



ConBRepro

X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



02 a 04
de dezembro 2020

Indústria 4.0 e seu Papel na Engenharia de Produção

Gabriel Luis Baesso
Universidade de Araraquara
Danver Messias Bruno
Universidade de Araraquara

Resumo: A busca por qualidade é uma preocupação cada vez mais frequente das organizações, norteando os objetivos empresariais, auxiliando o preparo para o caminho ao sistema de gestão da qualidade e da produtividade, influenciando nos processos quanto a sua eficiência e sua eficácia, auxiliando na organização física e social. O conteúdo da estratégia de produção é determinado pelas prioridades competitivas e pelas áreas de decisão estruturais e infra estruturais, que exercem papel fundamental nesse processo e devem estar alinhadas à estratégia competitiva. Os conceitos de Indústria 4.0, tem base na filosofia da produção enxuta originada no Japão, uma vez que a eficácia na integração entre processos e informações, tem como premissa, a eliminação dos desperdícios. Desta forma, este estudo visa realizar um levantamento bibliográfico de estudos de caso relacionados com a Indústria 4.0 e seu papel na Engenharia de Produção. Conclui-se que a Indústria 4.0 proporciona diferentes formas de gerenciamento e controle do processo, contribuindo para o aumento do nível de flexibilidade e melhora de produção da indústria e para o desenvolvimento da customização em massa dos produtos. No Brasil, isso permitirá que empresas nacionais possam competir globalmente por mercados antes não explorados, pois terão eficiência em custo e terão maior velocidade para atender ao mercado.

Palavras-chave: Indústria 4.0, Engenharia, Produção.

Industry 4.0 and its Role in Production Engineering

Abstract: The search for quality is an increasingly frequent concern of organizations, guiding business objectives, helping to prepare for the path to the quality and productivity management system, influencing the processes as to their efficiency and effectiveness, helping with physical organization and social. The content of the production strategy is determined by the competitive priorities and by the structural and infrastructural decision areas, which play a fundamental role in this process and must be aligned with the competitive strategy. The concepts of Industry 4.0, are based on the philosophy of lean production originated in Japan, since the efficiency in the integration between processes and information, has as premise, the elimination of waste. Thus, this study aims to carry out a bibliographic survey of case studies related to Industry 4.0 and its role in Production Engineering. It is concluded that Industry 4.0 provides different forms of management and process control, contributing to the increase in the level of flexibility and improvement of the industry's production and to the development of mass customization of products. In Brazil, this will allow

national companies to compete globally for previously unexplored markets, as it will achieve cost efficiency and obtain greater speed to serve the market.

Keywords: Industry 4.0, Engineering, Production.

1. Introdução

As bases da indústria 4.0 surgiram em 2011, a partir de uma iniciativa de empresas, políticos e acadêmicos alemães para manter a posição da indústria nacional como uma das mais competitivas no mundo (KAGERMANN et al, 2013).

De acordo com autores, a Indústria 4.0 está relacionada a uma revolução baseada na inclusão de tecnologias como os Sistemas Ciber-Físicos e a Internet das Coisas nos processos produtivos, possibilitando uma maior autonomia na tomada de decisão, e maior transparência nas relações entre humanos e máquinas (SCHUMACHER, EROL E SIHN, 2016).

O conteúdo da estratégia de produção é determinado pelas prioridades competitivas e pelas áreas de decisão estruturais e infraestruturais, que exercem papel fundamental nesse processo e devem estar alinhadas à estratégia competitiva (CHOUDHARI, ADIL, & ANANTHAKUMAR, 2013).

As prioridades orientam as decisões, os programas e as ações implementados nas áreas de decisão estruturais (Localização e capacidade, Instalações e equipamentos, Tecnologia de produto e processo e Integração vertical) e infraestruturais (Organização, Gestão de recursos humanos, Logística e planejamento e controle da produção e Gestão de qualidade) (CHOUDHARI ET AL., 2013).

