

## **A MATURIDADE DA INDÚSTRIA 4.0: A CONTRIBUIÇÃO DA GESTÃO DE PROJETOS**

**SILVIO CESAR ALVES TEIXEIRA**

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO (UNINOVE)

**CRISTIANE DREBES PEDRON**

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO (UNINOVE)

Agradecimento à órgão de fomento:

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES)

# **A MATURIDADE DA INDÚSTRIA 4.0: A CONTRIBUIÇÃO DA GESTÃO DE PROJETOS**

## **1 - INTRODUÇÃO**

Quando o tema é Indústria 4.0, a tecnologia é um pilar importante, mas ela por si só, não constitui toda abrangência deste tema. A estratégia, as equipes, a cultura e outros fatores, são importantes o seu desenvolvimento (Kamble, Gunasekaran, & Gawankar, 2018), assim como os avanços nos sistemas de informações e industriais, produtos inteligentes, monitoramento e outros fatores técnicos e organizacionais (Chonsawat & Sopadang, 2019).

Identificar o nível de maturidade em que as empresas se encontram em relação à Indústria 4.0 é um ponto de partida (Wiesner, Gaiardelli, Gritti, & Oberti, 2018). O estudo de Pirola, Cimini e Pinto (2019) sobre a maturidade, em 20 empresas na Itália, demonstrou um esforço excepcional para identificar e delinear os projetos e os investimentos necessários, por falta de um roadmap estabelecido em direção à Indústria 4.0. O estudo de Lin, Wang e Sheng (2020), aplicado em 80 empresas de diferentes portes, em Taiwan, identificou que 83% delas possuem um caminho incerto com relação a transformação digital.

O avanço da Indústria 4.0 depende da capacidade de cada empresa estar pronta para promover a mudança, ou seja, entender seu nível de maturidade para evoluir (De Carolis, Macchi, Negri, & Terzi, 2017). Portanto, a avaliação da maturidade se torna importante para entender a posição da empresa em relação à Indústria 4.0, permitindo a elaboração de um plano para atingir o nível de maturidade esperado (Mittal, Khan, Romero, & Wuest, 2018). É perceptível a importância de avaliar a maturidade da Indústria 4.0, para que a evolução ocorra de forma adequada e no tempo esperado. Neste contexto, a área de Gestão de Projetos pode impulsionar transformação e contribuir para elevar o nível de maturidade (Bierwolf, Romero, Pelk, & Stettina, 2017).

A forma de gerenciar e monitorar os projetos da Indústria 4.0 requer adequações para enfrentar as pressões e para demonstrar a capacidade de avançar rapidamente de forma tecnológica e organizacional (Barata, da Cunha, & Coyle, 2018) e mesmo que, uma empresa esteja posicionada em um nível elevado de maturidade na Indústria 4.0, as evoluções geram novas necessidades, novas avaliações e, conseqüentemente, novos projetos para se manter atualizada e bem posicionada no mercado (Bittighofer, Dust, Irslinger, Liebich, & Martin, 2018).

## **2 - PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVO**

A Indústria 4.0 vem ganhando novos mercados com expectativas elevadas de crescimento, uma vez que, a atual infraestrutura da Tecnologia da Informação permite que as indústrias avancem cada vez mais rápido e com maior eficiência (Saucedo-Martinez, Perez-Lara, Marmolejo-Saucedo, Salais-Fierro, & Vasant, 2018).

O *World Economic Forum* [WEF] (2018) avaliou 100 países e economias nos componentes das indústrias e demonstrou que a maior parte das empresas ainda se encontra com estruturas limitadas e não preparadas para o futuro. Uma outra pesquisa realizada pela Deloitte Touche Tohmatsu Limited [Deloitte] (2018), com 361 executivos em 11 países, apontou que as organizações buscam um caminho que equilibre a melhoria das operações atuais com as oportunidades oferecidas em tecnologias da Indústria 4.0.

Nesse mesmo sentido, uma pesquisa do SENAI avaliou 416 empresas em 15 segmentos, apontando que mais de 60% das empresas estavam nos primeiros níveis de utilização das tecnologias da Indústria 4.0 (Centro das Indústria do Estado de São Paulo [CIESP], 2020). A Gartner (2019) enfatiza que os projetos das indústrias de manufatura possuem expectativas elevadas na padronização, desenvolvimento em escala, aceleração da inovação, soluções sustentáveis e avanço da Indústria 4.0.

Isto porque os paradigmas de produção, estabelecidos há muito tempo, devem continuar mudando para atender demandas de formas inovadoras e trazer os resultados esperados (Rauch, Dallasega, & Matt, 2017). As pesquisas consideram que a maturidade da Indústria 4.0 é importante para compreensão do estado atual e para o avanço das empresas, mas, também demonstram a importância da área de Gestão de Projetos auxilia nesse processo, portanto, é fundamental entender a maneira como a Gestão de Projetos apoia na construção e no avanço da maturidade da Indústria 4.0. Assim, o objetivo do estudo é propor um modelo que contemple as principais características para a Gestão de Projetos impulse a maturidade da Indústria 4.0.

### 3 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica está organizada em conceitos da Indústria 4.0 para auxiliar nas discussões dos demais capítulos, seguido de um estudo aprofundado sobre a maturidade da Indústria 4.0, e por fim, um estudo de projetos que envolvem a indústria 4.0 para entender as características importantes em relação à maturidade da Indústria 4.0 e a Gestão de Projetos.

#### 3.1 - Indústria 4.0

O termo Indústria 4.0 foi mencionado pela primeira vez em 2011 na Conferência de Hannover, na Alemanha, visando ao desenvolvimento das manufaturas de alta tecnologia, no apoio a demandas de empresas para aumentar a eficiência (Trotta & Garengo, 2018). A Indústria 4.0 inicialmente baseava-se em um conceito de *Cyber-Physical Systems*, definida como uma fusão dos mundos físico e virtual (Almada-Lobo, 2016).

Hamidi et al. (2018) definem a Indústria 4.0 como fábricas do futuro com sistemas de produção inteligente, uma nova geração de redes globais, uma nova forma de integrar e coordenar o ciclo de vida do produto e oferta de soluções individuais. Lichtblau et al. (2015) referem-se à Indústria 4.0 como a integração digital em tempo real de fornecedores, produtores e clientes ao longo da cadeia de valor, novos modelos de negócios e a fusão entre informações, comunicações, tecnologia e processos.

A transformação proporcionada pela Indústria 4.0 vai além dos sistemas modernos de gestão de manufatura e excelência mundial, apresentando um ambiente de mudanças, representada por uma nova organização (Cakmakci, 2019). A discussão sobre a importância da Indústria 4.0 concentra-se no uso das tecnologias para trabalhar ao lado da indústria e reconhecer que estas tecnologias geram mudanças para a organização (Methavitakul & Santiteerakul, 2018; Rajnai & Kocsis, 2018).

#### 3.2 - Modelos de Maturidade da Indústria 4.0

A maturidade da indústria 4.0 foi considerada como o grau de avanço tecnológico de determinada empresa, sem considerar fatores internos ou externos à organização (Lacueva-Pérez et al., 2018). A maturidade era aferida por avaliações internas, considerando o entendimento da própria empresa sobre a Indústria 4.0, porém, apresentava limitações óbvias, porque simplificavam excessivamente a realidade (Schumacher, Nemeth, & Sihn, 2019).

