN"))).

Além das bases supracitadas, contemplou-se também na pesquisa a consulta ao *Journal of Information Technology in Construction* (ITcon). Por apresentar um mecanismo de procura diferente, a busca foi realizada com os termos *BIM occupational health and safety*.

Posteriormente, para buscas no idioma português, foram incluídas as seguintes bases de dados digitais: Centro de Referência e Informação em Habitação (INFOHAB), Portal de Periódicos da CAPES – base na qual a pesquisa foi limitada ao idioma português, utilizando a palavra BIM como termo de busca, e Portal Brasileiro de Publicações Científicas em Acesso Aberto (OASISBR), base que permite a utilização de operadores booleanos, portanto, o seguinte texto foi digitado no campo de buscas: ((BIM OR "BUILDING INFORMATION MODELING" OR “MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO”) AND (“SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO” OR “SEGURANÇA DO TRABALHO” OR SEGURANÇA OR 8D OR “PREVENÇÃO DE ACIDENTES” OR “PREVENÇÃO ATRAVÉS DE PROJETO”)).

Acrescentou-se, também, utilizando BIM como termo de busca, os seguintes periódicos: Ambiente Construído, Gestão e Tecnologia de Projetos, Educação Gráfica, Pesquisa em Arquitetura e Construção (PARC), Construindo e *Journal of Information Technology in Construction*. Além disso, a pesquisa contemplou os anais do Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC) 2008, 2010, 2012, 2014 e 2016; Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção (SBTIC) 2017; Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção (SIBRAGEC) 2015 e 2017; e Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção (TIC) 2015.

Definidas as *strings* de busca e escolhidas as bases, a busca foi realizada e os resultados exportados para uma planilha eletrônica. Foram eliminados os artigos repetidos, aqueles que apareceram como resultado em mais de uma das bases de pesquisa, e iniciou-se a seleção dos trabalhos com a leitura dos títulos.

Por não tratarem o uso do BIM para a segurança do trabalho em canteiros de obra de maneira direta, foram excluídos da análise artigos relacionados a (I) proteção e combate a incêndio, (II) evacuação e rotas de fuga, (III) construções sustentáveis, (IV) construção enxuta e (V) verificação automática de atendimento às normas (não relacionadas à segurança). Com exceção do Portal de Periódicos da CAPES, não houve em nenhum outro meio de busca restrição quanto ao idioma dos artigos, bastando apenas existir o resumo em inglês ou em português.

Procedeu-se com a leitura dos resumos a fim de (I) verificar a existência das palavras BIM ou *Building Information Modeling* no título, resumo ou palavras-chave; e (II) agrupar e categorizar os trabalhos com temáticas semelhantes. Neste momento, a leitura dos resumos permitiu uma melhor avaliação quanto ao tema central dos trabalhos, sendo excluídos, portanto, aqueles que não abordavam, de maneira direta, a utilização do BIM na segurança do trabalho.

Ao final de todo o processo, 166 trabalhos, entre artigos e dissertações, foram organizados em uma planilha eletrônica para posterior análise e interpretação dos resultados.

RESULTADOS

Na primeira etapa da pesquisa, buscas em inglês, foram encontrados 779 artigos distribuídos da seguinte forma entre as bases: 339 da *Compendex*, 322 da *Scopus*, 100 da *Web of science* e 10 da *Science direct*, além de 8 do periódico ITcon. Dessa amostra, observou-se que 338 trabalhos eram repetidos, sendo, portanto, removidos da análise. Após a leitura dos títulos, identificou-se que apenas 223 trabalhos se mostravam aderentes ao tema do estudo. Com a leitura dos resumos, foram eliminados da análise 60 trabalhos, que não tratavam, de maneira direta, sobre o BIM na segurança do trabalho ou não tratavam especificamente de BIM.

A Tabela 1 mostra o detalhamento das quantidades de trabalhos remanescentes, separados por base, com o avançar da pesquisa.

Tabela 1 - Artigos remanescentes com o avançar da pesquisa (inglês)

Base de busca	Amostra inicial	Exclusão das repetições	Leitura dos títulos	Leitura dos resumos
SCOPUS	322	322	164	140
COMPENDEX	339	77	30	13
WEB OF SCIENCE	100	25	13	7
SCIENCE DIRECT	10	9	8	1
ITCON	8	8	2	2
TOTAL	779	441	223	163

Fonte: autor

De maneira similar, para os resultados obtidos em português, a Tabela 2 apresenta os resultados encontrados.

Tabela 2 - Artigos remanescentes com o avançar da pesquisa (português)

Base de busca	Amostra inicial	Leitura dos títulos	Leitura dos resumos
AMBIENTE CONSTRUÍDO	26	0	0
GESTÃO E TECNOLOGIA DE PROJETOS	52	0	0
EDUCAÇÃO GRÁFICA	1	0	0
PESQUISA EM ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO	22	0	0
CONSTRUINDO	6	0	0
PERIÓDICOS CAPES	43	0	0
INFOHAB	111	0	0
OASIS BR	129	4	3
TOTAL	390	4	3

Fonte: autor

Em relação aos anais de eventos, a busca se deu com a leitura dos títulos dos artigos publicados nas edições acima mencionadas dos eventos considerados, a fim de avaliar a adesão ao tema. Foram encontrados artigos que tratam de tecnologias que poderiam estar relacionadas ao BIM com a segurança do trabalho, entretanto, nesses artigos, essa relação não é, de fato, realizada e tais trabalhos não foram considerados nas análises posteriores. O Quadro 1 apresenta os trabalhos mencionados.