Para Nair e Boulton (2008), dentro da literatura que trata da estratégia de produção, a inovação deve ser incorporada e deve receber a mesma atenção que as prioridades competitivas mais citadas na literatura, ou seja, custo, qualidade, flexibilidade e entrega.

Partindo destas informações, este estudo objetiva realizar um levantamento bibliográfico de estudos de caso relacionados com a Indústria 4.0 e seu papel na Engenharia de Produção.

Primeiramente, para um melhor embasamento teórico, serão abordadas a conceituação e objetivos da Indústria 4.0. Posteriormente, será apresentada uma análise bibliográfica acerca de estudos que apontam os diversos benefícios e vantagens da Indústria 4.0 na Engenharia de Produção de diversos setores.

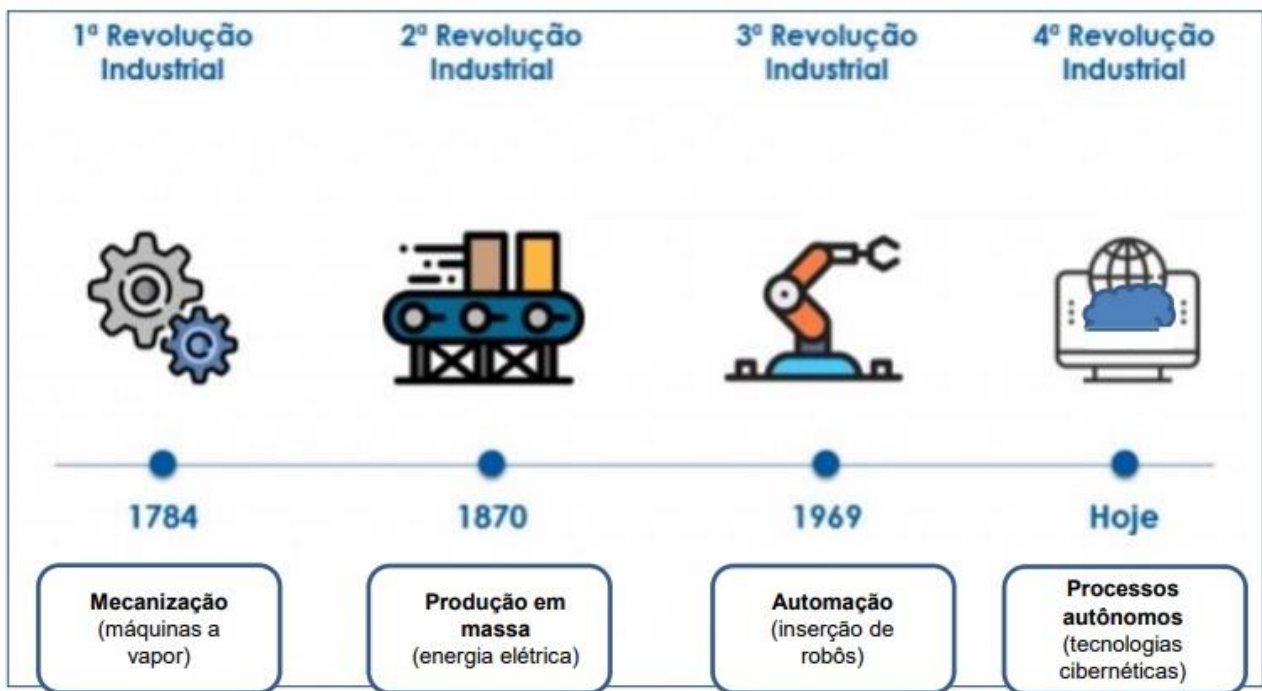
2. Revisão Bibliográfica

2.1. Indústria 4.0 – Conceitos e Objetivos

A Indústria 4.0 surgiu a partir de iniciativas estratégicas do governo da Alemanha para consolidar o país como líder na área de tecnologia e fortalecer sua competitividade global. Enquanto a Indústria 3.0 era focada na automação de máquinas e processos únicos, a Indústria 4.0 está relacionada a uma revolução baseada na inclusão de tecnologias como os Sistemas Ciber-Físicos e a Internet das Coisas nos processos produtivos, possibilitando uma maior autonomia na tomada de decisão, e maior transparência nas relações entre humanos e máquinas (KAGERMANN, WAHLSTER E HELBIG, 2013).

