INDICADORES DE DESEMPENHO COM FOCO NA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL PROMOVIDA PELA CONSTRUÇÃO 4.0[1]

FERNANDES, Luara Lopes de Araujo (1); COSTA, Dayana Bastos (2);
(1) Universidade Federal da Bahia, luara.fernandes@gmail.com (2) Universidade Federal da Bahia, dayanabcosta@ufba.br

RESUMO

A indústria da construção vem passando por uma mudança significativa com o surgimento da indústria 4.0. Entretanto, para obter sucesso e vantagens competitivas, as empresas precisam entender como os processos transformados devem ser gerenciados e medidos. Pesquisadores tem discutido e proposto indicadores de desempenho com foco na indústria 4.0, porém existe uma lacuna no que se refere ao contexto específico da construção 4.0. Assim, o objetivo deste trabalho é identificar indicadores a serem incorporados em Sistemas de Medição de Desempenho (SMD) no setor da construção, visando medir as transformações promovidas pela digitalização no contexto da construção 4.0. Nesse sentido, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura para identificar os indicadores que estão sendo propostos e aplicados no âmbito da indústria 4.0 e com potencial de incorporação no contexto da construção civil. Além das medidas tradicionais relacionadas a custo, qualidade e produtividade, foram identificados novos indicadores principalmente no que se refere aos contextos organizacionais, de recursos humanos e gestão dos sistemas e da tecnologia. A principal contribuição deste trabalho é a indicação inicial de medidas que podem contribuir para o setor da construção melhorar o seu desempenho impulsionado pela transformação digital.

Palavras chave: *Medição de desempenho, Métricas, Digitalização na construção, CR 4.0.*

ABSTRACT

The construction industry has undergone a meaningful change with the emergence of industry 4.0. However, to achieve success and competitive advantages, companies need to understand how changed processes must be managed and measured. Researchers have been discussing and proposing performance indicators focused on industry 4.0, but there is a gap in the specific context of Construction 4.0. Therefore, this study aims to identify indicators that can be incorporated in Performance Measurement Systems (PMS) in the construction sector to measure the transformations promoted by digitalization in the context of construction 4.0. Thus, a Systematic Literature Review was carried out to identify the indicators that are being adopted in PMS of the manufacturing sector and to evaluate the potential for incorporation and adequacy in the context of building construction. In addition to the traditional measures related to cost, quality, and productivity, new indicators were identified, especially regarding the organizational context, human resources, and systems and technologies management. The main contribution of this paper is the initial indication of measures for the construction sector that can contribute to the improvement of the performance driven by digital transformation.

Keywords: *Performance measurement, Metrics, Digitalization on construction, CR 4.0.*

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção está vivenciando uma mudança significativa com o surgimento da quarta revolução industrial (ou Indústria 4.0). O advento da indústria 4.0 tem o potencial de promover diversas transformações nos processos produtivos. De acordo com Rosin *et*

[1] FERNANDES, L. L. A.; COSTA, D. B. Indicadores de desempenho com foco na transformação digital promovida pela construção 4.0. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 12., 2021, Maceió. **Anais**[...] Porto Alegre: ANTAC, 2021. p.1-8. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/469. Acesso em: 2 out. 2021.

al. (2019), as tecnologias da indústria 4.0 são os meios para implementar os princípios da comunicação, flexibilidade e tempo real e são apresentadas como essenciais para melhorar a produtividade de empresas do sistema fabril. Para Lorenz *et al*. (2015), a indústria 4.0 irá proporcionar a coleta e análise de dados entre máquinas, permitindo processos mais rápidos, flexíveis e eficientes, visando produzir produtos com melhor qualidade e menores custos, o que irá aumentar a produtividade, mudar economias, promover o crescimento industrial e mudar o perfil da força de trabalho.

