



Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

## CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE A INTERNET DAS COISAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SEUS IMPACTOS EM PRODUTIVIDADE: ANÁLISE DE TRABALHOS PUBLICADOS EM ÂMBITO INTERNACIONAL<sup>1</sup>

**BORGES, Rodrigo Magalhães Siqueira (1); VIEIRA, Bianca Maria Pacheco (2); CAMPOS, Vanessa Ribeiro (3); BARROS NETO, José De Paula (4)**

- (1) Universidade Federal do Ceará, rodmsb@gmail.com  
(2) Universidade Federal do Ceará, biancampvieira@gmail.com  
(3) Universidade Federal do Ceará, vanessa.campos@ufc.br  
(4) Universidade Federal do Ceará, barrosneto@gercon.ufc.br

### RESUMO

*No setor da construção civil, existem diversos relatos de ineficiência de diversas atividades, as quais ocasionam perdas consideráveis em produtividade. Como tentativa de aumentar a produtividade das atividades, a Internet das Coisas (IoT) tem se tornado uma forte aliada ao possibilitar captar informações complexas com precisão, comumente difíceis de serem obtidas sem o auxílio da Tecnologia da Informação. A partir dessa abordagem, este trabalho propõe uma pesquisa bibliométrica de artigos relacionando IoT e Construção Civil, verificando os impactos na produtividade. Os artigos foram pesquisados entre os anos de 2015 e 2019 em diversos periódicos e congressos de grande relevância no meio científico, como a revista "Automation in Construction" e o jornal "Journal of Information Technology in Construction" (ITcon). Por meio da pesquisa, foi possível compreender e organizar as informações coletadas, por exemplo, quais os ambientes mais estudados, quais os assuntos mais discutidos, quais localidades os estudos são realizados com maior frequência, etc. Como resultado, foram identificados e analisados 61 artigos, o que indica o grande potencial de aplicação da IoT no setor da construção civil.*

**Palavras-chave:** Internet das Coisas, IoT, Construção civil, Produtividade, Estudo bibliométrico.

### ABSTRACT

*In construction sector, there are several reports of inefficiency in many activities, which cause considerable losses in productivity. In an attempt to increase activities productivity, the Internet of Things (IoT) has become a strong ally, allowing to capture complex information with precision, commonly difficult to be obtained without the aid of Information Technology. From this approach, this paper proposes a bibliometric study of articles relating IoT and construction, verifying the impacts on activities productivity. The papers were researched between the years 2015 and 2019 in several periodicals and congresses of great relevance in the scientific*

---

<sup>1</sup> BORGES, Rodrigo Magalhães Siqueira; VIEIRA, Bianca Maria Pacheco; CAMPOS, Vanessa Ribeiro; BARROS NETO, José De Paula. Caracterização da produção científica sobre a Internet das Coisas na Construção Civil e seus impactos em produtividade: Análise de trabalhos publicados em âmbito internacional. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

environment, such as the magazine "Automation in Construction" and the journal "Journal of Information Technology in Construction" (ITcon). Through the research, it was possible to understand and organize the information collected, such as: which environments are most studied, which subjects are most discussed, where the studies are performed most frequently, among others. As a result, 61 papers were identified and analyzed, which indicates the great potential of IoT's application in civil construction sector.

**Keywords:** Internet of Things, IoT, Construction, Productivity, Bibliometric study.

## 1 INTRODUÇÃO

A Internet das Coisas ou *Internet of Things* (IoT) colabora para a elaboração de aplicativos inteligentes em muitos setores da indústria, os quais, se utilizados de forma eficiente, podem auxiliar ganhos em produtividade. No setor da construção civil esse resultado não é diferente, já que diversos campos com potenciais aplicações inteligentes foram identificados no Setor, os quais incluem monitoramento da construção, gerenciamento do canteiro de obras, segurança do trabalho, gerenciamento de recursos, entre outros (ŠTEFANIČ; STANKOVSKI, 2019).