No âmbito da avaliação da maturidade da indústria, existem os modelos de prontidão, considerados como um diagnóstico da situação atual, ou seja, o primeiro passo para avaliar a situação da organização em relação à Indústria 4.0. (Pacchini, Lucato, Facchini, & Mummolo, 2019), já os modelos de maturidade realização esta mesma função, porém, apresentam um conjunto de etapas e ações para se alcançar o nível esperado (De Carolis et al., 2017c). A seguir são apresentados os modelos mapeados neste estudo:

**IMPULS (Lichtblau et al., 2015):** foi encomendado pelo órgão alemão Verband Deutscher Maschinen Anlagenbau (VDMA), elaborado pela Instituto de Pesquisa Econômica de Colônia e pelo Instituto de Gerenciamento da Indústria da Universidade Aachen, com o objetivo de medir a prontidão da Indústria 4.0. Para desenvolvimento desse modelo usou-se um

método misto, em análise da literatura, experiências, workshops e um questionário com 26 questões enviado para 232 empresas. É um modelo de prontidão, que englobam toda a organização, incluindo fatores internos e externos. Apresenta critérios que classificam as organizações em seis estágios e aborda fatores técnicos e organizacionais.

***Industry 4.0 Readiness and Maturity (Schumacher et al., 2016):*** O modelo foi transformado em ferramenta prática e testada em várias empresas, cujas primeiras validações da estrutura demonstraram transparência, fácil utilização e aplicabilidade em ambiente real de produção. É um modelo de maturidade, cujo objetivo principal consiste em ampliar o foco dos aspectos organizacionais. O modelo foi transformado em ferramenta prática e testada em várias empresas, cujas primeiras validações da estrutura demonstraram transparência, fácil utilização e aplicabilidade.

***PwC Self-Assessment (Schrauf, 2016):*** O modelo foi projetado para fornecer às empresas a compreensão de sua posição em relação à Indústria 4.0, aferindo a real situação e desenvolvido pela Price Waterhouse Coopers Inc., inicia-se com uma autoavaliação, seguido da identificação das necessidades de ação e, por fim, um benchmark com outras empresas. O diferencial deste modelo é a comparação da avaliação em relação a outras empresas de modo geral ou do mesmo segmento.

***The Connected Enterprise Maturity (Rockwell, 2014):*** A Rockwell desenvolveu um modelo de maturidade, cujo foco é a produção inteligente, considerando tal modelo como o acesso para a transformação digital. Visa a prover a convergência de redes empresariais da produção, conectar pessoas, processos e tecnologias com segurança.

***Model to evaluate the Industry 4.0 readiness degree (Lucato, Pacchini, Facchini, & Mummolo, 2019):*** O modelo tem como base a estrutura do modelo SAE J4000, utilizado para medir o nível de implementação do Lean Manufacturing. A estrutura foi devidamente modificada para abranger as características da Indústria 4.0, com o objetivo de apoiar os gerentes na identificação das ações estratégicas, para melhorar o nível de prontidão da empresa.

***Reifegradmodell Industrie 4.0 (Jodlbauer & Schagerl, 2016):*** Trata-se de modelo de prontidão desenvolvido para determinar o estado atual em relação à Indústria 4.0. Baseado na melhoria da estratégia, derivam-se medidas para obter êxito no avanço e permitir comparações de empresas e observar o desenvolvimento da Indústria 4.0 de diversas indústrias.

***Three-stage Maturity (Ganzarain & Errasti, 2016):*** Um modelo com uma estrutura orientadora para a visão de diversificação colaborativa, estratégica e ações de desenvolvimento para a Indústria 4.0. Trata-se de um processo para orientar e treinar as empresas a identificar novas oportunidades de diversificação dentro da Indústria 4.0.

***Acatech (Schuh et al., 2017):*** Trata-se de um modelo de maturidade construído com base na discussão com parceiros estratégicos da indústria e do meio acadêmico que visa aferir o nível de maturidade técnica e organizacional.

***SPICE (Gökalp, Şener, & Eren, 2017):*** O modelo foi construído a partir do ISO/IEC 15504, e sua estrutura é considerada pelos autores como bem definida e comumente aceita para a avaliação de melhorias, além da adequação para avaliação e desenvolvimento do nível de maturidade das organizações.

***DREAMY (De Carolis, 2017):*** Na construção do modelo, foi fundamental identificar os aspectos relevantes dos processos de fabricação, selecionando as atividades, estratégicas para a transformação digital. O objetivo não é concentrar na estratégia de uma única empresa de fabricação, mas construir uma arquitetura modular e escalável.

***A categorical framework of manufacturing (Qin, Liu, & Grosvenor, 2016):*** O estudo do modelo teve um enfoque na concepção fundamental da Indústria 4.0 e no estado dos sistemas de fabricação atuais. O modelo identifica as lacunas entre os sistemas atuais de fabricação e os requisitos da Indústria 4.0 e propõe soluções adotando e implementando tecnologias.

**SMSRL (Jung et al., 2016):** Propõem um método para avaliar uma fábrica quanto à sua prontidão para implementação de tecnologias. Os estágios fornecem uma avaliação do estado atual da fábrica, a qual é comparada índice baseado em benchmark. Conhecendo esse estado, podem desenvolver um plano para aumentar sua prontidão.

**Maturity and readiness model (Akdil, Ustundag, & Cevikkan, 2018):** O modelo é considerado como uma ferramenta que fornece uma avaliação de processos, produtos e organização, na compreensão do nível de maturidade baseado na Indústria 4.0. Para facilitar diferentes análises da maturidade, o modelo proposto inclui um total de 13 campos associados, agrupados em 3 dimensões, que se baseia nos princípios e tecnologias da Indústria 4.0.

**Development of a Digitalization MM (Canetta, Barni, & Montini, 2018):** O modelo tem duplo papel. Por um lado, cria um instrumento de avaliação destinado a fornecer uma análise descritiva da maturidade das empresas em relação à Indústria 4.0, por outro, permite uma comparação com outras empresas para formar diferentes setores e estratégias de produção.

**SIMMI 4.0 (Leyh et al. 2016):** O modelo permite a empresa classificar sua TI, avaliando toda a cadeia de valor da organização forma segregada, e dessa forma, o modelo pode aferir a maturidade de forma gradual e trazer resultado em menor espaço de tempo. O modelo consiste em 5 estágios, com descrição das várias características da digitalização respectivamente, permitindo à empresa sua própria avaliação.

### 3.3 - Características dos Modelos de Maturidade da Indústria 4.0

Três modelos apresentaram características diferentes dos demais: *Rockwell* (2014) e o *Model to evaluate the Industry 4.0* (Lucato et al., 2019), cujo ao quais, possuem somente estágios, e o modelo *PwC* (Schrauf, 2016) que não possui estágios, somente dimensões. O mapeamento dos modelos resultou em cinco modelos de prontidão e dez modelos de maturidade, apresentados na Tabela 1 e dispostos em dimensões e estágios.

