MODELAGEM DA TRANSFORMAÇÃO 4.0 EM UMA INDÚSTRIA DE BENS DE CONSUMO

Joyce Barbosa (UFSCar)
joycebarbosa92@gmail.com

Luciano Campanini (UFSCar)
lucianoc@dep.ufscar.br

Na atual velocidade do desenvolvimento tecnológico, observa-se a transformação digital acontecendo nos mais diversos ambientes, e a indústria está em constante evolução. A digitalização mostra-se um mecanismo chave para alavancar estrategicamente frente aos concorrentes, trazendo aumento de produtividade, reatividade e integração com a análise de dados em tempo real. Com a recente definição da Indústria 4.0, mostra-se uma lacuna entre os conceitos e um guia para a aplicação da quarta revolução industrial. Dessa forma, o presente estudo tem o objetivo de analisar os princípios da Indústria 4.0 e a implantação de um sistema digital em uma empresa de bens de consumo. A metodologia utilizada para realizar a pesquisa foi de uma abordagem qualitativa exploratória, desenvolvendo um levantamento bibliográfico e estudo de caso único na referida empresa. Por meio de entrevistas com colaboradores do projeto na empresa foi possível elaborar um modelo de transformação 4.0, unindo a literatura e a aplicação prática apresentada.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Digitalização. Fábrica Inteligente. Fábrica Digital. Transformação 4.0.

1. Introdução

As tecnologias têm um papel muito importante no desenvolvimento das indústrias ao longo dos anos. Para Schwab (2016), passadas três revoluções industriais, a industrialização chegou na sua quarta fase, a Indústria 4.0 que se baseia na junção dos mundos físico, digital e biológico. O conceito que surgiu em 2011 na Alemanha é a tendência de transformação do ambiente industrial no qual se converge o uso de diferentes tecnologias que resultam em sistemas inteligentes que podem criar valor para a indústria. Como resultado, tem-se produto e processo produtivo inteligentes, com a integração de informações e das tecnologias de comunicação (FRANK et al., 2019)

A Indústria 4.0 está revolucionando os processos produtivos com a introdução de diversas tecnologias. Porém, ainda há dificuldade no entendimento do que a caracteriza. É muito comum que empresas forneçam uma solução e vendam como um produto para "tornar" a sua empresa 4.0. O conceito de Indústria 4.0 trata-se de uma transformação do modelo de indústria utilizando diversas tecnologias para aumentar sua produtividade. A transformação digital é o processo de transição dos estágios industriais anteriores para uma empresa interconectada (FRANK et al. 2019).

Em vista da diversidade do tema nas abordagens da literatura, este trabalho pesquisa a temática da transformação 4.0, compreendendo o seu conceito, seus princípios e tecnologias habilitadoras, com o objetivo de propor uma modelagem para habilitar a transformação digital em uma indústria de bens de consumo.

2. Indústria 4.0

A Indústria 4.0 surgiu a partir de uma iniciativa alemã, com a intenção de impulsionar o desenvolvimento da digitalização na produção. Sisinni (2018) mostra que o conceito de Indústria 4.0 ganhou uma visibilidade global e hoje é universalmente adotado para abordar o uso de tecnologias da internet para melhorar a eficiência da produção por meio de serviços inteligentes em fábricas inteligentes. A integração entre clientes, fornecedores e a própria empresa é essencial para envolver todos os participantes da cadeia de valor na otimização da tomada de decisão. A produção na fábrica inteligente é de certa forma independente: os equipamentos são capazes de se intercomunicar.

Dalenogare et al. (2018) mostra a importância das conexões entre o desenvolvimento do produto e o processo de manufatura no contexto de Indústria 4.0. As partes devem estar alinhadas e compartilhando informações. Na perspectiva do autor, a transformação digital é

vista como um processo de transição o qual as empresas estão enfrentando ao se tornar uma fábrica inteligente com base nas tecnologias da Indústria 4.0.

