

AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE MATURIDADE DE UMA INDÚSTRIA METAL MECÂNICA DO NOROESTE DO PARANÁ COM BASE NOS CONCEITOS DA INDÚSTRIA 4.0

EVALUATION OF THE MATURITY LEVEL OF A MECHANICAL METAL INDUSTRY OF THE NORTHWEST OF PARANÁ BASED ON THE CONCEPTS OF INDUSTRY 4.0

LUCAS CALLEFI DOCE (aluno)

PEDRO GOMES (orientador)

Resumo

Este artigo tem como objetivo avaliar o nível de maturidade de uma indústria Metal Mecânica da região de Maringá frente as premissas da Indústria 4.0, a fim de identificar quais áreas da empresa deve-se focar os investimentos e propor ações para tal. Por meio da ferramenta Industry 4.0 / Digital Operations Self Assessment, bem como de pesquisas acerca do tema, foi possível classificar a empresa referente a Indústria 4.0 por meio das dimensões propostas pela ferramenta escolhida e estabelecer objetivos futuros a serem alcançados. Possibilitando assim a criação de proposições de ações a serem seguidas.

Palavras-chave: Indústria 4.0; metodologia; autoavaliação;

Abstract

This article aims to evaluate the industry of a Metal Mechanics industry in the Maringá region against the premisses of Industry 4.0, a queue of identity and areas of the developing company focused on investments and propose actions for such. Through the tool Industry 4.0 / Self-evaluation of Digital Operations, as well as referents on the topic, managed to classify a company related to Industry 4.0 through the dimensions proposed by the chosen tool and the creation of future goals to be achieved. In this way, we can create proposals for actions to be followed.

Key-words: Industry 4.0; methodology; self-assessment;

1. Introdução

A indústria Metal Mecânica também conhecida como Metalomecânica ou Metalúrgica, contempla a transformação de diferentes tipos de metais e outros materiais, para a indústria ou para o consumidor final.

O setor Metal Mecânico é de suma importância para avanços na agricultura, na guerra, no transporte e para a própria indústria de forma geral. A metalurgia é fundamental para a

existência de máquinas, equipamentos e veículos, sendo que seus processos incluem usinagem, soldagem, deformação plástica e fundição.

Segundo a Federação das Indústrias do Estado do Paraná (2016), o complexo metal mecânico representa as empresas que usam conhecimentos e técnicas relacionados para tratar de produção e processamento, utilizando-se de metais e seus derivados. Já para Silva (2008) o setor metal mecânico é composto por diversos conjuntos de segmentos, sendo que sua principal característica é definida pelo fato de que a bases dos bens e serviços produzidos é composta ou está diretamente relacionado com a produção, processamento e utilização de metais.

Ainda, de acordo com um estudo realizado pela Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul (2011) no Brasil existem em torno de 78,3 mil indústrias vinculadas ao setor metal mecânico, o que representa um quarto da indústria de transformação nacional. Em 2011 o setor metal mecânico teve uma participação de aproximadamente 34% referente à indústria nacional como um todo, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2011).

Nos últimos anos vários países vêm enfrentando crises econômicas severas, inclusive o Brasil. Ao analisar-se o estado do Paraná, em especial a cidade de Maringá, constata-se que vinha ocorrendo um crescimento em todas as áreas econômicas voltadas para a indústria até 2012, a partir deste ano, quase todos os setores Industriais tiveram uma estagnação ou queda em seu crescimento, segundo dados do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (2017).

Tendo em vista o atual cenário das indústrias brasileiras, onde mesmo com a crise, elas devem se manter competitivas, a busca pela otimização dos processos produtivos e atualização das tecnologias de produção são uma das maneiras de se alcançar este objetivo.

Alinhado a isso, em 2011 na Alemanha, surgiu um novo modelo de indústria, que atualmente é tido como a 4ª Revolução Industrial. Este novo modelo é denominado Indústria 4.0 e surge não apenas como um modelo de atualização de máquinas e processos, mas como um modelo estratégico para mudar os paradigmas da estrutura produtiva vigente.

Muitas indústrias brasileiras veem a Indústria 4.0 como uma das soluções para seus problemas. No entanto, por ser um modelo relativamente novo, a maioria delas não conhece seu grau de maturidade em relação aos conceitos da Indústria 4.0 e nem em qual de suas áreas devem direcionar seus esforços.

O conceito da Indústria 4.0 está em construção, porém, questões referentes a como implementá-la, quais modelos estruturais e de maturidade devem ser utilizados como guia, carecem de trabalhos e artigos acadêmicos acerca do tema, especialmente disponíveis na língua portuguesa, o que acaba por dificultar sua implementação.

Referente à retomada de crescimento do setor Metal Mecânico no Brasil e a busca por aprimoramento dos meios de produção, dos dias 9 a 13 de maio de 2017, ocorreu a Feira Internacional de Máquinas-Ferramenta e Automação Industrial, evento com foco na indústria 4.0 que contou com mais de 630 grandes marcas expositoras.

O evento foi realizado no São Paulo Expo Exhibition & Convention Center na cidade de São Paulo e apresentou resultados positivos para as empresas expositoras, demonstrado que a indústria brasileira esta começando a retomar seu crescimento e cada vez mais se aperfeiçoando e buscando tecnologias automatizadas que proporcionem um menor custo de produtivo, garantindo uma maior qualidade aos seus produtos e processos.

Ainda, segundo José Velloso, presidente-executivo da Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos, a feira aconteceu num momento importante de renovação do parque fabril e a crise ficou para trás, os empresários sabem que precisam atualizar suas linhas para entrar na retomada com ganhos de produtividade e competitividade.

Com base nestes fatores, este trabalho vem para contribuir com a discussão acerca do tema e auxiliar uma indústria Metal Mecânica da região de Maringá em avaliar seu nível de maturidade de acordo com as premissas do *framework* utilizado e identificar em quais campos e tecnologias a empresa deve focar seus esforços e recursos para obter resultados que façam sua produção ser mais flexível e dinâmica, a fim de se tornar mais competitiva no mercado. Além disto, este trabalho futuramente poderá ser utilizado como fonte de pesquisa para vários trabalhos que visam à mesma temática.

O trabalho foi desenvolvido numa indústria atuante no setor Metal Mecânico em Maringá e região. Esta oferece serviços nas áreas de peças para compressores, transformadores de energia, equipamentos rodoviários e usinagem em geral. A indústria em questão é referência em usinagem na região do Paraná, e de acordo com o seu gestor, a empresa foca em manter-se atualizada referente às tecnologias de maquinário, processos e gestão disponíveis no mercado.

Após uma visita técnica a indústrias japonesas realizada pelo gestor em 2014, verificou-se que mesmo o conceito da Indústria 4.0 tendo surgindo na Alemanha em 2011, as

indústrias localizadas no Japão vêm implementando as premissas da Indústria 4.0, o que acaba por torná-las mais rentáveis, modernas e produtivas. Um dos principais fatores que contribui para essa rápida implementação da Indústria 4.0 foi a questão da filosofia de produção dos japoneses, que visa sempre produzir mais, com maior qualidade e menor custo.

A empresa, objeto deste estudo, possui vistas a acompanhar a quarta revolução Industrial e, portanto, surge a necessidade de identificar suas forças e fraquezas estruturais na perspectiva 4.0.

Logo, este trabalho tem como intuito medir o nível de maturidade de uma indústria Metal Mecânica da região de Maringá, utilizando a ferramenta *Industry 4.0 / Digital Operations Self Assessment*, disponibilizada pela PwC.

2. Revisão de literatura

2.1. Modelos de maturidade

Os modelos de maturidade tipicamente representam teorias sobre como as capacidades de uma organização evoluem de uma maneira etapa por etapa ao longo de um caminho antecipado, desejado ou lógico (Gottschalk, 2010). Conseqüentemente, eles também são chamados de modelos de estágio de crescimento, modelos de palco ou teorias de estágio (Prananto *et al*; 2003). Os primeiros exemplos de modelos de maturidade referem-se a uma hierarquia de necessidades humanas (Maslow, 1954), ao crescimento econômico (Kuznets, 1965) e à progressão da TI nas organizações (Nolan, 1973).

O objetivo básico dos modelos de maturidade é descrever os estágios dos caminhos de maturação. Isso inclui as características de cada estágio e a relação lógica entre eles (Kuznets, 1965). Quanto à aplicação prática, os propósitos típicos de uso são descritivos, prescritivos e comparativos (Bruin *et al*; 2005). Um modelo de maturidade tem um propósito descritivo se puder ser aplicado para as avaliações. Atende a um propósito prescritivo de indicar como identificar níveis de maturidade futuros desejáveis e se fornece orientação sobre como implementar de acordo com as medidas de melhoria. Um modelo de maturidade tem um propósito comparativo de permitir *benchmarking* interno ou externo.