Apesar de originalmente aplicada à manufatura, a transformação digital na era da indústria 4.0 está alterando, de forma lenta, porém intensa, o setor da construção (DALLASEGA *et al*., 2018), transformando-o para um sistema digitalizado chamado atualmente de construção 4.0 (ADEPOJU; AIGBAVBOA, 2020). A construção 4.0 é uma abordagem inovadora da gestão da construção, impulsionada por tecnologias da indústria 4.0, que possibilita a concepção de um canteiro de obras inteligente (OSUNSANMI *et al*., 2020). Dentre as inovações tecnológicas dentro do setor da construção, algumas estão alcançando maior visibilidade e sendo discutidas no meio acadêmico, tais como: drones no acompanhamento de obra, tablet no controle e execução de obras, equipamentos robotizados no canteiro, e o Building Information Modeling (SILVA; SIMÃO; MENEZES, 2018).

Entretanto, a implementação dessas tecnologias vai gerar expectativas em termos de eficiência, agilidade, integração, transparência, aspectos financeiros e aumento da satisfação do cliente (FREDERICO *et al*., 2020). Assim, para obter sucesso e usar essas oportunidades como vantagens competitivas, as empresas precisam entender como os processos de negócios transformados e novos devem ser gerenciados e medidos (KLOVIENE; UOSYTE, 2019). As mudanças causadas pela digitalização têm sido descritas em várias análises, porém os instrumentos para registrá-las com o auxílio de indicadores de gestão da produção mal foram considerados até então (JOPPEN *et al*., 2019). Essas mudanças requerem ajustes no sistema de medição de desempenho para obter real eficiência e efetividade da inovação (KLOVIENE; UOSYTE, 2019), uma vez que indicadores chave convencionais não capturam suficientemente as mudanças na produção devido à industrialização (JOPPEN *et al*. 2019). Dessa forma, é necessário o estabelecimento de indicadores de desempenho para dar suporte ao processo de melhoria contínua nas organizações que estejam em processo de transformação no contexto da construção 4.0, bem como nortear pesquisadores no sentido de desenvolver estudos com foco nas lacunas identificadas.

A academia tem debatido e aplicado indicadores de desempenho com foco na indústria 4.0 (ANTE *et al*. 2018; KAMBLE *et al*. 2020; FREDERICO *et al*., 2020; KLOVIENE; UOSYTE, 2019; XIE *et al*., 2020), porém existe uma lacuna relacionada ao contexto específico da construção 4.0. Assim, o objetivo deste trabalho é identificar indicadores a serem incorporados em Sistemas de Medição de Desempenho voltados para o setor da construção, visando medir as transformações promovidas pela digitalização no contexto da construção 4.0. Nesse sentido, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura para identificar os indicadores que estão sendo propostos e aplicados no âmbito da indústria 4.0 e com potencial de incorporação e adequação no contexto da construção civil.

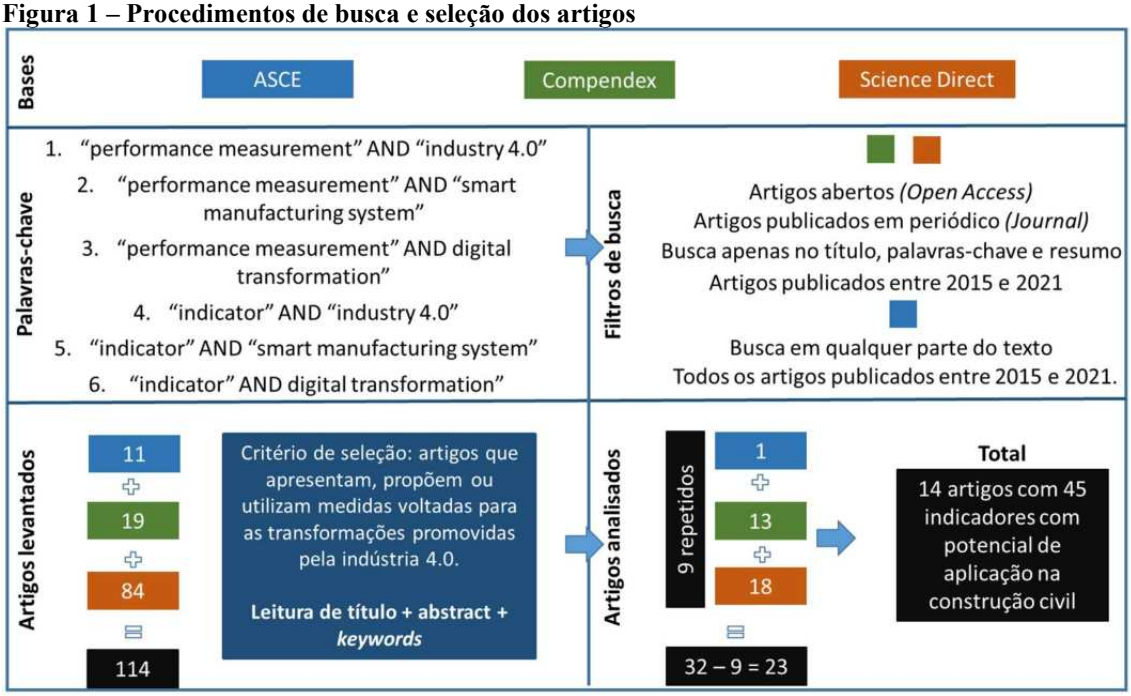
2 MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa adotada nesse estudo é a Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Essa estratégia envolve uma pesquisa abrangente e sistemática para localizar os trabalhos relevantes publicados e não publicados que abordam uma ou mais questões de pesquisa, e uma apresentação sistemática e integração das características e conclusões dos resultados (SIDDAWAY; WOOD; HEDGES, 2019). Neste estudo, a questão específica a ser respondida é “Quais indicadores estão sendo utilizados para medir o desempenho no

