



## APLICAÇÃO DE FERRAMENTA DA INDÚSTRIA 4.0 EM UM CASO COM ALGUNS CENÁRIOS NACIONAIS E INTERNACIONAIS

DOI: 10.19177/rgsa.v9e22020120-140

**Nicollas Luiz Schweitzer de Souza<sup>1</sup>**  
**Luciana Amaral Stradioto Neto<sup>2</sup>**  
**Ivete de Fátima Rossato<sup>3</sup>**  
**Bruna Simões da Silva<sup>4</sup>**  
**Jairo Afonso Henkes<sup>5</sup>**

### RESUMO

Neste trabalho são abordados os potenciais ganhos da Indústria 4.0, a adoção de ferramentas que congreguem sistemas de interligação de equipamentos dentro de uma cadeia produtiva à rede, permitindo o controle da produção à distância. Estes processos geram uma grande quantidade de dados, que precisam ser geridos e interpretados para viabilizar uma melhor visualização e programação dos processos produtivos. O objetivo geral deste artigo é o de identificar novos métodos para ampliar a produtividade na indústria, dentro do conceito da Indústria 4.0, demonstrando formas de utilização de suas ferramentas, demonstradas em exemplos e bibliografias sobre o tema. Com os processos cada vez mais automatizados, almeja-se sempre a otimização da produção e redução dos custos, assim como o aumento da produtividade, otimizando o ciclo nos processos fabris. Pode-se concluir que um dos benefícios da Indústria 4.0 é o aumento da capacidade produtiva, redução de defeitos, e a flexibilização da linha de produção, pelos processos automatizados, permitindo uma produção de diversos produtos em pequenas quantidades com os mesmos lucros de uma produção em massa.

**Palavras-chave:** Indústria 4.0. Internet das coisas. Inteligência virtual. Automação. Produtividade.

<sup>1</sup> Mestrando em Engenharia de Produção (UFSC), Engenheiro de Produção (UNISUL 2019). E-mail: nicollas\_schweitzer@hotmail.com

<sup>2</sup> Graduada em Engenharia de Produção, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). E-mail: luciana\_stradioto@hotmail.com

<sup>3</sup> Doutora em Engenharia de Produção (UFSC, 2002), Mestre em Engenharia de Produção (UFSC, 1996). Licenciada em Química/UFSC (1987), Engenharia Química (UFSC, 1993). E-mail: ivete.rossato@unisul.br

<sup>4</sup> Mestranda em Engenharia de Produção (UFSC), Engenheira de Produção (UNISUL 2019). E-mail: simoessbruna@gmail.com

<sup>5</sup> Doutorando em Geografia (UMinho, 2019). Mestre em Agroecossistemas (UFSC, 2006). Especialista em Administração Rural (UNOESC, 1997). Engenheiro Agrônomo (UDESC, 1986). Professor dos Cursos de Ciências Aeronáuticas, Administração, Engenharia Ambiental, do CST em Gestão Ambiental e do Programa de Pós Graduação em Gestão Ambiental da Unisul. E-mail: jairohenkes333@gmail.com

# APPLICATION OF INDUSTRY 4.0 TOOLS FOR PRODUCTIVITY GAINS

## ABSTRACT

In this work, the products offered by Indústria 4.0 are addressed, its tools that use systems of interconnection of machines of the productive chain to the network, allowing or controlling the production from a distance. Generating a large amount of data, which needs to be managed and interpreted to enable the best responses and programming of production processes. The article aims to raise tools, practices and concepts of Industry 4.0, which can obtain research gains in Industry through the bibliographic survey that can be used as a basic theme, in addition to bringing a national case of application among other international studies in the literature. With increasingly automated processes, you can optimize production and reduce costs, such as increasing effectiveness, decreasing manufacturing time. As the result can analyze which of the great benefits of Industry 4.0 is the increase of the productive capacity, the defects, the data or the degree of automation, and the flexibility of the production line, allowing it to produce great variation in the small quantities with the same mass production profits.

**Keywords:** Life Industry 4.0. Internet of things. Virtual intelligence. Automation. Productivity.



## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a indústria tradicional está sendo desafiada, devido aos avanços tecnológicos digitais, que alinham a integração de softwares a hardwares, com componentes inteligentes, dispositivos integrados e sensores digitais, formando a base da chamada indústria 4.0, que adota tecnologias de informação, programação digital, a Internet das Coisas (IoT) e modernas formas de comunicação por empresas que atuam em processos de manufatura (RESEARCH, 2015). A consolidação de ferramentas de tecnologia da informação promoveu o início da quarta revolução industrial, por meios, de simulações que integram o modelo virtual, com modelos físicos, utilização de computação em nuvem, IoT, evoluções dos sensores entre outras ferramentas (SCHWAB, 2016).

Num futuro muito próximo, essas tecnologias se tornarão presentes em todas as áreas da economia, gerando diversas transformações econômicas e sociais.

Cada vez mais, novos dispositivos e equipamentos estarão habilitados a se comunicar com outros e coletar dados de ambientes e usuários (equipamentos domésticos, automotivos, equipamentos telefônicos), associados em tecnologias de big data, computação em nuvem e novas tecnologias de tratamento de dados, possibilitando então, um desenvolvimento de novas alternativas de modelos de negócios, o que poderá modificar a maneira de contatos das empresas com fornecedores e clientes (RESEARCH, 2015).

A Indústria 4.0 é um conceito novo atribuído as empresas que adotam tecnologias de vanguarda e abrem novas perspectivas para o setor. Este tema está sendo um dos tópicos mais discutidos no âmbito industrial, pois se constitui em uma nova tendência da indústria, e que servirá de ponte para uma futura virtualização de objetos físicos e serviços na indústria. Todas as áreas da indústria 4.0, com foco a engenharia de produção, necessita estar atualizada e preparada para os novos desafios, uma vez que a tendência é o aumento na demanda nestes serviços que merecem ser atendidas.

Segundo Baur e Wee (2015), estima-se que, até 2025, os processos relacionados à Indústria 4.0 poderão aumentar a eficiência do trabalho entre 10% e 25%, diminuir as despesas de manutenção de equipamentos entre 10% e 40%, reduzir o consumo de energia entre 10% e 20%. Essa nova revolução industrial não resultará apenas nos ganhos de produtividade, mas também envolverá a redução dos prazos de lançamento de novos produtos no mercado, a maior flexibilidade das linhas de fabricação, com aumento da produtividade e da eficiência na utilização de recursos e, até mesmo, a capacidade das empresas de se incorporarem em cadeias globais de valor (GOMES et al., 2016).