Seguindo nesta linha, Poppelbuß e Roglinger (2011) propõem uma estrutura de princípios gerais de design (DPs), ou seja, princípios de forma e função para modelos de maturidade, sendo esta apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 – Princípios Gerais de Design de um Modelo de Maturidade

3. Princípios de design para um propósito prescritivo de uso
DP 3.1 Medidas de melhoria para cada nível de maturidade (e nível de granularidade)
DP 3.2 Cálculo de decisão para selecionar medidas de melhoria
DP 3.3 Metodologia de adoção orientada para grupos alvo
2. Princípios de design para um propósito descritivo de uso
DP 2.1 Critérios intersubjetivamente verificáveis para cada nível de maturidade (e nível de granularidade)
DP 2.2 Metodologia de avaliação orientada para grupos alvo
1. Princípios básicos de Design
DP 1.1 Fornecimento de informações básicas
DP 1.2 Definição de construções centrais relacionadas à maturidade e maturação
DP 1.3 Definição de construções centrais relacionadas ao domínio de aplicação
DP 1.4 Documentação orientada para o grupo-alvo

Fonte: Adaptado Poppelbuß e Roglinger (2011)

A estrutura dos princípios de design geral (DPs) para modelos de maturidade compreende três grupos aninhados. Estes são os princípios básicos de design, os princípios de design para um propósito descritivo de uso e os princípios de design para um propósito prescritivo de uso. As descrições dos princípios de Design são expostas nos Quadros 1, 2 e 3.

Quadro 2 – Classificação dos Princípios básicos de Design

Princípios básicos de Design	
DPs	Descrição das DPs
1.1.	As documentações do modelo de maturidade devem fornecer informações básicas sobre o domínio do aplicativo, os pré-requisitos ou limitações do aplicativo, os propósitos de uso suportado, o grupo alvo e o público.
1.2	As construções centrais relacionadas à maturidade e maturação precisam ser definidas. Isso inclui uma definição da noção subjacente de maturidade, áreas de capacidade disponíveis e níveis de maturidade, descritores para cada área de capacidade e nível de maturidade, possíveis caminhos de maturação, o raciocínio por trás da maturação, bem como os níveis de granularidade em que a maturação pode ser observada. Finalmente, os modelos de maturidade devem explicar seus fundamentos teóricos subjacentes quanto à evolução e mudança da capacidade organizacional.
1.3.	Os modelos de maturidade têm de definir as construções centrais do domínio de aplicação a que se referem. Estes incluem termos e definições comuns que são relevantes para a configuração em que os modelos de maturidade devem ser aplicados.
1.4.	A informação básica e as construções centrais precisam ser documentadas de forma orientada para o grupo-alvo. Ou seja, a documentação precisa ser acessível e compreensível para o grupo alvo do modelo de maturidade.

Fonte: Adaptado Poppelbuß e Roglinger (2012)

Quadro 3 – Classificação dos Princípios de Design propósito descritivo

Princípios de design para um propósito descritivo de uso	
DPs	Descrição das DPs
2.1	Os modelos de maturidade destinados a um propósito descritivo de uso precisam fornecer critérios de avaliação intersubjetivamente verificáveis para cada estágio e nível de granularidade. Um baixo nível de granularidade fornece um meio simples para comparar e documentar os níveis de maturidade, pois muitas vezes é destinado à comunicação com partes interessadas externas. Um alto nível de granularidade permite determinar perfis de maturidade diferenciados em domínios de aplicativos complexos. Isso proporciona uma melhor ajuda na estruturação de critérios de avaliação e na escolha entre as medidas de melhoria.
2.2.	Uma metodologia de avaliação precisa apresentar um modelo de procedimento, bem como conselhos sobre como obter os critérios de avaliação e sobre como adaptar ou conFigurar os critérios de acordo com características situacionais específicas da organização. As metodologias de avaliação também devem compartilhar conhecimento de aplicativos anteriores - se disponível.

Fonte: Adaptado Poppelbuß e Roglinger (2012)

Quadro 4 – Classificação dos Princípios de Design propósito prescritivo

Princípios de design para um propósito prescritivo de uso	
DPs	Descrição das DPs
3.1.	Os modelos de maturidade que seguem um propósito prescritivo precisam incluir medidas de melhoria no sentido de boas ou melhores práticas para cada estágio e, se disponível, nível de granularidade.
3.2.	Os modelos de maturidade prescrita devem incluir um cálculo de decisão. Sendo que este calculo ajuda os tomadores de decisão a avaliar diferentes alternativas, ou seja, diferentes conjuntos de medidas de melhoria - em relação a determinados objetivos e identificar qual alternativa satisfaz melhor os objetivos.
3.3.	É necessário fornecer uma metodologia de adoção que inclua um modelo de procedimento, conselhos sobre como concretizar e adaptar medidas de melhoria, bem como sobre como adaptar e conFigurar o cálculo de decisão.

Fonte: Adaptado Poppelbuß e Roglinger (2012)

2.2. Indústria 4.0

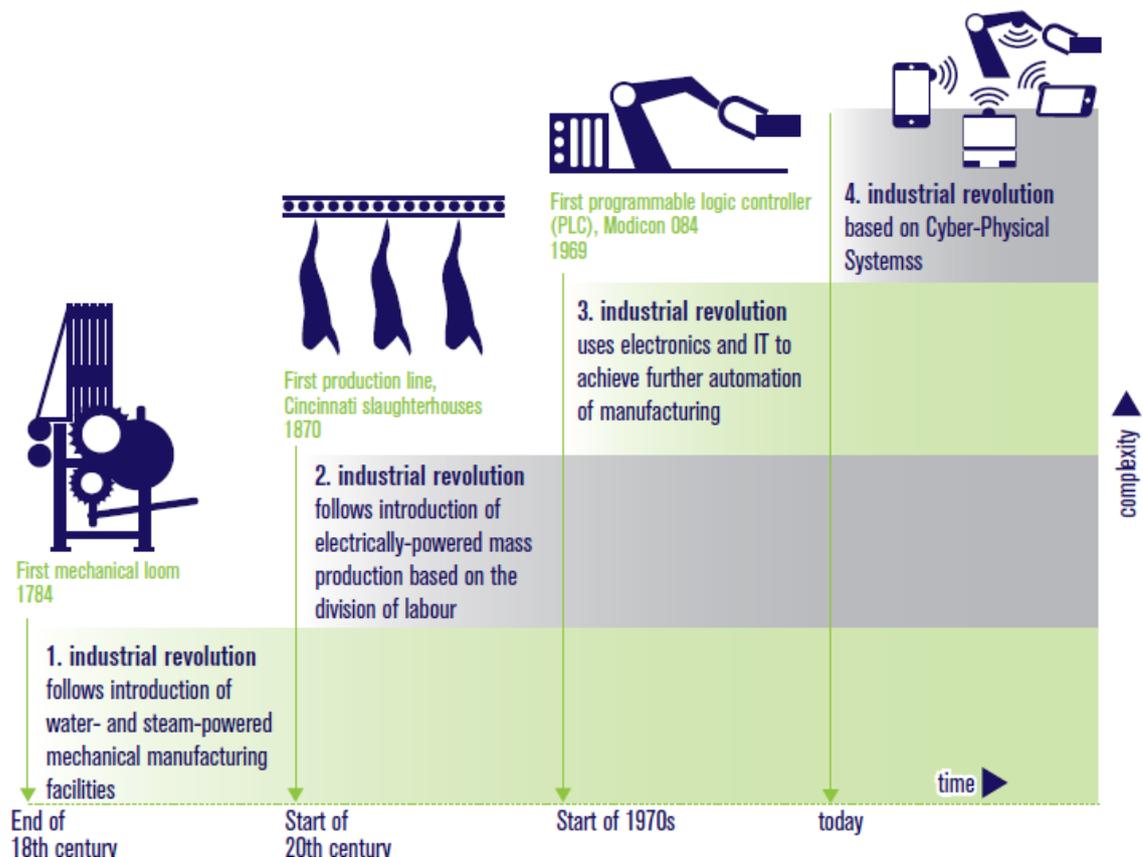
O termo Indústria 4.0 surgiu recentemente e engloba as principais inovações tecnológicas dos campos de automação, controle e tecnologia da informação, aplicadas aos processos de manufatura. Em 2011 durante a Feira de Hannover, na Alemanha, foram feitas as primeiras preposições sobre a Indústria 4.0, a partir de um projeto de estratégias do governo alemão voltado à tecnologia. O grupo responsável pelo projeto, composto por Siegfried Dais (Robert Bosch GmbH) e Kagermann (Acatech), em Outubro de 2012, apresentou o primeiro relatório de recomendações e, em Abril de 2013, durante a Feira de Hannover, publicou-se um trabalho final sobre o desenvolvimento da indústria 4.0.