As dimensões foram agrupadas para equiparar os modelos e este agrupamento considerou todos as explicações dos autores em cada uma das dimensões para obter a certeza de que, independente da nomenclatura dada pelos autores a cada dimensão, não alteraria o contexto de avaliação.

|  | Tipo de Modelo | Abrangência    | Quant. Dimensões | Quant. Estágios |
|--|----------------|----------------|------------------|-----------------|
| <i>Maturity and Readiness Model</i>                    | Maturidade     | Organizacional | 3                | 4               |
| <i>Development of a Digitalization Maturity Model</i>  | Maturidade     | Organizacional | 5                | 3               |
| <i>DREAMY</i>  | Maturidade     | Organizacional | 4                | 5               |
| <i>Three-stage Maturity</i>                            | Maturidade     | Organizacional | 3                | 5               |
| <i>SPICE</i>   | Maturidade     | Organizacional | 5                | 6               |
| <i>Reifegradmodell Industrie 4.0</i>                   | Prontidão      | Organizacional | 3                | 11              |
| <i>SIMMI 4.0</i>                                       | Maturidade     | Organizacional | 4                | 5               |
| <i>IMPULS</i>  | Prontidão      | Organizacional | 6                | 6               |
| <i>PwC Self-Assessment</i>                             | Prontidão      | Organizacional | 4                | -               |
| <i>A categorical framework of manufacturing</i>        | Maturidade     | Organizacional | 4                | 6               |
| <i>Connected Enterprise Maturity Model</i>             | Maturidade     | Tecnológico    | -                | 5               |
| <i>Model to evaluate the Ind. 4.0 readiness degree</i> | Prontidão      | Tecnológico    | -                | 4               |
| <i>Acatech</i>   | Maturidade     | Organizacional | 4                | 6               |
| <i>Industry 4.0 Readiness and Maturity</i>             | Maturidade     | Organizacional | 9                | 6               |
| <i>SMSRL</i>   | Prontidão      | Organizacional | 4                | 6               |

**Tabela 1 - Mapa dos Modelos de Prontidão e Maturidade**

Fonte: Elaborado pelos autores

Considerando os modelos analisados, a seguir apresentam-se as dimensões propostas para um modelo de maturidade da Indústria 4.0 e dispostos na Tabela 2.

**Dimensão Tecnologia:** Abrange os sistemas de TI internos e externos à empresa, tecnologia industrial, coleta e análise de dados, assim como, a capacidade de expansão e de interconexão entre eles (Gökalp et al., 2017; Schumacher et al., 2016; Lucato et al., 2019). Também são considerados recursos digitais na comunicação colaborativa, processamento de informações, autoaprendizagem e sistemas de informação modernos e integrados (Schuh et al., 2017; Lucato et al., 2019).

**Dimensão das Operações inteligentes:** Esta dimensão está relacionada à interligação dos sistemas internos com sistemas de parceiros externos, clientes ou qualquer outro membro da cadeia de valor (Jodlbauer & Schagerl, 2016; Lichtblau et al., 2015; Schrauf, 2016; Qin et al., 2016; Leyh et al., 2016). Possibilita também verificar a transformação dos processos de planejamento, aquisição, produção e venda e distribuição, assim como, a maneira como a qual estes processos são monitorados e controlados (Gökalp et al., 2017; De Carolis, 2017).

**Dimensão da Estratégia:** Avalia o roteiro da implantação, revisão e operacionalização da Indústria 4.0 como estratégia, assim como, temas da Indústria 4.0 já internalizados na orientação estratégica da empresa (Lichtblau et al., 2015; Schumacher et al., 2016). Também são consideradas as ações diretamente associadas à estratégia de (Canetta et al., 2018). Por fim, também é avaliada a organização de empresas em termos de estrutura organizacional e estratégia dos negócios (Gökalp et al., 2017).

**Dimensão da Estrutura Organizacional:** Refere-se ao gerenciamento de empresas quanto à estrutura organizacional, em relação ao uso de tecnologias 4.0 (Gökalp et al., 2017) e abrangência da transformação da Indústria 4.0 onde é importante moldar os negócios as novas necessidades (Akdil et al., 2018). A abrangência das atividades tem um impacto da Indústria 4.0 em todo contexto da empresa (Jung et al., 2016).

**Dimensão dos Produtos e Serviços inteligentes:** Produtos são incorporados com sensores, componentes identificáveis e processadores com informações de funcionalidades orientadas aos clientes (Qin et al., 2016; Lichtblau et al., 2015; Akdil et al., 2018). Nesta dimensão, avalia-se a utilização de dados de clientes na digitalização de vendas e serviços, a individualização de produtos e a digitalização de produtos (Schumacher et al., 2016; Qin, et al., 2016).

**Dimensão dos Colaboradores:** Consiste em preparar colaboradores para mudanças por meio de treinamento apropriado e educação contínua (Lichtblau et al., 2015). Consiste também em competências em TI, comunicação, abertura a novas tecnologias (Schumacher et al., 2016). Desta dimensão fazem parte colaboradores sob a ótica da jornada da Indústria 4.0 e respectivas necessidades de adaptação (Canetta et al., 2018; Jodlbauer & Schagerl, 2016).

**Dimensão da Indústria inteligente:** Todos os recursos de fabricação conectam-se para trocar informações automaticamente, de forma a tornar a fábrica consciente e inteligente o suficiente para controlar a produção (Lichtblau, et al., 2015; Jung et al., 2016). Este desempenho concentra-se nos componentes do nível mais baixo de uma planta industrial, onde diferentes componentes precisam trocar informações entre si (Leyh et al. 2016).

**Dimensão da Cultura:** Avalia o compartilhamento de conhecimento, inovação, colaboração e abertura para mudanças (Schumacher et al., 2016; Schuh et al., 2017).

**Dimensão da Liderança:** Tem-se neste item, a disposição de líderes, competências gerenciais e métodos (Schumacher et al., 2016).

**Dimensão da Governança:** São tratados neste tópico os regulamentos trabalhistas para Indústria 4.0, a adequação de padrões tecnológicos e a proteção de direitos propriedade (Schumacher et al., 2016).

|                                  | Rockwell (2014) | Lucato et al. (2019) | Lichtblau et al. (2017) | Schumacher et al. (2016) | Schrauf (2016) | Jodlbauer e Schagerl (2016) | Ganzarain e Errasti (2016) | Schuh et al. (2017) | Gökalp et al. (2017) | De Carolis et al. (2017) | Qin et al. (2016) | Akdil et al. (2018) | Canetta et al. (2018) | Leyh et al. (2016) | Jung et al. (2016) |
|----------------------------------|-----------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|----------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| Tecnologia                       | X               | X                    |                         | X                        |                | X                           |                            | X                   | X                    | X                        |                   |                     | X                     | X                  | X                  |
| Operações Inteligentes           |                 |                      | X                       | X                        | X              | X                           |                            |                     | X                    | X                        | X                 | X                   | X                     | X                  |                    |
| Organização                      |                 |                      |                         |                          |                |                             |                            |                     | X                    | X                        |                   | X                   |                       |                    | X                  |
| Estratégia                       |                 |                      | X                       | X                        |                |                             | X                          | X                   | X                    |                          |                   |                     | X                     |                    |                    |
| Produtos e Serviços Inteligentes |                 |                      | X                       | X                        | X              |                             |                            |                     |                      |                          | X                 | X                   | X                     |                    |                    |
| Colaborador                      |                 |                      | X                       | X                        |                | X                           |                            |                     |                      |                          |                   |                     | X                     |                    |                    |
| Indústria Inteligente            |                 |                      | X                       |                          |                |                             |                            |                     |                      |                          | X                 |                     |                       | X                  | X                  |
| Cultura                          |                 |                      |                         | X                        |                |                             |                            | X                   |                      |                          |                   |                     |                       |                    |                    |
| Liderança                        |                 |                      |                         | X                        |                |                             |                            |                     |                      |                          |                   |                     |                       |                    |                    |
| Governança                       |                 |                      |                         | X                        |                |                             |                            |                     |                      |                          |                   |                     |                       |                    |                    |

