

MODELO DE MATURIDADE PARA O AGRONEGÓCIO 4.0: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA DAS DIMENSÕES DE ANÁLISE COM BASE NOS MODELOS APLICADOS A INDÚSTRIA 4.0

JÉSSICA ALVES JUSTO MENDES – jessy.a.j.mendes@usp.com
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP

MATEUS CECÍLIO GEROLAMO – mateus.gerolamo@gmail.com
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP

VÂNIA GOMES ZUIN – vaniaz@ufscar.br, vania.zuin@york.ac.uk,
vania.zuin@leuphana.de
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS - UFSCAR

Área: 6 - ENGENHARIA ORGANIZACIONAL
Sub-Área: 6 - 6.6 - GESTÃO DA INOVAÇÃO

Resumo: O setor de agronegócios tem grande importância na economia brasileira, e, para manter-se competitivo, cresce o número de investimento em tecnologias e conceitos disruptivos, como Internet das Coisas, Sistemas Físicos Cibernéticos, Inteligência Artificial, entre outros. Esses conceitos têm muita semelhança com os descritos pela Indústria 4.0, o que deu origem ao termo Agronegócio 4.0 (também chamada de Agricultura 4.0 ou Agricultura Digital). A adoção dessas tecnologias e conceitos que formam o agronegócio 4.0 ainda não estão tão difundidos no Brasil quanto poderiam estar, em parte pela resistência às mudanças e dificuldade de adoção de tecnologias disruptivas. Um modo de facilitar este processo seria o uso de modelos de maturidade, que podem auxiliar na identificação de fatores que precisam ser trabalhados e melhorados. Como não foram encontrados na literatura um modelo de maturidade que aborde especificamente o contexto do agronegócio 4.0, este trabalho propõe identificar os principais modelos de maturidade aplicados a Indústria 4.0 através de uma revisão sistemática da literatura, descrevendo as dimensões desses modelos para, posteriormente, adaptar essas dimensões para a realidade do agronegócio. Como resultados da revisão sistemática da literatura, foram definidas quatro dimensões iniciais, sendo elas: Gestão da Mudança, Estratégica, Tecnologia e Sustentabilidade.

Palavras-chaves: AGRONEGÓCIO 4.0; INDÚSTRIA 4.0; MODELO DE MATURIDADE.

MATURITY MODEL FOR AGRIBUSINESS 4.0: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW OF THE DIMENSIONS OF ANALYSIS BASED ON THE MODELS APPLIED TO INDUSTRY 4.0

Abstract: *The agribusiness sector is of great importance in the Brazilian economy, and to remain competitive, the number of investments in disruptive technologies and concepts, is growing. These involve: Internet of Things, Physical Cyber Systems, Artificial Intelligence, among others. These concepts are very similar to those described by Industry 4.0, which gave rise to the term Agribusiness 4.0 (also referred to as Agriculture 4.0 or Digital Agriculture). The adoption of these technologies and concepts that make up agribusiness 4.0 are not yet as widespread in Brazil as they could be, partly due to resistance to changes and difficulty in adopting disruptive technologies. One way to facilitate this process would be the use of maturity models, which can assist in the identification of factors that need to be worked on and improved. As a maturity model that specifically addresses the context of agribusiness 4.0 was not found in the literature, this paper proposes to identify the main maturity models applied to Industry 4.0 through a systematic literature review, describing the dimensions of these models to later adapt these dimensions for the reality of agribusiness. As a result of the systematic literature review, four initial dimensions were defined, namely: Change Management, Strategic, Technology and Sustainability.*

Keywords: *AGRIBUSINESS 4.0; INDUTRY 4.0; MATURITY MODEL.*

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Banco Mundial (2017)¹ alimentos e agronegócios representam 10% dos gastos globais do consumidor, sendo uma indústria de US \$ 5 trilhões. Assim, para atender o mercado (externo e interno) de maneira ambientalmente sustentável e economicamente competitiva, o setor de agronegócios passou a incorporar conceitos da Indústria 4.0, dando origem ao Agronegócio 4.0, também conhecido como agricultura 4.0, regido por requisitos voltados no aumento da produtividade com critérios de sustentabilidade. À medida que sistemas avançados de informação e tecnologias da Internet são adotados no setor de agronegócio, os dados são coletados, analisados e processados para ajudar a reduzir o consumo de diversos insumos (como por exemplo, água, terra, fertilizantes e pesticidas), muitas vezes aumentando os lucros do setor (PERLATTI et al., 2014 ; CLERQ et al., 2018).