Dentre as principais características da indústria 4.0, destaca-se o foco para as fábricas inteligentes que terão a capacidade e autonomia para agendar manutenções, prever falhas nos processos e adaptar-se aos requisitos e mudanças não planejadas na produção, tornando as

empresas mais competitivas e lucrativas, além de proporcionarem uma rotina de trabalho melhor e menos exaustiva aos colaboradores das empresas.

A Indústria 4.0 é tida também como a quarta revolução Industrial, onde a primeira foi em 1780 e ficou marcada pelo aprimoramento das máquinas a vapor e a criação dos teares mecânicos. Em 1870 a utilização do aço, da energia elétrica, dos motores elétricos e dos combustíveis derivados do petróleo marcou o início da segunda revolução Industrial. Já a terceira revolução ocorreu em 1970 e ficou marcada pelo avanço da eletrônica, sistemas computadorizados e robóticos para manufatura. A quarta revolução Industrial esta sendo marcada principalmente pela “internet das coisas”, Big Data Analytics e a produção baseada em sistemas Físico-Cibernéticos. A Figura 1 exemplifica a evolução das revoluções Industriais e os principais aspectos que as marcaram.

Figura 1 - Linha Histórica da Revolução Industrial



De acordo com Silveira (2015), a Indústria 4.0 possui alguns princípios que servem de base para suas aplicações, sendo eles pautados nos sistemas de produção inteligentes. Dentre estes princípios, tem-se a capacidade de operação em tempo real que se refere ao recebimento

e tratamento dos dados e informações de forma rápida, quase instantânea, proporcionando uma análise e tomada de decisão em tempo real.

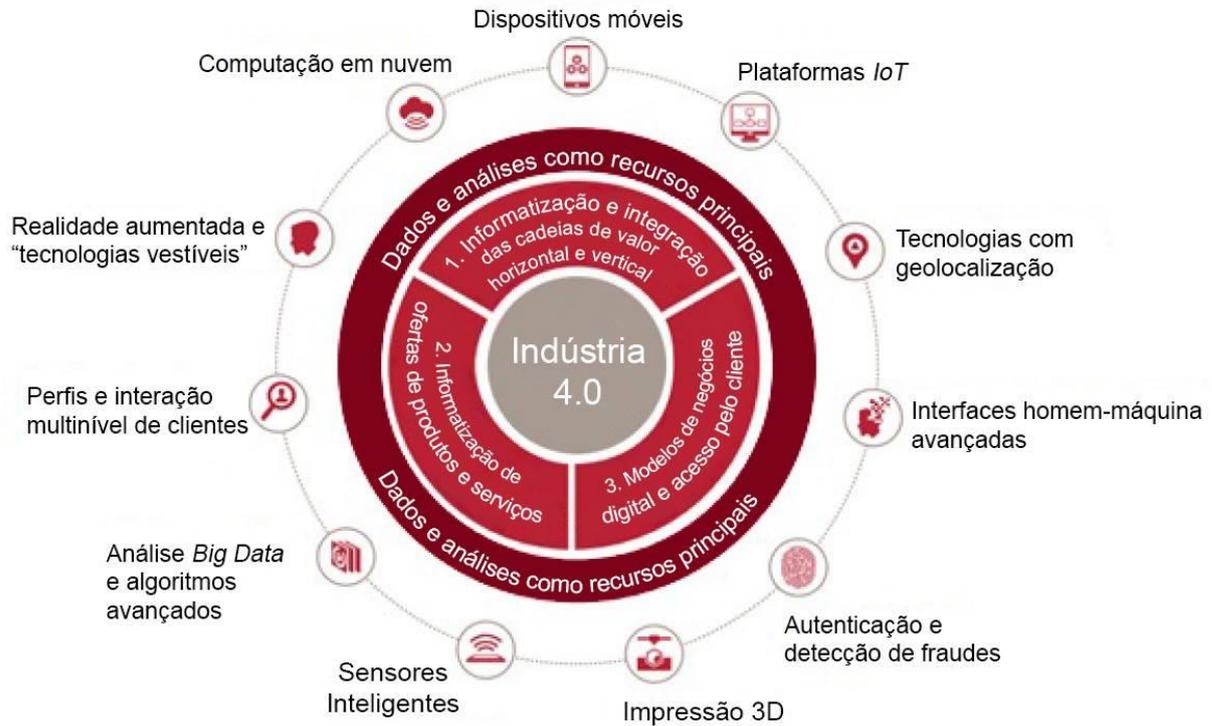
Para obter-se uma análise e tomada de decisão em tempo real é necessário a Integração vertical ao longo dos níveis hierárquicos de uma empresa. Para tal, os diferentes sistemas empresariais devem suportar suas próprias tarefas, bem como os dados dos respectivos sistemas, tais como sistemas de Planejamento de Recursos Empresariais (ERP), Sistemas de Gerenciamento de Cadeia de Fornecimento (SCM), Sistemas de Informação de Gerenciamento (MIS), sistemas de Gerenciamento do ciclo de vida do produto (PLM), etc., sendo que estes sistemas muitas vezes são armazenados em bancos de dados separados (Leyh *et al*; 2017).

Juntamente com a verticalização das empresas no quesito da Indústria 4.0, é indispensável sua horizontalização. Onde a integração horizontal refere-se a integração para a implementação e uso de diferentes sistemas empresariais, evitando falhas e vazamentos ao longo do fluxo de informações. A informação deve ser acessível e utilizável no momento certo no "lugar" certo ao longo de toda a cadeia de suprimentos, desde o fornecedor até o cliente (Leyh *et al*, 2017).

Outro principio é a virtualização das indústrias e processos que permite a rastreabilidade e monitoramento remoto a partir de sensores e da virtualização dos dados através tecnologias Máquina-a-Máquina. Além disto, tem se a descentralização que foca na utilização do sistema Físico-Cibernético para tomada de decisões de acordo com a necessidade produtiva em tempo real. Bem como a modularidade que destaca aspectos em relação a produção puxada e fornece flexibilidade para alteração das tarefas executadas pelas máquinas (Rodrigues *et al*, 2016).

Neste contexto, a PricewaterhouseCoopers uma multinacional Inglesa que está atualmente entre as maiores fornecedoras de serviços de consultoria e tecnologia do mundo, publicou em 2016 um *framework* para a implementação da Indústria 4.0 e o coloca como o modelo do futuro das empresas de manufatura, sendo este *framework* exemplificado pela Figura 2.

Figura 2 - Framework indústria 4.0



Fonte: Adaptado PWC Global Industry 4.0 Survey (2016)

De acordo com o relatório da PWC o futuro das indústrias é a digitalização e integração das cadeias de valor vertical e horizontal, bem como a digitalização dos produtos e serviços oferecidos a fim de transformar o modelo de negócio atual em um modelo digital e de fácil acesso aos clientes, sendo a maneira para obter estes aspectos os facilitadores tecnológicos ou tecnologias digitais.

Dentre estas tecnologias, é possível agrupá-las em quatro grandes conceitos interdependentes, sendo eles o *Machine-to-Machine*, *Internet of Things*, *Cyber-physical System* e *Big Data Analytics*.

2.2.1. Máquina-a-máquina

O termo Máquina-a-Máquina (do inglês *Machine-to-Machine*) abreviado como M2M, refere-se às tecnologias que permitem a comunicação entre máquinas, equipamentos e sistemas de forma instantânea através de redes de comunicação, sejam elas via cabo ou redes sem fio.

No entanto, para que esta comunicação ocorra, os equipamentos devem possuir esta tecnologia, além de protocolos de comunicação padrão entre si, bem como trabalhar na

mesma linguagem de programação, ou possuir algum componente que realize a intercambialidade entre diferentes protocolos e linguagens.

Seu funcionamento se dá a partir do envio de dados de algum evento de uma máquina para um software, onde este compila os dados e os converte em alguma informação que será transmitida para outro equipamento ou sistema que realizará alguma ação de acordo com informação recebida, sem necessariamente a necessidade da intervenção de uma pessoa.

2.2.2. Internet das coisas

Para Haller (2010) a Internet das Coisas referencia-se a um mundo onde objetos físicos estão integrados as redes de comunicação e informação, tornando-se participantes ativos nos processos de negócio. Deste modo, estes objetos por meio da internet interagem com os serviços disponíveis no mundo físico.

Em suma, a internet das coisas (*Internet of Things*), permite que processos e objetos como sensores, smartphones, tabletes e outros aparelhos se comuniquem entre si para executarem ações e troca de informações.