Alguns trabalhos apontam o nível de maturidade como a forma de se "medir" o nível de implementação da Indústria 4.0. Frank et al. (2019) conceitua como um novo nível de maturidade das indústrias baseado na conectividade, no qual produtos e processos da empresa estão integrados de forma a adquirir o maior valor possível ao cliente interno e externo.

2.1 Princípios e Tecnologias

Frank et al. (2019) expõe a importância do conceito de fábrica inteligente, e propõe seis princípios: integração vertical, virtualização, automação, rastreabilidade, flexibilidade e gerenciamento de energia. No entanto, Dalenogare et al. (2018) ressalta a importância de se alinhar a escolha das tecnologias a serem implementadas na empresa com os objetivos estratégicos da mesma, a fim de obter os melhores resultados.

A transformação digital se inicia na integração entre os processos produtivos da empresa e processos logísticos com seus sistemas de TI (Tecnologia da Informação) correspondentes. Dessa forma, a troca de dados dentro da organização deve ocorrer também com clientes e fornecedores. O armazenamento de dados em nuvem irá proporcionar um aumento na disponibilidade e na precisão, permitindo maior flexibilidade frente a mudanças na produção (GERBERT et al., 2015). O gerenciamento de informações inclui a coleta de dados, a conversão desses dados em informações que sejam úteis na tomada de decisões e armazenamento dessas informações. Com a necessidade de reagir rápido às mudanças nos processos de negócio, a análise de dados também deve ser rápida e eficaz (TELUKDARIE et al., 2018).

Amorim (2017) descreve a descentralização como outro princípio do conceito de Indústria 4.0. Nesse contexto, a produção passa a ser separada por módulos gerados a partir dos sistemas cyber-físicos que se comunicam entre si, captando informações e devolvendo comandos consoante o tratamento das informações, de forma autônoma e segundo às necessidades apontadas.

Dalenogare et al. (2018) declara que a digitalização das empresas traz mudanças que ultrapassam suas próprias fronteiras, o que requer uma mudança na forma de interagir com os atores externos à companhia e clientes. Esse novo cenários demanda uma inovação nos modelos de negócio atuais, como: interoperabilidade, virtualização, descentralização, capacidade em tempo real, orientação a serviços e modularidade.

A integração vertical compreende um sistema digital integrado para todos os níveis hierárquicos da empresa, tornando o processo de tomada de decisão menos dependente da intervenção humana. O primeiro passo para tal integração no chão de fábrica é a digitalização de todos os objetos parametrizados com sensores, atuadores e PLC (*Programmable Logic Controller*). Os dados são coletados para controle da produção e diagnóstico quando houver problema. A integração vertical proporciona maior transparência e controle do processo produtivo, melhorando a tomada de decisão. Para melhor adaptação aos diferentes tipos de produtos, as máquinas devem se comunicar, através de um sistema de interoperabilidade, fazendo com que o maquinário se entenda entre suas partes, o que facilita a adaptação para as linhas de montagem (FRANK et al., 2019).

Outro fator inerente à virtualização da fábrica é a rastreabilidade interna. De acordo com Frank et al. (2019) devem ser instalados sensores desde a matéria prima até o produto final. Quando analisamos uma linha de montagem, esses sensores devem permitir que a máquina leia os requisitos do produto e manufature o que for necessário de acordo com o componente em questão.

No nível funcional, é necessário permitir que os colaboradores possam controlar, regular e configurar os recursos para a manufatura. O trabalho repetitivo será assumido pelas máquinas, para que os colaboradores se concentrem em atividades criativas e de valor agregado. Com a alta demanda de conectividade da Indústria 4.0, o papel da TI nos processos se expande, de forma a garantir máquinas e sistemas capazes de promover a interatividade necessária para as operações (GERBERT et al., 2015).

