



A INTERCONETIVIDADE ENTRE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE NO PROCESSO DE ESTAMPAGEM

MAREGA, F. M. - felippe.marega@usp.br
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP

RUGERI, Y. S. - yuri.rugeri@usp.br
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP

BARALDI, M. B. - miguel.baraldi@usp.br
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP

SILVA, I. B. - ibs@sc.usp.br
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP

Área: 1. GESTÃO DA PRODUÇÃO)

Sub-Área: 1.1 - GESTÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO)

Resumo: No século XXI, as indústrias precisam se enquadrar em padrões de qualidade e produtividade com o intuito de ter competitividade na era da indústria 4.0. Objetiva-se analisar o processo de conformação de metais por meio da estampagem na indústria 4.0 e no método Lean 6 σ , por meio de revisão sistemática ou estado-da-arte. O recolhimento de informações foi feito por meio da revisão sistemática da bibliografia. Espera-se que esse estudo auxilie as indústrias de estampagem na compreenderem como a indústria 4.0 pode contribuir para os padrões de qualidade (L6 σ).

Palavras-chaves: Estampagem; Indústria 4.0; Lean Seis Sigma; Qualidade.

RELATIONSHIP BETWEEN QUALITY AND PRODUCTIVITY IN THE STAMPING PROCESS

Abstract:

In the 21st century, industries need to adequate themselves to quality and production patterns to be competitive in the context of Industry 4.0. The goal is to analyse the stamping process in the I.4.0 and the Lean Six Sigma. The information gathering was done by the systematic revision of literature. It's expected that this study help the stamping industries to comprehend how Industry 4.0 can contribute to quality patterns ($L6\sigma$).

Keywords: Stamping; Industry 4.0; Lean Six Sigma; Quality.

1. Introdução

Estampagem é o processo utilizado para conformar uma chapa plana ou ‘blank’ na forma de uma matriz fêmea por meio da ação de um punção macho. As operações compreendidas pela estampagem são: corte, dobramento e encurvamento, estampagem profunda e prensagem (BRESCIANI FILHO,2011). O processo de estampagem pode ser feito a quente e a frio, sendo a estampagem a quente mais custosa em comparação com a estampagem a frio, porém tal processo permite um tratamento térmico consequente a estampagem, sem necessidade de um aquecimento posterior ao processamento (KARBASIAN,2010). O processo de estampagem se faz presente na indústria a muito tempo, porém recentes modernizações têm levado o processo a conformidade com as necessidades tecnológicas do século XXI.

Denominada como indústria 4.0, a atual fase da revolução industrial, quarta fase, é marcada principalmente pela alta interconectividade e automação da produção. Desse modo, a ascensão de sensores e tecnologias de monitoramento, assim como, o aumento da capacidade de análise de dados proporcionou um controle automático dos processos de manufatura e também a análise de tendências e comportamento de dados. Ou seja, a indústria clássica transmutou-se, tornando-se um ambiente no qual o chão de fábrica é dominado por máquinas que interagem via elementos como, *big data* e internet das coisas, com a rede virtual que pode ser acessada em qualquer localidade do globo. (AHUETT-GARZA, 2019; ZEZULKA, 2019)

Por conseguinte, a cultura do Lean Seis Sigma busca reunir duas ideologias de mercado; o *Lean Manufacturing* tem suas origens na década de 50, com o Sistema Toyota de Produção, buscando acabar com o desperdício de tempo e recursos, eliminando o que não agrega valor para o cliente e aumentando a velocidade de produção; já o Seis Sigma teve seu início na empresa Motorola em 1987, fruto da busca de enfrentar a qualidade da concorrência, almeja reduzir custo e melhorar a qualidade do produto e/ou processo, tendo cerca de apenas 3,4 defeitos por milhão, tendo como resultado satisfação dos consumidores e lucro. (WERKEMA,2012)

Buscando a melhoria contínua da produção, a ideologia Lean Seis Sigma está sendo implementada aos poucos no mercado atual, uma vez que as empresas tem certa dificuldade de implementar a cultura de organização do Lean, mesmo usando muitas das suas ferramentas. (WERKEMA,2012)

