

RELAÇÃO ENTRE SEGURANÇA E PRODUTIVIDADE NO CONTEXTO BIM: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.

Relation between BIM technologies for safety and productivity in the BIM context: A systematic review

Lisseth Rocio Espinoza Taype
Universidade Estadual de Campinas | Limeira, SP| rocioespinozataype@gmail.com

Eloisa Dezen-Kempter
Universidade Estadual de Campinas | Limeira, SP| elo@ft.unicamp.br

RESUMO

Na indústria da construção civil, a produtividade e a segurança do trabalho têm sido gerenciadas de formas separadas ao longo do tempo. No entanto, estudos e experiências mostram que um ambiente seguro influencia a produtividade do trabalhador, melhorando o fluxo e a qualidade do trabalho. Portanto, incorporar segurança ao plano de produtividade demonstra uma oportunidade de minimizar o número de acidentes. Por outro lado, o BIM (*Building Information Modeling*) foi implementado na indústria da construção, e com ele novas tecnologias focadas em segurança do trabalho foram desenvolvidas, tais como BIM-4D, IPASS, regras verificadores, incluindo outros. Bem como ferramentas de *Lean Construction* para aumentar a produtividade. Este trabalho apresenta uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) com o objetivo de abordar a relação entre produtividade e segurança, e assim conhecer as tecnologias BIM que foram utilizadas. Para tanto,um intervalo de tempo entre 2007-2018 foi considerado; o estudo foi conduzido através da metodologia PRISMA (Itens de Relatórios Preferidos para Revisões Sistemáticas e Meta-Análises). Resultando em 28 estudos que mencionam o vínculo entre segurança e produtividade, dos quais 25 utilizaram ferramentas de *Lean Construction*. Este estudo conclui com uma síntese das principais tecnologias associadas ao BIM, integrando segurança no trabalho e produtividade.

Palavras-chave: Building Information Modeling; Segurança; Produtividade; Lean Construction; Last Planner System.

ABSTRACT

In the construction industry, productivity and work safety have been managed in separate ways over time. However studies and experiences show that a safe environment influences worker productivity, improving the flow and quality of work. Therefore, incorporating safety into the productivity plan demonstrates an opportunity to minimize the number of accidents. On the other hand, BIM (Building Information Modeling) has been implemented in the construction industry, and along with it new technologies focused on work safety have been developed, such as BIM-4D, IPASS, rule verifiers, among others. As well as Lean Construction tools to increase productivity. This paper presents a Systematic Literature Review (RSL) with the aim of addressing the relationship of productivity and safety, and thus know the BIM technologies that were used. A time interval between 2007-2018 has been considered; the study was conducted through the PRISMA methodology (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyzes). Resulting in 28 studies that mention the link of safety and productivity, of which 25 used Lean Construction tools. Finally, this study concludes with a synthesis of the main technologies associated with BIM integrating work safety and productivity.

Keywords: Building Information Modeling; Safety; Productivity; Lean Construction; Last Planner System.

1 INTRODUÇÃO

Hodiernamente, no Brasil, BIM (*Building Information Modeling*) vem passando por uma etapa de implementação no setor privado da construção civil. No tocante ao setor público, espera-se que logo BIM se torne obrigatório. Por isso, em maio do 2018 foi instituída a Estratégia Nacional de Disseminação de BIM mediante o Decreto Federal Nº 9.377.

Tendo em vista essa provável obrigatoriedade do BIM, entende-se que é necessário buscar novas diretrizes e tecnologias que deem estofo a esse novo tempo.

Nesse sentindo, Lin et al. (2017) aponta para o fato de a indústria civil, quando comparada às demais indústrias, vir mostrando não somente baixos níveis de produtividade como também altos índices de mortalidade no local de trabalho.

TAYPE, L.S.E.; DEZEN-KEMPTER, E. Relação entre segurança e produtividade no contexto BIM: uma revisão sistemática da literatura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2., 2019, Campinas, SP. **Anais[...]** Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: https://antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/241

Dessa forma, o grande desafio de BIM consistiria em aumentar produtividade através do cuidado com a segurança, já que por tempos as mesmas foram consideradas de formas separadas (NAHMENS; IKUMA, 2009).

Dentro dessa visão, Sulankivi, Mäkelä, Kiviniemi.(2009) acreditam que BIM pode dar conta de otimizar o processo de construção reduzindo os problemas de segurança.