Quadro 1 - Artigos brasileiros com potencial de relação com o tema

TÍTULO	EVENTO
CLASSIFICAÇÃO DE REGRAS PARA VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA UTILIZANDO BIM	SBTIC 2017
TECNOLOGIA RFID ASSOCIADA AO BIM NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ANÁLISE DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA	SBTIC 2017
SENSORIAMENTO DA EDIFICAÇÃO: UM SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO BASEADO EM BEACONS BLE	TIC 2015
CONTROLE DE RISCOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL POR MEIO DE FERRAMENTAS DE ACOMPANHAMENTO REMOTO	SIBRAGEC 2015

Fonte: autor

Dessa maneira, remaneceram 166 (dos quais 84 são artigos publicados em eventos, 80, em periódicos eletrônicos e 2 são dissertações de mestrado) trabalhos que foram agrupados em nove categorias, as quais estão descritas no Quadro 2, que apresenta também uma descrição de cada grupo, bem como a quantidade de artigos encontrada em cada um deles.

Quadro 2 - Categorização dos trabalhos encontrados

Categoria	Descrição	Quantidade de artigos
Visualização de riscos	Utilização de modelos para melhor visualização e consequente identificação de possíveis situações de risco aos operários durante as diferentes fases da construção. Podendo, ou não, relacionar os modelos 3D com a dimensão do tempo (modelos 4D) ou integrar informações geográficas (GIS).	38
Monitoramento em tempo real	Utilização de tecnologias como RFID (Radio-Frequency Identification) e BLE (Bluetooth Low Energy) em conjunto com o BIM para monitoramento em tempo real do canteiro de obras, a fim de identificar a localização dos operários e utilização de EPIs. Podendo ou não contemplar também o monitoramento da produtividade.	32
Prevenção na fase de projeto	Utilização do BIM para identificar, ainda na fase de projeto e planejamento, situações de risco aos trabalhadores, envolvendo, principalmente, trabalhos em altura. Utilizando, ou não, algoritmos para checagem automática do projeto.	29
Organização da informação	Criação de modelos contemplando bancos de dados com informações relacionadas à segurança do trabalho, descrevendo os problemas, causas e soluções de maneira organizada e de fácil acesso.	21
Percepções do uso do BIM para a segurança do trabalho	Percepções teóricas e práticas acerca da viabilidade do uso do BIM para saúde e segurança do trabalho	13
Estruturas temporárias	Utilização de modelos BIM com atenção especial à modelagem das estruturas temporárias (andaimes), a fim de previamente identificar os riscos relacionados à sua montagem, utilização e desmontagem.	11
Treinamento	Utilização do BIM em conjunto com tecnologias de realidade virtual e aumentada para fornecer treinamento de segurança a operários da construção civil, visando simular situações de risco com a maior riqueza de detalhes possível.	9
Equipamentos e máquinas	Uso de modelagens com foco na simulação do uso de equipamentos de construção, em especial guindastes, a fim de identificar situações de risco aos trabalhadores.	8
Gestão de riscos	Utilização do BIM para gerenciar os riscos atrelados ao projeto e à construção como um todo, incluindo, mas não se limitando, à saúde e segurança do trabalho.	5