A adoção de tecnologias digitais no agronegócio e o desenvolvimento de conceitos como Agricultura 4.0, Agricultura Inteligente e Agronegócio 4.0 tem sido tema de muitos estudos acadêmicos, bem como de aplicações práticas (DEICHMANN et al., 2016; COFRE-BRAVO et al., 2018; CLERQ et al., 2018), com fatores como características socioeconômicas do agronegócio, capacidade de adaptação a mudanças e promoção de novas tecnologias como barreiras que afetam iniciativas inovadoras no campo (COFRE-BRAVO et al., 2018). Como vantagens trazidas pelas tecnologias digitais no agronegócio, Deichmann et al. (2018) citam que as referidas tecnologias fornecem novos caminhos para ajudar na melhoria do gerenciamento da cadeia de suprimentos agrícola.

O termo Agronegócio 4.0 ainda não está bem definido na literatura, com autores usando termos como Agricultura Digital (ANDERSEN et al, 2016) e Agricultura 4.0 (LEZOCHE et al., 2020) como sinônimos para o termo Agronegócio 4.0. As definições destes três termos (Agronegócio 4.0, Agricultura Digital e Agricultura 4.0) têm diversas semelhanças, as quais, através de uma síntese integrada, levaram a seguinte definição: **Agronegócio 4.0 refere-se ao uso de tecnologias, em especial tecnologias digitais, como um meio de se modernizar, integrar e promover a automação de diversos processos agrícolas, promovendo desenvolvimento econômico, mecânico, inteligente, de alta qualidade e alto rendimento, com potencial de aumento da sustentabilidade do agronegócio como um todo.**

No cenário brasileiro, o uso dos conceitos do agronegócio 4.0 está fortemente ligado às Startups vinculadas ao ramo do agronegócio, conhecidas como Agtechs, que, segundo a

¹ World Bank Group - <https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/brief/help-farmers-reach-markets>

Associação Brasileira de Startups (ABStartups) ², praticamente quadruplicaram nos últimos quatro anos, o que mostra o crescente interesse no uso de tecnologias digitais no campo. Apesar disso, muitos produtores, especialmente pequenos e médios, não estão preparados adequadamente para adotar essas tecnologias, pois não as conhecem ou não possuem o conhecimento necessário para entender os dados fornecidos pelas ferramentas digitais (NEHRA, NEHRA, 2005). Além disso, “muitos agricultores relutam em mudar os hábitos de uma vida” (SCHUH et al., 2017), o que demonstra que, para implementar efetivamente novas tecnologias, também deve ser desenvolvida uma nova mentalidade, onde as mudanças são mais bem gerenciadas e aceitas.

Uma maneira de preparar melhor o setor do agronegócio para a transição para um ambiente mais digital seria o desenvolvimento de um modelo de maturidade, o qual, segundo Mettler (2011), pode avaliar as estratégias, tecnologias e habilidades que precisam ser trabalhadas, ajudando uma entidade (ou indivíduo) a atingir um nível de maturidade mais sofisticado em: pessoas e cultura, processos e estruturas, e objetos e tecnologias, seguindo um processo passo a passo de melhoria contínua. Este modelo teria o potencial de auxiliar as Agtechs a difundir suas tecnologias de uma maneira mais eficiente, ajudando produtores na identificação de pontos que necessitam ser abordados antes da adoção de uma nova tecnologia.

O desenvolvimento de modelos de maturidade já está estabelecido na literatura relacionada à Indústria 4.0 (SCHUMACHER et al., 2016; MODRAK et al., 2019), e seu uso teve um crescimento significativo nos últimos cinco anos, mas, buscas na literatura revelaram que não existem modelos de maturidade que atendam às necessidades e características específicas do Agronegócio 4.0. Nesse contexto, este trabalho tem como **objetivo**, através de uma revisão sistemática da literatura, **apresentar as principais dimensões usadas por modelos de maturidade da Indústria 4.0 e discutir o modo como essas dimensões podem ser adaptadas para atender o contexto do Agronegócio 4.0.**

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Tecnologias da Indústria 4.0

Atualmente, os avanços tecnológicos acontecem rapidamente, em diversas áreas. No que diz respeito à industrialização, esses avanços deram origem a uma nova revolução industrial, conhecida como Quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0, que trouxe enormes

² ABStartups - <https://abstartups.com.br/por-dentro-do-startupbase/>

progressos no desenvolvimento da tecnologia de fabricação (XU et al., 2018). No entanto, essa revolução não se limita à indústria, pois engloba a transformação geral provocada pelo uso da integração digital e da engenharia inteligente (MUHURI et al., 2019). Algumas das principais tecnologias e conceitos da Indústria 4.0 estão descritas abaixo:

