

ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DE INSTRUMENTO PARA AVALIAÇÃO E MENSURAÇÃO DE NÍVEIS DE IMPLEMENTAÇÃO DE PRÁTICAS RELACIONADAS À INDÚSTRIA 4.0

NICOLE SALES LIBÓRIO
nicoleufam10@gmail.com
Moisés Andrade Coelho
moises.acoelho@gmail.com



Esta pesquisa busca elaborar e aplicar instrumento para avaliação e mensuração de níveis de implementação de práticas relacionadas à Indústria 4.0. Esta pesquisa caracteriza-se como quali-quantitativa, quanto à abordagem do problema, exploratória com relação aos objetivos e estudo de caso quanto ao procedimento técnico. O universo desta pesquisa foi composto por empresa uma usina termelétrica movida à biomassa, localizada no município de Itacoatiara/Amazonas. Como técnicas de pesquisa foram utilizadas (1) a documentação indireta (pesquisa documental e bibliográfica); (2) a observação direta intensiva (observação in loco e entrevista estruturada aberta); e (3) observação direta extensiva (aplicação de formulário e instrumento avaliativo). Entre os principais resultados, destacam-se (1) a construção de instrumento capaz de possibilitar um entendimento quantitativo e qualitativo das principais questões relacionadas à indústria 4.0; (2) evidenciou-se na empresa estudada um baixo nível de atendimento aos preceitos do tema; e (3) a necessidade de aplicação de tal instrumento em outras organizações. A relevância da pesquisa consiste na apresentação de um instrumento de avaliação e mensuração de práticas relacionadas à indústria 4.0 deforma a possibilitar à empresa uma visão geral do estágio de adequação aos preceitos do tema em questão.

Palavras-chave: Industria 4.0, Avaliação e mensuração, Usina termelétrica, Itacoatiara, Amazonas

1 Introdução

O mundo viveu duas ondas de inovação: A primeira, a revolução industrial que trouxe máquinas, fábricas, ferrovias, eletricidade e viagens aéreas; e a segunda, a revolução da internet, que trouxe o poder da computação, redes de dados e o acesso sem precedentes à informação e comunicação. Atualmente, vivemos a era da internet industrial que possui três características fundamentais: (1) reunião de máquinas inteligentes, (2) analítica avançada e a (3) criatividade das pessoas no trabalho (ANNUNZIATA, 2013).

A nova era da máquina está mais relacionada com a criação de conhecimento do que com a produção física, ela é digital, exponencial e combinatória. Quanto a primeira característica, quando os produtos são digitais podem ser reproduzidos com perfeita qualidade, custo zero e entregues instantaneamente. A segunda característica, exponencial, tem relação com a velocidade que os computadores ou os robôs possuem para aprender, tornando as fábricas cada vez mais produtivas e os serviços mais rápidos, baratos e eficazes. Finalizando, a terceira característica, combinatória, trata que cada inovação cria sustentação para mais inovações; individualmente as três características seriam causadoras de mudanças no jogo, todavia ao colocá-las juntas as três características criam uma onda de descobertas surpreendentes (BRYNJOLFSSON, 2013).

Para Schwab (2015), estamos à beira de uma revolução tecnológica que alterará fundamentalmente a forma como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos. A primeira revolução industrial utilizou a água e o vapor para mecanizar a produção; a segunda utilizou a eletricidade para criar a produção em massa; a terceira utilizou os eletrônicos e a tecnologia de informação para automatizar a produção; por fim, a quarta revolução está construindo em cima da terceira a revolução digital que ocorre desde a metade do último século.

Ela se caracteriza pela fusão de tecnologias que confundem as linhas entre as esferas físicas, digitais e biológicas. Existem três razões pelos quais essas transformações não representam apenas um prolongamento da terceira revolução industrial: (1) velocidade, (2) escopo e (3) impacto nos sistemas. A velocidade das atuais rupturas, sem precedente histórico, quando se comparam em relação às revoluções anteriores, a quarta revolução envolve um ritmo exponencial ao invés de linear. Ela influencia quase todas as indústrias e

países, ou seja, a amplitude e profundidade de todas essas mudanças anunciam a transformação de todo sistema de produção, gestão e governo (SCHWAB, 2015).