Schwab (2016) se refere a Indústria 4.0 como a Quarta Revolução Industrial, pois, pode ser considerada uma “revolução”, conforme vemos na Figura 2:

Figura 2. Período e características das Revoluções Industriais



Fonte: CNI (2019)

Em 2015 a BCG lançou um estudo em que destacava 9 tecnologias consideradas pilares da quarta transformação da manufatura, conforme Figura 2.



Fonte: Cardoso; Chebar; Beltrão (2018)

Segundo os autores Miorandi et. al (2012); Schwab (2016) e Cardoso; Chebar; Beltrão (2018) os pilares para sua implementação são:

Quadro 1. Tecnologias da Indústria 4.0

Tecnologia	Descrição
Internet das coisas	Conexão de máquinas, equipamentos, móveis, veículos, isto é, todos os objetos concretos existentes nos ambientes; inclusive o próprio ambiente faz parte da rede
Big data e Analytics	Armazenamento de todas as informações que precisam ser registradas, desde requisitar a compra de matéria prima, ou mais complexas, como a parada de uma linha produtiva
Computação na Nuvem	Informações são guardadas na nuvem e podem ser acessadas de qualquer lugar
Manutenção Preditiva	Acompanhamento periódico de equipamentos e máquinas, através de informações coletadas durante a visita técnica
Segurança cibernética	Proteção de informações confidenciais, segredos de fabricação, entre outras
Robótica	Dispõe de maior capacidade de processamento e autonomia para tomada de decisões
Simulação	Capacidade de otimizar os processos de setup das máquinas, arranjo de produtos e processos.
Realidade aumentada	Ação conjunta entre um sistema que envia informações em tempo real, e dispositivos conectados à rede (Internet)
Inteligência artificial	transforma o funcionamento da indústria, porque combina os recursos da melhor maneira possível para atingir as metas

Fonte: Elaborada pelo Autor segundo Miorandi et. al (2012); Schwab (2016) e Cardoso; Chebar; Beltrão (2018)

Schwab (2016) cita ainda a Manufatura aditiva, referindo-se a produção de ampla gama de produtos por meio de impressoras 3D, por meio de adição de matéria-prima, sem o uso de moldes físicos.

Quanto aos princípios da Indústria 4.0, existem seis, de extrema importância e que devem ser seguidos para a implementação da quarta revolução industrial:

- Capacidade de operação em tempo real: aquisição e tratamento de dados em tempo real, fator que possibilita que decisões sejam tomadas em tempo real;

- Virtualização: essa moderna proposta industrial possui uma cópia virtual das fábricas inteligentes, permitindo assim a rastreabilidade e o monitoramento remoto;
- Descentralização: as decisões podem ser feitas pelo sistema cyber-físico, como forma de atender as necessidades de produção em tempo real.
- Orientação de Serviços: Utilização de arquiteturas de software orientadas a serviços aliado ao conceito de Internet of Services; Modularidade: produção de acordo com a demanda, acoplamento e desacoplamento de módulos na produção. Essa mobilidade permite alterar as tarefas das máquinas facilmente.
- Interoperabilidade: Capacidade dos sistemas cyber-físicos (suportes de peças, postos de reunião e produtos), humanos e fábricas inteligentes comunicar-se uns com os outros por intermédio da Internet das Coisas e da Internet. (SILVEIRA, 2017).