Fonte: autor

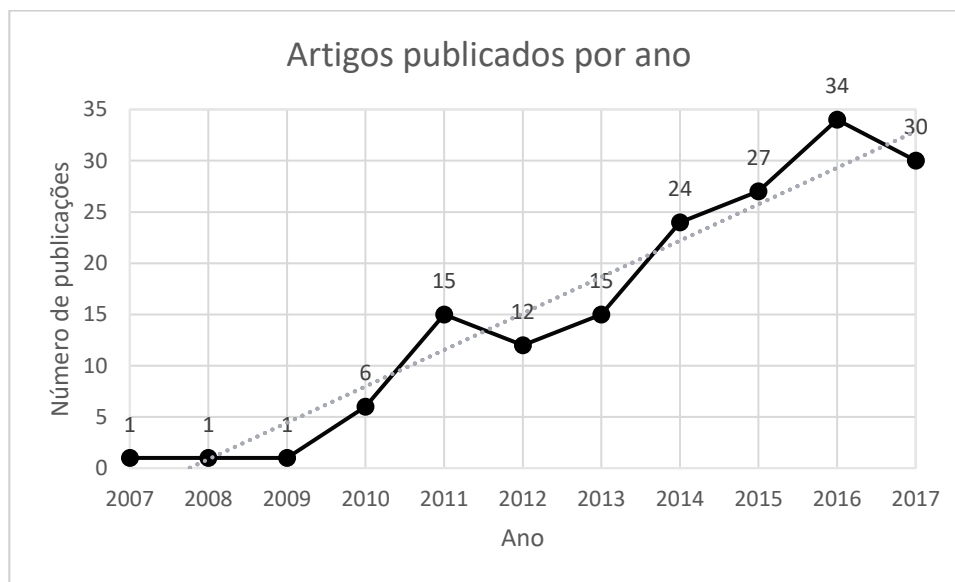
DISCUSSÃO

Indicadores

Evolução no tempo

A pesquisa se limitou aos trabalhos publicados entre os anos de 2007 e 2017. A *Figura 2* apresenta como se deu a distribuição ao longo desses anos dos artigos publicados.

Figura 2 - Artigos publicados por ano



Fonte: autor

Percebe-se que as publicações só começaram a ser significativas a partir de 2010, pois entre 2007 e 2009 somente 3 artigos foram publicados. Nota-se, também, uma tendência de crescimento no número de publicações. Além disso, os últimos 3 anos da análise concentram 54,8% das publicações, o que sugere o caráter recente das pesquisas envolvendo o tema.

Publicações por país

Como pode ser observado na *Figura 3*, os Estados Unidos lideram, com 52 trabalhos – 31,3% do total, em número de publicações, seguidos por China e Alemanha com 17 e 14 artigos respectivamente. Esses três países concentram exatamente 50% do total de trabalhos publicados, enquanto que os outros 50% estão distribuídos em 25 países, com destaque para Coreia do Sul (12 artigos) e Reino Unido (11 artigos), o que representa 13,9% do total.

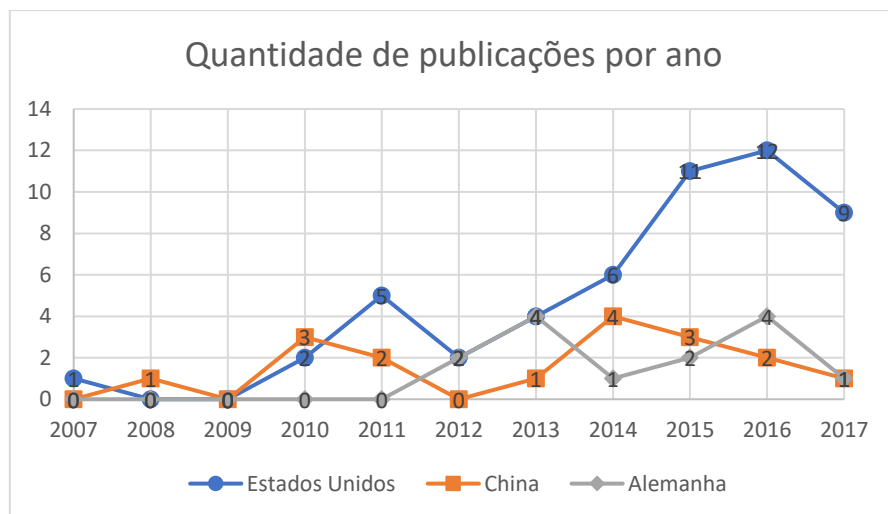
Figura 3 - Número de publicações por país



Fonte: autor

A Figura 4 mostra a evolução no tempo da quantidade de publicações dos três países que mais publicaram ao longo do tempo da análise. É notório que até 2013 não havia grandes disparidades entre os números de publicações, entretanto, a partir de 2014 os Estados Unidos apresentaram um significativo aumento no número de trabalhos publicados, e, nestes últimos 4 anos, publicaram 73% do seu total de artigos.

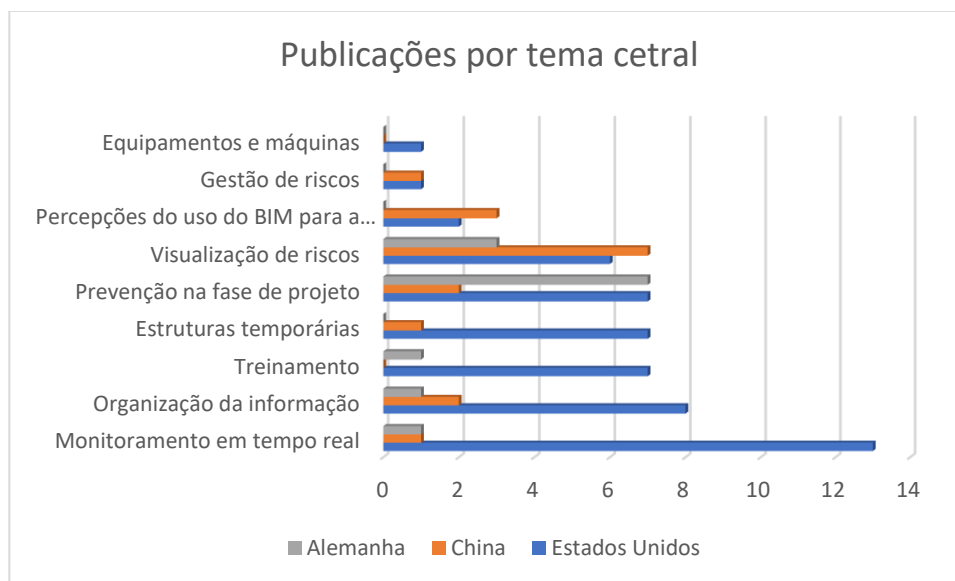
Figura 4 - Quantidade de publicações por ano