**Tabela 2 - Agrupamento das dimensões existentes nos modelos**

Fonte: Elaborado pelos autores

A análise de dos documentos também possibilitou agrupar os níveis de avaliação partindo do nível desconhecido até o estado da arte, conforme Tabela 3.

**Estágio desconhecido:** Os componentes da Indústria 4.0 não estão presentes ou são inconsistentes e nesse nível não atende a nenhum dos requisitos (Lichtblau et al., 2017; Akdil et al., 2018).

**Estágio Inicial:** Uma empresa, neste nível, envolve-se na Indústria 4.0 por intermédio de investimentos e iniciativas-piloto (Lichtblau et al., 2017), mediante uma avaliação da estrutura tecnológica para identificar lacunas e fraquezas (Rockwell, 2014).

**Estágio Básico:** A empresa possui uma pequena infraestrutura para sistemas, estando presentes os componentes da Indústria 4.0 (Lucato et al., 2019). Inicia-se, a implementação da Indústria 4.0 e a construção de indicadores para medir o avanço (Lichtblau et al., 2017).

**Estágio Intermediário:** neste estágio, alguns componentes estão presentes e efetivamente implementados (Lucato et al., 2019), inicia-se a inserção da estratégia para Indústria 4.0, com investimentos para várias áreas da empresa (Lichtblau et al., 2017).

**Estágio de Performance:** Uma estratégia voltada para Indústria 4.0 foi implantada e monitorada por indicadores cujas principais atividades do negócio e das operações geram valor agregado com apoio da Indústria 4.0 (Gökalp et al., 2017; Jung et al., 2016).

**Estágio da Performance Elevada:** Possui infraestrutura completa para sistemas digitais, e os componentes da Indústria 4.0 estão totalmente implementados e apresentam melhoria contínua (Lucato et al., 2019).

**Estágio da Performance Digital:** Processos de negócio em alto nível de integração, compartilhamento, coleta, uso de dados (Akdil et al., 2018). É possível prever e antecipar as atividades, com eficiência nos processos da organização (Rockwell, 2014), possui resposta autônoma e outros sistemas com base na sua capacidade preditiva (Schuh et al., 2017).

|                     | Akdil et al. (2018) | Canetta et al. (2018) | Lucato et al. (2019) | De Carolis et al. (2017) | Ganzarain e Errasti (2016) | Gökalp et. al. (2017) | Jodlbauer e Schagerl (2016) | Jung et al.(2016) | Leyh et al. (2016) | Lichtblau et al. (2017) | Qin et al. (2016) | Rockwell (2014) | Schuh et al. (2017) | Schumacher et al. (2016) | Schrauf (2016)           |
|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|-----------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|
| Desconhecido        |                     | X                     | X                    |                          | X                          |                       | X                           |                   |                    | X                       |                   | X               |                     | X                        | Somente avalia o estágio |
| Inicial             | X                   |                       |                      | X                        | X                          | X                     | X                           |                   |                    | X                       |                   |                 | X                   |                          |                          |
| Básico              | X                   |                       | X                    | X                        | X                          | X                     | X                           | X                 | X                  | X                       |                   | X               | X                   | X                        |                          |
| Intermediário       | X                   |                       | X                    | X                        | X                          | X                     | X                           | X                 |                    | X                       | X                 | X               | X                   | X                        |                          |
| Performa            |                     |                       |                      | X                        | X                          | X                     | X                           | X                 | X                  | X                       | X                 | X               | X                   | X                        |                          |
| Performance elevada |                     |                       | X                    |                          |                            | X                     | X                           | X                 | X                  | X                       | X                 |                 | X                   | X                        |                          |
| Performance digital | X                   |                       |                      | X                        |                            | X                     | X                           |                   | X                  |                         |                   | X               | X                   | X                        |                          |

**Tabela 3 - Estágios mapeados nos modelos**

Fonte: Elaborado pelos autores

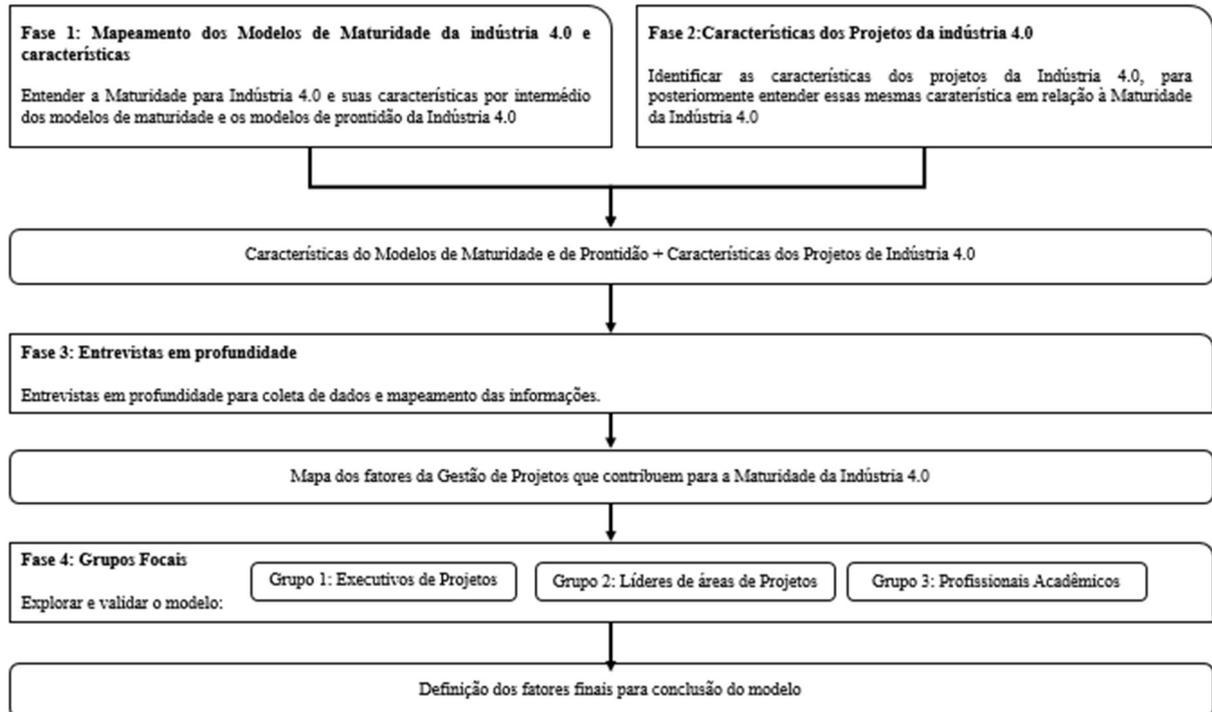
### 3.4 - Projetos da Indústria 4.0

Desde o surgimento da Indústria 4.0, vêm crescendo projetos relacionados ao tema, cuja atenção especial, não se dá somente por sua importância, como também por sua complexidade, relacionados a novas tecnologias (Darko et al., 2020). Além das novas tecnologias, o estudo realizado por Kolasa (2017) demonstra que as organizações, todos os setores têm preocupações importantes voltadas para construção da Indústria 4.0, em relação a engajamento da alta gerência, desenvolvimento de competências, contratação de uma equipe de projeto eficiente e seu próprio gerenciamento