O objetivo deste artigo é encontrar na literatura um caso nacional de aplicação de ferramentas da Indústria 4.0 onde se pode obter ganho para a organização e partir disso poder contextualizar os seus impactos. De maneira a complementar o cenário nacional do tema, busca-se encontrar alguma fonte bibliográfica que traga informações pontuais de empresas sobre o cenário nacional frente aos assuntos da quarta revolução industrial. Tem-se também como objetivo secundário pesquisar aplicações de ferramentas em casos de organizações internacionais que obtiveram ganho considerável com o uso de ferramentas da quarta revolução industrial afim de que se possa de maneira breve, sintetizar como se encontra o cenário internacional.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

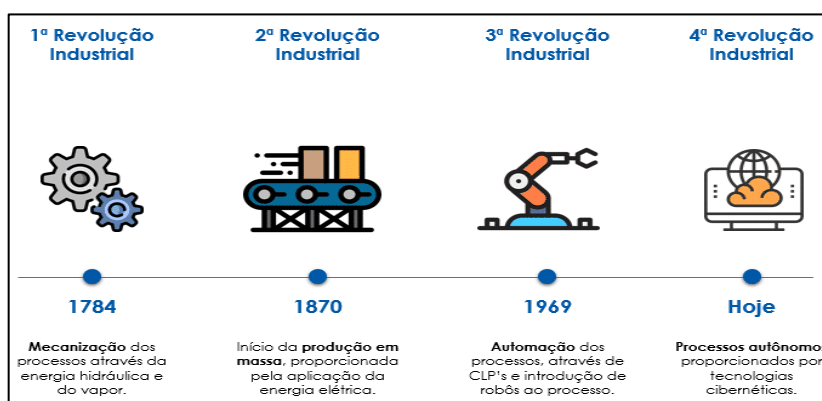
Nesta seção foi realizado a revisão da literatura para que possa basear a pesquisa então estudada.

### 2.1 AS FASES DA INDUSTRIALIZAÇÃO

A primeira fase da industrialização iniciou-se no século XVIII, com a mecanização das linhas de produção em série, a utilização de energia a vapor, a produção caseira foi sendo substituída gradativamente pelo ambiente fabril centralizando. A partir de 1870, a adoção da eletricidade e divisão do trabalho deu início à segunda fase de industrialização, com a substituição do vapor por motores elétricos, sendo a indústria automobilística uma das pioneiras na utilização de linhas de produção em série, idealizada por Henry, para a produção do Ford Modelo T, nos Estados Unidos (SCHUH et al, 2014).

No início dos anos 70, deu-se o início da revolução digital, também nos Estados Unidos foi lançado o primeiro controlador lógico programável, o *Modicon*, permitido a programação digital de sistemas de automação. Com os avanços trazidos pela engenharia de sistemas de automação levando ao desenvolvimento de sistemas altamente flexíveis e eficientes, promovendo enormes ganhos no processo produtivo (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013). Na figura 1 observa-se as fases da industrialização até a atualidade.

Figura 1 – Ordem cronológica das fases da industrialização.



Fonte: KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG (2013).

A quarta fase que está em pleno desenvolvimento se trata da aplicação de novas tecnologias, para apoiar os processos produtivos e é denominada Indústria 4.0.

## 2.2 INDÚSTRIA 4.0

O termo Indústria 4.0 foi introduzido em 2011, pelo Instituto *Fraunhofer Gesellschaft* e pelo Governo Federal Alemão, como um termo coletivo que define o conjunto de tecnologias para fluxo de informações, automação e manufatura (CHUNG; KIM, 2016). A iniciativa do Governo Alemão faz parte de um programa de estratégia de alta tecnologia para introduzir a ideia de indústria totalmente integrada (HOFMANN; RÜSCH, 2017).

A Alemanha é considerada o país precursor da Indústria 4.0 e possui uma série de instituições e centros de pesquisa os quais estão trabalhando de forma integrada para juntos promovê-la no país (MACDOUGALL, 2014). Em contraste com a realidade da Alemanha apresentada anteriormente, o nível de conhecimento da indústria brasileira a respeito de tecnologias digitais e seu papel na indústria é pouco difundido, onde apenas 42% das empresas pesquisadas em um universo de 2225 empresas não tem conhecimento do impacto das tecnologias digitais na competitividade da indústria (CNI, 2016).

Hermann, Pentek e Otto (2015), definem Indústria 4.0 como um termo coletivo para tecnologias e conceitos da cadeia de valores da organização. Dentro das Fábricas Inteligentes, estruturadas ao molde da Indústria 4.0, os Sistemas Físicos Cibernéticos monitoram os processos físicos, criam uma cópia virtual do mundo físico e tomam decisões descentralizadas. Outro aspecto levantado por Hermann, Pentek e Otto (2015), é que os Sistemas Físicos Cibernéticos são integrados com a Internet das Coisas, com os humanos, e com a Internet dos Serviços, sendo que esta última oferece serviços, tanto de natureza interna, quanto externa, utilizados pelos *stakeholders* da cadeia de valor.

Drath e Horch (2014), afirmam que muitas empresas, organizações e universidades focam em aspectos distintos da Indústria 4.0. Alguns requisitos esperados para a implementar da Indústria 4.0, refletem a maioria dos aspectos trabalhados por essas entidades: estabilidade, privacidade de dados, proteção do investimento e segurança cibernética.

De modo a implementar a Indústria 4.0, Kagermann, Wahnke e Helbig (2013), sugerem três características principais a serem consideradas:

a) Engenharia de ponta a ponta: em um processo de criação de valor centrado no produto, toda a cadeia de atividades envolvida;

b) Integração Horizontal: a organização deve, ao mesmo tempo, competir e colaborar com outras organizações relacionadas;

c) Integração Vertical: uma fábrica possui vários sistemas e departamentos, sendo essencial a integração entre todos esses.

Kagermann, Wahnke e Helbig (2013), afirmam que a integração da Internet das Coisas, aliada ao processo de manufatura, é a porta de entrada para a 4ª Revolução Industrial. Conforme os mesmos autores, a fusão entre o mundo físico e virtual é outro importante componente da Indústria 4.0 e como faz notar Lee (2008), é possibilitada pela integração entre os processos físicos e computacionais. As fábricas que aplicam esses conceitos são chamadas de Fábricas Inteligentes e formam a base da Indústria 4.0 (HOFMANN; RÜSCH, 2017).

### 2.3 PRINCIPAIS FERRAMENTAS DA INDÚSTRIA 4.0

O quadro 1 aponta as 8 principais ferramentas com base nos autores que referenciam a Indústria 4.0, sendo elas provenientes de avanços tecnológicos dos últimos anos e que nas próximas seções sua implantação mostrará como é possível obter alguma ganho com a aplicação de alguma delas.