âmbito da Indústria 4.0 que tem potencial de serem implementados em Sistemas de Medição de Desempenho da construção civil, no contexto da construção 4.0?”.

Os procedimentos de busca e seleção dos artigos estão apresentados na Figura 1. As bases de dados ASCE, Compendex e Science Direct foram selecionadas devido a relevância destas em publicações nas áreas de estudo da Engenharia Civil e pela experiência prévia das pesquisadoras nestas bases. Visando encontrar artigos mais específicos em relação ao tema, as palavras-chave foram buscadas sempre duas a duas, combinando o tema de “medição de desempenho” com o de “indústria 4.0”. Além disso, as palavras-chave foram estabelecidas em inglês, no intuito de aumentar o alcance da busca. Os filtros de busca para a base ASCE foram menos específicos em relação às outras duas adotadas devido à maior limitação de busca e menor disponibilidade de artigos em relação ao tema nesta, uma vez que seu foco está apenas em trabalhos da Engenharia Civil, não contemplando outras indústrias. Foram analisados 23 artigos, dentre os quais 14 apresentaram um total de 45 indicadores com potencial de aplicação na construção civil.

Figura 1 – Procedimentos de busca e seleção dos artigos



Fonte: Autores (2021)

3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Baseado nas potenciais transformações da Indústria 4.0 (ROSIN *et al*., 2019; LORENZ *et al*., 2015), nas características inerentes ao setor da construção (unicidade do produto, grande número de partes envolvidas, baixa produtividade, produto com alto valor e baixa margem de lucro, entre outras) e nas medidas encontradas na literatura, os 45 indicadores levantados foram estratificados em 9 dimensões, estabelecidas pelas autoras, quais sejam: (a) Gestão da produção, (b) Custo, (c) Gestão do produto, (d) Organização (e) Logística, (f) Recursos humanos, (g) Gestão dos sistemas /tecnologias, (h) Comunicação e (i) Sustentabilidade. As medidas foram analisadas e comparadas com base nos indicadores de desempenho voltados para construção civil propostos por Navarro (2005) e Costa *et al*. (2005), visando a identificação de lacunas em relação aos indicadores levantados. O Quadro 1 apresenta as dimensões para os indicadores e as medidas e fórmulas identificadas.

