

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA ADMINISTRAÇÃO E SÓCIOECONOMICAS – ESAG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM ADMINISTRAÇÃO**

PAULO GILBERTO CARDOSO CUNHA

**AGROINDÚSTRIA 5.0: MATURIDADE ORGANIZACIONAL EM UMA INDÚSTRIA
DE SOJA NO BRASIL**

**FLORIANÓPOLIS
2024**

PAULO GILBERTO CARDOSO CUNHA

**AGROINDÚSTRIA 5.0: MATURIDADE ORGANIZACIONAL EM UMA INDÚSTRIA
DE SOJA NO BRASIL**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Administração pelo Programa de Pós-Graduação em Administração da Escola Superior de Administração e Gerência – ESAG, da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto De Rolt

FLORIANÓPOLIS

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Universitária Udesc,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

CARDOSO CUNHA, PAULO GILBERTO
AGROINDÚSTRIA 5.0: : MATURIDADE
ORGANIZACIONAL EM UMA INDÚSTRIA DE SOJA NO
BRASIL / PAULO GILBERTO CARDOSO CUNHA. -- 2024.
107 p.

Orientador: Carlos Roberto De Rolt
Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de
Santa Catarina, Centro de Ciências da Administração e
Socioeconômicas - ESAG, Programa de Pós-Graduação
Profissional em Administração, Florianópolis, 2024.

1. Modelos de maturidade. 2. Indústria 4.0. 3. Indústria 5.0.
4. Agronegócio. 5. Indústria de soja. I. De Rolt, Carlos Roberto . II. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências da Administração e Socioeconômicas - ESAG, Programa de Pós-Graduação Profissional em Administração. III. Título.

PAULO GILBERTO CARDOSO CUNHA

**AGROINDÚSTRIA 5.0: MATURIDADE ORGANIZACIONAL EM UMA INDÚSTRIA
DE SOJA NO BRASIL**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Administração pelo Programa de Pós-Graduação em Administração da Escola Superior de Administração e Gerência – ESAG, da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto De Rolt

BANCA EXAMINADORA

Carlos Roberto De Rolt, Dr.
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Membros:

Julio da Silva Dias, Dr.
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Fernando Zatt Schardosin, Dr.
Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO

Florianópolis, 05 de dezembro de 2024.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador professor Carlos Roberto De Rolt pela sugestão do tema e por aceitar conduzir o meu trabalho de pesquisa.

A todos os professores da ESAG que ministraram as matérias pela excelência da qualidade técnica e comprometimento de cada um.

Ao professor e amigo Marcelo Roberto da Silva pelo incentivo para que eu me candidatasse ao Mestrado e acompanhamento durante todo o programa, sendo o responsável direto por estar escrevendo essa mensagem.

A Diretoria da Agroindustrial Serra Verde pela confiança e a abertura das portas para que o estudo fosse realizado.

A minha família pela compreensão e apoio durante essa jornada acadêmica.

Ao meu falecido pai, Idaulo Jose Cunha, a quem dedico *in memoriam* esse trabalho, pois sempre esteve ao meu lado, me apoiando ao longo de toda a minha trajetória acadêmica e profissional, sendo um exemplo de dedicação e de expiração para muitos alunos a qual ele orientou durante sua vida.

RESUMO

A presente pesquisa visa verificar o nível de maturidade de uma agroindústria de soja situada em Roraima, Brasil, com base nas tendências da Indústria 4.0 e 5.0. O desenvolvimento do trabalho constitui-se de pesquisa bibliográfica e de campo, com abordagem quantitativa. Para isso um questionário foi elaborado com base no Modelo de Schumacher Erol e Sihn (2016) e Oliveira (2018) sobre nível de maturidade. Para avaliar o nível de maturidade da Indústria 5.0, foi utilizado os três pilares propostos pela *European Comission*, ou seja, Capital humano, Resiliência e Sustentabilidade. Usou-se uma escala Likert, com respostas variando em cinco níveis de importância. Para análise dos dados (nível de maturidade), recorreu-se a fórmula estabelecida pelo modelo de Schumacher Erol e Sihn (2016). Os resultados mostram que as dimensões Organização, Tecnologia e Pessoas o nível de maturidade oscilou entre 1 e 2 (implementação de ações iniciadas), indicando que a empresa possui uma estrutura mesmo que inicial para a Indústria 4.0. Quanto ao nível de maturidade para a Indústria 5.0 está no nível 1 (ações-piloto planejadas ou em desenvolvimento). Com base nas dimensões utilizadas no levantamento dos dados, elaborou-se um plano inicial de ações para a empresa, como forma de auxiliar nas melhorias.

Palavras-chave: Modelos de maturidade; Indústria 4.0; Indústria 5.0; Agronegócio; Indústria de soja.

ABSTRACT

This research aims to verify the maturity level of the soy agribusiness industry in Roraima, Brazil, based on the Industry 4.0 and 5.0 trends. The development of the work is based on literature research and field, with a qualitative approach. The questionnaire was developed based on the Schumacher Erol and Sihn model (2016) and Oliveira (2018) about maturity levels. To assess the maturity level of Industry 5.0, the three pillars proposed by the European Commission were used: Human Capital, Resilience, and Sustainability. A Likert scale was used, with responses ranging across five levels of importance. To analyze the data (maturity level), we used the formulas established by the Schumacher Erol and Sihn model (2016). The results showed that the maturity level of Organization, Technology, and People dimensions ranged between 1 and 2 (implementation of actions initiated), indicating the company has an initial structure for Industry 4.0. The maturity level for Industry 5.0 is at level 1 (pilot actions planned or under development). Based on the dimensions used in the data survey, an initial action plan was drawn up for the company, as a way of helping with improvements.

Keywords: Maturity models; Industry 4.0; Industry 5.0; Agribusiness; Soybean industry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais facilitadores para a adoção de novos paradigmas	24
Figura 2 - Elementos para avaliar maturidade da Industria 5.0.....	41
Figura 3 - Principais diferenças entre o Agricultura 4.0 e 5.0.....	48
Figura 4 - Comparativo 2023-2022 dos 10 principais produtos do Valor Bruto da Produção da agropecuária (R\$ bilhões).....	50
Figura 5 - Produção e exportações brasileiras no <i>ranking</i> mundial em 2023.....	50
Figura 6 - Produção, consumo e exportação de soja em Grão (mil toneladas).....	53
Figura 7 - Produção, consumo e exportação de Soja (mil toneladas)	53
Figura 8 - Evolução do grupo empresarial	60
Figura 9 – Localização da empresa Serra Verde	61
Figura 10 - Complexo industrial Serra verde em Boa Vista, Roraima	62
Figura 11 - Etapas da pesquisa.....	65
Figura 12 - Nível de maturidade das dimensões para a Indústria 4.0	74
Figura 13 - Itens da dimensão “Organização”	75
Figura 14 - Itens da dimensão “Tecnologia”	76
Figura 15 - Itens da dimensão “Pessoas”	77
Figura 16 - Nível de maturidade das dimensões para a Indústria 5.0	77
Figura 17 - Itens da dimensão “Capital humano”	78
Figura 18 - Itens da dimensão “Resiliência”	80
Figura 19 - Itens da dimensão “Sustentabilidade”	81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Pilares da Indústria 4.0.....	21
Quadro 2 - Principais definições da Indústria 5.0 encontradas na literatura	26
Quadro 3 - Revisão de literatura: modelos de maturidade Indústria 4.0	31
Quadro 4 - Dimensões do modelo de Schumacher, Erol e Sihn (2016).....	34
Quadro 5 - Elementos da Indústria 5.0.....	40
Quadro 6 - Análise comparativa entre a Indústria 4.0 e a Indústria 5.0.....	42
Quadro 7 - Conexão entre os principais viabilizadores do Indústria 4.0 e Indústria 5.0 e as pessoas, a organização, e tecnologia	44
Quadro 8 - Primeira busca na WoS.....	66
Quadro 9 - Segunda busca na WoS.....	67
Quadro 10 – Terceira busca na WoS	67
Quadro 11 – Quarta busca na WoS	68
Quadro 12 - Artigos mais citados na Web of Science sobre a Indústria 4.0.....	68
Quadro 13 - Artigos mais citados na WoS sobre a Indústria 5.0	69
Quadro 14 - Plano de ação	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Capacidade instalada da indústria brasileira de óleos vegetais (tonelada/dia): por estado, 2024.....	54
Tabela 2 - Capacidade instalada da indústria brasileira de óleos vegetais (ton./dia): estratificação da capacidade instalada por tamanho de planta	56
Tabela 3 - Área plantada, produção e produtividade de soja, estado de Roraima	58
Tabela 4 - Dimensões e itens de avaliação de maturidade	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIOVE	Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNA	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
CPS	Sistemas Ciberfísicos
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IA	Inteligência Artificial
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária
M2M	Comunicação máquina-máquina
PIB	Produto Interno Bruto
RH	Recursos Humano
TI	Tecnologia da Informação
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
USDA	<i>U.S. Department of Agriculture</i>
WoS	<i>Web of Science</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 DESCRIÇÃO DA SITUAÇÃO PROBLEMA	14
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1 Objetivo Geral.....	18
1.2.2 Objetivos Específicos	19
Os objetivos específicos deste estudo são:	19
1.3 CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO	19
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
2.1 INDUSTRIA 4.0	21
2.2 INDÚSTRIA 5.0	25
2.3 MODELOS DE MATURIDADE	28
2.3.1 Modelos de Maturidade na Indústria 4.0	30
2.3.1.1 <i>Modelo de Schumacher Erol e Sihn (2016)</i>	33
2.3.2 Modelos de Maturidade na Indústria 5.0	35
2.3.2.1 <i>Princípios centrados no ser humano</i>	36
2.3.2.2 <i>Resiliência</i>	37
2.3.2.3 <i>Sustentabilidade</i>	39
2.4. INDÚSTRIA 4.0 E INDÚSTRIA 5.0	41
2.5 AGRICULTURA 4.0 E 5.0	45
2.6 INDÚSTRIA DE SOJA NO BRASIL.....	49
2.7 INDÚSTRIA DE SOJA EM RORAIMA.....	57
2.7.1 INDÚSTRIA DE SOJA: O CASO DA AGROINDUSTRIAL SERRA VERDE...59	
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	64
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO	64
3.2 CONSTRUÇÃO DO INSTRUMENTO DE PESQUISA (QUESTIONÁRIO)	70
4 RESULTADOS.....	72
4.1 ANÁLISE GERAL	72
4.2.1 Análise das dimensões na Indústria 4.0.....	73
4.2.2 Análise das dimensões na Indústria 5.0.....	77
4.2.3 Plano de ação	82
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
REFERÊNCIAS.....	90
ANEXO A – INSTRUMENTO DE PESQUISA	98

1 INTRODUÇÃO

O advento da Indústria 5.0 assinala um momento crucial na evolução das práticas industriais e de fabricação, anunciando uma nova era que prioriza a sustentabilidade juntamente com a inovação tecnológica.

Esse conceito, embora emergente, vem ganhando cada vez mais força, pois busca conciliar as metas, muitas vezes conflitantes, de crescimento econômico e gestão ambiental.

A essência da Indústria 5.0 está em seu foco na integração da criatividade e da habilidade humana com os recursos de sistemas inteligentes e automação para aumentar a eficiência, a produtividade e a sustentabilidade ambiental (Cronin; Doyle-Kent, 2022).

A Indústria 5.0 representa uma mudança significativa da ênfase da quarta revolução industrial na automação e na troca de dados em tecnologias de fabricação, para uma abordagem mais inclusiva que incorpora inteligência humana e práticas sustentáveis.

Essa mudança de paradigma ressalta a importância do desenvolvimento sustentável em face dos desafios globais, como mudanças climáticas, esgotamento de recursos e degradação ambiental.

Segundo Rame, Purwanto e Sudarno (2024) a Indústria 5.0 defende uma abordagem equilibrada que usa a tecnologia para aprimorar as capacidades humanas e, ao mesmo tempo, garantir a proteção ambiental e a eficiência dos recursos.

Atualmente se está no despertar de uma indústria inovadora na agricultura, a da Agricultura 5.0, que representa a trajetória que a indústria agrícola percorrerá nos próximos anos.

Melhorar a eficiência agrícola é o principal meio de assegurar a segurança alimentar mundial no século XXI. A Agricultura 5.0 envolve o desenvolvimento de inovações inteligentes que permitirão aos agricultores aumentar a sua produção, reduzindo ao mesmo tempo o efeito ambiental e resolvendo questões políticas e sociais significativas dos sistemas de produção de alimentos (Haloui et al., 2024).

Por outro lado, a futura revolução 5.0 na agricultura ainda é um conceito novo. De acordo com Haloui et al. (2024) a Agricultura 5.0 deve ser considerada ao lado da Indústria 4.0 e da Sociedade 5.0, juntamente com o desenvolvimento de tecnologia

ecologicamente correta, a criação de cidades inteligentes e sustentáveis e a promoção do progresso industrial como uma medida do bem-estar humano.

A agricultura segue o setor industrial em termos de avanço tecnológico. Por exemplo, a agricultura 1.0 marcou o início da revolução agrícola na virada do século XX, por meio de um sistema de trabalho intensivo movido a animais.

Apesar da baixa produtividade, esse sistema alimentava a população com um número considerável de pequenas fazendas, e um terço dessa população se dedicava à produtividade agrícola (Kovács; Husti, 2018).

A Agricultura 2.0 começou no final da década de 1950, quando novas técnicas e tecnologias de gerenciamento, como herbicidas, fertilizantes, máquinas mais eficientes movidas a combustão e outras invenções, foram colocadas em uso. Assim, esses avanços permitiram um aumento substancial no rendimento das plantações.

No século XX, o rápido desenvolvimento da computação, da agricultura de precisão (a terceira revolução agrícola) e da eletrônica levou ao surgimento da Agricultura 3.0. Ela começou quando os militares tornaram os sinais de GPS (Sistema de Posicionamento Global) disponíveis para todos (Zambon, 2019).

Ainda de acordo com Zambon (2019), foi nessa época que a telemática, inspirada no setor de transportes, começou a ser usada para supervisionar e otimizar os processos da cadeia de suprimentos nas fazendas. Durante a Agricultura 3.0, o software para gerenciamento de dados agrícolas tornou-se acessível. Assim, começou a dar mais ênfase à redução de custos e à lucratividade das fazendas.

Essa evolução continuou com a concepção da Agricultura 4.0, também conhecida como agricultura inteligente ou digital. Ela está evoluindo simultaneamente com mudanças equivalentes no setor industrial (Indústria 4.0) como uma visão para o futuro da manufatura.

Atualmente, a tecnologia agrícola está avançando para uma nova fase, a Agricultura 5.0. A utilização otimizada de recursos, a personificação em massa e a individualização do produto, o desenvolvimento da diferenciação criativa de produtos e a introdução de sistemas autônomos de tomada de decisão automatizados baseados em complexos robóticos estão entre as áreas mais promissoras do desenvolvimento agrícola (Haloui et al., 2024).

A Agricultura 5.0 significa uma era inovadora, em que tecnologias inovadoras são incorporadas para melhorar a eficiência e a sustentabilidade, adaptadas aos requisitos específicos dos campos e da pecuária.

Neste contexto, essa evolução tem reflexo direto na próxima etapa da cadeia do agronegócio – a agroindústria, pois o aumento da produção induz a necessidade de adaptação, por exemplo, do parque fabril para processar e atender a demanda crescente da população mundial.

Como é o caso do parque industrial de soja no Brasil que iniciou antes da década de 1970 na região Sul e com o tempo foi se expandindo até atingir a última fronteira agrícola do país, o estado de Roraima.

Essa evolução tem uma similaridade com a minha trajetória profissional. Iniciei no agronegócio em 1990, como *Trader Trainee* na maior empresa de soja do Brasil, que na época tinha 8 indústrias desde o Rio Grande do Sul até Bahia, Brasil.

Em agosto de 2023, comecei um novo desafio em uma Agroindústria de Soja em Roraima na função de Diretor Comercial.

Quando estava na metade do curso de Mestrado e o tema definido seria Agroindústria 4.0 e 5.0 e a empresa que eu atuo estava dentro do escopo do trabalho, conversei com a Diretoria/Acionistas e eles concordaram que eu aplicasse o questionário e a empresa então se tornou objeto do trabalho.

Cinco capítulos compõem o presente estudo. O primeiro apresenta a introdução do tema da pesquisa, juntamente com a descrição da situação problema, a definição dos objetivos a serem atingidos e a contribuição do trabalho.

No segundo capítulo trata-se do referencial teórico relativo ao tema da pesquisa, ou seja, modelos de maturidade, indústria 4.0, modelos de maturidade Indústria 4.0, Indústria 5.0, Modelos de Maturidade na Indústria 5.0, Indústria 4.0 e Indústria 5.0, Agricultura 4.0 e 5.0, indústria de soja no Brasil, Indústria de soja: o caso da agroindustrial Serra Verde.

O terceiro capítulo aborda os procedimentos metodológicos no qual é referido a caracterização do estudo e a construção do instrumento de pesquisa. O quarto capítulo expõe os resultados obtidos. Por fim, o sétimo capítulo apresenta as principais conclusões relativas à pesquisa realizada.

1.1 DESCRIÇÃO DA SITUAÇÃO PROBLEMA

A Agricultura 5.0 é um subconjunto da Indústria 5.0. É um conceito emergente que implica a incorporação de tecnologias de ponta, bem como interações homem-máquina, nas práticas agrícolas.

A Agricultura 5.0 estabelece as bases para uma sociedade resiliente e sustentável, destacando os seres humanos na vanguarda de todas as transformações digitais (Baryshnikova et al., 2022).

O conceito de Agricultura 5.0 surge da necessidade de harmonizar os avanços na produção agrícola com a resolução de desafios sociais, alcançados por meio de um alto nível de integração entre espaços cibernéticos e físicos. Neste contexto:

A Agricultura 5.0 dependerá muito de tecnologias capacitadoras, com o objetivo principal de promover uma agricultura resiliente, sustentável e centrada no ser humano. A Agricultura 5.0 prevê uma coexistência harmoniosa entre máquinas e humanos, em que as máquinas lidam com tarefas monótonas, repetitivas e propensas a erros, enquanto os humanos se concentram em atividades que exigem inteligência cognitiva e humana complexa. Embora a Agricultura 5.0 possa aproveitar as tecnologias existentes da Agricultura 4.0, seu foco, práticas e objetivos fundamentais são distintos e claramente demarcados dos paradigmas agrícolas anteriores (Bissadu; Sonko; Hossain, 2024, p. 03).

Segundo Zhang (2024), a Agricultura 5.0 tem o potencial de revolucionar o sistema agrícola produtivo, tornando-o mais eficiente, ecologicamente correto e adaptável aos desafios do século XXI.

Em consonância, a Indústria 5.0 busca aumentar a eficiência da produção, reduzir o desperdício e personalizar a fabricação para atender às necessidades individuais dos clientes. Ela promove a sustentabilidade ao otimizar o uso de recursos e minimizar o impacto ambiental.

No contexto da agricultura, o agronegócio foi um dos poucos setores no Brasil, que cresceu durante a pandemia do COVID-19, inclusive batendo recorde de produção agrícola. Houve uma exigência muito forte de toda cadeia logística, principalmente dos portos, para que pudessem escoar as exportações e receber os fertilizantes fundamentais para o plantio das safras no país.

Realmente, as aplicações de inteligência artificial (IA) relacionadas ao aprendizado de máquina têm crescido rapidamente, enquanto a pandemia da COVID-19 levou essas tecnologias emergentes ao topo da agenda de negócios e no agronegócio (Ragazou et al., 2022).

No campo, continuaram a adoção de novas tecnologias, com foco no ganho de produtividade, apresentadas principalmente pelas empresas de defensivos, máquinas e sementes que seguem cada vez mais investindo em inovação para manterem a sua competitividade no setor.

A necessidade do *lockdown* gerou nas empresas uma dependência de tecnologia da informação (TI) e quebra de paradigmas, que nunca haviam sido imaginados que teriam que ser executados pelos gestores na velocidade que ocorreu.

Também, a necessidade do *home office*, incremento das vendas online, reposicionamento dos negócios, logística com aumento dos deliveries, transformação digital, incremento do pagamento eletrônico, interconectividade com *stakeholders*, implementação ou adaptação a LGPD (Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais), entre outros, foram assuntos que mudaram as prioridades da alta gestão. Isso fez com que ocorressem revisões de softwares para que os colaboradores tivessem acesso remoto para manter a produtividade.

Em relação ao local de trabalho, algumas empresas adotaram 100% *home office*, outras o modelo híbrido e as que voltaram totalmente para o presencial. Independente do modelo adotado acarretou um stress pelo aumento exponencial na demanda de TI e Recursos Humanos (RH). Houve uma demanda inimaginável para os gestores da agroindústria de adaptação, modernização, priorização de investimentos, planejamento de inovação.

Dessa forma, a Indústria 4.0 representa uma revolução tecnológica que está transformando vários setores da economia, e a agroindústria não é exceção. A incorporação de tecnologias alavancadoras da indústria 4.0 na agricultura promete melhorar a eficiência, a qualidade e a sustentabilidade da produção.

Com isso a utilização das tecnologias alavancadoras da indústria 4.0, como computação em nuvem, inteligência artificial, *big data*, *cyber segurança*, internet das coisas, digitalização são fundamentais e determinantes para esse processo.

Em se tratando de Indústria 5.0. Pereira e Santos (2022) comenta que ela surge como alternativa para um conjunto de desafios do mundo contemporâneo (mudanças climáticas, consumo rápido de recursos e de energia não renováveis, poluição do meio ambiente, injustiça social, dentre outros).

Atualmente esses desafios foram ampliados pela Pandemia da COVID-19 e a Guerra entre Rússia e Ucrânia, elevando o nível de complexidade e dinâmica desse contexto a um patamar não vistos desde a Segunda Guerra Mundial (1939-1945).

Esse panorama mostra que as práticas atuais devem ser repensadas e alteradas, apontando para uma nova realidade na indústria representada por essa recém abordagem paradigmática, em que os valores humanos, o meio ambiente e o

planeta são preservados e respeitados (*European Comission, 2021; Longo; Padovano; Umbrello, 2020*).

Por se tratar de um tema novo, a Indústria 5.0 há pouco consenso sobre como defini-lo (Madsen; Berg, 2021). Esta nova realidade resulta em desafios gerenciais de entendimento, planejamento e priorização de investimentos para implantação e geração de valor a partir das tecnologias alavancadora da indústria 4.0 e com uma abordagem humano centrada adicionado pela indústria 5.0.

No Brasil houve uma expansão de novas fronteiras Agrícolas, como o plantio de soja no Estado de Roraima. O primeiro plantio iniciou no ano de 2011 com menos de 10.000 hectares. Em 2024, estima-se que o plantio pode chegar até 130.000 hectares, um aumento significativo.

Com esse novo cenário em 2021, o Grupo Falavinha, uma empresa familiar de produtores de soja, milho e algodão, iniciou o projeto da construção de uma indústria de soja em Boa Vista, capital de Roraima, a Agroindustrial Serra Verde. Um investimento de mais de R\$ 150 milhões, acreditando na continuidade de crescimento da produção do estado e das melhorias das condições logísticas da região.

Os desafios encontrados desde o início do projeto, como mão de obra, dependência de fornecedores de outros estados longínquos e consequentemente da logística de entrega de equipamentos, peças, entre outros, não foram impeditivos para que o sonho se tornasse realidade.

Por exemplo, no caso da Venezuela, além dos problemas políticos, apresenta uma precária rodovia federal a BR 174 que liga a fábrica, localizada a 200 km de Pacaraima (a única fronteira do Brasil com a Venezuela). As condições da estrada na maioria do trecho estão sem asfalto ou muito esburacada.