Fonte: autor

Está apresentada na Figura 5 a quantidade de publicações dos três países por cada uma das nove categorias elencadas. Percebe-se a presença dos Estados Unidos com pelo menos um artigo em todas elas, sendo Monitoramento em tempo real o grupo com mais trabalhos publicados.

Figura 5 - Publicações por tema central

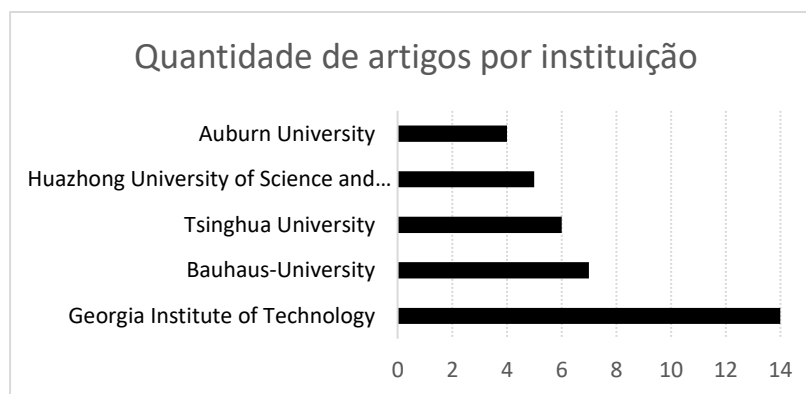


Fonte: autor

Publicações por instituição

É também dos Estados Unidos a instituição que mais publicou artigos ao longo desses anos, o *Georgia Institute of Technology* detém 14 do total de publicações, seguido por *Bauhaus-University* (Alemanha), com 7 publicações e *Tsinghua University* (China) com 6 artigos publicados. Ao todo, 91 instituições ao redor do planeta publicaram trabalhos relacionados ao tema. A Figura 6 mostra essa distribuição nas cinco primeiras instituições.