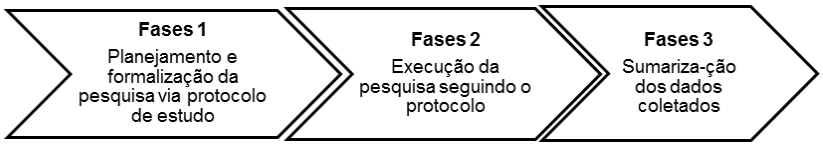
Pode-se ainda constatar a aplicação de algumas tecnologias, dentre elas, alguns princípios de *Lean Construction*. Este objetiva reduzir desperdícios, abarcando, então, o campo dos risco laborais Enshassi e Zaiter (2014). Sobre suas ferramentas, aquela que relaciona produtividade e segurança é LPS (*Last Planner System*) de *Lean* (FORMAN, 2013). Ademais, tem-se outras tecnologias BIM que também relacionam ambas as áreas. São elas: modelos 4D para visualizações do projeto (ZHANG et al., 2015a), e sensores para rastreamento da localização, bem como capturar movimento visando controlar a segurança e produtividade (KIM; TEIZER, 2014).

Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho é realizar uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) sobre o vinculo entre Segurança e produtividade, a fim de conhecer uma retrospectiva de como essas áreas são vinculadas e quais são as principais tecnologias BIM utilizadas para relacioná-las. Para cumprir esse objetivo, foram levantados e classificados artigos publicados a partir do 01/2007 até 04/2018. Esta RSL justifica-se pela necessidade de traçar uma retrospectiva das principais tecnologias BIM que podem auxiliar tanto na segurança de trabalho quanto na produtividade com o intuito de avaliar a eficiência e facilitar a implementação de BIM na área de segurança.

2 METODOLOGIA

Este estudo realizou uma análise de artigos coletados e classificados rigorosamente mediante uma RSL. Assim, foram utilizadas as 3 fases de uma RSL descritas por Munzlinger, Narcizo e Queiroz (2012) Figura 1.

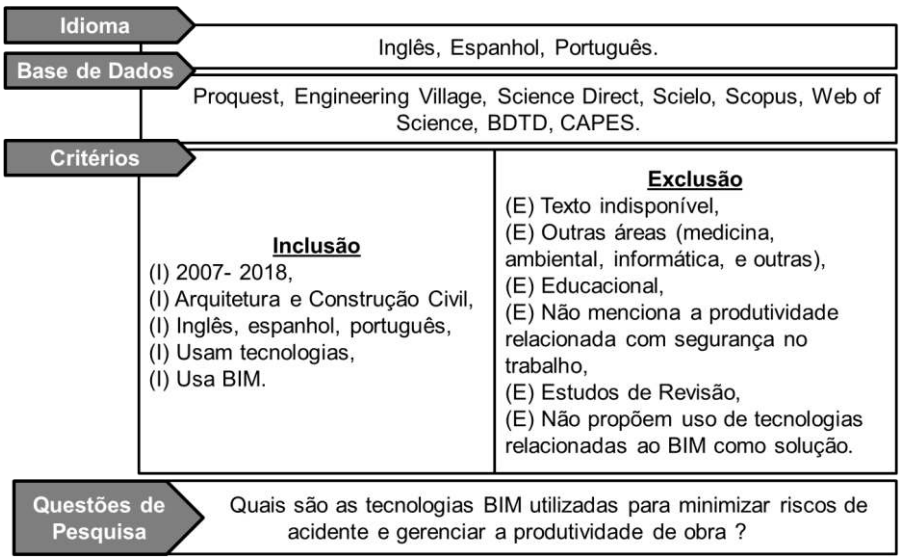
Figura 1 As três etapas de uma RSL



Fonte: (MUNZLINGER; NARCIZO; DE QUEIROZ, 2012, p. 52).

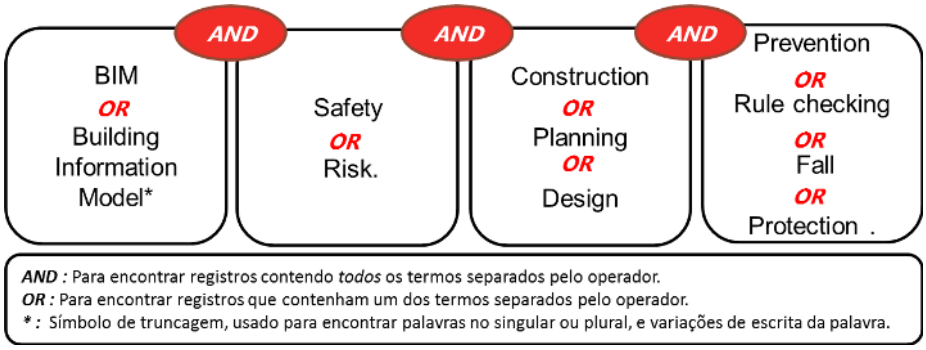
Na **primeira fase, foi criado um protocolo de estudo** (Figura 2) definindo-se critérios de inclusão e exclusão, intervalo de tempo, idioma e a questão da pesquisa. Também foram identificadas e definidas palavras-chave. Estas foram calibradas resultando no *string* de busca da Figura 3.