Weyer et al. (2015) assume que cada trabalhador terá uma grande quantidade de problemas para serem resolvidos, portanto, o trabalho manual é substituído pelo trabalho mental na concepção da Indústria 4.0. Aponta também a adaptabilidade dos operadores, que vão encarar uma variedade de outros tipos de trabalhos. Portanto, com apoio tecnológico, é garantido que os trabalhadores realizem seu potencial e adotem o papel de tomadores de decisões estratégicas e flexibilizadores de problemas.

Kagermann et al. (2013) destaca que a Indústria 4.0 irá transformar a forma que as pessoas trabalham, bem como as competências necessárias ao trabalho. Será essencial implementar treinamentos aos colaboradores para se adequar ao novo conceito de indústria. A mudança se inicia nos processos de produção, mas o papel da gerência é fundamental para o desenvolvimento da flexibilidade tão necessária ao novo conceito dessa indústria, garantindo maior autonomia aos seus funcionários para se obter ganho de produtividade. As empresas

devem atuar na adaptação tanto de infraestrutura quanto educação relativa às tecnologias da Indústria 4.0. Tal concepção envolve o conhecimento de habilidades relacionadas à TI como parte da força de trabalho (SCHWAB, 2016).

Para Kagermann (2016) devemos direcionar esforços em termos de treinamento e prover o desenvolvimento profissional contínuo em relação à modelagem e engenharia de sistemas. Isso inclui tanto treinamento apropriado para novos engenheiros entrantes à indústria, quanto a adaptação desse treinamento para engenheiros experientes que já estão inseridos no ambiente fabril. O conteúdo deste treinamento deve ser voltado para os requisitos da empresa de manufatura. Em relação à estrutura organizacional, a sugestão é que não se designe uma estrutura única à Indústria 4.0, visto que a flexibilidade permite adaptação às necessidades de cada organização (SHAMIN et al., 2016).

2.2 Transformação 4.0

A implementação da Indústria 4.0 pode ser caracterizada como um período de transição para esse novo modelo de indústria. Para isso, Kagermann (2013) recomenda o desenvolvimento do que ele denomina como "um grupo de trabalho" de Indústria 4.0, para lidar com uma forma de gerenciar sistemas complexos. Ele sugere que seja realizada uma pesquisa na empresa, para estabelecer os requisitos mais urgentes da área, dada a amplitude dos princípios da Indústria 4.0 em termos de implementação.

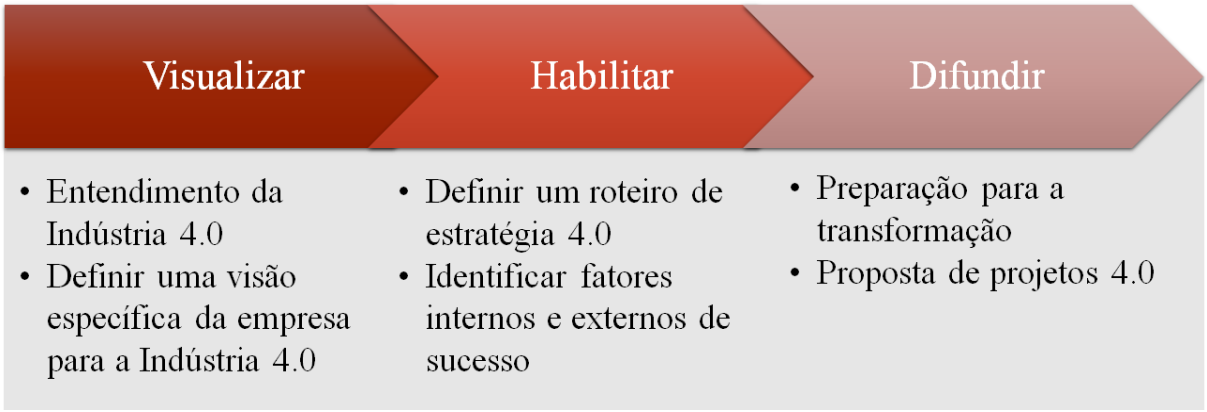
A implementação das soluções da Indústria 4.0 exige gastos de capital em novas tecnologias. Mas é essencial a conscientização dos gerentes de que os investimentos são de longo prazo e os benefícios resultantes deles também devem ser esperados neste período mais longo (ŚLUSARCZYK, 2018). Ao implementar os mecanismos da Indústria 4.0, as empresas têm todos os tipos de expectativas associadas à redução dos custos operacionais e uma melhor posição competitiva frente aos concorrentes, devido a otimização da eficiência operacional.