- **Sistema ciber-físico (SCF):** caracterizado por integrações da computação com processos físicos, onde computadores e redes incorporadas monitoram e controlam processos físicos, geralmente com *loops* de *feedback* nos quais os processos físicos afetam os cálculos e vice-versa (LEE et al., 2015).
- **Internet das Coisas ou Internet dos Serviços:** mais um conceito do que uma tecnologia, surgiu para fornecer cobertura para o crescente número de Objetos Inteligentes heterogêneos que estão se tornando parte de nossas atividades diárias (HERNANDEZ, REIFF-MARGANIEC, 2014), uma vez que permite a prestação de serviços via Internet, consistindo em modelos de negócios, serviços de infraestrutura e próprios serviços (KAGERMANN et al., 2013).
- **Objetos Inteligentes (Smart Devices):** têm um alto potencial para a realização da integração digital de ponta a ponta e, posteriormente, para uma mudança de paradigma na fabricação, sendo chave para cenários futuros no setor 4.0. Adicionalmente, objetos inteligentes podem interagir com o mundo físico realizando formas de computação, bem como se comunicar com o mundo exterior e com outros objetos inteligentes (MEYER, 2009; VASSEUR, DUNKELS, 2010).
- **Fábricas Inteligentes (Smart Factories):** são definidas como fábricas e máquinas que ajudam as pessoas a cumprir suas tarefas, com o objetivo de alimentar as bases de informações obtidas *on-line*, para que a qualquer momento seja possível verificar o status do dispositivo, a posição e similares. Esses sistemas executam suas tarefas analisando informações do mundo virtual e do mundo físico (KAGERMANN et al., 2013).

As vantagens da Indústria 4.0 podem ser vistas na redução de prazos, no aumento da flexibilidade, na personalização de pequenos lotes e na redução de custos (SHAFIQ et al., 2016). Quanto às desvantagens, pode ser difícil explorar todo o potencial da Indústria 4.0 em países que não possuem as ferramentas necessárias para implementar esse tipo de indústria (XU et al., 2018).

2. 2 Agronegócio 4.0

Conforme afirma Araújo (2013), o setor de agronegócios é um setor altamente complexo devido à sua cadeia produtiva, portanto, é necessário que os profissionais de gestão

de agronegócios sejam capazes de alinhar as estratégias entre os agentes envolvidos para obter melhores resultados diante de mudanças, advindas de uma diversidade de atividades e tecnologias. Assim, o agronegócio pode ser definido como a soma das operações de produção, distribuição e armazenamento de insumos agrícolas. Neste conjunto entram todos os serviços financeiros, transporte, marketing, seguros, troca de mercadorias, entre outros, com as operações atuando como elos na cadeias que se tornaram cada vez mais complexas com a modernização da agricultura e o produto agrícola começou a adicionar mais serviços que estão fora da fazenda, abrangendo fornecedores de bens e serviços para a agricultura, produtores rurais, processadores, transformadores e distribuidores e todos os envolvidos na geração e fluxo de produtos de origem agrícola até atingir o consumidor final. Nesse contexto, os principais setores do agronegócio são: fornecedores de insumos e bens de produção, a própria produção agrícola, processamento e transformação, distribuição e consumo, serviços de apoio e tecnologia da informação (MENDES, PADILHA, 2007).

Segundo Brum e Müller (2008), as regiões que conseguiram atingir altos níveis de produção agrícola foram as que incorporaram novas tecnologias, tornando-se mais eficientes e desfrutando do desejado crescimento econômico. Nesse sentido, vemos que a ruralidade não é um aspecto proibitivo para a existência de inovação organizacional (MAS-VERDÚ et al., 2016), sendo o uso da ciência e da tecnologia, na realidade, um aspecto fundamental para o desenvolvimento sustentável das atividades que compõem o agronegócio, especialmente no que diz respeito a aspectos de inovação (ADENLE et al., 2017). Nesse contexto, Zhai et al. (2020) destaca o agronegócio como uma área da economia que experimentou o potencial radical da transformação digital, incorporando inovações como sensores, drones, robôs, aprendizado de máquina e Internet das Coisas, em uma revolução agrícola conhecida como Agronegócio 4.0, inspirada nos conceitos e tecnologias da Indústria 4.0.

