



**VIII SINGEP**

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade  
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability  
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



## **Identificação dos Elementos para Priorização de Projetos de Indústria 4.0 com Base nos Modelos de Maturidade e Prontidão**

*Elements Identification for Prioritizing Industry 4.0 Projects Based on Maturity and Readiness Models*

**NYKAEL MOREIRA COSTA**

UNINOVE – UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

**ANDERSON FERREIRA DE LIMA**

UNINOVE – UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

**ROSANGELA MARIA VANALLE**

UNINOVE – UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

### **Nota de esclarecimento:**

Comunicamos que devido à pandemia do Coronavírus (COVID 19), o VIII SINGEP e a 8ª Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge) foram realizados de forma remota, nos dias **01, 02 e 03 de outubro de 2020**.



**VIII SINGEP**

Simposio Internacional de Gestao de Projetos, Inovacao e Sustentabilidade  
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability  
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



## **Identificao dos Elementos para Priorizao de Projetos de Indstria 4.0 com Base nos Modelos de Maturidade e Prontidao**

### **Objetivo do estudo**

Objetivo principal do artigo e identificar os elementos principais para priorizao de projetos que as organizaes possam avaliar a partir do estgio de maturidade e prontidao o acesso as tecnologias.

### **Relevancia/originalidade**

O presente trabalho proporciona por meio da avaliao dos modelos de maturidade e modelos de prontidao, a identificao dos principais elementos para tomada de deciso na priorizao de projetos relacionados a Indstria 4.0.

### **Metodologia/abordagem**

Revisao sistematica da literatura, mesclando bibliometria com analise de conteudos e analise de redes com auxilio de Software Vosviewer. A pesquisa em bases de dados resultou em 10.037 documentos, aplicao de filtros com resultado em 283 documentos relacionados ao tema, e apos analise em 31 documentos contendo modelos de maturidade e de prontidao para uso no presente artigo.

### **Principais resultados**

A partir da analise de conteudo dos trabalhos existentes identificou-se uma lacuna de pesquisa nos modelos de maturidade e modelos de prontidao disponiveis ate ano de 2019. Os modelos nao apresentam relatos explicitos quanto a sua adequao no que tange a priorizao de projetos na implantao da indstria 4.0. Com base nesse levantamento, acredita-se que os modelos atuais ainda nao atendem suficientemente a lacuna identificada e que ha necessidade de mais pesquisas.

### **Contribuicoes teoricas/metodologicas**

Os modelos nao apresentam relatos explicitos quanto a sua adequao no que tange a priorizao de projetos na implantao da indstria 4.0.

### **Contribuicoes sociais/para a gestao**

Para apresentar o resultado do estudo foi elaborado um quadro com todos os trabalhos analisados de maneira a sumarizar o estudo feito conforme pode ser observado na Figura 9 e Figura 10. As figuras apresentam os principais elementos relacionados aos modelos de maturidade e de prontidao relacionados a adoo de tecnologias habilitadoras na indstria 4.0. Para futuros trabalhos pode-se considerar essa pesquisa para construir um modelo de priorizao abrangente, combinando estudos teoricos e empiricos, pesquisa com especialistas em comparao com estudos de casos e assim obter uma maior segurana e solidez nos estudos futuros.

**Palavras-chave:** Indstria 4.0, Manufatura Inteligente, Modelo de Maturidade, Modelo de Prontidao, Priorizao de Projeto



VIII SINGEP

Simposio Internacional de Gestao de Projetos, Inovacao e Sustentabilidade  
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability  
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



## *Elements Identification for Prioritizing Industry 4.0 Projects Based on Maturity and Readiness Models*

### **Study purpose**

The main objective of the article is to identify the main elements for prioritizing projects that organizations can assess from the stage of maturity and readiness to access technologies related to industry 4.0.

### **Relevance / originality**

This work provides, through the evaluation of maturity models and readiness models, the identification of the main elements for decision making in the prioritization of projects related to Industry 4.0.

### **Methodology / approach**

Systematic literature review, combining bibliometry with content analysis and network analysis with the aid of Vosviewer Software. The search in databases resulted in 10,037 documents, application of filters resulting in 283 documents related to the theme, and after analysis in 31 documents containing models of maturity and readiness for use in this article.

### **Main results**

From the content analysis of the existing works, a research gap was identified in the maturity models and readiness models available until 2019. The models do not present explicit reports regarding their suitability regarding the prioritization of projects in the implementation of the industry 4.0. Based on this survey, it is believed that current models still do not sufficiently address the identified gap and that more research is needed.

### **Theoretical / methodological contributions**

The models do not present explicit reports regarding their suitability regarding the prioritization of projects in the implementation of industry 4.0

### **Social / management contributions**

To present the results of the study, a table was created with all the studies analyzed in order to summarize the study done as can be seen in Figure 9 and Figure 10. The figures present the main elements related to the maturity and readiness models related to the adoption of enabling technologies in industry 4.0. For future work this research can be considered to build a comprehensive prioritization model, combining theoretical and empirical studies, research with specialists in comparison with case studies and thus obtain greater security and solidity in future studies.

**Keywords:** Industry 4.0, Smart Manufacturing, Model Maturity, Model Readiness, Project Prioritization



### 1. Introdução

Na atualidade as pequenas e médias empresas (PME) são consideradas verdadeira espinha dorsal e são responsáveis por movimentar grande parte das economias industriais, fazendo também parte do cenário denominada quarta revolução industrial, esse cenário apresenta relativos impactos nas PME de maneira crucial para a sobrevivência. Poucos estudos têm concentrado especificamente em apoiar o caminho de evolução desse grupo de empresas, no paradigma de mudar para “*Smart Manufacturing* (SM)” ou “Indústria 4.0” (Mittal et al, 2018).

As PME têm a necessidade de saber como detectar mercados de crescimento do futuro, muitas não sabem por onde começar, e de que forma gerar novas oportunidades de crescimento, ou não sabem como lidar com o paradigma face ao desafio para a indústria 4.0 em seus próprios negócios, e estão percebendo a real importância de integrar essa visão em seus negócios além de buscar compreender a adoção em suas culturas organizacionais (Ganzarain e Errasti, 2016).

Alguns estudos destacam que na Alemanha a implantação de estratégias de interação de design para introduzir a indústria 4.0 nas PME obteve como principais destaques a padronização, recursos humanos, recursos financeiros, e uma crença sobre a digitalização são restrições exclusivas para as PME (Mittal et al, 2018). Tais desafios precisam de indústrias que sejam capazes de gerir toda sua cadeia de valor de forma ágil e responsiva, que tenham estruturas físicas e virtuais que permitam a estreita cooperação e rápida adaptação em todo o ciclo de vida da inovação de produtos e serviços (Ganzarain e Errasti, 2016).

Estudos ainda relatam que as indústrias europeias estão enfrentando desafios econômicos substanciais devido ao ritmo de crescimento do desenvolvimento social e tecnológico, somando também a diminuição de disponibilidade de recursos naturais, custo da energia, o envelhecimento da população e seus funcionários, e a globalização dos mercados, somado ao cenário atual de maiores exigências por parte dos clientes para melhorar a inovação de produtos e serviços, aumentar a variedade de produtos e altos padrões de qualidade, além de serviços de apoio ao imediatismo de satisfação (Ganzarain e Errasti, 2016).

Dentre as definições encontradas a Indústria 4.0 é descrita como um conjunto de sete conceitos chave que são: as fábricas inteligentes, os sistemas ciber-físicos, a auto-organização, os novos sistemas de distribuição e aquisições, os novos sistemas de desenvolvimento de produtos e serviços, a adaptação às necessidades humanas e responsabilidade social corporativa (Ganzarain e Errasti, 2016).

Diversos autores apresentam estudos relacionados a aplicação e evolução dos conceitos da Indústria 4.0 dentro das indústrias, dentre estes estudos pode-se destacar os modelos de maturidade e de prontidão, tais termos são utilizados para estudo e compressão do grau de evolução e implementação dentro das empresas, apesar de existir semelhanças possuem definições diferentes (Mittal et al, 2018).

Os modelos de maturidade ajudam indivíduo ou entidade a atingir níveis mais sofisticados e relacionam pessoas, cultura, processos, estruturas, objetos e tecnologias em uma sequência de passo a passo, já os modelos de prontidão são considerados como ferramentas que avaliam determinado nível de preparação das condições, atitudes e recursos, em todos os níveis de um sistema que sejam necessários para alcançar um objetivo (Mittal et al, 2018).