Bierwolf et al. (2017) consideram que as habilidades mais importantes e necessárias para um gerente de projetos são: capacidade de se comunicar, cumprir os objetivos do projeto e tomar decisões. A Indústria 4.0 leva a um fluxo de informações mais intenso, tornando a tomada de decisão mais difícil e, ainda que, uma abordagem central de tomada de decisão seja empregada no gerenciamento clássico de projetos, um gerenciamento com uma abordagem descentralizada deve ser adotado para projetos da Indústria 4.0 (Cakmakci, 2019).

## 4 – METODOLOGIA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este estudo tem natureza qualitativa e exploratória, uma vez que aborda uma temática atual, cujos limites de conhecimento não estão muito bem estabelecidos (Creswell, 2007). Estas características também estão alinhadas com a questão de pesquisa proposta, e que busca assertividade nos resultados com uma estrutura narrativa coesa e firme (Creswell, 2010; Forza, 2002). A pesquisa organiza-se em 4 fases como apresentado na Figura 1. Para a análise dos dados foi utilizado o software Nvivo (QSR International Inc, 2020), que pode elevar o rigor do estudo qualitativo e assegurar a rigidez da análise e uso adequado dos dados (Leech & Onwuegbuzie, 2011).



**Figura 1 - Desenho de pesquisa**  
Fonte: Elaborado pelos autores

#### 4.1 - Fase 1 – RSL Modelos de Maturidade da Indústria 4.0

A primeira fase buscou entender a Maturidade para Indústria 4.0 e suas características por meios de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), segundo Pollock e Berge (2018). A busca por documentos para análise foi efetuada a partir dos seguintes termos: ("industry 4.0" AND (maturity OR readiness)), utilizando-se duas bases: a base de dados Scopus e Web of Science. As bases foram comparadas, identificando-se 16 documentos duplicados. Obteve-se, assim, uma base unificada com 38 documentos.

Os seguintes critérios de inclusão foram aplicados: (a) documentos sobre modelo de maturidade ou prontidão (b) documentos cujo estudo utilizou algum modelo de maturidade ou prontidão como base de pesquisa. Os seguintes critérios de exclusão foram aplicados: (a) books, (b) idiomas diferentes de inglês e português, (c) artigos anteriores à 2015 e (d) artigos com questionário de avaliação e não propriamente um modelo de maturidade ou prontidão.

Os critérios de seleção são determinantes para um resultado efetivo, devendo ser alinhados à forma de avaliação para construção de uma base sólida de artigos (Russo & Camanho, 2015). Após aplicar os critérios, foram excluídos 9 documentos e foram identificados 16 documentos adicionais pela revisão das referências dos artigos, assim, o mapeamento foi ampliado com a adição de 4 modelos de avaliação da Indústria 4.0, totalizando 15 modelos.

#### 4.2 - Fase 2 – RSL Características dos Projetos da Indústria 4.0

O objetivo da segunda fase foi identificar as características dos projetos da Indústria 4.0 e a busca por documentos para análise seguiu os termos: ("Project Management" AND ("Ind\* 4.0" OR "Digital Transf\*")). Foram utilizadas duas bases: a base de dados Scopus, que resultou em 136 documentos; e a base Web of Science, que resultou em 33 documentos. Foram identificados 26 documentos duplicados, gerando uma base unificada com 143 documentos.

Na base unificada foram aplicados critérios e foram excluídos 84 documentos, restaram 59, utilizados no estudo. Os seguintes critérios de inclusão foram aplicados: (a) artigos que abordam especificamente Gestão de Projetos relacionados a inovação e tecnologia 4.0; (b) artigos que tratam de projetos de inovação e tecnologia 4.0; e (c) artigos que destacam o impacto

da inovação e tecnologia 4.0 na Gestão de Projetos. Os seguintes critérios de exclusão foram aplicados: (a) books; (b) idiomas diferentes de inglês e português; (c) artigos anteriores à 2015; (d) obras duplicadas; e (e) artigos que não estão relacionados Gestão de Projetos ou projetos relacionados a inovação e tecnologia 4.0.

### 4.3 - Fase 3 – Entrevistas

Na terceira fase foram conduzidas 12 entrevistas individuais com profissionais de Gestão de Projetos, sendo esta, uma das formas de coleta de dados qualitativos (Gibbs, 2009). A quantidade possibilitou encontrar saturação em relação aos elementos e gerados códigos que foram utilizados como dados, buscando rigor na captura de realidades empíricas (Charmaz, 2006).

Para a análise destes dados foi realizada uma codificação dos fatores presentes nas entrevistas. Foram mapeados 10 fatores, associados as dimensões dos modelos de maturidade previamente mapeados na RSL da fase 1. Os fatores, Planejamento, Liderança em Projetos, Poder de Decisão e Resiliência foram considerados como contribuição direta ao tema por ter sido mapeado durante as entrevistas, desta forma, foram criados cluster, agrupando os códigos para entender o volume e a significância do fator perante a codificação conforme Tabela 4.

| Fatores                            | Cód. |
|------------------------------------|------|
| Conhecimento Técnico               | 29   |
| Engajamento de <i>Stakeholders</i> | 17   |
| Treinamento                        | 17   |
| Visão Sistêmica                    | 16   |
| Empregando Metodologias            | 12   |
| Novas Ferramentas                  | 12   |
| Agente de Transformação            | 12   |
| Comunicação                        | 11   |
| Seleção de Projetos                | 8    |
| Poder de Decisão                   | 6    |
| Monitoração de indicadores         | 5    |
| Gestão de Projetos em Tempo Real   | 4    |
| Planejamento                       | 3    |
| Definição do escopo                | 2    |
| Liderança em projetos              | 2    |
| Resiliência                        | 1    |

**Tabela 4 - Fatores agrupados e indexados por volume de códigos atribuídos**

Fonte: Elaborado pelos autores

### 4.3 - Fase 4 – Grupos Focais

Esta fase consistiu em discutir e validar o modelo proposto com grupos focais, que é uma técnica de pesquisa social para estudar informações em um ambiente de grupo, (Morgan, 1988). Os participantes selecionados possuem conhecimentos da Indústria 4.0 oriundos de projetos vivenciados por eles, por meio de perguntas abertas a partir do modelo proposto (Charmaz, 2006). Apesar de Morgan (1998), sugerir de 4 à 12 participantes de forma presencial, considerando que a coleta se deu em meio à Pandemia do Covid-19, adotou-se a forma virtual, com 3 participantes para uma melhor interação e exploração das discussões.