2. 3 Modelos de Maturidade

Modelos de maturidade têm sido utilizados (tanto por profissionais quanto por acadêmicos) para determinar e medir certos aspectos da 'maturidade' de sistemas sociais e técnicos (METTLER, 2011), de maneira a refletir alguns aspectos da realidade, a fim de classificar as capacidades de certos domínios de interesse, que pode ser usado para análise, comparações com concorrentes e comparações com referências nesse domínio usando *benchmarks* predefinidos (DONOVAN et al., 2016). Conforme afirma Mettler (2011), os modelos de maturidade podem ter uma ou múltiplas dimensões, podem ser projetados em uma teoria ou em um profissional ou, ainda assim, em uma combinação de ambos (teoria e

prática), com os níveis de maturidade progredindo através de melhorias em: objetos e tecnologia, processos e estruturas, e pessoas e cultura. Segundo Donovan et al. (2016), o conteúdo de cada dimensão pode ser derivado de métodos qualitativos de pesquisa, incluindo estudos de caso, grupos focais, uso de pesquisas / questionários e outras metodologias para gerar ideias e auxiliar na tomada de decisão, como o método Delphi.

Em relação à Indústria 4.0, uma vez que envolve um aumento significativo das habilidades digitais em manufatura e causa mudanças em toda a organização, a alta complexidade dessa transformação deve ser considerada, espera-se que demore muitos anos para ser efetivamente implementado, sendo planejado através de etapas incrementais, a fim de garantir impactos positivos (por exemplo, na rentabilidade, através de ganhos de eficiência). Nesse sentido, as transformações não precisam ser exatamente sincronizadas em todos os processos de negócios, em todas as plantas industriais, linhas de produção ou mesmo em todas as células de produção de uma unidade, cabendo a cada empresa decidir em que estágio do desenvolvimento a empresa está e qual é a visão do estado futuro desejado no final do processo de transformação. Assim, para fazer essas mudanças de maneira estruturada, é importante entender o estágio de maturidade em que a empresa se encontra (SCHUH et al., 2017).

3. METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão sistemática da literatura para identificar quais são os modelos de maturidade mais citados no contexto da Indústria 4.0. Essa revisão da literatura simplificou e adaptou o Roteiro para revisão bibliográfica sistemática de Conforto et al (2011), no qual 15 etapas são distribuídas em 3 fases (Entrada, Processamento e Saída), conforme descrito a seguir.

- **ETAPA 1 Definição do Problema** – A questão central que definiu o problema dessa pesquisa foi: Quais são as possíveis dimensões de um modelo de maturidade voltado para o contexto do Agronegócio 4.0.
- **ETAPA 2 Objetivos** – Para atender a questão de pesquisa, foram definidos os seguintes objetivos: Análise dos principais conceitos de Agronegócio 4.0; Análise dos modelos de maturidade relativos ao contexto de Indústria 4.0; Identificação dos modelos de maturidade da Indústria 4.0 mais citados na literatura.
- **ETAPA 3 Fonte primária** – Artigos indexados a base de dados do Web of Science.
- **ETAPA 4 Strings de busca** – As strings de busca desse trabalho foram: maturity model AND Industr* 4.0. O uso do asterisco se justifica pois devem ser incluídos na busca os

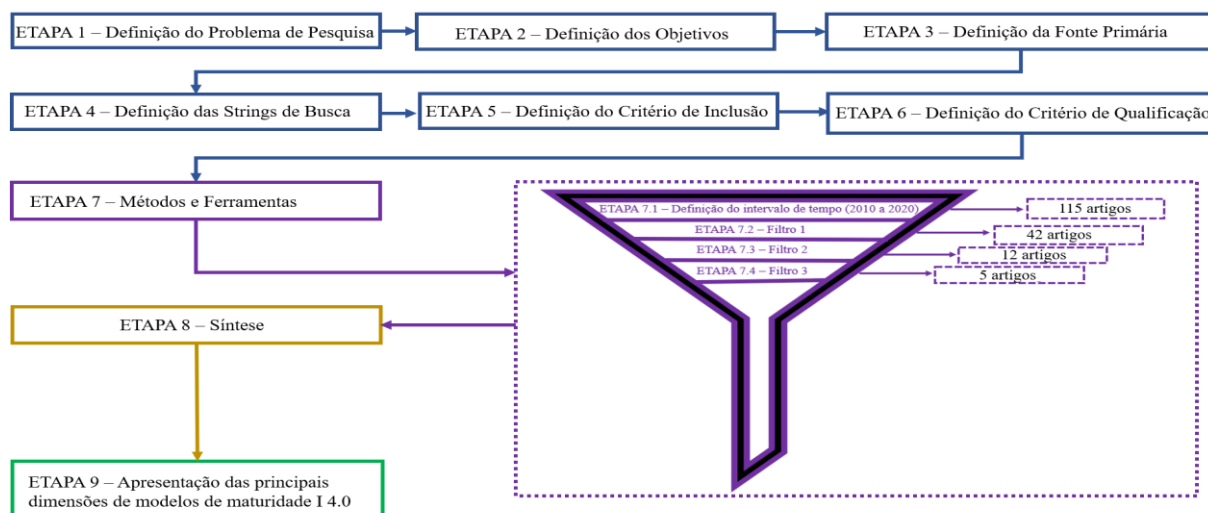
termos Industry 4.0 e Industrie 4.0, que representam exatamente o mesmo conceito, com o modo de escrever diferenciando dependendo do país de publicação.