Telukdarie (2018) aponta que a principal consideração na transformação digital em multinacionais é o alinhamento com a empresa global, a fim de maximizar a cadeia de valor por meio de uma rede conectada. E o primeiro grande passo para a implementação da Indústria 4.0, é a digitalização da fábrica. O autor ainda propõe que o gerenciamento da transformação 4.0 deve incluir visibilidade dos negócios em tempo real. A otimização inclui a capacidade de monitorar e gerenciar qualquer aspecto do negócio, desde o chão de fábrica até os níveis mais altos de gerência, com dados disponíveis para a tomada de decisões.

Quando falamos de pequenas e médias empresas, o desafio da implementação é maior, já que para a aquisição de novas tecnologias (de informação e comunicação principalmente) são necessários maiores recursos financeiros. Essas tecnologias, juntamente com maquinário atualizado, resultam na digitalização de todas as operações da empresa (EROL et al., 2016).

Erol et al. (2016) definem uma sistemática de estágios para implementar a transformação 4.0. O principal objetivo do modelo proposto é orientar as empresas no desenvolvimento de objetivos específicos da Indústria 4.0 com um conjunto de medidas para alcançá-los. Quando realizados os estágios apresentados, a empresa irá compreender à visão relacionada à revolução digital, o que irá permitir uma comunicação clara dos objetivos e poderá tomar medidas concretas. O modelo de implementação baseado nas três fases, apresentado na Figura 1, descreve uma visão geral do roteiro estratégico que serve de base para os principais propósitos.

Figura 1 – Modelo de três estágios para a transformação 4.0



Fonte: Erol et al. (2016)

3. Caso do estudo

A empresa estudada é uma indústria multinacional de bens de consumo. Realiza a manufatura de alguns itens metálicos e plásticos e montagem dos produtos em seis linhas de produção. Em busca da melhoria das operações e redução de custos, a companhia segue com um forte investimento em automações. Desde o ano de 2017 desenvolve um projeto de digitalização da fábrica, em busca da melhoria contínua de processos e agilidade na resposta à contratempos na produção.

A transformação digital já acontece na empresa em diferentes áreas. A digitalização dos processos da empresa surge como uma iniciativa de conectividade para alavancar a transformação 4.0. A partir de uma decisão corporativa em um fórum global, foi definido um *blueprint* para a fábrica nos próximos anos, sinalizando as expectativas para o futuro da

indústria.

O grande projeto de digitalização das operações tem como intenção permitir controle em tempo real das operações. É importante lembrar que o maior empenho durante o desenvolvimento da solução teve foco em construir uma ferramenta que poderia ser aplicada para todas as fábricas do grupo. Toda a estruturação da ideia, bem como o desenvolvimento do software foram realizados através de um consenso global.

Foram definidos planos claros para impulsionar a transformação em diversas áreas e foram alocados recursos para criar novas formas de trabalhar neste ambiente em constante mudança. A área de TI da empresa desempenha um papel fundamental e irá trabalhar em proximidade com todos os setores e funções.

O propósito da digitalização da fábrica é tornar todo o fluxo produtivo visível em tempo real, seja o andamento das operações, o status dos equipamentos, a localização e disponibilidade dos materiais, conectando as máquinas às atividades de planejamento. Para isso, é necessário controle de todos os sinais no chão de fábrica, exibindo informações de desempenho das máquinas em tempo real. Um dos princípios da digitalização na empresa baseia-se no fato de que todos os pontos da fábrica reagem a eventos que ocorrem em um determinado local.