Figura 6 - Quantidade de artigos por instituição

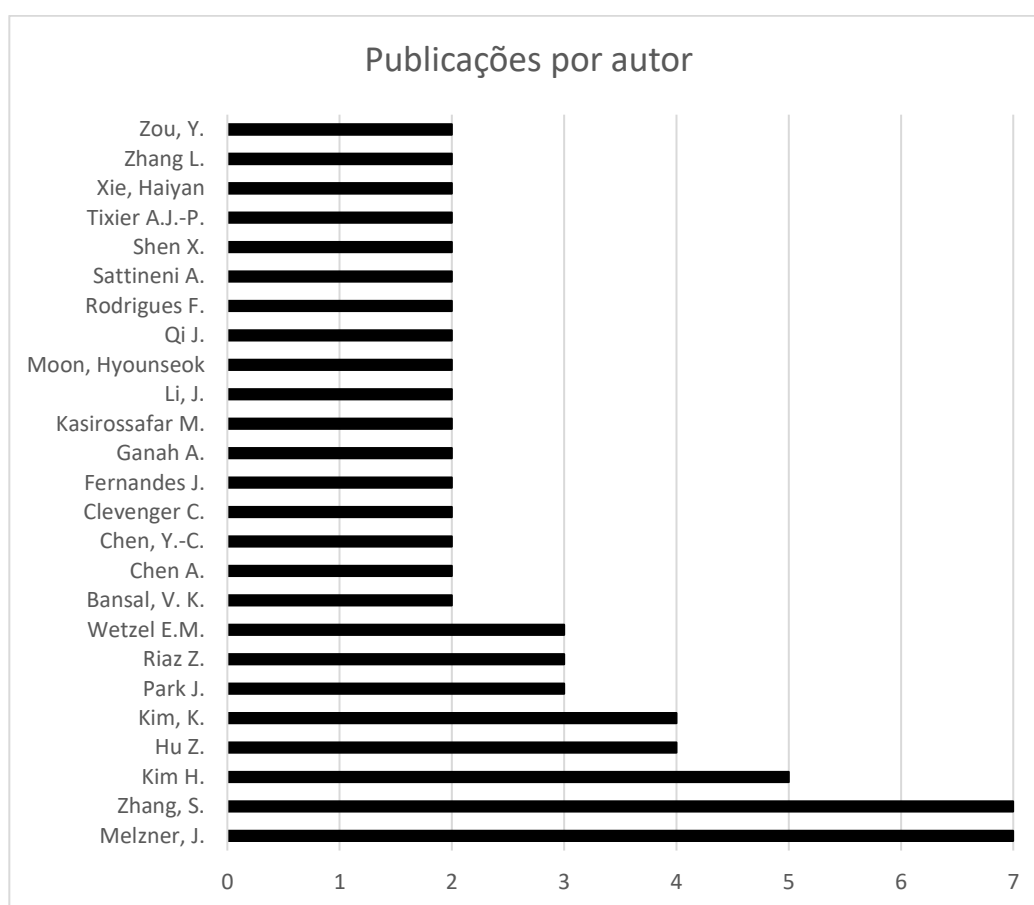


Fonte: autor

Publicações por autor

Os dois autores com maior número de publicações são responsáveis, cada um, por 7 artigos. Jürgen Melzner e Sijie Zhang, afiliados às instituições *Bauhaus-Universität Weimar* (Alemanha) e *Georgia Institute of Technology* (Estados Unidos) respectivamente, contribuíram como autores principais em 14 do total de 166 publicações analisadas, o que representa apenas 8,4%. Além disso, 96 trabalhos (57,8%) são de autores com contribuição de um único artigo. Esses dados indicam o caráter disperso, em relação aos autores, dos trabalhos encontrados, uma vez que, no total, 121 pesquisadores contribuíram com as 166 publicações encontradas sobre o tema. A Figura 7 mostra a quantidade de artigos publicados por autor, mas somente aqueles que aturam na autoria principal de, pelo menos, duas publicações.

Figura 7 - Publicações por autor

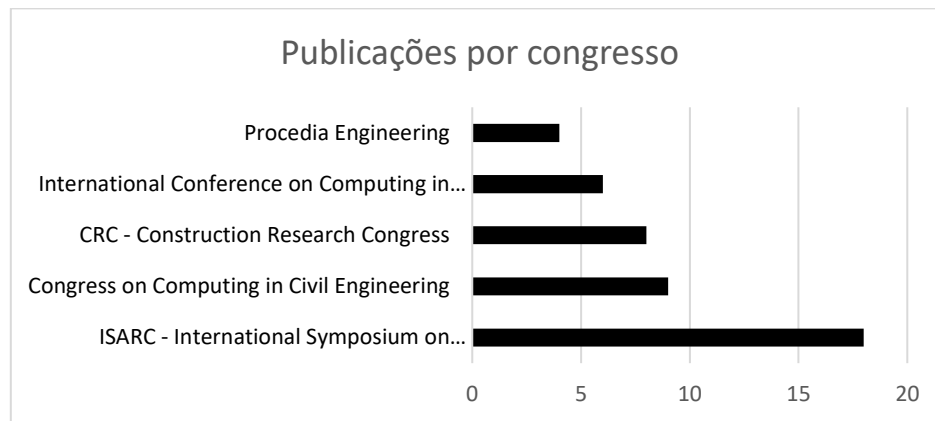


Fonte: autor

Publicações em congressos e periódicos eletrônicos

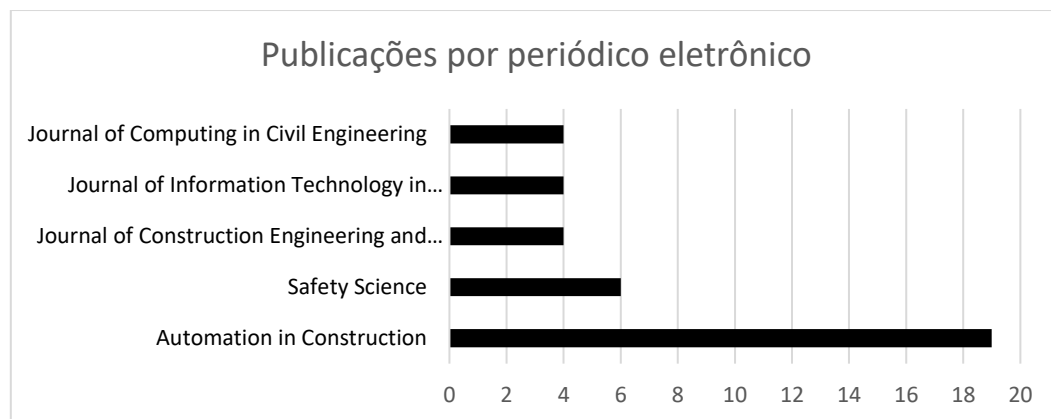
As figuras 8 e 9 mostram, respectivamente, a distribuição das publicações por congresso e por periódico eletrônico. Nota-se que 22,5% das publicações em congressos estão concentrados no ISARC - *International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, enquanto que no *Congress on Computing in Civil Engineering* foram publicados 10,7% dos trabalhos. Quanto aos periódicos eletrônicos, 31,25% das publicações estão na *Automation in Construction* e *Safety Science*.