Figura 2 Protocolo de pesquisa



Fonte: Os autores.

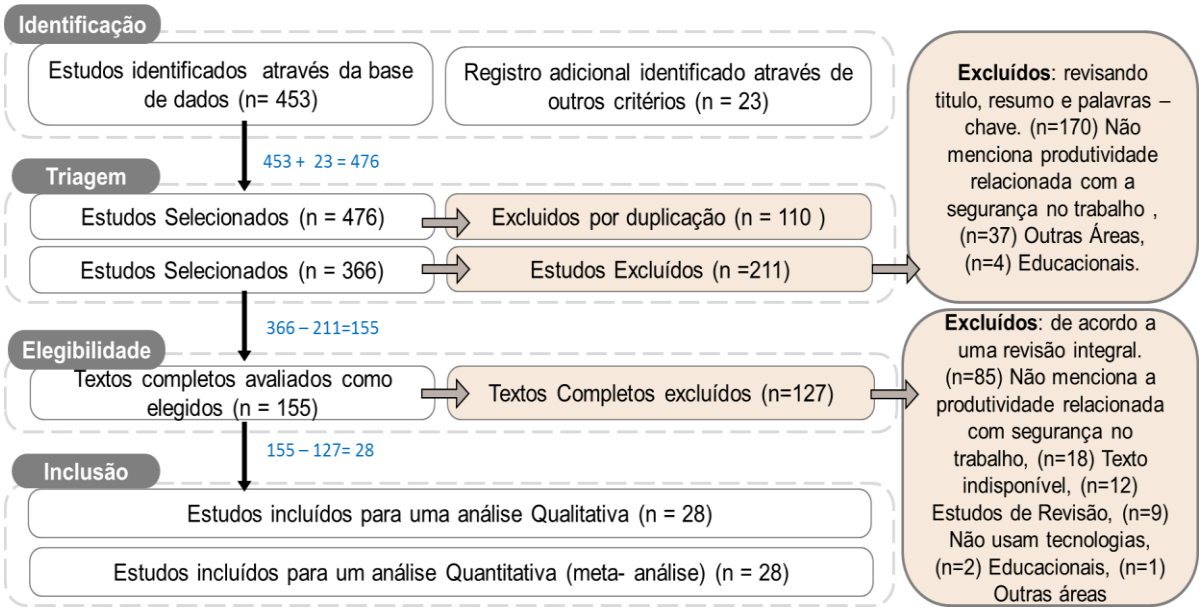
Figura 3 *String* de busca



Fonte: Os autores.

Na **segunda fase, foi executado o protocolo**, seguindo o fluxograma PRISMA, utilizado como guia para a seleção de pesquisas, apresentando o processo de seleção dos artigos elegíveis e a aplicação dos critérios correspondentes (Figura 4).

Figura 4 Diagrama de fluxo PRISMA



Fonte: Adaptação do processo do sistema de revisão (PRISMA flow diagram).

Na terceira fase, os 28 artigos eleitos passaram por uma análise qualitativa e quantitativa. Os artigos foram lidos na íntegra e classificados de acordo com um ou mais enfoques em cada tópico (Figura 5). Também nesses estudos foram identificadas as tecnologias associadas ao BIM que foram empregadas para minimizar acidentes e gerenciar a produtividade na construção civil (Figura 6).

3 RESULTADOS

O grande objetivo desta RSL foi explorar como segurança, produtividade e BIM se relacionam. Para tanto, analisou-se os 28 estudos, podendo-se identificar seis categorias predominantes: BIM, LC, LPS, H&S, vínculo de segurança e produtividade e outras ferramentas (Figura 5), sendo que um estudo pode pertencer a mais de uma categoria.

Ainda dentre os estudos analisados, 25 mencionaram a existência do vínculo entre segurança e produtividade; outros deles, o uso de *Lean* e de algumas de suas ferramentas, como LPS. Ademais, destacaram-se também as outras ferramentas que foram adotadas pelos estudos, como verificadores de regras, ontologias e outras que estão na Figura 5.

Como parte dos objetivos, também foi possível identificar quatro principais tecnologias associadas ao BIM, as quais induzem a prevenção de riscos de acidentes e promovem esforços mais produtivos no processo de construção (Figura 6).

4 DISCUSSÃO

É possível direcionar a discussão nas inter-relações entre conceitos e desenvolvimentos que os autores foram descrevendo nos respectivos estudos (Figura 5).

4.1 Segurança e produtividade

Autores indicam que os acidentes, por vezes, ocorrem pela pressão excessiva para produzir mais em menos tempo, provocando a infração de medidas preventivas de formas consciente e semiconsciente (NAHMENS; IKUMA, 2009; WETZEL; THABET, 2015).