2.2.3. Sistemas físico-cibernéticos

Os sistemas Físico-Cibernéticos também conhecidos como *Cyber-physical system* (CPS) são amplamente utilizados atualmente, eles estão em praticamente todos os lugares do mundo, um grande exemplo é o sistema de posicionamento global (GPS). O CPS é formado através da comunicação e relação entre os objetos que estão integrados as redes de comunicação. Segundo o relatório da Acatech (2011) atualmente mais de 98% dos microprocessadores existentes estão conectados com o mundo físico (real) a partir de sensores atuadores.

No entanto, o conceito da aplicação do CPS a indústria é algo recente e é tido como uma das bases para o desenvolvimento do conceito da Indústria 4.0, podendo levar a transformação de máquinas, indústria ou cadeias produtivas em CPS. Para Schuh *et al.* (2014) com a utilização do CPS é possível à criação de uma malha de controle para todos os subsistemas de uma indústria, que permitira ao usuário o controle do processo produtivo global sem a necessidade de gerenciar cada subsistema individualmente.

2.2.4. Big data analytics

Segundo Gonçalves (2016) devido a grande quantidade de dados gerados atualmente e a necessidade de uma compilação, análise e gerenciamento de informações cada vez mais rápidas, foram criados os *Big Data Analytics* que são softwares de altíssimo desempenho, responsáveis pelo cruzamento de uma infinidade de dados, gerando relatórios e indicadores para auxiliar na tomada de decisões.

Estes softwares tem a capacidade de compilar uma infinidade de informações, sendo elas dos mais diversos locais, tanto internamente, quanto externamente. Os *Big Data Analytics* além de compilarem e inter-relacionarem as informações dos softwares internos das indústrias, tem a capacidade de coletarem informações de toda a rede, sendo ela de mídias sociais, indicadores macroeconômicos e sites em geral.

2.3. Modelos de análise de nível de maturidade em Indústria 4.0

Desde o “início” da Indústria 4.0 em 2011 até os dias de hoje, foram elaborados vários modelos de análise de nível de maturidade com base nos pilares da Indústria 4.0, sendo em sua maioria desenvolvidos por empresas de consultoria, grandes indústrias, instituições de ensino ou por parcerias entre elas.

Dentre os vários modelos de análise tem-se o SIMMI 4.0 (*System Integration Maturity Model Industry 4.0*), um modelo desenvolvido por Leyh *et al* (2017), pesquisadores das universidades Universidade Técnica de Dresden e Universidade de Ciências Aplicadas Heilbronn, ambas da Alemanha. Este modelo foi apresentado na vigésima terceira Conferência das Américas sobre Sistemas de Informação, no ano de 2017 em Boston e tem como principais características a adoção de quatro dimensões da Indústria 4.0 como base de cálculo, sendo elas: Dimensão vertical, Dimensão horizontal, Dimensão de desenvolvimento de produtos digitais e por fim a Dimensão de critério de tecnologia transversal. Após os cálculos, a empresa avaliada é classificada dentre cinco estágios, sendo eles: Nível básico de digitalização, digitalização Interdepartamental, Digitalização vertical e horizontal, Digitalização total e Digitalização total otimizada.

Outro modelo de maturidade com foco na Indústria 4.0 é o “*Industry 4.0 Readiness Online Self-Check for Businesses*”, uma ferramenta de autoavaliação encomendada pela Federação Alemã de Engenharia (VDMA) e conduzida pela IW Consult e pelo Instituto de Gestão Industrial da Universidade RWTH Aachen, que adota como base classificatória seis dimensões, sendo elas: Estratégia e organização; Fábrica inteligente; Operações inteligentes; Produtos inteligentes; Serviço orientado a dados; Empregados. A partir disto, a empresa em

análise pode ser classificada como: Recém-chegado “estranho” ou Recém-chegado iniciantes. Aprendiz intermediário, Líder com experiência, Líder expert ou Líder de melhor desempenho.

Schumacher *et al* (2016), desenvolveram e publicaram uma tese contendo um modelo de avaliação da disponibilidade e maturidade de empresas de manufatura em relação a Indústria 4.0 com o título *A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises*. Este modelo se baseia em nove dimensões da Indústria 4.0, sendo elas: Estratégia; Liderança, Clientes; Produtos; Operações; Cultura; Pessoas; Governança; Tecnologia. O modelo ainda divide a maturidade em cinco níveis, onde o nível 1 descreve o mais baixo nível e o nível 5 contempla o estado da arte dos atributos requeridos.

A empresa multinacional Londrina de auditoria e consultoria PricewaterhouseCoopers, também conhecida como PWC, desenvolveu um modelo de autoavaliação com base nos pilares da Indústria 4.0, sendo este aplicado por uma ferramenta online de fácil utilização. A ferramenta da PWC se baseia em seis dimensões da Indústria 4.0 e com base nelas classifica a empresa em análise dentre quatro categorias de maturidade. Devido a sua disponibilidade online na integra, a ser um modelo já consolidado e um modelo do tipo prescritivo, pois te direciona a agir em direção a aumentar a sua maturidade, optou-se por sua utilização neste artigo, sendo o funcionamento desta ferramenta explicado no tópico 4.1.

3. Metodologia

A pesquisa de acordo com Silva e Menezes (2005) referente à sua natureza é considerada como uma pesquisa aplicada, ou seja, gera conhecimentos para aplicações prática a solução de problemas, envolvendo interesses reais. A pesquisa ainda é classificada como descritiva, pois, observa, registra e analisa fatos, indicando a relação entre as variáveis. Gil (1999) define pesquisa descritiva como aquela que visa descobrir a existência de associações entre variáveis. Quanto à abordagem, esta pesquisa caracteriza-se como qualitativa, devido ao ambiente natural ser a fonte direta para a coleta de dados, interpretação de fenômenos e atribuição de significados (VIANNA, 2013). Quanto ao tipo de pesquisa ela é classificada como estudo de caso, em função de o estudo de caso consistir em coletar e analisar informações sobre determinado indivíduo, um grupo ou comunidade, a fim de estudar aspectos variados que sejam objeto de pesquisa (MIGUEL 2010).

Para que os resultados deste trabalho sejam alcançados, os seguintes passos foram seguidos:

1. Revisar bibliografias referentes aos temas centrais do trabalho (Indústria 4.0 e Modelos de Maturidade);
2. Conduzir reunião de nivelamento de conceitos com entrevistados da empresa;
3. Coletar questionários com os entrevistados da empresa;
4. Compilar questionários e agregar respostas por média simples;
5. Lançar respostas compiladas na ferramenta de autoavaliação da PwC para identificar os pontos fortes e fracos do negócio com vistas à Indústria 4.0;
6. Gerar relatório da ferramenta contendo o nível de maturidade da empresa;
7. Propor reflexões sobre ações de implementação da Indústria 4.0.

4. Desenvolvimento

4.1. Ferramenta de autoavaliação PWC

Esta ferramenta foi projetada para auxiliar as empresas numa primeira compreensão a cerca de sua posição atual e seu objetivo almejado para daqui cinco anos em relação à Indústria 4.0. Para tal, utiliza-se de seis dimensões classificatórias, identificando necessidades de ação e classificando seu nível de maturidade atual.

Ao utilizar a ferramenta neste trabalho, selecionou-se o segmento de atuação Produção Industrial, quanto a região, foi selecionado a região America, o país de origem Brasil e faturamento anual inferior a 100 milhões de euro. A seleção destas opções é demonstrada respectivamente nas Figuras 3, 4, 5 e 6.

Figura 3 – Segmento de atuação da indústria

Please select your industry

 Automotive	 Energy	 Financial Service	 Healthcare & Pharma	 Industrial Products
 Private Equity	 Public Sector	 Retail & Consumer	 Technology, Media & Telecoms	 Transportation & Logistics

Industry	Region	Country	Annual revenue
?	?	?	?

Fonte: Adaptado PWC Digital Operations Self Assessment

Figura 4 – Região da indústria

Please select your region



Industry	Region	Country	Annual revenue
Industrial Products	America	?	?

Fonte: Adaptado PWC Digital Operations Self Assessment

Figura 5 – País de localização da Indústria

Please select your country

 Antigua and Barbuda	 Argentina	 Bahamas
 Barbados	 Belize	 Bolivia
 Brazil	 Canada	 Chile
 Colombia	 Costa Rica	 Cuba
 Dominica	 Dominican Republic	 Ecuador
 El Salvador	 Grenada	 Guatemala
 Guyana	 Haiti	 Honduras
 Jamaica	 Mexico	 Nicaragua
 Panama	 Paraguay	 Peru
 Saint Kitts and Nevis	 Saint Lucia	 Saint Vincent and the Grenadines
 Suriname	 Trinidad and Tobago	 United States of America
 Uruguay	 Venezuela	

Industry	Region	Country	Annual revenue
Industrial Products	América	?	?