Além disso, no lado venezuelano, tem a burocracia da aduana, até Caracas (que são 1.280 km) existem 40 alcabalas (postos de fiscalização), limitação de acesso ao diesel, trechos de estrada precário, entre outros gargalos.

Em relação a logística para a Guiana, a indústria está a 150 km de Lethem (fronteira Guiana). Nesse caso a estrada está em boas condições. Porém de Lethem a Georgetown (capital) são mais de 500 km de estrada de terra, com várias pontes ainda de madeira, inclusive com travessia de balsa.

No período de chuvas que ocorre entre abril e julho, praticamente impede o transporte na região. A empresa é a principal fornecedora de farelo da Guiana e Suriname. O governo Guianense vem fazendo investimentos e prometendo em 3 anos

asfaltar o trecho e construir pontes de concreto, ou seja, pós pandemia, pois querem garantir o abastecimento do país. A segurança alimentar virou prioridade.

O estado de Roraima ainda encontra uma série de limitações de geração de energia, com constantes picos e apagões, sendo o único do país fora do Sistema Integrado Nacional, limitação na conectividade de sinal de Internet e telefonia gerando necessidade de *back up* com Starlink entre outros aspectos.

O governo do estado vem se empenhando em buscar alternativas para solucionar ou minimizar essas situações com o intuito de trazer cada vez mais desenvolvimento para o estado. A adoção de novas tecnologias, gestão humana, sustentabilidade e resiliência terão um papel preponderante nessa e outras situações encontradas nesta caminhada.

Esses são alguns exemplos do que a empresa Serra Verde tem que enfrentar diariamente para manter a produção e comercialização dos seus produtos.

Com isso o entendimento do conceito Indústria 4.0 e 5.0 com a adaptação de um modelo de maturidade voltados para o agronegócio, podem alavancar a indústria de soja no estado de Roraima e servir de base para elaboração de um roteiro e planos de ações para que possam se ajustar a adaptação de novas tecnologias e gestão do ser humano mais adequadas ao negócio. Dessa forma, criando condições para o aumento da competitividade e resultados, fundamentais para a sustentabilidade da empresa.

Neste contexto emerge a seguinte problemática: Como avaliar o nível de maturidade de uma agroindústria de soja sob a ótica da Indústria 5.0?

1.2 OBJETIVOS

A seguir, apresentam-se o objetivo geral e objetivos específicos que serão alcançados pela pesquisa. Estes objetivos norteiam a pesquisa com intuito de buscar resposta ao problema proposto.

1.2.1 Objetivo Geral

Verificar o nível de maturidade de uma agroindústria de soja situada em Roraima, Brasil, com base nas tendências da Indústria 4.0 e 5.0.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- a) Estudar a Indústria 4.0 e 5.0;
- b) Compreender o que são modelos de maturidade;
- c) Identificar os modelos de maturidade relacionados a indústria 4.0 e 5.0
- d) Verificar os principais aspectos da Agricultura 4.0 e 5.0;
- e) Mapear o panorama da agroindústria de soja no Brasil;
- f) Adaptar um modelo de maturidade para aplicar em uma agroindústria de soja;
- g) Criar e aplicar um questionário para analisar o nível de maturidade de uma agroindústria de soja no estado de Roraima, sob a ótica da Indústria 4.0 e 5.0.

1.3 CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO

O trabalho busca proporcionar um entendimento do conceito de Indústria 4.0 e 5.0 direcionado para a agroindústria de soja do estado de Roraima aplicando um modelo adaptado de maturidade que sirva para os gestores verificarem o estágio da empresa, relacionados aos conceitos de tecnologias alavancadoras e sua relação/interação com o ser humano, resiliência e sustentabilidade.

Também a possibilidade de ser base para a elaboração de um roteiro e planos de ações que possam se ajustar a adaptação as novas tecnologias e gestão do ser humano mais adequadas aos negócios, criando condições para o aumento da competitividade, bem estar e resultados, fundamentais para a sustentabilidade das empresas.

Como **contribuição acadêmica** este estudo busca agregar conhecimento em uma abordagem conceitual sobre as temáticas Indústria 4.0 e 5.0, modelos de maturidade, e a agroindústria de soja no estado de Roraima. Contribuir com a linha de pesquisa do LABGES (Laboratório de Tecnologias de Gestão) da ESAG, no que se refere ao desenvolvimento de modelos de maturidade a exemplo do matmap.com.br

Com relação a **contribuição Social**, o principal aspecto será o alinhamento entre a Indústria 4.0 e 5.0, focando nas questões como a sustentabilidade, com uso

adequado de tecnologias nos processos-humano cêntrica voltados para o agronegócio.

Como **contribuição Econômica**, irá possibilitar a melhoria da competitividade da indústria de soja do estado de Roraima. De forma geral poderá contribuir com alternativas para melhorar o desempenho das organizações do setor e o instrumento de pesquisa usado neste estudo poderá ser replicado em outras empresas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão abordados os conceitos para o entendimento do estudo. Entre eles o modelo de maturidade e objetivos de sua aplicação, conceitos de Indústria 4.0 e 5.0, modelos de maturidade da Indústria 4.0 e 5.0, conceito, similaridades (diferenças) entre Agricultura 4.0 e 5.0, indústria de soja do Brasil e de Roraima.

2.1 INDUSTRIA 4.0

Nas condições da quarta revolução industrial e do conceito fortemente popularizado de Indústria 4.0, a maioria das grandes empresas internacionais em todo o mundo se concentra na otimização de processos usando as principais tecnologias (pilares) do conceito. O termo Indústria 4.0 vem do esboço de estratégia de alta tecnologia do governo alemão e foi usado pela primeira vez na Hannover Messe internacional em 2011 (Gajdzik, 2022).

A Indústria 4.0 é um conceito que descreve o complexo processo de transformação tecnológica e organizacional das empresas, que inclui a integração da cadeia de valor, introdução de novos modelos de negócio e digitalização de produtos e serviços. O conceito revolucionou a maneira como as empresas fabricam, aprimoram e distribuem sua produção.

A Indústria 4.0 é um termo amplo que abrange muitas dimensões. Entretanto, somente com a ajuda de tecnologias, a transformação digital de todos os processos dentro da organização é possível. Nesse sentido, Suleiman et al. (2022) apresentaram os nove pilares dessa Indústria (Quadro 1). A aplicação de todas as tecnologias separadamente é possível, mas somente sua integração pode transformar os sistemas de manufatura tradicionais e melhorá-los.

Quadro 1 - Pilares da Indústria 4.0

Pilar	Breve descrição
Big data	É um processo complexo de coleta, compilação, limpeza e análise de grandes conjuntos de dados para transformar dados brutos em informações que podem ser usadas para a tomada de decisões.
Robôs autônomos	Máquinas inteligentes capazes de executar tarefas atribuídas com o mínimo de envolvimento humano.
Simulação	Análise e teste de um projeto de sistemas baseado em modelos, em que o modelo de computador imita as propriedades do modelo implementado.

Fabricação aditiva	Processo de fabricação de objetos físicos com base em modelos 3D por meio da união de camadas sucessivas de material.
Integração horizontal e vertical	A integração vertical implica uma interação em diferentes níveis da estrutura de gerenciamento hierárquico em uma empresa, enquanto a integração horizontal pressupõe todos os departamentos externos e internos e as partes relacionadas à criação da cadeia de valor.
Internet das Coisas (IoT)	Incorpora objetos equipados com sensores inteligentes que armazenam, processam, analisam e trocam dados entre si. A IoT pode permitir a visualização da produção em tempo real, o aumento da eficiência da fabricação e a tomada de decisões adaptáveis.
Computação em nuvem	Tecnologia que implica o aluguel de recursos de TI, como CPU ou armazenamento, com base no pagamento por uso por meio da Internet.
Segurança cibernética	Conjunto de tecnologias, processos e práticas para defender os sistemas de fabricação interconectados contra ataques cibernéticos e vazamento de dados confidenciais.
Realidade aumentada (AR)	Uma réplica aprimorada do mundo físico usando gráficos de computador, som e outras informações sensoriais.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Suleiman et al. (2022).

As abordagens e ideias no contexto da Indústria 4.0 estão situadas na interface das disciplinas de engenharia elétrica, administração de empresas, ciência da computação, engenharia de sistemas de informação e negócios e engenharia mecânica, bem como dos segmentos participantes. As partes ilustradas da Indústria 4.0 resultam em campos gerais de atividade, que são de interesse especial para a disciplina de engenharia de sistemas de informação e negócios (Lasi et al., 2014).

Ghobakhloo (2020) destaca que, a Indústria 4.0 envolve a transformação digital de todos os mercados industriais e de consumo, desde o advento da manufatura inteligente até a digitalização de todos os canais de entrega de valor. De forma consistente, a academia, os colaboradores governamentais e industriais descrevem a Indústria 4.0 como a digitalização e a smartização de fábricas, canais de distribuição e membros da cadeia de valor.

A Indústria 4.0 permite o gerenciamento e a otimização de redes de valor inteiras por meio do desenvolvimento de sistemas de monitoramento inteligentes e processos de decisão autônomos. Essa integração vertical de organizações inteiras com sistemas incorporados pode levar a novos modelos de negócios e à otimização da logística e da produção.

Rübel (2018) salienta que ela pode ser utilizada para facilitar a otimização do processo operacional e formar redes dinâmicas, que exigem ferramentas inovadoras para planejar, regular e controlar novos conceitos derivados da Indústria 4.0. Como consequência, surgem inter-relações e interdependências a partir da integração de vários componentes.

O conceito de Indústria 4.0 pode ser visto como uma abordagem que reúne os mundos digital e físico. Assim há um consenso sobre os principais aspectos que abordam a visão da manufatura como (Mittal et al., 2017; Pereira; Romero, 2017):

- I. **Fábrica Inteligente (*Smart factory*)** – é um dos principais aspectos que abordam a Indústria 4.0, tendo resultado de vários desenvolvimentos que consistiram em integração, digitalização e uso de estruturas flexíveis e soluções inteligentes. Essas soluções permitem a criação de um ambiente inteligente ao longo de toda a cadeia de valor, possibilitando o desempenho de processos flexíveis e adaptativos. Um ambiente de fábrica inteligente consiste em uma nova intercomunicação integrativa em tempo real entre todos os recursos de manufatura (sensores, atuadores, transportadores, máquinas, robôs etc.), o que aumenta a eficiência da manufatura e permite atender a requisitos de mercado altamente complexos.
- II. **Produtos Inteligentes (*Smart products*)** – são integrados a toda a cadeia de valor como parte ativa dos sistemas, monitorando seus próprios estágios de produção por meio do armazenamento de dados, podendo solicitar os recursos necessários e controlar os processos de produção de forma autônoma. Além disso, os produtos inteligentes, como produtos finais, devem ser autoconscientes sobre os parâmetros em que devem ser usados, fornecendo informações sobre seu status durante todo o ciclo de vida. Os produtos inteligentes podem ser descritos como Sistemas Ciberfísicos (CPS) devido à sua capacidade de permitir a conexão entre os mundos físico e virtual. Esses produtos são caracterizados por vários recursos importantes, como computação, armazenamento de dados, comunicação e interação com seu ambiente, podendo se identificar, armazenar dados sobre seu processo de produção e fornecer informações sobre as etapas posteriores relacionadas à produção e à manutenção. Além disso, eles têm um alto grau de autonomia, sendo capazes de perceber e interagir de forma autônoma com seu ambiente físico durante seu ciclo de vida.
- III. **Modelos de negócios** – implica em uma nova forma de comunicação ao longo das cadeias de suprimentos. A modelagem de negócios está mudando nos últimos anos devido às novas exigências industriais e de mercado, e novos modelos de negócios estão surgindo, permitindo a

criação de ambientes colaborativos. Há muitas oportunidades para otimizar os processos de criação de valor e a integração ao longo da cadeia de valor, a fim de obter capacidade de auto-organização e integração e comunicação em tempo real.

- IV. **Clientes** – são um fator essencial em todos os modelos de negócios, e a Indústria 4.0 traz um conjunto de vantagens para eles, melhorando a comunicação ao longo da cadeia de valor e aprimorando a sua experiência. O alto nível de integração e a troca autônoma de informações permitirão mudanças nos requisitos em tempo real. Além disso, os produtos inteligentes fornecerão informações relevantes aos seus usuários sobre seu *status* e parâmetros de utilização.

Zizic et al. (2022), salienta que pessoas, organização e a tecnologia são os principais facilitadores da Indústria 4.0 em uma empresa, e cada um desses viabilizadores tem suas subáreas importantes, como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Principais facilitadores para a adoção de novos paradigmas



Fonte: Zizic et al., (2022, p. 13).

Mais uma vez, o aumento do interesse pela interação homem-máquina e pela IA mostra que mais foco está sendo colocado no uso da tecnologia como suporte para as tarefas diárias do trabalhador humano. Com relação à tecnologia, da Indústria 4.0 foi orientado para todas as tecnologias emergentes (Zizic et al., 2022).

A Indústria 4.0 surgiu como resultado da distribuição de novas tecnologias – digitais e de Internet – que permitem o desenvolvimento de processos de produção totalmente automatizados, nos quais participam apenas objetos físicos que interagem sem a participação humana.

Deste modo, o gestor otimiza os processos de negócios, usando as possibilidades oferecidas pela Indústria 4.0, e o colaborador domina novas competências, que são necessárias a esta Indústria, e o consumidor “tem em seu poder” novos produtos industriais.

2.2 INDÚSTRIA 5.0

Conforme Pereira e Santos (2022), a *European Comission* tem uma visão, que indica que a Indústria 5.0 complementa o paradigma da Indústria 4.0, fazendo com que a pesquisa e a inovação conduzam a transição para uma indústria sustentável, centrada no ser humano e resiliente, mudando o foco do valor exclusivo dos acionistas (*shareholders*) para todos os *stakeholders* envolvidos.

Quando as empresas começaram a adotar o Indústria 4.0, surgiu a Quinta Revolução Industrial (Indústria 5.0). Entende-se que nesta nova etapa se reconhece o poder da indústria para atingir objetivos sociais que vão além de empregos e crescimento. Deste modo para se tornar um provedor resiliente de prosperidade, fazendo com que a produção respeite os limites ao planeta e colocando o bem-estar do trabalhador da indústria no centro do processo de produção (Xu et al., 2021).

A introdução da Indústria 5.0 baseia-se na observação ou na suposição de que a Indústria 4.0 se concentra menos nos princípios originais de justiça social e sustentabilidade, mas mais na digitalização e nas tecnologias orientadas por IA para aumentar a eficiência e a flexibilidade da produção.

De fato, antes dessa introdução formal do Indústria 5.0, houve algumas discussões sobre a “Era do Aumento”, em que o ser humano e a máquina se reconciliam e trabalham em simbiose (Longo; Padovano; Umbrello, 2020).

Da mesma forma, Madsen e Berg (2021), Bednar e Welch (2020) descreveram práticas de “trabalho inteligente”. Entre essa corrente há autores que destacam o papel da sustentabilidade, enquanto outros se concentram em adotar uma abordagem centrada no ser humano e resiliente.

Pode se considerar outra perspectiva, que considera a tecnologia como habilitadora da Indústria 5.0, ou seja, um conjunto de novas tecnologias que caracterizarão esse novo paradigma da indústria visando a colaboração/inter-relação entre homem e máquina (Madsen; Berg, 2021).

Para os adeptos a essa corrente, a maior característica da Indústria 5.0 é a “Personalização”; isto é, o projeto e a produção por meio de vários dados de sensores que estarão diretamente vinculados fornecendo produtos personalizados aos usuários em tempo real (Di Nardo; Yu, 2021).

Para esses autores, o alto grau de automação que a Indústria 5.0 trará não reduziria o valor humano, mas sim o aumentaria por meio da colaboração homem-máquina.

Apesar do dissenso conceitual, é possível identificar um alinhamento no que se refere à Indústria 5.0 que é fornecer uma visão da indústria que vai além da eficiência e produtividade como os únicos objetivos, reforçando o papel e a contribuição da indústria para a sociedade (Breque; De Nul; Petridis, 2021, *European Comission*, 2021).

O objetivo da Indústria 5.0 não é substituir o paradigma existente da Indústria 4.0, mas sim aproveitar suas vantagens e expandir seu escopo, buscando, o resgate da força de trabalho pela sinergia ou interação com as máquinas (com especial preocupação com os recursos de compartilhamento e tratamento de informações).

Apesar de ser um tópico novo, a literatura já apresentou várias definições de Indústria 5.0, conforme relatado resumidamente no Quadro 2.

Quadro 2 - Principais definições da Indústria 5.0 encontradas na literatura

Autor	Definição
Leong et al. (2021)	A Indústria 5.0 é uma inovação simétrica e a próxima geração de governança global, é um avanço incremental da Indústria 4.0 (inovação assimétrica). Seu objetivo é projetar saídas seguras ortogonais, segregando os sistemas de automação hiper conectados para manufatura e produção.
Maddikunta et al (2022)	A Indústria 5.0 é uma solução de design centrada no ser humano, na qual o companheiro humano ideal e os <i>cobots</i> colaboram com os recursos humanos para permitir a fabricação autônoma personalizável por meio de redes sociais empresariais. Isso, por sua vez, permite que humanos e máquinas trabalhem lado a lado.
Humayun and Arabia (2021)	Um paradigma de manufatura que valoriza o bem-estar do trabalhador durante todo o processo de manufatura e aproveita as novas tecnologias para criar riqueza além do emprego e do desenvolvimento. Tudo isso mantendo a consciência das restrições de produção do planeta.
Kaasinen et al. (2022)	Reconhece o poder da Indústria para se tornar uma provedora resiliente de prosperidade, tendo um alto grau de robustez, concentrando-se na produção

	sustentável e colocando o bem-estar dos trabalhadores da indústria no centro do processo de produção.
Lu (2021)	Os seres humanos poderão voltar a participar do processo automatizado e cooperar com uma nova geração de Cobots para agregar valor aos produtos.
Leng et al. (2022)	A Indústria 5.0 coloca o bem-estar dos trabalhadores no centro do processo de fabricação, fazendo com que a produção respeite os limites do planeta e a simbiose harmoniosa entre humanos e máquinas, para atingir metas sociais que vão além dos empregos e do crescimento econômico. Deste modo, alcançar ainda mais a meta de desenvolvimento sustentável de uma sociedade superinteligente e valores ecológicos, que se tornará um provedor robusto e resiliente de prosperidade em uma Comunidade Industrial de Futuro Compartilhado.
Xu et al. (2021)	A Indústria 5.0 reconhece o poder da indústria para atingir metas sociais que vão além de empregos e crescimento, para se tornar um provedor resiliente de prosperidade, fazendo com que a produção respeite os limites do nosso planeta e colocando o bem-estar do trabalhador da indústria no centro do processo de produção.
European Commission (2020)	Reconhecer o poder da indústria para atingir metas sociais que vão além de empregos e crescimento, tornando-se um provedor resiliente de prosperidade. Isso fazendo com que a produção respeite os limites do nosso planeta e colocando o bem-estar do trabalhador da indústria no centro do processo de produção.

Fonte: Caggiano, Semeraro e Dassisti (2023, p. 02).

Pode-se afirmar que a Indústria 5.0 resulta do consenso da *European Commission* (2020) sobre a necessidade de integrar melhor as prioridades sociais e ambientais europeias à inovação tecnológica e mudar o foco de tecnologias individuais para uma abordagem sistemática.

Zhong et al. (2017) destacam que reconhecendo que os avanços tecnológicos transformam a maneira como o valor é criado, trocado e distribuído, há uma necessidade premente dessas tecnologias serem projetadas para apoiar os valores sociais futuros. O advento dessas mudanças e as questões intimamente ligadas à inovação tecnológica as quais exigem que a indústria repense sua posição e seu papel na sociedade.

A Indústria 5.0 está centrada em três elementos fundamentais interconectados: centralização no ser humano, sustentabilidade e resiliência (que será visto nas próximas subseções).

A indústria 5.0 identifica-se as seis tecnologias facilitadoras, ou seja (*European Commission*, 2020):

- Tecnologias individualizadas de interação homem-máquina que interconectam e combinam os pontos fortes de humanos e máquinas.
- Tecnologias de inspiração biológica e materiais inteligentes que permitem materiais com sensores incorporados e recursos aprimorados, além de serem recicláveis.

- “Gêmeos” digitais e simulação para modelar sistemas inteiros.
- Tecnologias de transmissão, armazenamento e análise de dados capazes de lidar com dados e interoperabilidade de sistemas.
- IA para detectar, por exemplo, causalidades em sistemas complexos e dinâmicos, levando a uma inteligência açãoável.
- Tecnologias para eficiência energética, energias renováveis, armazenamento e autonomia.

Para determinar a prontidão da empresa para essa mudança, é necessária uma avaliação completa, que inclui a avaliação dos recursos tecnológicos, do conteúdo e da qualidade da infraestrutura digital, das características dos recursos humanos e das práticas de sustentabilidade.

2.3 MODELOS DE MATURIDADE

Os modelos de maturidade são uma abordagem para melhorar os processos de uma empresa e os recursos no gerenciamento de processos de negócios (BPM). Na visão de Almeida Neto et al. (2015), os modelos de maturidade são estruturas conceituais com processos bem definidos para o desenvolvimento sistêmico das organizações visando o alcance de um estado futuro por meio de degraus para um amadurecimento progressivo.

Deste modo, os modelos de maturidade são usados como instrumentos para reconhecer e medir o nível de maturidade de uma empresa em um determinado domínio ou um processo relacionado a uma meta futura (De Carolis et al., 2017; Bibby e Dehe, 2018).

As empresas estão expostas à concorrência devido ao crescimento do mercado e estão sob pressão para avançar paralelamente às condições de mercado em constante mudança. Os modelos de maturidade fornecem diretrizes para o desenvolvimento de competências de transformação ao iniciar a mudança. Eles servem como guia e organizador para a transformação radical, que exige a evolução digital (Ünal, Cemil, Hakan, 2022). Sobre os modelos de maturidade Santos e Martinho (2020, p. 1026) clarificam que:

Eles se baseiam nas premissas de que pessoas, organizações, áreas funcionais e processos evoluem por meio de um processo de desenvolvimento em direção a uma maturidade mais avançada, por meio de um determinado número de níveis. Um determinado nível em um modelo é o ponto de partida a partir do qual uma evolução para um nível mais alto de maturidade pode ser planejada e implementada. O objetivo básico dos modelos de maturidade é delinear os estágios dos caminhos de maturação. Isso inclui as características de cada estágio e a relação lógica entre eles. A meta é quantificar as atividades realizadas e torná-las mensuráveis e maduras ao longo do tempo.

De acordo com Röglinger; Pöppelbuß e Becker (2013), quanto à aplicação prática as finalidades típicas de um modelo de maturidade elas são descriptivas, prescritivas e comparativas. Um modelo de maturidade serve a um propósito descriptivo se puder ser aplicado para avaliações no estado em que se encontra.

Possui um propósito prescritivo se indicar como identificar níveis de maturidade futuros desejáveis e se fornecer orientação sobre como implementar medidas de aprimoramento de acordo com os níveis. Um modelo de maturidade serve a um propósito comparativo se permitir o *benchmarking* interno ou externo.

Bons modelos de maturidade normalmente apresentam suas características e evolução. Eles devem seguir um padrão linear previsível por meio de estágios discretos. Todas as premissas devem ser avaliadas iterativamente, bem como sua utilidade, qualidade e eficácia. Deve haver uma documentação detalhada do processo de design, incluindo referências a modelos de maturidade existentes (Becker; Knackstedt; Pöppelbuß 2009).

Com base nesse processo, os modelos de maturidade mais úteis e evoluídos (dinâmicos) têm capacidade comparativa combinada com boas descrições dos itens e caminhos ou prescrições específicas ao longo dos níveis de maturidade.