- **ETAPA 5 Critério de inclusão** – Como essa revisão da literatura tem por objetivo identificar os modelos de maturidade mais citados quando se trata do contexto de Indústria 4.0, o critério de inclusão foi a apresentação de um modelo de maturidade aplicado ao contexto da Indústria 4.0, excluindo-se com isso, trabalhos de revisão bibliográfica que não apresentavam um novo modelo de maturidade, mas sim, analisavam os modelos já existentes.
- **ETAPA 6 Critério de qualificação** – Foi definido como critério de qualificação o número de citações do artigo, sendo definido que artigos que possuem mais de 5 citações seriam incorporados no trabalho segundo o critério de qualificação.
- **ETAPA 7 Método e ferramentas** – Essa etapa foi dividida em: definição temporal da busca no banco de dados do Web of Science; Definição dos filtros de busca.
- **ETAPA 7.1** - O período da busca realizada no Web of Science foi do ano 2010 ao ano 2020, com isso, julga-se que serão encontrados os trabalhos de modelo de maturidade relativos a Indústria 4.0 (conceito que começou a ser mais amplamente discutido a partir de 2012) mais relevantes. Essa busca retornou 115 artigos.
- **ETAPA 7.2** - O filtro de busca 1 envolveu a leitura do título, resumo e palavras-chave dos trabalhos encontrados durante a pesquisa, com os artigos que não atenderem os objetivos de busca sendo eliminados. Com isso, foram identificados 42 artigos potenciais para essa pesquisa.
- **ETAPA 7.3** - O filtro de busca 2 envolveu a leitura da introdução e conclusão dos artigos (sendo repetida a leitura do título, resumo e palavras-chave), com os artigos que não atenderem o critério de inclusão sendo eliminados. Foram então identificados 12 artigos potenciais para serem incluídos nessa pesquisa.
- **ETAPA 7.4** - O filtro de busca 3 envolveu a leitura completa dos trabalhos, seguida por uma identificação de artigos relevantes por meio das citações dos autores, identificando estudos relevantes que não foram encontrados durante a busca na base de dados do Web of Science. Nessa etapa, foram definidos 5 trabalhos para inclusão na pesquisa, 4 advindos do banco de dados do Web of Science e 1 da referência cruzada (ou seja, estudo identificado por meio das citações dos autores).
- **ETAPA 8 Síntese dos resultados** - Nessa etapa foi realizada uma síntese da bibliografia estudada, apresentando os pontos principais dos 5 modelos de maturidade incluídos neste trabalho.

• ETAPA 9 Definição inicial das dimensões de um modelo de maturidade Agro 4.0

- Essa etapa apresenta os resultados iniciais dessa pesquisa, ou seja, com base nas dimensões estudadas, definiu-se dimensões iniciais para um modelo de maturidade Agro 4.0. A Figura 1 elucida as etapas dessa pesquisa.

Figura 1 - Etapas da Revisão Sistemática da Literatura.



Fonte: Autoria própria (2020)

4. RESULTADOS INICIAIS E DISCUSSÃO

Através da revisão da literatura realizada neste trabalho, foram selecionados os seguintes 5 modelos de maturidade da Indústria 4.0 como sendo de maior relevância para este projeto: o de Schumacher et al. (2016), o de Ganzarain e Nekane (2016), o de Schuh et al. (2017), o de Gökalp et al (2017), e por fim, o de Mittal et al. (2018). Cada uma das dimensões desses modelos de maturidade foi descrita a seguir.