Fonte: Adaptado PWC Digital Operations Self Assessment

Figura 6 – Faturamento anual



Fonte: Adaptado PWC Digital Operations Self Assessment

Após isso, seguiu-se para a escolha das dimensões a serem avaliadas, onde cada uma das dimensões engloba pontos e áreas da Indústria 4.0, sendo elas:

- Modelo de negócio, Carteira de produtos e serviços;
- Mercado e acesso ao cliente;
- Cadeias de valores e processos;
- Arquitetura de TI;
- Conformidade, Risco, Segurança e Imposto;
- Organização e Cultura.

De acordo com o framework da PWC, é possível calcular o nível de maturidade da empresa utilizando-se apenas das três primeiras dimensões, no entanto, as três últimas dimensões, apesar de não serem necessariamente essenciais, ajudam a obter uma visão mais detalhada e precisa do nível de maturidade. Devido a estes fatores, optou-se por selecionar todas as dimensões. O quadro de seleção das dimensões pode ser visualizado na Figura 7

Figura 7 – Seleção das dimensões
Please select the scope for your assessment

Please define the scope for your Self Assessment here. The first three categories (Business Models, Product & Service Portfolio, Market & Customer Access and Value Chains & Processes) are essential for Industry 4.0 / Digital Operations and the Self Assessment and are therefore mandatory. To get an even more detailed view of your maturity you can optionally choose the other three categories (IT Architecture, Compliance, Legal, Risk, Security & Tax and Organization & Culture) individually. Of course you get the most comprehensive result if you go for the complete assessment.

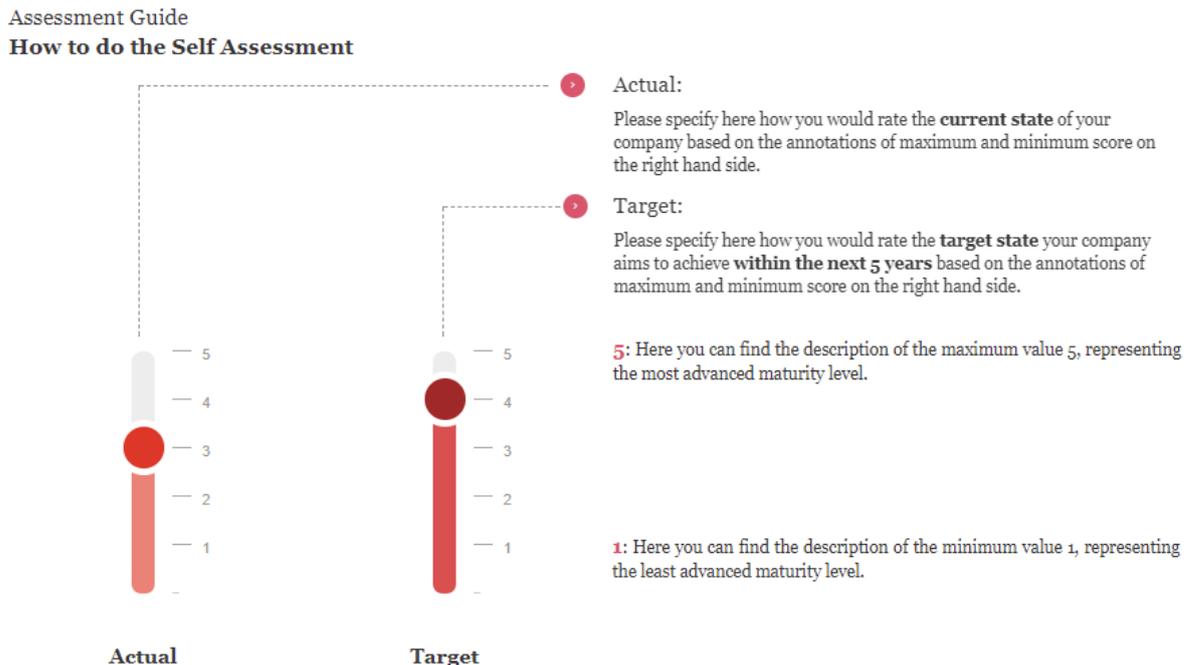
<input checked="" type="checkbox"/>	Business Models, Product & Service Portfolio
<input checked="" type="checkbox"/>	Market & Customer Access
<input checked="" type="checkbox"/>	Value Chains & Processes
<input type="checkbox"/>	IT Architecture
<input type="checkbox"/>	Compliance, Legal, Risk, Security & Tax
<input type="checkbox"/>	Organization & Culture

Industry	Region	Country	Annual revenue
Industrial Products	America	Brazil	< € 100 Million

Fonte: Adaptado PWC Digital Operations Self Assessment

A ferramenta de autoavaliação possui, associadas a cada dimensão de análise, perguntas que devem ser respondidas de acordo com uma escala de Likert de cinco pontos sendo o ponto 1 o nível de maturidade menos avançado e o ponto 5 o mais avançado. Antes de iniciar-se o preenchimento das questões, é apresentada uma tela demonstrando como preenchê-las, sendo esta exposta na Figura 8.

Figura 8 – Guia de autoavaliação



Fonte: Adaptado PWC Digital Operations Self Assessment

Para obter um resultado mais fidedigno, as perguntas do *framework* foram coletadas e apresentadas aos entrevistados selecionados, sendo a seleção dos entrevistados e suas áreas de conhecimento, bem como as respostas coletadas apresentadas no tópico 4.2.

Com base no nível obtido após a compilação dos questionários, a ferramenta da PWC apresenta um resultado geral, fazendo alguns apontamentos referente a posição obtida e onde a empresa deve se focar para avançar. Além disso, ela apresenta uma seção com os resultados detalhados, os mesmos são exibidos num gráfico de radar e são feitas ponderações a cerca de cada uma das dimensões.

Na seção de resultados detalhados, é apresentado um *framework* sobre a classificação geral obtida e aspectos sobre a mesma. Sendo que neste *framework* a empresa pode se enquadrar nas categorias: Iniciante Digital, Integrador Vertical, Colaborador Horizontal, Campeão Digital.

Cada categoria e suas respectivas características são expostas no Quadro 5.

Quadro 5 – Categorias de classificação

Categoria	Característica
Iniciante Digital	Acaba de iniciar a digitalização de seu modelo de negócios e operações, seu principal foco é a integração interna iniciada. O portfólio geralmente é dominado por produtos físicos e há uma integração limitada dentro das cadeias de valor vertical e horizontal.
Integrador Vertical	Implementa recursos digitais a seus produtos e serviços, utiliza dados para gerar conhecimento e já obteve alguma integração de sua cadeia de valor vertical.
Colaborador Horizontal	Possui um nível decente de integração vertical e se foca na colaboração e integração com parceiros, clientes e fornecedores para obter processos mais horizontalizados, a fim de formar redes de valor para atender diretamente as solicitações dos clientes.
Campeão Digital	Detém um nível de integração vertical e horizontal em um grau satisfatório para o seu negócio. Seu foco agora está em desenvolver novos modelos de negócios disruptivos e um portfólio inovador de produtos e serviços a fim de atender aos pedidos individuais dos clientes.

Fonte: Adaptado PWC Digital Operations Self Assessment

4.2. Perfil dos entrevistados

A fim de obter-se um melhor aproveitamento da ferramenta da PWC, optou-se por selecionar os entrevistados de acordo com suas funções desempenhadas na empresa e áreas de conhecimento dominante, com base nisto, elaborou-se o Quadro 6.

Quadro 6 – Áreas de conhecimento dos entrevistados

Código	Função	Áreas de conhecimento dominante
R1	Gestor.	Estratégia, Gestão de Pessoas, Gestão de Produção, Logística.
R2	RH, Financeiro, Marketing.	Finanças; Contabilidade; Gestão de pessoas, Marketing e Propaganda.
R3	Gerente de produção, Engenharia.	Projeto de Produtos, Gestão da Produção, Gestão de Fornecedores, Gestão do Processo.
R4	Engenharia, PPCP.	Projeto de Produtos, Gestão da Produção, Gestão do Processo.
R5	Gestor, PPCP.	Estratégia, Gestão da Produção, Gestão de Fornecedores, Gestão do Processo, Logística.

Fonte: Autoria própria (2017)

Após a seleção dos entrevistados, realizou-se uma reunião de nivelamento de conceitos a certa da Indústria 4.0, onde foram apresentados os conceitos e *frameworks* propostos pela PWC referentes a 4ª Revolução Industrial.