Segundo CNI – Conselho Nacional de Indústria (2016), a divulgação e consolidação da Indústria 4.0 também contará com uma série de consequências que exigirão uma reformulação em grande escala da política industrial no Brasil. A maioria importante dessas consequências são:

- a) redução de vantagens competitivas, que tenderão a ser eliminadas por ganhos de produtividade decorrentes da adoção de novas tecnologias;
- ii) maior cooperação entre os agentes econômicos, cujas operações se tornarão cada vez mais integradas;
- iii) aumento da competitividade entre os sistemas de produção, que incluem empresas, fornecedores, clientes e meio ambiente;
- iv) desenvolvimento de novos negócios e modelos de participação no mercado;
- v) escala expandida de negócios;
- vi) surgimento de novas atividades e novas profissões, o que exigirá mudanças nos padrões de treinamento de recursos.

3. Metodologia

Para reunir as oportunidades de pesquisa, foi realizada uma Revisão Sistemática da literatura. Para um maior embasamento, foi realizado um levantamento bibliográfico, realizado através de livros, revistas, artigos, monografias, de diversos autores relevantes ao tema proposto. Para o levantamento de dados foram utilizadas as bases como Scielo e Google Acadêmico com os descritores: Indústria 4.0; Engenharia de Produção;

4. Resultados e Discussões

4.1 Indústria 4.0 e seu Papel na Engenharia de Produção

O conteúdo da estratégia de produção é determinado pelas prioridades competitivas e pelas áreas de decisão estruturais e infraestruturais, que exercem papel fundamental nesse processo e devem estar alinhadas à estratégia competitiva. As prioridades orientam as decisões, os programas e as ações implementados nas áreas de decisão estruturais (Localização e capacidade, Instalações e equipamentos, Tecnologia de produto e processo e Integração vertical) e infraestruturais (Organização, Gestão de recursos humanos, Logística e planejamento e controle da produção e Gestão de qualidade) (CHOUDHARI, ADIL, & ANANTHAKUMAR, 2013).

Para Nair e Boulton (2008), dentro da literatura que trata da estratégia de produção, a inovação deve ser incorporada e deve receber a mesma atenção que as prioridades competitivas mais citadas na literatura, ou seja, custo, qualidade, flexibilidade e entrega.

Em estudo realizado por Pereira et. al. (2016), com o objetivo de introduzir o conceito da Indústria 4.0 em um processo administrativo, verificou que foi possível reduzir o tempo do processo de desenvolvimento do produto, através de alterações no fluxo de informações do processo, eliminando uma série de desperdícios e garantindo uma estrutura que possibilite a integração total do processo sob a ótica da Indústria 4.0.

Os autores utilizaram métodos e ferramentas como o BPM, através do software Bizagi, onde foram realizados mapeamentos e simulações, e a DSM, responsável pela diminuição da complexidade e a indicação de onde atuar na integração das informações.

Também foi necessário à implementação de um software para a melhoria do fluxo de informações, o que demandou um investimento financeiro, que, mesmo com o custo com licenças do software, a redução do tempo no processo, resultou em um ganho de R\$ 76.957,44 por ano (PEREIRA ET. AL, 2016).

Em estudo realizado por Moreira (2017) afim de realizar um estudo da cadeia produtiva da madeira, verificou através dos dados levantados que tanto o conceito de fábricas inteligentes, quantos as tecnologias empregadas são conhecidas, mas existem ainda muitos entraves para que as micros, pequenas e médias empresas utilizem esses equipamentos em larga escala seja por falta de recursos financeiros ou por escassez de mão de obra necessária para gerenciamento dessas tecnologias.

Grüniger et al. (2010) simulou um modo para agregar às identificações Radio-Frequency IDentification (RFID) informações sobre o produto à medida que ele passa pelo processo produtivo, indicando o início das pesquisas que seriam importantes para a Indústria 4.0.