Há três tipos distintos de modelos de maturidade (Vance et al., 2023):

- I. Grades de maturidade – contêm descrições de texto para cada nível de maturidade e são de complexidade moderada.
- II. Híbridos e questionários do tipo *Likert* – são construídos a partir de declarações de “boas práticas” em que o entrevistado é solicitado a pontuar seu desempenho em uma escala de classificação. Um modelo híbrido combina a abordagem de questionário com definições de cada nível de maturidade.
- III. Modelos de maturidade de recursos – geralmente é o tipo mais complexo, descreve cada área de processo e os recursos comuns e especifica as principais práticas para atender a uma série de objetivos. Este modelo estipula

cinco níveis de maturidade: inicial, repetível, definido, gerenciamento e otimização.

Os modelos de maturidade são os meios de medição e correspondência de um conjunto concreto de recursos necessários para que as empresas atinjam o estado desejado. Eles são projetados como o caminho lógico representado por níveis de maturidade separados, de modo que a empresa mais madura é aquela que possui todos os recursos para atingir seus objetivos.

Portanto, espera-se que esses modelos revelem as deficiências organizacionais atuais que precisam ser corrigidas antes de iniciar o processo de maturação especificamente definido por cada estágio de maturidade.

Além disso, eles podem ser usados como *benchmarking* para comparar o progresso de uma empresa em diferentes momentos ao longo de sua trajetória de desenvolvimento e para identificar a lacuna de desempenho em relação a outros participantes do mercado.

Após essa seção conceitual do que é um modelo de maturidade as próximas subseções irão abordar a Indústria 4.0, bem como os modelos existentes para avaliar as empresas na ótica dessa indústria.

2.3.1 Modelos de Maturidade na Indústria 4.0

Os efeitos transformacionais da digitalização e, especialmente, na Indústria 4.0, tornaram-se bastante predominantes nos últimos anos. Neste campo, é importante destacar que as empresas podem ter dois períodos para a apropriação: um é a preparação e o outro é a maturidade da implementação.

A preparação pode ser diferenciada da maturidade da seguinte maneira: a preparação é avaliada antes da participação nos processos de maturidade, enquanto a maturidade é avaliada desde a implementação real.

Em geral, o termo “maturidade” refere-se ao nível de implementação real em que a empresa está pronta para o que deseja medir ou avaliar. A maturidade pode ser avaliada quantitativa ou qualitativamente com critérios discretos de variáveis contínuas (Schumacher; Erol; Sihna, 2016).

Hoje, como quase todas as empresas empregam os padrões da Indústria 4.0, os modelos de maturidade são muito importantes. A revisão da literatura realizada por

meio da pesquisa bibliográfica encontrou alguns modelos de maturidade da Indústria 4.0 os quais são mostrados no Quadro 3.

Quadro 3 - Revisão de literatura: modelos de maturidade Indústria 4.0

Modelo	Dimensões
<i>Industry 4.0 Maturity Model</i> (Hamidi et al., 2018)	3 dimensões (Fábrica do futuro; Pessoas; Cultura, Estratégia).
<i>SME Maturity Model Assessment of IR4.0 Digital Transformation</i> (Manavalan e Jayakrishna, 2018)	7 dimensões (Estratégia e organização; Fábrica inteligente; Integração vertical e horizontal; Controle de distribuição; Produto inteligente; Serviços orientados por dados; Funcionários).
<i>SSCM Assessment for Industry 4.0</i> (Bibby e Dehe, 2018)	5 dimensões (Estratégia e organização de gerenciamento; Colaboração; Desenvolvimento sustentável; Produtos inteligentes baseados em tecnologia; Operações inteligentes baseadas em negócios).
<i>Industry 4.0 Business Model</i> (Muller, 2018)	3 dimensões (criação de valor, oferta de valor, captura de valor).
<i>Manufacturing Companies Industry 4.0 Adoption Model</i> (Lin et al., 2018)	3 dimensões (estratégia, maturidade, desempenho).
<i>ACATECH Industry 4.0 Maturity Index</i> (Schuh, 2017)	4 dimensões (recursos, sistemas de informação, estrutura organizacional, cultura).
<i>Enterprise 4.0 Assessment</i> (Baicu, 2017)	7 dimensões (estrutura, design, gerenciamento, cultura, processo, estratégia, relações com os funcionários)
<i>Industry 4.0 Maturity Model</i> (Gökalp, Şener, Eren, 2017)	5 dimensões (gerenciamento de ativos, governança de dados, gerenciamento de aplicativos, processo, transformação, alinhamento organizacional).
<i>Model of maturity evaluation of manufacturing companies to Industry 4.0</i> (Schumacher, Erol e Sihh 2016)	9 dimensões (Liderança; Estratégia; Cultura; Pessoas; Tecnologia; Operações; Produtos; Clientes; Governança).
<i>Design Business Modelling for Industry 4.0</i> (Gerlitz, 2016)	7 dimensões (perspectiva de aprendizado e crescimento, perspectiva de competitividade, perspectiva de inovação, nível operacional e de processo, nível financeiro, nível estratégico, nível socioambiental).
<i>System Integration Maturity Model Industry 4.0</i> (Leyh et al., 2016)	4 dimensões (integração vertical, integração horizontal, critérios de tecnologia cruzada, desenvolvimento de produtos digitais).
<i>Industry 4.0 Roadmap</i> (Pessl, 2017)	13 dimensões (aceitação e aplicação de novas tecnologias e mídias, competência profissional, competência de aprendizagem, estratégia corporativa, estratégia de desenvolvimento de RH, organização e democratização, modelos de trabalho flexíveis, saúde e segurança, informação e comunicação, marca do empregador, gestão de mudanças, orientação de processos, gestão do conhecimento).
<i>Industry 4.0 Maturity Model for Industry 4.0 Strategy</i> (Akdil, Ustundag e Cevikcan, 2018)	9 dimensões (estratégia, liderança, clientes, produtos, operações, cultura, pessoas, governança, tecnologia).
<i>Reference Architecture Model for the Industry 4.0 (RAMI4.0)</i> (Akdil, Ustundag e Cevikcan, 2018)	6 dimensões (negócios, funcional, informações, comunicação, integração, ativos).
<i>Design of an Assessment Industry 4.0 Maturity Model</i> (Azevedo e Santiago, 2019)	6 dimensões (produtos e serviços, fabricação, modelo de negócios, estratégia, cadeia de suprimentos, interoperabilidade).

<i>IMPULS-VDMA – Industry 4.0 readiness of maturity (Lichtblau et al., 2015)</i>	6 dimensões (Estratégia e organização, Funcionários, Fábrica inteligente, Operações inteligentes, Produtos inteligentes, Serviços orientados por dados).
--	--

Fonte: Elaborado (2024) pelo autor com base na pesquisa realizada.

A revisão da literatura revelou dois tipos de propostas de modelos de maturidade para a Indústria 4.0: os propostos por associações industriais e os publicados em periódicos científicos.

O modelo de Schumacher Erol e Sihn (2016), por exemplo, é oriundo de um artigo científico (e do meio acadêmico) e apresenta 2219 citações. Considera-se que se um *paper* foi citado muitas vezes ele terá qualidade científica e de referência. Várias bases de dados de artigos científicos incluem a contagem de citações.

A abrangência das bases de dados não é igual, o que resulta em diferentes valores para o mesmo artigo, em bases de dados distintas. Este artigo no Google Acadêmico mostra 2219 citações e na Web of Science 715 citações. Para compor o instrumento de pesquisa, neste caso o questionário, selecionou o modelo de Schumacher Erol e Sihn (2016).

Também, os modelos apresentados (Quadro 2) utilizam dimensões como critérios e escalas para gerar o nível de capacidade (ou maturidade) com relação à conexão com a Indústria 4.0. Baseado nas premissas de cada modelo, quatro ações na avaliação de maturidade são importantes (Oliveira Junior, 2018):

- Identificar oportunidades de negócio.
- Definir quais tecnologias devem ser adotadas.
- Propor melhorias para a organização ingressar na era da Indústria 4.0.
- Identificar o nível de maturidade da organização.

Esses modelos pesquisados se baseiam nos principais conceitos e tecnologias facilitadoras da Indústria 4.0, e consideram que essas tecnologias, aplicadas ao ambiente industrial, são capazes de implementar mudanças significativas na competitividade das empresas e abrir novas oportunidades de negócios.

Em geral, os modelos analisados abrangem as principais áreas estruturais das empresas, contemplando produtos, instalações, operações e processos gerenciais, força de trabalho, cultura organizacional, recursos tecnológicos, conforme observado na revisão da literatura.

Na próxima subseção será apresentado o modelo selecionado da Indústria 4.0 em conjunto com a Indústria 5.0 para criar o instrumento de pesquisa que será aplicado na agroindústria de soja.

2.3.1.1 Modelo de Schumacher Erol e Sihn (2016)

Este modelo possui quatro dimensões (cultura, liderança, estratégia, pessoas) relacionadas a questões comportamentais e de gestão. A dimensão “Cultura” enfatiza a abertura à inovação, a colaboração entre empresas e a valorização das tecnologias da informação. Na dimensão “Liderança”, há uma coordenação central para a Indústria 4.0 (Santos; Martinho, 2020).

A dimensão “Estratégia” engloba questões como a compatibilização da Indústria 4.0 com a estratégia corporativa, a gestão dos recursos para a execução das ações e a adaptação do modelo de negócio aos requisitos da Indústria 4.0. A dimensão “Pessoas” aborda as competências e a abertura dos colaboradores para as novas tecnologias, e a sua autonomia para tomar decisões.

O Modelo possui três dimensões relacionadas a questões técnicas (operações, tecnologia e produtos). A dimensão “Operações” contempla a descentralização e digitalização de processos, e a colaboração interdisciplinar e interdepartamental. A dimensão “Tecnologia” está relacionada ao seu uso para aumentar a eficiência da comunicação e das operações, incluindo a comunicação máquina-a-máquina (Schumacher; Erol; Sihn, 2016).

A dimensão “Produtos” traz uma abordagem da integração com outros recursos e sistemas por meio da sua digitalização e trata da flexibilidade de reconfiguração de produtos, visando a sua individualização.

Também, contém uma dimensão relacionada a questões contextuais que são externas às empresas. Inclui aspectos relacionados a leis trabalhistas e de propriedade intelectual, padronização de tecnologias, definição de padrões de tecnologias emergentes, bem como aspectos de gerenciamento digital de dados de clientes e vendas e o uso desses dados (Schumacher; Nemeth; Sihn, 2019). O Quadro 4, mostra as dimensões e itens de avaliação de maturidade.

Quadro 4 - Dimensões do modelo de Schumacher, Erol e Sihn (2016)

Dimensões	Itens de avaliação de maturidade
Estratégia	Utilização de um roteiro da Indústria 4.0; Disponibilidade de recursos para a Indústria 4.0; Comunicação e documentação das atividades da Indústria 4.0; Adequação dos modelos de negócios existentes para a Indústria 4.0; Existência de estratégia para transformação digital; Compatibilidade da Indústria 4.0 com as estratégias da empresa.
Liderança	Disposição dos líderes; Competências e métodos de gerenciamento; Existência de uma coordenação central para a Indústria 4.0.
Cultura	Compartilhamento de conhecimento; Inovação aberta e colaboração entre empresas; Valor das tecnologias de informação e comunicação (TIC) na empresa.
Pessoas	Competências de TIC dos funcionários; Abertura dos funcionários para novas tecnologias; Autonomia dos funcionários.
Tecnologia	Existência de TICs modernas; Utilização de dispositivos móveis; Utilização da comunicação máquina-máquina (M2M).
Operações	Descentralização de processos; Modelagem e simulação; Interdisciplinaridade; Colaboração interdepartamental.
Produtos	Individualização de produtos; Digitalização de produtos; Integração de produtos em outros sistemas; A autonomia dos produtos; Flexibilidade das características do produto.
Governança	Normas de trabalho para a Indústria 4.0; Adequação dos padrões tecnológicos; Proteção da propriedade intelectual.
Clientes	Utilização de dados de clientes; Digitalização de vendas/serviços; Competência do cliente em mídia digital.

Fonte: Schumacher, Erol e Sihn (2016, p. 164).

A versão do modelo de Schumacher, Erol e Sihn (2016), apresenta 65 itens distribuídos em 9 dimensões. Neste modelo o nível de maturidade (M_d) é resultado da média ponderada de todos os itens de maturidade (M_{di} , i) dentro da sua dimensão. O fator de ponderação (G_i , i) é igual a classificação da importância média do total de especialistas respondentes de uma pesquisa.

O nível de maturidade é calculado usando a seguinte Equação (Schumacher; Erol; Sihn, 2016):

$$M_d = \frac{\sum_{i=1}^n M_{di} \times G_{di}}{\sum_{i=1}^n G_{di}}$$

(1)

Em que:

M_d = Maturidade

d = Dimensão

i = Item

G_i = Fator de ponderação

n = Número do item de maturidade

Também se baseou o instrumento de pesquisa em Oliveira (2018). Depois de receber as respostas do questionário, as respostas são processadas de maneira compatível com o software, e os resultados são automaticamente calculados e resumidos em um relatório compacto de maturidade.

Também foi utilizado os níveis de maturidade como referência para a análise dos dados da pesquisa. Cada dimensão e itens são avaliadas do nível 0 ao nível 5 assim como no modelo de Schuh (2017) e Lichtblau et al. (2015), ou seja:

- Nível 0 - grau de implementação baixo ou nulo.
- Nível 1 - ações-piloto planejadas ou em desenvolvimento.
- Nível 2 - implementação de ações iniciadas, com alguns benefícios sendo observados.
- Nível 3 - implementação parcial de ações que aumentam a competitividade da empresa.
- Nível 4 - implementação avançada de ações, com retornos econômicos claros.
- Nível 5 - referência na aplicação dos conceitos e na implementação das tecnologias da Indústria 4.0.

De acordo com Santos e Martins (2020) não há um número padrão ou histórico de níveis nos modelos de maturidade. Modelos como o de nível 5 adotado é o nível máximo de maturidade (estado da arte). Está implícito que os níveis de 0 a 4 são evoluções incrementais até a obtenção do nível máximo.

A situação ideal seria que a empresa evoluísse de forma equilibrada no processo de transformação digital, o que reflete um bom planejamento e execução das ações de resposta da empresa.

2.3.2 Modelos de Maturidade na Indústria 5.0

A transição para a Indústria 5.0 ainda está em fase de planejamento para muitas empresas até o momento. No entanto, a Indústria 4.0 não precisa de uma mudança completa para a Indústria 5.0, mas sim de uma reorientação das novas tecnologias para a sustentabilidade, a resiliência e a centralização no ser humano.

Para planejar e implementar essa transição, a etapa inicial é avaliar o estado tecnológico e operacional atual de uma empresa, por exemplo, avaliando o chamado “nível de maturidade” (Caggiano; Semeraro; Dassisti, 2023).

De acordo com a visão comum, o paradigma da Indústria 5.0 se baseia em três pilares: princípios centrados no ser humano, resiliência, sustentabilidade, conforme o que será visto a seguir.

2.3.2.1 Princípios centrados no ser humano

De acordo com Caggiano, Semeraro e Dassisti (2023), a Indústria 4.0 concentrou-se principalmente nos avanços tecnológicos, negligenciando os aspectos sociológicos da indústria da manufatura. A Indústria 5.0, por outro lado, enfatiza o desenvolvimento de robôs equipados com assistência inteligente para humanos na execução de tarefas repetitivas, facilitando suas tarefas e permitindo que o operador humano se dedique a atividades criativas e de valor agregado.

Diferentemente da Indústria 4.0, a Indústria 5.0 prevê uma relação simbiótica entre humanos e máquinas autônomas: por exemplo, os robôs são capazes de entender e colaborar com os humanos.

Os *Cobots* (robôs colaborativos) são projetados para trabalhar com segurança junto de trabalhadores humanos, detectando e respondendo às necessidades humanas. Eles também são equipados com tecnologias avançadas de processamento de imagens que lhes permitem aprender com os operadores humanos e prever seus próximos movimentos (Romero et al., 2016).

Deste modo, a Indústria 5.0 pressupõe uma mudança significativa nas habilidades do trabalhador, permitindo que eles tenham maior responsabilidade e, ao mesmo tempo, tentando melhorar seu bem-estar.

Segundo Wan e Leirmo (2023), a Indústria 5.0 oferece muitas oportunidades, mas também exige um novo foco na segurança e na privacidade dos trabalhadores. As empresas devem adotar uma estratégia que inclua medidas de segurança tecnológica, políticas de gerenciamento de dados e segurança física para proteger suas operações ou dados confidenciais relacionados e, a reputação corporativa.

A abordagem centrada no ser humano está firmemente ligada à gestão *Lean*, ou seja, sua filosofia de envolvimento das pessoas na melhoria do processo, desde os trabalhadores do chão de fábrica até os gerentes.

O *Lean*, como um conjunto de ferramentas de gestão empresarial, representa um forte apoio para organizar a produção, gerenciar a produção, o desenvolvimento de produtos e as relações com fornecedores e consumidores. com fornecedores e consumidores. Para apoiar a organização sustentável, há estudos em que a gestão *Lean* é apoiada por novas tecnologias características da Indústria 4.0 (Langlotz; Aurich, 2020).

De acordo com Zizic et al (2022) o gerenciamento enxuto não se baseia apenas na teoria, mas é aplicável na prática, como provaram muitas empresas bem-sucedidas em todo o mundo. Muitas empresas estão liderando pelo exemplo, como, por exemplo, o sistema de produção da Toyota.

Essas empresas investem grandes quantias e esforço no desenvolvimento de seus próprios sistemas de produção eficientes com base nos princípios *Lean*. O projeto e a implementação de tal programa de melhoria contínua podem reduzir significativamente as perdas de produção e a empresa pode ser mais competitiva no mercado.

2.3.2.2 Resiliência

A resiliência, como a capacidade de resistir a interrupções e eventos catastróficos, que depende das pessoas, não foi representada de forma significativa no conceito de Indústria 4.0 pela comunidade de pesquisa. No momento, há uma forte orientação da literatura para a resiliência no contexto da tecnologia (Xu et al., 2021).

Segundo Al-Ayed (2019) a gestão estratégica de recursos humanos é fundamental para desenvolver o conhecimento, as habilidades, as aptidões e outros atributos necessários e para invocar as rotinas e os processos coletivos adequados para gerar os resultados de resiliência.

A resiliência organizacional representa a capacidade de superar os problemas causados por fatores internos ou externos. Ela implica na compreensão da situação e na sua adaptação e o gerenciamento das vulnerabilidades.

A capacidade da empresa de desenvolver resiliência é derivada de um conjunto de capacidades organizacionais específicas, rotinas, práticas e processos pelos quais a empresa se orienta, age para avançar e cria um ambiente de diversidade e integração ajustável (Lengnick-Hall; Beck;Lengnick-Hall, 2011).

A Indústria 5.0 aborda as incertezas externas em um sistema de produção, como as incertezas do mercado, da cadeia de suprimentos e do cliente, criando um sistema robusto e resiliente por meio da interação sinérgica da força de trabalho humana e das máquinas inteligentes.

Dessa forma, Semeraro et al. (2023) destacam que aumentar a resiliência de um sistema envolve investir em tecnologias de análise preditiva e IA para gerenciar riscos e planejamento de contingência. Também, implementar infraestrutura inteligente e tecnologias de comunicação avançadas para responder rapidamente a emergências graças à disponibilidade de informações coerentes disponíveis e ao sistema adequado para gerenciá-las e usá-las.

A tecnologia de ponta de gêmeos digitais, que cria uma réplica digital do sistema físico, é um exemplo claro disso para antecipar possíveis falhas em tempo real.

Essa abordagem apoia fortemente a tomada de decisões eficazes em relação à otimização e à minimização do efeito de eventos imprevistos, implementando assim um controle robusto para executar tarefas de tomada de decisões preditivas (Caggiano; Semeraro; Dassisti, 2023).

A implementação dessas tecnologias permite a antecipação e a mitigação de possíveis problemas, possibilitando que o sistema se adapte e mantenha a estabilidade mesmo em situações estressantes.

Conforme Zizic et al. (2022) a resiliência organizacional implica a compreensão da situação, a adaptação à nova situação e o gerenciamento das vulnerabilidades. A capacidade da empresa de desenvolver resiliência é derivada de um conjunto de capacidades organizacionais específicas, rotinas, práticas e processos pelos quais a empresa se orienta, age para avançar e cria um ambiente de diversidade e integração ajustável.

Assim, as novas tecnologias oferecem a capacidade de rastrear informações que apoiam a resiliência organizacional. Há experiências positivas e negativas com a introdução de novas tecnologias e expectativas em relação a elas. Cada tecnologia deve ser introduzida com cuidado e consideração especiais sobre os dados que ela pode gerar e os benefícios oriundos para a organização.

2.3.2.3 Sustentabilidade

Com a adoção de novas tecnologias, é inevitável desenvolver novos modelos de negócios. Com o uso de dados inteligentes, esse desenvolvimento deve ser explorado para ancorar modelos de negócios novos e sustentáveis.

A criação de modelos de negócios (Bocken; Boons; Baldassarre, 2019) melhores requer uma visão dos efeitos de recuperação e do potencial das empresas para influenciar os impactos da sustentabilidade em relação aos segmentos ambiental, social e econômico.

Zinzic et al (2023) destaca que os principais desafios na criação do modelo de negócios sustentável são o equilíbrio entre lucros, benefícios sociais e ambientais, a reconfiguração de recursos e processos para novos modelos de negócios. A integração de tecnologias com o modelo de negócios é uma tarefa multidimensional e complexa e requer o uso dos métodos e ferramentas de modelagem de negócios existentes.

Neste contexto, embora a automação e a digitalização dos sistemas tenham levado ao aumento do consumo de energia, algumas tecnologias podem ajudar a reduzi-lo. À medida que novas tecnologias são adotadas, há um risco de aumento da poluição do ar e do consumo de energia.

Essas mesmas tecnologias, por outro lado, permitem a análise de dados que podem ser usados para minimizar o consumo de energia, priorizando também uma abordagem de economia regenerativa e circular para reduzir o desperdício e a poluição.

Algumas tecnologias capacitadoras dos paradigmas da Indústria 5.0 dedicadas à sustentabilidade são as tecnologias de inspiração biológica, materiais inovadores para melhoria de produtos e tecnologias para eficiência energética e fontes de energia renováveis (*European Commission, 2020*).

Para obter maior sustentabilidade na fabricação, muitas empresas incorporam fontes de energia renováveis, como eólica, solar e hidrelétrica, e adotam tecnologias eficientes em termos de energia.

Elas também podem buscar utilizar materiais e métodos de produção sustentáveis, bem como integrar princípios de economia circular, como sistemas de ciclo fechado e redução de resíduos, em suas estruturas de gerenciamento.

O Quadro 5 mostra uma síntese dos três elementos da Indústria 5.0 proposto pela *European Commission* (2020).

Quadro 5 - Elementos da Indústria 5.0

Elementos da Indústria 5.0	Descrição
Princípios centrados no ser humano	<p>Coloca as necessidades e os interesses humanos no centro do processo de produção, mudando do progresso orientado pela tecnologia para uma abordagem totalmente centrada no ser humano e na sociedade. Como resultado, os trabalhadores da indústria desenvolverão novas funções como uma mudança de valor, passando de considerar os trabalhadores como "custo" para "investimento". A tecnologia deve servir às pessoas e às sociedades, o que significa que na manufatura ela é adaptável às necessidades e à diversidade dos trabalhadores da indústria.</p> <p>Um ambiente de trabalho seguro e inclusivo deve ser criado para priorizar a saúde física, a saúde mental e o bem-estar e, em última análise, proteger os direitos fundamentais do trabalhador, ou seja, a autonomia, a dignidade humana e a privacidade. Os trabalhadores da indústria precisam continuar se aperfeiçoando e requalificando para obter melhores oportunidades de carreira e equilíbrio entre vida pessoal e profissional.</p>
Sustentabilidade	<p>Para que a indústria respeite os limites do planeta, ela necessita ser sustentável. Ela precisa desenvolver processos circulares que reutilizem, reaproveitem e reciclem recursos naturais, reduzam o desperdício e o impacto ambiental e, por fim, levem a uma economia com melhor eficiência e eficácia de recursos.</p>
Resiliência	<p>A resiliência se refere à necessidade de desenvolver um grau mais elevado de robustez na produção industrial, armando-a melhor contra interrupções e garantindo que ela possa fornecer e apoiar a infraestrutura essencial em tempos de crise. A indústria do futuro precisa ser resiliente o suficiente para navegar rapidamente pelas mudanças (geo)políticas e emergências naturais.</p>

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Xu et al. (2021).