O trabalho de Schumacher et al. (2016) traz o modelo de maturidade mais citado na literatura no contexto de Indústria 4.0. Nele, são analisadas 9 dimensões, 4 delas utilizadas para avaliar os facilitadores básicos da Indústria 4.0 (“Produtos”, “Clientes”, “Operações” e “Tecnologia”) e 5 delas para avaliar aspectos organizacionais (“Estratégia”, “Liderança”, “Governança”, “Cultura” e “Pessoas”). Os autores atribuíram 62 itens a essas dimensões, para melhor avaliar sua maturidade. Alguns dos aspectos analisados em cada dimensão são:

- **Estratégia:** recursos disponíveis para realização de um roteiro de implementação (*roadmap*) I 4.0, adaptação de modelos de negócios;
- **Liderança:** Disposição dos líderes, Competências gerenciais e métodos, Existência de coordenação central para I40;

- **Clientes:** Utilização dos dados do cliente, Digitalização de vendas / serviços, Competência de mídia digital do cliente;
- **Produtos:** Individualização de produtos, Digitalização de produtos, Integração de produtos em outros sistemas;
- **Operações:** Descentralização de processos, Modelagem e simulação, Colaboração interdisciplinar, interdepartamental;
- **Cultura:** compartilhamento de conhecimento, inovação aberta e colaboração entre empresas, valor das TIC na empresa;
- **Pessoas:** competências em TIC dos funcionários, abertura dos funcionários a novas tecnologias, autonomia dos funcionários;
- **Governança:** Regulamentos trabalhistas para I40, Adequação de padrões tecnológicos, Proteção de propriedade intelectual;
- **Tecnologia:** Existência de TIC modernas, Utilização de dispositivos móveis, Utilização de comunicação máquina a máquina.

O modelo de maturidade de Ganzarain e Nekane (2016) foi criado com base em três estágios: o **Envision** 4.0, estágio em que a visão 4.0 ocupa o centro do palco, dedicando-se à construção, com base no próprio entendimento da empresa dos conceitos da Indústria 4.0, uma visão específica das capacidades e necessidades da empresa, mas voltada para um ambiente 4.0; o **Enable** 4.0, nesta etapa, o objetivo é desenvolver um roteiro para permitir a adoção de tecnologias 4.0 e o aprimoramento das capacidades dos trabalhadores; e o **Enact** 4.0, neste estágio, são implementados projetos relacionados à adoção do Setor 4.0, bem como treinamento de capacitação e gerenciamento de riscos.

O modelo de maturidade desenvolvido por Schuh et al. (2017) também pode ser usado como um guia para a adoção da Indústria 4.0. Nesse modelo, os autores definiram quatro dimensões necessárias para a adoção efetiva dos conceitos e tecnologias da Indústria 4.0, sendo cada uma delas baseada em dois princípios fundamentais, a seguir:

- **Recursos:** recursos digitais e comunicação estruturada;
- **Sistemas de informação:** processamento de informações de autoaprendizagem e integração de sistemas de informação;
- **Estrutura organizacional:** organização interna orgânica e colaboração dinâmica dentro da cadeia de valor.

- **Cultura organizacional:** envolve a disposição e aceitação à mudanças, ou seja, a capacidade de revisar e adaptar continuamente seu próprio comportamento em resposta ao ambiente.

Já o modelo de maturidade de Gökalp et al. (2017) busca fornecer padronização para a melhoria dos negócios que adotaram ou desejam adotar conceitos e tecnologias do setor 4.0. Assim, eles usaram uma abordagem holística que consiste nas seguintes dimensões: **gerenciamento de ativos (1); governança de dados (2); gerenciamento de aplicativos (3), áreas de alinhamento organizacional (4); e transformação de processos (5).**

Por fim, o modelo de maturidade de Mittal et al. (2018), nomeado pelos autores como SM³E uma abreviação de Smart Manufacturing Maturity Model for small and medium-sized Enterprises, busca atender às necessidades específicas de pequenas e médias empresas, utilizando 5 dimensões, descritas a seguir:

- **Financeira**, onde são analisados: Orçamentação da análise de custo-benefício e controle de sub-custos; Investimentos; e, Gerenciamento de riscos e retornos;
- **Pessoas**, onde analisa-se: Liderança; *Feedback* do cliente; Segurança e Ergonomia; e, Treinamento e educação;
- **Estratégia**, onde são analisados: Gestão do Conhecimento; Suporte à Decisão / Tomada de Decisão; Padrões; Políticas legais / tributárias; Diretrizes de Sustentabilidade; e, Regulamentos Governamentais;
- **Processo** onde analisa-se: Controle de Qualidade; Agendamento de trabalhos; Reparo e manutenção; Operação de Máquinas; Flexibilidade;
- **Produto**, onde são analisados: Logística; Desenvolvimento de novos produtos; Embalagem; e, Modularidade.