2. Método de pesquisa

Visando os objetos do estudo, adotou-se como metodologia de pesquisa a revisão bibliográfica da literatura. Assim sendo, a coleta de dados qualitativos foi realizada por diferentes abordagens, de modo que a busca na literatura foi realizada utilizando os temas da pesquisa (Lean, estampagem e seis sigma) de formas individuais e as combinando em diferentes configurações. (MENDES, 2008)

O método de revisão bibliográfica inclui simultaneamente pesquisas experimentais e não experimentais, na base de dados disponível (Web of Science, Google Scholar e Periódicos Capes) permitindo a síntese de múltiplos estudos publicados e o desenvolvimento de uma explicação (WHITTEMORE, 2005). Portanto, em geral, o primeiro e principal passo é procurar trabalhos anteriores com abordagens similares (SILVA, 2009), desse modo a sintetizar os dados coletados e expô-los de lógica e coerente.

Ou seja, o procedimento adotado para revisão da literatura foi realizado por meio das seguintes etapas: i) extrair palavras-chave a partir do problema de pesquisa: as palavras em inglês e em português escolhidas foram: Lean Seis Sigma, Lean, *Lean Manufacturing*, Estampagem, sistema Seis Sigmas, aplicação industrial e Indústria 4.0. ii) Determinar um limite temporal para as literaturas a serem utilizadas, de modo a não estarem desatualizadas; iii) análise das publicações obtidas. iv) análise, síntese e modelagem das informações extraídas das literaturas.

3. Revisão do estado-da-arte

Até o presente momento, inúmeros artigos foram publicados no que se refere à Indústria 4.0 e Lean Seis Sigma.

3.1 Indústria 4.0

O termo 'Indústria 4.0' foi inicialmente cunhado na Hannover Fair em 2011 e, o termo atraiu grande atenção (SUNG, 2018). Pode ser considerada como a atual tendência de automação e troca de informações nas tecnologias de manufatura, incluindo sistemas cyber físicos e a internet das coisas. Os sistemas cyber físicos monitoram os processos físicos, criam uma cópia virtual do mundo físico e tomam decisões descentralizadas. A internet das coisas se refere aos sistemas que se comunicam entre si e entre humanos em tempo real, via internet. É comum se referir a Indústria 4.0 como a Quarta Revolução Industrial. Sob a Indústria 4.0,

manufatura consistirá em informação compartilhada e controle da produção e máquinas agindo simultaneamente e autonomamente. (QIN, 2016)

Conforme mencionado por Kagermann et al (2013), o desenvolvimento da Indústria 4.0 tem grande influência na indústria de transformação, consequentemente no processo de estampagem. Essa influência pode ser vista no conceito de “*Smart Factories*”, produtos inteligentes e serviços inteligentes embutidos na Internet das Coisas.

O termo *Smart Factory* se refere a fábricas com um sistema de produção inteligente, que são capazes de gerir de forma inteligente e autônoma um sistema produtivo, com a interação de homens e máquinas. Os sistemas ciber-físicos se comunicam por meio da Internet das coisas. (Hermann, 2015)

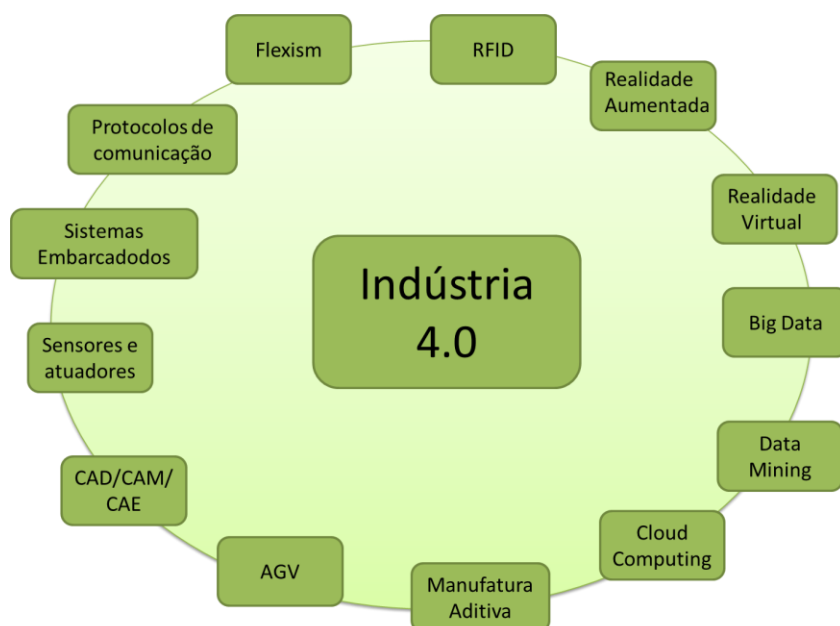
O conceito de Indústria 4.0 significa ainda um desenvolvimento que muda fundamentalmente as indústrias tradicionais. (Manhart, 2015)

Alguns princípios relacionados a I.4.0 foram definidos por Hermann et al (2015) e são considerados os pilares iniciais deste conceito, podem ser vistos abaixo.