Tendo isso em vista, boa parte dos autores mostra a segurança como uma etapa fundamental em processos de produção, sendo que um planejamento rigoroso do fluxo de trabalho que inclua as medidas preventivas de segurança pode ser uma grande estratégia para a redução de acidentes (NAHMENS; IKUMA, 2009; FORMAN, 2013). Nesse contexto, uma boa alternativa para conseguir um fluxo de trabalho eficiente, eficaz e seguro seria a utilização de *Lean.*

4.2 Segurança *Lean Cosnstruction*

Uma das grandes contribuições de *Lean* é a otimização dos processos através do melhoramento contínuo dos mesmos, bem como da eliminação de tudo aquilo que não agrega valor, como atividades redundantes e processos desnecessários, os quais implicam em desperdícios (BASHIR, 2011; ENSHASSI; ZAITER, 2014).

Dessa forma, uma vez que consideremos a ocorrência dos acidentes de trabalho como desperdício tanto de tempo quanto de outros recursos, porque interrompem o fluxo de trabalho, poderíamos colocar como um dos objetivos do *Lean* evitar a ocorrência desses acidentes (NAHMENS; IKUMA, 2009; ENSHASSI; ZAITER, 2014).

Temos alguns autores como Forman (2010) e Awada (2016) que entendem o conceito de *Lean* como algo que proporciona uma melhoria no ambiente a fim de que o fluxo de trabalho seja otimizado, evitando-se assim acidentes e lesões. Isso porque *Lean* traz o planejamento do processo de produção, recrudescendo a infraestrutura de segurança, o que minimiza a exposição dos trabalhadores a situações perigosas e denuncia possíveis riscos (FORMAN 2010; BASHIR et al., 2011).

Assim, Forman (2010) e Bashir (2011) indicam que *Lean* possibilitaria a redução dos riscos, uma vez que essa filosofia, de acordo com a visão abordada, traz empoderamento ao trabalhador através do desenvolvimento da habilidade de tomar decisões e da promoção de uma melhor comunicação em equipe. Contudo, Bashir (2011), Enshassi e Zaiter (2014), colocam uma ressalva quanto a essa questão, uma vez que existem poucas evidências concretas para embasar esse argumento .

4.3 Segurança e *Last Planner System* (*LPS)*

Las Planner System (LPS) é uma ferramenta de *Lean*, que ajuda na melhoria do fluxo de atividades programadas, reduzindo a variabilidade e incentivando o cumprimento do que realmente foi planejado (BRIOSO 2007), tendo como principal função substituir o planejamento otimista por um planejamento realista, avaliando o desempenho dos trabalhadores com base na capacidade de alcançar os compromissos de maneira confiável (PORWAL; LAVY; RYBKOWSKI, 2010; Bashir 2011 ENSHASSI; ZAITER, 2014; OLIVIERI; GRANJA; PICCHI, 2016; BRIOSO; HUMERO; CALDERON-HERNANDEZ, 2018).

Segundo Brioso (2017), LPS pode incorporar facilmente o planejamento de segurança ao plano de produtividade com sinergia e compatibilidade, conseguindo ser implementada nas suas três etapas: plano mestre, etapa de antecipação de seis semanas e etapa semanal. No planejamento de seis semanas e semanal do LPS, o controle dos riscos pode atuar de forma eficiente, permitindo aos trabalhadores participar de atividades que se relacionam com suas próprias capacidades, ajudando a identificar os diferentes riscos que enfrentam durante a construção, eliminando, assim, os perigos por trabalhos desconhecidos (BASHIR et al., 2011 e FORMAN, 2013).

Segundo uma pesquisa de Awada (2016), a participação dos trabalhadores na fase de projeto proporciona uma exposição mínima aos perigos influenciando positivamente na segurança.