Tendo em vista o potencial de aplicações da IoT na Construção Civil, o presente artigo propõe desenvolver um estudo bibliométrico utilizando como base revistas e congressos de renome ao meio científico, com o objetivo de buscar entender em quais áreas a IoT tem se demonstrado uma forte aliada para melhorias em produtividade na Construção Civil. Além disso, busca-se também identificar em quais locais e como essas tecnologias estão sendo mais comumente utilizadas, além de verificar tendências para usos futuros.

## 2 IOT E PRODUTIVIDADE

Segundo Chandanshive (2017) a IoT gera conectividade entre o meio virtual e objetos físicos reais por meio da comunicação em tempo real entre tais dispositivos. Heiskanen (2017) apresenta a IoT como uma inovação capaz de melhorar a produtividade na Construção Civil, onde diversas informações sobre produtos e materiais não fluem de maneira otimizada.

Em relação a sua aplicabilidade, a IoT tem tido diversas aplicações nos mais diversos ambientes da indústria da construção. Asgari e Rahimian (2017) comentam que a IoT facilita o processo de coordenação de projetos complexos de construções ao utilizar sensores e tecnologias sem fio que permitem que equipamentos sejam conectados a sistemas centrais. Isso proporciona maior controle (JIA et al., 2019) e segurança na execução de atividades, bem como economia em tempo e custo (ASGARI; RAHIMIAN, 2017).

## 3 METODOLOGIA

O estudo voltado aos aspectos quantitativos da produção, disseminação e uso da informação registrada é conhecido como "bibliometria", o qual identifica padrões que auxiliam na elaboração de previsões para tomadas de decisão (TAGUE-SUTCLIFFE, 1992).

De acordo com Rousseau (1998), a utilização de indicadores bibliométricos para a avaliação de instituições científicas permite gerar informações que possibilitam uma análise fundamentada sobre a pesquisa na área em estudo.

A Figura 1 apresenta o delineamento da pesquisa organizada por etapas.

Figura 1 – Metodologia de pesquisa



Fonte: Os Autores (2020)

Na etapa da revisão bibliográfica, a partir do Portal de Periódicos CAPES/MEC, foram levantados os artigos que continham as palavras "Internet of Things", "IoT", "Sensor", "Productivity" e "Construction", em qualquer seção do artigo, entre os anos de 2015 e 2019.

Para caracterizar a produção científica, foram coletados dados referentes à quantidade de publicações ao longo do tempo, aos ambientes estudados, ao foco dos estudos, aos locais de atuação dos autores e aos veículos utilizados para as publicações. A seguir, são resumidamente descritos os dados coletados:

- a) Quantidade de publicações ao longo do tempo: indica o volume de pesquisas que vem sendo desenvolvidas sobre IoT e produtividade ao longo dos anos, permitindo verificar a tendência no volume de pesquisas;
- b) Veículo de publicação: indica em quais meios os artigos foram publicados, por exemplo, revistas, jornais, congressos, etc;
- c) Ambiente estudado: visualiza em quais ambientes são realizados os estudos envolvendo IoT e produtividade, por exemplo, obra, edifício em operação, indústria de pré-fabricados, escritório, rede de água e de esgoto, entre outros;
- d) Foco do estudo: indica quais assuntos relacionando IoT e produtividade estão sendo mais pesquisados atualmente, ou seja, qual a área da IoT que concentra maior quantidade de estudos, por exemplo, monitoramento de equipamentos, execução de atividades, recursos humanos, etc;
- e) Local de atuação dos autores: indica a localidade em que cada autor realiza suas pesquisas, permitindo visualizar em quais países e regiões os estudos envolvendo IoT e Construção Civil são mais estudados.

Após a categorização dos dados, os mesmos seguiram para a etapa de agrupamento e análise, com o objetivo de classificar os artigos semelhantes, para então estabelecer conclusões a respeito do trabalho.