Quadro 1 – Principais ferramentas da Indústria 4.0.

Sistemas físicos cibernéticos	Fábricas Inteligentes	Big Data
Integração de sistemas físicos com modelos computacionais. (LEE et al., 2015).	Tudo dentro da empresa está interligado, não apenas dentro dos limites físicos da empresa, mas também além delas. (MARQUES et al., 2017).	De acordo com Ten Hompel e Otto (2014), o termo Big Data é definido como um grande conjunto de dados.
Internet das Coisas	Simulação	Robôs autônomos
Para Banafa (2017) é uma extensão da internet atual, ela cria uma conectividade na qual os periféricos possam ser provedores de serviço e não só um artifício do controle remoto da rede.	Simulam o mundo físico em um mundo virtual, seja máquinas, produtos ou humanos. Isso irá implicar em uma tomada de decisão mais precisa, que irá permitir testar e otimizar máquinas e processos antes da sua implantação (RÜßMANN et al., 2015).	Rüßmann et al. (2015), apontam que os robôs evoluam de uma maneira a qual se tornem cada vez mais colaborativos, flexíveis e autônomos.
Realidade aumentada	Manufatura aditiva	
Servem de auxílio a uma variedade de serviços, como por exemplo, dar instruções através de dispositivos móveis instruções de reparo para peças em um depósito (RÜßMANN et al., 2015).	Rüßmann et al. (2015), identifica um exemplo desse tipo a impressora 3D, o qual em sua grande maioria é utilizada para projetar ou produzir componentes individuais. Haverá maior volume de utilização desse método de manufatura os quais irão produzir pequenos lotes customizados que oferecem vantagens como designs complexos e leves. Projetos mais complexos, mais fortes e com geometrias mais leves, bem como um melhor custo benefício em relação a matéria prima são benefícios proporcionados pela manufatura aditiva, conforme aponta Hagel et. al. (2015).	

Fonte: Dos autores (2020).

## 2.4 IMPACTOS, DESAFIOS E BENEFÍCIOS DA INDÚSTRIA 4.0

De acordo com Baur e Wee (2015), existem 3 requisitos os quais as organizações devem estar alinhadas para aproveitar todo o potencial da Indústria 4.0, como pode-se visualizar no quadro 2.

Quadro 2 – Requisitos para organizações alcançarem potencial com a Indústria 4.0.

<p>Maior coleta e melhor uso das informações: o melhor gerenciamento dos dados pode garantir um aumento de até 25% na produtividade da empresa.</p>	<p>A alta direção alinhada com a Indústria 4.0: a alta direção deve contemplar a Indústria 4.0 na estratégia da empresa. Isso se deve ao fato de que o tradicional modelo de negócios da indústria está em transformação, implicando na criação de novos modelos de negócios adaptados as novas necessidades.</p>	<p>Estar preparada para uma transformação digital: requisito essencial para aplicar a maior parte das tecnologias da Indústria 4.0, as organizações devem estruturar o seu modelo de negócios para dar suporte a essa transformação.</p>
---	---	--

Fonte: Dos autores, adaptado de BAUER; WEE (2015).

No mesmo sentido, Koch et al. (2014), elencam 3 pontos direcionadores para as organizações ao implementar a Indústria 4.0, baseados em uma pesquisa com 235 empresas industriais da Alemanha, conforme ilustra o quadro 3.

Quadro 3 – Pontos direcionadores para as organizações ao implementar a Indústria 4.0.

<p>Melhor gerenciamento e integração da cadeia de valor: através da otimização da cadeia de valor, as empresas esperam um aumento de 18% na produtividade, sendo que aproximadamente 85% das empresas deverão ter implementado soluções em Indústria 4.0 nos próximos 5 anos.</p>	<p>Digitalização e interconexão entre produtos e serviços: as empresas esperam um incremento adicional de 2% nas receitas ao ano, através do aumento da competitividade.</p>	<p>Novos modelos de negócios baseados no maior valor agregado aos clientes: são caracterizados pelo considerável aumento na cooperação entre toda a cadeia de valor, aumentando a capacidade de mapear as necessidades dos clientes.</p>
---	--	--

Fonte: Dos autores, adaptado de KOCH (2014).

As considerações de Rubman et al. (2015), apontam que a Indústria 4.0 irá transformar sistemas de produção e produtos por meio do design, da manufatura, da operação e serviços relacionados. Apesar disso, os autores afirmam que a conectividade e a integração entre máquinas e humanos irão implicar em um aumento de 30% na velocidade e 25% na eficiência dos sistemas de produção, além de elevar o nível e volume de customização a novos patamares.

Outro ponto é que a manufatura deixará de ser baseada em células autônomas para se basear em células totalmente integradas, com recursos automatizados que se comunicam entre si aumentando a flexibilidade, velocidade, produtividade e a qualidade. Ainda Rubman et al. (2015), também elencam as transformações nos sistemas e processos de produção as quais irão permitir responder as necessidades dos clientes de maneira mais rápida do que hoje em dia, conforme pode-se observar no quadro 4.



Quadro 4 – Transformações no sistema e processos de produção.

<p>Ao longo de toda a cadeia de valor, os processos de produção serão otimizados através da integração de sistemas via Internet das Coisas.</p>	<p>Os protótipos físicos serão reduzidos ao mínimo devido à forte virtualização no planejamento que irá integrar todos os processos envolvidos.</p>	<p>A flexibilidade nos processos de manufatura irá viabilizar a produção de pequenos lotes customizados, através da integração de robôs, máquinas e produtos inteligentes.</p>	<p>Os processos de manufatura serão otimizados através do auto aprendizado e da auto otimização das máquinas, que irão ajustar seus parâmetros conforme as necessidades requeridas em tempo real.</p>	<p>A logística automatizada, através de robôs e veículos autônomos, irá se adaptar automaticamente as necessidades de produção.</p>
---	---	--	---	---

Fonte: Dos autores, adaptado de RUBMAN (2014).

### 3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A metodológicos da pesquisa em relação à abordagem do problema é qualitativa, pois segundo Gil (1999, p.94) “[...]estão voltados para auxiliar os pesquisadores a compreenderem pessoas e seus contextos sociais, culturais e institucionais”.

A pesquisa qualitativa fez o pesquisador analisar os dados de modos subjetivos no trabalho.