Com base nas áreas de conhecimento dominante e função desempenhada pelos entrevistados na empresa, foram coletados os questionários da ferramentas da PWC, onde os entrevistados poderiam abster-se de responderem a determinada questão caso a mesma fugisse de sua área de conhecimento.

Os entrevistados R1, R2, R3 e R4 responderam separadamente as questões referentes ao estado atual da empresa e os entrevistados R1 e R5 responderam as questões referentes ao objetivo que a empresa espera alcançar nos próximos 5 anos. Este enfoque dos respondentes foi conduzido em função da visão estratégica de médio e longo prazo que eles possuem em relação ao futuro da empresa. Após as questões serem respondidas, aplicou-se média simples sobre a somatória das mesmas, onde os resultados que obtivessem valores decimais iguais ou inferiores a 5, foram arredondados para baixo, a fim de obter-se um resultado mais conservador a ser compilado na ferramenta da PWC.

Um exemplo dos valores coletados referentes a cada questão e suas médias arredonda são expostas na Tabela 1.

Tabela 1 – Respostas a serem compiladas

Questão	Nível atual					Objetivo Futuro		
	R1	R2	R3	R4	Média	R1	R5	Média
1	1	2	3	2	2	4	5	4
2	1		1	1	1	3	4	3
3	4	4	4	5	4	5	5	5
4	2	2	3	3	2	3	5	4
5	3	2	2	3	2	4	4	4
6	3	4	3	4	3	5	5	5

Fonte: Autoria própria (2017)

Com base nos resultados obtidos na etapa anterior, as respostas foram compiladas utilizando a ferramenta da PWC, onde seus resultados são exibidos no tópico Resultados e Discussões.

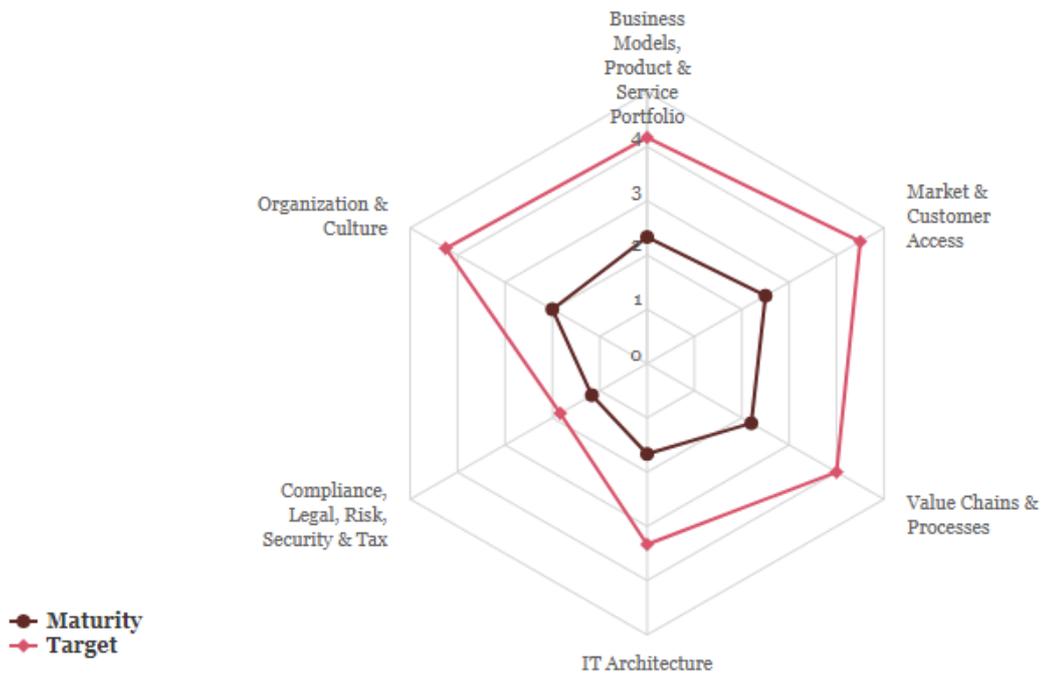
5. Resultados e discussões

5.1. Resultados ferramenta PWC

A partir da compilação das médias das repostas obtidas, a ferramenta da PWC traz o resultado que ao olhar-se para a diferença entre a maturidade atual e os objetivos desejados, é estimado que a empresa tem fortes ambições para investir ainda mais nos tópicos da Indústria 4.0 e Operações Digitais. Olhando para o futuro, a empresa precisará continuar a aproveitar todos os benefícios e oportunidades ligados à Indústria 4.0 e Operações Digitais para se manter competitiva em seu mercado.

Juntamente com este resultado, é exibido um gráfico de radar que demonstra o posicionamento da empresa referente às seis dimensões que compõem a Indústria 4.0, sendo este exposto na Figura 9.

Figura 9 – Radar Chart Result

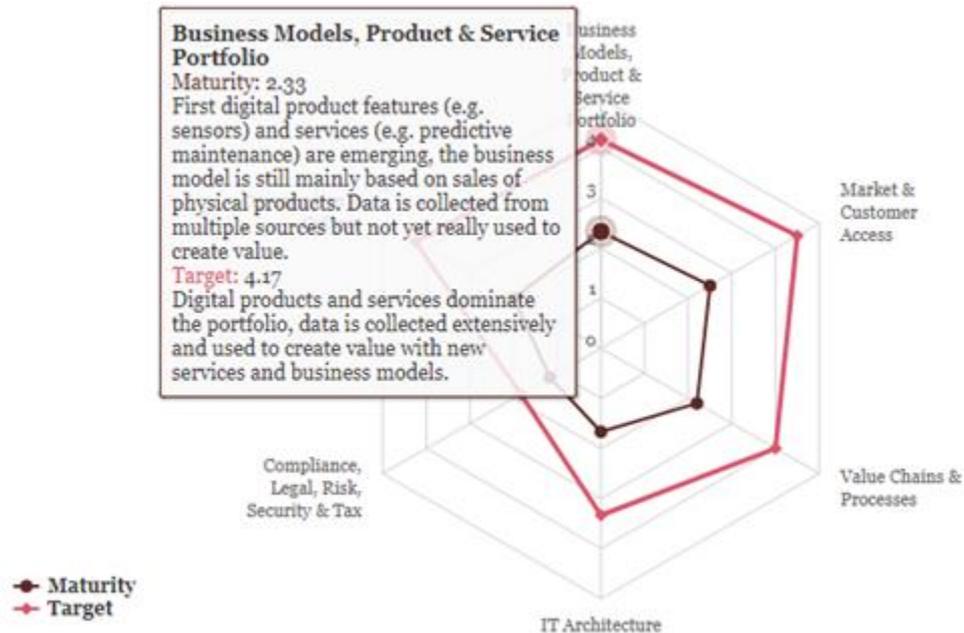


Fonte: Adaptado PWC Digital Operations Self Assessment

Através dos pontos e linhas, o gráfico representa a amplitude em que a empresa se posiciona ou almeja se posicionar (sendo o valor mínimo 1 e o máximo 5) frente cada dimensão da Indústria 4.0, onde os pontos e linhas mais escuras são referentes à atual maturidade e por meio dos pontos e linha mais clara é demonstrado qual o objetivo que a empresa deseja alcançar nos próximos 5 anos.

Dentro da ferramenta da PWC, é apresentada também uma análise mais detalhada da pontuação sobre cada dimensão e os pontos referentes a ela, sendo um exemplo exposto na Figura 10.

Figura 10 – Radar Chart Detailed Result



Fonte: Adaptado PWC Digital Operations Self Assessment

Com base nas pontuações e pontos levantados pelo framework, foram montados os Quadros 7, 8, 9, 10, 11 e 12. Após a apresentação e discussão dos resultados obtidos com os gestores da empresa, foi elaborada uma análise qualitativa comparando o estado atual da empresa com a maturidade sugerida pela ferramenta, não se referenciando ao alvo almejado.

Quadro 7 – Modelo de negócio, Carteira de produtos e serviços

Dimensão	Score	Descrição
“Modelo de negócio, Carteira de produtos e serviços”	Maturidade: 2,33	Considerado emergentes os primeiros recursos de produtos (ex. sensores) e serviços digitais (ex. manutenção preditiva), o modelo de negócios ainda é baseado principalmente nas vendas de produtos físicos e os dados são coletados de forma variadas, no entanto, estes ainda não são realmente utilizados para criação de valor.
	Alvo: 4,17	Os produtos e serviços digitais deverão dominar o portfólio, os dados serão coletados de forma extensiva e serão utilizados para criar valor juntamente com novos serviços e modelos de negócio.