Portanto, esta pesquisa busca elaborar e aplicar instrumento para avaliação e mensuração de níveis de implementação de práticas relacionadas à Indústria 4.0. A pesquisa está estruturada em três partes: (1) revisão da literatura, tratando da Indústria 4.0 e Internet das Coisas (IoT) e sistemas de produção ciber-físicos; (2) metodologia; (3) resultados, conclusão e referências.

2 Revisão da literatura

2.1 Indústria 4.0

Países como os Estados Unidos estão passando por um processo cada vez mais rápido de digitalização de sua economia. A digitalização está mudando a dinâmica de muitas indústrias, novos mercados estão proliferando, cadeias de valores estão se quebrando e polos de lucratividade estão se ajustando. A digitalização acelerada está criando grandes oportunidades de crescimento da produtividade, principalmente em três áreas potenciais: (1) plataformas online de talentos, (2) big data análises e (3) internet das coisas. Estima-se que a digitalização adicionará aproximadamente US\$ 2,2 trilhões de dólares ao PIB em 2025 (McKINSEY, 2015).

No caso do Reino Unido, os negócios tecnológicos digitais tornaram-se o coração da economia do país. As empresas tecnológicas digitais estão transformando o emprego, direcionando a produtividade e reconceituando as indústrias tradicionais. Essas empresas cresceram 32% a mais em relação aos setores tradicionais entre 2010 e 2014, além de movimentar aproximadamente 161 bilhões de libras em 2014. Os negócios tecnológicos digitais são mais lucrativos, empregam mão de obra mais qualificada e paga melhores salários (NESTA, 2016).

As três primeiras revoluções industriais foram resultado da mecanização, eletricidade e tecnologia de informação. Agora, a introdução da Internet das Coisas e Serviços no contexto da manufatura está lançando uma quarta revolução industrial. O desafio que se apresenta pode ser chamado de 4ª Revolução Industrial, com a introdução do programa Industrie 4.0, em que

máquinas inteligentes e componentes inteligentes se comunicam entre si, sem intervenção humana (KAGERMANN *et al.*, 2013).

O conceito de Indústria 4.0 desenvolveu-se nos últimos anos na Alemanha, por um grupo de empresários, indústrias e o governo, visando potencializar a competitividade do país. O conceito logo foi adotado por outros países, como os Estados Unidos e China que já incluíram em seus planejamentos industriais propostas desse novo modelo de indústria (FIRJAN, 2016).

A Industrie 4.0 é uma abordagem estratégica para a integração de sistemas de controle avançados com tecnologia de internet, que permite a comunicação entre as pessoas, produtos e sistemas complexos (ANDERL, 2014). Em trabalho, Brettel *et al.* (2014) segue a mesma abordagem, dizendo que essa revolução industrial será desencadeada pela internet, que comporta a comunicação entre os seres humanos, bem como com as máquinas em um Sistema ciber-físico (*cyber-physics systems* - CPS) em grandes redes.

2.2 Internet das coisas (IoT) e sistemas de produção ciber-físicos (SPCF)

Nos Estados Unidos utiliza-se termos, tais como, *Industrial Internet* e *Internet of Things* (IoT). No caso da IoT, esse termo foi utilizado inicialmente pelo pesquisador britânico Kevin Ashton em 1999, com o intuito de explicar a ideia de que computadores poderiam ser ligados entre si em redes e trabalharem de maneira independente e inteligente, sem intervenção humana (RODRIGUES *et al.*, 2016).

A IoT pode ser definida como um mundo onde objetos físicos estão perfeitamente integrados na rede de informação e onde os objetos físicos podem se tornar participantes ativos nos processos de negócios (HALLER, 2010).

A abordagem principal é equipar futuros produtos e sistemas de produção com sistemas embarcados, baseados em sensores e atuadores inteligentes para possibilitar a comunicação e o controle de operação inteligente (ANDERL, 2014). Assim, Brettel *et al.* (2014) complementam que, ao incluir sistemas ciber-físicos (CPS), a comunicação avançada entre máquinas é o mesmo que o seu diálogo com os seres humanos. Isso demonstra a possibilidade de uma produção totalmente automatizada e autônoma, sem intervenções humanas.