A técnica de grupo focal é utilizada pela flexibilidade, devido ao formato aberto, pela interação direta do entrevistador com os participantes, obtenção de um volume de dados

significativos e, por fim, pela interação entre os próprios participantes (Tremblay, Hevner, & Berndt, 2010).

A fase 4 foi organizada em 3 etapas sendo (1) Grupo focal composto por executivos da área de projetos para explorar a visão em relação à avaliação da maturidade e adotar critérios para a evolução do modelo; (2) Grupo com líderes da área de Gestão de Projetos para explorar o modelo, reaplicar critérios previamente utilizados e definir novos critérios para evolução do modelo e (3) Grupo focal composto por profissionais acadêmicos para validação final dos fatores mapeados e do modelo proposto.

**O Grupo Focal de Executivos** foi composto por dois Diretores Gerais e um Diretor Industrial e obteve a visão da alta direção contribuiu para entender quais são os fatores presentes nas características profissionais, os quais não são específicos da área de projetos.

**O Grupo Focal de Líderes de Projetos** foi composto por três Líderes de áreas de Gestão de Projeto e buscou explorar o modelo proposto, a fim de aprimorá-lo, considerando a visão dos praticantes O resultado possibilitou um agrupamento de fatores considerados primários, detalhados na seção de análise de dados.

**O Grupo Focal de Profissionais Acadêmicos** foi composto por três Professores especialistas em Indústria 4.0 e com conhecimentos em Gestão de Projeto. O objetivo foi validar o modelo com base no olhar acadêmico, também foi possível ampliar a discussão da aplicação do modelo, por meio das experiências vivenciadas pelos participantes.

Foram aplicados os critérios de exclusão e agrupamento afim de avaliar a discussão dos membros dos grupos focais que consideram a falta ou relevância de determinados fatores em relação a contribuição da Gestão de Projetos para a maturidade da Indústria 4.0 representados na Tabela 5.

| Grupo Focal              | Exclusão                     | Agrupamento                      |   |                              |
|--------------------------|------------------------------|----------------------------------|---|------------------------------|
|                          |                              |                                  |   |                              |
| Executivos               | Resiliência                  | Treinamento                      | ⇒ | Agente de Transformação.     |
|                          | Poder de Decisão             |                                  |   |                              |
|                          | Liderança                    |                                  |   |                              |
| Líderes de Projetos      |                              | Seleção de Projetos              | ⇒ | Conhecimento Técnico         |
|                          |                              | Definição de Escopo              |   |                              |
|                          |                              | Planejamento                     | ⇒ | Visão Sistêmica e de Negócio |
|                          |                              | Monitoração de Indicadores       |   |                              |
|                          |                              | Gestão de Projetos em Tempo Real | ⇒ | Novas Ferramentas            |
| Profissionais Acadêmicos | Comunicação                  | Empregando Metodologias          | ⇒ | Novas Ferramentas            |
|                          | Eng. dos <i>Stakeholders</i> |                                  |   |                              |

**Tabela 5 - Aplicação dos Critérios de Exclusão e Agrupamento**

Fonte: Elaborado pelos autores

#### 4.5 - Modelo Proposto Final

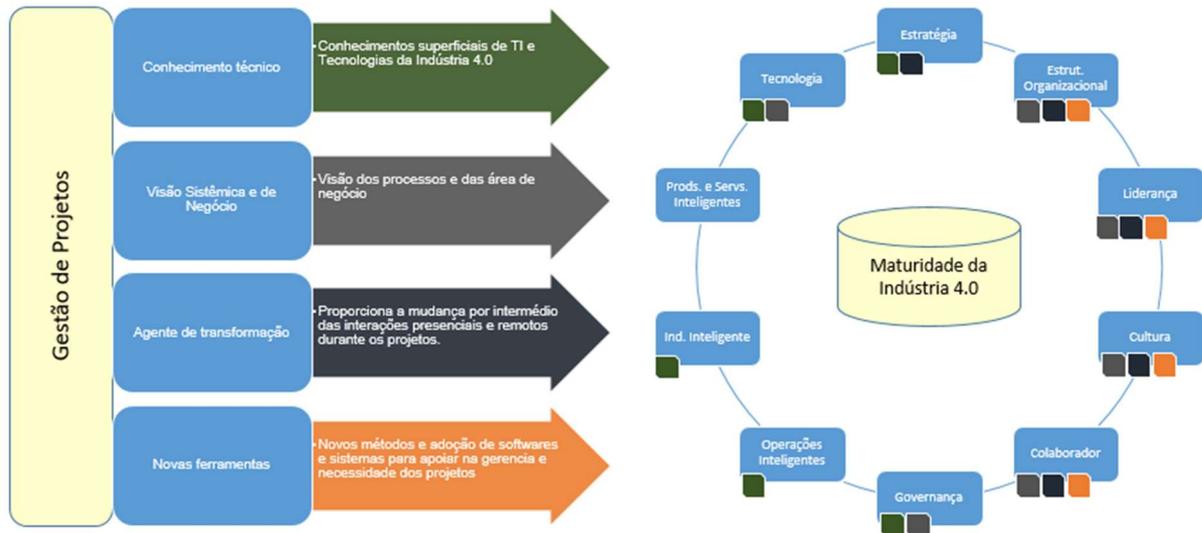
A construção do modelo traz como base as dimensões dos modelos de maturidade e de prontidão da Indústria 4.0, seguido da coleta e discussão dos Entrevistados e dos Grupo Focais cujos argumentos remeteram critérios, a fim de se obter o modelo proposto em sua versão final apresentado na Figura 2. Como resultados finais, foram mantidos os fatores considerados essenciais e necessários à Gestão de Projetos, que caracterizam uma real contribuição para o avanço da Maturidade da Indústria 4.0, conforme a seguir:

**O fator Conhecimento Técnico:** representa a visão superficial de TI, Infraestrutura de TI e Tecnologias da Indústria 4.0. Ainda que superficiais, reconhecem a importância do entendimento dos benefícios das tecnologias a serem implementadas na condução dos projetos.

**O fator Visão Sistêmica e de Negócio:** O conhecimento técnico de negócio e processos gerenciais. Esta visão se torna importante para estratégia, para a cultura e para a estrutura organizacional porque apoia o alinhamento estratégico.

**O fator Agente de Transformação:** Mantivemos o conceito de transformação das pessoas pelos contatos constantes com todos os envolvidos, na disseminação de conhecimentos e na transformação de área para apoiar a melhoria de processos cujas propostas eram resultantes de projetos correntes da indústria 4.0.

**O fator Novas Ferramentas:** foi considerado como a capacidade da Gestão de Projetos de buscar novas formas de trabalho para atender as necessidades, além de buscar soluções tecnológicas como sistemas e softwares como apoio.