Figura 8 - Publicações por congresso



Fonte: autor

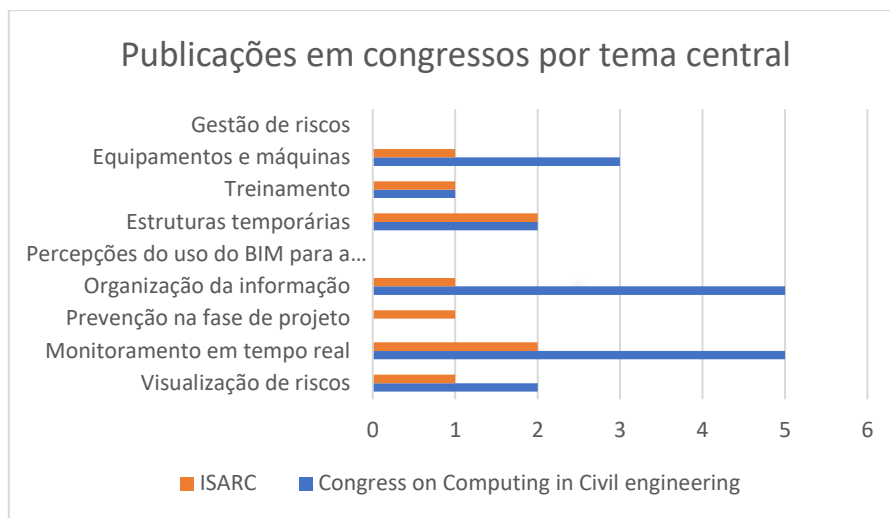
Figura 9 - Publicações por periódico eletrônico



Fonte: autor

A Figura 10 mostra a quantidade de artigos, por congresso, de cada uma das categorias. Percebe-se que durante o intervalo de tempo desta análise não foram publicados, em nenhum dos dois congressos, artigos relacionados à gestão de riscos e a Percepções do uso do BIM para a segurança do trabalho. Prevenção na fase de projeto é um tema ainda não explorado no *Congress on Computing in Civil Engineering*. Dessa forma, esses temas se caracterizam como oportunos para futuras publicações.

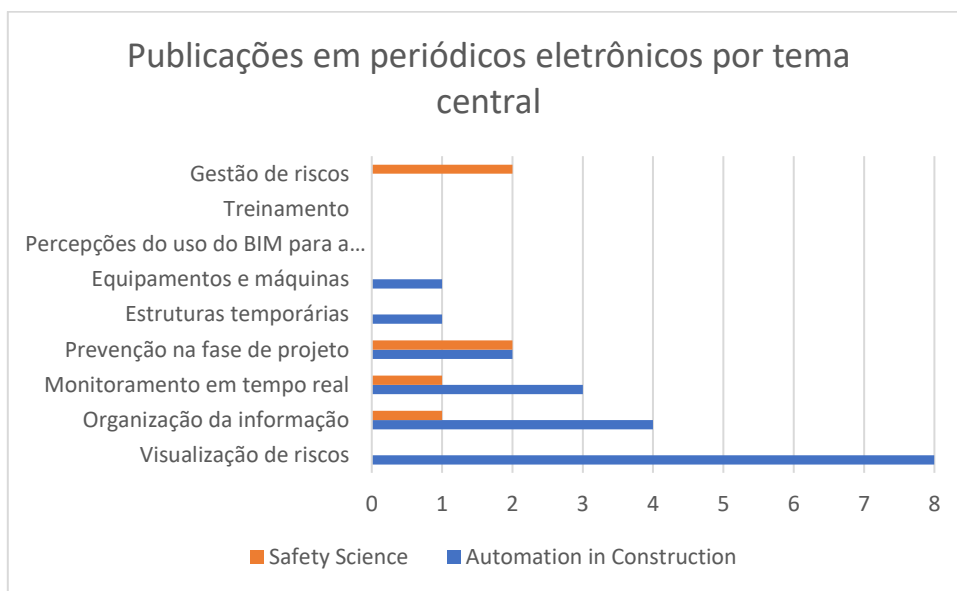
Figura 10 - Publicações em congressos por tema central



Fonte: autor

De maneira similar, a Figura 11 apresenta os mesmos dados mostrados acima aplicados aos periódicos eletrônicos.

Figura 11 - Publicações em periódicos eletrônicos por tema central



Fonte: autor

Treinamento e Percepções do uso do BIM na segurança do trabalho são temas ainda não apresentados em nenhum dos dois periódicos. Além disso, a *Safety Science* ainda carece de artigos relacionados a Visualização de riscos, tema este, entretanto, que foi o mais abordado nos trabalhos publicados na *Automation in Construction*. Gestão de riscos é um tema ainda não presente nas publicações da *Automation in Construction*.

Limitações e sugestões de pesquisas futuras encontradas nos trabalhos analisados

O Quadro 3 apresenta os tópicos que configuram sugestões de pesquisas futuras deixadas pelos respectivos autores. Foram analisados apenas os trabalhos que se enquadram nas categorias definidas acima como oportunas por estarem menos presentes nas publicações em periódicos eletrônicos e eventos.