A incorporação da digitalização à atividade industrial resultou no conceito de Indústria 4.0 em referência ao que seria a 4ª revolução industrial, caracterizada pela integração e controle da produção a partir de sensores e equipamentos conectados em rede e da fusão do mundo real com o virtual, criando os chamados sistemas ciber-físicos e viabilizando o emprego da inteligência artificial (CNI, 2016).

3 Metodologia

3.1 Design da pesquisa

Esta pesquisa caracteriza-se como quali-quantitativa, quanto à abordagem do problema. Nessa abordagem possibilita um entendimento melhor dos problemas de pesquisa que cada uma das abordagens (quantitativa e qualitativa) permitiria separadamente. A combinação possibilita que as vantagens e desvantagens de cada abordagem sejam amenizadas. Sendo assim, trabalha-se com questões de pesquisa mais amplas que não seriam atendidas usando uma delas isoladamente (MIGUEL, 2012). Essa pesquisa elaborou instrumento para avaliação e mensuração de níveis de implementação de práticas relacionadas à Indústria 4.0.

No que tange aos objetivos, considera-se como exploratória, A pesquisa exploratória tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses (SILVA & MENEZES, 2005). No que tange procedimento técnico, a pesquisa caracteriza-se como estudo de caso. O estudo de caso permite explorar situações reais cujos limites não estão claramente definidos (GIL, 2002).

3.2 Métodos para coleta de dados

O universo desta pesquisa foi composto por empresa uma usina termelétrica movida à biomassa, localizada no município de Itacoatiara/Amazonas. Aplicou-se formulário para identificação das características organizacionais, baseado em Guérin *et al.* (2011).

Para elaboração do instrumento de avaliação e mensuração da indústria 4.0 foram consideradas as características apresentadas em PWC (2014), EP (2016), GTAI (2014), Roland Berger (2014; 2015; 2016) e Deloitte (2015). O “Formulário para Avaliação e

Mensuração de Práticas Relacionadas à Indústria 4.0” tem como objetivo avaliar e medir o estado atual do sistema produtivo da empresa com relação ao tema. Ao todo são sete constructos e 57 questões abertas com o objetivo de proporcionar uma avaliação adequada do sistema produtivo avaliado; ademais, cada uma das questões receberam uma pontuação de acordo com as evidências que foram apresentadas pela empresa em uma escala entre 1 e 4 com o intuito de mensurar de maneira adequada o sistema produtivo avaliado. As pontuações são: 1 – Não ocorre; 2 – Nível básico de práticas; 3 - Nível intermediário de práticas, alta; 4 - Nível avançado de práticas;

Como técnicas de pesquisa foram utilizadas, conforme a classificação de Marconi e Lakatos (1990): (1) a documentação indireta (pesquisa documental e bibliográfica); (2) a observação direta intensiva (observação in loco e entrevista estruturada aberta); e (3) observação direta extensiva (aplicação de formulário e instrumento avaliativo).

O estudo ocorreu em quatro momentos: (1) entrevistas estruturadas abertas (VERGARA, 2009) a partir de um roteiro, baseado em Guérin *et al.* (2001), onde se identificou informações fundamentais para o complemento dos formulários aplicados na empresa, posteriormente; (2) a pesquisa documental tendo em vista a coleta de dados preliminares em documentos escritos (jornais, revistas e demais publicações externas e internas da empresa) e a observação estruturada (VERGARA, 2009); ocorreu a (3) aplicação dos formulários com os responsáveis das organizações (posterior a observação e as entrevistas); e concluindo, (4) realizou-se a análise e a tabulação dos dados quantitativos e qualitativos.

3.3 Métodos para análise dos dados

Os dados qualitativos e quantitativos obtidos das respostas do roteiro foram tabulados em quadro-resumo, agrupadas conforme o conteúdo e estratificado segundo a estrutura do formulário de percepção e avaliação da Indústria 4.0. As informações documentais levantadas no segundo momento foram integradas e trianguladas com as informações coletadas pelas entrevistas com o objetivo de garantir a racionalização e a validação construída.