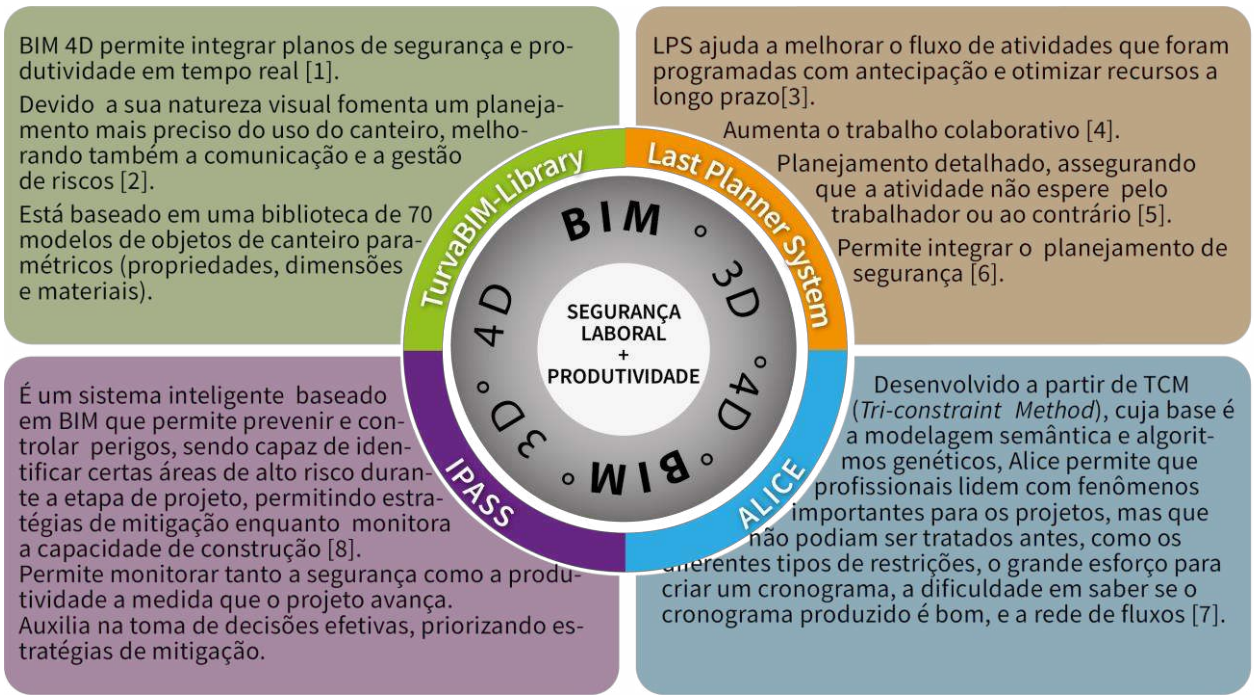
Figura 5 Categorias dos estudos da RSL

N°	ESTUDO	BIM	LC	LPS	S	S Prod.	OUTRAS FERRAMENTA
1	A critical, theoretical, review of the impacts of lean construction tools in reducing accidents on construction sites		x		x	x	Ferramentas Lean
2	Accelerometer-based fall-portent detection algorithm for construction tiling operation	x				x	Sensores (Accelerometer), telefonos inteligentes
3	Accuracy of BLE systems in the H&S improvement aspects in construction	x				x	Bluetooth Low Energy (BLE)
4	An Empirical Examination of the Relationship between Lean Construction and Safety in the Industrialized Housing Industry		x		x	x	Ferramentas Lean
5	Automatic design and planning of scaffolding systems using building information modeling	x			x	x	Verificação de regras
6	BIM in the assessment of labor protection	x				x	Naviswork
7	BIM-based fall hazard identification and prevention in construction safety planning	x			x	x	Verificação de regras
8	BIM-based safety management and communication for building construction	x			x	x	tuba BIM 4D
9	BIM-based site layout and safety planning	x			x	x	4D - tuba BIM
10	Design for safety: Theoretical framework of the safety aspect of BIM system to determine the safety index	x			x	x	Monitoreo inteligente
11	Framework for productivity and safety enhancement system using BIM in Singapore	x				x	Revit/ IPAS Archicad Intelligent Productivity and Safety System (
12	Framework of Automated Construction-Safety Monitoring Using Cloud-Enabled BIM and BLE Mobile Tracking Sensors	x			x	x	Bluetooth Low Energy (BLE)
13	Implementation of lean tools on safety in construction projects in Palestine		x	x	x		Ferramentas Lean
14	Inertia and change: lean construction and health and safety work on construction sites	x	x	x	x	x	Last Planner System (LPS)
15	Influence of Lean Concepts on Safety in the Lebanese Construction Industry		x	x	x	x	Last Planner System (LPS)
16	Integrating work sequences and temporary structures into safety planning: Automated scaffolding-related safety hazard identification and prevention in BIM	x			x	x	Verificação de regras, algoritmos
17	Last Planner System Implementation Challenges			x		x	Last Planner System (LPS)
18	Lean Construction and health and safety on site: analysed in a planning and empowerment perspective		x	x	x	x	Last Planner System (LPS)
19	Location-based management of construction projects: Part of a new typology for project scheduling methodologies				x	x	Tecnologias de localização
20	Making Each Workhour Count: Improving the Prediction of Construction Durations and Resource Allocations	x			x	x	ALICE
21	Ontology-based semantic modeling of construction safety knowledge: Towards automated safety planning for job hazard analysis (JHA)	x			x		Ontologias
22	Planejamento tradicional, Location-Based Management System e Last Planner System : um modelo integrado			x		x	Tecnologias de localização
23	Real time safety risk analysis of construction projects using BIM and RTLS	x			x	x	Real-Time Location System (RTL), 4D
24	Semiautomated Scaffolding Planning: Development of the Feature Lexicon for Computer Application	x			x	x	Scaffolding Planning Generator (SPG)
25	Synergies between Last Planner System and OHSAS 18001 - A general overview		x	x	x	x	LPS
26	Teaching how to integrate Last Planner System and the Safety and Health Management System		x	x	x	x	Last Planner System (LPS)
27	The use of a BIM-based framework to support safe facility management processes	x			x		Ontologias
28	Workforce location tracking to model, visualize and analyze workspace requirements in building information models for construction safety planning	x			x	x	4D