Fonte: Adaptado PWC Digital Operations Self Assessment

Tendo em vista os resultados expostos no Quadro 7 e, levando-se em conta as preposições dos gerentes, convalidou-se os resultados obtidos através da ferramenta. Atualmente são pouco utilizados os recursos de produtos, em especial os sensores das máquinas que utilizam o sistema *Computer Numeric Control* (CNC) e sua integração com serviços digitais internos que levariam a uma manutenção preditiva mais eficiente. A empresa não possui produtos digitais para venda e apesar da massiva quantidade de dados coletados através de seu sistema de gestão empresarial (ERP), poucos são transformados em informações de valor.

Quadro 8 – Mercado e acesso ao cliente

Dimensão	Score	Descrição
“Mercado e acesso ao cliente”	Maturidade: 2,50	A empresa utiliza apenas os canais padrões de comunicação e interação com seus clientes, sendo estes tipicamente websites e lojas online. Como recomendação é dito que o primeiro passo para a empresa deve ser aumentar a visão do cliente sobre o negócio através de mais mídias e marketings digitais.
	Alvo: 4,50	Devem-se usar múltiplos canais de interação digital com os clientes, através destes canais devem ser coletados dados de forma extensiva para aumentar a visão do cliente. A equipe de venda digital da empresa deve estar altamente preparada e habilitada para tal.

Fonte: Adaptado PWC Digital Operations Self Assessment

Referente ao Quadro 8, atualmente a empresa utiliza basicamente de e-mail e telefone como canais de comunicação e interação com seus clientes, sendo assim, há uma necessidade em se atualizar e utilizar mais canais de comunicação para aumentar a visibilidade do cliente em relação ao negócio. A empresa possui apenas um colaborador para tal função, sendo que este supre a necessidade atual segundo os gestores.

Quadro 9 – Cadeias de valores e processos

Dimensão	Score	Descrição
“Cadeias de valores e processos”	Maturidade: 2,20	Os diferentes setores dentro da cadeia de valor estão começando a ser integrados um por um (ex. engenharia e produção) e a digitalização dos equipamentos de produção já foi iniciada.
	Alvo: 4,00	A empresa deve possuir internamente uma integração completa da cadeia de valor vertical, além da completa digitalização do ciclo de vida dos produtos. Os equipamentos de produção devem ser conectados entre si e equipados com inúmeros sensores a fim dos dados serem coletados e usados para monitoramento e planejamento. A integração da cadeia de valor horizontal deve estar em progresso já.

Fonte: Adaptado PWC Digital Operations Self Assessment

Quanto aos resultados do Quadro 9, observou-se que a digitalização dos equipamentos de produção e a cadeia de valor como um todo esta sendo integrada setor por setor, porém de forma lenta. Todos os produtos possuem cadastro e desenho técnico incorporados no sistema da empresa.

Quadro 10 – Arquitetura de TI

Dimensão	Score	Descrição
“Arquitetura de TI”	Maturidade: 1,67	As implicações da Indústria 4.0 e das Operações Digitais sobre a arquitetura de TI bem como a organização da própria TI não estão bem claras. O setor de TI geralmente está completamente separado da produção e as capacidades técnicas necessárias ainda não foram identificadas.
	Alvo: 3,33	As implicações da Indústria 4.0 e das Operações Digitais sobre a arquitetura de TI bem como a organização da própria TI sejam claras e as capacidades identificadas. Medidas de melhoria devem ser identificadas e de acordo com projetos iniciados postas em pratica. A integração do TI e da produção deve estar em progresso.

Fonte: Adaptado PWC Digital Operations Self Assessment

De acordo com os pontos levantados referentes ao Quadro 10, dentro da realidade brasileira, em especial das pequenas empresas, como é o caso, o setor de TI é visto de forma errôneo, sendo utilizado normalmente para concertos de problemas técnicos em equipamentos informáticos. Devido a isto, o setor de TI na empresa não está bem organizado e está separado da produção em termos de integração de informação.

Quadro 11 – Conformidade, Risco, Segurança e Imposto

Dimensão	Score	Descrição
“Conformidade, Risco, Segurança e Imposto”	Maturidade: 1,17	A Conformidade, o risco de gerenciamento e a segurança de TI não são considerados como requerimentos especiais associado a Indústria 4.0 e as Operações Digitais. Não existe uma estrutura apropriada para a proteção da propriedade intelectual digital e nenhuma otimização quanto aos impostos é posta em prática.
	Alvo: 1,83	A Conformidade, o risco de gerenciamento e a segurança de TI não são considerados como requerimentos especiais associado a Indústria 4.0 e as Operações Digitais. Não existe uma estrutura apropriada para a proteção da propriedade intelectual digital e nenhuma otimização quanto aos impostos é posta em prática.

Fonte: Adaptado PWC Digital Operations Self Assessment

Obtendo o pior resultado atual e o menor alvo a ser alcançado, a dimensão exposta no Quadro 11, ocorre devido a empresa ser focada na prestação de serviços e terceirização da produção de outras empresas, tendo isso em vista, não há uma preocupação quanto às propriedades intelectuais digitais, outro ponto que corrobora com este baixo resultado é a desestruturação do TI.

Quadro 12 – Organização e cultura

Dimensão	Score	Descrição
“Organização e cultura”	Maturidade: 2,00	A Indústria 4.0 e as Operações Digitais já possuem alguma atenção da diretoria da empresa, foi identificada a necessidade de uma estratégia dedicada e o desenvolvimento da mesma já foi iniciado. Quanto aos recursos e capacidades, estes são avaliados de acordo com a maturidade da Indústria 4.0 e das Operações Digitais.
	Alvo: 4,25	A empresa deve focar em obter uma estratégia e visão dedicada com um forte compromisso da gestão em relação a Indústria 4.0 e as Operações Digitais. Os recursos técnicos e organizacionais necessários para isso já devem estar em um estado avançado de desenvolvimento e pesquisa. A colaboração com os parceiros da cadeia de valor horizontal já deve ter sido iniciada.

Fonte: Adaptado PWC Digital Operations Self Assessment

Por fim, referente à Organização e cultura, tem-se que os gestores estão começando a se familiarizar com os conceitos da Indústria 4.0. Outro ponto que se destaca, é a mudança de mentalidade e percepção de que a tecnologia dos maquinários de produção não é o único ponto que deve ser levado em conta para a otimização da empresa e que a integração, análise e transformação dos dados coletados em informação é a chave para a Indústria 4.0.

5.2. Resultados gerais

A partir da compilação dos dados na ferramenta de autoavaliação da PWC, a empresa foi categorizada como Iniciante Digital, e na área dos Resultados Gerais, recebeu o diagnóstico de que ela apenas começou a digitalização do seu modelo de negócios e operações, sendo que seu foco principal deve ser começar a integração interna. Referente ao portfólio, este é tipicamente dominado por produtos físicos e há uma integração limitada dentro das cadeias de valor verticais e horizontais. Para aumentar a maturidade da Indústria 4.0, beneficiar-se mais de potenciais ganhos de eficiência e crescimento de receita, os próximos passos podem envolver: Começar a digitalizar seu portfólio de produtos e serviços; Puxar sua integração vertical; Preparar a organização para mudanças massivas.

Logo em seguida é apresentado um framework para melhor entendimento e alocação dos principais pontos das seis dimensões em relação ao resultado geral, sendo este apresentado na Figura 11.

Figura 11 – Iniciante Digital



Fonte: Adaptado PWC Digital Operations Self Assessment

Neste *framework* é elencado que referente à classificação geral de Iniciante Digital, no que tange a dimensão “Modelo de negócio, Carteira de produtos e serviços” são iniciadas as primeiras soluções digitais e aplicações isoladas. Para “Mercado e acesso ao cliente”, a presença online é separada dos canais offlines e o foco da empresa esta no produto em vez do cliente. Na dimensão “Cadeias de valores e processos”, é tido que os sub processos são digitalizados e automatizados.

No que tange as outras três dimensões, na área de “Arquitetura de TI”, o TI encontra-se fragmentado internamente na empresa, para a parte de “Conformidade, Risco, Segurança e Imposto”, tem-se que a empresa adota uma estrutura tradicional e a digitalização da mesma

ainda não está em foco. Por fim, para a dimensão “Organização e cultura” é exposto que o modo operante da organização segue o modelo “Silos”, sendo este um modelo de estrutura organizacional onde os setores da empresa são divididos por áreas que acaba por dificultar a integração dos mesmos.

5.3. Proposições

De acordo com os resultados apresentados no tópico 4.2 quanto ao alvo almejado de cada dimensão, elaborou-se um quadro contendo as dimensões e sugestão de ações práticas que objetivam atingir o nível de maturidade desejado, levando-se em conta os conceitos da Indústria 4.0, o *framework* da PWC e modo operante da empresa. Sendo estes dados apresentados no Quadro 13 .