Diante dos desafios enfrentados pelas empresas e da necessidade de uma maior compressão e suporte a tomada de decisão na gestão de projetos das micro e pequenas empresas o objetivo principal do artigo é identificar os elementos principais para priorização de projetos que as organizações possam avaliar a partir do estágio de maturidade e prontidão o acesso as tecnologias relacionadas a indústria 4.0. Para isso foi realizado um estudo sistêmico a respeito dos principais modelos de maturidade e de prontidão na busca de identificar os principais



elementos e características dos modelos de maturidade e de prontidão relacionados a adoção de tecnologias habilitadoras na indústria 4.0.

## 2. Metodologia

Esse artigo é caracterizado como teórico pela natureza do artigo e descritivo pelos objetivos, utilizando a bibliometria como base de estudo por possibilitar um agrupamento de métodos e técnicas de pesquisa, envolvendo análise quantitativa e estatística de dados, além da análise de conteúdo de forma a mapear e mensurar a produção, construção e disseminação do conhecimento (Araújo, 2006; Tasca et al, 2010). Para tal, foi realizada uma revisão sistemática da literatura (Alcantara e Martens, 2019), mesclando bibliometria com análise de conteúdos e análise de redes.

Para a análise de redes foi utilizado a *Software Vosviewer*, que trata de uma ferramenta para construção e visualização de redes bibliométricas a partir dos dados obtidos pelas bases de dados (Van Eck e Waltman, 2017).

O estudo trata de uma revisão da literatura sobre modelos de maturidade e prontidão da Indústria 4.0 e Manufatura inteligente incluindo termos como maturidade, prontidão, projetos, priorização. Para levantamento da literatura relevante foi pesquisado no banco de dados *Scopus* nos campos de título, resumo e palavras chave por meio de etapas, restringindo a pesquisa até ano de 2019.

Na primeira etapa foi utilizado os termos “*industr\* 4.0*” OR “*smartmanufactur\**” OR “*smartfactor\**” de maneira abranger todo conteúdo relacionado. Foram obtidos 10.302 documentos sem nenhuma restrição adicional. Com intuito de focar mais a pesquisa a segunda etapa incluiu os termos “*readiness*”, “*maturit\**”, “*projec\* prioritiz\**” e “*prioritiz\* projec\**”. A pesquisa final contemplou as seguintes palavras chave: “*industr\* 4.0*” OR “*smartmanufactur\**” OR “*smartfactor\**” AND “*readiness*” OR “*maturit\**” OR “*projec\* prioritiz\**” OR “*prioritiz\* projec\**” e foram encontrados 283 documentos potencialmente focados em modelos de maturidade e prontidão em indústria 4.0 e Manufatura inteligente relacionados a priorização de projetos. Esses documentos foram utilizados para as análises realizadas e os resultados estão apresentados posteriormente.

Após a análise de rede e análise de conteúdo realizado nos artigos foi possível observar que mesmo tratando-se de artigos relevantes, nem todos demonstraram correlação com o tema estudado. Assim após essa revisão crítica de rede e de conteúdo foram selecionados somente 31 artigos com a maior relevância para o objetivo do estudo conforme mostra a Figura 1.

Vale ressaltar que o número limitado de artigos mostra carência de pesquisas e que há necessidade de novas pesquisas sobre a identificação dos principais elementos e características dos modelos de maturidade e de prontidão relacionados a adoção de tecnologias habilitadoras na indústria 4.0.

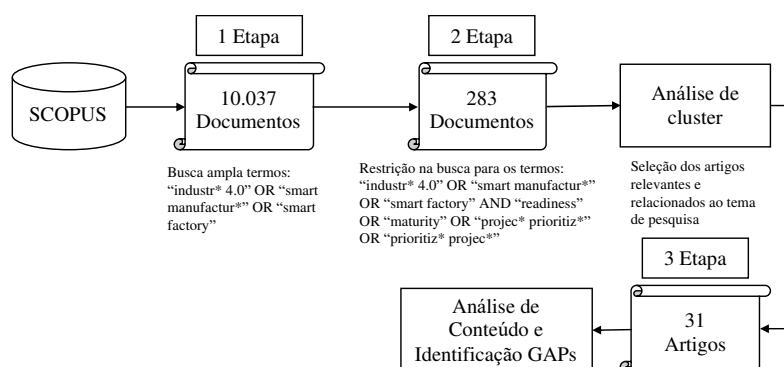


Figura 1 – Roteiro de análise dos artigos.



A revisão crítica proposta é essencial para identificar as principais fontes que lidam com a com modelos de maturidade e modelos de prontidão relacionados a Indústria 4.0 e Manufatura Inteligente. Os termos "*Smart Manufacturing*" e "*SmartFacturing*" são mais utilizados nos Estados Unidos em comparação com "Indústria 4.0" que vem sendo utilizado em um número maior de países. Dentre os documentos pesquisados comparativamente apresentam maior relevância aqueles relacionados à palavra-chave "Indústria 4.0".

Como contribuição, buscou-se formar um portfólio de artigos alinhados ao tema do estudo, cujos metadados foram analisados no Software *VosViewer* que possibilitou a análise bibliométrica gerando agrupamentos de artigos e pesquisadores, assim como a análise de rede dos dados (Van Eck e Waltman, 2017).

Os resultados obtidos nas análises ajudaram na seleção dos principais elementos mais relevantes de priorização em projetos de indústria 4.0 e no levantamento dos principais elementos e características relacionados aos modelos de maturidade e de prontidão. Essas informações possibilitaram, portanto, a evolução para futuros trabalhos relacionados a priorização de elementos de adoção de tecnologias habilitadoras nos projetos de Indústria 4.0, embasados nos modelos de maturidade e de prontidão.

### 3. Resultados

#### 3.1 Análise das publicações

As análises bibliométricas dos artigos possibilitou identificar os principais países que estão realizando estudos relacionados as palavras chaves. Foram selecionados os países com 5 ou mais publicações e ao avaliar esse aspecto pode se observar a predominância das publicações e autores na Alemanha conforme observado na Figura 2.

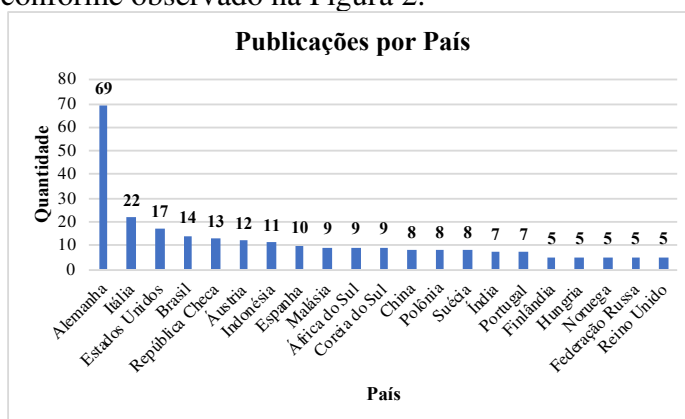


Figura 2 – Análise de Internacionalidade dos Artigos

Na sequência das análises na busca pela latência do tema frente a evolução dos anos foi avaliada a quantidade dos artigos ao longo dos anos, como apresentado na Figura 3. Observa-se um aumento crescente no número de publicações ao longo dos anos de 2008 a 2015 e que poucos artigos foram gerados sendo a maioria das publicações realizadas a partir de 2016, apresentando um aumentando significativo até o ano de 2019.

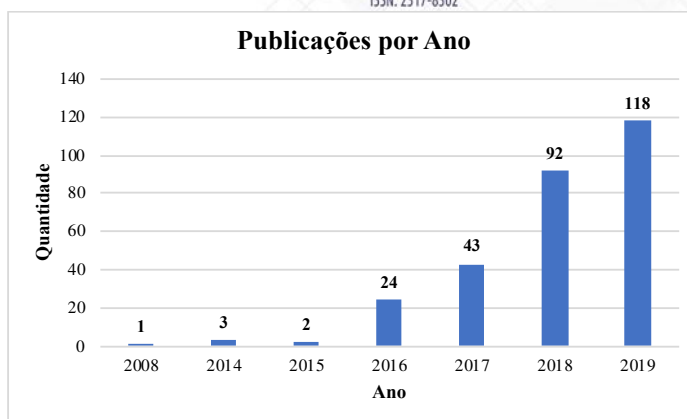


Figura 3 – Quantidade de Artigos por Ano de Publicação

Após as análises anteriores, foi realizada uma análise sobre a afiliação dos autores. Essa análise indica em que universidades os primeiros autores publicaram, definido o filtro de 5 documentos publicados, como mostra a Figura 4. Os dois principais grupos de destaque são a Universidade Técnica de Aachen, na Alemanha e Politécnica de Milão na Itália.