- Interoperabilidade: Capacidade de um sistema se comunicar com outro sistema;
- Virtualização: Capacidade de um sistema de monitorar virtualmente processos físicos;
- Descentralização: Capacidade do sistema de tomar decisões próprias;
- Trabalho em tempo real: Rastreamento e análise contínua da operação.
- Orientação a Serviços: Disponibilidade dos serviços da empresa para outros participantes do processo.
- Sistema modular: Flexibilidade para se adaptar a mudanças de requisitos de produção.

Mana et al 2018, cita algumas das principais ferramentas utilizadas para o funcionamento da I.4.0, tais técnicas podem ser vistas abaixo (ver Figura 1).

FIGURA 1 – Técnicas disponíveis conforme conceitos da I.4.0. Fonte: Adaptado de Mana, 2018.



Para o presente artigo e, para análise das inferências da I.4.0 no processo de estampagem, a *Data Mining* se faz a ferramenta de maior importância.

Data Mining é um processo projetado para a exploração de uma grande quantidade de dados, visando a busca de padrões consistentes e relacionamentos entre variáveis para assim validá-los aplicando tais padrões em novos conjuntos de dados (Carlos, 2017).

3.2 Lean Six Sigma

Para melhor compreender, podemos simplificar o Lean Six Sigma como a junção das metodologias *Lean Manufacturing* e Seis Sigma (SHAH et al., 2008). O esforço combinado dessas duas metodologias permite que se complementem, uma vez que uma pode preencher falhas da outra (GEORGE, 2002).

Os princípios *Lean Manufacturing* surgiram após a segunda guerra mundial (OHNO, 2002) desenvolvidos pela *Toyota Motors* para contornar dificuldades financeiras enfrentadas no pós-guerra.

Porém foi entre as décadas de 1970 e 1980 que a metodologia se tornou notória, pois indicou crescimento significativo na competitividade de montadoras automobilísticas que adotavam os princípios (SILVA, 2014), principalmente com o advento da crise do petróleo, que direcionou holofotes para as indústrias japonesas que focalizavam esforços em eliminar desperdícios.

Algumas ferramentas do Lean Manufacturing comumente utilizadas nos sistemas de produção e suas respectivas descrições podem ser vistas a seguir (ver Tabela 1).

TABELA 1 – Ferramentas da Lean Manufacturing.

Ferramenta	Conceito
Cinco Esses	São práticas que visam melhorar as condições de trabalho e implantar técnicas para motivar mudanças.
Just in Time	Visa dar maior flexibilidade a produção, através da possibilidade de se produzir “toda peça, toda hora”, reduzindo assim estoques.
Fluxo Contínuo	Organizar fisicamente o fluxo de valor para que o material consiga ser movimentado de um processo a outro em fluxo contínuo
Manutenção Produtiva Total (TPM)	Melhorar a eficiência e eficácia na utilização de máquinas, através de práticas como manutenção autônoma e manutenção planejada.
Single Minute Exchange of Die (SMED)	Consiste em técnicas para se racionalizar o setup, visando tempo menores de troca que possibilitam produção de lotes menores.

Fonte: SILVA (2011).

Muitas dessas ferramentas foram desenvolvidas a partir do conceito dos sete desperdícios, identificados por Taiichi Ohno (2002), engenheiro de produção da Toyota considerado o pai do *Lean Manufacturing*. Uma breve explicação dos sete desperdícios pode ser vista abaixo (ver Tabela 2).

TABELA 2 – Os sete desperdícios.