Quadro 3 - Sugestões de pesquisas futuras

Autor e ano	Título	Categoria	Tópicos para pesquisas futuras
Zou, Kiviniemi e Jones (2016)	Developing a tailored RBS linking to BIM for risk management of bridge projects	Gestão de riscos	Desenvolvimento de uma ferramenta computacional específica para a implementação da solução apresentada.
Yeoh, Wong e Peng (2016)	Integrating crane information models in BIM for checking the compliance of lifting plan requirements	Equipamentos e máquinas	Inclusão de guindastes móveis na análise e o desenvolvimento de um método para otimizar a disposição do guindaste no canteiro de obras
Hazan <i>et al</i> (2012)	Integrated building information model to identify possible crane instability caused by	Equipamentos e máquinas	Integração de análise dinâmica das estruturas para identificar as reações de apoio utilizadas no método de estudo
Chen <i>et al</i> (2011)	A smart crane operations assistance system using augmented reality technology	Equipamentos e máquinas	Aprimoramento da estabilidade dos recursos de realidade aumentada e posicionamento para que mais informações e instruções possam ser levadas em consideração. Além de melhorias na interface através de espaço para <i>feedback</i> dos usuários.
Ghang <i>et al</i> (2012)	A BIM- and sensor-based tower crane navigation system for blind lifts	Equipamentos e máquinas	Conduzir o estudo em edifícios mais altos, com mais de 7 pavimentos; integrar monitoramento em tempo real do progresso na análise e implementar o sistema em um canteiro de obras com mais de um guindaste operando ao mesmo tempo.
Feng e Lu (2017)	Using BIM to automate scaffolding planning for risk analysis at construction sites	Estruturas temporárias	Implementação, no sistema, de um modelo que contemple a influência dos edifícios e outros objetos das redondezas no planejamento de estruturas temporárias.
Kim, Cho e Zhang (2016)	Integrating work sequences and temporary structures into safety planning: Automated scaffolding-related safety hazard identification and prevention in BIM	Estruturas temporárias	Integração e relação entre outros elementos construtivos, como torres de escada e locais de estoque de materiais, a fim, de por exemplo, determinar a rota mais segura e rápida para entrega de materiais. A pesquisa foi realizada com algumas considerações já pré-estabelecidas, sugere-se, portanto, o desenvolvimento de ferramentas que possam automaticamente considerar a influência da alteração desses fatores e que resultem em um planejamento ótimo para as estruturas temporárias. Além disso, também é sugerida a integração do sistema com o monitoramento em tempo
Kim e Cho (2015)	BIM-based planning of temporary structures for construction safety	Estruturas temporárias	Aprimoramento do algoritmo de checagem do melhor posicionamento das estruturas, levando em consideração informações subjetivas advindas de profissionais mais experientes. Além de prover a possibilidade de planejar a localização das estruturas em mais de um lugar ao mesmo tempo e durante todo
Kim e Teizer (2014)	Automatic design and planning of scaffolding systems using building information modeling	Estruturas temporárias	Desenvolvimento de algoritmos mais sofisticados para levar em consideração geometrias mais complexas de andaimes. Além disso, sugere-se que sejam desenvolvidas pesquisas para utilização de estruturas temporárias focadas em atividades específicas, como pintura de fachadas e construção de alvenaria.
Collins <i>et al</i> (2014)	Integration of safety risk factors in BIM for scaffolding construction	Estruturas temporárias	Desenvolvimento de perfis de risco para as atividades da construção civil para possibilitar uma análise avançada dos riscos
Kim <i>et al</i> (2015)	Semiautomated Scaffolding Planning: Development of the Feature Lexicon for Computer Application	Estruturas temporárias	Sugere-se a automatização do método, a possibilidade de utilização em superfícies irregulares, a consideração das cargas e a apresentação da solução mais viável, de modo a considerar fatores como custo, tempo e segurança.
Kim, Cho e Kwak (2016)	BIM-Based Optimization of Scaffolding Plans for Safety	Estruturas temporárias	Extensão da pesquisa para outras atividades que não a elevação de paredes de alvenaria.
Zulkifli <i>et al</i> (2016)	A proposed initial framework of ASRC system for BIM-based projects in Malaysia	Percepções do uso do BIM para a segurança do trabalho	Documentação dos vários componentes do algoritmo do checagem de regras de segurança e possibilidade de implementar uma estrutura de visualização do sistema ao longo das fases do projeto.
Ganah e John (2015)	Integrating building information modeling and health and safety for onsite construction	Percepções do uso do BIM para a segurança do trabalho	Implantação de metodologias que possibilitem o compartilhamento de informações entre operários e projetistas.
Kasirossafar e Shahbodaghlou (2013)	Building information modeling or construction safety planning	Percepções do uso do BIM para a segurança do trabalho	Sugere-se que sejam realizadas pesquisas para avaliar as dificuldades encontradas na integração do uso do BIM para a segurança do trabalho respeitando os princípios de construções
Wei <i>et al</i> (2017)	BIM-based construction noise hazard prediction and visualization for occupational safety and health awareness improvement	Treinamento	Inclusão de cenários com múltiplas fontes de ruídos, operários em movimento e influências externas.
Clevenger, Del Puerto e Glick (2015)	Interactive BIM-enabled safety training piloted in construction education	Treinamento	Utilização de assuntos mais avançados relacionados à segurança e outros tópicos pertinentes à construção civil, além da avaliação da retenção do conhecimento adquirido no treinamento.