Quadro 13 – Ações práticas sugeridas

Dimensão	Ações Práticas	Justificativa
Modelo de negócio, Carteira de produtos e serviços.	Aplicação de recursos de conectividade entre os tornos CNCs e o Sistema ERP.	Coletar dados de forma extensiva.
	Utilização dos dados fornecidos pelo ERP para tomada de decisão e planejamento de produção.	Transformar dados em valor.
Mercado e acesso ao cliente.	Utilização de mídias sociais.	Criar Interação digital com clientes.
	Utilização de sites de vendas de produtos.	Aumentar canais de venda digital.
	Contratação e treinamento de uma equipe de venda digital.	Habilitar equipe.
Cadeias de valores e processos.	Análise do ciclo de vida dos produtos.	Mapear produtos.
	Aplicação de recursos de conectividade entre os próprios tornos CNCs.	Integrar cadeia de valor vertical.
Arquitetura de TI.	Cursos e treinamentos referente ao modelo de TI aplicado pela indústria 4.0 a fim de quebrar os paradigmas atuais do setor.	Habilitar e estruturar a equipe de TI.
	Aproximação do TI ao setor de produção.	Integrar TI e produção.
Conformidade, Risco, Segurança e Imposto.	Iniciar pesquisas a cerca de propriedade intelectual digital para possíveis novos produtos que possam surgir.	Garantir a segurança de propriedades intelectuais
Organização e Cultura.	Treinamentos referentes aos conceitos da Indústria 4.0.	Habilitar todos os níveis hierárquicos.
	Visita técnica a parceiros que adotam praticas voltadas a Indústria 4.0.	Observar <i>in loco</i> estruturação da Indústria 4.0

Fonte: Autoria própria (2017)

6. Conclusão

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise do quanto a empresa em estudo estava inserida nos conceitos a cerca da Indústria 4.0, despertando o interesse como um todo da organização a respeito do tema. Além disso, contribuiu para escassa quantidade de artigos e materiais publicados em português sobre o assunto.

Com base nos conceitos levantados e utilizando-se a ferramenta de autoavaliação da PWC na empresa em estudo, observa-se que seu nível de maturidade se qualifica como Iniciante Digital, fato corroborado pelos gestores da empresa, indicando que a mesma esta iniciando sua caminhada rumo à Indústria 4.0.

Desta forma, ao levantar os conceitos centrais sobre a Indústria 4.0, foi possível definir e aplicar um modelo de avaliação de nível de maturidade acerca do tema e a partir dos resultados geraram-se proposições de ações, sendo assim, os objetivos propostos foram alcançados.

Este trabalho se limitou a avaliar o nível de maturidade de uma organização do setor Metal Mecânico em relação à Indústria 4.0. Faz-se necessário um esforço direcionado à estruturar os planos que ação que de fato permitam que a empresa melhore seu nível de maturidade.

7. Referências

ACATECH POSITION PAPER. Cyber-physical systems. Driving force for innovation in mobility, health, energy and production. Acatech—National Academy of Science and Engineering, 2011.

ACATECH POSITION PAPER. Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0. Acatech—National Academy of Science and Engineering, 2013.

BERVIAN, P. A.; CERVO, A. L.; DA SILVA, R. Metodologia científica. São Paulo: Pretence Hall, p. 482-493, 2002.

Business Process Maturity Model (BPMM) mantido pelo OBJECT MANAGEMENT GROUP, INC (OMG).

CARVALHO, J. M. C. Logística. 3ª ed. Lisboa: Edições Silabo, 2002.

CAPGEMINI CONSULTING. Industry 4.0 – The Capgemini Consulting View. Capgemini, 2014. Disponível em: www.capgeminiconsulting.com. Acesso em: 10 ago 2017.

CORRÊA, H.L.; CORRÊA, C.A. Administração de produção e operações manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

CMMI (Capability Maturity Model Integration), mantido por SEI (Software Engineering Institute).

Kuznets, S. (1965), *Economic Growth and Structure*, Heinemann Educational Books, London. de Bruin, T., Rosemann, M., Freeze, R. and Kulkarni, U. (2005), “Understanding the main phases of developing a maturity assessment model”, paper presented at Australasian Conference on Information Systems (ACIS), Sydney.

Leyh, C.; Bley, K.; Bay, L.; Schäffer, T. The Application of the Maturity Model SIMMI 4.0 in Selected Enterprises. Twenty-third Americas Conference on Information Systems, Boston, 2017.

DE ANDRADE MARTINS, Gilberto. Manual para elaboração de monografias e dissertações. Editora Atlas SA, 2000.

GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.

GONÇALVES, Murilo Porto. Proposta de implementação da indústria 4.0 na área de logística, 2016.

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

https://www.expomafe.com.br/content/dam/Informa/expomafe/pt/expomafe_2017/documentos/2017/EXPOMAFE_Release_de_Balan%C3%A7o.pdf. Acesso em maio de 2017.

<https://www.industrie40-readiness.de>. Acesso em maio de 2017.

i4-0-self-assessment.pwc.nl/i40/landing/. Acesso em maio 2017.

J. Becker, R. Knackstedt, and J. Pöppelbuß, “Developing Maturity Models for IT Management: A Procedure Model and its Application,” *Business & Information Systems Engineering*, vol. 1, no. 3, pp. 213–222, Junho. 2009.

Kuznets, S. (1965), *Economic Growth and Structure*, Heinemann Educational Books, London.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos de metodologia científica. 5. ed.-São Paulo: Atlas, 2003.

Maslow, A. (1954), *Motivation and Personality*, Harper, New York, NY.

Maximilian Röglinger Jens Pöppelbuß Jörg Becker, (2012), "Maturity models in business process management", *Business Process Management Journal*, Vol. 18 Iss 2 pp. 328 – 346

Nolan, R.L. (1973), “Managing the computer resource: a stage hypothesis”, *Communications of the ACM*, Vol. 16 No. 7, pp. 399-405.

POOVENDRAN, R. Cyber-physical systems: Close encounters between two parallel worlds. *Proceedings of the IEEE*, v. 98, n. 8, p. 1.363-1.366, 2010.

Pöppelbuß, J.; and Röglinger, M. (2011), “What makes a useful maturity model? A framework of general design principles for maturity models and its demonstration in business process management”, paper presented at 19th European Conference on Information Systems (ECIS 2011), Helsinki.

Prananto, A., McKay, J. and Marshall, P. (2003), “A study of the progression of e-business maturity in Australian SMEs: some evidence of the applicability of the stages of growth for e-business model”, paper presented at Pacific Asia Conference on Information Systems

PricewaterhouseCoopers, “The Industry 4.0 / Digital Operations Self Assessment,” 2016.

PRODANOV, Cleber Cristiano; DE FREITAS, Ernani Cesar. Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico-2ª Edição. Editora Feevale, 2013.

PRODUÇÃO FÍSICA DA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO DO PARANÁ, SEGUNDO SEÇÕES E ATIVIDADES INDÚSTRIAS - 2003-2016. Disponível em http://www.ipardes.gov.br/pdf/indices/producao_Industrial.pdf>. Acesso em maio de 2017.

Rockwell Automation, “The Connected Enterprise Maturity Model,” Rockwell Automation.

Rodrigues, L. F.; Jesus, R. A.; Schützer, K. Industrie 4.0 – A Literature Review, 2016.

RUSSOMANO, V. H. PCP: Planejamento e Controle da Produção. 4. edição. São Paulo: Pioneira, 2000.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. Florianópolis, Laboratório de Ensino à Distância da UFSC. 2005. Disponível em: < <http://www.eps.ufsc.br/ppgep.html> >.

SILVEIRA, C. O Que é Indústria 4.0 e Como Ela Vai Impactar o Mundo, 2015.

Solli-Sæther, H. and Gottschalk, P. (2010), “The modeling process for stage models”, Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce, Vol. 20 No. 3, pp. 279-93.

SCHUH, G.; POTENTE, T.; THOMAS, C.; HEMPEL, T. Short-term cyber-physical Production Management. In: International Conference on Digital Enterprise Technology, 8, 2014.

THIOLENT, Michel. Metodologia da pesquisa-ação. In: Metodologia da pesquisa-ação. Cortez, 2011.

VERMESSAN, O; FRIESS, P. Internet of Things: From Research and Innovation to Market Deployment. ed. River Publishers, 2014.

VIANNA, Cleverson Tabajara. Classificação das Pesquisas Científicas – Notas para os alunos. Florianópolis, 2013 2p. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/cleversontabajara1/metodologia-cientifica-tipos-de-pesquisa-ultimate>>.

WERNKE, R. Análise de custos e preços de venda: ênfase em aplicações e casos nacionais. São Paulo: Saraiva, 2005.