Os modelos de maturidade para a Indústria 4.0 aqui apresentados são os mais referenciados na literatura, portanto, os autores consideram que suas dimensões podem trazer bons *insights* para o desenvolvimento de um modelo de maturidade voltado para o agronegócio 4.0. Essa consideração encontra suporte no trabalho de Mittal et al. (2018), que demonstra a importância de analisar e basear um modelo de maturidade em dimensões já existentes na literatura, considerando, porém, que determinadas organizações possuem características muito específicas, o que justifica a adaptação dessas dimensões para melhor atender o contexto específico no qual o modelo de maturidade será aplicado. Conforme descrito neste trabalho, o setor do agronegócio é complexo e multifacetado, porém é um setor com dificuldades para incorporar mudanças, como as trazidas pela introdução de novas

tecnologias. Infere-se que para um modelo atender bem ao setor do agro, dimensões como consideradas *soft*, como sustentabilidade, gestão da mudança e gestão do conhecimento, devem ser tão bem trabalhadas quanto a dos recursos digitais e tecnológicos. Como exemplo, cita-se o trabalho de Schumacher et al. (2016), no qual, das nove dimensões analisadas, 5 podem ser classificadas como dimensões *soft*. Nesse contexto, como dimensões iniciais de um modelo de maturidade voltado para o agronegócio, propomos:

- **Dimensão gestão da mudança:** Nessa dimensão, a cultura, a liderança e o comportamento dos trabalhadores frente a mudanças será analisado.
- **Dimensão estratégica:** Serão analisados fatores como a gestão do conhecimento, Suporte à Decisão / Tomada de Decisão; Padrões.
- **Dimensão tecnológica:** Serão analisados o uso de recursos digitais, de comunicação máquina a máquina, bem como demais tecnologias utilizadas.
- **Dimensão sustentabilidade:** Serão analisados a importância dada a políticas de sustentabilidade ambiental.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Modelos de maturidade têm fundamental importância para o entendimento do que precisa ser melhorado em uma organização, pois auxiliam na avaliação de fatores como cultura organizacional, estratégia, gestão tecnológica, muitas vezes modos de priorizar medidas de melhorias e acompanhar o progresso. Assim, julga-se que a adoção de tecnologias disruptivas no agronegócio, cerne para a adoção do agronegócio 4.0, pode ser facilitada através do desenvolvimento de modelos de maturidade específicos para este contexto.

Este estudo foi realizado com o objetivo de apresentar as dimensões dos principais modelos de maturidade da Indústria 4.0, já que essas dimensões podem servir como base para o desenvolvimento de um modelo de maturidade Agro 4.0. O objetivo foi cumprido através da realização de uma revisão da literatura, porém, durante o trabalho, identificou-se a necessidade de procurar por modelos de maturidade que analisem com maior profundidade a dimensão de sustentabilidade (abordada apenas no trabalho de Mittal et al. 2018). Desse modo, estudos futuros serão focados em analisar modelos de maturidade relativos a fatores de sustentabilidade em agronegócios.

REFERÊNCIAS

ADENLE, A. A.; MANNING, L.; AZADI, H. (2017). Agribusiness innovation: a pathway to sustainable economic growth in Africa. Trends in Food Science & Technology, 59, 88-104.

ANDERSEN, T. B.; JENSEN, P. S.; SKOVSGAARD, C. V. 2016. "The heavy plow and the agricultural revolution in Medieval Europe". *Journal of Development Economics*, 118, 133-149.

ARAÚJO, M. J. Fundamentos de agronegócios. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2013.

BRUM, Argemiro Luís; MÜLLER, Patricia Kettenhuber (Orgs.). Aspectos do Agronegócio no Brasil. Ijuí: Ed. Unijuí, 2008. 224 p.

CLERCQ, M.; VATS, A.; BIEL, A. Agriculture 4.0: the future of farming technology, 2018.

COFRE-BRAVO, G.; ENGLER, A.; KLERKX, L.; LEIVA-BIANCHI, M.; ADASME-BERRIOS, C.; CACERES, C. (2018). Considering the farm workforce as part of farmers' innovative behaviour: A key factor in inclusive on-farm processes of technology and practice adoption. *Experimental Agriculture*, pp. 1-15. <https://doi.org/10.1017/S0014479718000315>. 6

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. DA. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto - CNGDP 2011, n. 1998, p. 1–12, 2011.