Fonte: autor

CONCLUSÃO

O objetivo do presente trabalho foi caracterizar a produção bibliométrica na área de BIM relacionada com a segurança do trabalho. Foram colhidas 166 publicações distribuídas no intervalo tempo de 2007 a 2017, sendo 2016 o ano com maior número de artigos. Identificou-se que 50,6% das publicações foram provenientes de anais de eventos, dos quais o *International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC)* e *Congress on Computing in Civil Engineering* representam os congressos nos quais o tema foi mais discutido. As publicações em periódicos eletrônicos representam 49,4% do total, sendo o *Automation in Construction* e o *Safety Science* os periódicos com maior representatividade.

Percebeu-se, pelos artigos analisados, o caráter financeiramente dispendioso das tecnologias utilizadas para o uso do BIM para a segurança do trabalho, pois pesquisas envolvendo monitoramento por RFID, realidade virtual e aumentada apresentam custos elevados, o que pode ser corroborado pelos resultados do presente trabalho, os quais mostraram uma predominância de países desenvolvidos nas publicações sobre o tema, sendo Estados Unidos, China e Alemanha os que mais contribuíram. É importante destacar a mínima ocorrência de artigos no idioma português e, sobretudo, a ausência de publicações brasileiras pertinentes, o que mostra que ainda há muito espaço para o desenvolvimento de pesquisas envolvendo o tema no país.

Além disso, foram identificadas nove categorias de artigos, das quais Gestão de Riscos se configura como a categoria com menos artigos publicados, tema este que, juntamente com treinamento, percepções do uso do BIM para a segurança do trabalho, estruturas temporárias e equipamentos e máquinas tem pouca presença nos principais eventos e periódicos eletrônicos, representando, portanto, temas oportunos para serem explorados.

Dentre as categorias classificadas como oportunas, percebeu-se que há uma carência de aplicações práticas das soluções propostas, da automatização dos sistemas e da integração dos processos com o monitoramento em tempo real.

REFERÊNCIAS

- BIOTTO, C. N. **Método para projeto e planejamento de sistemas de produção na construção civil com uso da modelagem BIM 4D**. 2012. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- BIOTTO, C. N.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. Uso de modelagem 4D e Building Information Modeling na gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 79-96, abr./jun. 2015.
- COSTIN, A., M.; TEIZER, J.; SCHONER, B. *RFID and bim-enabled worker location tracking to support real-time building protocol control and data visualization*. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 20, p. 495-517. 2015.
- CRESPO, C.C.; RUSCHEL, R.C. **Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto**. In: Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil, 3., 2007, Porto Alegre. Anais.
- FORSYTHE, P. *Proactive construction safety systems and human factor*. In: *Institution of civil Engineers*, 2014. Anais.
- GUIMARÃES, D. B. O.; CASTRO, A. E. D.; SOARES, É. M. C.; FERNANDES, M. A. Saúde e segurança na construção civil: relato sobre as contribuições da enfermagem. **Revista de Enfermagem UFPE On Line**. Recife, 11 (Supl. 3): 1351-9, mar. 2017.
- HILFERT, T.; TEIZER, J.; KÖNIG, M. *First Person Virtual Reality for Evaluation and Learning of Construction Site Safety*. In: *International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, 33., 2016, Auburn. Anais.
- KAMARDEEN, I. **8D BIM modelling tool for accident prevention through design**. In: Annual ARCOM Conference, 26, 2010, Leeds, United Kingdom. Anais.
- OLIVEIRA, V. H. M.; SERRA, S. M. B. Controle de obras por RFID: sistema de monitoramento e controle para equipamentos de segurança no canteiro de obras. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 61-77, out./dez. 2017.
- PROENÇA JÚNIOR, D.; SILVA, E. R. Contexto e processo do Mapeamento Sistemático da Literatura no trajeto da Pós-Graduação no Brasil. **Transinformação**. Campinas, 28 (2), p. 233-240, maio/ago. 2016.
- RODRIGUES, F.; ALVES, A. *Contribution of BIM for hazards' prevention through design*. In: *International Symposium on Safety and Hygiene*, 2015. Anais.
- SOUZA, C. S. P. M. **Benefícios da gestão de segurança no trabalho, no monitoramento dos equipamentos (EPIs e EPCs), procedimentos e métodos na indústria da construção civil**. 2017. Dissertação (mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal do Pará, Belém.
- XIAER, X.; DIB, H.; YUAN, J.; TANG, Y.; LI, Q. *Design for Safety (DFS) and Building Information Modeling (BIM): A Review*. In: *International Conference on Construction and Real Estate Management*, 2016. Anais.
- ZHOU, W.; WHYTE, J.; SACKS, R. *Construction Safety and Digital Design: A Review*. **Automation In Construction**, v. 22, p. 102-111. 2012.