Excesso de produção	Produzir mais do que o requerido pela demanda dos clientes ou produzir em um ritmo acima do necessário. A produção deve ser sustentada pela filosofia <i>Just-in-Time</i> .
Espera	Ato de ter que esperar para processar determinada peça, que constitui desperdício. Existem dois tipos: espera de processo e espera de lotes
Transporte desnecessário	Elemento de suma importância na produção devido ao envolvimento com entrega aos clientes, de peças e materiais e entre processos na fábrica.
Processo desnecessário	Acrescentar ao processo mais trabalho ou esforço do que requerido pelas especificações dos clientes.
Estoque desnecessário	Excesso de fornecimento de peças entre os processo ou muitas peças entregues pelos fornecedores. Tal estoque exige capital de giro, gera custo e dinheiro parado.
Defeito	Geram retrabalho e alto custo de recuperação ou até perda total. Constitui uma das piores formas de desperdício.
Movimento desnecessário	Relacionado à desorganização do ambiente de trabalho (layout). O ideal para a produção é que as atividades de movimentação sejam realizadas sem comprometimento do ciclo produtivo e do rendimento do operador.

Fonte: OHNO (2002).

Embora no presente artigo focou-se em discutir os efeitos da LM na área de projetos de engenharia, seus efeitos não se restringem a tal. Arbós (2002) enfatiza que a área de serviços atingiu melhores níveis de eficiência e competitividade devido aos princípios enxutos propagados pela Toyota.

3.3 A estampagem no cenário da I.4.0 e Lean Six Sigma

O controle de qualidade através guiado pelo processo de *Data Mining* é promissor no processo de estampagem, especialmente em componentes automobilísticos.

A estampagem apresenta fácil implementação da automação e da qualidade, gerada pela I.4.0 e pelo sistema *Lean Six Sigma*, respectivamente; uma vez que é um processo dependente de máquinas, como as prensas; tendo, também, uma elevada precisão, podendo ser utilizado em aplicações que visão alta qualidade e desempenho, como na fabricação de telas para reconstrução craniana; garantindo os resultados esperados. (FRITSCHER, 2018)

4. Discussão

A cadeia do processo de estampagem compreende todas as etapas de beneficiamento da matéria prima, usualmente oriunda dos processos de laminação, até a conformação final da chapa que pode ser para aplicação final ou servir como matéria prima para operações subsequentes acabamento e conformação (PURR, 2015). Desse modo, esse processo de conformação, estando fora de controle pode se tornar o gargalo de uma empresa, resultando, assim, em maior tempo de produção, como também em um maior desperdício e consumo de matéria prima, associado com uma menor qualidade final do produto.

Esse cenário de caótico, no atual contexto fabril tem se tornado menos frequente, uma vez que, a atual fase da revolução industrial por meio das ferramentas da indústria 4.0 em sinergia com as filosofias “*Lean*” de processo e “*Six Sigma*” de melhoria de qualidade têm proporcionado um aumento da qualidade concomitantemente com a produtividade, como pode ser observado na Figura 2. Dessarte, esses dois princípios que no conceito clássico da indústria eram abordados como antagônicos, atualmente evoluem sinergicamente em virtude da melhoria do processo de produção.

As técnicas da indústria 4.0, como o método de “*Data Mining*” para a análise e exploração de uma grande quantidade de dados com objetivo identificações de padrões tem se tornado um grande aliado ao processo de estampagem (PURR, 2015). Haja vista que, embora a modelagem mecânica prévia seja realizada, a alta influência dos parâmetros de processos juntamente com a alta complexidade e curta janela de processo, gera no processo uma grande flutuação de resultados finais (MORENO, 2016; PURR, 2015). Portanto, por meio da identificação de padrões de processo torna-se possível predizer o desempenho final da peça, assim como, a ocorrência de falhas.