Para avaliar a maturidade na Indústria 5.0, estudos como o de Zizic et al. (2022), Hein-Pensel et al. (2023), Arta et al. (2024) utilizaram os três elementos propostos pela *European Commission* (figura 2), não sendo encontrado modelo específico que abordem outras dimensões. Para este estudo, também será utilizado estes três elementos da Indústria 5.0.

Figura 2 - Elementos para avaliar maturidade da Indústria 5.0



Fonte: Hein-Pensel et al. (2023, p. 202).

De acordo com Hein-Pensel et al. (2023) já existem várias abordagens para modelos de maturidade centrados no ser humano. Entretanto, elas ainda não são suficientes para fornecer uma abordagem holística. Embora existam muitas definições diferentes de Indústria 5.0, todas elas se baseiam nos mesmos três pilares: princípios centrados no ser humano, resiliência e sustentabilidade.

2.4. INDÚSTRIA 4.0 E INDÚSTRIA 5.0

Semelhante a Indústria 4.0, a Indústria 5.0, para ser bem-sucedida, precisará de investimentos substanciais das agências governamentais. Independentemente do seu futuro, seus valores fundamentais – centralização no ser humano, sustentabilidade e resiliência – tornaram-se as principais forças motrizes do progresso social, em vez de serem um subproduto do desenvolvimento da prosperidade impulsionado pelo Produto Interno Bruto (PIB) (Xu et al., 2021).

Os seres humanos reconheceram a importância de usar a tecnologia como uma ferramenta de progresso desde o início da industrialização. Alguns dos avanços ocorridos nos últimos séculos incluem máquinas e equipamentos a vapor, fábricas de montagem e tecnologia de computadores, todos com o objetivo de produzir tecnologia extremamente assertiva e melhorar a eficiência e a eficácia.

De acordo com Alojaiman (2023), a Indústria 5.0 muda essa concepção e introduz uma revolução, reduzindo a proeminência da tecnologia e assumindo que

todo o potencial de avanço está na colaboração homem-máquina. Acredita-se que o Indústria 5.0 seja a solução para a questão de uma perspectiva de inovação centrada no ser humano revivida, começando com a reorganização dos processos de fabricação da indústria (sistêmicos, organizacionais, gerenciais, baseados em conhecimento, intelectuais e sociais).

O estado atual da percepção da Indústria 5.0 é que se trata de um movimento para restaurar a conexão humana com a indústria de manufatura. A necessidade do cliente e a personalização em massa está impulsionando isso. Essa ideia implica que as ofertas da Indústria 5.0 capacitam os clientes com um método pelo qual eles gastariam mais dinheiro.

A Indústria 5.0 é uma noção que visa a tornar a indústria mais sustentável do ponto de vista ambiental, centrado no ser humano e resiliência. Outros veem a Indústria 5.0 como um complemento da Indústria 4.0, enquanto outros como um aprimoramento progressivo e gradual que expande as teorias e estratégias da Indústria 4.0 (Alojaiman, 2023).

O Quadro 6 compara as definições, os objetivos, as metodologias sistêmicas, os fatores humanos, as estratégias e ideias de apoio e as considerações climáticas da Indústria 4.0 e da Indústria 5.0.

Como a Indústria 5.0 é um conceito novo, há pouco consenso sobre como ele deve ser representado. Além disso, a tendência fundamental da Indústria 5.0 é a implantação de ambientes de trabalho conjunto entre humanos e robôs e o desenvolvimento de sociedades inteligentes.

Quadro 6 - Análise comparativa entre a Indústria 4.0 e a Indústria 5.0

Fatores	Indústria 4.0	Indústria 5.0
Definição	Está transformando a forma como as empresas fabricam, inovam e oferecem seus produtos. Os produtores estão incorporando inovações como a IoT, serviços e análises em nuvem e algoritmos de IA e aprendizado de máquina em suas instalações e procedimentos de fabricação.	Refere-se a uma nova era de industrialização em desenvolvimento, na qual os seres humanos colaboram com a tecnologia moderna e com as máquinas movidas a IA para melhorar os procedimentos no local de trabalho. Isso é acompanhado por uma maior orientação centrada no ser humano, melhor adaptabilidade e uma maior ênfase na obtenção do desenvolvimento sustentável
Objetivo	Fábrica inteligente.	Sustentabilidade, centrada no ser humano e resiliente.
Motivação	Produção em massa.	Sociedade inteligente e desenvolvimento sustentável.

Fator humano	Interação humano-computador, movimentos monótonos.	Proteção e controle de funcionários, aprendizado e desenvolvimento da força de trabalho.
Metodologia	Vigilância de dados em tempo real, uma rede interconectada que acompanha todas as fases do ciclo de vida.	O uso adequado da tecnologia para melhorar as preocupações e prioridades humanas, as decisões técnicas socio centrícas, a metodologia 6R e as diretrizes de projeto de eficiência de transporte.
Tecnologias facilitadoras	Tecnologia de nuvem, Internet das coisas, big data e análise, segurança da informação e CPS.	<i>Big data</i> e análise, tecnologia de nuvem, Internet das coisas, robôs colaborativos, segurança digital, sistemas de suporte inspirados na natureza, sistemas de tomada de decisão, redes inteligentes, serviços previstos, manufatura aditiva, realidade mista.
Inferências climáticas	Os sistemas são econômicos, o desperdício é reduzido por meio de inteligência de negócios, manufatura aditiva, sistemas otimizados, o consumo de material aumentou, o consumo de energia aumentou e o ciclo de vida do produto foi ampliado.	Prevenção e regeneração de resíduos, fontes de energia sustentável, armazenamento de dados, transporte e análise que usam menos energia, sensores inteligentes e eficientes em termos de energia.

Fonte: Alojaiman (2023, p. 4).

Esse próximo movimento de industrialização deve caracterizar como se trabalha de forma colaborativa e identificar as diretrizes para as interações homem-máquina.

Como a maior parte da automação, das máquinas inteligentes e até mesmo dos sistemas robóticos está funcionando no ambiente, apoiando a população trabalhadora ou assumindo seções significativas dos procedimentos e funções de produção e fabricação, os estágios dos esforços de colaboração entre indivíduos e máquinas começarão a mudar (Alojaiman, 2023).

Os líderes da indústria precisam compreender as possíveis modificações e interrupções nos fornecedores mundiais, na base de clientes e nos mercados globais, e não apenas as tendências e mudanças em suas principais indústrias. O ambiente em rápida mudança está exercendo uma pressão inesperada sobre toda a equipe, governos, órgãos legislativos e formuladores de políticas.

O Quadro 7 resume a conexão entre os principais viabilizadores da Indústria 4.0 e da Indústria 5.0 e as pessoas, a organização e a tecnologia.

Quadro 7 - Conexão entre os principais viabilizadores do Indústria 4.0 e Indústria 5.0
e as pessoas, a organização, e tecnologia

	Pessoas	Organização	Tecnologia
Princípios centrados no ser humano	<ul style="list-style-type: none"> O Operador 5.0 deve colaborar com o equipamento usando seus próprios recursos físicos, sensoriais e cognitivos. 	<ul style="list-style-type: none"> Principais domínios da ergonomia (físico, cognitivo e organizacional). Digitalização para melhorar a qualidade dos locais de trabalho. 	<ul style="list-style-type: none"> Melhor adaptação da tecnologia às necessidades humanas. Cuidado especial com a interação entre humanos e máquinas.
Sustentabilidade	<ul style="list-style-type: none"> Pessoas que podem gerenciar as mudanças e devem ser capazes de passar da tecnologia para as soluções e das soluções para as operações. Novos empregos e conhecimentos. 	<ul style="list-style-type: none"> Novos modelos de negócios para influenciar os impactos da sustentabilidade em relação aos segmentos ambiental, social e econômico. Gestão <i>Lean</i> como suporte. 	<ul style="list-style-type: none"> Redução de energia. Uso eficiente de energia. Desperdício logístico de informações no processo. Análise de dados para redução de energia.
Resiliência	<ul style="list-style-type: none"> As pessoas são um dos componentes mais importantes porque são os primeiros a detectar as anomalias, e seu treinamento e educação, conscientização e liderança, bem como suas habilidades e talentos, são fatores cruciais. 	<ul style="list-style-type: none"> Conjunto de capacidades organizacionais específicas, rotinas, práticas e processos. Implementação de planos de risco e técnicas de prevenção. Redes de produção colaborativa. 	<ul style="list-style-type: none"> Rede descentralizada <i>peer-to-peer</i>. A integração de informações entre segmentos, níveis e processos industriais. Segurança dos dados. Plataformas inteligentes para redes colaborativas.

Fonte: Zizic et al., (2022, p. 13).

Uma das mais importantes transições paradigmáticas que caracterizam a Indústria 5.0 é a mudança de foco do progresso impulsionado pela tecnologia para uma abordagem totalmente centrada no ser humano.

Isso significa que a indústria precisa considerar as restrições sociais, com o objetivo de não deixar ninguém para trás. Isso tem várias implicações, relacionadas a um ambiente de trabalho seguro e benéfico, ao respeito aos direitos humanos e aos requisitos de qualificação dos trabalhadores (*European Commission*, 2020).

Na Indústria 5.0, a função e a narrativa em torno do trabalhador da indústria mudam consideravelmente. O trabalhador não deve ser considerado como um “custo”,

mas sim como uma posição de “investimento” para a empresa, permitindo que tanto a empresa quanto o trabalhador se desenvolvam.

Isso implica que o empregador está interessado em investir em habilidades, capacidades e no bem-estar de seus colaboradores para atingir seus objetivos. Essa abordagem é muito diferente de equilibrar o custo do colaborador com a receita financeira: o capital humano é mais valorizado e apreciado.

Atualmente, os pesquisadores estão começando a pensar além da indústria 5.0, a Indústria 6.0, uma ideia futurista. A Indústria 6.0 é a ideia que varia de acordo com a necessidade dos setores. Às vezes, ela é onipresente, voltada para o cliente, virtualizada, centrada no ser humano e no robô e em ativos homogêneos etc. (Chourasia et al., 2022).

A previsão futura para a Indústria 6.0 é a hiper conexão entre as indústrias, a customização altamente massiva de produtos e serviços com a vinculação do conceito de gerenciamento dinâmico da cadeia de suprimentos, a classe altamente customizada, o pensamento de tamanho de lote único, em que todas as informações podem se espalhar por todos os países.

Segundo Chourasia et al. (2022), a Indústria 6.0 é a convergência de várias ideias, geradas em milhões de mentes de líderes, cientistas e pesquisadores. Ela é um passo adiante da Indústria 4.0 e 5.0, em que cada operação é controlada por mentes humanas e executada por robôs automatizados.

A Indústria 6.0 é uma ideia futurista, em que várias operações e serviços de manufatura são fornecidos aos clientes usando inteligência artificial, energia de computação em nuvem, trabalho humano-robô, *big data*, em que robôs habilitados para IA industrial e por satélite prestariam assistência.

2.5 AGRICULTURA 4.0 E 5.0

Projeta-se que a demanda global de alimentos aumentará 70% até 2050 para acomodar a necessidade de uma população estimada em 10,1 bilhões de pessoas e os crescentes consumidores de classe média. De acordo com Rudrakar e Rughani (2023), mais de 27% da população mundial depende diretamente da agricultura para sua subsistência.

A produção agrícola precisa de um grande impulso para atender a essa demanda de suprimento de alimentos, apesar da disponibilidade limitada de terras

aráveis, da extrema escassez de mão de obra agrícola em todo o mundo, do aumento do custo dos insumos agrícolas, dos impactos das mudanças climáticas e de outros problemas sociais críticos, como o envelhecimento da população, a polarização social etc. (Bissadu; Sonko; Hossain, 2024).

O mundo percebeu rapidamente que era vital garantir a segurança alimentar para todos e, ao mesmo tempo, manter a sustentabilidade e a eficiência do gerenciamento de recursos.

De acordo com Bechar e Vigneault (2016), essa percepção desencadeou uma mudança significativa na agricultura com a ampla digitalização da agricultura, em que o foco estava no uso da tecnologia, o que trouxe a introdução de várias tecnologias, como IoT, IA, 5G, *big data*, robótica e computação em nuvem.

A agricultura 4.0 trouxe à tona uma série de vantagens competitivas, principalmente centradas em uso intensivo de tecnologia e automação de práticas e procedimentos agrícolas.

Apesar das vantagens substanciais da digitalização, a agricultura digital é predominantemente orientada pela tecnologia, negligenciando a dimensão crucial centrada no ser humano, essencial para aumentar a produção, a resiliência e a agricultura sustentável. A ausência do elemento humano na integração da tecnologia à agricultura limita seus potenciais, o que desencadeia a necessidade de repensar a agricultura digital.

Mourtzis, Angelopoulos e Panopoulo (2022), comentam que a Agricultura 5.0 é um novo paradigma agrícola que pretende abordar várias questões que a Agricultura 4.0 não conseguiu resolver. É um subconjunto da Indústria 5.0 e representa um passo significativo para a realização da Sociedade 5.0. É um conceito emergente que implica a incorporação de tecnologias de ponta, bem como interações homem-máquina, nas práticas agrícolas.

O conceito de Agricultura 5.0 surge da necessidade de harmonizar os avanços na produção agrícola com a resolução de desafios sociais, alcançados por meio de um alto nível de integração entre espaços cibernéticos e físicos.

O paradigma da Agricultura 5.0, deriva da ideia da Sociedade 5.0, que está surgindo como uma resposta aos desafios enfrentados pela sociedade atual. A Sociedade 5.0 prevê uma sociedade superinteligente em que a integração do espaço cibernético e do espaço físico permite que todos desfrutem de uma vida confortável e de alta qualidade (Fukuda, 2020).

Diferentemente da Indústria 5.0 em que existem definições claras na literatura, não há uma definição clara de Agricultura 5.0 na literatura, nem um acordo consensual sobre o conceito. Há dois pontos de vista principais quando se trata da definição do conceito de Agricultura 5.0 (Bissadu; Sonko; Hossain, 2024; Polmeni et al., 2023; Baryshnikova et al., 2022; Ragazou et al., 2022):

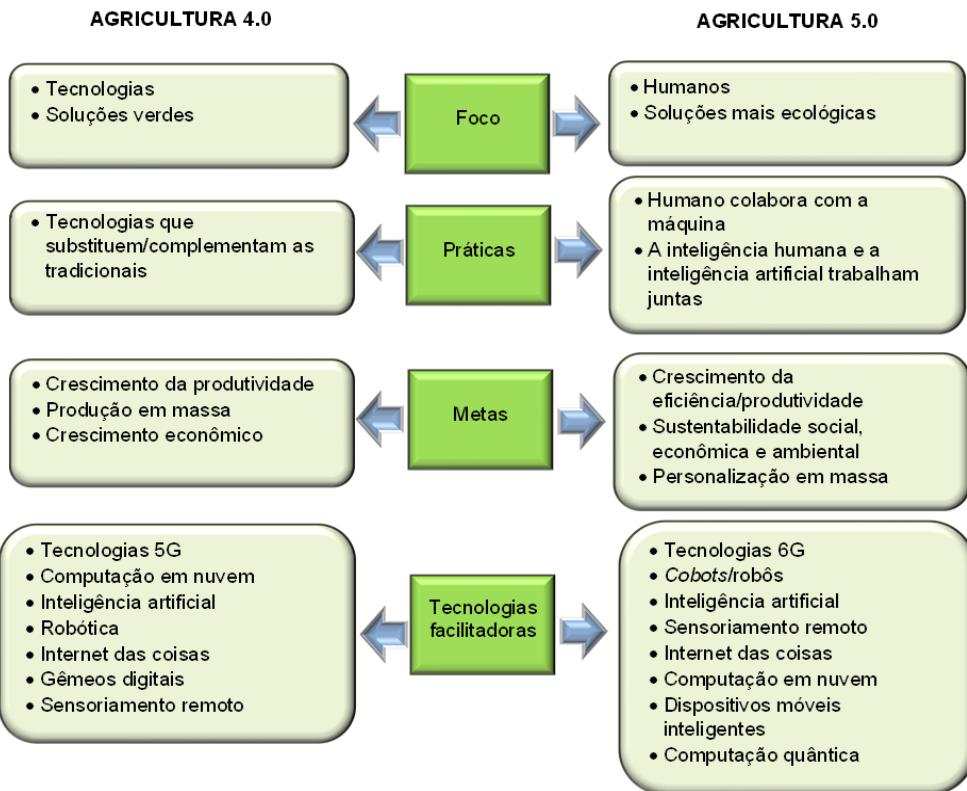
- A primeira visão considera a Agricultura 5.0 como a integração de IA, *big data*, robótica, computação em nuvem e automação para aumentar a eficiência das operações agrícolas que melhoram a qualidade dos recursos humanos e naturais por meio da priorização do desenvolvimento sustentável.
- A segunda visão retrata a Agricultura 5.0 como um paradigma completamente novo de agricultura, que priorizará os seres humanos em relação às máquinas. Assim, colocando em prática o conceito de sustentabilidade e incorporando tecnologia, valores humanos, sociais e culturais para atingir as metas de desenvolvimento sustentável. Para os defensores dessa visão, a sustentabilidade é imperativa em todos os aspectos da vida, levando a uma visão de práticas agrícolas resilientes, sustentáveis e biorientadas.

Bissadu, Sonko e Hossain (2024) salientam que ambas as perspectivas indicam que a Agricultura 5.0 dependerá muito de tecnologias capacitadoras, com o objetivo principal de promover uma agricultura resiliente, sustentável e centrada no ser humano.

A Agricultura 5.0 prevê uma coexistência harmoniosa entre máquinas e humanos, em que as máquinas lidam com tarefas monótonas, repetitivas e propensas a erros, enquanto os humanos se concentram em atividades que exigem inteligência cognitiva e humana complexa.

Embora a Agricultura 5.0 possa aproveitar as tecnologias existentes da Agricultura 4.0, seu foco, suas práticas e seus objetivos fundamentais são distintos e claramente demarcados dos paradigmas agrícolas anteriores, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Principais diferenças entre o Agricultura 4.0 e 5.0



Fonte: Bissadu, Sonko e Hossain (2024).

A transição para a Agricultura 5.0 é impulsionada por vários fatores importantes. O primeiro grupo de fatores, considerado como impulsionadores negativos, por exemplo, está relacionado às limitações das práticas agrícolas atuais orientadas para a tecnologia; ao aumento dos problemas ambientais; escassez de mão de obra; preocupações com as funções e oportunidades humanas que estão sendo substituídas por máquinas; insegurança alimentar; preocupações relacionadas ao consumo de alimentos e problemas de saúde.

Por outro lado, os fatores impulsionadores positivos incluem condições favoráveis ou propícias e tecnologias existentes ou promissoras que facilitam a transição e a implementação das práticas da Agricultura 5.0.

De acordo com Fraser e Campbell (2019), as tecnologias desempenharão um papel importante na nova agricultura para que o cultivo seja mais eficiente. Existem várias tecnologias que podem ser adaptadas para a agricultura transformacional.

As quatro principais tecnologias disruptivas que poderiam ser aproveitadas para a transição para a Agricultura 5.0 incluem IA, computação em nuvem, robótica e IoT.

A Agricultura 5.0 fará avançar ainda mais a agricultura e a produção agrícola em geral por meio da introdução de novas tecnologias que proporcionam uma gestão precisa e mais eficiente com base nas características únicas de cada campo ou animal.

Importante destacar aqui que quando se trata de agricultura e agronegócio existem diferenças entre cada termo. De acordo com o Barros (2022):

Agronegócio é a expressão que resulta da fusão de agricultura e negócio. Este termo – negócio – vem originalmente do latim “*negotium*” (negação do ócio) e tem o significado de ocupação ou trabalho visando a atingir determinados fins para satisfação de desejos ou necessidades de quem os executa ou de outrem; neste último caso, mediante alguma recompensa aos executores. Agricultura ou agropecuária (usados aqui como sinônimos), por sua vez, relaciona-se ao cultivo da terra e recursos naturais em geral, seja para produção vegetal – grãos, frutas, legumes e verduras, fibras, madeira – ou animal – produtos da bovinocultura, suinocultura, avicultura, pesca (Barros, 2022, p. 02).

Deste modo, considerando a origem do termo agronegócio ele envolve essencialmente atividades econômicas pertinentes à agricultura. O seu conceito engloba todas as atividades econômicas (industriais e de serviços) que não existiriam se a agropecuária não existisse.

O agronegócio na atualidade é visto como um “feixe de cadeias produtivas”, determinada como uma lógica coordenada que, a partir de insumos, chega à produção de matérias primas agropecuárias, ao seu processamento e à distribuição, no tempo e no espaço, aos consumidores de seus derivados. Pode ser referido também como conjunto de “filières”, como definem os franceses, destacando o sequenciamento de operações dos insumos ao produto para consumo final (Barros, 2022).

O agronegócio refere-se, também, ao conceito de complexo agroindustrial, que destaca o caráter evolutivo da produção primária para o complexo conjunto de segmentos correlatos.

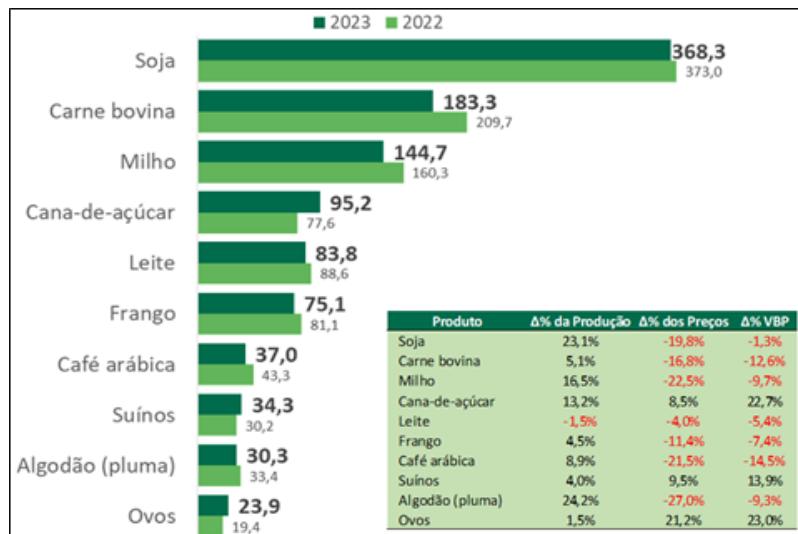
2.6 INDÚSTRIA DE SOJA NO BRASIL

O agronegócio tem sido reconhecido como uma variável fundamental do crescimento econômico brasileiro. Em 2022, a soma de bens e serviços oriundos no agronegócio alcançou R\$ 2,54 trilhões ou 25% do PIB brasileiro.

Dentre os segmentos, a maior participação é do ramo agrícola, que equivale a 72,2% desse valor (R\$ 1,836 trilhão), a pecuária corresponde a 27,8%, ou R\$ 705,36

bilhões (CNA, 2023). A soja em grão é o “carro-chefe” da produção agropecuária brasileira, com faturamento de R\$ 368,34 bilhões (figura 4).