A identificação por rádio frequência (RFID) é o termo utilizado para descrever a tecnologia de rádio de curto alcance usado para comunicar informações, principalmente digitais entre um local fixo e um móvel ou objetos fixos entre objetos móveis.

Pero; Rossi (2014) também apresentaram um estudo de caso de uma empresa com estratégia engineer-to-order para aplicar um sistema com RFID. Por meio desse método, a empresa compartilhou informações sobre suas atividades de chão de fábrica com outros atores da cadeia de suprimentos, ou seja, clientes e fornecedores, contribuindo assim para a maior flexibilidade da produção.

A utilização das tecnologias que englobam a quarta revolução industrial diminuirá as incertezas sobre a demanda ao permitir maior visibilidade da cadeia produtiva e, como mencionado anteriormente, aumentará o controle com a geração de dados em tempo real.

Dessa forma, a agilidade dos processos favorecerá a adoção de estratégias contra pedido, ou ainda conduzirá as empresas para o modelo de customização em massa para responder aos diversos padrões de consumo com os curtos ciclos de produção (ZAWADZKI; ZYWICKI, 2016).

Em estudo realizado por Freitas, Fraga e Souza (2016) em uma grande multinacional fornecedora de tecnologia automotiva para motores diesel, que tem a logística e a implantação do sistema de produção cyber-físico como dois de seus pilares estratégicos, verificou que trabalhos manuais e repetitivos já vêm sendo substituídos por mão de obra automatizada. O estudo visou verificar a integração entre internet e fábrica e mostrar seus benefícios e seus impactos na cadeia de suprimentos.

Os autores relatam que as demandas em pesquisa e desenvolvimento oferecerão oportunidades para profissionais tecnicamente capacitados, com formação multidisciplinar para compreender e trabalhar com a variedade de tecnologia que compõe uma fábrica inteligente.

Para os autores, a agilidade de informação com dados instantâneos contribuirá não só para a facilidade dos relatórios, como também para o planejamento da interação fornecedor-consumidor (FREITAS, FRAGA, SOUZA, 2016).

Para Freitas, Fraga e Souza (2016) não haverá mais um controle centralizado, pois, nesse tipo de processo produtivo, a comunicação ocorre em cada etapa, identificando e demandando exatamente o que é necessário para a montagem do produto, ou seja, torna mais fácil a flexibilização da produção atendendo à grande promessa de flexibilização em massa.

Porém, para os autores, existem inúmeros desafios na produção industrial, onde grandes investimentos financeiros serão necessários para que se consiga atingir os níveis de integração, sejam eles em maquinário, seja em softwares. Além disso, muita informação será gerada durante a produção, e precisam ser armazenadas.

Para Freitas, Fraga e Souza (2016), é imprescindível que a empresa consiga disponibilizar a informação necessária para quem realmente precisa e guardar todos os dados para futuras consultas, além, da segurança da informação.

Pra os autores, outro desafio é a padronização. A indústria inteligente exigirá a integração on-line de fornecedores, máquinas e clientes. Se as informações e a comunicação não forem padronizadas, pode existir uma falha de interpretação, o que comprometerá todo o processo de produção.

Em trabalho realizado por Schröder (2015) com o objetivo de avaliar a aplicação da automação industrial em uma linha de montagem de calçados femininos, analisada a luz do Sistema Hyundai de Produção (SHP) e da Indústria 4.0, e, os impactos desta automação na produtividade da empresa, constatou o incremento da produtividade por operador em 23,08% na linha automatizada em relação à linha manual.

De acordo com o estudo, o retrabalho após a inserção da automatização foi reduzido em 60,35%, comparado a performance manual. Ao analisar a produção por operador, a diferença na produtividade é de 260,56% maior na Linha Automatizada em relação à Linha com produção manual.

Para Moreira (2017) através da automatização, a linha de produção é capaz de reagir de maneira corretiva e preventiva a falhas e falta de insumos e é alcançado através do uso de tecnologias emergentes como o M2M (internet das coisas), cyber phisical systems, big data, computação em nuvem e claro, os recursos humanos.