3.1. O projeto de digitalização

A digitalização foi destinada a fornecer uma solução para as linhas de montagem e áreas de apoio, cobrindo todo o chão de fábrica, logística, qualidade no processo e geração de relatórios. Permite também integração com sistemas ERP, automações já existentes na fábrica e sistemas de coleta de dados. A iniciativa enfoca proporcionar visibilidade de processos e logística para as linhas de montagem, com o uso de tecnologias de controle, para então servir como um piloto comprovado para outras plantas da empresa. O confronto quantidade de produtos saindo da fábrica e quantidade de material sendo utilizado pode sinalizar diversas informações sobre a manufatura, uma vez que o esperado é que as quantidades sejam as mais coerentes possíveis nos resultados.

A digitalização dos processos é apenas parte da transformação 4.0 da empresa, com o intuito de permitir um crescimento sustentável da capacidade de produção da empresa, e irá estabelecer uma plataforma para o sistema de gestão integrada da cadeia de abastecimento com seus fornecedores. A introdução do Sistema de Execução de Manufatura (MES) permite o gerenciamento mais preciso das atividades de produção, controlando todos os sinais das

máquinas no chão de fábrica, otimizando o fluxo de material e mostrando os principais indicadores de desempenho da planta em tempo real.

O MES conecta não somente a demanda, como as flutuações vindas do mercado para impulsionar e sincronizar as atividades no chão de fábrica. Esse sistema deve ser integrado a um controle interativo que permita o gerenciamento do que ocorre na fábrica em tempo real, acompanhando todas as informações de fabricação através de dados de robôs, monitores de máquinas e também de funcionários, a fim de sincronizar cada atividade em todos os centros de trabalho da fábrica. Ainda assim, é possível conectar a demanda do mercado aos processos ocorrendo na fábrica, tornando a empresa mais reativa às alterações quando necessárias.

Para iniciar a transformação 4.0 foi criado um time de mais de 40 pessoas de diversos setores da empresa para desenvolver esse projeto global, com alta responsabilidade técnica. A multidisciplinaridade destes especialistas foi essencial para contribuir no crescimento e desenvolvimento das pessoas.

Ao longo do desenvolvimento do projeto, foram realizados muitos *workshops*, treinamentos e videoconferências a fim de interagir a nova realidade digital com todos os envolvidos. Uma das partes do processo de amadurecimento do projeto foi possibilitar um desenvolvimento cultural adequado à transformação que a fábrica irá passar.

Abertura para as mudanças que estão sendo inseridas no dia-a-dia e capacidade de adaptação às novas formas de trabalho é essencial para uma organização ágil que esteja sempre à frente. Foi muito importante focar na colaboração como fator crucial para o sucesso do projeto. Todas as áreas foram envolvidas no projeto, desde o alinhamento de metas, treinamentos e pesquisas de satisfação. Pela perspectiva dos recursos humanos, os funcionários se mantiveram motivados e comprometidos durante todas as etapas. Houve grande evolução no conhecimento técnico e no crescimento comportamental.

3.2. Implementação

Após a decisão global de digitalização das fábricas, definição de plano piloto e escolha do time de trabalho, foram estabelecidas as funcionalidades. O sistema recebe ordens de produção do sistema ERP com todas as operações e os componentes atribuídos ao produto. Todas as mensagens de entrada e saída são padronizadas, e as informações de disponibilidade de material que são mostradas na interface não são tratadas como um insumo para o planejamento da produção: o grande objetivo da visualização das informações de disponibilidade de material é

notificar o colaborador sobre a situação real de material, permitindo tomar uma decisão em relação ao se iniciar a ordem de produção.

Tratando-se do fluxo de materiais, a implementação se dividiu em três partes: o depósito de materiais e componentes, as áreas de apoio (fabricantes de parte dos componentes do produto) e as linhas de montagem.