Seis Categorias de ocorrência dos estudos da RSL (Revisão Sistemática de Literatura): 1) BIM : Building Information Modeling; 2) LC : Lean Construction; 3) LPS : Last Planner System; 4) S : Segurança no trabalho; 5) S Prod. : Segurança e Produtividade e 6) Outras Ferramentas.

Fonte: Os autores em base aos estudos da RSL.

Figura 6 Sínteses das principais Tecnologias associadas ao BIM para melhora da produtividade e segurança laboral



Notas: [1] (SULANKIVI; MÄKELÄ; KIVINIEMI, 2009); [2](KIVINIEMI et al., 2011).; [3] (CALDERON-HERNANDEZ; BRIOSO, 2018); [4] (PORWAL; LAVY; RYBKOWSKI, 2010); [5](KENLEY; SEPPÄNEN, 2009); [6] (ENSHASSI; ZAITER, 2014).;[7] (FISCHER; GARCIA-LOPEZ, 2018).

Fonte: Os autores.

4.4 Segurança e BIM (*Building Information Modeling*)

Apesar de alguns conceitos contidos dentro da metodologia de *Lean* poderem ser estendidos para o planejamento de segurança, faz-se ainda necessário um sistema que seja capaz de monitorar a segurança durante todo ciclo de vida do projeto Lin et al. (2017), permitindo visualizações da construção e informação do projeto em tempo real. Assim, o sistema mais propício para a execução de tal função seria o BIM.

BIM tem desenvolvido ferramentas para o gerenciamento da segurança. Entre as ferramentas, podemos citar planejamento 4D, integração de Lean e BIM para planejamento de segurança, uso de GPS, verificação de regras e sistemas de segurança proativos baseados em TI e outros. (ZHANG et al., 2015; TEO et al., 2016; LIN et al., 2017).

Segundo Lin et al.(2017), BIM oferece ferramentas para antecipar problemas de desenho durante as primeiras etapas de um projeto, permitindo assim minimizar ou eliminar atividades não necessárias na fase de construção. No entanto, não existem estudos empíricos suficientes visando a implementação das ferramentas de produtividade em 4D com o intuito de minimizar os acidentes de trabalho.

3.3 Tecnologias BIM na segurança e produtividade

Dentro das tecnologías BIM que foram desenvolvidas, podemos citar o trabalho de Linet al.(2017) quem integrou Last Planner System (LPS), Revit em um Sistema Inteligente de Produtividade e Segurança (IPASS).

Podemos ainda analisar, Sulankivi, Mäkelä e Kiviniemi(2009), os quais desenvolveram uma biblioteca de objetos de canteiro para o planejamento de produtividade em 4D integrando o gerenciamento de segurança mais detalhadamente.

Temos ainda Zhang, Boukamp e Teizer (2015), que desenvolveram modelagem semântica de segurança da construção baseada em ontologia para automação de análise de risco de trabalho através de visualização e simulação 4D. Algumas destas tecnologias integradas estão descritas Figura 6.

5 CONCLUSÕES

O presente artigo teve como objetivo identificar as principais tecnologias BIM aplicadas para a segurança do trabalho e gerenciamento da produtividade. Para tanto, foram analisados 28 estudos no intervalo de tempo 01/2007 – 04/2018. A mostra analisada constatou o vínculo existente entre segurança do trabalho e produtividade.

Hodiernamente, tal área de pesquisa encontra-se em ascensão, o que garante ênfases no uso integrado de BIM e *LeanConstruction* como um grande potencial de aplicação para a segurança do trabalho.

No entanto, também identificou-se que ainda é necessário considerar a ampliação de pesquisas aplicadas e estudos de caso para validar o mencionado vínculo.

Algumas das tecnologias BIM que foram identificadas foi: ALICE, utilizando o modelo BIM e inteligência artificial para gerar milhões de soluções e variações de sequências construtivas, informando o melhor planejamento em tempo real, reduzindo desperdícios e acidentes de trabalho. Assim também, tecnologias como IPASS, Turba BIM e Last Planner System.