## 4 RESULTADOS

Após a identificação e análise dos artigos, foram obtidos os seguintes resultados.

### 4.1 Quantidade de publicações ao longo do tempo

Ao total foram identificados 61 artigos, somando-se as publicações em congressos, jornais e revistas. O resultado é apresentado na Tabela 1.

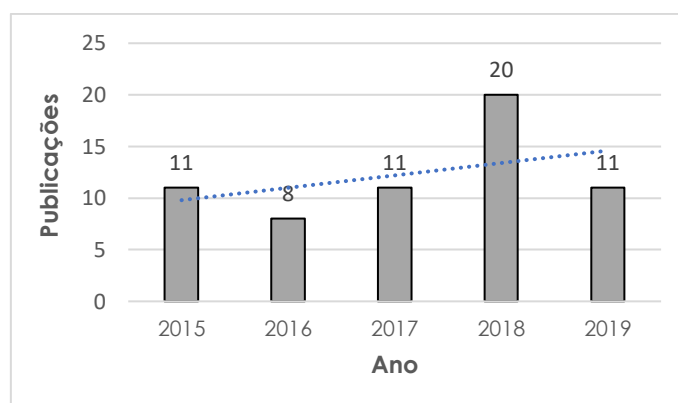
Tabela 1 – Frequência das publicações

Ano	2015	2016	2017	2018	2019	Total
Publicações	11	8	11	20	11	61

Fonte: Os Autores (2020)

Por meio de um gráfico de linha de tendência (Figura 1), nota-se que a quantidade de publicações tende a apresentar um resultado crescente. É interessante perceber também que embora na referida figura conste que o ano de 2018 apresenta uma maior quantidade de artigos publicados do que o ano de 2019, isso não indica uma queda no volume de publicações, pois somente foram considerados artigos publicados até o mês de junho de 2019. O aumento significativo do volume de publicações nos últimos anos indica a importância da utilização da IoT para a construção civil na atualidade.

Figura 1 – Tendência das publicações

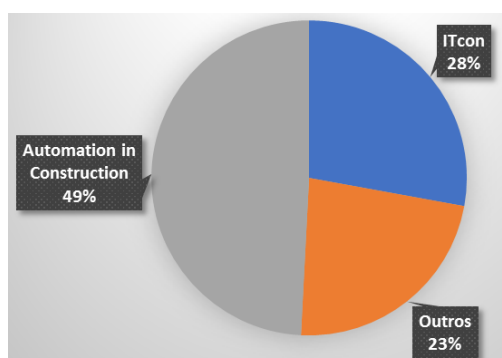


Fonte: Os Autores (2020)

## 4.2 Veículos de publicação

Dentre os artigos encontrados em jornais ou revistas, percebe-se que há uma maior quantidade de publicações na revista "Automation in Construction", com 30 publicações (49%), e no jornal "Journal of Information Technology in Construction" (ITcon), com 17 publicações (28%). Alguns deles também foram encontrados em congressos, embora em um volume menor, tais como IGLC, IEEE e ISARC. Os artigos identificados nos congressos foram classificados como "Outros", devido a existência de diversos congressos diferentes encontrados em relação ao assunto pesquisado. Os resultados podem ser visualizados através da Figura 2.