Figura 4 - Comparativo 2023-2022 dos 10 principais produtos do Valor Bruto da Produção da agropecuária (R\$ bilhões)



Fonte: CNA (2023)

De acordo com a CNA (2023) apesar das instigações atuais nos mercados doméstico e internacional, os destinos e a variabilidade de produtos exportados pelo agronegócio brasileiro aumentaram expressivamente.

O Brasil é hoje o maior exportador de açúcar, café, suco de laranja, soja em grãos; e o segundo maior em carnes bovina e de frango (como mostra a figura 5). Também, o país, é o maior produtor mundial de soja em grãos, café, suco de laranja e açúcar; o segundo de carnes bovina e terceiro de frango.

Figura 5 - Produção e exportações brasileiras no ranking mundial em 2023



Fonte: CNA (2023)

Sobre a chegada da soja no Brasil a Aprosoja Brasil (s.d, s.p) destaca o seguinte:

Embora haja registros históricos que apontam para cultivos experimentais de soja na Bahia já em 1882, a introdução da soja no Brasil tem o ano de 1901 como marco principal: é quando começam os cultivos na Estação Agropecuária de Campinas e a distribuição de sementes para produtores paulistas. O grão começa a ser mais facilmente encontrado no País a partir da intensificação da migração japonesa, nos anos 1908. Em 1914, é oficialmente introduzida no Rio Grande do Sul – estado que apresenta condições climáticas similares às das regiões produtoras nos Estados Unidos (origem dos primeiros cultivares, até 1975). A expansão da soja no Brasil começa mesmo nos anos 1970, quando a indústria de óleo começa a ser ampliada. O aumento da demanda internacional pelo grão é outro fator que contribui para o início dos trabalhos comerciais e em grande escala da sojicultura.

A expansão dos plantios de soja no Brasil sempre esteve conectada ao desenvolvimento rápido de tecnologias e pesquisas orientada no atendimento da demanda externa. Na década de 1970 a soja já era a principal cultura do agronegócio nacional. A produção havia ultrapassado de 1,5 milhão de toneladas em 1970 para mais de 15 milhões de toneladas em 1979.

Essa ampliação desde esse início esteve profundamente ligada aos investimentos no aumento de produtividade, e não essencialmente de área (que de 1,3 milhão de hectares passou para 8,8 milhões de hectares na década). Os índices de produtividade nesse período saíram do patamar de 1,14 t/ha para 1,73 t/há (Aprosoja Brasil, s.d.).

A cultura da soja possibilitou uma grande mudança alimentar. Hoje não existe nenhuma outra proteína de origem vegetal com melhor custo-benefício para a produção de carnes e ovos, do que soja.

A demanda por proteína animal tem crescido nas últimas décadas e seguirá aumentando. Assim, além de assegurar proteína animal em grande quantidade e preços acessíveis aos brasileiros, a soja é importante para a segurança alimentar de muitos outros países.

A inserção da soja para além dos estados da região Sul só foi possível pelo fato do desenvolvimento de cultivares ajustadas ao clima mais quente. A adoção da técnica do plantio direto também colaborou para a inclusão do grão na agricultura das regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte.

A questão de que a soja possibilita a fixação no solo de nutrientes fundamentais para o plantio de outras culturas, como o feijão e o milho, foi um fato positivo para sua expansão no Brasil, pois permitiu o uso de uma entressafra produtiva. Sobre o desenvolvimento de cultivares a Aprosoja Brasil (s.d., s.p.) destaca:

O desenvolvimento de cultivares tolerantes a herbicidas chega ao Brasil em 1995, quando o Governo Federal aprova a Lei de Biossegurança, permitindo então o cultivo de plantas de soja transgênicas em caráter experimental. A lei é atualizada em 2005, regulamentando definitivamente o plantio e a comercialização de cultivares transgênicas no Brasil. Esse processo de consolidação da sojicultura no País foi fundamental para o desenvolvimento de toda uma cadeia produtiva, incluindo investimentos privados e públicos em estruturas de armazenagem, unidades de processamento do grão e modais para transporte e exportação da soja e seus derivados. Além disso, a soja brasileira permitiu uma maior viabilidade comercial para a atividade pecuária, devido ao fato de que se trata de uma matéria-prima estratégica para a produção de ração animal para gado bovino, suíno e aves.

Segundo o Anuário da cadeia de soja e biodiesel, elaborado pela Abiove/Cepea (2023), o PIB total dessa cadeia produtiva alcançou em 2022, expressivos R\$ 673,7 bilhões. De 2010 a 2022, sua participação aumentou de 9% para 27% do PIB do agronegócio nacional.

Dentro da produção, a soja gerou PIB de R\$ 192,1 bilhões em 2022, 53% maior do que em 2010, dimensão compatível com a sua dominância no contexto da agropecuária nacional. Na agroindústria, foi gerado PIB de quase R\$ 77 bilhões em 2022, 46% de aumento comparado a 2010, sendo R\$ 57,7 bilhões pela indústria de esmagamento e refino, 44% maior que 2010.

De acordo com o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA, 2023), a produção de soja no país em 2022/23 está estimada em 154,8 milhões de toneladas. A produção é liderada pelos estados de Mato Grosso, com 29,1% da produção nacional; Paraná com 14,4%; Goiás, 11,5%; Rio Grande do Sul 9,4%, e Mato Grosso do Sul, 9,1%.

Esses cinco estados somaram 73,4% da produção nacional em 2022/23. A soja é atualmente o produto mais importante para a maior parte dos estados brasileiros, e têm a soja como a principal lavoura na formação do valor da produção.

De 2010 a 2022, a produção de soja aumentou sua participação de 23,8% para 28,5% no PIB frente à agroindústria que diminuiu de 14,3% para 11,4%, demonstrando um maior crescimento da produção de soja em relação ao processamento.

O consumo doméstico de soja em grão poderá atingir 61,0 milhões de toneladas no final da projeção, contudo poderá alcançar 68,3 milhões de toneladas em 2032/33, como mostra a Figura 6.

O consumo de soja grão projeta-se crescerá 17,6% até 2032/33. Deve aumentar nos próximos anos abaixo do consumo de milho, que está projetado em 25,2% entre 2023 e 2033, ambos produtos fundamentais na preparação de rações.

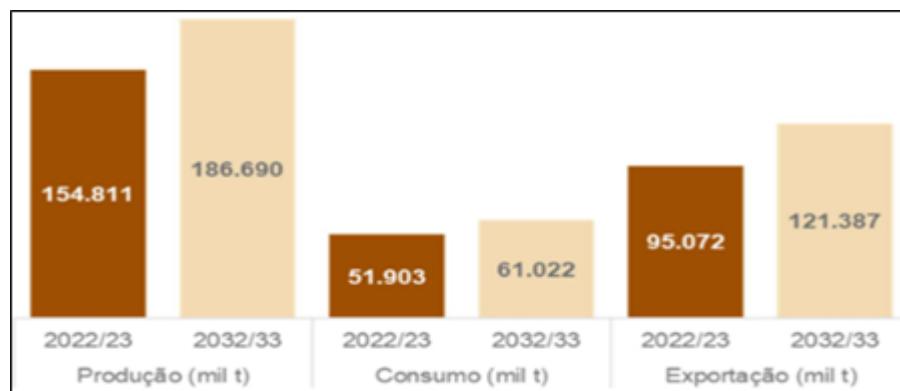
Figura 6 - Produção, consumo e exportação de soja em Grão (mil toneladas)

	Produção (mil t)	Consumo (mil t)	Exportação (mil t)
2022/23	154.811	51.903	95.072
2023/24	142.734	50.977	92.998
2024/25	157.400	52.271	97.926
2025/26	154.765	54.189	100.191
2026/27	163.323	54.663	103.469
2027/28	164.640	55.549	106.362
2028/29	170.641	56.961	109.402
2029/30	173.612	57.898	112.385
2030/31	178.544	58.808	115.390
2031/32	182.206	59.972	118.387
2032/33	186.690	61.022	121.387

Fonte: MAPA (2023, p. 38).

As exportações de soja em grão do país, projetadas pelo MAPA, para 2032/33 são de 121,387 milhões de toneladas (figura 7). O USDA (*U.S. Department of Agriculture*) projeta para o Brasil, 130,4 milhões de toneladas exportadas em 2032/33 (MAPA, 2023).

Figura 7 - Produção, consumo e exportação de Soja (mil toneladas)



Fonte: MAPA (2023, p. 39).

A variação prevista pelo USDA, em 2032/33 relativamente a 2022/23 é de um aumento na quantidade exportada de soja grão da ordem de 40,9 milhões de toneladas, acima do resultado deste relatório, estimado em 26,3 milhões de toneladas exportadas.

As projeções deste relatório indicam um acréscimo na quantidade exportada de soja grão menor que as do USDA. As projeções do USDA (2023) indicam que o Brasil deverá ter uma participação de 60,6% nas exportações mundiais.

A Tabela 1 mostra que o Brasil tem uma capacidade instalada de indústria de soja de mais de 200.000 tonelada/dia, o que representa mais de 60 milhões de tonelada ano.

Isso considerando 330 dias de produção anual, uma capacidade de refino de óleo de mais de 22.000 tonelada dia e de envase de óleo de mais de 13.000 toneladas por dia, números suficientes hoje para atender a demanda interna e exportação do excedente (Abiove, 2024).

Tabela 1 - Capacidade instalada da indústria brasileira de óleos vegetais (tonelada/dia): por estado, 2024

Estado	UF	Processamento		Refino		Envase	
		Ton./dia	%	Ton./dia	%	Ton./dia	%
Mato Grosso	MT	47,774	21.8%	2,843	12.2%	2,503	18.3%
Paraná	PR	41,188	18.8%	3,725	16.0%	2,495	18.2%
Goiás	GO	30,110	13.7%	3,670	15.7%	2,953	21.6%
Rio Grande do Sul	RS	31,750	14.5%	300	1.3%	50	0.4%
Mato Grosso do Sul	MS	18,080	8.3%	2,334	10.0%	1,295	9.5%
São Paulo	SP	14,485	6.6%	5,140	22.0%	1,535	11.2%
Minas Gerais	MG	9,980	4.6%	2,256	9.7%	1,282	9.4%
Bahia	BA	8,150	3.7%	1,123	4.8%	1,049	7.7%
Tocantins	TO	5,000	2.3%	-	0.0%	-	0.0%
Santa Catarina	SC	4,300	2.0%	550	2.4%	-	0.0%
Piauí	PI	3,350	1.5%	120	0.5%	180	1.3%
Amazonas	AM	2,000	0.9%	-	0.0%	-	0.0%
Maranhão	MA	1,500	0.7%	330	1.4%	330	2.4%
Roraima	RR	1,000	0.5%	-	0.0%	-	0.0%
Rondônia	RO	400	0.2%	-	0.0%	-	0.0%
Ceará	CE	-	0.0%	200	0.9%	-	0.0%
Pernambuco	PE	-	0.0%	753	3.2%	-	0.0%
Total		219,067		23,343		13,673	

Fonte: Abiove (2024).

Com esses números e potencialidade de crescimento, seria apropriado analisar como está o posicionamento desse setor considerando o conceito de (agro)indústria 5.0, já que, os últimos 2 anos foram de muitos desafios e adequações. Além disso, a tecnologia é um pilar determinante para a continuidade da sustentabilidade dos negócios face ao mercado cada vez mais competitivo, disruptivo e globalizado.

Verifica-se, dessa forma, que as empresas devem encontrar, em função da pressão e dos desafios diários dos negócios, dificuldades em avaliar como estão os seus desempenhos, comparado com os seus concorrentes e estar atualizada nas novas tecnologias e inovação, sustentabilidade, resiliência organizacional.

A seguir descrever-se-á dois aspectos importantes da indústria de soja, ou seja, processo industrial e capacidade de esmagamento.

A) Processo industrial

O processo de industrialização da soja começa com o esmagamento e a extração do óleo. Após passar por processos de secagem, para remoção de umidade e limpeza, o grão é fragmentado e prensado em pequenas lâminas, que, são modificadas em massa, são lavadas com solvente proveniente de petróleo (hexano). De Paula e Favaret (2014, p. 134-135) detalha o processo industrial da soja:

O produto fica impregnado com óleo e posteriormente é feita a separação, por evaporação, passando ainda por um sistema de retirada de goma (degomagem) para alcançar o estágio de óleo bruto. A massa restante, após secagem e tostagem, resulta no farelo. A goma tanto pode ser utilizada para a produção de lecitina de soja quanto ser adicionada ao farelo. Este é o método usado por praticamente todas as unidades de esmagamento em atividade atualmente no Brasil, que nos anos 1970 trocou a técnica de prensagem pelo uso do solvente. Algumas fábricas utilizam um extrusor para aumentar a densidade da massa e facilitar a extração do óleo. No início do processo industrial pode ser feita a retirada da casca do grão, resultando num farelo de maior quantidade de proteína (*hi-pro*).

A principal finalidade do óleo é o refino, e o farelo tem o destino da alimentação animal, de modo direto ou por meio das misturas realizadas pelas fábricas de ração. O uso médio do grão é de 79% de farelo e 18,8% de óleo bruto.

De acordo com De Paula e Favaret (2014), a operação de esmagamento, a retirada do óleo e seu refino precisam de maior atenção quando se trata da indústria de soja. Pois a maior parte é farelo ou porque vai para o consumo doméstico de óleo refinado e a exportação de óleo bruto. A cadeia produtiva de soja não finaliza somente nos dois processos descritos (industrial e esmagamento). O óleo segue sendo

transformado em diversos produtos, em que a margarina se destaca, ainda que outros subprodutos de uso alimentar e químico façam parte do aproveitamento da soja.

B) Capacidade de esmagamento no Brasil

Segundo dados da Abiove, até o final de junho de 2024, o Brasil esmagará 26,9 milhões de toneladas de soja. Para determinar o número de esmagamento para julho, a Hedgepoint considera a média dos últimos 3 anos, que é igual a 4,8 milhões de toneladas. Isso direciona a um total de 31,7 milhões de toneladas de soja esmagadas até o final de julho, o segundo maior número desde 2017 (Minami, 2024). A *Hedgepoint Global Markets* aborda, em relatório, o cenário atual e futuro para a soja no Brasil.

A Tabela 2 apresenta a estratificação da capacidade instalada de esmagamento de soja no Brasil por tamanho de planta. 70 % do parque industrial é de até 3.000 tons dia e 30 % acima de 3.000 toneladas.

A faixa de maior concentração (45,4%) está entre 1.501 a 3.000 toneladas/dia, o que se considera um tamanho médio. 25 % estariam na faixa de pequenas plantas e quase 30 % na de grandes plantas (acima de 3.000 toneladas dia). Apenas uma planta está na faixa acima de 6.000 tons (6.700) o que seria a maior planta em operação do Brasil.

Tabela 2 - Capacidade instalada da indústria brasileira de óleos vegetais (ton./dia): estratificação da capacidade instalada por tamanho de planta

Faixas de Capacidade (Ton./dia)	2022			2023			Var. %
	Ton./dia	Ton./ano	%	Ton./dia	Ton./ano	%	
até 600	11,362	3,749,460	6.1	11,880	3,920,400	5.7	4.6
601 a 1.500	38,674	12,762,420	19.0	42,624	14,065,920	20.3	10.2
1.501 a 3.000	90,296	29,797,680	45.4	99,136	32,714,880	47.3	9.8
3.001 a 4.000	31,681	10,454,730	16.1	29,292	9,666,360	14.0	-7.5
4.001 a 6.000	19,724	6,508,920	9.9	20,000	6,600,000	9.5	1.4
acima de 6.000	6,700	2,211,000	3.4	6,700	2,211,000	3.2	0.0
Total	198,437	65,484,210	100	209,632	69,178,560	100	5.6

Fonte: Abiove (2024).

O estado do Mato Grosso é o maior processador de soja do Brasil, tem quase 25% da capacidade instalada de processamento. Sobre as estratégias competitivas

adotadas pelas indústrias de processamento de soja no Brasil, Pinazza (2007, p 74), destaca:

As empresas nacionais que atuavam no estágio de esmagamento, com forte orientação para liderança em custos, passaram a ser adquiridas por multinacionais, que necessitam de uma alta coordenação dos fluxos logísticos no comércio internacional. As plantas nacionais seguiram a tendência internacional de expandir a capacidade de processamento para explorar as economias de escala, que, nesse caso, constituem barreiras de entrada a novas firmas na indústria. Os padrões de concorrência da indústria de esmagamento e de refino aproximam-se das características de concorrência que vigoram em oligopólios competitivos. Observa-se, portanto, um pequeno número de empresas que detêm alta participação de mercado coexistindo com um conjunto de empresas que têm pequena participação de mercado. Como a intensidade da concorrência entre as firmas é muito grande, em decorrência da expressiva participação dos custos da compra da matéria-prima, a estrutura de custos e a capacidade de explorar economias de escala são de vital importância.

No caso da Agroindustrial Serra Verde, em Roraima, o objeto do estudo desta pesquisa, a capacidade nominal de 1.000 toneladas dia se encontra na faixa de 601 – 1500 toneladas dia, porém atualmente está moendo 600 toneladas dia o que na prática colocaria eu uma outra faixa (menos de 600 toneladas dia).

2.7 INDÚSTRIA DE SOJA EM RORAIMA

No estado de Roraima existe, aproximadamente, 1.0 milhão de hectares de área líquida (já extraídas as áreas de preservação permanente e as reservas legais) preparados para soja. distribuídos nos municípios de Bonfim, Cantá, Boa Vista, Alto Alegre e Amajari, todos na região de cerrados, onde a cultura apresenta potencial elevada produtividade, ciclo entre 75 e 110 dias e produção na entressafra brasileira.

A posição estratégica do estado permite o escoamento da produção, por via Venezuela (Puerto Ordaz, 700 km; Puerto La Cruz, 1.200 km) e, para o estado do Amazonas (Porto de Itacoatiara, 1.000 km de Boa Vista). A partir destes portos se tem acesso aos mercados regional e internacional por via fluvial e/ou marítima (Embrapa, 2023).

Sobre a área destinada para plantio de soja, quando comparados com os dados de 2021, houve um aumento expressivo de 42,6% no ano de 2022, correspondente a 30.325 hectares, segundo levantamento da SEADI (Secretaria de Agricultura Desenvolvimento e Inovação, Governo de Roraima, 2023). Aumentos também

ocorreram na produção e produtividade do grão, com 51,8% e 6,44% respectivamente, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Área plantada, produção e produtividade de soja, estado de Roraima

Município	Área plantada (hectares)			Produção (toneladas)			Produtividade (saca/hectare)		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Alto Alegre	17.291	26.758	35.856	51.043	84.929,8	114.882,6	49,2	52,9	53,4
Amajarí	-	100	865	-	300	2.678	-	50,0	51,6
Boa Vista	14.597	23.121	33.859	38.360,9	72.137,5	144.375,7	43,8	52,0	56,3
Bonfim	10.849	15.306	22.093	33.718,6	50.142,4	79.137,1	51,8	54,6	59,7
Cantá	1.000	1.715	2.885	2.814	4.054,2	9.260,8	46,9	39,4	53,5
Caracaraí	42	186	190	118,4	416,2	484,5	47,0	37,3	42,5
Iracema	1.172	1.202	1.545	3.466,7	3.959,3	5.432,2	49,3	54,9	58,6
Mucajai	1.900	2.790	4.210	5.551,8	9.458,1	15.711,7	48,7	56,5	62,2
Total	46.851	71.178	101.503	135.073,4	225.397,5	342.268,1	48,1	52,8	56,2

Fonte: SEADI (2023).

Para selecionar uma boa área para o cultivo da soja, em Roraima, as duas principais características são a textura e a drenagem. Solos ex-arenosos, com menos de 15% de argila, têm baixa capacidade de armazenamento de água e nutrientes e alta sensibilidade à erosão.

Quando descobertos esses solos apresentam alterações na temperatura com resultados negativos na germinação das sementes de soja e na atividade dos microrganismos benéficos que atuam mineralização da matéria orgânica e na fixação do nitrogênio.

Isso requer práticas de manejo mais onerosas para garantir o suprimento de água nas plantas, além de exigirem suprimento de grandes quantidades de matéria orgânica, a manutenção de uma cobertura vegetal, viva ou morta, permanente até sistemas de manejo apropriados para impedir a degradação (EMBRAPA, 2023).

Em solos que não tenham boa drenagem não é aconselhável o cultivo de soja, sendo que as precipitações são alta nos meses de junho e julho, podendo causar danos por excesso de água no solo. Em alguns locais onde acontecem pequenas baixas dentro da lavoura, possibilitando a acúmulo de água, o uso de canais de drenagem é viável para levar o excedente de água excedente para lagoa, rios ou igarapés.

2.7.1 INDÚSTRIA DE SOJA: O CASO DA AGROINDUSTRIAL SERRA VERDE

Em 1970 o Grupo Falavinha (como mostra a Figura 8) iniciou suas atividades em Joaçaba, na região oeste de Santa Catarina, com foco na suinocultura. No final da década de 1980 o Grupo se estabelece no estado Mato Grosso, Brasil, inicialmente com foco na pecuária. Nos anos 1990 o Grupo expande suas atividades no Centro-Oeste brasileiro para a agricultura, com grandes áreas destinadas à produção de soja, milho e algodão.

Figura 8 - Evolução do grupo empresarial

1970	1980	1990	2000	2013	2020	2022
Nasce o Grupo Falavinha na região oeste de Santa Catarina, com foco na suinocultura.	Nos anos 90 o Grupo expande suas atividades no Centro-Oeste para a agricultura, com grandes áreas destinadas à produção de soja, milho e algodão.	Em 2013 o Grupo expande suas áreas de atuação para Roraima, tornando-se o maior produtor de grãos do estado em 2019. Atualmente possui 4.500 cabeças de gado, 10.300 ha de soja, 1.500 ha de milho e 1.500 ha de feijão.	Em 2022 o Grupo instala complexo industrial em Roraima, em área de 300 mil m ² , localizada às margens da BR 174 em Boa Vista. Processamento de 1.000 t/d de soja, produzindo óleo, bruto, farelo e óleo refinado.	No final da década de 80 o Grupo se estabelece no Mato Grosso, inicialmente com foco na pecuária.	Na primeira metade dos anos 2000 o Grupo trabalha na consolidação de suas atividades, planejando a diversificação produtiva do agronegócio.	O Grupo, sempre com visão empreendedora, diversifica suas atividades passando a participar também do mercado de biocombustíveis, sendo principal acionista da Usina de Etanol de Milho instalada em Nova Marilândia MT, que entrou em operação no final de 2020.

Fonte: Arquivo pessoal (2023).



Na primeira metade dos anos 2000 o Grupo trabalha na consolidação de suas atividades, planejando a diversificação produtiva do agronegócio, com o investimento no beneficiamento do algodão.

Em 2013 o Grupo expande suas áreas de atuação para o estado de Roraima, tornando-se o maior produtor de grãos do estado em 2019. Atualmente possui 4.500 cabeças de gado, 12.000 hectares de soja, 1.500 hectares de milho e 1.500 hectares de feijão.

O Grupo, sempre com visão empreendedora, diversifica suas atividades passando a participar também do mercado de biocombustíveis, sendo principal acionista da ALD, Usina de Etanol de Milho instalada em Nova Marilândia, Mato Grosso, que entrou em operação no final de 2020.

Em 2022 o Grupo instala um complexo industrial de soja em Roraima, em área de 300 mil m², localizada às margens da BR 174 em Boa Vista, como mostra a Figura 9.

Figura 9 – Localização da empresa Serra Verde



Fonte: Arquivo pessoal (2024).