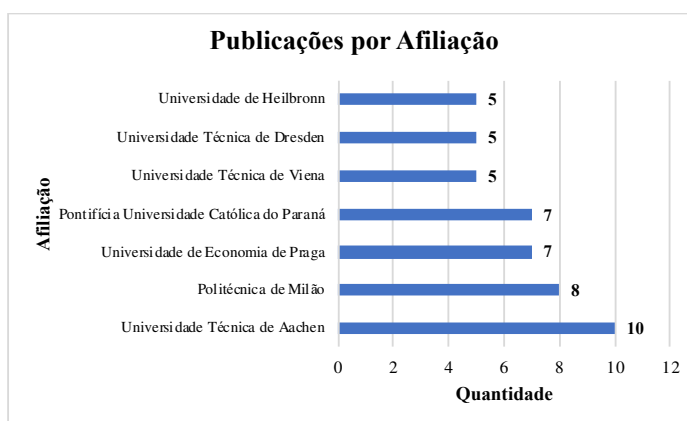


Figura 4 – Afiliação dos Primeiros Autores.

Uma vez identificadas as afiliações dos autores, foi realizada a pesquisa de identificação da contribuição dos autores. Nessa análise buscou-se identificar a contribuição do primeiro autor de cada artigo demonstrando o agrupamento dos autores que tiveram 3 ou mais publicações, ao qual, pode ser observado na Figura 5.

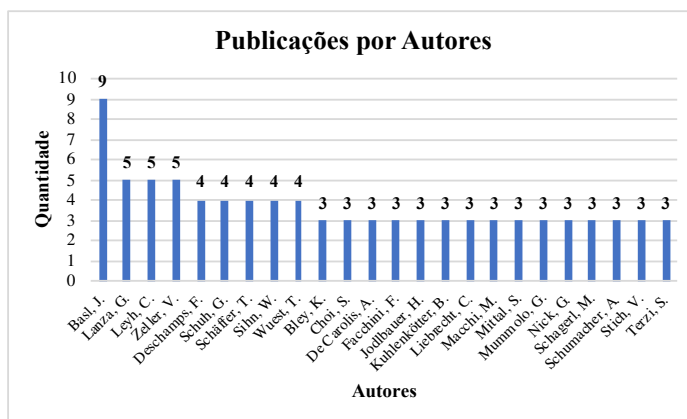


Figura 5 – Principais Autores e Quantidade de Publicações.



### 3.2 Análise de redes e clusters

Para realização da análise dos clusters foi considerado no primeiro momento o agrupamento com no mínimo 20 citações por autor, no entanto, no resultado ocorreu uma grande dispersão dos artigos e pouca conexão da rede avaliada, mesmo assim foi possível observar um grupo de autores diretamente relacionados a Modelos de Maturidade e Prontidão centralizado e destacado na cor vermelha conforme demonstrado na Figura 6.



Figura 6 – Mapa de Rede de Autores critérios abrangentes.

Após a verificação do agrupamento de autores diretamente relacionados a Modelos de Maturidade e Prontidão foi aplicado novos parâmetros de agrupamento, definidos como no mínimo de 3 artigos por autores e 10 citações por autor. Esses parâmetros possibilitaram uma melhor visualização dos clusters mostrados na Figura 7. No qual, os principais autores e mais relevantes foram destacados pelas áreas destacadas na cor vermelha, e também as conexões por meio das linhas que interligam toda a rede.

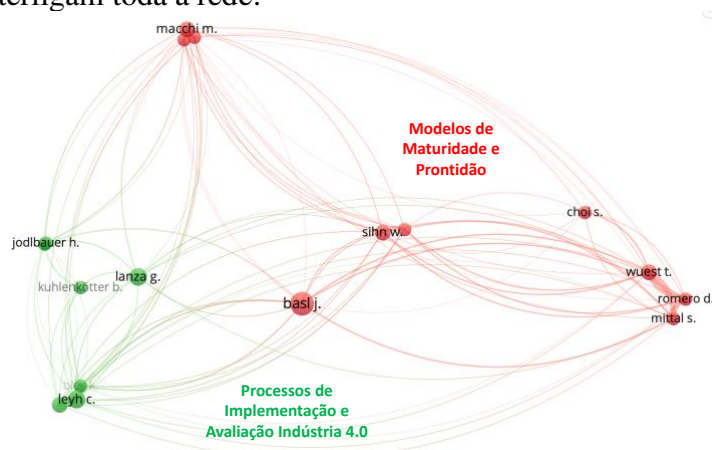


Figura 7 – Mapa de Rede de Autores com critérios restritos.

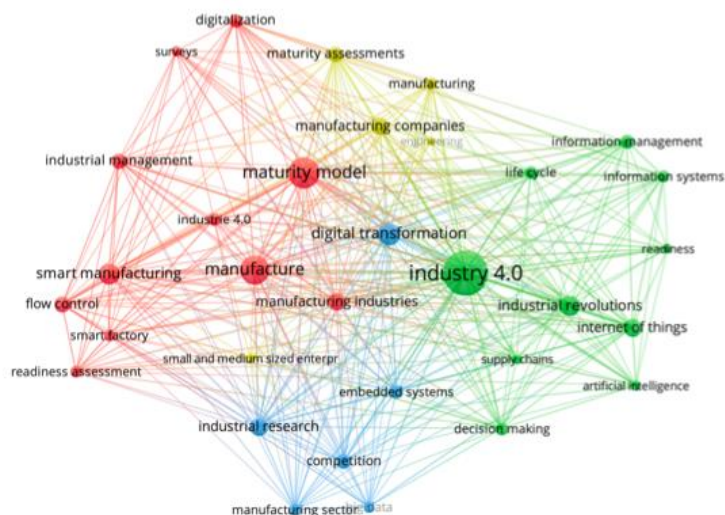
Ainda na observação e análise da Figura 7 destacam-se 3 agrupamentos, onde cada um a partir dos autores principais podem ser classificados pelas linhas de pesquisas relacionadas. Onde o Cluster 1 trata dos Modelos de Maturidade e Prontidão, o Cluster 2 Processos de Implementação e Avaliação Indústria 4.0. Esses dois agrupamentos somados contemplam 12





artigos, os quais foram avaliados detalhadamente e o levantamento dos principais elementos e características dos Modelos de Maturidade e Prontidão que estavam disponíveis nesses artigos.

O número de citação de uma palavra nos artigos permite uma primeira leitura dos temas em uma área (Thomé et al., 2016). Entre as 1.570 palavras citadas nos 283 artigos, 32 palavras foram citadas mais de 10 vezes, conforme apresentado na Figura 8. A visualização da rede, quanto maior o círculo, maior o peso desse item, dentre quais destacam termos como Indústria 4.0 e Modelos de Maturidades.



**Figura 8** – Mapa de Rede de Palavras Chaves.

### 3.3 Análise de conteúdo

Esta seção apresenta uma discussão crítica dos modelos de maturidade e prontidão identificados e verifica a adequação de cada modelo aos requisitos da priorização na implantação da Indústria 4.0. Como mencionado anteriormente, a pesquisa bibliográfica abrangente neste estudo identificou os artigos mais relevantes, que foram discutidos na forma de uma revisão crítica. Cada uma das subseções a seguir enfoca um artigo individual e resume as características e elementos com a maior relação ao escopo do presente trabalho, ou seja, relacionados a priorização na implantação da indústria 4.0. Vale destacar que os roteiros disponíveis para a Indústria 4.0 não são claros e a jornada para iniciativas industriais (como a Indústria 4.0) é um compromisso de longo prazo (Qin, Liu e Grosvenor, 2016).

Nessa linha deve-se notar que, devido à diferente complexidade dos artigos analisados, sua descrição nas subseções a seguir pode variar, a fim de capturar todos os detalhes relevantes de cada artigo e respectivos modelos. Após discutir os modelos individualmente, é apresentado um resumo dos modelos de maturidade.

O grupo de Modelos de Maturidade contém os autores que propuseram modelos de maturidade para implementação da indústria 4.0. Modelos de Maturidade são modelos que ajudam um indivíduo ou entidade a alcançar um nível de maturidade mais sofisticado (ou seja, capacidade) nas pessoas, cultura, processos, estruturas, e/ou objetos, tecnologias, seguindo um processo passo a passo de melhoria contínua (Mettler, 2011).