Figura 2 – Veículos de publicação



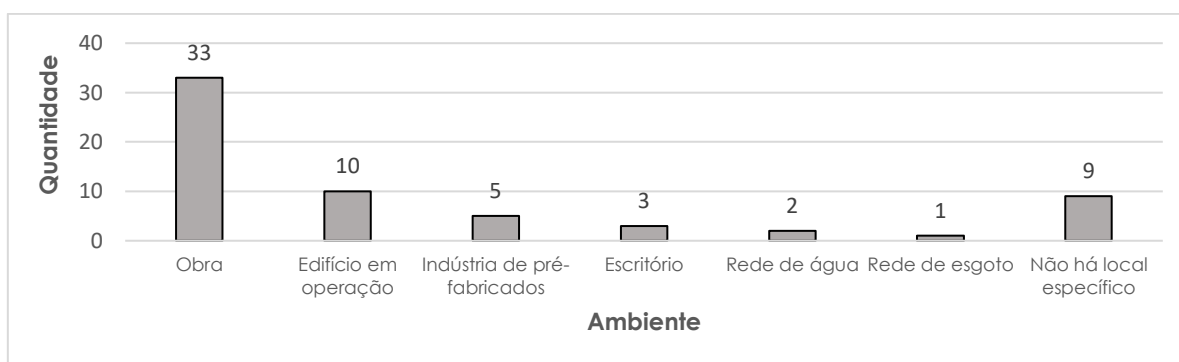
Fonte: Os Autores (2020)

## 4.3 Ambiente estudado

Em relação aos ambientes estudados (Figura 3), foi verificado que a IoT é principalmente voltada à "obra", de uma forma geral, ou seja, a atividades de

campo, tais como: execução de edifícios, escavação de metrô, terraplanagem, construção de túnel, estradas, etc. O ambiente “edifício em operação” também foi identificado com bastante frequência, o que significa que a IoT também vem sendo muito utilizada para obras concluídas, ou seja, já na fase de operação do ciclo de vida da edificação. Diversos outros ambientes também apareceram na pesquisa, como aplicação de IoT em indústrias de pré-fabricados, escritórios de projetos ou até mesmo para monitoramento de redes de água ou esgoto. O termo “não há local específico” foi escolhido para representar artigos voltados a revisões da literatura, além de locais que são bastante diversificados ou que foram escolhidos pelos autores para representar situações hipotéticas.

Figura 3 – Ambientes estudados

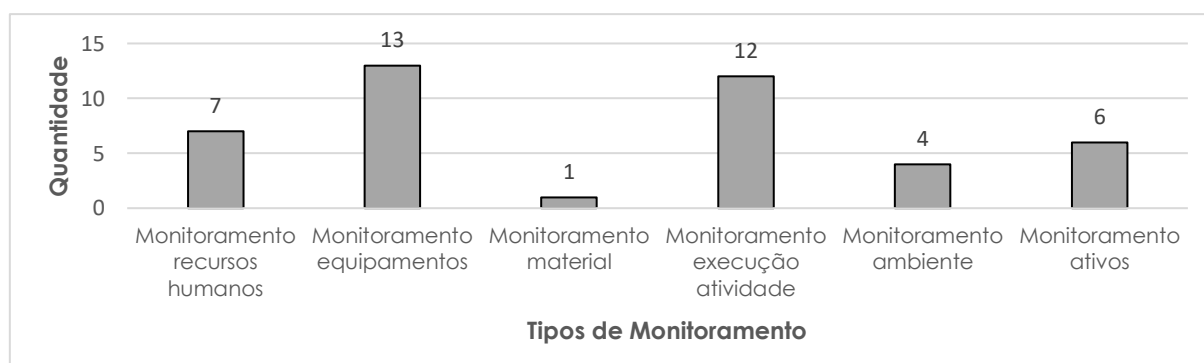


Fonte: Os Autores (2020)

#### 4.4 Foco dos estudos

Em relação ao foco dos estudos, ou assuntos estudados, foi verificado que as aplicações mais frequentes da IoT no setor da construção civil ocorrem principalmente em relação ao monitoramento, quer seja de recursos humanos, equipamentos, materiais, execução de atividades, ativos ou ambiental. Nota-se que todos os tipos de monitoramento impactam diretamente ou indiretamente na produtividade. Para facilitar o entendimento de tal aplicação da IoT, a Figura 4 detalha quais os tipos de monitoramento que estão presentes nos artigos encontrados.