Com relação aos objetivos, a pesquisa é exploratória, pois segundo Gil (1999, p.43) explica que a pesquisa exploratória tem como finalidade proporcionar maiores informações sobre o assunto que se vai investigar; facilitar a delimitação do tema da pesquisa; orientar a fixação dos objetivos e a formulação das hipóteses ou descobrir um novo tipo de enfoque para o assunto.

Neste trabalho foi realizado uma pesquisa exploratória onde o pesquisador buscou aprimorar a pesquisa e os aspectos estudados envolvendo levantamento bibliográfico de dados de empresas que implantaram as ferramentas da Indústria 4.0.

Neste trabalho é realizado um breve levantamento bibliográfico de dados de empresas que implantaram as ferramentas da Indústria 4.0. A coleta de dados foi utilizada através de relatórios e documentos, considerando o “cunho qualitativo dessa pesquisa que se preocupa com o aprofundamento da compreensão do tema estudado” (GOLDENBERG, 1997, p. 34).

Os dados advindos de diversas fontes chegam ao investigador em estado bruto, necessitando, então ser processados, através de uma análise de conteúdo com intuito de elencar um caso prático de aplicação de ferramentas da Indústria 4.0 presente na literatura que se obteve ganho em uma empresa nacional para, dessa maneira,

facilitar o trabalho de compreensão, interpretação e inferência, buscando, assim, tecer um significado inteligível entre os dados coletados e o método de produção da Indústria 4.0.

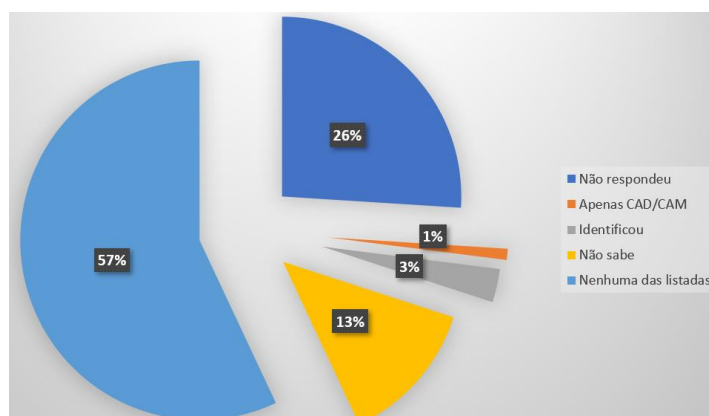
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 ANÁLISE DO CENÁRIO NACIONAL

A implantação e implementação de tecnologias da Indústria 4.0, têm potencial de melhoria da produtividade nas indústrias. Não são, todas as empresas que possuem a visão holística dessas transformações produtivas. Partindo dessa premissa, foi demonstrado como as indústrias brasileiras se comportam frente as novas tecnologias/ferramentas de produção e seus desdobramentos no processo produtivo.

Pesquisa realizada pela Confederação Nacional da Indústria – (CNI, 2016), com 2.225 empresas, sendo 910 empresas de pequeno porte, 815 médias e 500 de grande porte, no período de 4 a 13 de janeiro de 2016, verificando-se que 43% das indústrias brasileiras pesquisadas não identificaram quais tecnologias digitais – estão presentes no conceito de Indústria 4.0 (CNI, 2016). Entre as 10 opções apresentadas, apenas 1% das indústrias pesquisadas identificou as tecnologias de projetos de manufatura por computador CAD/CAM, (softwares de simulação), como importante para a competitividade da indústria, como mostra a gráfico 1.

Gráfico 1 –Identificação de tecnologias essenciais para competitividade da Indústria.



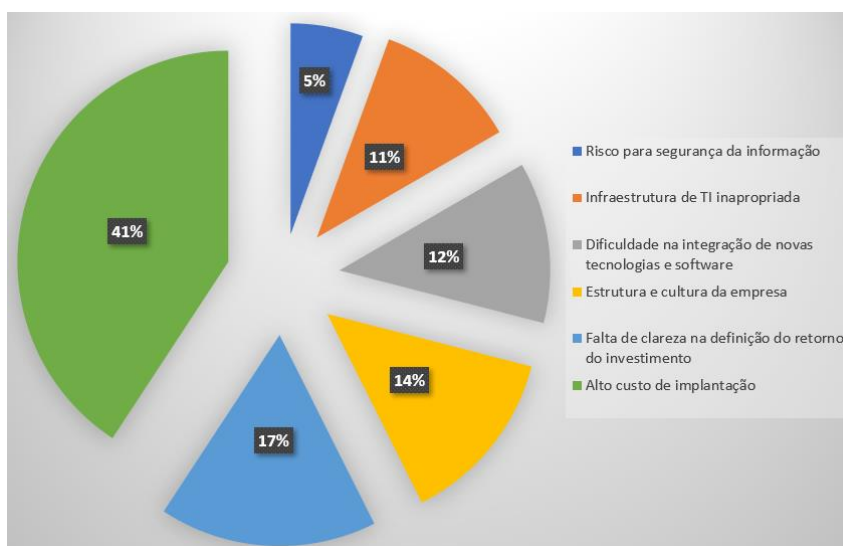
Fonte: Dos autores, adaptado de ESPECIAL (2016).

O desconhecimento das novas tecnologias é significativamente maior entre as pequenas empresas (57%). Entre as grandes empresas, o percentual de empresas

que não identificaram alguma das 10 tecnologias digitais apresentadas, como importante para a competitividade, cai para 32% (ESPECIAL, 2016).

No gráfico 2, é possível observar que entre as barreiras internas, o custo de implantação é a principal barreira à adoção de tecnologias digitais para 66% das empresas entrevistadas (ESPECIAL, 2016).

Gráfico 2 – Barreiras internas que dificultam a adoção de tecnologias.



Fonte: Dos autores, adaptado de ESPECIAL (2016).

No que confere às barreiras externas, o destaque é a falta de trabalhador qualificado, com 30% de assinalações. As demais opções aparecem com percentuais de assinalações próximos (variando de 24% a 26%), à exceção de falta de normalização técnica e regulação inadequada, que não foram considerados entraves significativos (ESPECIAL, 2016).

Quanto às expectativas das indústrias brasileiras em relação às medidas a serem tomadas pelo governo, para 46% das indústrias pesquisadas o governo brasileiro deve promover o desenvolvimento da infraestrutura digital, para acelerar a adoção de tecnologias digitais no país. Enquanto 42% afirmam que esperam do governo brasileiro maior investimento em educação, visando qualificar os trabalhadores e resolver o problema da ausência de mão de obra qualificada.