A primeira etapa previa a construção de um silo de soja com capacidade de 72.000 toneladas para receber a soja dos produtores, da fábrica de esmagamento, complexo que foi inaugurado em novembro de 2022 e na sequência uma refinaria e envase de óleo. A empresa gera 150 empregos diretos. Atualmente é a maior indústria e armazém do Estado. A Figura 10 mostra a construção do complexo industrial.

Figura 10 - Complexo industrial Serra verde em Boa Vista, Roraima



Fonte: Arquivo pessoal (2024).

A indústria atualmente tem operado com 600 toneladas de soja por dia, produzindo ao redor de 460 toneladas de farelo de soja e 110 toneladas de óleo por dia. O farelo é vendido principalmente para os produtores de ovos e indústria de ração (aves, pets, peixe) de Roraima e Amazonas. Na exportação os principais mercados são Guiana, Suriname, Cuba e Venezuela.

O faturamento da indústria em 2023 foi de aproximadamente R\$ 250 milhões. No caso de ampliação da fábrica para 1.000 toneladas dia a previsão seria de mais de R\$ 500 milhões, o que colocaria a empresa em um outro patamar.

Está em fase final de construção a refinaria e o envase de óleo em garrafas pet de 900ml, que deverá ser inaugurado no início de 2025, que dará uma nova dinâmica para a indústria pois, atenderá diretamente o mercado consumidor, sendo a única indústria de óleo refinado no Norte do Brasil.

Isso contribuirá para facilitação de acesso de um produto importante da cesta básica, que estará disponível para a população de Manaus (o maior polo populacional da região norte) em menos de 10 horas de caminhão. Além de abastecer todo o estado de Roraima e possivelmente a Guiana e Suriname.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados na elaboração desta dissertação, assim como as técnicas de pesquisa, os procedimentos de coleta e análise dos dados.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

Este estudo caracteriza-se, do ponto de vista dos objetivos, como uma pesquisa descritiva, pois tem como escopo identificar o nível de maturidade da indústria de soja no que se refere a Indústria 4.0 e 5.0.

Para Gil (2010) uma pesquisa descritiva possui a finalidade de identificar comportamentos e características de certa população de modo a descrevê-las e por meio uma análise determinar a relação entre as variáveis dos resultados alcançados.

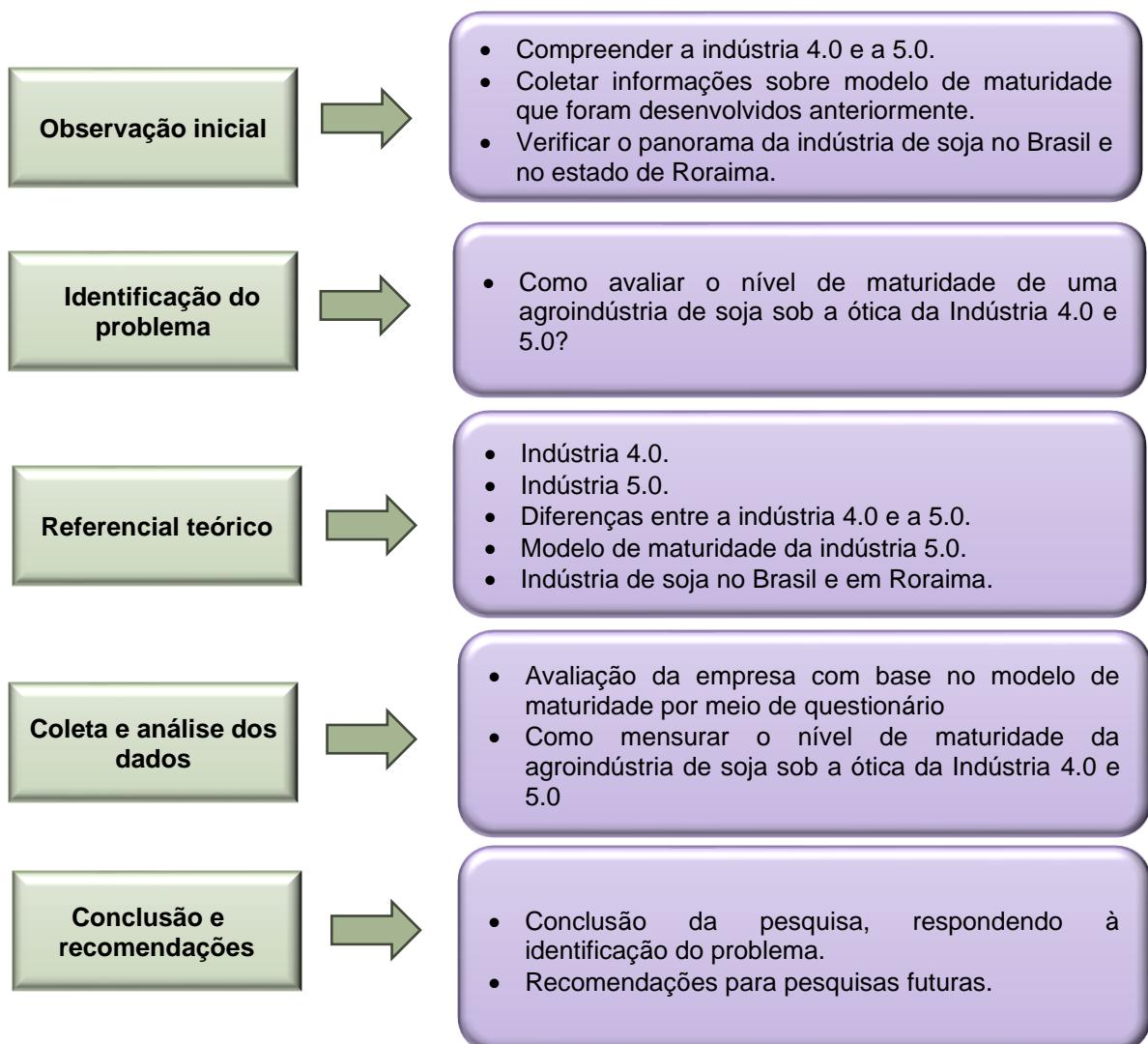
A pesquisa desta dissertação, também se classifica como um estudo de caso, pois segundo Miguel (2011), analisa profundamente um ou mais objetos (casos), com o uso de diversos instrumentos de coleta de dados e a interação entre pesquisador e objeto de pesquisa.

Os estudos de caso podem explorar melhor fenômenos complexos em um contexto da vida real. De acordo com Yin (2017), há seis fontes principais de evidência para um estudo de caso: documentação, registros de arquivo, entrevistas, observações diretas, observações participantes e artefatos físicos. A presente pesquisa irá utilizar um questionário para coletar as informações.

Com relação à abordagem do problema, esta pesquisa se classifica como qualitativa, pois utiliza diferentes entendimentos filosóficas, estratégias de investigação, métodos de coleta, análise e interpretação dos dados (Creswell, 2007).

A Figura 11 sintetiza as etapas realizadas para esta pesquisa.

Figura 11 - Etapas da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Os artigos científicos utilizados na base teórica foram buscados por meio de um levantamento bibliográfico no Google Acadêmico e na base de dados *Web of Science* (WoS) – Coleção Principal (Clarivate Analytics/Thomson Reuters), acesso via Portal Capes.

A WoS é uma base multidisciplinar que indexa somente os periódicos mais citados em suas respectivas áreas. É também um índice de citações, informando, para cada artigo, os documentos por ele citados e os documentos que o citaram. Possui hoje mais de 9.000 periódicos indexados (Portal Capes, 2024).

Para realizar a busca inicial tanto no Google Acadêmico, como na Web of Science foi delimitado o período 2014-2024. Com o objetivo de verificar a

fundamentação teórica e a criação do instrumento de pesquisa, em um primeiro momento realizou-se o seguinte parâmetro: “Advanced Search”: (*TS=(Maturity model)*) AND *TS=(agribusiness)* obteve-se 14 artigos, como mostra o Quadro 8.

Para tanto foi analisado o título, *abstract*, palavras-chave, quando se tinha dúvida se abrangia o que se queria para a pesquisa, lia-se na íntegra, porém nenhum deles condiz com o que se deseja para a pesquisa.

Quadro 8 - Primeira busca na WoS

Título	
<i>Digital platform as a liaison mechanism and a business model in agribusiness</i>	<i>Management degree identification method in cut flowers production activity</i>
<i>Emerging advisory service agri-enterprises: a dual perspective on technical and business performance</i>	<i>Numerical and biomass growth study of <i>Bulimulus bonariensis</i> (Rafinesque, 1833) (Gastropoda: Bulimulidae) under laboratory conditions</i>
<i>The Use of E-Business in Agribusiness: Investigating the Influence of E-Readiness and OTE Factors</i>	<i>Optimal ratio evaluation and hedge effectiveness of agricultural commodities negotiated at B3 with Garch-Bekk Model use</i>
<i>Predicting growth and development of the pineapple cultivar 'MD-2' with the DSSAT Aloha Pineapple Model</i>	<i>Determinants of sustainable business relationships in selected German agri-food chains</i>
<i>Selection of industrial tomatoes using TD-NMR data and computational classification methods</i>	<i>Smallholders' Preferences for Improved Quinoa Varieties in the Peruvian Andes</i>
<i>A new role for Malaysia FELDA</i>	<i>A managerial survey to discuss wine business models</i>
<i>The Life-Cycle of Organizations: The Characteristics of the Development Phases of the Tunisian Organizations</i>	<i>From farm to flight: covercress as a low carbon intensity cash cover crop for sustainable aviation fuel production. a review of progress towards commercialization</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Mais uma tentativa foi realizada com o intuito de se encontrar artigos que tratassem do nível de maturidade no agronegócio. A seguinte combinação foi utilizada: “Advanced Search”: (*TS=(Maturity model)*) AND *TS=(agri-business)*, *nenhum artigo foi encontrado*. Assim também para: “Advanced Search”: (*TS=(Maturity model)*) AND *TS=(agroindustry)*, *nenhum artigo foi encontrado*.

Foi feita a busca com outros termos como: “Advanced Search”: (*TS=(Maturity assessment)*) AND *TS=(agribusiness)* (*nenhum artigo*); (*TS=(Maturity assessment)*) AND *TS=(agri-business)* (*nenhum artigo*); “Advanced Search”: (*TS=(Maturity assessment)*) AND *TS=(agroindustry)* (*1 artigo: Holistic process evaluation of non-conventional palm oil mill effluent (POME) treatment technologies: a conceptual and comparative review*, mas não focava na pesquisa desejada).

Em um segundo momento pesquisou-se artigos sobre o nível de maturidade na mudou-se os termos de busca, utilizando *Agriculture 4.0* e *Agriculture 5.0*, isto é: “Advanced Search”: (*TS=(Maturity model)*) AND *TS=(agriculture 4.0)*, foram encontrados 15 artigos, como mostra o Quadro 9.

Quadro 9 - Segunda busca na WoS

Título	
<i>2-Tuple Linguistic Model-based Circular Maturity Assessment Methodology: a case for agriculture</i>	<i>Digital Twin and 3D Digital Twin: Concepts, Applications, and Challenges in Industry 4.0 for Digital Twin</i>
<i>A blockchain maturity model in agricultural supply chain</i>	<i>A comprehensive analysis of global patent landscape for recent R&D in agricultural drone technologies</i>
<i>Digital transformation of beekeeping through the use of a decision making architecture</i>	<i>Growth and productivity assessments of peanut under different irrigation water management practices using CSM-CROPGRO-Peanut model in Eastern Mediterranean of Turkey</i>
<i>Assessing the impact of Industry 4.0 technologies on the social sustainability of agrifood companies</i>	<i>Optimal control for indoor vertical farms based on Crop Growth</i>
<i>Monitoring coffee fruit maturity using an enhanced convolutional neural network under different image acquisition settings</i>	<i>Strawberry-DS: Dataset of annotated strawberry fruits images with various developmental stages</i>
<i>The possibilities of spring barley yield simulation by the dssat v 4.0.2.0 model</i>	<i>Banana and Guava dataset for machine learning and deep learning-based quality classification</i>
<i>Validation of CERES-Maize model for growth, yield attributes and yield of kharif maize for NEPZ of eastern U. P.</i>	<i>A comprehensive dragon fruit image dataset for detecting the maturity and quality grading of dragon fruit</i>
<i>t-SNE: A study on reducing the dimensionality of hyperspectral data for the regression problem of estimating oenological parameters</i>	

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Novamente nenhum artigo focava no que o trabalho se propõe. Como já mencionado, foi analisado o título, abstract, palavras-chave, quando se tinha dúvida se abrangia o que se queria, lia-se na integra.

Ainda foi pesquisado a seguinte combinação (terceira buca): “Advanced Search”: (*TS=(Maturity assessment)*) AND *TS=(agriculture 4.0)*, foram encontrados 4 artigos, como mostra o Quadro 10. Mas nenhum satisfez o foco da pesquisa.

Quadro 10 - Terceira busca na WoS

Título	
<i>2-Tuple Linguistic Model-based Circular Maturity Assessment Methodology: A Case for Agriculture</i>	<i>An extensive real-world in field tomato image dataset involving maturity classification and recognition of fresh and defect tomatoes</i>
<i>Strawberry-DS: Dataset of annotated strawberry fruits images with various developmental stages</i>	<i>Growth and productivity assessments of peanut under different irrigation water management practices using CSM-CROPGRO-Peanut model in Eastern Mediterranean of Turkey</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Em um quarto momento realizou-se a seguinte busca: “Advanced Search”: *(TS=(Maturity model)) AND TS=(agriculture 5.0)*, foram encontrados 4 artigos, como mostra o Quadro 11. Nenhum artigo satisfez o foco desejado.

Quadro 11 - Quarta busca na WoS

Título	
<i>A Maturity Detection Method for Hemerocallis Citrina Baroni Based on Lightweight and Attention Mechanism</i>	<i>Simulated CSM-CROPGRO-cotton yield under projected future climate by SimCLIM for southern Punjab, Pakistan</i>
<i>Climate-adaptative management strategies for soybean production under ENSO scenarios in Southern Brazil: An in-silico analysis of crop failure risk</i>	<i>Potential production and environmental effects of switchgrass and traditional crops under current and greenhouse-altered climate in the central United States: a simulation study</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Com a combinação *(TS=(Maturity assessment)) AND TS=(agriculture 5.0)*, encontrou-se 1 artigo, ou seja: “*Simulated CSM-CROPGRO-cotton yield under projected future climate by SimCLIM for southern Punjab, Pakistan*”, também não satisfez o foco da pesquisa.

Observou-se que quando foi realizada buscas na base WoS referente ao nível de maturidade no agronegócio os artigos não focavam no contexto organizacional. Para realização do estudo, então novas buscas foram realizadas focando em estudos que tratasse do nível de maturidade na Indústria 4.0 e 5.0 para que se encontrasse modelos que pudessem ser adaptados para o agronegócio.

Os seguintes termos foram pesquisados: “Advanced Search”: *(TS=(Maturity assessment)) AND TS=(industry 4.0)* em que TS é a opção “topic” resultou-se em 210 artigos. Ajustou-se o filtro da base para ordenar os artigos a partir do mais citado, segundo mostra o Quadro 12.

Quadro 12 - Artigos mais citados na WoS sobre a Indústria 4.0

Título	Autor	Ano	Número de citação
<i>A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises</i>	Schumacher, A; Erol, S and Sihn, W	2016	715
<i>A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs)</i>	Mittal et al.	2018	495
<i>Defining and assessing industry 4.0 maturity levels - case of the defence sector</i>	Bibby, L.; Dehe, B	2018	210

<i>A maturity model for assessing the digital readiness of manufacturing companies</i>	De Carolis et al.	2017	161
<i>Development of an assessment model for Industry 4.0: Industry 4.0-MM</i>	Gökalp, E.; Sener, U.; Eren, P.E.	2017	149

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A busca serviu para analisar os artigos a fim de ter interação e melhor entendimento com a temática indústria 4.0 e modelos de maturidade. A segunda busca foi realizada da seguinte forma: *Advanced Search*: (*TS=(Maturity assessment*)) AND *TS=(industry 5.0)* em que *TS* é a opção “topic” resultou-se nos seguintes artigos mais citados, como é mostrado a seguir (quadro 13):

Quadro 13 - Artigos mais citados na WoS sobre a Indústria 5.0

Título	Autor	Ano	Número de citação
<i>Maturity assessment for Industry 5.0: A review of existing maturity models</i>	Hein-Pensel, F. et al.	2023	39
<i>A technology maturity assessment framework for Industry 5.0 machine vision systems based on systematic literature review in automotive manufacturing</i>	Konstantinidis, F.K. et al.	2023	10
<i>The Development of a Readiness Assessment Framework for Tomorrow's SMEs/SME 5.0 for Adopting the Educational Components of future of I4.0</i>	Mohammadian, H.D. et al.	2022	6
<i>A Metamodel for Designing Assessment Models to support transition of production systems towards Industry 5.0</i>	Caggiano, M.; Semeraro, C.; Dassisti, M.	2023	2

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Os artigos sobre modelos de maturidade na Indústria 5.0 que realmente focavam neste assunto são: “*Maturity assessment for Industry 5.0: A review of existing maturity models*” e “*A Metamodel for Designing Assessment Models to support transition of production systems towards Industry 5.0*”.

Também foram realizadas buscas no Google acadêmico, para “*Industry 5.0*” no período de 2014-2024 e obteve-se o artigo “*From industry 4.0 towards industry 5.0: A review and analysis of paradigm shift for the people, organization and technology*” de autoria de Zizic et al., do ano de 2022 e com 213 citações.

A literatura sobre modelos de maturidade a respeito da Indústria 5.0 ainda é pouco explorada. Como já mencionado anteriormente, atualmente tem-se utilizado os

três pilares (Princípios centrados no ser humano, Sustentabilidade, Resiliência) da *European Commission* (2020) para estudar a Indústria 5.0. Sobre a carência de modelos de maturidade para a Indústria 5.0 Hein-Pensel et al. (2023, p. 201) destaca:

Ao destacar a importância de uma abordagem centrada no ser humano para todos os aspectos da digitalização, esse desenvolvimento muda a maneira de considerar os requisitos de prontidão para atingir determinados níveis de maturidade para a digitalização e a implementação da inteligência artificial. Isso significa que os modelos de maturidade devem abranger os três pilares da Indústria 5.0 ao determinar a maturidade digital (design centrado no ser humano, resiliência e sustentabilidade). Devido à falta de modelos de maturidade atualmente desenvolvidos para a Indústria 5.0, a abordagem que se recomenda utilizar é revisar o estado atual do conhecimento científico e, consequentemente, concentrar-se nos modelos de maturidade no contexto da Indústria 4.0.

Para a construção do questionário de pesquisa foi utilizado os três pilares da Indústria 5.0 e um modelo, selecionado e analisado na Indústria 4.0. Como critério de escolha considerou-se o número de citação desse modelo. O modelo selecionado foi o Modelo de Schumacher Erol e Sihn (2016) (com o número de citação já mencionado anteriormente).

Portanto, por meio de pesquisa na base WoS não encontrou artigos que focassem no nível de maturidade no agronegócio no sentido organizacional. Para concretizar o objetivo que este estudo se propõe, adequou-se um modelo da Indústria 4.0 e 5.0 para elaborar um instrumento de pesquisa que pudesse mostrar o nível de maturidade de uma empresa do agronegócio.

3.2 CONSTRUÇÃO DO INSTRUMENTO DE PESQUISA (QUESTIONÁRIO)

Como já destacado o questionário aplicado na pesquisa, quanto a indústria 4.0, foi adaptado a partir de Schumacher Erol e Sihn (2016) e Oliveira (2018) (Anexo 1).

O questionário em anexo utilizou três grandes dimensões (com devidos itens), isto é, Organização, Tecnologia e Pessoas. A dimensão organização considera que A indústria 4.0 é mais do que apenas melhorar produtos e processos existentes por meio do uso de tecnologias digitais – ela realmente oferece a oportunidade de desenvolver novos modelos de negócios. Por isso, sua implementação é de grande importância estratégica.

A dimensão tecnologia implica que a indústria 4.0 envolve modelagem digital por meio da coleta inteligente, armazenamento e processamento de dados. Assim, o conceito de fábrica inteligente assegura que as informações sejam entregues e que os recursos sejam usados com mais eficiência. Isso requer a colaboração entre empresas em tempo real entre sistemas de produção, sistemas de informação e pessoas.

Por fim, a dimensão pessoas contempla que elas ajudam as empresas a realizar a sua transformação digital e são as mais afetadas pelas mudanças no ambiente de trabalho digital. Seu ambiente de trabalho direto é alterado, exigindo que eles adquiram novas habilidades e qualificações. Isso faz com que as empresas precisem preparar seus funcionários para essas mudanças por meio de treinamento adequado e educação contínua.

Também no instrumento de pesquisa foi utilizado em três pilares da Indústria 5.0 propostos de *European Comission*, ou seja, Princípios Centrados no ser Humano, Resiliência e Sustentabilidade. Foi utilizado uma escala do tipo Likert de 0 a 5.

Importante destacar que antes de qualquer aplicação do questionário, foi realizada uma reunião presencial com a alta direção e o pessoal das áreas-chave (Finanças, Vendas; Recursos humanos, Industrial, Diretoria/acionista, Logística, Comercial) da empresa com o objetivo de explicar brevemente o contexto da pesquisa. O número de respondentes foi 8.

Para tanto foi explicado termos como Indústria 4.0 e 5.0, o questionário foi mostrado e cada ponto foi explicado. O meio de envio foi o *Google form*. Assim que o primeiro colaborador enviou a resposta foi feito uma entrevista para observar seu entendimento das respostas e definido que ele seria o multiplicador em caso de dúvidas dos seus pares.

4 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados levantados em um estudo de caso na empresa agroindustrial Serra Verde. Também será apresentado um plano de ação inicial para melhorias nos diversos aspectos estudados.

Considerando o período operacional, a empresa está iniciando seu terceiro ano de produção de farelo e óleo. O farelo é base para a produção de ração de aves, suínos, podendo ser utilizado também na ração de peixes, pets e de gado em menor escala.

O óleo de soja abastece refinarias, indústrias de Biodiesel e geração de energia. Os desafios iniciais ainda persistem, principalmente de gargalos logísticos para distribuição dos produtos pois a empresa atende além do mercado de Roraima e Amazonas, a Venezuela e Guiana.

4.1 ANÁLISE GERAL

A Tabela 4, mostra os valores Mdi e Gi para as dimensões da Industria 4.0 e 5.0 com seus devidos itens. Como já mencionado, o Mdi significa o nível de maturidade de uma dimensão ou item de determinada empresa. O fator de ponderação (Gi) é igual à classificação média de importância dos 8 respondentes para cada item (dimensão).