4 Resultados

4.1 Fluxo do processo

O fluxo do processo acontece da seguinte forma: a empresa fornecedora de resíduos envia por meio de esteiras transportadoras até o processo de picagem que transforma os resíduos em cavaco de madeira. Em seguida o cavaco é transportado ao silo de armazenamento, por seguinte, o transporta para a caldeira onde ocorre a queima, onde aquece todo o fluxo de água, posteriormente é gerado o vapor que logo em seguida passa para a turbina e finaliza no gerador. Ainda no processo de vaporização, uma parte é condensada para e retorna formando um novo ciclo do processo (Figura 1).

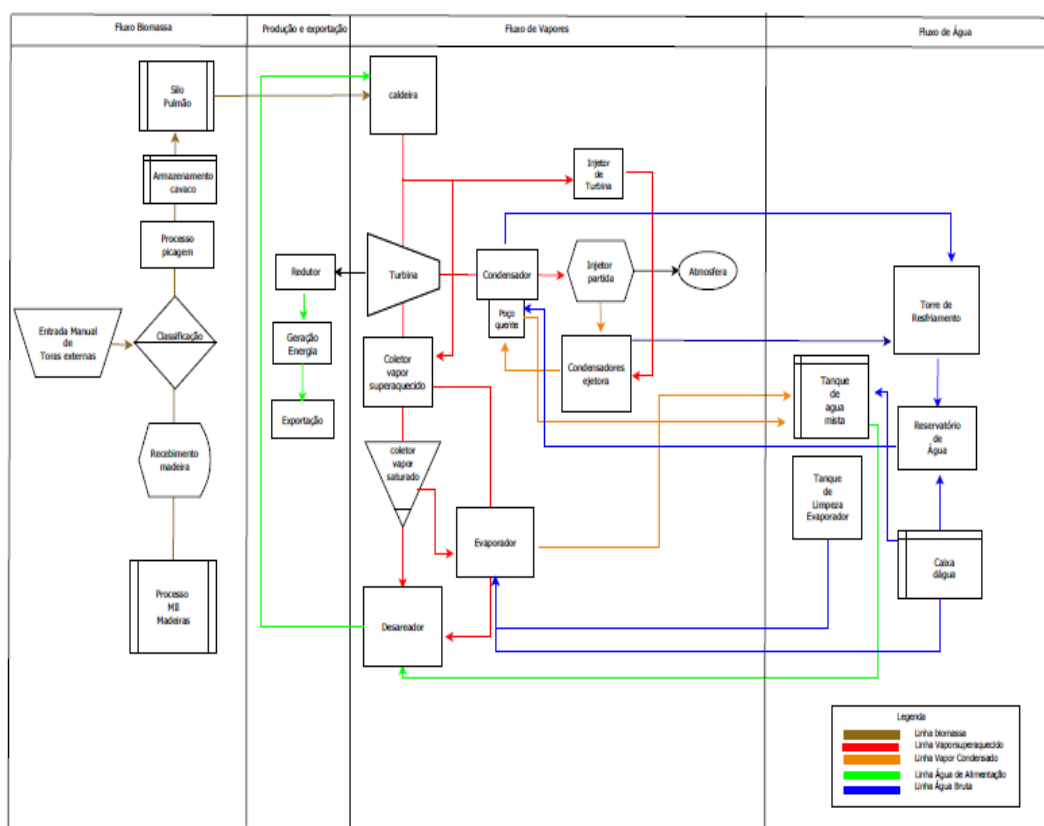


Figura 1: Fluxo do processo na empresa estudada. Fonte: Elaboração própria.

4.2 Aplicação do formulário para Avaliação e Mensuração de Práticas Relacionadas à Indústria 4.0

Com relação ao critério Sistemas de produção ciber-físicos (SPCF), a empresa utiliza um sistema supervisorio destinado à capturar e armazenar em um banco de dados as informações sobre o processo de produção. As informações vêm de sensores que capturam as

variáveis do processo da planta industrial. O processo pode ser controlado de forma remota ou automaticamente. Tem como principais variáveis de processos a serem controladas: pressão e temperatura. Com isso, sensores inteligentes são acoplados ao processo para o fornecimento de dados do sistema para então serem analisados e armazenados, em seguida são mostrados nas telas dos computadores supervisionados pelos operadores. No que tange à manutenção, o sistema produtivo não tem como objetivo contribuir para a gestão da manutenção.