REFERÊNCIAS

AWADA, Mohamad A. et al. Influence of Lean Concepts on Safety in the Lebanese Construction Industry. *In:* 24TH ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION**,** sect. 2016, Boston, MA, USA,. **Anais [...].** Boston, MA, USA p. 63-72. Disponivel em: http://iglc.net/Papers/Details/1304

BASHIR, A. M. et al. A critical, theoretical, review of the impacts of lean construction tools in reducing accidents on construction sites. *In:* ASSOCIATION OF RESEARCHERS IN CONSTRUCTION MANAGEMENT, ARCOM 2011 - PROCEEDINGS OF THE 27TH ANNUAL CONFERENCE, 5-7, v. 1, September 2011, Bristol, UK. **Anais [...].** Bristol, UK, Association of Researchers in Construction Management 2011, p. 249–258. Disponivel em: http://www.arcom.ac.uk/-docs/proceedings/ar2011-0249-0258_Bashir_Suresh_Proverbs_Gameson.pdf

BRIOSO, Xavier. Synergies between Last Planner System and OHSAS 18001-A general overview Sinergias entre el Last Planner System y la OHSAS 18001-Una visión general. **Building & Management**, v. 1, n. 2, p. 24-35, 2017. Diponivel em: http://polired.upm.es/index.php/building_management/article/view/3551

BRIOSO, Xavier; HUMERO, Antonio; CALDERÓN-HERNÁNDEZ, Claudia. Teaching how to integrate Last Planner System and the Safety and Health Management System= Enseñando a integrar el Last Planner System y el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud. **Advances in Building Education/Innovación Educativa en Edificación**, v. 2, n. 1, p. 12-30, 2018.Doi: http://dx.doi.org/10.20868/abe.2018.1.3691

CALDERON-HERNANDEZ, C.; BRIOSO, X. Lean , BIM and Augmented Reality Applied in the Design and Construction Phase : A Literature Review. **International Journal of Innovation, Management and Technology** vol. 9, no. 1, pp. 60-63, 2018. Doi: http://dx.doi.org/10.18178/ijimt.2018.9.1.788

DENIS, Ariovaldo et al. Planejamento tradicional, location-based management system e last planner system: um modelo integrado. **Ambiente Construído**, 2016. Disponivel em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/324757/1/S1678-86212016000100265.pdf

ENSHASSI, Adnan; ABU ZAITER, M. Implementation of lean tools on safety in construction projects in Palestine. *In:* 22ND ANNUAL CONFERENCE PROCEEDINGS IGLC. 2014. Oslo, Norway. **Anais [...].** Oslo, Norway, 2014. p. 1205-1218.Disponivel: https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84923371482&origin=inward&txGid=4952d73edc6f990eb3e5d5166eae98f3

FANG, Yi-Cho; DZENG, Ren-Jye. Accelerometer-based fall-portent detection algorithm for construction tiling operation. **Automation in Construction**, v. 84, p. 214-230, 2017. Doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2017.09.015

FISCHER, Martin; GARCIA-LOPEZ, Nelly P.; MORKOS, René. Making Each Workhour Count: Improving the Prediction of Construction Durations and Resource Allocations. *In:* WORKSHOP OF THE EUROPEAN GROUP FOR INTELLIGENT COMPUTING IN ENGINEERING, 2018, Springer, Cham, **Anais [...].** Springer, Cham, Lecture Notes in Computer Science, 2018, vol 10863**,** p. 273-295. Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-91635-4_15

FORMAN, Marianne. Lean Construction and Health and Safety on Site: Analysed in a Planning and Empowerment Perspective. *In:* 26TH ANNUAL ARCOM CONFERENCE. 2010, UK. **Anais [...].** UK, Aalborg Universitet, ARCOM Proceedings of the 26th Annual Conference. 2010, p. 223-232. Disponivel: https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/36989455/maf+arcom+2010.pdf

FORMAN, M. Inertia and change: lean construction and health and safety work on construction sites. **Construction Management and Economics**, v. 31, n. 6, p. 647–660, 2013. Doi: https://doi.org/10.1080/01446193.2013.765953

KIM, Jonghoon et al. Semiautomated scaffolding planning: development of the feature lexicon for computer application. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 29, n. 5, p. 04014079, 2014. Doi: http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000399

KENLEY, R.; SEPPÄNEN, O. Location-based management of construction projects: Part of a new typology for project scheduling methodologies. **Proceedings - Winter Simulation Conference**, p. 2563–2570, 2009.