Tabela 4 - Dimensões e itens de avaliação de maturidade

INDÚSTRIA 4.0			
Dimensões	Itens de avaliação de maturidade	Mdi	Gi
Organização (1)	1. Alinhamento das estratégias e cultura organizacional	1	1,25
	2. Estágio estratégico e cultural nos próximos 5 anos	4	3,88
	3. Individualização dos produtos (matéria-prima)	1	1,13
	4. Sistema de preços	1	1,13
	5. Práticas da indústria	1	1,00
	6. Arquitetura de TI	1	1,13
	7. Investimentos em inovação e tecnologia	2	1,88
	8. Dados do cliente	1	1,25
	9. Uso e análise de dados	2	2,00
	10. Capacidade de criar valor a partir de dados	2	2,00
	11. Práticas de desenvolvimento contínuo	1	1,00
	12. Capacidade de adaptar-se as mudanças	2	1,88
Produção (2)	1. Alinhamento das tecnologias	1	1,25
	2. Estágio tecnológico, nos próximos 5 anos	4	3,50
	3. Digitalização do processo produtivo	2	1,63
	4. Digitalização do ciclo de vida dos produtos	1	1,25
	5. Digitalização dos equipamentos de produção	1	1,13

Tecnologia (2)	6. Uso da computação em nuvem (<i>cloud computing</i>) 7. Grau de integração da cadeia de valor vertical 8. Grau de integração da cadeia de valor horizontal 9. Segurança da informação 10. Armazenamento dos dados em nuvens 11. Ferramentas para a tomada de decisão baseadas em dados 12. Visão em tempo real da produção	1 1 1 1 1 1	1,13 1,25 1,13 1,00 1,25 1,00 0,88
Pessoas (3)	1. Preparação das pessoas para mudanças, inovação e desenvolvimento de competências 2. Estágio da empresa do ponto de vista das pessoas, nos próximos 5 anos 3. Importância das novas tecnologias 4. Capacidade de adaptar-se às mudanças 5. Habilidades quando se trata dos requisitos futuros da indústria 4.0 6. Institucionalização a colaboração em tópicos da indústria 4.0 junto com parceiros externos	1 4 2 2 1 2	1,25 3,80 1,60 1,80 1,30 1,50
INDÚSTRIA 5.0			
Capital humano (1)	1. Fator humano como o principal impulsionador e fator inovador para a Indústria 5.0 2. Foco nos colaboradores 3. Adaptação holística (como um todo) dos processos e do sistema para os colaboradores 4. Requisito básico, de tecnologia para atingir níveis de maturidade para digitalização e inteligência artificial	2 2 1 1	1,50 1,63 1,25 1,38
Resiliência (2)	1. Presença formal ou informal de política de estabilização 2. Existe mecanismos para criação de competitividade 3. Presença de tecnologias e abordagens modernas	1 1 1	1,25 1,13 0,63
Sustentabilidade (3)	1. Implementação de soluções ambientais 2. Modelos de negócios com aspectos sustentáveis 3. Envolvimento da sustentabilidade ambiental e social no planejamento estratégico 4. Monitoramento de indicadores de sustentabilidade	1 1 1 1	0,75 0,63 0,63 0,50

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A questão referente ao “estágio da empresa para os próximos 5 anos” presente nas dimensões da Indústria 4.0 do questionário foi excluída dos cálculos. Pois já se esperava que os valores encontrados desse item fossem elevados e isso poderia afetar o nível geral de maturidade cada dimensão.

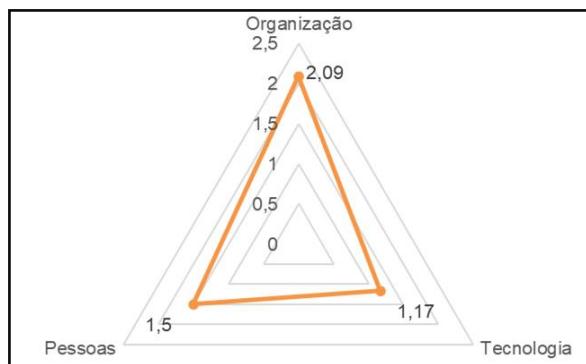
A questão foi acionada no questionário como um parâmetro de comparação no sentido de que a empresa tenha clareza que o seu planejamento de médio um longo prazo necessita trabalhar as dimensões apontadas na pesquisa.

4.2.1 Análise da maturidade das dimensões na Indústria 4.0

Nesta etapa foi realizada a análise do nível de maturidade e de seus respectivos itens referentes a Indústria 4.0, como mostra a Tabela 4. Observa-se que os valores

encontrados nas dimensões foram baixos, isto é: Organização (2,4); Tecnologia (2,3); e Pessoas (2,2), como mostra a Figura 12.

Figura 12 - Nível de maturidade das dimensões para a Indústria 4.0



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

As dimensões estão classificados no nível 1 e 2. A empresa Agroindustrial Serra Verde utiliza sistemas parcialmente conectados. Por exemplo, a empresa lança a maioria dos processos no sistema de gestão (SAP), notas fiscais são emitidas eletronicamente.

Os valores encontrados das 3 dimensões e os seus itens referentes a indústria 4.0, estão de acordo com a estrutura organizacional que não possui ainda um departamento de TI avançado, com diretoria, gerencia, desenvolvimento de projetos.

Apesar da empresa possuir um sistema de gestão de ponta do mercado, isso por si só não seria suficiente para atingir um patamar médio no que tange a maturidade de indústria 4.0.

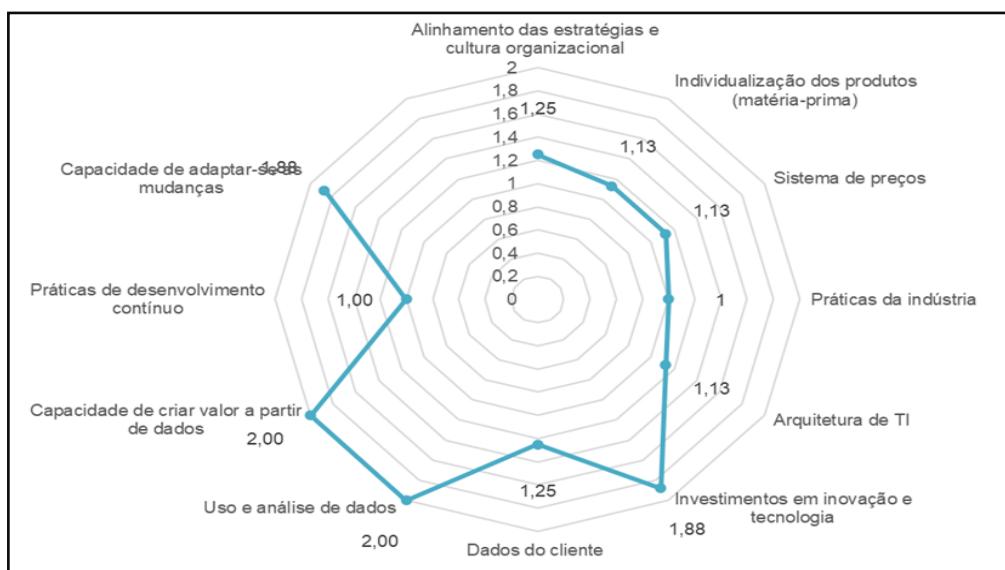
Nos itens referentes aos dados do cliente, nesse caso a empresa tem ações iniciais (projeto piloto) para criar um acompanhamento de fluxo de embarque e recebimento do produto pelo cliente, porém com um grande caminho para evoluir nesse aspecto.

Um estudo recente realizado pela TOTVS, uma empresa de tecnologia, destacou que os sistemas de gestão e produção estão entre as ferramentas que mais ajudam a transformar a forma como as empresas do agronegócio atuam, gerenciando recursos, maximizando resultados e processos. No entanto, ainda há oportunidades para aumentar a implementação de outras ferramentas que podem melhorar significativamente o desempenho e a rentabilidade dos negócios (Agrolink, 2024).

Neste contexto, por exemplo, além de minimizar custos e perdas, as inovações tecnológicas apoiadas por sistemas eletrônicos e de informação avançados podem ajudar a melhorar a qualidade e a segurança dos alimentos, reduzindo a desigualdade na disponibilidade de alimentos, principalmente nas economias em desenvolvimento.

A Figura 13 mostra os níveis de maturidade para os itens da dimensão “Organização”. A empresa utiliza o sistema de gestão, que permite que se tenha relatórios gerenciais em tempo real de vários aspectos da empresa, como produção, recebimento de grãos, estoques, contratos de venda, faturamento, entre outros o que ajudam na gestão da empresa e tomada de decisões.

Figura 13 - Itens da dimensão “Organização”

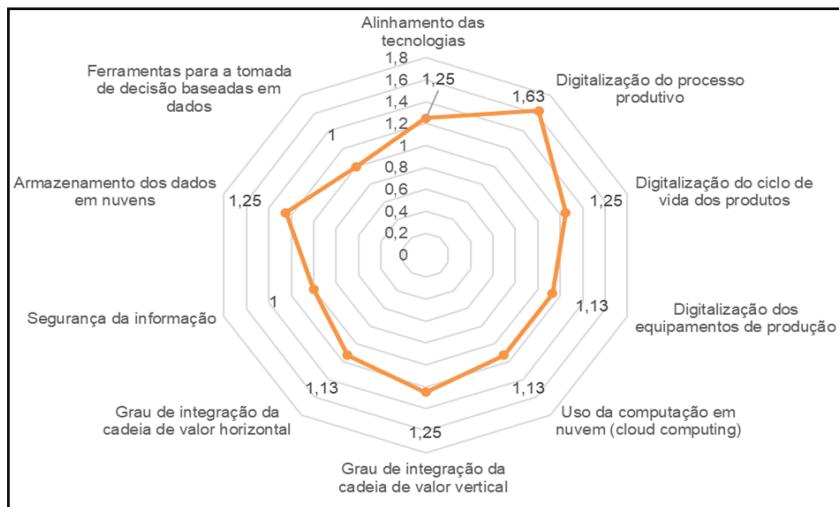


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A Figura 14, mostra o nível de maturidades dos itens da dimensão “Tecnologia”. Investimento em inovação e tecnologia existem, inclusive a empresa está construindo uma fábrica de refino e envasamento de óleo, que já terá um nível de automação de acordo com o que tem de mais moderno na indústria.

As tecnologias da Indústria 4.0 podem desencadear um processo de migração em massa da atividade rural tradicional para a chamada Agricultura 4.0. O agronegócio pode aumentar os resultados por meio do gerenciamento da estratégia, da inovação, das operações e de outras prioridades competitivas.

Figura 14 - Itens da dimensão “Tecnologia”



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

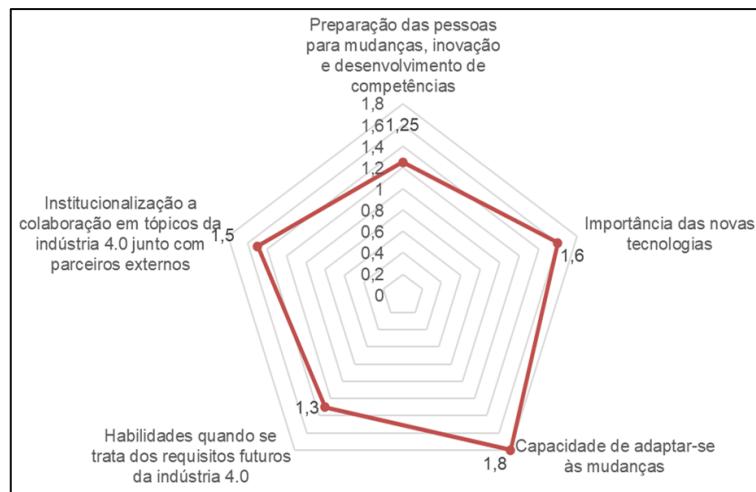
Considerando que a empresa estudada está no seu processo inicial, ela tem trabalhado no aspecto tecnologia, mas é um processo em construção, também em parte, o que tem dificultado são os fatores desafiadores da região, como por exemplo conectividade.

A empresa tem buscado soluções e se espera que a médio ou longo prazo muitos fatores ligados a tecnologia se estabilizem. A produção tem visão em tempo real, com o controle dos principais itens do processo industrial, porém vários aspectos ainda precisam ser integrados e melhorados no que tange a Indústria 4.0.

Também a empresa possui calador automático, na qual o operador retira amostra de soja dos caminhões com processo automatizado. Ainda, há um tombador pneumático que agiliza a descarga. A balança de pesagem entrada e saída de produto é automática, e produz um relatório de peso líquido e bruto. No laboratório há alguns equipamentos que medem a qualidade de produtos de forma automática junto com o processo tradicional químico.

Na avaliação da dimensão “Pessoas” (figura 15) sobre a ótica da Indústria 4.0 se destacam a importância das novas tecnologias e a capacidade de adaptar-se as mudanças apesar de estarem abaixo do nível médio. Por outro lado, existem poucas ações de colaboração em tópicos da indústria 4.0 junto com parceiros externos.

Figura 15 - Itens da dimensão “Pessoas”



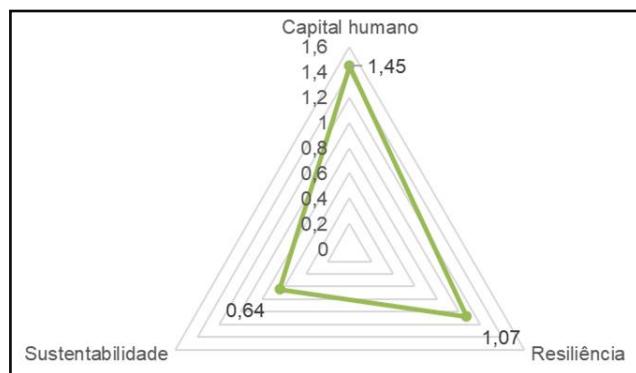
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

De forma geral, os colaboradores têm pouco conhecimento das tecnologias do Indústria 4.0. A empresa ainda não possui tecnologia avançadas para se comunicar com clientes e fornecedores. Há pouca provisão para segurança de dados.

4.2.2 Análise de maturidade das dimensões na Indústria 5.0

A Figura 16 mostra o nível de maturidade para as dimensões da Indústria 5.0 para a empresa estudada. De forma geral o nível de cada dimensão foi baixo, ou seja, capital humano (1,45); resiliência (1,07); e sustentabilidade (0,64) de um total de 5.

Figura 16 - Nível de maturidade das dimensões para a Indústria 5.0

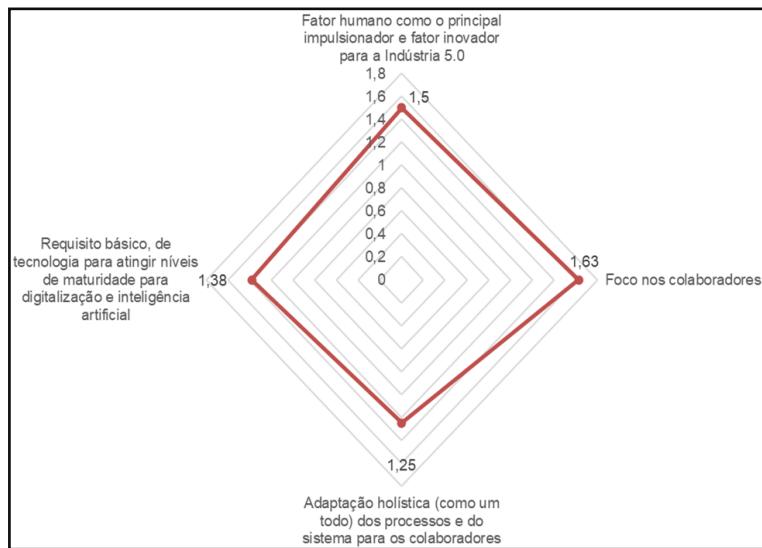


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Com relação ao nível de maturidade dimensão “Capital humano” (figura 17), observou-se na empresa em questão que existem lacunas entre os as habilidades dos

colaboradores e as novas tecnologias, não significa que não haja iniciativas para tanto, mas a empresa está começando a utilizar algumas tecnologias de suporte, cobertura de rede e habilidades especializadas para uso de novas tecnologias no futuro.

Figura 17 - Itens da dimensão “Capital humano”



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Um dos conceitos disruptivos da Indústria 4.0 é a IoT. Esses sensores auxiliam os operadores na tomada de decisão, porém não se comunicam entre si e necessitam de um operador humano. Assim, é preciso fazer a intervenção quando necessário. Essa situação fica clara quando se observam os critérios referentes à IoT (OLIVEIRA JÚNIOR, 2018).

A empresa utiliza sensores em algumas etapas da linha de processo, como por exemplo, sensores de pesagem, de níveis, de detector de partes metálicas no farelo, de consumo de energia, de vazão. Em alguns aspectos os sensores acionam automaticamente o processo, como ligando e desligando esteiras, ajustando temperatura, porém a presença do operador de fábrica se faz necessária 24 horas do dia.

Na empresa, analisou-se que existem sim preocupação com os colaboradores de forma ampla, mas não necessariamente em relação com as suas habilidades e adaptação ao uso e implementação de tecnologias.

Pois, o indivíduo deve colaborar com o equipamento usando seus próprios recursos físicos, sensoriais e cognitivos em um ambiente que ofereça trabalho seguro

e assistência tecnológica, enquanto as tecnologias fornecem informações em tempo real para a tomada de decisões oportunas.

A adaptação ao uso das tecnologias não se dá somente por meio das habilidades, mas também pelas condições de bem-estar e segurança nas operações.

É importante destacar que por mais que tivesse sido explicado pelo pesquisador o conceito de Indústria 4.0 e 5.0, pode em algum momento o foco em “preocupação com os colaboradores”, tendo desconsiderado o impacto da tecnologia em conjunto.

Também outro fator a se considerar é que a empresa Serra Verde está nos passos iniciais da Indústria 4.0 e a intenção não foi realizar uma pesquisa puramente da Indústria 5.0, mas sim complementar as dimensões com a Indústria.

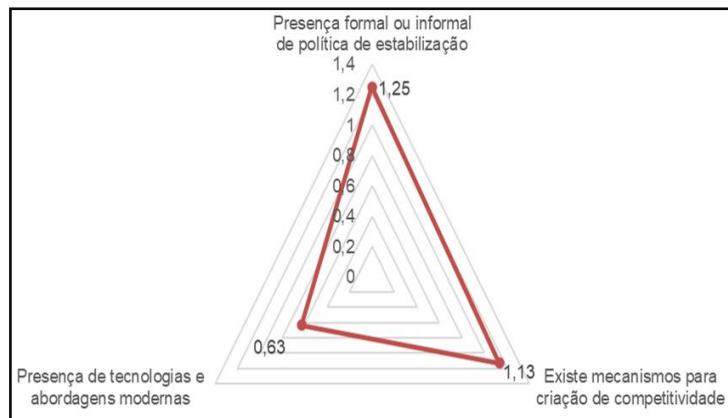
De forma geral, pode-se destacar que a dimensão “fator humano” na empresa estudada se encontra na seguinte forma:

- Tem sido feito tentativas para fazer a colaboração entre os colaboradores e as tecnologias.
- Alguns passos iniciais têm sido dados para melhorar a tecnologia e estudar as necessidades dos colaboradores.
- Existem algumas tentativas de se estudar a lacuna de habilidades entre cada colaborador para criar uma adaptação entre os colaboradores e a tecnologia.
- A empresa começou a desenvolver algumas tecnologias de suporte, cobertura de rede e habilidades especializadas para usar a nova tecnologia no futuro.

A Figura 18, a seguir destaca os itens da dimensão “Resiliência”, os quais apresentaram valor no nível 1 num total de 5. Os valores baixos devem-se pelo fato de que a empresa não possui nenhum procedimento estruturado a médio ou a longo prazo a respeito da resiliência. As ações para solução de problemas internos ou externos que surgem são resolvidas de forma aleatória.

Na empresa ainda não foi desenvolvido nenhum mecanismo formal de políticas de estabilização apesar de que quando se depara com alguma situação crítica se tomam as ações necessárias e corretivas para solução do problema. E se a ação se mostrar eficaz é estabelecida como regra ou norma.

Figura 18 - Itens da dimensão “Resiliência”



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O gerenciamento de riscos, por exemplo, é um fator interno importante para a resiliência. Ele inclui planos de risco e técnicas de prevenção. Dessa forma, a visibilidade das informações como um fator crucial. A implementação das principais tecnologias tem um impacto positivo sobre a resiliência.

O item “presença de tecnologias e abordagens modernas”, por exemplo para abordar crises apresentou um nível de 1 em um total de 5. Na empresa estudada há, mas muito inicial algum tipo de tecnologia que ajude a resolver problemas de resiliência ligado a tecnologia, como por exemplo, o uso de computação em nuvem.

No caso de presença de tecnologias e abordagens modernas e mecanismos de criação de competitividade, são aspectos que ainda não foram abordados diretamente pela alta gestão da empresa apesar da ciência da importância principalmente quando da entrada do novo parque industrial do óleo envasado no ano de 2025.

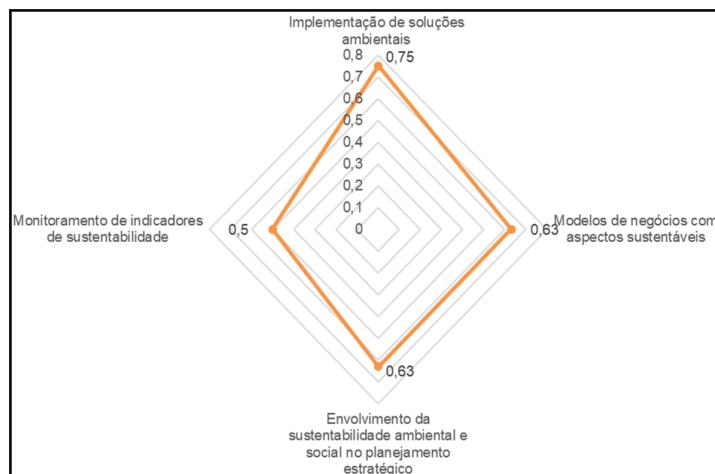
Observou-se que a empresa se encontra nos seguintes estágios quanto a resiliência:

- A política é adotada de forma aleatória, sem estruturação ou planejamento e reage às condições do mercado.
- A empresa começa a estudar tecnologias ou abordagens modernas a serem usadas nos processos.

Sobre a dimensão “Sustentabilidade” este apresentou um nível de 0,64 (como mostra a figura 19) em um total de 5. Na empresa ainda não foi implementado nenhum

plano ou iniciativa que aborde a sustentabilidade a nível ambiental ou social. Há o cumprimento da legislação, por meio do tratamento de efluentes, por exemplo.

Figura 19 - Itens da dimensão “Sustentabilidade”



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Uma dimensão importante da introdução de tecnologias relacionadas a Indústria 4.0 e 5.0 é o uso eficiente de energia. As novas tecnologias sempre têm um impacto ambiental, ou seja, por um lado, as tecnologias digitais demandam energia, mas, por outro, economizam energia.

A adoção de novas tecnologias pode causar impactos negativos sobre o meio ambiente, como a poluição do ar e o uso intensivo de matérias-primas e energia. Entretanto, com a adoção de novas tecnologias, a energia pode ser reduzida por meio da análise de dados durante o processo de produção e em toda a cadeia de suprimentos (Celent et al., 2022).

Por outro lado, a empresa cumpre e se preocupa em seguir todos os aspectos regulamentares exigidos para sua operação e segurança dos produtos comercializados.

Além disso, o processo de seleção de tecnologia é aconselhável se incluir critérios ambientais e sociais para selecionar uma tecnologia que seja mais ecológica e sustentável, embora possa ser menos produtiva, ao mesmo tempo. Sobre a sustentabilidade, pode-se afirmar que a empresa:

- Tem consciência das questões ambientais e sociais, mas não há planejamento para tanto.

- Os colaboradores não conhecem as metas de sustentabilidade da empresa.
- O cumprimento das normas é feito de forma reativa.
- Não existem metas de sustentabilidade.
- Conta apenas com indicadores de perspectivas econômicas para analisar sua realização e nenhum indicador ambiental.

No geral foi a dimensão com indicadores mais baixo apontando que a empresa tem um desafio em relação ao tema pela frente. Ainda não se incluiu o tema sustentabilidade como foco. Por exemplo, não tem nenhuma linha de financiamento relacionada a esse aspecto, diferentemente de empresas mais maduras do agro, que já se habilitam a linha de crédito com juros menores desde que se cumpram pré-requisitos relacionados com aspectos de sustentabilidade.