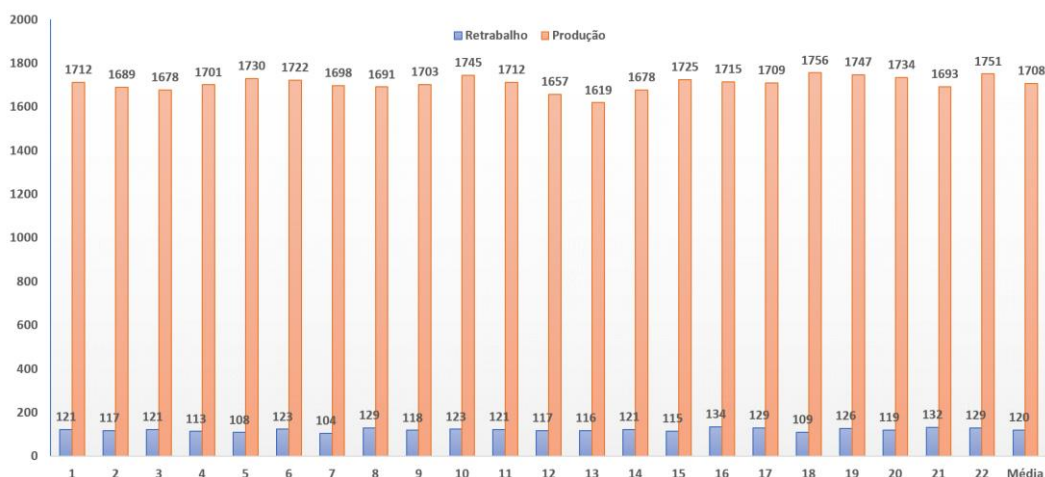
Essa explanação, a respeito do cenário nacional, tem a intenção de alertar quanto ao desconhecimento das indústrias brasileiras das potencialidades produtivas referentes ao conceito de Indústria 4.0 e salientar a importância de se preparar estrategicamente para as mudanças industriais que estão acontecendo. Pois as

possibilidades de inovação industrial, contidas no conceito de Indústria 4.0, como a utilização de sistemas inteligentes que podem controlar a produção à distância, com máquinas ligadas à rede de informações que podem ser acessadas a qualquer momento em qualquer lugar contribuem para maior eficiência produtiva e, conseqüentemente, para maior lucratividade.

#### 4.2 APLICAÇÃO EM UM CASO NACIONAL

Em pesquisa realizada em uma unidade produtiva de uma empresa de calçados, com a prerrogativa da redução de custos, a empresa em questão realizou um projeto de automação na empresa, focando em dois processos primordiais em uma de suas linhas de produção (SCHRÖDER; NUNES; VIERO, 2015). O gráfico 3, mostra os níveis da produção e retrabalhos da Linha 2 (manual), considerando 22 dias úteis de trabalho.

Gráfico 3 – Produção e retrabalho na linha 2 (manual).



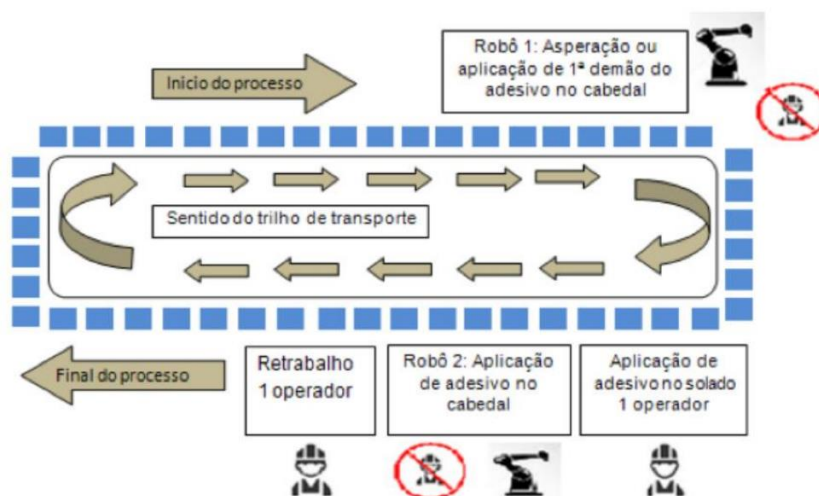
Fonte: Schröder; Nunes; Viero (2015).

Verificou-se uma estabilidade da produção na Linha 2 (manual) (SCHRÖDER; NUNES; VIERO, 2015). Pode-se perceber que do total de 2.645 pares necessitaram de retrabalho, ou seja, 7,04%. A empresa resolveu investir em uma linha com operações automatizadas, e assim substituir a força de trabalho braçal; por isso realizou-se a implantação da automação para a aspiração e aplicação de adesivo no cabedal (SCHRÖDER; NUNES; VIERO, 2015).

Segundo Schröder, Nunes e Viero (2015), na linha de montagem de calçados automatizada, desde o seu início até as operações em que são utilizados os robôs, que são a aspiração e aplicação de adesivo no cabedal, os processos são os mesmos da produção manual. Porém, todo o calçado que entra na linha é monitorado

via sensor de rádio frequência através de chips instalados nas formas em que os calçados são movimentados, estes chips são lidos por sensores instalados ao decorrer da linha. Com esta identificação, os calçados são monitorados em todas as operações, sendo possível o controle de velocidade da linha, bem como os gargalos que surgem de acordo com o modelo produzido, pois cada processo executado possui tempo controlado através das leituras via RFID. A figura 3, mostra como fica o fluxo de produção da Linha Automatizada.

Figura 3 – Operações de montagem na linha automatizada.



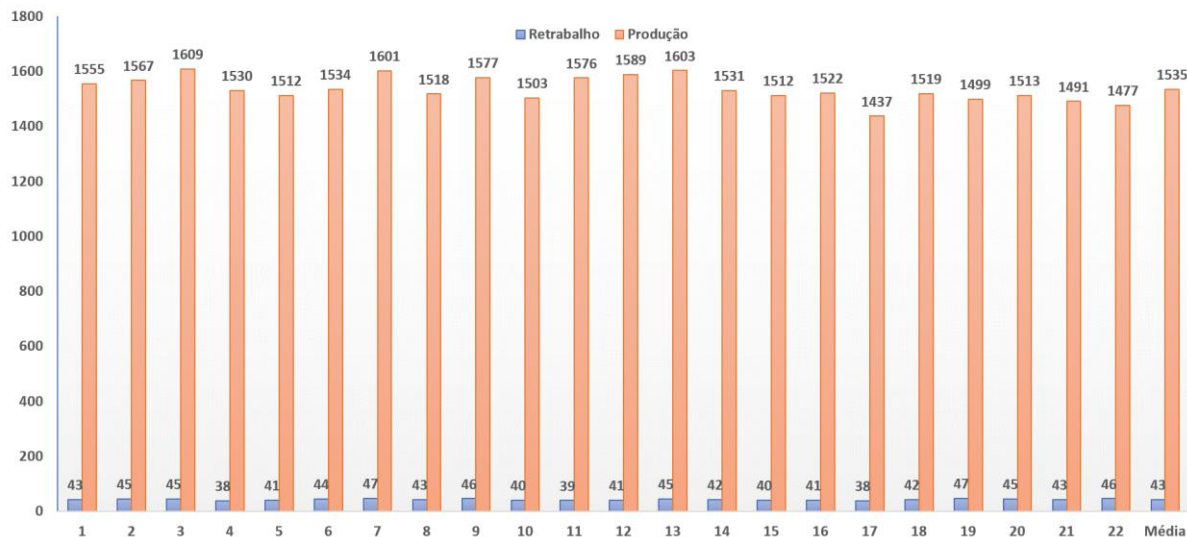
Fonte: Schröder; Nunes; Viero (2015).