Para Rockwell Automation (2014) a tecnologia e a conexão são fatores essenciais na evolução da maturidade das empresas. Destaca em seu modelo quatro dimensões de tecnologia em prol de ajudar a alavancagem das indústrias como (1) a Infra estrutura de informação, (2) Controles e dispositivos, (3) Redes facilitadoras, (4) as Políticas de segurança. Adicionado um plano de ação de cinco estágios: (1) Avaliação das saídas da tecnologia de informação; (2) Rede



e controles seguros e atualizados, (3) Definição de capital de dados organizados; (4) Análises em tempo real; e (5) a Colaboração entre empresas da cadeia.

Segundo Anderl et al (2015) a maturidade está relacionada a presença de diretrizes no modelo de negócio da organização, ao qual, diferem por fases como: (1) Preparação da base de conhecimento; (2) Análise das competência e projetos internos; (3) Ideias criativas e modelos de negócios; (4) Avaliação; (5) Aplicação prática. Juntamente com essas diretrizes um modelo de passos para visão da empresa de Indústria 4.0.

Já segundo Weyer et al (2015) tem uma consideração de soluções mais abertas e padronizadas como fatores essenciais na obtenção de sucesso de adoção a Indústria 4.0, dentre essas soluções contemplam uma produção inter operável altamente modular e de como os fatores críticos podem reorganizar a diversidade de soluções, a maturidade da empresa está diretamente relacionada ao menor envolvimento humano e a maior digitalização dos processos e sistemas. Caracterizado pelos cinco estágios de maturidade a saber: (1) Linha de produção e processo inteligentes; (2) Conecta e produz, (3) Infraestrutura inteligente; (4) Solução a trabalhos manuais; (5) Arquiteturas de controles; e (6) Integração vertical de sistemas, nesse último a integração com a cadeia de valor.

Na mesma linha de trabalho e tendo como foco principal as estratégia de digitalização, Geissbauer (2016) relata que essa estratégia é chave para as capacidades da Indústria 4.0, relata em seu modelo dimensões relacionadas os modelos de negócios digitais, a própria digitalização de oferta de produtos e serviços, a digitalização e a integração da cadeia de valor vertical e horizontal, os dados e as análises relacionadas, a arquitetura de TI ágil, a segurança de conformidade e também a Organização e a Cultura digital, essas dimensão são avaliadas em quatro níveis de maturidade: (1) Novato digital, (2) Integrador vertical; (3) Colaborador horizontal e (4) Campeão digital.

Leyh et al (2016) apresentam SIMMI 4.0 como um modelo dividido em cinco etapas nos quais as atividades essenciais de cada fase precisam ser cumpridas para que seja capaz de alcançar uma nova fase, dentre as dimensão avaliadas estão a integração vertical e horizontal, o desenvolvimento de produtos digitais, e os critérios tecnológicos transversais, avaliados pelos níveis da fase 1 de digitalização básica, fase 2 digitalização interdepartamental, fase 3 digitalização horizontal e vertical, fase 4 digitalização completa, e por fim a fase 5 a otimização da digitalização completa.

Em seu *Framework* os autores Qin et al (2016) partem da necessidade de reconhecer como pontos principais as dimensões da fábrica, negócio, processos e clientes e consideram os cinco níveis de maturidades para integração das novas capacidades de produção sendo: (1) Células automatizadas, (2) Sistema automatizado, (3) Sistema flexível de fabricação, (4) Sistema integrado de fabricação, e (5) Sistemas de fabricação reconfiguráveis, de acordo com os autores as empresas podem criar blocos de construção para alcançar sistemas cada vez mais integrados, pode meio de melhores práticas e agrupados a construir um sistema coerente e inteligente, dessa forma progredir nos três níveis de maturidades diferentes os recursos de automação refletidos nas máquinas, os níveis de processos, e a capacidade de inteligência nos níveis de controle.

Schumacher et al (2016) aplica uma abordagem mais completa com uso do próprio modelo de maturidade para avaliação e calculo do nível de prontidão da empresa em adotar a Indústria 4.0 suas tecnologias e as práticas de automação digital e inteligentes, dentre os diferentes aspectos qualitativos e quantitativos tem como base nove dimensões críticas a estratégia, liderança, clientes, produtos, operações, a cultura, pessoas, governança, tecnologia. E a avaliação ocorre de maneira genérica, porém em cinco níveis de forma que o nível 1 a falta dos atributos necessários e o nível 5 a completa presença desses atributos.



A partir de oficinas, os autores De Carolis et al (2017) apresentaram que a maturidade da tecnologia estão diretamente relacionada a conectividade da informação, os processos, a capacidade da organização e das pessoas, e apresenta esses fatores como sendo os pilares da manufatura inteligente, e esses fatores podem ser avaliados a partir de cinco níveis de maturidade o (1) Inicial, (2) Gerenciado, (3) Definido, (4) Integrado e Interoperável e (5) Orientado digitalmente.

Gökalp et al (2017) adotaram um processo de melhoria de software para avaliação e determinação de capacidade na abordagem de elaborar um modelo de maturidade da indústria 4.0 considerando cinco dimensões chave: a gestão de ativos relacionados a tecnologia de informação, a governança dos dados para análise e tomadas de decisões, a aplicação na gestão e interfaces dos fluxos de informações, a formação de processos, e o alinhamento organizacional.

Segundo Kannan et al (2017) ao analisar as lacunas dos padrões industriais frente as possibilidades de automação rumo a jornada da indústria 4.0 os autores abordam os requisitos base para um modelo integrado subdividido em três fases: a primeira, a seleção de fornecedores que tenham capacidade de oferecer as tecnologias necessárias, segunda fase, os requisitos para modelagem do sistema, e por fim a terceira fase, a análise e identificação dos gaps e/ou lacunas entre os serviços fornecidos e os requisitos da indústria.

Segundo Lee et al (2017) o uso de ferramenta de análise de rede explica que a maturidade das empresas relacionada a indústria 4.0 se dá pela evolução nas aplicações das tecnologias ao longo da cadeia de valor partindo das três dimensões que consideram mais relevantes: a centralização em instalações e infra estrutura da tecnologia, a centralização em compras e estoques, e ao grupo completo. E partindo para a escala de maturidade em 5 níveis: (1) Verificação, (2) Monitoramento, (3) Controle, (4) Otimização, e (5) Autonomia.

A proposta de Schuh et al (2017) tem como consideração importante que a digitalização é um facilitador para a Indústria 4.0 em sua avaliação do índice de maturidade e na sua metodologia com seis níveis de desenvolvimento: (1) a informatização, (2) a conectividade, (3) Visibilidade, (4) a transparência, (5) previsibilidade, e (6) adaptabilidade. Esses níveis avaliam quatro áreas chave e duas subdimensões em cada estágio de maturidade, as áreas são: os meios, sistemas de informação, a estrutura da organização, e a cultura organizacional, e as duas subdimensões são: a presença de várias tecnologias de ponta, e a cultura adaptável na organização.

Akdil et al (2018) tem como destaque três grandes dimensões: o produto e serviços inteligentes, os processos de negócios inteligentes, e as estratégias da organização, a partir dessas dimensões o modelo proposto estabelece quatro níveis de maturidade partindo do nível zero representando a ausência de atendimento a requisitos da Indústria 4.0, primeiro nível a existência já estão presentes e integrados a automação, coleta de dados, tecnologias digitais, a interoperabilidade entre outros, segundo nível de sobrevivência quando a utilização da empresa integrada, o compartilhamento de dados, a interoperabilidade, etc., estão em nível médio, o terceiro nível e último nível de maturidade essas mesmas características já estão em nível alto de utilização,

Segundo Asdecker e Felch (2018), os atuais modelos de maturidade da Indústria 4.0 se concentram principalmente nos processos de fabricação e indica o gap de pesquisa com relação à logística, ao consolidar ideias de outros modelos a proposta apresentada consideram cinco nível de estágios possíveis e faz uso de métodos quantitativos para análise da maturidade, relacionado ao nível e dimensão das tecnologias na indústria, partindo do nível 0 não implementado, nível 1 parcialmente implementado, nível 2 a maioria implementada e nível 3 totalmente implementado, salientando ainda as dimensões analisadas contempla características como: Compreensibilidade, Abrangência, Relevância, Consistência, Estrutura Sistemática,



Detalhamento, Confiabilidade e a Aplicabilidade, esses conjunto de níveis e características posta em uma escada de *score* possibilitaria a avaliação da maturidade da empresa comparativamente a outras empresas.

No grupo identificado como os modelos de Prontidão, aos quais contém os autores que propuseram modelos de prontidão para implementação da indústria 4.0. Estes autores explicam a importância do índice de prontidão na implementação da indústria 4.0 e sua aplicação. As avaliações de prontidão são ferramentas de avaliação para analisar e determinar o nível de preparação das condições, atitudes e recursos, em todos os níveis de um sistema, necessário para alcançar seu objetivo (Bibby e Dehe, 2018).