Figura 4 – Foco dos estudos



Fonte: Os Autores (2020)

No “monitoramento de recursos humanos”, pode-se medir a produtividade dos colaboradores, a fim de verificar se a mão de obra está sendo eficiente, e estabelecer diretrizes em busca de corrigir as ineficiências existentes. Teizer e Cheng

(2015) comentam que as aplicações IoT podem ser utilizadas para comparar trajetos, os quais algumas vezes revelam obstáculos e áreas potencialmente perigosas no canteiro, e definir o caminho ideal dos trabalhadores no local de construção, tanto em relação ao percurso mais seguro, como o mais produtivo. Portanto, por meio do registro do menor número de “pegadas” (ou passos) dos colaboradores, pode-se então identificar o “caminho ideal”, em termos de maior produtividade e segurança.

No “monitoramento de equipamentos”, pode-se citar o monitoramento do levantamento de objetos por guindaste (ZHOU et al., 2018), o monitoramento do funcionamento de uma escavadeira (ŠTEFANIČ; STANKOVSKI, 2019) ou o monitoramento da ação de vibradores de concreto (GONG et al., 2015). O monitoramento desses equipamentos objetiva proporcionar melhorias em relação à eficiência da atividade desempenhada por tais máquinas. Assim, nota-se, por exemplo, que o monitoramento do levantamento de objetos por guindaste contribui para o êxito da realização dessa atividade, evitando retrabalhos, além de reduzir os riscos da ocorrência de acidentes, os quais estagnariam o funcionamento da obra, interferindo negativamente na produtividade, caso viessem a ocorrer.

Quanto ao “monitoramento de materiais”, verifica-se, por exemplo, o uso da IoT no monitoramento da umidade do concreto, o que proporciona maior controle de seu processo de endurecimento. Com um controle mais rigoroso, evita-se o desperdício de materiais, ou seja, de materiais que não atingiram a resistência adequada, e também da necessidade de retrabalhos, caso o concreto não viesse a atingir a umidade adequada (ZHOU et al., 2016).

Em relação ao “monitoramento da execução de atividades”, pode-se citar como exemplo aplicações para controle de movimentação de terra (LOUIS; DUNSTON, 2018), tráfego de máquinas pesadas (ROSSI et al, 2019) e execução de alvenaria. Tal monitoramento proporciona maior controle dessas atividades, facilitando a visualização se a atividade está sendo desempenhada de forma eficiente.

Quanto ao “monitoramento do ambiente”, ele tem como objetivo controlar o ambiente o qual está sendo realizada a obra, a fim de verificar se esse ambiente está em condições ambientais favoráveis para a realização das atividades (TEIZER et al., 2017). Nota-se sua importância, já que as condições ambientais interferem na qualidade do trabalho desempenhado pelos colaboradores, impactando toda a produtividade da obra.

Finalmente, compondo a última classe em relação ao foco dos estudos, têm-se o “monitoramento de ativos”, principalmente instalações, o qual objetiva entender se determinado ativo está desempenhando sua atividade de maneira eficiente (BARACHO; CUNHA; PEREIRA JUNIOR, 2018).