No que diz respeito à coordenação do processo produtivo, a alta gerência atua basicamente em manter o negócio estável, ou seja, atender somente um único cliente, onde é estabelecido um período para a geração de energia, dessa forma a empresa cumpre e fornece a quantidade de energia contratada. Esse tipo de negócio faz com que a empresa fique acomodada e não busque constantes melhorias.

Aproximadamente 85% do processo produtivo é automatizado, considerando que se trata de um processo produtivo contínuo. Levando em consideração o grau de utilização dos recursos, a empresa tem um ótimo aproveitamento, devido ao processo ter um ciclo fechado, considerando o fluxo de água e vapor, o que pode representar um indicador de desempenho de eficiência. No que diz respeito à eficácia, a empresa não cria metas diárias ou mensais de geração de energia, já que a quantidade gerada depende da quantidade disponível de matéria-prima. No entanto, esse fator não é controlado pela empresa geradora de energia, pois é consumido apenas o que for disponibilizado pela outra empresa fornecedora de resíduos, visto que, objetivo do projeto é fazer o aproveitamento de resíduos de uma madeireira. Logo, não se pode estabelecer medidas de atendimento adequado ao cliente.

Não há um sistema de informações de compartilhamento de dados ou software que gerencie todas as informações da cadeia de valor. Os dados ainda são transmitidos informalmente, apenas com auxílio de rede telefônica, via rádio, e-mail e via documental. A cadeia de valor está integrada por meio de esteiras que transportam a matéria prima desde a área industrial do fornecedor à área indústria da usina.

Com relação ao constructo “Fábrica inteligente”, o estágio de automação do processo produtivo analisado encontra-se no estágio inicial (considerando Lee *et al.*, 2017). A empresa não tem uma estrutura organizacional bem definida, e a maioria das situações e problemas são de responsabilidades do gerente geral, isso faz com que outros líderes, como supervisores não tenham autonomia para tomar decisões, dessa forma limita o processo criativo dos demais

colaboradores com uma estrutura vertical da organização. Aproximadamente 15% do processo ainda tem interação homem-máquina, como na operação de picadores de madeira e no supervisor, para isso são necessárias pequenas intervenções humanas.

A empresa atualmente encontra-se em um estágio inicial (considerando Lee *et al.*, 2017) no que tange às práticas que possam estar ligadas à indústria 4.0. Considerando que o sistema de produção contínuo possui diversos benefícios no que se refere à adoção de práticas de indústria 4.0, já que esse tipo de processo, geralmente, tem um nível de automação considerável, o que representa um estágio inicial para a indústria 4.0, isso para uma perspectiva de processo. Todavia, considerando uma perspectiva de produto, este tipo de processo, foge aos conceitos de flexibilidade e customização de produtos bem mencionados nos conceitos de 4.0, pois, se trata de geração de energia. É importante ressaltar que não se pode limitar a esses conceitos, pois há também os conceitos que envolvem a parte estratégica da organização.

Evidenciou-se que a empresa analisada necessita passar por algumas adaptações e melhoria no que diz respeito aos sistemas de gestão. Devido ser um processo complexo e automatizado, é de grande relevância ter um setor de manutenção que proporcione eficiência ao processo produtivo, com a redução do uso de manutenção corretivas, o que traz perdas ao processo, já que é contínuo e paradas para correção significam perdas significantes para a empresa. Contudo, objetivar o uso da manutenção preventiva e preditiva para seguir uma abordagem de planejamento. Todavia, o próprio sistema de controle da empresa pode colaborar com a manutenção, com um melhor aproveitamento das informações, pode-se fazer um a melhor análise do processo para contribuir com o controle e planejamento da manutenção. Sobre a interação homem-máquina, deve ser pautada em alguns pilares a começar pela confiança e segurança, além do local de operação possuir proteções para evitar determinados riscos nessa interação.

Concluindo, no desempenho geral a empresa estudada obteve média de 1,08 no que tange à adoção de práticas relacionadas à indústria 4.0. As dimensões que desempenho levemente superior foram: (1) sistemas de produção ciber-físicos (1,33), rede vertical (1,2) e fábrica inteligente (1,08). Os demais constructos apresentaram desempenho geral com média 1,0, evidenciando um estágio bem inicial no atendimento aos preceitos da indústria 4.0 ou mesmo práticas ainda não desenvolvidas (Figura 2).