**Figura 2 - Modelo Proposto Final**

Fonte: Elaborado pelos autores

## 5 - Conclusão / Contribuição

Esta pesquisa buscou entender como a Gestão de Projetos contribui para a Maturidade da Indústria 4.0. Para tanto foi proposto um modelo que possibilitou, não somente um apoio para se atingir os resultados, mas, sobretudo, permite perceber um elo entre a Gestão de Projetos e os modelos de maturidade. A pesquisa também evidencia que há uma falta de conhecimento dos modelos de maturidade, que, ao serem demandados projetos, a falta desse conhecimento pode incorrer em resultados menos expressivos do que o esperado.

O Modelo Proposto traz como resultado um guia de conhecimentos a serem aplicados pela área de Gestão de Projetos, possibilitando que os projetos voltados para Maturidade da Indústria 4.0 atinjam o resultado esperado. O modelo demonstra uma aplicação prática, conforme é apontado por todos os entrevistados dos Grupos Focais. Relevante salientar seu valor para a academia como um novo modelo que pode ser utilizado e, o mais importante ainda, com condição para sucessivas atualizações. O modelo destaca que a área de Gestão de Projetos como ferramenta de apoio para assegurar e alavancar o resultado esperado para o avanço da Indústria 4.0.

De modo geral é perceptivo que os participantes dos grupos focais não tinham conhecimento sobre os modelos de maturidade da Indústria 4.0. Isso reforça a relevância deste trabalho para a área acadêmica, uma vez que explora melhor os modelos para aprimorar as ações na Gestão de Projetos e, possivelmente, outras áreas correlatas à Indústria 4.0.

Poderia ser apontada como limitação nesta pesquisa, a pouca abrangência, cujo conteúdo ficou circunscrito à realidade brasileira, com as experiências e os conhecimentos de profissionais com vivências no âmbito nacional. No entanto, essa questão não pode ser considerada redutora, uma vez que possibilita a se abrir a novas buscas por outras realidades em outros países. Como proposta de trabalhos futuros, recomenda-se a aplicação do modelo na

prática e a criação de uma escala capaz de medir o quanto a Gestão de Projetos contribui para a Maturidade da Indústria 4.0.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akdil, K. Y., Ustundag, A., & Cevikcan, E. (2018). Maturity and readiness model for industry 4.0 strategy. In *Industry 4.0: Managing the Digital Transformation*, 61-94. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5_4)

Almada-Lobo, F. (2015). The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES). *Journal of Innovation Management*, 3(4), 16-21. [https://doi.org/10.24840/2183-0606\\_003.004\\_0003](https://doi.org/10.24840/2183-0606_003.004_0003)

Atkinson, R., Crawford, L., & Ward, S. (2006). Fundamental uncertainties in projects and the scope of project management. *International Journal of Project Management*, 24(8), 687-698. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2006.09.011>

Barata, J., da Cunha, P., & Coyle, S. (2018). Guidelines for Using Pilot Projects in the Fourth Industrial Revolution. In *29th Australasian Conference on Information Systems (ACIS)*, At Sydney, Australia Retrieved December, 20, 1-11.

Bierwolf, R., Romero, D., Pelk, H., & Stettina, C. J. (2017). On the Future of Project Management Innovation. In *Proceedings of the 2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*, 27-29. Funchal, Portugal. <https://doi.org/10.1109/EMR.2016.2568745>.

Bittighofer, D., Dust, M., Irslinger, A., Liebich, M., & Martin, L. (2018). State of Industry 4.0 across German companies. In *2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*, 1-8. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICE.2018.8436246>.

Cakmakci, M. (2019). Interaction in Project Management Approach Within Industry 4.0. In *Advances in Manufacturing II*, 176-189. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-18715-6\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-18715-6_15)

Canetta, L., Barni, A., & Montini, E. (2018, Junho). Development of a Digitalization Maturity Model for the manufacturing sector. In *2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*, 1-7. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICE.2018.8436292>

Centro das Indústria do Estado de São Paulo (2020). Indústria 4.0: O avanço, a consolidação e a expansão da tecnologia. Recuperado em 31 de março, 2020 de <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/inovacao-e-tecnologia/senai-avalia-estagio-das-empresas-no-uso-de-tecnologias-40/>

Creswell, J. W., Hanson, W. E., Clark Plano, V. L., & Morales, A. (2007). Qualitative research designs: Selection and implementation. *The Counseling Psychologist*, 35(2), 236-264. <https://doi.org/10.1177/0011000006287390>

Creswell, J. W., Silva, D. da, & Lopes, M. F. (2010). *Projeto de Pesquisa - Métodos Qualitativo, Quantitativo e Misto* (Edição: 3). SAGE.

Charmaz, K. (2006). *Constructing Grounded Theory: A Practical Guide Through Qualitative Analysis*. SAGE.

Chonsawat, N., & Sopadang, A. (2019). The development of the maturity model to evaluate the smart SMEs 4.0 readiness. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Bangkok, Thailand*, 354-363.

Darko, A., Chan, A. P., Adabre, M. A., Edwards, D. J., Hosseini, M. R., & Ameyaw, E. E. (2020). Artificial intelligence in the AEC industry: Scientometric analysis and visualization of research activities. *Automation in Construction*, 112, 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103081>

De Carolis, 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, 13-20. Springer, Cham. <https://doi.org/10.1109/ICE.2017.8279925>

Deloitte Touche Tohmatsu Limited (2018.) The Industry 4.0 paradox. Recuperada em 31 de março, 2020 de

[https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/challenges-on-path-to-digital-transformation/summary.html?id=us:2ps:3gl:confidence:eng:cons:050519:nonem:na:47Ft6rY Y:1150326353:346939503586:b:Internet\\_of\\_Things:Industry\\_4.0\\_Paradox\\_BMM:nb](https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/challenges-on-path-to-digital-transformation/summary.html?id=us:2ps:3gl:confidence:eng:cons:050519:nonem:na:47Ft6rY Y:1150326353:346939503586:b:Internet_of_Things:Industry_4.0_Paradox_BMM:nb)

Forza, C. (2002). Survey research in operations management: A process-based perspective. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(2), 152-194. <https://doi.org/10.1108/01443570210414310>

Ganzarain, J., & Errasti, N. (2016). Three stage maturity model in SME's toward industry 4.0. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 9(5), <https://doi.org/1119-1128.10.3926/jiem.2073>

Gartner Inc. (2019). Industrie 4.0 in Advanced Manufacturing is Driving Digital Differentiation Through Data Innovation. Recuperado em 20 de fevereiro, 2020, de <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2017-03-21-gartner-says-by-2020-at-least-30-percent-of-industrie-4-projects-will-source-their-algorithms-from-leading-algorithm-marketplaces>

Gibbs, G. (2009). *Análise de dados qualitativos: coleção pesquisa qualitativa*. Bookman Editora.

Gökalp, E., Şener, U., & Eren, P. E. (2017). Development of an assessment model for industry 4.0: industry 4.0-MM. In *International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination*, 128-142. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-67383-7\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-67383-7_10)

Jin, G., Sperandio, S., & Girard, P. (2019). Collaborative and Participatory Design: Assignment of Team Members to Engineering Projects with the Consideration of Designer's Expectations. In *Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design*, 1(1), 59-68. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/dsi.2019.9>

Jodlbauer, H., & Schagerl, M. (2016). Reifegradmodell industrie 4.0-ein vorgehensmodell zur identifikation von industrie 4.0 potentialen. *Informatik*, 1473-1487.