Bibby e Dehe (2018) sugerem um modelo de avaliação desenvolvido para medir o nível de implementação das tecnologias da Indústria 4.0, em torno de três dimensões: 'Fábrica do Futuro', 'Pessoas e Cultura' e 'Estratégia', juntamente a avaliação de maturidade se dar por 4 níveis com scores definidos para cada nível, no nível 1 quando mínimo está aplicado, nível 2 desenvolvido, nível 3 definido e nível 4 Excelente.

De forma simplificada Botha (2018) propõem um modelo de avaliação de prontidão para Indústria 4.0, concentrando-se principalmente nas estratégias de digitalização como a chave para recursos do setor 4.0, no modelo proposto as dimensões críticas avaliadas são relacionadas as tecnologias predominantes, o comportamentos dos ambientes externo e interno, e os impactos relacionados aos eventos econômicos e sociais, o modelos avaliar tais dimensões nos três níveis propostos, nível 1 despreparado, nível 2 em andamento, e nível 3 pronto.

Em uma abordagem diferente do tema, Colli et al, (2018) fornece de maneira ilustrativa uma nova abordagem de avaliação de maturidade digital denominada de *360 Digital Maturity Assessment* que tem como base o modelo de aprendizagem baseado em problemas (PBL), nesse modelos dimensões destacadas são: a Governança, Tecnologia, Conectividade, Criação de valor e as competências, avaliadas a partir dos seis níveis propostos no modelo sendo: (1) Nenhum, (2) Básico, (3) Transparente, (4) Consciente, (5) Autônomo, e (6) Integrado.

Publicações de Deloitte (2018) apresentam estudos realizados em diferentes empresas e países relacionados ao nível de maturidade avaliado e leva em considerações as seguintes dimensões: Cliente, Estratégia, Tecnologia, Operações, Organização e Cultura. Entretanto, não existe clareza nos níveis aplicados para comparar os níveis de maturidade.

Neste contexto Ganzarain e Errasti (2018) afirmam que as pequenas e médias empresas carecem dos pré-requisitos básicos, como conscientização, conhecimento, processos formalizados, técnicas e ferramentas necessárias para a adoção de uma diversificação estratégica, a abordagem dos autores considera a diversificação das estratégias organizacionais como principal ativador da Indústria 4.0, em seu modelo de três estágios na fase 1 a empresa desenvolve uma visão específica a respeito da Indústria 4.0, na segunda fase a visão é informada, ou seja, percorre a rede, os processos, os produtos e dimensões de mercado, e por fim a terceira fase os projetos de Indústria 4.0 são incorporados na formação de políticas e gestão de riscos, treinamentos de funcionários e a formação de parcerias chaves, por tanto, a empresa tem um caminho a ser percorrido.

Em contrapartida Jung (2018) que assume a presença de dispositivos digitais integrando cadeias de suprimentos exigirão uma atualização em tempo real do produto com os colaboradores, o que pode não ser possível para as pequenas e médias empresas implementar devido às restrições financeiras, considera uma nova abordagem do sistema de manufatura dentre quatro dimensões: a maturidade organizacional, a maturidade da tecnologia e da informação, a maturidade de gerenciamento, e por fim a maturidade de conectividade de informações.

Tratando do mesmo aspecto de digitalização, mas de forma mais abrangente, Lichtblau et al (2018) considera a integração horizontal com clientes e fornecedores externos como parte



da base técnica que suporta pequenas e médias empresas. Seis dimensões são consideradas por Lichtblau et al (2018) para um ambiente da indústria 4.0 incluindo, digitalização, produtos inteligentes, conscientização e treinamento dos funcionários, estratégias, organização adequadas e cultura alinhada com a Indústria 4.0.

Enquanto isso Lu e Weng (2018) trazem uma abordagem mais clássica, um roteiro de tecnologias baseada na revisão de literatura e pesquisa com especialistas além de propor e demonstrar a correlação entre as tecnologias dominantes para manufatura inteligente e maturidade do mercado. Dentre as tecnologias apresentadas estão: sensores de precisão, sensores de ambiente e biométricos, monitoramento online de precisão, tecnologia de identificação e medição, integração de rede heterogênea, plataforma de desenvolvimento de integração internet das coisas (IoT), integração de máquina-ferramentas, equipamentos ou componentes com dispositivos sensores, integração de dispositivos de ambiente e sensores, serviços de aplicativos baseados em sistemas ciber físicos (CPS), análise de Big Data, Sistema de integração de espaço de campo e IoT, plataforma de serviço de informações interativas de produtos, plataforma de integração para tomada de decisão e gerenciamento de risco, previsão em tempo real e módulo de sistema flexível, monitoramento e identificação e aviso, inteligência de manufatura preditiva, tecnologia de modelagem de previsão de vendas e produção, otimização do cronograma de produção.

Já uma outra dimensão é explorada por Maasz e Darwish (2018) sobre os níveis de maturidade da indústria 4.0, ao qual, tem como objetivo medir o nível de maturidade da fábrica e o conhecimento sobre a Indústria 4.0, essas dimensões principais são a estratégia da organização, a fábrica inteligente, as operações inteligentes, os produtos inteligentes, os serviços de dados, e os fornecedores, na abordagem dos autores a maturidade da Indústria 4.0 pode ser avaliada a partir de 5 níveis são eles: nível 1 estranhos; nível 2 iniciantes, nível 3 experientes, nível 4 especialistas, e nível 5 desempenho superior.

Scremin et al (2018) em sua estrutura de adoção de modelo de maturidade reconhece um número significativo de trinta itens relacionados a maturidade divididos em três eixos a estratégia, a maturidade e o desempenho, e para avaliação utiliza-se de oito indicadores quantitativos de maturação, ainda apresenta uma série de exigências para cada um dos cinco estágios avaliados no nível 0 a Indústria 4.0 não é parte da estratégia de negócios, no nível 1 a Indústria 4.0 é parte da estratégia de negócios, já no nível 2 a Indústria 4.0 é parte da estratégia de negócio mas não existe plano de ações, e o nível 3 a Indústria 4.0 é parte da estratégia de negócio somente com planos de curto prazo e longo prazo não são claros, e por fim o nível 4 a Indústria 4.0 é parte da estratégia de negócios e planos de curto e longo prazos são definidos.

Turkyilmaze Cebeci (2018) realizou um estudo de caso de níveis de maturidade da indústria 4.0 de fornecedores no setor de fabricação de produtos de linha branca. De acordo com os autores, um dos objetivos foi medir o nível de maturidade da fábrica e o conhecimento sobre a Indústria 4.0.

Westermann e Dumitrescu (2018) apresenta um modelo com foco principal relacionado a tecnologia de informação e comunicação, com aplicação prática de três etapas: dimensões de Integração vertical, integração horizontal, a conectividade, a comunicação em rede e a segurança. O modelo apresenta cinco níveis de avaliação da maturidade iniciando pelo primeiro nível de monitoramento, segundo nível de comunicação e análise, terceiro nível de interpretação e serviços, quarto nível de adaptação e otimização, e no quinto nível, pela cooperação na cadeia de valor.

O mesmo tema é tratado de forma diferente e em conjunto com modelos de maturidade, Basl e Doucek (2019) analisa os índices de prontidão disponíveis e os modelos de maturidade aplicados às Indústria 4.0, principalmente nos países da Europa. Com base nisso, os índices disponíveis e os modelos de maturidade são organizados nas camadas individuais de um meta



modelo. Identifica-se também que os autores Basl e Doucek (2019) apontam lacunas de locais ainda não descobertos para o desenvolvimento de modelos de maturidade existentes, bem como espaço para pesquisas mais detalhadas sobre a aplicação da Indústria 4.0 na teoria e na prática, são identificados como gaps de pesquisa neste artigo.

Castelo-Branco, Cruz Jesus e Oliveira (2019) propõe de forma semelhante um estudo com a presença de fatores que caracterizam a indústria 4.0 tendo como base as fábricas da União Europeia, a análise também apresenta que existe uma infraestrutura digital combinada com as capacidades analíticas com a capacidade para lidar com grandes volumes de dados demonstrando a prontidão para indústria 4.0 em cada país da União Europeia.

Os temas abordados por Castelo-Branco, Cruz Jesus e Oliveira (2019), para análise contemplou; interconectividade representada pela conexão móveis à internet, velocidade; a interoperabilidade representada pela *software* ERP compartilhar informações, empresas cujos processos de negócios são automaticamente ligados a seus fornecedores e clientes; a virtualização quando a alta compra de serviços representado por *software* CRM e a análise de dados por qualquer fonte; e a transparência com a presença grande volume de sensores inteligentes na indústria, transmitindo dados de geolocalização e de dispositivos portáteis.