KIM, K.; TEIZER, J. Automatic design and planning of scaffolding systems using building information modeling. **Advanced Engineering Informatics**, v. 28, n. 1, p. 66–80, 2014. Doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2013.12.002

KIM, Kyungki; CHO, Yong; ZHANG, Sijie. Integrating work sequences and temporary structures into safety planning: Automated scaffolding-related safety hazard identification and prevention in BIM. **Automation in Construction**, v. 70, p. 128-142, 2016. Doi: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.06.012

KIVINIEMI, Markku et al. BIM-based safety management and communication for building construction. 2011. Doi: https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.08.001

LIN, E. T. A. et al. Framework for productivity and safety enhancement system using BIM in Singapore. **Engineering, Constructi**on and Architectural Management, v. 24, n. 6, p. 1350–1371, 2017. Doi: http://dx.doi.org/10.1108/ECAM-05-2016-0122

NOWOTARSKI, Piotr; PASŁAWSKI, Jerzy; MIELCAREK, Dawid. Accuracy of BLE systems in the H&S improvement aspects in construction. **Procedia Engineering**, v. 208, p. 98-105, 2017. Doi: https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.11.026

MUNZLINGER, E.; NARCIZO, F. B.; DE QUEIROZ, J. E. R. Sistematização de revisões bibliográficas em pesquisas da área de IHC. **Brazilian Computer Society**, v. 5138, p. 51–54, 2012. Disponivel em: https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2400099

NAHMENS, I.; IKUMA, L. H. An Empirical Examination of the Relationship between Lean Construction and Safety in the Industrialized Housing Industry. **Lean Construction Journal**, v. 1, p. 1–12, 2009. Diponivel em: https://www.jstor.org/stable/pdf/248566.pdf

OLIVIERI, H.; GRANJA, A. D.; PICCHI, F. A. Planejamento tradicional, Location-Based Management System e Last Planner System : um modelo integrado. **Scielo**, v. vol.16 no., p. 265–283, 2016. Disponivel: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/324757/1/S1678-86212016000100265.pdf

PARK, JeeWoong; KIM, Kyungki; CHO, Yong K. Framework of automated construction-safety monitoring using cloud-enabled BIM and BLE mobile tracking sensors. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 143, n. 2, p. 05016019, 2016. Disponível em: http://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0001223

PORWAL, Vishal et al. Last planner system implementation challenges. *In:* PROCEEDINGS OF THE 18 ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, IGLC. 2010. Technion, Haifa, Israel **Anais [...].**Technion, Haifa, Israel, Proceedings IGLC-18, July 2010, p. 548-54.Diponivel em: https://leanconstruction.org.uk/wp-content/uploads/2018/10/Porwal-et-al.-2010-Last-Planner-System-Implementation-Challenges.pdf

SULANKIVI, Kristiina; MAKELA, T.; KIVINIEMI, Markku. BIM-based site layout and safety planning. *In:* FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMPROVING CONSTRUCTION AND USE THROUGH INTEGRATED DESIGN SOLUTIONS. 2009, Espoo, Finland **Anais [...].** Espoo, Finland, VTT Technical Research Centre of Finland, 2009. p. 125-140 Disponivel: https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB16678.pdf

SHARMANOV, V. V.; SIMANKINA, T. L.; MAMAEV, A. E. BIM in the assessment of labor protection. **Magazine of Civil Engineering**, [s. l.], v. 69, n. 1, p. 77–88, 2017. http://dx.doi.org/10.18720/MCE.69.7

SETAYESHGAR, S. et al. Real time safety risk analysis of construction projects using BIM and RTLS. *In:* ISARC. PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION. Vilnius Gediminas Technical University, Department of Construction Economics & Property, 2013. **Anais [...].** Montreal, Canada, IAARC Publications, 2013. p. 1. Doi: https://doi.org/10.22260/ISARC2013/0080

TEO, A. L. E. et al. Design for safety: Theoretical framework of the safety aspect of BIM system to determine the safety index. **Construction Economics and Building**, v. 16, n. 4, p. 1–18, 2016. http://dx.doi.org/10.5130/AJCEB.v16i4.4873

WETZEL, E. M.; THABET, W. Y. The use of a BIM-based framework to support safe facility management processes. **Automation in Construction**, v. 60, p. 12–24, 2015. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.09.004

ZHANG, S. et al. BIM-based fall hazard identification and prevention in construction safety planning. **Safety Science**, v. 72, p. 31–45, 2015a. Doi: https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.08.001

ZHANG, S. et al. BIM-based fall hazard identification and prevention in construction safety planning. **Safety Science**, 2015b. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2014.08.001

ZHANG, S.; BOUKAMP, F.; TEIZER, J. Ontology-based semantic modeling of construction safety knowledge: Towards automated safety planning for job hazard analysis (JHA). **Automation in Construction**, v. 52, p. 29–41, 2015. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2015.02.005

ZHANG, Sijie et al. Workforce location tracking to model, visualize and analyze workspace requirements in building information models for construction safety planning. **Automation in Construction**, v. 60, p. 74-86, 2015.. Doi: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.09.009