A digitalização não incluiu o gerenciamento das informações do produto finalizado. A transformação foi proposta para um sistema de manufatura, ou seja, o escopo dispõe da produção, de forma a ser usado por quem trabalha na linha de montagem. Quando o produto é finalizado, o sistema digital reconhece que não é mais responsabilidade gerenciar o fluxo do mesmo.

Desde o início do projeto foram levantados todos os fluxos de materiais e informações por toda a fábrica. Este período dedicado a análises de mapeamento dos fluxos revelou uma "fotografia" da fábrica no sistema de produção antes da digitalização, essencial para definir os pontos a serem instalados dispositivos de automação. Foi necessária uma alteração sistêmica de itens da fábrica, como a alteração do tipo de item, para realizar o apontamento da produção, o controle de estoque de itens e a nova divisão dos centros de trabalho de forma padronizada.

Após o levantamento de informações e adequação para o novo sistema, um ambiente de teste preparado para simular todas as áreas de implementação foi colocado em funcionamento. Neste ambiente, os problemas eram identificados, criados registros de pontos de correção e testados novamente para assim serem validados. Só após a validação era liberado para a produção.

A digitalização também inclui como parte essencial um sistema de gestão de qualidade. Durante todas as etapas existe a possibilidade de inserir uma não conformidade, uma falha no teste, ou um material recebido fora das especificações. Estas informações são inseridas no sistema por quem manuseia o item. Dessa forma, os indicadores da fábrica, que antes eram calculados com certa periodicidade, agora passaram a ser calculados automaticamente e expostos de forma *online*.

A sequência de implementação seguiu três etapas no ambiente de gestão da produção e de materiais. Iniciou-se pelas linhas de montagem, passando pelas áreas de apoio e por fim pela logística que inclui o estoque de materiais. A partir da demanda das linhas de montagem foram definidos os dados a serem coletados, para então implementar a iniciativa nas áreas de apoio que fornecem componentes que serão usados na manufatura dos produtos. Por fim, a implementação no abastecimento realizado pela logística, etapa mais complexa em função da

quantidade de itens e particularidades no abastecimento de peças para as linhas de montagem, que irá fechar o ciclo de informações no projeto de digitalização.

Em cada uma das áreas de implementação, com suas particularidades e adaptações à realidade setorial, é feito todo o controle do fluxo de materiais que entram para a manufatura do produto final. Juntamente, o levantamento de erros e as correções aos respectivos problemas surgidos durante a implementação. Um modelo da transformação digital na empresa de estudo pode ser visto na Figura 2.

Figura 2: Modelagem da transformação 4.0 na empresa

Fonte: Autores

4. Modelagem da transformação 4.0

Nota-se que em comparação com o modelo proposto por Erol et al. (2016), a modelagem da empresa também tem três estágios para a habilitação da transformação 4.0. Os autores propõem habilitar a visão da revolução digital para alcançar objetivos específicos estratégicos; o estudo de caso trouxe uma aplicação mais prática para uma mudança sistemática para o ambiente da indústria.

Por meio do estudo de caso e a literatura apresentada, foi proposto um modelo de transformação 4.0 com a junção do roteiro estratégico publicado por Erol et al. (2016). Dessa forma, foi possível agregar o aspecto tático da mudança para uma fábrica digital com o enfoque prático das etapas de implementação de um sistema digital em um ambiente da indústria de bens de consumo. O modelo de transformação 4.0 proposto, pode ser visto na Figura 3.

Figura 3: Modelagem da transformação 4.0 para indústrias

Fonte: Autores

Na etapa de visualização a empresa inicia a compreensão dos conceitos da Indústria 4.0, alinhando aos objetivos da companhia com as características do ambiente industrial. Na fase de habilitação são definidas as visões de longo prazo e estratégias para se alcançar o resultado esperado com a digitalização. Ao planejar, a equipe desenvolvida para se dedicar à transformação 4.0 deve realizar o levantamento de dados necessários à mudança sistêmica da indústria, de forma a delinear o contexto atual da empresa, para então determinar tecnologias e equipamentos adequados ao novo sistema digital. Posteriormente, na preparação haverá a instalação dos dispositivos que foram definidos na etapa anterior, realização de todos os testes que simulem o mais próximo da realidade da indústria. A etapa de implementar baseia-se em "ligar" o sistema, adaptar-se à nova realidade e corrigir os erros que surgirem.