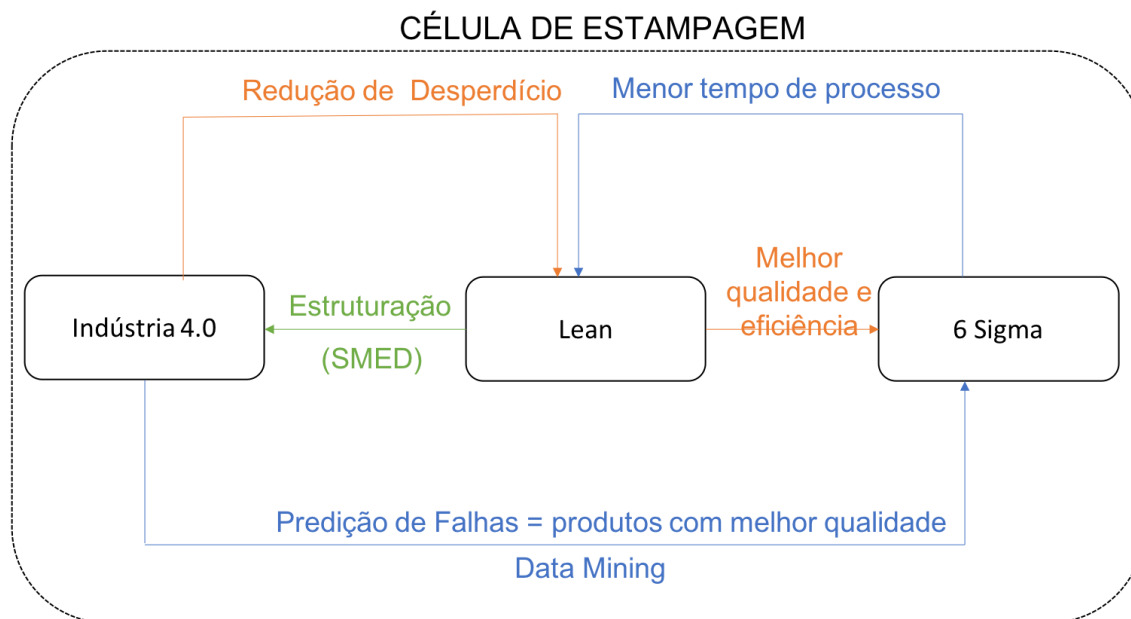
Para a filosofia “*Lean*” a predição de possíveis falhas do processo possibilita um menor tempo de parada, gerando uma diminuição do tempo de produção do produto, o “Lead Time”. Além disso, em sinergia com as técnicas dessa vertente da indústria, como o princípio “*Just in Time*” e o sistema “*Kaban*” a implementação automação e integração dos sistemas digitais permite uma atualização em tempo real do estado do processo, de modo a sinalizar de modo autônomo possíveis ocorrências de falhas, assim, evitando erros que atrasam o processo.

Por outro lado, os princípios e técnicas característicos da metodologia “*Lean*” podem auxiliar na implementação dos recursos oriundos da indústria 4.0 nas plantas de estampagem. Desse modo, por meio dos mecanismos de padronização, “*SMED (Single minute exchange of die)*” e análise de fluxo de material e serviço ao longo da célula, essa filosofia fabril possibilita a esquematização e implementação das novas tecnologias de modo mais eficiente, permitindo uma redução de desperdícios e tempo de máquina e operário ocioso.

Portanto, aplicação dos recursos proporcionados pela indústria 4.0 juntamente com as técnicas características da metodologia “*Lean*” se complementam tornando o processo de estampagem mais eficiente e produtivo, de modo a ocorrer uma redução dos desperdícios de matéria prima e tempo ocioso, que aumentam a eficiência de todo o fluxo de produção.

Para o modelo proposto pelo pensamento de melhoria de qualidade “*Six Sigma*”, as contribuições da implementação dos recursos da indústria 4.0 e da metodologia “*Lean*” resultam diretamente na busca por uma melhor qualidade dos produtos finais e dos subprodutos do processo. Além disso, a busca pela melhoria contínua por meio de métodos estáticos auxilia a redução de desperdícios, de modo que, um menor tempo de reprocesso e perda de material são fatores intrínsecos de uma melhoria da qualidade.

FIGURA 2: Interação dos recursos e técnicas da Indústria 4.0 e das filosofias "Lean" e "Six Sigma".



5. Conclusão

A interação entre as filosofias de *processo* “Lean” e de qualidade “Six Sigma” quando aplicadas por meio dos recursos advindos da indústria 4.0, possibilitam a otimização das células e cadeias de estampagem. Assim, de maneira sinérgica as técnicas e recursos dessas 3 metodologias promovem a ascensão de um modelo de indústria de estampagem que visa não só a alta produtividade, como também a alta qualidade associada a eficiência de processo.