A partir da análise de conteúdo dos trabalhos existentes identificou-se uma lacuna de pesquisa nos modelos de maturidade e modelos de prontidão disponíveis até ano de 2019. Os modelos não apresentam relatos explícitos quanto a sua adequação no que tange a priorização de projetos na implantação da indústria 4.0. Com base nesse levantamento, acredita-se que os modelos atuais ainda não atendem suficientemente à lacuna identificada e que há necessidade de mais pesquisas.

Para apresentar o resultado do estudo foi elaborado um quadro com todos os trabalhos analisados de maneira a sumarizar o estudo feito conforme pode ser observado na Figura 9 e Figura 10.

As figuras apresentam os principais elementos relacionados aos modelos de maturidade e de prontidão relacionados a adoção de tecnologias habilitadoras na indústria 4.0.

Para futuros trabalhos pode-se considerar essa pesquisa para construir um modelo de priorização abrangente, combinando estudos teóricos e empíricos, pesquisa com especialistas em comparação com estudos de casos e assim obter uma maior segurança e solidez nos estudos futuros.



# VIII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade  
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability  
ISSN: 2317-8302

## 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



Título	Referência	Dimensões avaliadas	Níveis de Maturidade	Análise crítica
Maturity assessment models: a design science research approach	(Metter, 2011)	Objetos e Tecnologia; Pessoas e Cultura; Processos e Estruturas	1. Escolha um modelo; 2. Prepare a implantação; 3. Aplicar o modelo; 4. Tomar ações corretivas	A principal contribuição apresentada no modelo se dá pelo processo decisório na escolha das tecnologias a serem adotadas, seguindo critérios e diversas características.
Connected Enterprise Maturity Model	(Rockwell Automation, 2014)	Infraestrutura de informações; Controle e dispositivos; Redes; Políticas de segurança	1. Avaliação rede TI; 2. Controles seguros e atualizados; 3. Definiu e organizou o capital de dados; 4. Análises; 5. Colaboração	Nessa proposta os autores destacam que o ponto principal do relacionamento e troc de informações em uma cadeia digital é a formalização e segurança dos dados.
Guideline industrie 4.0 - Guiding principles for the implementation of industrie 4.0 in small and medium sized businesse	(Anderl et al, 2015)	Comprometimento dos envolvidos; Equipes interdisciplinares; Facilitadores e ferramentas; Tecnologias de Produto; Tecnologias de Processos	1. Preparação; 2. Análise; 3. Criatividade; 4. Avaliação; 5. implementação	Concentra na abordagem específicas da indústria 4.0 com instruções nos estágios propostos por meio passo a passo.
Towards Industry 4.0-standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems	(Weyer et al, 2015)	Produto; Processo; Integração da cadeia de valor	1. Linha de produção e processo inteligentes; 2. Conecta e produz; 3. Infraestrutura inteligente; 4. Solução a trabalhos manuais; 5. Arquiteturas de controles; 6. Integração vertical de sistemas	Os fatores críticos identificados pelos autores relaciona os sistemas de produção altamente modulares e interoperável por fornecedores críticos.
Industry 4.0: building the digital enterprise	(Geissbauer et al, 2016)	Modelos de negócios digitais; Digitalização de oferta de produtos e serviços; Digitalização e integração da cadeia vertical e horizontal; Dados e análise de dados; Arquitetura de TI ágil; Segurança de conformidade; Organização e Cultura digital	1. Novato digital; 2. Integrador vertical; 3. Colaborador horizontal; 4. Campeão digital	O modelo além de avaliar as dimensões apresentadas dentre os nível propostos também apresenta etapas principais para o sucesso digital relacionando a estratégia projetos, recursos de maneira contínua. Além de uma cadeia integrada digitalmente.
SIMMI 4.0 - A Maturity Model for Classifying the Enterprise-wide IT and Software Landscape Focusing on Industry 4.0	(Leyh et al, 2016)	Integração Vertical; Integração Horizontal; Desenvolvimento de um produto digital; Critérios de tecnologia transferral	1. Nível básico de digitalização; 2. Digitalização interdepartamental; 3. Digitalização horizontal e vertical; 4. Digitalização completa; 5. Digitalização completa otimizada	Apresenta seu principal foco principal nos panoramas relacionados a tecnologia da informação. Também apresenta as atividades gerais que permitem transições de níveis.
Framework	(Qin et al, 2016)	Fábrica; Negócio; Processos; Clientes	1. Células automatizadas; 2. Sistemas automatizados; 3. Sistema flexível de fabricação; 4. Sistema integrado de fabricação; 5. Sistema de fabricação reconfigurável	Por meio de identificação das laculas para evolução da empresa, os autores propõe a correção pelo uso das tecnologias da indústria 4.0 através de práticas de automação inteligência digital.
A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises	(Schumacher et al, 2016)	Estratégia; Liderança; Clientes; Produtos; Operações; Cultura; Pessoas; Governança; Tecnologia	Níveis de 1 a 5 de maneira genérica onde no primeiro nível 1 a total falta dos atributos necessários e o nível 5 contempla o estado da arte relacionado aos atributos requeridos.	São apresentadas diversas sugestões de itens a serem avaliados em cada nível da metodologia e em cada dimensão de análise, além de demonstra ser uma metodologia flexível por manter essas questões de sugestões como ponto de partida para as análises, podendo o avaliador incluir novas características.
A maturity model for assessing the digital readiness of manufacturing companies	(De Carolis et al., 2017)	Processos; Controle e Monitoramento; Tecnologia; Organização	1. Inicial; 2. Gerenciado; 3. Definido; 4. Integrado e Interoperável; 5. Orientado Digitalmente	Apresenta um bom nível de detalhamento a respeito de como são avaliados as 4 dimensões propostas, apesar de não apresentar detalhamento sobre as etapas de aplicação. No que tratando das dimensões cada uma delas tem sua avaliação em 4 processos diferentes seguidos de 18 sub-processos.
Development of an assessment model for industry 4.0: industry 4.0-MM	(Gökalp et al, 2017)	Administração de ativos; Gestão de aplicação; Controle de dados; Transformação do processo; Alinhamento organizacional	1. Incompleto; 2. Realizada; 3. Gerenciado; 4. Estabelecido; 5. Previsível; 6. Otimizado	Os autores buscam por meio do processo de melhoria e determinação de capacidade elaborar um modelo de maturidade considerando cinco dimensões e avaliando com base nos níveis de evolução.
Model-based Requirement Engineering (Gap Analysis)	(Kannan et al, 2017)	Tecnologias disponíveis; Parcerias com base de fornecedores; Identificação de lacunas com base engenharia de requisitos	1. Seleção de fornecedores; 2. Modelagem de requisitos; 3. Análise de lacunas	O modelo apresenta uma abordagem com uso da engenharia de requisitos para a evolução e compressão da maturidade das empresas.
A smartness assessment framework for smart factories using analytic network process	(Lee et al, 2017)	Centralizada em instalações; Centralizada em compra e estoques; Grupos completos	1. Verificação; 2. Monitoramento; 3. Controle; 4. Otimização; 5. Autonomia	Demonstra uma estrutura de avaliação inteligente para as indústrias usando um processo de avaliação analítica com análise de decisões baseadas em multicritérios.
Acatech Industrie 4.0 Maturity Index	(Schuh et al., 2017)	Recursos; Sistemas de informação; Estrutura Organizacional; Cultura	1. Informatização; 2. Conectividade; 3. Visibilidade; 4. Transparência; 5. Capacidade Preditiva; 6. Adaptabilidade	As dimensões estudadas pelo autor contém ainda 27 subdivisões de capacidades mensuráveis, possível de avaliar cada área dentro da empresa, além de tratar-se de uma metodologia bem completa nas dimensões e níveis de detalhes.
Maturity and Readiness Model for Industry 4.0 Strategy	(Akdil et al, 2018)	Prontos e serviços inteligentes; Processos de negócios inteligentes; Estratégia e organização	0. Ausência; 1. Existência; 2. Sobreviveram; 3. Maturidade	Um modelo tridimensional que abrange os produtos, processos e as estratégias organizacionais.
Development of an Industry 4.0 maturity model for the delivery process in supply chains	(Asdecker e Felch (2018).	Compreensibilidade; Abrangência; Relevância; Consistência; Estrutura Sistemática; Detalhamento; Confiabilidade; Aplicabilidade	0. Não implementado; 1. Parcialmente implementado; 2. Maioria implementado; 3. Totalmente implementado	O destaque ao modelo é o agrupamento de modelos existentes e consolidação dos níveis e dimensões para avaliação de maneira quantitativa a maturidade da empresa.