Segundo CNI (2016) no Brasil, a Embraer começou a treinar os operários de chão de fábrica virtualmente, em 3D. Falhas que normalmente só seriam detectadas com a aeronave em o ar foi separado durante a fase de preparação. Operativos da linha de produção utilizam computadores e tablets com tecnologia de realidade aumentada e se houver dúvidas há sempre um vídeo para explicar como realizar uma operação. Todos os benefícios de digitalização já resultaram na redução do tempo de montagem em 25%.

Segundo CNI (2016) o avanço da Indústria 4.0 no Brasil depende de maior conhecimento por parte das empresas dos ganhos da digitalização, tanto com respeito ao aumento da produtividade como às oportunidades de novos modelos de negócio, flexibilização e customização da produção e redução do tempo de lançamento de produtos no mercado. Moreira (2017) enfatiza que, dentre os principais desafios para que seja alcançada a plenitude da industrialização está:

- O tradicionalismo de empresas familiares,
- Altos custos dos equipamentos;
- Falta de mão de obra qualificada.

De acordo com o autor:

Esses desafios podem ser vencidos se o governo incentivasse mais programas de conscientização dos industriários para a necessidade de se modernizar para não perder espaço diante dos concorrentes internacionais (MOREIRA, 2017, p.52).

Para Nair e Boulton (2008) quando gestores reconhecem a inovação como um elemento da estratégia de produção, eles podem administrar o ajuste entre as prioridades competitivas e as decisões estruturais e infraestruturais de modo que se tenha um comportamento proativo na transformação da estratégia de produção e adaptação ao ecossistema da indústria.

De acordo com os estudos, até 2025, os processos relacionados à Indústria 4.0 poderão reduzir custos de manutenção de equipamentos em até 40%, reduzir o consumo de energia em até 20% e aumentar a eficiência do trabalho em até 25%, podendo impactar o PIB brasileiro em aproximadamente US\$ 39 bilhões até 2030 (CNI, 2016, p. 17).

5.Considerações Finais

A nova revolução industrial é vista como uma grande oportunidade para empresas que desejam preservar a sustentabilidade da indústria, desenvolver funcionários qualificados e se adaptar à nova tendência da flexibilização em escala. O contexto da Indústria 4.0 tem um enorme potencial tecnológico envolvido, principalmente em relação a comunicação de dados efetuada por meio da Internet das Coisas e devido ao desenvolvimento da autoconfiguração e autogerenciamento de equipamentos e sistemas produtivos.

A Indústria 4.0 proporciona diferentes formas de gerenciamento e controle do processo, contribuindo para o aumento do nível de flexibilidade da indústria e para o desenvolvimento da customização em massa dos produtos.

No Brasil, isso permitirá que empresas nacionais possam competir globalmente por mercados antes não explorados, pois terão eficiência em custo e terão maior velocidade para atender ao mercado.

Segundo o estudo, além da adaptação das fábricas a esses novos conceitos, os profissionais também precisarão se adaptar, pois com esse universo ainda mais automatizado, novas demandas surgirão, enquanto algumas deixarão de existir. Essa mão de obra precisa ser treinada e desenvolvida para os novos padrões.

Cabe ressaltar que, os profissionais devem ter um papel cada vez mais importante, desta maneira, se define uma nova forma de cooperação entre as máquinas e seres humanos (VDE, 2013).

6. Referências Bibliográficas

CARDOSO, D. A.; CHEBAR, I. E.; BELTRÃO, M. J. C. L. **Estudo da aplicabilidade de ferramentas da indústria 4.0 em uma planta de geração de energia a partir da reforma do biogás** / Danilo Alexandre Lima Cardoso, Niterói, RJ : [s.n.], 2018. 95 f.