Quadro 1 – Dimensões para indicadores, medidas e fórmulas

Dimensão	Indicadores/Medidas e Fonte	Fórmula*
Gestão da produção	Planejamento da produção (baseado em dados de consumo em tempo real) (TORBACKIA; KIJEWSKA, 2018)	-
	Agendamento de serviços em tempo real (KAMBLE *et al*., 2019)	-
	Frequência de execução (**FISCHER *et al*., 2021**)	EFi =|Pi|, sendo Pi o número de instâncias do processo.
	Tempo real de produção (KAGANSKI, MAJAK; KARJUST, 2018)	-
	Entrega no prazo (KAGANSKI, MAJAK; KARJUST, 2018)	-
	Produtividade da mão de obra (KAMBLE *et al*., 2019)	-
	Taxa de retrabalho (JOPPEN *et al*., 2019)	-
	Tempo de ciclo (**BAUTERS *et al*., 2018**)	CTi = T(Fim) - T(início)
	Tempo Takt (**BAUTERS *et al*., 2018**; KAGANSKI, MAJAK; KARJUST, 2018)	Takt = No. de ciclos dentro do tempo takt / No. total de ciclos
	Variação do tempo de ciclo (**BAUTERS *et al*., 2018**)	CTcv = σ / μ, sendo σ = desvio padrão e μ = média do tempo de ciclo
	Monitoramento de processos em tempo real (KAMBLE *et al*., 2019)	-
Custo	Orçamento de investimento alocado para digitalização e automação (**SCHUMACHER; SIHN, 2020**)	% da receita anual alocada para projetos de digitalização
	Custo de retrabalho (KAMBLE *et al*., 2019)	-
	Lucro (KAMBLE *et al*., 2019)	-
	Custo de energia (KAMBLE *et al*., 2019)	-
	Custo por unidade produzida (KAMBLE *et al*., 2019)	-
	Custo de manutenção do produto (KAMBLE *et al*., 2019)	-
Gestão do produto	Proporção de outliers (**BAUTERS *et al*., 2018**)	Pout = No. Outliers / No. Ciclos
	Nível de qualidade (JOPPEN *et al*., 2019)	-
	Redução da quantidade de inspeções (KAMBLE *et al.,* 2019)	-
Organização	Amplitude (**BUCHI; CUGNO; CATAGNOLI, 2020**)	No. de tecnologias usadas
	Profundidade (**BUCHI; CUGNO; CATAGNOLI, 2020**)	No. de estágios da cadeia de valor envolvidos
Logística	Disponibilidade de informação em tempo real – Localização e horário de entrega do material **(SCHUMACHER; SIHN, 2020);**	[%] de entregas de materiais para os quais a localização e o horário de chegada são monitorados em tempo real
	Monitoramento de fornecedores em tempo real (KAMBLE *et al*. 2019);	-
	Suporte para planejamento de processos logísticos usando IoT (TORBACKIA; KIJEWSKA, 2018)	-
	Tempo de transporte (**BEHAM *et al*., 2020**)	No. de horas
Recursos humanos	Predição da eficiência da mão de obra em tempo real (KAMBLE *et al*., 2019)	-
	Melhoria nas condições de saúde do trabalhador (KAMBLE *et al*., 2019)	-

Quadro 1 – Dimensões para indicadores, medidas e fórmulas

Dimensão	Indicadores/Medidas e Fonte	Fórmula*
	Habilidade de inovação dos membros (XIE *et al.,* 2020)	-
	Redução da incidência de lesões (KAMBLE *et al*., 2019)	-
	Redução de reclamações dos trabalhadores (KAMBLE *et al*., 2019)	-
	Treinamento anual para aumentar as competências de digitalização de funcionários em áreas administrativas **(SCHUMACHER; SIHN, 2020);**	% de funcionários em áreas administrativas que recebem pelo menos um treinamento anual para aumentar suas competências digitais
Gestão dos sistemas /tecnologias	Eficiência da tecnologia da informação (JOPPEN *et al*., 2019)	-
	Taxa de adoção de novas tecnologias (XIE *et al.,* 2020)	-
	Confiabilidade dos dados (KAMBLE *et al*., 2019)	-
	Recursos virtualmente controláveis (JOPPEN *et al*., 2019)	-
	Tempo produtivo do equipamento (**DOYLE; COSGROVEB, 2019**)	No. de horas
	Desempenho do equipamento (**BRODNY; TUTAK, 2019**)	D = (Desempenho real / Desempenho normativo) x 100%
Comunicação	Colaboração entre parceiros (KAMBLE *et al*., 2019)	-
	Alterações no design e na engenharia em tempo real (KAMBLE *et al*., 2019)	-
Sustentabili-dade	Índice de qualidade do ar (LIU, WANG; TZENG, 2018)	-
	Edifícios construídos ou reformados de acordo com os princípios da edificação verde (últimos 5 anos) (**MAJA; MEYER; SOLMS, 2020**)	% de edifícios construídos ou reformados de acordo com os princípios da edificação verde
	Taxa de uso de energia renovável (LIU, WANG; TZENG, 2018)	-
	Aplicação de tecnologias que reutilizam e reciclam seus componentes (TORBACKIA; KIJEWSKA, 2018)	-
	Redução da emissão de gases de efeito estufa (TORBACKIA; KIJEWSKA, 2018)	-