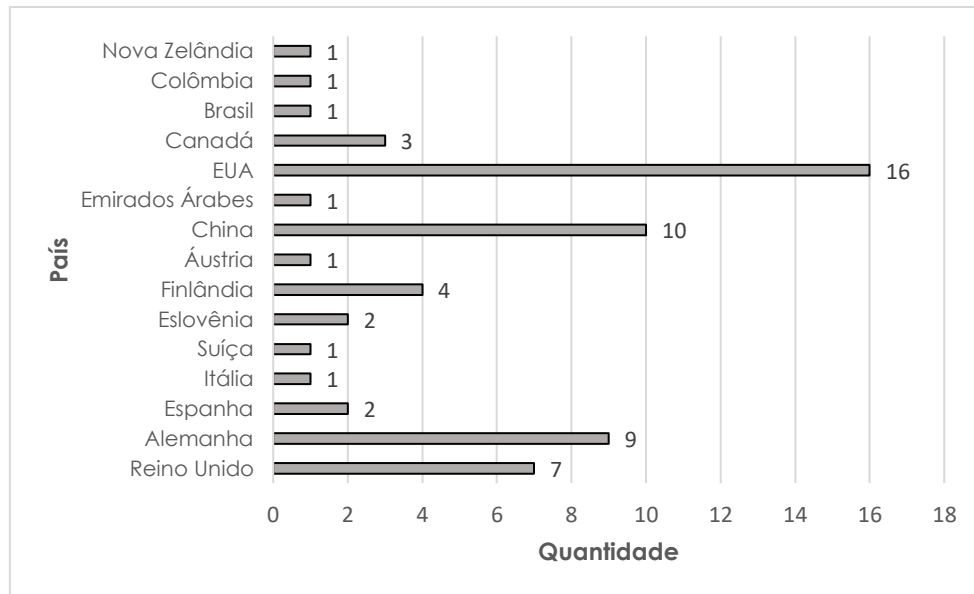
#### **4.5 Local de atuação dos autores**

Em relação ao local de atuação dos autores, foram identificadas as localidades em que os autores publicam os artigos, com base na localização das instituições de ensino as quais os autores integram. Foi verificado que EUA, China, Alemanha e Reino Unido são os locais mais expressivos em relação à quantidade de publicações (Figura 5), indicando que há grandes incentivos nesses países para o desenvolvimento de pesquisas que relacionam IoT à Construção Civil.

Alguns continentes, como América do Sul, Oceania e Oriente Médio, apresentaram

pouquíssimas publicações ao longo do período analisado, demonstrando uma certa precariedade de estudos relacionando IoT à Construção Civil nesses locais, em termos de quantidade de artigos produzidos. No Brasil, por exemplo, foi contabilizado apenas um único artigo, indicando provavelmente uma ineficiência do País no desenvolvimento de tecnologias IoT voltadas à área estudada.

Figura 5 – Local de atuação dos autores



Fonte: Os Autores (2020)

## 5 CONCLUSÕES

Apesar do presente trabalho apresentar um estudo bibliométrico sucinto, o qual abrange 61 artigos publicados em revistas, jornais e congressos, pôde-se estabelecer algumas conclusões, já que os periódicos possuem boa reputação no ambiente científico. Em relação ao foco dos estudos, assuntos de monitoramento, principalmente em relação a equipamentos, execução de atividades e recursos humanos, são os mais pesquisados, indicando que a IoT tem contribuído bastante nesses assuntos, principalmente em relação a ganhos em produtividade. Quanto aos ambientes estudados, nota-se que há uma maior quantidade de estudos no próprio ambiente da execução de obras, o que demonstra que a IoT tem contribuído bastante na execução e no controle das atividades realizadas no canteiro de obras de uma forma mais eficiente. Quanto ao local de atuação dos autores, percebe-se que, em geral, os estudos estão concentrados nos continentes europeu, norte-americano e asiático. Nota-se que os demais continentes apresentam um baixo volume de publicações, o que indica que ainda há um amplo espaço a ser explorado em pesquisas que vinculam IoT à Construção Civil nesses locais. Por fim, percebe-se que o presente artigo bibliométrico desenvolvido cumpriu com o objetivo proposto, já que se pôde conhecer quais assuntos estão sendo mais pesquisados e qual a tendência dos estudos para os anos seguintes.

## REFERÊNCIAS

ASGARI, Zeynab; RAHIMIAN, Farzad Pour. Advanced Virtual Reality Applications and Intelligent Agents for Construction Process Optimisation and Defect Prevention. **Procedia Engineering**, v. 196, p. 1130-1137, 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.070>.