<https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/8080/1/TCC%20-%20Danilo-lam-Maria%20Julia.pdf>

CNI. **Indústria 4.0** - CNI Digital. 2019. Disponível em: <http://www.cnidigital.com.br/busca/tag/ind-stria-4-0>.

CONSELHO NACIONAL DE INDÚSTRIA (CNI). **Special Survey – Industry 4.0**. 2016. Disponível em: <https://static-cms->

si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/13/e7/13e7e7bd-9b1d-4c16-8099-99b6d844d04e/special_survey_industry_40.pdf

CHOUDHARI, S., ADIL, G., & ANANTHAKUMAR, U. Exploratory case studies on manufacturing decision areas in the job production system. **International Journal of Operations & Production Management**. 32(11), 1337-1361. 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/235309971_Exploratory_case_studies_on_manufacturing_decision_areas_in_the_job_production_system.

FREITAS, M. M. B. C. DE; FRAGA, M. A. DE F. SOUZA, G.P.L.DE. Logística 4.0: conceitos e aplicabilidade: uma pesquisa-ação em uma empresa de tecnologia para o mercado automobilístico. **Programa de Apoio à Iniciação Científica - PAIC 2015-2016**. Disponível em: <https://cadernopaic.fae.edu/cadernopaic/article/view/214/175>

GRÜNINGER, M. et al. Combining RFID with ontologies to create smart objects. **International Journal of Production Research**, v. 48, n. 9, 2010. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207540903564975>.

MOREIRA, L.D. **Indústria 4.0: Estudo da Cadeia Produtiva da Madeira no Paraná**. Monografia de Especialização apresentada ao Departamento Acadêmico de Eletrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. 2017. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/8493/1/CT_GETIC_2016_5.pdf

KAGERMANN, H., W. WAHLSTER AND J. HELBIG, Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group. **Acatech – National Academy of Science and Engineering**, 2013. Disponível em: <https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf>.

MIORANDI, D., SICARI, S., PELLEGRINI, F. D., E CHLAMTAC, I. Internet of Things: Vision, Applications and Research Challenges. **Ad Hoc Networks**, 10(7):1497 – 1516. 2012.

NAIR, A., & BOULTON, W. Innovation-oriented operations strategy typology and stage-based model. **International Journal of Operations & Production Management**, 28(8), 748-771. 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/235264631_Innovationoriented_operations_strategy_typology_and_stage-based_model.

PEREIRA, A.Q. **Integração de informações no processo de desenvolvimento de produto sob a ótica da indústria 4.0**. Monografia apresentada à banca examinadora do Curso de Engenharia de Produção da Universidade São Francisco. Itatiba. 2016. Disponível em: <http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/2752.pdf>

PERO, M.; ROSSI, T. RFID technology for increasing visibility in ETO supply chains: A case study. **Production Planning and Control**, v. 25, n. 11, 2014. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09537287.2013.774257>.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 159 p. 2016.

SCHRÖDER; R. et.al. Análise da Implantação de um Processo Automatizado em uma Empresa Calçadista: Um Estudo de Caso a Luz do Sistema Hyundai de Produção e a Indústria 4.0. **Espacios**. Vol. 36 (Nº 18) Año 2015. Pág. 18. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a15v36n18/15361819.html>.

SCHUMACHER, A., EROL, S., SIHN W. A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. **Procedia CIRP** 52, 161 – 166. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116307909>.

VDE. Association for electrical, electronic & information technologies. **The German Standardization Roadmap Industrie 4.0. Version 1.0**. Frankfurt: DKE. 2013. Disponível

em: https://www.dke.de/de/std/documents/rz_roadmap%20industrie%204-0_enql_web.pdf.

ZAWADZKI, P.; ZYWICKI, K. Smart product design and production control for effective mass customization in the industry 4.0 concept. **Management and Production Engineering Review**, v. 7, n. 3, p. 105–112, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/309026293_Smart_Product_Design_and_Production_Control_for_Effective_Mass_Customization_in_the_Industry_40_Concept