As etapas de operação de montagem na Linha Automatizada são realizadas da seguinte forma: é efetuada a leitura do chip via RFID, antes de ingressar na área de trabalho do robô, é feita a verificação do modelo que se refere aquela forma e qual processo deverá ser executado, se o de aspersão ou a aplicação da primeira demão adesiva. Se o processo for distinto do que está em andamento na linha o próprio robô troca seu ferramental com muita rapidez sem causar parada na produção, a partir da informação coletada via RFID, sem a necessidade de um controle humano, esta troca é realizada poucas vezes ao dia, pois os lotes de produção são grandes. Após estes processos são inspecionados, e quando necessário, são submetidos ao retrabalho, operação é realizada por um operador, situação que só é possível pelo baixo número de retrabalhos na linha, devido ao baixíssimo desvio de qualidade na execução das atividades pelos robôs (SCHRÖDER; NUNES; VIERO, 2015).

Portanto, verifica-se o modelo de automação flexível, onde é possível produzir uma variedade de peças ou produtos quase sem perda de tempo e com

modificações de um modelo de peça para outro. Os autores da pesquisa Schröder; Nunes; Viero, (2015), apresentam no gráfico 4, a produção diária e o número de pares que foram retrabalhados, durante o período de pesquisa.

Gráfico 4 – Produção e retrabalho na linha automatizada.



Fonte: Schröder; Nunes; Viero (2015).

Observa-se que os números de produção e retrabalho na Linha Automatizada, há uma regularidade na produção com uma média de 1535 pares produzidos por dia. O número de retrabalhos médio foi de 43 pares por dia. O valor quantitativo de 2,79% da produção total de calçados desse período, produzidos na Linha Automatizada, demandaram retrabalho.

Após as análises dos dados obtidos pela pesquisa Schröder, Nunes e Viero (2015), realizaram a comparações entre as linhas de produção Manual e a Automatizada. A Linha de produção Automatizada obteve um índice de produtividade 260,56% maior que a Linha 2 (manual). Esta Linha Automatizada apresentou um índice de 2,79% de retrabalho, com apenas dois trabalhadores na linha, enquanto a Linha 2 (manual) apresentou um índice de retrabalho de 7,04% com 8 trabalhadores na linha. Houve uma redução de 60,35% do número de retrabalhos realizados no período da pesquisa (SCHRÖDER; NUNES; VIERO, 2015).

Além do expressivo aumento da produtividade por operador, verificou-se também, o aumento da qualidade nos calçados da Linha Automatizada, e isso está diretamente ligado ao fato de operadores e robôs trabalharem juntos, dividindo a mesma linha de produção, assim como na Indústria 4.0, onde robôs e seres humanos

trabalham lado a lado (BLANCHET et al. 2014), utilizando-se sensores RFID, com o intuito de aperfeiçoar ainda mais a produção (RUSSWURM, 2015).

Observar-se também, que dentre os benefícios obtidos pela automatização da linha, que houve uma redução do número necessário de operadores humanos. Devido ao objetivo do estudo dos autores Schröder, Nunes e Viero (2015), não foi pertinente explicitar quais foram as medidas tomadas com os trabalhadores que não são mais necessários à Linha Automatizada, que foi reduzido em 25% na média dos setores avaliados.

#### 4.3 ANÁLISE PESQUISA CENÁRIO INTERNACIONAL

Contata-se que diversos casos onde a implantação de tecnologias contidas no conceito de Indústria 4.0 beneficiam as indústrias de atuação em diferentes países que as utilizam, conforme pode-se verificar no quadro 5.

Quadro 5 – Empresas internacionais e seus ganhos com a Indústria 4.0

Siemens (1ª ação)	Eaton Corportion	Siemens (2ª ação)
Software de simulação para a usinagem de peças usando dados da máquina física. Redução do tempo de preparação para o processo de usinagem real em até 80% (BCG PERPECTIVES, 2015).	Uso de sensores alocados em mangueiras de alta pressão que percebem quando a mangueira está a ponto de rasgar-se, isso ajuda na prevenção de acidentes perigosos e promove redução de custos do tempo de inatividade das máquinas (BCG PERPECTIVES, 2015).	Smart data, para análise de dados com conhecimento de usuários, dispositivos e sistemas e percepções. É usado no monitoramento operacional, para eliminar erros e prevenir defeitos (BCG PERPECTIVES, 2015).
Large Hadron Collider – LHC	Sears, Roebuck and Company	General Electric – GE
Com aproximadamente 30 milhões de sensores e gera mais de 300 terabytes de dados por ano. Na ocorrência de um defeito, levavam até duas semanas para analisar os dados e apontar a origem desse defeito. Com o uso do Smart data na realização da análise de dados esse tempo caiu para apenas 30 min (SIEMENS, 2015).	O procedimento de analisar o volume de informações levava cerca de oito semanas, o que tornava, muitas vezes, as promoções ineficientes e obsoletas. Se implantou tecnologias de Big Data em seu processo. Obtiveram redução do tempo exigido na análise de dados de 8 semanas para uma semana. (MCAFEE; BRYNJOLFSSON, 2012).	Produziu o primeiro motor de jato do mundo que possui injetores de combustível impressos em 3D. Os pedidos são avaliados em mais de US\$ 85 milhões (GE REPOSRTS BRASIL, 2016).
Bosch Rexroth		
Equipou uma unidade de produção de válvulas com um processo semiautomatizado, onde os produtos são identificados por códigos de identificação por rádio frequência – RFID e as estações de trabalho passam a ter as informações de quais etapas de fabricação devem ser realizadas para cada produto e podem se adaptar para executar a operação específica (BCG PERPECTIVES, 2015).		