Figura 9 – Demonstração principais elementos relacionados aos modelos de maturidade e de prontidão avaliados – Parte 1.



VIII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade  
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability  
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



Titulo	Referência	Dimensões avaliadas	Níveis de Maturidade	Análise crítica
Defining and assessing industry 4.0 maturity levels – case of the defence sector	(Bibby; Dehe (2018)	Fábrica do futuro tecnológica; Pessoas e Cultura; Estratégias	1. Mínimo; 2. Desenvolvido; 3. Definido; 4. Excelente	A metodologia estabelece dentro as dimensões em análise 4 níveis de avaliação e para cada nível foi estabelecido um score para pontuação na análise de maturidade.
Rapidly Arriving Futures Readiness for Industry 4.0	(Botha, 2018)	Tecnologias; Comportamento externo; Comportamento interno; Eventos econômicos e sociais	1. Despreparado; 2. Andamento; 3. Pronto	O modelo apresenta uma avaliação da prontidão e maturidade por meio da interpretação quanto as dimensões em três níveis simplificados.
Contextualizing the outcome of a maturity assessment for Industry 4.0	(Colli et al, 2018)	Governança; Tecnologia; Conectividade; Criação de valor Competencias	1. Nenhum; 2. Básico; 3. Transparente; 4. Consciente; 5. Autônomo; 6. Integrado	Demonstra de maneira ilustrativa por gráfico a evolução da maturidade dentro os níveis propostos a partir da abordagem 360 <i>digital maturity assessmen</i> .
Deloitte Digital Maturity Model	(Deloitte, 2018)	Cliente; Estratégia; Tecnologia; Operações; Organização e Cultura	Não apresenta em detalhes as escalas utilizadas para avaliação dos níveis relacionados a metodologia.	Por trata-se de uma demonstração de maneira genérica essa metodologia não possibilita uma melhor análise, devido a associação da metodologia aos serviços prestados pela empresa. No entanto, uma análise superficial observa-se tratar de um metodologia bem detalhada.
Three stage maturity model in SME's toward industry 4.0	(Ganzarain e Errasti, 2018)	Maturidade da Visão; O negócio; As ações	1. Inicial; 2. Gerenciado; 3. Definido; 4. Tranformado; 5. Detalhado	O modelo descreve um caminho a ser percorrido para a digitalização das empresas. A partir de três dimensões relacionadas ao Mercado, Produto, Processo e Rede de Val
An overview of a smart manufacturing system readiness assessment	(Jung et al, 2018)	Organização; Tecnologias de informação; Tecnologia de conectividade	1. Maturidade Organizacional; 2. Maturidade da tecnologia de informação; 3. Desempenho e maturidade de gerenciamento; 4. Maturidade de conectividade de informação	A proposta de uma nova abordagem do sistema de manufatura inteligente, dentre a quatro dimensões.
Impuls Industrie 4.0 Readiness	(Lichtblau et al., 2018)	Funcionários Empregados; Estratégia e Organização; Fábrica Inteligente; Operações Inteligentes; Serviços Baseados em Dados	0. Outsider; 1. Iniciante; 2. Intermediário; 3. Experiente; 4. Expert; 5. Top Performer	Uma metodologia dividida em 6 dimensões acrescidas de 18 sub-dimensões de análises, demonstrando ser uma metodologia bem detalhada e apoiada pelos resultados obtidos em estudos de casos aplicados.
Smart manufacturing technology, market maturity analysis and technology roadmap in the computer and electronic product manufacturing industry	(Lu; Weng, 2018)	Mercado; Produto; Tecnologia	Nível de maturidade mensurada em anos pelos autores.	A análise realizada pelos autores propoe que o modelos de maturidades relacionados a tecnologia tem forte correlação com a maturidade do mercado, assim o modelo propoe a partir da evolução em anos da maturidade do mercado relacionado a maturidade da tecnologia.
Towards an initiative-based industry 4.0 maturity improvement process: master drilling as a case study	(Maasz; Darwish, 2018)	Estratégia organizacional; Fábricas inteligentes; Processos inteligentes; Produtos inteligentes; Serviço de dados; Fornecedores	1. Estranhos; 2. Iniciantes; 3. Experientes; 4. Especialistas; 5. Desempenho superior	O modelo tem mais aproximação no nível da firma, considerando as dimensões associadas a empresa e os níveis relacionados a capacitação da empresa com relação ao uso e conhecimento das tecnologias.
Towards a framework for Assessing the Maturity of Manufacturing Companies in Industry 4.0 Adoption	(Scremin et al, 2018)	Estratégia; Maturidade; Desempenho	0. I4.0 não é parte da estratégia de negócios; 1. I4.0 é parte da estratégia de negócios; 2. I4.0 é parte da estratégia de negócio mas não existe plano; 3. I4.0 é parte da estratégia de negócio somente com planos de curto prazo e longo prazo não são claros; 4. Indústria 4.0 é parte da estratégia de negócios e planos de curto e longo prazo são definidos	O modelo reconhece um número significativo de 30 itens relacionados a maturidade das empresas e os três eixos estratégico, maturidade e o desempenho, além de contemplar 8 indicadores para maturidade, entrega métodos quantitativos para futuras pesquisas.
Industry 4.0 maturity levels of suppliers in white goods manufacturing sector	(Turkylmaz e Cebeci, 2018)	Indústria de Transformação; Automação industrial; Investimentos em tecnologias; Formação de equipe interna	Escala de 0 a 5 nos níveis de evolução com base nas hipóteses criadas	Os autores acreditam que uma avaliação simplificada com base em 5 níveis seria capaz de demonstrar o nível de maturidade da indústria de linha branca quanto as hipóteses criadas, relacionadas a tecnologias aplicadas na automação, a formação dos funcionários, os investimentos em tecnologias.
Maturity Model-based Planning of Cyber-Physical Systems in the Machinery and Plant Engineering Industry	(Westermann e Dumitrescu, 2018)	Integração Vertical; Integração Horizontal; Conectividade; Comunicação em Rede; Segurança	1. Monitoramento; 2. Comunicação e Análise; 3. Interpretação e Serviços; 4. Adaptação e Otimização; 5. Cooperação	O foco principal dessa metodologia está relacionada a tecnologia da informação e comunicação, além de contemplar informações e explicações relacionadas as 3 etapas de aplicação prática.
Metamodel for evaluating enterprise readiness in the context of Industry 4.0	(Basl; Doucek, 2019)	Estratégia; Liderança; Cultura; Pessoas; Tecnologia	1. Inicial na sociedade; 2. Area da sociedade; 3. Um setor da sociedade; 4. Uma empresa como todo; 5. Uma área dentro da empresa; 6. Dimensões dentro da área da empresa; 7. Subdimensões da área empresarial	O metamodelo propostos contempla a análise de produtos digitalizados, processos digitalizados, e uma gestão digital nas dimensões de análise, dentre os níveis de maturidades propostos.
Assessing industry 4.0 readiness in manufacturing: Evidence for the European Union	(Castelo Branco, Cruz Jesus e Oliveira, 2019)	Interconectividade; Interoperabilidade; Transparência; Informação	Não estabelece índices de maturidade e sim uma correlação entre os resultados da pesquisa.	Os autores avaliam de maneira macro a aplicabilidade e maturidade dos big data em diferentes países por meio da correlação de tecnologias aplicadas, assim associando os países em diferentes clusters em função da maturidade identificada.

Figura 10 – Demonstração principais elementos relacionados aos modelos de maturidade e de prontidão avaliados – Parte 2.





## 5. Considerações finais

Ao estudar os diferentes modelos de maturidade e prontidão foi possível observar a importância do tema relacionado a Indústria 4.0, claramente foi percebida uma evolução gradativa nos trabalhos científicos ao longo dos anos, demonstrando cada vez maior interesse pelos assuntos relacionais a Indústria 4.0 e as tecnologias envolvidas nesse novo cenário mundial. O presente trabalho buscou e apresentou de maneira consistente um levantamento substancial a respeito do tema, e pelo uso das ferramentas de análise de redes possibilitou demonstrar os autores e pesquisas mais relevantes. A busca por saturar o tema na análise com objetivo de conseguir abranger todos os aspectos tratados até o momento, possibilitou identificar que a priorização de projetos relacionados a indústria 4.0 ainda não se tornou foco. No entanto, demonstra ser crucial as escolhas mais adequadas para as empresas evoluírem rumo a quarta revolução industrial.