***** Os autores que propõem as fórmulas estão destacados em **negrito**.
Fonte: Autores (2021)

Navarro (2005) propôs indicadores nas seguintes dimensões: Mão de obra (ex.: Controle de custo, Índice de absenteísmo, Índice de rotatividade, Taxa de frequência de acidentes, entre outros), Engenharia (ex.: PPC[2], % físico executado, desvio de prazo, desvio de custo, etc.), Compras (Avaliação de compras, entre outros), Projetos (Avaliação de fornecedores de projetos), Manutenção (N° de solicitações / N° de unidades, N° de solicitações por serviço / Nº da unidades) e Qualidade (Nº de não conformidades em auditorias). Já Costa *et al*. (2005) propuseram indicadores nas dimensões Produção e Segurança (PPC, Desvio de custo, Desvio de prazo, Taxa de frequência de acidentes, entre outros), Cliente (Satisfação do cliente usuário e do cliente contratante), Vendas (Velocidade de vendas,

[2] Percentual de Planos Concluídos

Índice de contratação), Fornecedores (Avaliação de fornecedores), Qualidade (Não conformidades) e Pessoas (Satisfação do cliente, treinamentos).

Comparado às dimensões apresentadas nos estudos mencionados, percebe-se uma lacuna no que se refere a indicadores de projeto, marketing, cliente, e segurança do trabalhador. Esta última dimensão merece uma atenção especial, uma vez que, de acordo com a Indra Company (2021), os novos recursos tecnológicos envolvem novos riscos, redefinem os riscos já existentes e, podem oferecer uma oportunidade de mitigá-los de forma disruptiva. Bussey (2017) apresenta que há uma grande oportunidade das organizações usarem tecnologia da informação moderna para gerenciar o desempenho da segurança sistematicamente, juntamente com outras funções de negócios como compras, cadeia de suprimentos, entre outras. Dessa forma, é necessário incorporar indicadores que abranjam a dimensão de segurança do trabalhador em um SMD no contexto da construção 4.0.

Nas dimensões Engenharia (NAVARRO, 2005) e Produção e Segurança (COSTA *et al*., 2005), verifica-se alguns indicadores mais específicos para o setor da construção civil como PPC, % físico executado, Desvio de Prazo e Desvio de Custo, que também seriam importantes em um SMD voltado para a construção 4.0. A comparação de valores nos contextos anteriores e atuais poderiam oferecer informações fundamentais do desempenho no contexto da transformação digital.

Uma dificuldade percebida no levantamento dos indicadores na RSL é que apenas 31,11% destes possuem fórmula apresentada pelos autores. Muitos apresentam o indicador e até a importância de medir o aspecto, porém não informa como realizar a medição. Dessa forma, para incorporação em um SMD voltado para construção civil, é necessário o estabelecimento de medidas específicas e com alinhamento às estratégias das empresas e com possibilidade de incorporação nos novos processos gerenciais para que as medições sejam realizadas de forma efetiva.