Fonte: Dos autores (2020).

Reduções expressivas de tempo, como essas apresentadas no quadro 5, possibilitam uma maior efetividade na produção e conseqüentemente maior lucratividade, através da redução do tempo de produção. Com a utilização da internet

das coisas – IoT o número de dados produzidos diariamente é altíssimo. O volume alto de dados por se tornar uma barreira para o processo de análise de dados. Em um levantamento realizado pela Siemens (2015), foi observado que cerca de 280.000 sistemas em todo o mundo – incluindo, desde turbinas a gás até sistemas de gestão de trânsito de 255 cidades – estão conectados à plataforma de serviços remotos da Siemens, isso gera um fluxo gigantesco de dados para serem analisados.

Segundo Zikopoulos et al. (2012), a grande quantidade de dados presentes num sistema são um dos quatro aspectos que caracterizam o Big Data, os outros aspectos são velocidade, variedade e veracidade.

Siemens (2015), afirmou em seu relatório Future of Manufacturing Form Modeling New Perspectives, que produz, em uma de suas instalações, 12 milhões de componentes para a tecnologia de controle industrial. Devido ao alto grau de automação da indústria, que utiliza as tecnologias da Indústria 4.0, somente os serviços de configuração e reparo são realizados manualmente. Isso torna possível um nível de qualidade de 99,9988%.

A utilização da tecnologia de impressão 3D na fabricação de protótipos e modelos, proporciona agilidade e flexibilidade ao testar quaisquer mudanças em modelos, diminuindo a exposição das informações do novo produto, já que o modelo pode ser impresso na própria empresa sem a necessidade de enviar as alterações a uma empresa especializada em prototipagem. É o que ocorre na indústria automobilística atualmente, a impressão 3D é usada na prototipagem rápida de peças, desenvolvimento de ferramentas personalizadas e impressão de peças funcionais em pequenas quantidades (SCOTT, 2015). O uso de moldes impressos tridimensionalmente – ABS, em modelos plásticos, apresenta um grande potencial de redução de custos diretos, financeiros (MARQUES et al, 2013).

Com a redução dos tempos de fabricação e dos custos dos moldes o processo de desenvolvimento fica mais flexível e adaptável, pois os modelos em plástico são impressos, testados, adaptados ou redesenhados dentro do próprio ambiente da empresa desenvolvedora (MARQUES et al, 2013). Esta agilidade pode favorecer e até acelerar a incorporação do aprendizado da empresa no desenvolvimento de produtos.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos dados bibliográficos obtidos e apresentados no presente trabalho, torna-se possível concluir que a Indústria 4.0, não apenas inova os setores produtivos industriais, como também se apresenta como uma saída para a busca de maiores lucros através da conectividade, dado o seu paradigma de condensação das atividades executadas manualmente e intensificação das atividades automatizadas através da flexibilização e autonomia de controle das organizações operacionais. O efetivo aumento da produtividade, como foi constatado na análise realizada sobre a pesquisa realizada por Schröder, Nunes e Viero (2015), demonstra o potencial de melhoria produtiva com a implantação das ferramentas da Indústria 4.0, e tais melhorias levam as indústrias a buscar o uso cada vez maior dessas tecnologias para otimização de seus processos produtivos.

A breve revisão da literatura também revelou que um conjunto de tecnologias será responsável por acelerar a transição do ambiente de produção tradicional para o ambiente descentralizado exigido pela Indústria 4.0. Apesar da quantidade considerável de material que descreve o potencial ganho das soluções tecnológicas possibilitadas pela Indústria 4.0, muitas empresas ainda não tem uma compreensão clara sobre a sua implementação e diante dos desafios que ainda precisam ser ultrapassados não se sentem preparadas para embarcar nessa nova estratégias e questões como a padronização, as novas formas de trabalho, segurança e proteção digital, capacidade cognitiva, ainda precisam ser respondidas e analisadas de forma sistemática para criação de um ecossistema que favoreça a transição para esse novo ambiente.

Podemos sintetizar que a conectividade interna da organização e externa entre as organizações levam a um aumento de produtividade para as empresas e o uso dessas ferramentas de maneira integrada tornam as empresas mais enxutas e dinâmicas, com poder decisão mais ágil, como podemos perceber no decorrer do trabalho onde os cases trouxeram as aplicações das ferramentas referenciadas como base da Indústria 4.0, mensurando seu ganho para as empresas que utilizaram, sejam eles financeiros ou outro.

Concluindo, a Indústria 4.0 vai envolver sobretudo uma mudança de mentalidade. Como nas Revoluções Industriais anteriores, surgirão novos processos,

produtos e modelos de negócios e que consequentemente terão grandes impactos sociais, econômicos e tecnológicos. O fato é que independente da hesitação e desconfiança em relação a esse novo fenômeno, a Indústria 4.0 já está acontecendo, portanto, governos, profissionais da indústria, acadêmicos e outras partes interessadas devem unir-se para apoiar e contribuir para o sucesso desse novo paradigma que promete redesenhar o mapa dos sistemas de produção industriais.

## REFERÊNCIAS

BANAFÁ, A. **Three Major Challenges Facing IoT**. 2017. Disponível em: <<https://iot.ieee.org/nesletter/march-2017/three-major-challenges-facing-iot>>. Acesso em: 10 fev. 2020.

BAUR, C. WEE, D. Manufacturing's next act. **McKinsey Quarterly**, Jun, 2015

BCG PERSPECTIVES (Boston). The Boston Consulting Group (Org.). **Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries: The Nine Pillars of Technological Advancement**. 2015. Disponível em: <[https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered\\_products\\_project\\_business\\_industry\\_40\\_future\\_productivity\\_growth\\_manufacturing\\_industries/?chapter=2](https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered_products_project_business_industry_40_future_productivity_growth_manufacturing_industries/?chapter=2)>. Acesso em: 10 mar. 2020.

BLANCHET, M. et al. **Industry 4.0. The new industrial revolution. How Europe will succeed**. 2014. Hg. v. Roland Berger Strategy Consultants GmbH. München. Disponível em: <[http://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland\\_Berger\\_TAB\\_Industry\\_4\\_0\\_2014\\_0403.pdf](http://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland_Berger_TAB_Industry_4_0_2014_0403.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2020.

CHUNG, M.; KIM, J. The Internet Information and Technology Research Directions based on the Fourth Industrial Revolution. **KSII Transactions on Internet Information Systems**, v. 10, n. 3, 2016.