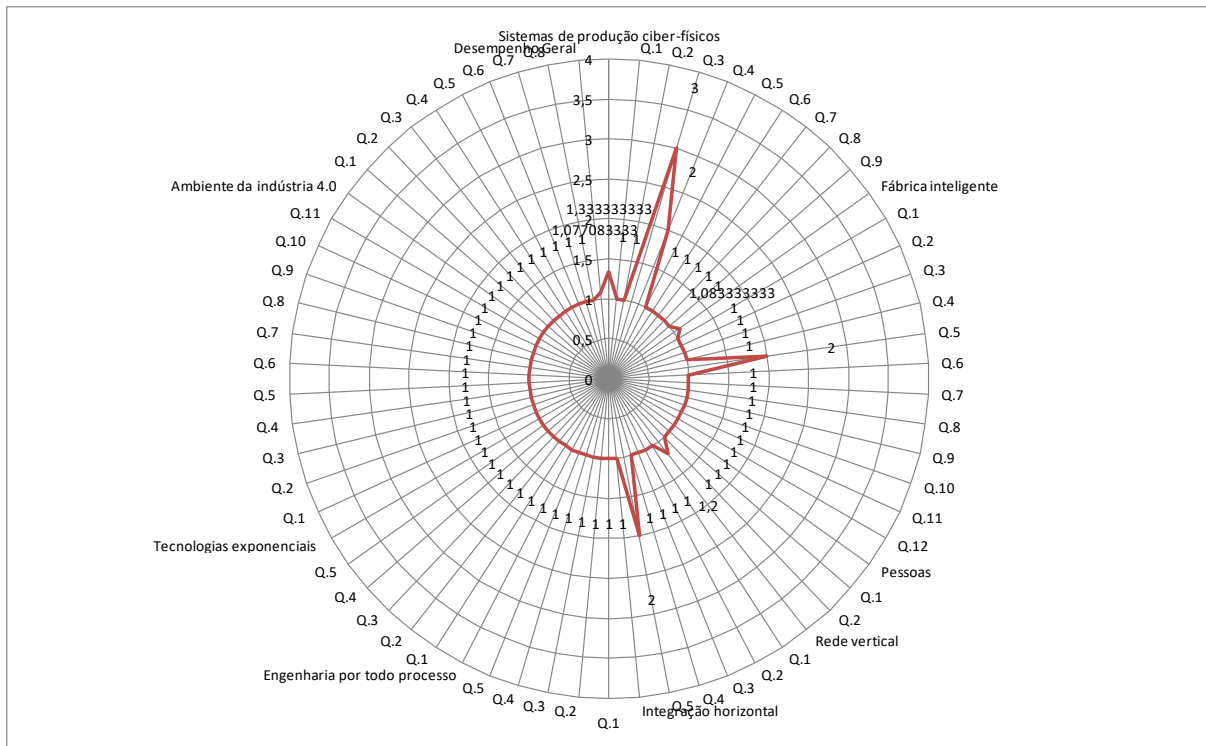


Figura 2: Fluxo do processo na empresa estudada. Fonte: Elaboração própria.

Conclusão

O objetivo inicial desde trabalho foi mensurar níveis de implementação de práticas relacionadas à Indústria 4.0 em empresas de base tecnológica. Acredita-se que o objetivo tenha sido atingido, pois de acordo com o questionário aplicado foi possível verificar os níveis de tecnologia.

Entre os principais resultados, destacam-se (1) a construção de instrumento capaz de possibilitar um entendimento quantitativo e qualitativo das principais questões relacionadas à indústria 4.0; (2) evidenciou-se na empresa estudada um baixo nível de atendimento aos preceitos do tema; e (3) a necessidade de aplicação de tal instrumento em outras organizações.

Observou-se que a empresa analisada, tem um baixo desempenho quanto ao emprego de projetos voltados para a inovação e tecnologias de digitalização. Ao nível estratégico, não se tem uma visão de digitalização, até por falta de conhecimento da alta direção, muitas das

tecnologias mencionadas no questionário, a maioria dos colaboradores não tinha conhecimento do assunto.

Para este trabalho foi aplicado um projeto piloto em uma empresa da região. Todavia, teve-se como limitação a carência de empresas de base tecnológica. No entanto, a empresa analisada foi a que mais apresentou perfil para a aplicação entre as demais existentes no município. Como trabalhos futuros, pretende-se aplicar em outras empresas que possuam o perfil de tecnologia.