Para tal cenário é possível observar que recursos da indústria 4.0 como “Data Mining” e a integração tecnológica tem possibilitado uma crescente otimização das etapas de estampagem de modo a obterem padrões de processo que evitam o desperdício desnecessário de matéria prima e tempo. Com isso, ocorre uma intensificação na implementação dos ideais propostos pela metodologia “Lean”, permitindo uma cadeia de processamento com menor tempo ocioso, ocorrência de falhas e desperdícios.

De modo semelhante, a integração dos recursos oriundos da indústria 4.0 com os objetivos da filosofia seis sigma e “Lean” viabilizam a busca por um modelo de produção em que a variabilidade da qualidade final é reduzida, assim, aumentando a qualidade. Portanto, as técnicas de ambos os sistemas implementados corroboram-se, de modo a proporcionar um modelo de produção mais enxuto, com menores tempos de processamento e apresentando alta qualidade nos produtos.

Referências

- AHUETT-GARZA, H.; KURFESS, T.. A brief discussion on the trends of habilitating technologies for industry 4.0 and smart manufacturing. *Manufacturing letters*, México, v.00, n.11, p.111-222, fev. 2019.
- ARBÓS, L.C. (2002). Design of a rapid response and high efficiency service by lean production principles: Methodology and evaluation of variability of performance. *International Journal of Production Economics*, v.80, pp.169-183.
- BRESCIANI FILHO, E.; SILVA, I. B.; BATALHA, G. F.; BUTTON, S. T. *Conformação Plástica dos Metais*. 6. ed. São Carlos, 2011. 258 p.
- CARLOS, E. S. (2017). *Conceitos básicos de Data mining e Data warehouse*.
- FRITSCHER, M. (2018). Projeto conceitual de uma tela de reconstrução craniana fabricado por estampagem incremental.
- GEORGE, M. L. *Lean Six Sigma for service: how to use lean speed and Six Sigma quality to improve services and transactions*. McGraw-Hill, New York, 2002.
- HERMANN, M., PENTEK, T. e OTTO, B. (2015). Design principles for industrie 4.0 scenarios: a literature review. *Technische Universität Dortmund*.
- KAGERMANN, H., WAHLSTER, W. e HELBIG, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. ACATECH – National Academy of Science and Engineering. Federal Ministry of Education and Research.
- KARBASIAN, H.; TEKKAYA, A. E.. A review on hot stamping. *Journal Of Materials Processing Technology*, Dortmund, v. 210, n. 15, p.2103-2118, 19 nov. 2010.
- MANA, R. (2018). Análise da aderência da Indústria 4.0 ao Lean Manufacturing.
- MANHART, K. (2015). Potenzial für den Mittelstand. *Industrie 4.0 - Die nächste Revolution?*.
- MENDS, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. C. P.; GALVÃO, C. M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. *Texto Contexto Enferm*. 2008; 17(4):758-64.
- MORENO, A., Virtualisation process of a sheet metal punching machine within the Industry 4.0 vision, *International Journal for Interactive Design and Manufacturing*, Vol 11, pp. 365–373, 2017.
- OHNO, T. (2002). *O Sistema Toyota de Produção. Além da Produção em Larga Escala*. Porto Alegre: Bookman.
- PURR, S. et al., Stamping Plant 4.0 – Basics for the Application of Data Mining Methods in Manufacturing Car Body Parts, *Key Engineering Materials*, Vol. 639, pp. 21-30, 2015.
- QIN, J.; LIU, Y.; GROSVENOR, R. A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. *Science Direct*. p. 173- 178.
- SHAH, R.; CHANDRASEKARAN, A. and LINDERMAN, K. In pursuit of implementation patterns: the context of Lean and Six Sigma. *International Journal of Production Research*, v. 46, n. 23, p. 6679-6699, 2008.
- SILVA, É. R. P. (2009). *Método para revisão e mapeamento sistemático da literatura (DEI-POLI/UFRJ) (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação)*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- SUNG, K. T. Industry 4.0: A Korea Perspective. *Technological Forecasting and Social Change*. V. 132, p. 40-45.

WERKEMA, C. *Perguntas e Respostas Sobre o Lean Seis Sigma*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2012.

WHITTEMORE, R.; KNA, K. The integrative review: updated methodology. *J Adv Nurs*. 2005; 52(5):546-53.

ZEZULKA, F. et al. Industry 4.0- a introduction in the phenomenon. ifac (international federation of automatic control) hosting by elsevier ltd. , México, v.00, n.11, fev. 2019.