5. Considerações finais

O objetivo deste trabalho foi caracterizar a aplicação dos conceitos da Indústria 4.0, comparar com a implementação de um projeto de digitalização numa indústria de bens de consumo, e então propor uma modelagem que se aplique para empresas do mesmo ramo.

A modelagem de cinco estágios proposta consegue representar uma sequência para habilitar a transformação digital no ambiente da indústria. Ainda assim, nota-se que o estudo de caso apresentado representa apenas o início da Indústria 4.0, assemelhando-se com a implementação de um MES. O MES assume grande importância neste contexto de digitalização dentro da

indústria, tratando de todo o sensoreamento e informatização do produto fabricado ao longo da cadeia, e pertence também aos conceitos da quarta revolução industrial.

É visível portanto, que ainda faltam pilares e tecnologias base da Indústria 4.0 na empresa estudada, o que descaracteriza uma transformação completa. O MES implementado garante grande controle da produção. A coleta de dados confere, após um processamento dos mesmos, informações úteis na tomada de decisão. A integração do MES com todos os outros fatores ligados à Indústria 4.0 forneceria um modelo mais concreto na formulação de um guia para a transformação digital.

REFERÊNCIAS

AMORIM, J. E. A "Indústria 4.0" e a Sustentabilidade do Modelo de Financiamento do Regime Geral da Segurança Social. **Cadernos de Dereito Actual**, Santiago de Compostela, v. 5, p.243-254, 2017.

DALENOGARE, L. S.; BENITEZ, G. B; AYALA, N. F.; FRANK, A. G. The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. **International Journal of Production Economics**, p. 1-12, 2018.

EROL, S; SCHUMACHER, A., SIHN, W., Strategic guidance towards Industry 4.0 – a three-stage process model. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPETITIVE MANUFACTURING (COMA)**, 16, 2016, Stellenbosch-SA. Department of Industrial Engineering Stellenbosch University, 2016.

FRANK, A. G.; DALENOGARE, L. S.; AYALA, N. F. Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. **International Journal of Production Economics**, p. 1-12, 2019.

GERBERT, P. et al. Industry 4.0 - **The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries**. 2015. Relatório. Boston Consulting Group, 2015.

KAGERMANN, H.; HELBIG, J.; HELLINGER, A.; WAHLTSTER, A. **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0**: Securing the future of German manufacturing industry, 2013. Relatório. Industrie 4.0 Working Group. Forschungsunion, 2013.

SCHWAB, K. **A Quarta Revolução Industrial**. Tradução de: Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2016.

SHAMIM, S.; CANG, S.; YU, H.; LI, Y. Management approaches for Industry 4.0: A human resource management perspective. In**: IEEE CONGRESS ON EVOLUTIONARY COMPUTATION (CEC)**, Jul. 2016, Vancouver, Canadá.

SISINNI, E.; JENNEHAG, U.; HAN, S.; GIDLUND, M. Industrial Internet of Things: Challenges, Opportunities and Directions. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, p. 1-28, 2018.

ŚLUSARCZYK, B. Industry 4.0 - Are we ready? **Polish Journal of Management Studies**, p. 232-248, 2018.

TELUKDARIE, A.; BUHULAIGA, E.; BAG, S.; GUPTA, S.; LUO, Z. Industry 4.0 implementation for multinationals. **Process Safety and Environmental Protection**, p. 316-329, 2018.

WEYER, S.; SCHIMITT, M.; OHMER, M.; GORECKY, D. Towards Industry 4.0 - Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems. In: **IFAC SYMPOSIUM ON INFORMATION CONTROL IN MANUFACTURING (INCOM)**, 15, Dez. 2015, Ottawa, Canadá.