Jung, K., Kulvatunyou, B., Choi, S., & Brundage, M. P. (2016). An overview of a smart manufacturing system readiness assessment. In *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems*, 705-712. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-51133-7\\_83](https://doi.org/10.1007/978-3-319-51133-7_83)

Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Gawankar, S. A. (2018). Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 408-425. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.05.009>

Kolasa, I. (2017, Junho). Success Factors for Public Sector Information System Projects: Qualitative Literature Review. In *Proceedings of the 17th European Conference on Digital Government Military Academy*, 326-335.

Lacueva-Pérez, F. J., Khakurel, J., Brandl, P., Hannola, L., Gracia-Bandrés, M. Á., & Schafner, M. (2018). Assessing TRL of HCI Technologies Supporting Shop Floor Workers. In *Proceedings of the 11th Pervasive Technologies Related to Assistive Environments Conference*, 311-318. <https://doi.org/10.1145/3197768.3203175>

Leech, N. L., & Onwuegbuzie, A. J. (2011). Beyond constant comparison qualitative data analysis: Using NVivo. *School Psychology Quarterly*, 26(1), 70. <https://doi.org/10.1037/a0022711>

Leyh, C., Bley, K., Schäffer, T., & Forstehäusler, S. (2016). SIMMI 4.0-a maturity model for classifying the enterprise-wide it and software landscape focusing on Industry 4.0. In 2016 federated conference on computer science and information systems (fedcsis), 1297-1302. IEEE.

Lichtblau, K., Stich, V., Bertenrath, R., Blum, M., Bleider, M., Millack, A., ... & Schröter, M. (2015). IMPULS-Indústria 4.0-readiness. Impuls-Stiftung des VDMA, Aachen-Köln. Recuperado em 04 de abril, 2020, de [https://industria40.vdma.org/documents/4214230/26342484/Industria\\_40\\_Readiness\\_Study\\_1\\_529498007918.pdf/0b5fd521-9ee2-2de0-f377-93bdd01ed1c8](https://industria40.vdma.org/documents/4214230/26342484/Industria_40_Readiness_Study_1_529498007918.pdf/0b5fd521-9ee2-2de0-f377-93bdd01ed1c8)

Lin, T. C., Wang, K. J., & Sheng, M. L. (2020). To assess smart manufacturing readiness by maturity model: a case study on Taiwan enterprises. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 33(1), 102-115. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2019.1699255>

Lucato, W. C., Pacchini, A. P. T., Facchini, F., & Mummolo, G. (2019). Model to evaluate the Industry 4.0 readiness degree in Industrial Companies. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 1808-1813. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.464>

Methavitakul, B., & Santiteerakul, S. (2018). Analysis of key dimension and sub-dimension for Supply Chain of Industry to fourth Industry Performance Measurement. In 2018 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics (SOLI), 191-195. IEEE. <https://doi.org/10.1109/SOLI.2018.8476765>.

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. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005>

Morgan, D.L. (1988) *Focus Groups as Qualitative Research*. Newbury Park, CA: Sage Publications.

Pacchini, A. P. T., Lucato, W. C., Facchini, F., & Mummolo, G. (2019). The degree of readiness for the implementation of Industry 4.0. *Computers in Industry*, 113, 103-125. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.103125>

Pirola, F., Cimini, C., & Pinto, R. (2019). Digital readiness assessment of Italian SMEs: a case-study research. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 15(1), 1-39. <https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2018-0305>

Pollock, A., & Berge, E. (2018). How to do a systematic review. *International Journal of Stroke*, 13(2), 138-156. <https://doi.org/10.1177/1747493017743796>

Qin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R. (2016). A categorical framework of manufacturing for industry 4.0 and beyond. *Procedia Cirp*, 52, 173-178.

QSR International Inc. (2020) *Global Industry 4.0 Survey*. Recuperado em 20 de julho, 2020, de <https://www.qsrinternational.com/nvivo-qualitative-data-analysis-software/home>

Rajnai, Z., & Kocsis, I. (2018). Assessing industry 4.0 readiness of enterprises. In 2018 IEEE 16th World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI), 225-230. IEEE. <https://doi.org/10.1109/SAMI.2018.8324844>

Rauch, E., Dallasega, P., & Matt, D. T. (2017). Distributed manufacturing network models of smart and agile mini-factories. *International Journal of Agile Systems and Management*, 10(3/4), 185-205.

Rockwell Automation Inc. (2014). *The Connected Enterprise Maturity Model*, Recuperado em 20 de fevereiro, 2020, de

[https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/cie-wp002\\_-en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/cie-wp002_-en-p.pdf)

de FSM Russo, R., & Camanho, R. (2015). Criteria in AHP: a systematic review of literature. *Procedia Computer Science*, 55, 1123-1132.

Schrauf, S. (2016). Price Waterhouse Coopers: The Industry 4.0/Digital Operations Self Assessment. Recuperado em 04 de abril, 2020, de <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>

Saucedo-Martínez, J. A., Pérez-Lara, M., Marmolejo-Saucedo, J. A., Salais-Fierro, T. E., & Vasant, P. (2018). Industry 4.0 framework for management and operations: a review. *Journal of ambient intelligence and humanized computing*, 9(3), 789-801. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.081>

Schuh, G., Anderl, R., Gausemeier, J., ten Hompel, M., & Wahlster, W. (2017). *Industrie 4.0 maturity index. Managing the digital transformation of companies*. Munich: Herbert Utz. Recuperado em 04 de abril, 2020, de [https://en.acatech.de/wp-content/uploads/sites/6/2020/04/aca\\_STU\\_MatInd\\_2020\\_en\\_Web-1.pdf](https://en.acatech.de/wp-content/uploads/sites/6/2020/04/aca_STU_MatInd_2020_en_Web-1.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(1), 161-166.

Schumacher, A., Nemeth, T., & Sihm, W. (2019). Roadmapping towards industrial digitalization based on an Industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises. *Procedia Cirp*, 79, 409-414.

Tremblay, M. C., Hevner, A. R., & Berndt, D. J. (2010). Focus groups for artifact refinement and evaluation in design research. *Cais*, 26(27), 599-618. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.02627>

Trotta, D., & Garengo, P. (2018). Industry 4.0 key research topics: A bibliometric review. In 2018 7th international conference on industrial technology and management (ICITM), 113-117. IEEE.

Wiesner, S., Gaiardelli, P., Gritti, N., & Oberti, G. (2018). Maturity models for digitalization in manufacturing-applicability for SMEs. In *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems*, 536, 81-88. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-99707-0\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-99707-0_11)

World Economic Forum (2018). *Readiness for the Future of Production Report 2018*. Recuperado em 31 de março, 2020, de [http://www3.weforum.org/docs/FOP\\_Readiness\\_Report\\_2018.pdf](http://www3.weforum.org/docs/FOP_Readiness_Report_2018.pdf)