CNI. Indústria 4.0. Sondagem especial. Brasília, n. 66, maio 2016. Disponível em: <[http://www.portaldaindustria.com.br/relacoesdotrabalho/media/publicacao/chamadas/SondEspecial\\_Industria4.0\\_Abril2016.pdf](http://www.portaldaindustria.com.br/relacoesdotrabalho/media/publicacao/chamadas/SondEspecial_Industria4.0_Abril2016.pdf)> Acesso em: 08 mar. 2020.

DRATH, R.; HORCH, A. Industry 4.0: Hit or hype? **IEEE Industrial Electronics Magazine**, v. 8, n. 2, p. 56-58, 2014.

ESPECIAL, Sondagem. **Indústria 4.0: novo desafio para a indústria brasileira**. 2016. 13 f. Cni (confederação Nacional da Indústria). Disponível em: <

[http://www.portaldaindustria.com.br/relacoesdotrabalho/media/publicacao/chamadas/SondEspecial\\_Industria4.0\\_Abril2016.pdf](http://www.portaldaindustria.com.br/relacoesdotrabalho/media/publicacao/chamadas/SondEspecial_Industria4.0_Abril2016.pdf)>. Acesso em: 14 mar. 2020

GE REPOSRTS BRASIL (Brasil). General Electric Company. **Motor a jato com peças impressas em 3D faz Boeing 737 MAX de última geração voar pela primeira vez.** 2016. Disponível em: < <http://www.gereportsbrasil.com.br/post/147412713124/motor-a-jato-com-peçasimpressas-em-3d-faz-boeing>>. Acesso em: 12 mar 2020.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar.** Rio de Janeiro: Record, 1997.

GOMES, J. O. et al. Desafios para indústria 4.0 no Brasil. **Confederação Nacional da Indústria, INDUSTRIA 4.0**, p. 34, 2016.

HAGEL III, John et al. The future of Manufacturing-Making things in a changing world. **Deloitte Development LLC**, 2015.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO B. Design Principles for Industry 4.0 Scenarios: A Literature Review, **Working Paper N° 01**, 2015.

HOFMANN, E.; RUSCH, M. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects in logistics. **Computers in industry**, v.89, p. 23-34, 2017.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0.** April, p. 4-7, 2013.

KOCH, V. et al. Industry 4.0: Opportunities and challenges of the industrial internet. **Strategy & PwC**, 2014.

LEE, E. A. Cyber physical systems: Design challenges. In: **Object oriented real-time distributed computing (isorc), 2008 11th IEEE international symposium on.** IEE, 2008. P. 363-369.

LEE, J. A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. **Manufacturing Letters**, v. 3, p. 18- 23, 2015.

MACDOUGALL, W. **Industry 4.0: Smart manufacturing for the future.** Germany Trade & Invest, 2014.

MARQUES, A. S.; MILKE, E. C.; MARTINS, V. **Estudo da viabilidade de molde polimérico obtido a partir de prototipagem rápida aplicado no processo de extrusão-sopro.** 2013. Disponível em:< <http://www.ska.com.br/ska/artigos/estudo-mostraque-ferramental-rapido-feito-com-tecnologia-de-impressao-3d-pode-ser>>. Acesso em: 11 fev. 2020.

MARQUES, M. et al. Decentralized decision support for intelligent manufacturing in Industry 4.0. **Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments**, v. 9, n. 3, p. 299-313, 2017.

MCAFEE, A; BRYNJOLFSSON, E. **Big Data: The Management Revolution.** Harvard Business Review, Cambridge, out. 2012.

RESEARCH, B. **Industry 4.0 entscheidend für Geschäftserfolg**. 2015. Bitkom Pesquisa e Ey, Berlim. Disponível em: <<http://www.bitkom-research.de/Presse/Pressearchiv-2015/Industrie-40-entscheidend-fuer-Geschaefterfolg>>. Acesso em: 10 fev. 2020.

OLABUENAGA, J.I. R.; ISPIZUA, M.A. **La descodificación de la vida cotidiana: métodos de investigación cualitativa**. Bilbao, Universidad de deusto, 1989.

RÜßMANN, M. et al. Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. **Boston Consulting Group**, v. 9, 2015.

RÜßMANN, M. et al. **Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries**. 2015. Disponível em: <[https://bcgperspectives.com/content/articles/engineered\\_products\\_project\\_business\\_industry\\_40\\_future\\_productivity\\_growth\\_manufacturing\\_industries/](https://bcgperspectives.com/content/articles/engineered_products_project_business_industry_40_future_productivity_growth_manufacturing_industries/)>. Acesso em: 01 jan. 2020.

RUSSWURM, S. **Industrie 4.0 – from vision to reality**. 2015. SIEMENS Industry Sector – Background Information. Disponível em: <<http://www.siemens.com/press/pool/de/events/2014/industry/2014-04=hannovermesse/backgroud-indutrie40-e.pdf>>2014. Acesso em: 08 mar. 2020.

SCHRÖDER, R. NUNES, F. L.; VIERO, C. F. **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**. 2015. 36 v. Espacios. Disponível em: <<http://ww.revistaespacios.com/a15v36n18/15361819.html>>. Acesso em: 01 mar. 2020.

Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

SCHUH, G. et al. Collaboration moves productivity to the next level. **Procedia CIRP**, v. 17, p. 3-8, 2014.

SCHWAB, K. **The Fourth Industrial Revolution**. World Economic Forum: Davos, 2016.

SCOTT, Grunewald. **3D Printing Helped Make the Stunning All-New Ford GT a Showstopper**. 2015. Disponível em: <<http://3dprint.com/107001/3d-printing-fordgt/>>. Acesso em: 11 mar 2020.

SIEMENS. **Future of Manufacturing Fom Modeling New Perspectives**. 2015. Der Spiegel. Disponível em: <<https://www.siemens.com/content/dam/internet/siemenscom/br/topic-areas/future-manufacturing/pdf/08-future-of-manufacturing-fommodeling-new-perspectives.pdf>>. Acesso em: 04 dez. 2019.

TEN H. M.; OTTO, B. Technik für die wandlungsfähige logistik – Industrie 4.0. **Deutscher Materialfluss-Kongress**, v. 20, n. 21, p. 117-125, 2014.

VERGARA, Sylvia C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 9 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

WANG, S. et al. Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multiagent system with big data based feedback and coordination. **Computer Networks**, v. 101, p. 158-168, 2016.

ZIKOPOULOS, P; DE ROOS, D; PARASURAMAN, K; DEUTSCH, T; GILES, J; CORRIGAN, D. **Harness the power of Big Data- The IBM Big Data Platform**. Emeryville: McGraw-Hill Osborne Media, 2012.