Este artigo apresenta a primeira etapa de um estudo mais amplo que visa estabelecer um Sistema de Medição de Desempenho para o setor da construção civil com foco nas transformações promovidas pela construção 4.0. A quantidade de indicadores levantados ainda é grande e é necessário um estudo específico das necessidades do setor, com foco nas tecnologias digitais que estão sendo adotadas e nas transformações que estão ocorrendo nos processos, para definição de quais indicadores podem ser, de fato, incorporados nos SMDs com foco na construção 4.0. Além disso, é importante ressaltar que apenas o estabelecimento de medidas de desempenho não é suficiente para melhoria do desempenho, sendo este um passo inicial. Assim, sugere-se que trabalhos futuros relacionados a esse tema contemplem os seguintes cenários: (a) Estabelecimento de um Sistema de Medição de Desempenho para o setor da construção civil com foco nas transformações digitais promovidas pela construção 4.0, de acordo com as necessidades específicas do setor e (b) Estabelecimento de valores de referência para os indicadores propostos. Além disso, sugere-se que empresas desenvolvam seus próprios bancos de dados com valores de referência para estabelecimento de metas e avaliação do desempenho internamente.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo identificar indicadores a serem incorporados em Sistemas de Medição de Desempenho voltados para o setor da construção, visando medir as transformações promovidas pela digitalização no contexto da construção 4.0. Nesse sentido, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura para identificar os indicadores que estão sendo adotados no âmbito da indústria 4.0 e com potencial de incorporação e adequação no contexto da construção civil. Foram levantados 45 indicadores agrupados em 9 dimensões estabelecidas de acordo com potenciais transformações promovidas pela

indústria 4.0 e as próprias medidas verificadas na literatura. Em análise com sistemas de indicadores com foco na construção civil, verificou-se uma lacuna em relação a indicadores das dimensões projeto, marketing, cliente, e segurança do trabalhador. Verificou-se também que a maioria dos autores não propõem fórmula para a medição, o que é uma barreira para a adoção destes indicadores em Sistemas de Medição de Desempenho. Este artigo apresenta a primeira etapa de um estudo mais amplo que visa estabelecer um sistema de medição de desempenho para o setor da construção civil com foco nas transformações promovidas pela construção 4.0. A principal contribuição deste trabalho é a indicação inicial de medidas que podem contribuir para o setor da construção melhorar o seu desempenho impulsionado pela transformação digital.

REFERÊNCIAS

ANTE, G.; FACCHINI, F.; MOSSA, G.; DIGIESI, S. Developing a key performance indicators tree for lean and smart production systems. **IFAC PapersOnLine**, 51, 13-18, 2018.

ADEPOJU, O.; AIGBAVBOA, C. Assessing knowledge and skills gap for construction 4.0 in a developing economy. **Journal of Public Affairs**, 2020.

BAUTERS, K.; COTTYN, J.; CLAEYS, D.; SLEMBROUCK, M.; VEELAERT, P.; VAN LANDEGHEM, H. Automated work cycle classification and performance measurement for manual work stations. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, 51, 2017.

BEHAM, A.; RAGGL, S.; HAUDER, V.; KARDER, J.; WAGNER, S.; AFFENZELLER, M. Performance, Quality, and Control in Steel Logistics 4.0. **Procedia Manufacturing,** 42, 429-433, 2020.

BRODNY, J.; TUTAK, M. Analysing the Utilisation Effectiveness of Mining Machines Using Independent Data Acquisition Systems: A Case Study. **Energies**, 12, 2019.

BÜCHI, G.; CUGNO, M.; CASTAGNOLI, R. Smart factory performance and Industry 4.0. **Technological Forecasting and Social Change,** 150, 2020.

BUSSEY, P. **Safety and Risk Management in the Age of IIoT and Digital Transformation**. LNS Research, 2017.

COSTA, D. B.; FORMOSO, C. T.; LIMA, H.de R.; BARTH, K. B. **Sistema de Indicadores para Benchmarking na Construção Civil: Manual de Utilização**. Porto Alegre, 2005

DALLASEGA, P.; RAUCH, E.; LINDER, C. Industry 4.0 as an enabler of proximity for construction supply chains: A systematic literature review. **Computers in Industry,** 99, 2018.