- BARACHO, R.M.A.; CUNHA, I. B. A.; PEREIRA JUNIOR, M. L.. Information Modeling and Information Retrieval for the Internet of things (IoT) in Buildings. **JOURNAL OF SYSTEMICS, CYBERNETICS AND INFORMATICS**, v. 16, p. 85-91, 2018.S, CYBERNETICS AND INFORMATICS, 2018.
- CHANDANSHIVE, Viren B.; KAZI, Arbaz M. **Application of Internet of Things in Civil Engineering construction projects- A State of the Art**. In: International Conference On Computing For Sustainable Global Development, 4., 2017, New Delhi, p. 1836-1839.
- GONG, Jie; YU, Yi; KRISHNAMOORTHY, Raghav; RODA, Andrés. Real-time tracking of concrete vibration effort for intelligent concrete consolidation. **Automation In Construction**, v. 54, p. 12-24, jun. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2015.03.017>.
- JIA, Mengda; KOMELLY, Ali; WANG, Yueren; SRINIVASAN, Ravi S. Adopting Internet of Things for the development of smart buildings: A review of enabling technologies and applications. **Automation In Construction**, v. 101, p. 111-126, maio 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2019.01.023>.
- HEISKANEN, Aarni. The technology of trust: How the Internet of Things and blockchain could usher in a new era of construction productivity. **Construction Research And Innovation**, v. 8, n. 2, p. 66-70, 3 abr. 2017. <http://dx.doi.org/10.1080/20450249.2017.1337349>.
- LOUIS, Joseph; DUNSTON, Phillip S.. Integrating IoT into operational workflows for real-time and automated decision-making in repetitive construction operations. **Automation In Construction**, v. 94, p. 317-327, out. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2018.07.005>.
- ROSSI, Andrea; VILA, Yanet; LUSIANI, Federico; BARSOTTI, Ludovico; SANI, Luca; CECCARELLI, Pierfrancesco; LANZETTA, Michele. Embedded smart sensor device in construction site machinery. **Computers In Industry**, v. 108, p. 12-20, jun. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2019.02.008>.
- ROUSSEAU, Ronald. Indicadores bibliométricos e econométricos para a avaliação de instituições científicas. **Ciência da Informação**, v. 27, n. 2, p. 145-158, 1998. SciELO. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-19651998000200007>.
- ŠTEFANIČ, Matej; STANKOVSKI, Vlado. A review of technologies and applications for smart construction. **Proceedings Of The Institution Of Civil Engineers - Civil Engineering**, v. 172, n. 2, p. 83-87, maio 2019. Thomas Telford Ltd. <http://dx.doi.org/10.1680/jcien.17.00050>.
- TAGUE-SUTCLIFFE, Jean. An introduction to informetrics. **Information Processing & Management**, v. 28, n. 1, p. 1-3, jan. 1992. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0306-4573\(92\)90087-g](http://dx.doi.org/10.1016/0306-4573(92)90087-g).
- TEIZER, Jochen; CHENG, Tao. Proximity hazard indicator for workers-on-foot near miss interactions with construction equipment and geo-referenced hazard areas. **Automation In Construction**, v. 60, p. 58-73, dez. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2015.09.003>.
- TEIZER, Jochen; WOLF, Mario; GOLOVINA, Olga; PERSCHEWSKI, Manuel; PROPACH, Markus; NEGES, Matthias; KÖNIG, Markus. **Internet of Things (IoT) for Integrating Environmental and Localization Data in Building Information Modeling (BIM)**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION, 34., 2017, Taipei.
- ZHOU, Cheng; LUO, Hanbin; FANG, Weili; WEI, Ran; DING, Lieyun. Cyber-physical-system-based safety monitoring for blind hoisting with the internet of things: a case study. **Automation In Construction**, v. 97, p. 138-150, jan. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2018.10.017>.
- ZHOU, Shuangxi; DENG, Fangming; YU, Lehua; LI, Bing; WU, Xiang; YIN, Baiqiang. A Novel Passive Wireless Sensor for Concrete Humidity Monitoring. **Sensors**, v. 16, n. 9, p. 1535-1542, 20 set. 2016. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/s16091535>.