DE BRUIN, T., FREEZE, R., KAULKARNI, U., ROSEMAN, M. (2005). Understanding the Main Phases of Developing a Maturity Assessment Model. *Australasian Conference on Information Systems (ACIS)*, (January), 8–19. <https://doi.org/10.1108/14637151211225225>

DEICHMANN, U., GOYAL, A., MISHRA, D. (2016). Will digital technologies transform agriculture in developing countries? *Agricultural Economics*, vol. 47, is. S1, pp. 21-33. <https://doi.org/10.1111/agec.12300>.

DONOVAN, P. O., SULLIVAN, D. T. J. O., BRUTON, K. (2016). IAMM: A Maturity Model for Measuring Industrial Analytics Capabilities in Large-scale Manufacturing Facilities. *International Journal of Prognostics and Health Management*, 7(32), 1–11.

GANZARAIN, J.; ERRASTI, N. (2016). Three Stage Maturity Model in SME's towards Industry 4.0. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*

GÖKALP, E.; ŞENER, U.; EREN, P. E. (2017). Development of an Assessment Model for Industry 4.0: Industry 4.0-MM. Conference: International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination.

HERNANDEZ, P.; REIFF-MARGANIEC, S.: Classifying Smart Objects using Capabilities. In. 2014 International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP). Presentation., 2014.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group. Acatech. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1205.8966>

LEE, J., BAGHERI, B., KAO, H. A. (2015). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>

LEZOCHÉ, M.; HERNANDEZ, J.; DIAZ, M. M. A.; PANETTO, H.; KACPRZYK, J. Agri-food 4.0: a survey of the supply chains and technologies for the future agriculture. *Computers in Industry*, Elsevier, 2020.

- MAS-VERDÚ, F., Ortiz-Miranda, D., & García-Álvarez-Coque, J. M. (2016). Examining organizational innovations in different regional settings. *Journal of Business Research*, 69(11), 5324-5329.
- MENDES, J. T. G.; PADILHA, J. B. J. *Agronegócio: Uma abordagem econômica*. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 2007
- METTLER, T. Maturity assessment models: A design science research approach. *Int J Soc Syst Sci*. 2011.
- MEYER, G. G.; FRÄMLING, K.; HOLMSTRÖM, J.: Intelligent Products: A survey. In: *Computers in Industry*, 3, pp. 1–21., 2009.
- MITTAL, S.; ROMERO, D.; WUEST, T. (2018). Towards a Smart Manufacturing Maturity Model for SMEs (SM3E). August IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems2018:155–63.
- MODRAK V.; SOLTYSOVA Z.; POKLEMBBA, R. (2019) Mapping Requirements and Roadmap Definition for Introducing I 4.0 in SME Environment. In *Advances in Manufacturing Engineering and Materials*. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham.
- MUHURI, P. K., SHUKLA A. K., ABRAHAM, A. *Industry 4.0: A bibliometric analysis and detailed overview*. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2019.
- NEHRA, V.; NEHRA, K. 2005. “ICT: A new horizon in Indian agriculture”. *IETE Technical Review*, 22(5), p. 395-400, 2005.
- PERLATTI, B.; FORIM, M. R.; ZUIN, V. G. Green chemistry, sustainable agriculture and processing systems. *Chemical and Biological Technologies for Agriculture*, v. 1, p. 5-14, 2014.
- SCHUH, G., ANDERL, R., GAUSEMEIER, J., HOMPE, M. T., WAHLSTER, W. (2017). *Industrie 4.0 Maturity Index: Managing the Digital Transformation of Companies; acatech STUDY*. Munich: Herbert Utl Verlag.
- SCHUMACHER, A., EROL, S., SIHN, W. (2016). A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*, 52, 161–166. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040>.
- SHAFIQ, S.I. SANIN, C. SZCZEBICKI, E. TORO, C. Virtual Engineering Factory: Creating Experience Base for Industry 4.0. *CYBERN. SYST.* 47 (1-2) 32–47., 2016.
- VASSEUR, J.-P.; DUNKELS, A.: *Interconnecting smart objects with IP. The next Internet*. Burlington, MA: Morgan Kaufmann Publishers/Elsevier., 2010.
- XU, L.D.; XU, E.L; LI, L. Industry 4.0: State of The Art and Future Trends. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH*. Volume: 56. Issue: 8. Pages 2941-2962., 2018.
- ZHAI, Z. Y.; MARTINEZ, J. F; BELTRAN, V.; MARTINEZ, N. L. Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. *COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE*, Vol. 170. 2020.