DOYLE, F.; COSGROVE, J. Steps towards digitization of manufacturing in an SME environment. **Procedia Manufacturing,** 38, 540-547, 2019.

FISCHER, M.; HOFMANN, A.; IMGRUND, F.; JANIESCH, C.; WINKELMANN, A. On the Composition of the Long Tail of Business Processes: Implications from a Process Mining Study. **Information Systems**, 97, 2021.

FREDERICO, G.; GARZA-REYES, J.; KUMAR, A.; KUMAR, V. (2021). Performance measurement for supply chains in the Industry 4.0 era: a balanced scorecard approach. **International Journal of Productivity and Performance Management**, V. 70 No. 4, pp. 789-807, 2021.

INDRA COMPANY. **Digital Transformation: Risks and opportunities for occupational safety**. Blog Neo, 2021.

JOPPEN, R.; VON ENZBERG, S.; GUNDLACH, J.; KÜHN, A.; DUMITRESCU, R. Key performance indicators in the production of the future. **Procedia CIRP**, 81, 759-764, 2019.

KAGANSKI, SERGEI & MAJAK, J. & KARJUST, KRISTO. Fuzzy AHP as a tool for prioritization of key performance indicators. **Procedia CIRP**, 72. 1227-1232, 2018.

KAMBLE, S.; GUNASEKARAN, A.; GHADGE, A.; RAUT, R. A performance measurement system for Industry 4.0 enabled smart manufacturing system in SMMEs: A review and empirical investigation. **International Journal of Production Economics**, 229, 2020.

KLOVIENE, L.; UOSYTE, I. Development of Performance Measurement System in the Context of Industry 4.0: a Case Study. **Engineering Economics**, 2019, 30(4), 472–482.

MAJA, P.; MEYER, J.; VON SOLMS, S. (2020). Development of Smart Rural Village Indicators in Line With Industry 4.0. **IEEE Access**, 2020.

NAVARRO, G. **Proposta De Sistema De Indicadores De Desempenho Para a Gestão Da Produção Em Empreendimentos De Edificações Residenciais**. Trabalho de conclusão (mestrado profissional) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia. Porto Alegre, BR-RS, 2005.

LIU, Y.; WANG, H.; TZENG, G. (2018). From Measure to Guidance: Galactic Model and Sustainable Development Planning toward the Best Smart City. **Journal of Urban Planning and Development**, 144, 2018.

LORENZ, M; RÜBMANN, M.; WALDNER, M.; ENGEL, P.; HARNISCH, M.; JUSTUS, J. **Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries**. Boston Consulting Group, 2015.

ROSIN, F.; FORGET, P.; LAMOURI, S.; PELLERIN, R. Impacts of Industry 4.0 technologies on Lean principles. **International Journal of Production Research**, 58. 1-18, 2019.

SIDDAWAY, A.; WOOD, A.; HEDGES, L. How to do a systematic review: A best practice guide to conducting and reporting narrative reviews, metaanalyses, and meta-syntheses. **Annual Review of Psychology**, 70, 2019.

SCHUMACHER, A.; SIHN, W. A Monitoring System for Implementation of Industrial Digitalization and Automation using 143 Key Performance Indicators. **Procedia CIRP**, 93, 2020.

SILVA, A.; SIMÃO, A.; MENEZES, C. Impactos da Indústria 4.0 na Construção Civil brasileira. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. **Anais…** 2018.

OSUNSANMI, T.; AIGBAVBOA, C.; OKE, A.; LIPHADZI, M. Appraisal of stakeholders' willingness to adopt construction 4.0 technologies for construction projects. **Built Environment Project and Asset Management**, 2020.

TORBACKIA, W; KIJEWSKA, K. Identifying Key Performance Indicators to be used in Logistics 4.0 and Industry 4.0 for the needs of sustainable municipal logistics by means of the DEMATEL method. **Research Procedia,** 39, 2019.

XIE, Y.; YIN, Y.; XUE, W.; SHI, H.; CHONG, D. Intelligent supply chain performance measurement in Industry 4.0. **Systems Research and Behavioral Science,** 37, 2020.