As diversas abordagens pesquisadas consideram fatores em diversas dimensões tanto no nível de mercado quando no nível da empresa, esses fatores são a base para uma melhor escolha na adoção das tecnologias.

Esse estudo é apenas o início de uma pesquisa relacionada a priorização de projetos para Indústria 4.0. As contribuições de novas pesquisas podem possibilitar o avanço de proposição de modelos de priorização de projetos que possam abarcar em grande parte as dimensões aqui apresentadas.

Pode-se identificar limitações no estudo realizado, primeiramente poucos achados de autores tratando o tema em questão de maneira explícita, além de também ainda ser possível expandir as bases de dados de pesquisa como forma de saturar ainda mais o tema. Entende-se que, por trata-se de um assunto emergente, os primeiros estudos estão surgindo, e esse trabalho pode ser usado como mais uma referência para futuros pesquisadores.

## Referências

- Anderl, R., Picard, A., Wang, Y., Fleischer, J., Dosch, S., Klee, B., et al. (2015). *Guideline industrie 4.0-guiding principles for the implementation of industrie 4.0 in small and medium sized businesses*. VDMA Forum Industrie, 4.
- Alacantara, D., Martens, M. L. (2019). *Technology Roadmapping: a systematic review of the literature focusing on models*. Technological Forecasting and Social Change, 138, 127-138.
- Araújo, C. A. (2006). *Bibliometria: evolução histórica e questões atuais*. Em Questão, 12.
- Asdecker, B., Felch, V. (2018). *Development of an Industry 4.0 maturity model for the delivery process in supply chains*. *Journal of Modelling in Management*. 13, 840-883.
- Akdil KY., Ustundag A., Cevikcan E. (2018). *Maturity and readiness model for industry 4.0 strategy*. *Industry 4.0: managing the digital transformation*. Cham: Springer, 61-94.
- Basl, J., Doucek, P. (2019). *A Metamodel for evaluating enterprise readiness in the context of Industry 4.0*. *Information*, 10(3), 89.
- Bibby, L., Dehe, B. (2018). *Defining and assessing industry 4.0 maturity levels – case of the defence sector*. *Production Planning & Control*, 29(12), 1030-1043.
- Botha, A. P. (2018). *Rapidly arriving futures: future readiness for Industry 4.0*. *South African Journal of Industrial Engineering*, 24-26.
- Castelo-Branco, L., Cruz-Jesus, F., Oliveira, T. (2019). *Assessing industry 4.0 readiness in manufacturing: Evidence for the European Union*. *Computers in Industry*, 107, 22-32.
- Colli, M., Madsen, O., Berger, U., Møller, C., Waehrens, B. V., Bockholt, M. (2018). *Contextualizing the outcome of a maturity assessment for Industry 4.0*. *IFAC-PaperOnLine*, 51(11), 1347-1352.



- DeCarolis, A., Macchi, M., Negri, E., Terzi, S. (2017). *A maturity model for assessing the digital readiness of manufacturing companies*. In: IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems. Cham. Springer, 13- 20.
- Deloitte. (2018). *Digital Maturity Model: Achieving digital maturity to drive growth*. New York.
- Tasca, J. E., Ensslin, L., Ensslin, S. R., Alves, M.B.M. (2010). *An approach for selecting a theoretical framework for the evaluation of training programs*. Journal of European Industrial Training, 34(7), 631–655.
- Ganzarain, J., Errasti, N. (2016). *Three stage maturity model in SME's toward industry 4.0*. Journal of Industrial Engineering and Management, 9(5), 1119-1128.
- Geissbauer, R., Vedso, J., Schrauf, S. (2016). *Industry 4.0: building the digital Enterprise*. *Global Industry 4.0 Survey*, n.2016. Recuperado de <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0>.
- Gökalp, E., Sener, U., Eren, PE. (2017). *Development of an assessment model for industry 4.0: industry 4.0-MM*. International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination, 128, 42.
- Jung, K., Choi, S., Kulvatunyou, B., Cho, H., Morris, K. (2018). *A reference activity model for smart factory design and improvement*. Production Planning and Control, 28(2), 108–122.
- Kannan, SM., Suri, K., Cadavid, J., Barosan, I., Brand, MVD., Alferéz, M., Gerard, S. (2017). *Towards industry 4.0: Gap analysis between current automotive MES and industry standards using model-based requirement engineering*. n.2017 IEEE International Conference on Software Architecture Workshops (ICSAW), Gothenburg, 29-35.
- Lee, J., Jun, S., Chang, TW., Park, J. (2017). *A smartness assessment framework for smart factories using analytic network process*. Sustainability, 9(5), 794-808.
- Leyh, C., Schäffer, T., Ble, K., Forstchäusler, S. (2016). *SIMMI 4.0 – A Maturity Model for Classifying the Enterprise-wide IT and Software Landscape Focusing on Industry 4.0*. Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems. Gdansk, Poland, 11-14, 1297–1302.
- Lichtblau, K., Stich, V., Bertenrath, R., Blum, M., Bleider, M., Millack, A., et al. (2018). *IMPULS industrie 4.0-readiness*. Aachen-koln, 30, 201.
- Lu, H., Weng, C.L. (2018). *Smart manufacturing technology, market maturity analysis and technology roadmap in the computer and electronic product manufacturing industry*. Technological Forecasting and Social Change, 133, 85-94.
- Maasz, G. J., Darwish, H. (2018). *Towards an initiative-based industry 4.0 maturity improvement process: master drilling as a case study*. South African Journal of Industrial Engineering, 29, 92-107.
- Mettler, T. (2011). *Maturity assessment models: A design science research approach*. International Journal of Social Systems and Scientific, 3, 81–98.
- Mittal, S., Khan, M.A., Romero, D., Wuest, T. (2018). *A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs)*. Journal of Manufacturing Systems, 49, 194-214.
- Qin, J., Liu, Y., Grosvenor, R. (2016). *A categorical framework of manufacturing for industry 4.0 and beyond*. Procedia Manufacturing, 52, 173–178.
- Reza, H., Ray, Z., Xu, X. (2018). *A survey study on industry 4.0 for New Zealand manufacturing*. Procedia Manufacturing, 26, 49-57.
- Rockwell Automation. (2014). *The connected enterprise maturity model*. n.2014 Recuperado de <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/ciewp02>.
- Sacomo, J. B., Gonçalves, R. F., Silva, M. T., Bonilla, S. H., Sátyro, W. C. (2018). *Indústria 4.0 Conceitos e fundamentos*, Editora Blucher, São Paulo.



- Schuh, G., Aanderl, R., Gausemeier, J., Hompel, M., Wahlster, W. (2017). *Industrie 4.0 maturity index*. Recuperado de [http://www.acatech.de/fileadmin/user\\_upload/Baumstruktur\\_nach\\_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Projektberichte/acatech.pdf](http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Projektberichte/acatech.pdf).
- Schumacher, A., Erol, S., Sihm, W. (2016). *A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises*. *Procedia Cirp*, 52, 161-166.
- Seybert, A., et al. (2017). *Blended simulation progress testing for assessment of practice readiness*. *Journal of Pharmacy Education*, 81(1), 14.
- Scremin, L., Armellini, F., Brun A., Solar-Pelletier L., Beaudry C. (2018). *Towards a framework for assessing the maturity of manufacturing companies in industry 4.0 adoption*. *Analyzing the Impacts of Industry 4.0 in Modern Business Environment*, 224, 54.
- Thomé, A.M.T, Scavarda, L.F., Scavarda, A., Thomé, F.E.S. (2016). *Similarities and contrasts of complexity, uncertainty, risks, and resilience in supply chains and temporary multi-organization projects*. *International Journal of Project Manager*, 34, 1328–1346.
- Tinmaz, H., Hwa Lee, J. (2019). *A Preliminary Analysis on Korean University Students' Readiness Level for Industry 4.0 Revolution*. *Participatory Educational Research*, 6, 70-83.
- Turkyilmaz, E., Cebeci, U. (2018). *Industry 4.0 maturity levels of suppliers in white goods manufacturing sector*. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(10), 964-969.
- Van Eck, N. J., Waltaman, L. (2017). *Citation-based clustering of publications using CitNetExplorer and VOSviewer*. *Scientometrics*, 111(2), 1053-1070.
- Westermann, T., Dumitrescu, T. (2018). *Maturity model-based planning of cyber-physical systems in the machinery and plant engineering industry*. *Proceedings of International Design Conference, DESIG*, 6, 3041-3052.
- Weyer, S., Schmitt, M., Ohmer, M., Gorecky, D. (2015). *Towards industry 4.0: standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems*. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 579-584.