A maior dificuldade enfrentada pela empresa sobre a indústria 4.0 é a falta de conhecimento do assunto. É importante ressaltar que adaptar-se à indústria 4.0 não significa mudanças drásticas ao processo produtivo. Mas, tudo deve ser analisado, para que seja verificado as reais necessidades de adaptação do processo para tecnologias da indústria 4.0. Enquanto as buscas pelo padrão 4.0 ainda estão em curso, pois ainda é uma discussão muito crua, métodos são necessários para que se possa mensurar tal evolução dentro das indústrias para que futuramente se possa identificar problemas e oportunidades às empresas de base tecnológica tornando-as mais competitivas no cenário local, nacional e internacional. A relevância da pesquisa consiste na apresentação de um instrumento de avaliação e mensuração de práticas relacionadas à indústria 4.0 de forma a possibilitar à empresa uma visão geral do estágio de adequação aos preceitos do tema em questão.

Referências

ANDERL, R. **Indústria 4.0: Fundamentals, Scenarios for Application and Strategies for Implementation.**

In: **Diálogo Brasil-Alemanha de Ciência, Pesquisa e Inovação**, 4, 2015, São Paulo.

ANNUNZIATA, M. (2013, outubro). **Welcome to the age of the industrial internet.** TED@BCG São

Francisco – Califórnia: TED. Retrieved from:

http://www.ted.com/talks/marco_annunziata_welcome_to_the_age_of_the_industrial_internet

BRETTEL, M. *et al.* How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. **International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial and Mechatronics Engineering**, v. 8, n. 1, p. 37-44, 2014.

BRYNJOLFSSON, E. (2013, abril). **The key to growth? Race with the machines.** TED Talks. Long Beach, Califórnia: TED. Retrieved from:

http://www.ted.com/talks/erik_brynjolfsson_the_key_to_growth_race_with_the_machines.html

CNI – Confederação Nacional da Indústria. Indústria 4.0: novo desafio para a indústria brasileira. **Sondagem especial**, v. 17, n. 2, p. 1-13, 2016.

DELLOITTE. **Industry 4.0: challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies**. Switzerland: Delloite, 2015.

EP – European Parliament. **Industry 4.0**. Bruxelas: EP, 2016.

FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. **Indústria 4.0. Panorama de Inovação** (junho de 2016). Rio de Janeiro: FIRJAN, 2016.

GTAI – Germany Trade & Invest. **Industrie 4.0**. Germany, GTAI, 2014.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GUÉRIN *et al.* **Compreender o trabalho para transformá-lo: a prática da ergonomia**. São Paulo: Blücher: Fundação Vanzolini, 2001.

HALLER, S. The Things in the Internet of Things. **Proceedings of Internet of Things Conference 2010**, Tokyo, 2010.

KAGERMANN, H. *et al.* Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. **Acatech**, p. 13-78, 2013.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados**. 2a ed. São Paulo: Atlas, 1990.

McKINSEY GLOBAL INSTITUTE. **Digital America: a tale of the haves and have-mores**. EUA: McKinsey, 2015a.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick (Org.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

NESTA. **Tech Nation 2016: transforming UK industries**. UK: Nesta, 2016.

PWC – PricewaterhouseCoopers. **Industry 4.0: opportunities and challenges of the industrial internet**. EUA: PWC, 2014.

RODRIGUES, L. F. *et al.* Industrie 4.0 – uma revisão da literatura. **Revista de Ciência & Tecnologia**, v. 19, n. 38, p. 33-45, 2016.

ROLAND BERGER. **Industry 4.0: the new industrial revolution**. Germany: Roland Berger, 2014.

_____. **The digital transformation of industry**. Germany: Roland Berger, 2015.

_____. **The industrie 4.0 transition quantified**. Germany: Roland Berger, 2016.

SCHWAB, Klaus. (2015, December 12). **The fourth industrial revolution: what it means and how to respond**. Retrieved January 10, 2016, from <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution>.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

VERGARA, Sylvia C. **Métodos de coleta de dados no campo**. São Paulo: Atlas, 2009.