4.2.3 Plano de ação

Para os acionistas pode ser sugerido um plano de ação no formato 5W e 2H (*What, Who, Where, When, How, How much, Why*) ou (ou O quê, Quem, Onde, Quando, Como, Quanto, Por que). Este é um método simples, mas muito eficaz, que permite a partir do diagnóstico, planejar ações para manter e evoluir a maturidade na organização com base nos resultados mensurados

O Quadro 14, mostra um plano de ação 5W2H para iniciativas iniciais baseado nas dimensões verificadas durante a análise da maturidade, que poderão ser avaliados pela diretoria da empresa

Quadro 14 - Plano de ação

5W					2H	
What (O quê?)	Why (Por que?)	Who (Quem?)	Where (Onde?)	When (Quando?)	How (Como?)	How much (Quanto?)
ORGANIZAÇÃO						
Adotar gestão por mudanças	Melhorar e agilizar processos.	Gestores e diferentes áreas da empresa	Área de produção, TI.	A partir de 2025	Fazer mudanças na estratégia de negócio, na organização da produção e no uso dos recursos da TI para manter a qualidade ao controlar o processo.	Valores a serem orçados.
Planejamento e controle da produção	Programar a linha de produção maximizando tempo	Gestores, produção e TI.	Área de produção e TI.	A partir de 2025	Corrigir ou adequar o processo antes que a matéria-prima seja estocada, baseando-se em informações prévias oriundas do resultado qualidade do produto.	Valores a serem orçados.
TECNOLOGIA						
Automatização de transformação de dados em informação	Agilidade para o processo de tomada de decisão.	Responsável pela área de TI.	Área de TI.	A partir de 2025.	Utilização de softwares de <i>Intelligence Business</i> que concilia análise empresarial, mineração de dados, visualização e ferramentas/infraestrutura de dados e práticas sugeridas para auxiliar as organizações a tomar decisões baseadas em dados.	Valores a serem orçados.
Innovation Day	Trazer práticas de inovação para a empresa	Palestrantes externos especialista da área.	Na própria empresa.	Em média umas 3 vezes ao ano (a empresa irá planejar as datas).	Utilização de especialistas, que abordem cases, boas práticas de inovação. Discutir inovação, debatendo seus conceitos, avaliando e premiando iniciativas concretas ou formando parcerias para lidar com desafios conjuntos.	Valores a serem orçados.
PESSOAS						
Avaliação de desempenho	Avaliar o desempenho dos colaboradores e	Gerentes, supervisores, Departamento de RH.	Salas de reunião, espaço de trabalho dos colaboradores.	Anualmente ou conforme a política da	Avaliação de desempenho, questionários, <i>feedback</i> individual.	Os custos podem incluir o tempo dedicado pelos gerentes e pelo RH, além de qualquer

	fornecer <i>feedback</i> para identificar áreas de melhoria e reconhecer o bom trabalho.			empresa (a partir de 2025).		sistema de software utilizado para registrar as avaliações.
Realização de uma rotina de <i>feedback</i> para melhorar a comunicação e o desenvolvimento dos colaboradores	Melhorar o desempenho individual e coletivo bem como executar a cultura de <i>feedback</i> e aprendizagem contínua.	Departamento de RH com o apoio dos gestores e dos próprios colaboradores.	Em todas as áreas da empresa.	Trimestralmente, terá datas pré-definidas e divulgadas com antecedência para todos os envolvidos (a partir de 2025).	A rotina de <i>feedback</i> poderá ser realizada em etapas, como: sensibilização e capacitação dos gestores e dos colaboradores, definição de objetivos e indicadores de desempenho, realização das reuniões de <i>feedback</i> , registro das avaliações e dos planos de ação, e análise dos resultados e adequação no processo.	O custo da implementação será baixo. Pois, será realizada com recursos internos, como a própria equipe de recursos humanos e a plataforma de comunicação interna da empresa.
CAPITAL HUMANO						
Equipes multidisciplinares	Disseminar capacitação para a I.4.0 em todos os níveis operacionais, durante a transição da empresa para a digitalização.	Gestores, diretores e especialistas de diferentes áreas da empresa.	Em todas as áreas da empresa.	A partir de 2025.	Formar equipes multidisciplinares, com alto nível de conhecimento técnico e com capacidade de interação de diferentes áreas de Conhecimento.	Valores a serem orçados.
Educação para qualificar a mão de obra	Melhorar a competitividade por meio das habilidade homem-máquina.	Gestores, diretores e especialistas de diferentes áreas da empresa.	Em todas as áreas da empresa.	A partir de 2025.	Fomentar as habilidades críticas e cognitivas dos colaboradores por meio de treinamentos específicos entre homem-máquina.	Valores a serem orçados.

Remodelar a cultura organizacional	Revisão da cultura organizacional para que a empresa se torne mais forte para resistir a interrupções e desafios do mercado.	Gestores, diretores e especialistas de diferentes áreas da empresa.	Em todas as áreas da empresa.	A partir de 2025.	Inicialmente, iniciativas como grupos de trabalho multifuncionais, sessões de <i>brainstorming</i> e fóruns de discussão podem promover uma cultura de colaboração e compartilhamento de ideias. Posteriormente, práticas mais robustas em conjunto com especialistas do mercado.	Valores a serem orçados.
Desenvolver a resiliência da infraestrutura de TI	Melhorar a performance da arquitetura da informação.	Especialistas da área de TI da empresa e, externos.	Área de TI	A partir de 2025.	Estabelecer planos de <i>backup</i> para os dados críticos estarem seguros e acessíveis mesmo se algo acontecer. Configuração de sistemas de segurança para proteger contra ameaças cibernéticas e testes regulares para assegurar que esses sistemas funcionem quando realmente precisarem.	Valores a serem orçados.
SUSTENTABILIDADE						
Monitoramento e avaliação contínuos	Valorização da marca	A definir	Em todas as áreas da empresa	A partir de 2025	Estabelecimento de indicadores de desempenho para medir a melhoria das iniciativas de sustentabilidade. Realização de análises periódicas para identificar oportunidades de melhoria e ajustar o plano de ação, quando necessário. Realização relatórios de consumo de energia e análise do volume de resíduos resultantes, para monitorar o impacto das medidas implementadas.	Recurso do tempo de colaborador/sem custo relacionado a ferramentas gratuitas (Excel ou outras software disponível na empresa)/ ou valor de contratação de consultor externo a ser orçado.
Adoção de certificações e selos ambientais	Fortalecimento da reputação e credibilidade da empresa	A definir	Na empresa	A partir de 2025	Busca e seleção de certificações e selos ambientais relevantes. Pesquisa de certificações e selos importantes.	Valores a serem orçados.

					Adequação das iniciativas e processos para atender aos requisitos das certificações e selos escolhidos. Acompanhamento e documentação dos processos e resultados. Divulgação das certificações e selos obtidos. Constante reavaliação e renovação das certificações e selos.	
--	--	--	--	--	---	--

Tomando por base essa proposta, a diretoria/acionistas da empresa poderão, se assim decidirem, ter uma base para iniciar a tomar medidas ou mesmo a criação de um plano de ação, considerando ou adaptando os aspectos abordados no estudo. No caso de avaliarem que o momento não seja propício para abordar todos as dimensões apresentadas, como sugestão poderão optar por 1 ou 2 que acreditarem que sejam mais relevantes, como piloto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O agronegócio na visão da Indústria 4.0 e 5.0 engloba processos agrícolas que usam TIC no gerenciamento de fazendas e, posteriormente, no processamento de produtos produzidos. As tecnologias, podem atuar gerando benefícios para a produção na busca de alternativas sustentáveis e com processos eficientes.

Os conceitos e as tecnologias abordados da Indústria 4.0 são de grande relevância para o setor do agronegócio e, a médio e longo prazo, podem alterar significativamente a concorrência entre empresas e cadeias de valor.

Deste modo, é imprescindível que as empresas estejam preparadas para as grandes mudanças nos ambientes de negócios e tenham ferramentas práticas e robustas para avaliar a maturidade na implementação desses conceitos e tecnologias.

Este trabalho atingiu o objetivo principal proposto: verificar em uma empresa do agronegócio o seu nível de maturidade. Para tanto foi elaborado um instrumento de pesquisa (com base em uma pesquisa bibliográfica e exploratória) por meio da ótica da Indústria 4.0 e 5.0 e baseado no modelo de Schumacher Erol e Sihn (2016) e Oliveira Junior (2018) e das 3 dimensões da Industria 5.0 propostas pela *European Comission*.

Como já mencionado, os objetivos específicos foram alcançados por meio de estudos bibliográficos e exploratórios, com o uso de base dados como a WoS e Google acadêmico. Isso tudo possibilitou investigar os diversos aspectos que esta dissertação se dispôs a realizar.

A elaboração da fundamentação teórica sobre a Indústria 4.0 e 5.0 serviu de base para o entendimento dos conceitos, suas diferenças e complementaridades, fundamentais para a elaboração do estudo.

A compreensão dos conceitos de modelo de maturidade demonstrou a importância de sua aplicação, pois servem para apoiar a evolução da empresa.

A identificação dos principais aspectos da Agricultura 4.0 e 5.0, ratificou a relevância para assegurar o abastecimento alimentar da população mundial crescente, reforçando a importância relação homem-máquina e sustentabilidade.

O mapeamento do panorama da agroindústria de soja no Brasil, confirmou a importância do setor na economia nacional e tendências de crescimento.

A adaptação dos modelos de maturidade estudados foi necessária pois não se encontrou um modelo focado, propriamente, na agroindústria. Com isso foi criado um

questionário sob a ótica da indústria 4.0 e 5.0, que foi aplicado numa agroindústria de soja situada no estado de Roraima.

Os resultados mostraram que no geral o nível de maturidades das dimensões pesquisadas na empresa foi baixo. Na análise de maturidade para a Indústria 4.0 o nível das dimensões organização, tecnologia e pessoas oscilou entre 1 e 2, indicando que há ações iniciais implementadas.

Para a indústria 5.0 o nível de maturidade calculado para capital humano, resiliência e sustentabilidade foi 1 para cada uma das dimensões, o que indica, que tem desafios e um caminho para ser percorrido para evolução dessas dimensões.

A revisão da literatura e a pesquisa prática mostraram que a implementação da Indústria 4.0 em empresas do agronegócio requer uma visão holística, não apenas focada em melhorias de hardware e software no ambiente de produção. Mas, também, incluindo uma nova orientação estratégica, o desenvolvimento de novas competências da força de trabalho, a adaptação de modelos de negócios, o desenvolvimento de novos produtos e serviços com novas funcionalidades e a implementação de tecnologias facilitadoras.

Na concepção da Indústria 5.0 ela auxilia o agronegócio com sua integração de tecnologia de ponta, tomada de decisão orientada por dados e isso aumenta significativamente o desempenho sustentável do setor. Isso otimiza o uso de recursos, reduz o impacto ambiental.

Também, aumenta a produtividade, garantindo um agronegócio mais resiliente e ecologicamente correto, o que é essencial para atender à crescente demanda mundial por alimentos e, ao mesmo tempo, preservar o meio ambiente. No entanto, o Indústria 5.0 revoluciona a sustentabilidade ao harmonizar a automação, a fabricação inteligente e a colaboração humana.

Como limitação do estudo a carência de trabalhos científicos e modelos de maturidade sobre a agroindústria 5.0 e 4.0 fez com que fossem utilizados modelos adaptados focados na Indústria 4.0 e 5.0, porém direcionados para o agronegócio.

Como estudos futuros, sugere-se que outras dimensões e outros modelos de avaliação da Indústria 5.0 e 4.0 sejam adaptados ou criados para o agronegócio. Pois, modelos de avaliação são dinâmicos e necessitam passar por constantes revisões e atualizações.

Ainda como resultado, sugeriu-se um plano de ação inicial para a empresa e a para que possa servir de direcionamento para a expansão e melhoria dos negócios e resultados, tendo como as dimensões levantadas no questionário.

REFERÊNCIAS

ABIOVE. Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. **Cadeia da soja.** 2024. Disponível em: <<https://abiove.org.br/estatisticas/>>. Acesso em 01 de setembro/2024.

AKDIL, K.Y.; USTUNDAG, A.; CEVIKCAN, E. Maturity and readiness model for Industry 4.0 strategy. In: **Industry 4.0: managing the digital transformation**. Springer: Cham, Switzerland, p. 61–94, 2018.

ALMEIDA NETO, H. R., MAGALHÃES, E. M. C, Moura, H. P. Avaliação de um Modelo de Maturidade para Governança Ágil em Tecnologia da Informação e Comunicação. **iSys - Revista Brasileira de Sistemas de Informação**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 4, p. 44-79, 2015.

ALOJAIMAN, B. Technological Modernizations in the Industry 5.0 era: a descriptive analysis and future research directions. **Processes**, v. 11, n. 5, 1318, 2023.

APROSOJA BRASIL. Associação Brasileira dos Produtos de Soja. **A soja.** S.d. <<https://aprosojabrasil.com.br/a-soja/>>. Acesso em 17 de setembro de 2024.

ARTA, M.C. et al. Industry 5.0 readiness assessment: a maturity model for Indonesian companies. **Eduvest – Journal of Universal Studies**, v. 4, n. 05, may, 2024.

AZEVEDO, A.; SANTIAGO, S.B. Design of an assessment Industry 4.0 maturity model: an application to manufacturing company. In: Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Toronto, ON, Canada, p. 23–25 October 2019.

BAICU, A.V. Methods of assessment and training of a company towards the enterprise 4.0. 28th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation. In: Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium, 28th, p. 1065–1073, 2017.

BARROS, G.S.C. **Agronegócio**: conceito e evolução. CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA Esalq/USP, 2022. Disponível em: <https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/agro%20conceito%20e%20evolu%C3%A7%C3%A3o_jan22_.pdf>. Acesso em 20 de outubro de 2024.

BARYSHNIKOVA, N. et al. Ensuring global food security: transforming approaches in the context of agriculture 5.0. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 988, 032024, 2022.

BECHAR A.; VIGNEAULT C. Agricultural robots for field operations: concepts and components. **Biosystems Engineering**, v. 149, p. 94–112, 2016.

BECKER, J.; KNACKSTEDT, R.; PÖPPELBUß, J. Developing maturity models for IT management. **Business and Information Systems Engineering**, Springer, v. 1, n. 3, p. 213-222, 2009.

BEDNAR, P.M.; WELCH, C. Socio-technical perspectives on smart working: creating meaningful and sustainable systems. **Information Systems Frontiers**, v. 22, p. 281-298, 2020.

BIBBY, L.; DEHE, B. Defining and assessing industry 4.0 maturity levels—case of the defence sector. **Production Planning & Control**, v. 29, p. 1030–1043, 2018.

BIODIESELBR. Esmagamento de soja alcança recorde em junho de 2024.
Disponível em: <<https://www.biodeselbr.com/noticias/materia-prima/soja1/esmagamento-de-soja-alanca-recorde-em-junho-de-2024-170724>>. Acesso em 16 de setembro de 2024.

BISSADU, K.; SONKO, S.; HOSSAIN, G. Society 5.0 enabled agriculture: Drivers, enabling technologies, architectures, opportunities, and challenges. **Information Processing in Agriculture**, 2024, In Press.

BOCKEN, N.; BOONS, F.; BALDASSARRE, B. Sustainable business model experimentation by understanding ecologies of business models. **Journal of Cleaner Production**, v. 208, p. 1498–1512, 2019.

BREQUE, M.; L. De NUL, L.; PETRIDIS, A. **Industry 5.0: towards a sustainable, human-centric and resilient European industry**. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, Luxembourg, LU, 2021. Disponível em: <https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/industry-50-towards-sustainable-human-centric-and-resilient-european-industry_en>. Acesso em 18 de agosto/2024.

CAGGIANO, M.; SEMERARO, C.; DASSISTI, M. A Metamodel for Designing Assessment Models to support transition of production systems towards Industry 5.0. **Computers in Industry**, v. 152, 104008, 2023.

CELENT, L.; MLADINEO, M.; GJELDUM, N.; ZIZIC, M.C. Multi-criteria decision support system for smart and sustainable machining process. **Energies**, v. 15, n. 772, 2022.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA).
Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE). **Cadeia da soja e do biodiesel: PIB, empregos e comércio exterior: Primeiros Resultados e metodologia**. 2023. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-da-cadeia-de-soja.aspx>>. Acesso em: ago. 2023.

CHOURASIA, S.; TYAGI, A.; PANDEY, S.M.; WALIA, R.S.; MURTAZA Q. Sustainability of Industry 6.0 in Global Perspective: benefits and challenges. **MAPAN**, v. 37, n. 2, p. 443–52, 2022.

CNA. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Panorama do Agro**. 2023. Disponível em: <<https://cnabrasil.org.br/cna/panorama-do-agro>>. Acesso em 16 de setembro de 2024.

CRESWELL, J.W. **Projeto de pesquisa:** métodos qualitativo, quantitativo e misto. Editora Penso, 2007.

CRONIN, M.; DOYLE-KENT, M. Creating value with environmental, social, governance (ESG) in Irish manufacturing SMEs': A focus on disclosure of climate change risks and opportunities. **IFAC-PapersOnLine**, v. 55, n. 39, p. 48–53, 2022.

DE CAROLIS, A. et al. A maturity model for assessing the digital readiness of manufacturing companies. **IFIP Advances in Information and Communication Technology**, v. 513. Springer, Cham, 2017.

DE PAULA, S. R.; FAVARET FILHO, P. **O Panorama do Complexo Soja.** BNDES. 2014. Disponível em: <https://web.bnDES.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2403/3/BS%202008%20Panorama%20do%20complexo%20soja_P_BD.pdf>. Acesso em 16 de setembro de 2024.

DI NARDO, M.; YU, H. Special Issue. Industry 5.0: The prelude to the sixth industrial revolution. **Applied System Innovation**, v. 4, n. 45, 2021.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo de soja no cerrado de Roraima.** Sistema de produção Embrapa. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1155482/1/Cultivo-de-Soja-no-Cerrado-de-Roraima.pdf>>. Acesso em 16 de setembro de 2024.

EUROPEAN COMMISSION. Directorate general for research and innovation. **Enabling technologies for industry 5.0 results of a workshop with Europe's technology leaders**, 2020. Disponível em: <<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/8e5de100-2a1c-11eb-9d7e-01aa75ed71a1/language-en>>. Acesso em 18 de agosto/2024.

FRASER, E.D.G.; CAMPBELL, M. Agriculture 5.0: reconciling production with planetary health. **One Earth**, v. 1, p. 278–80, 2019.

FUKUDA K. Science, technology and innovation ecosystem transformation toward society 5.0. **International Journal of Production Economics**, v. 220, 107460, 2020.

GAJDZIK, B. Frameworks of the maturity model for industry 4.0 with assessment of maturity levels on the example of the segment of steel enterprises in Poland. **Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity**, v. 8, n. 2, p. 77, 2022.

GERLITZ, L. Design management as a domain of smart and sustainable enterprise: business modelling for innovation and smart growth in Industry 4.0. **Entrepreneurship and Sustainability**, v. 3, n. 3, p. 244–268, 2016.

GHOBAKHLOO, M. Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 252, 119869, 2020.

GIL, C.A. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2010.

GÖKALP, E.; ŞENER, U.; EREN, P.E. Development of an assessment model for Industry 4.0: Industry 4.0-MM. In: **Proceedings of the International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination**, Palma de Mallorca, Spain, 4–5 October 2017, v. 1, p. 30–42, 2017.

GONZÁLEZ-BENITO, J.; DALE, B. Supplier Quality and Reliability Assurance Practices in the Spanish Auto Components Industry: A Study of Implementation Issues. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, v. 7, p. 187–196, 2001.

GOTTEMS, L. **19% das empresas do agro têm “maturidade tecnológica”**. Agrolink. 2024. Disponível em: <<https://www.agrolink.com.br/noticias/19--das-empresas-do-agro-tem--maturidade-tecnologica- 489052.html>>. Acesso em 03 de novembro de 2024.

HALOUI, D. et al. Bridging Industry 5.0 and Agriculture 5.0: Historical Perspectives, Opportunities, and Future Perspectives. **Sustainability**, v. 16, n. 9, 3507, 2024.

HAMIDI, S.R. et al. SMEs maturity model assessment of IR4.0 digital transformation. **Advances in Intelligent Systems and Computing**, v. 739, p. 721–732, 2018.

HEIN-PENSEL, F. et al. Maturity assessment for Industry 5.0: A review of existing maturity models. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 66, p. 200-210, 2023.

HUMAYUN, M.; ARABIA, S. Industrial Revolution 5.0 and the role of cutting edge technologies. **International Journal of Advanced Science and Computer Applications** v. 12, n. 12, p. 605–615, 2021.

KAASINEN E.; et al. Smooth and Resilient Human-Machine Teamwork as an Industry 5.0 Design Challenge. **Sustainability**, MDPI, v. 14, n. 5, p. 1-20, 2022.

KOVÁCS, I.; HUSTI, I. The role of digitalization in agricultural 4.: how to connect industry 4.0 to agriculture? **Hungarian Agricultural Engineering**, v. 33, p. 38–42, 2018.

LANGLOTZ, P.; AURICH, J.C. Causal and Temporal Relationships within the Combination of Lean Production Systems and Industry 4.0. **Procedia CIRP**, v. 96, p. 236–241, 2020.

LASI, H., et al. Industry 4.0. **Business & Information Systems Engineering**, v. 6, p. 239–242, 2014.

LENG, J. et al. Industry 5.0: prospect and retrospect. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 65, p. 279–295, 2022.

LEGNICK-HALL, C.A.; BECK, T.E.; LENGNICK-HALL, M.L. Developing a capacity for organizational resilience through strategic human resource management. **Human Resource Management Review**, v. 21, p. 243–255, 2011.

LEONG, Y.K. Significance of Industry 5.0. In: The Prospect of Industry 5.0 in **Biomanufacturing**, p. 95–114, 2021.

LEYH, C. et al. SIMMI 4: a maturity model for classifying the enterprise-wide it and software landscape focusing on Industry 4.0. In: **Proceedings of the 2016 Federated Conference on Computer Science and Information Systems**, Gdańsk, Poland, p. 11–14, September 2016.

LICHTBLAU, K. et al. **IMPULS**: Industrie 4.0 Readiness, VDMA's IMPULS-Foundation, Aachen, 2015. Disponível em <<https://impuls-stiftung.de/wp-content/uploads/2022/05/Industrie-4.0-Readiness-english.pdf>>. Acesso em 15 de agosto/2024.

LIN, D. et al. Strategic response to Industry 4.0: An empirical investigation on the Chinese automotive industry. **Industrial Management & Data Systems**, v. 118, p. 589–605, 2018.

LONGO, F.; PADOVANO, A.; S. UMBRELLO, S. Value-oriented and ethical technology engineering in Industry 5.0: a human-centric perspective for the design of the factory of the future. **Applied Sciences**, v. 10, n. 11, p. 4182, 2020.

LU, Y. The current status and developing trends of industry 4.0: a review. **Information Systems Frontiers**, p. 1–20, 2021.

MADDIKUNTA, P.K.R. et al. Industry 5.0: a survey on enabling technologies and potential applications. **Journal of Industrial Information Integration**, v. 26. 100257, 2022.

MADSEN, D.; BERG, T. An Exploratory Bibliometric Analysis of the Birth and Emergence of Industry 5.0. **Applied System Innovation**, v. 4, n. 87, 2021.

MANAVALAN, E.; JAYAKRISHNA, K. A review of Internet of Things (IoT) embedded sustainable supply chain for industry 4.0 requirements. **Computers & Industrial Engineering**, v. 127, p. 925–953, 2018.

MAPA. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Projeções do agronegócio**: Brasil 2022/23 a 2032/33, projeções de longo prazo. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/producao-de-graos-brasileira-devera-chegar-a-390-milhoes-de-toneladas-nos-proximos-dez-anos/ProjeesdoAgroneggio20232033.pdf>>. Acesso em 24 de agosto/2024.

MARTOS, V. et al. Ensuring agricultural sustainability through remote sensing in the era of agriculture 5.0. **Applied Sciences**, v. 11, n. 13, 5911, 2021.

MESÍAS-RUIZ, G. A. et al. Boosting precision crop protection towards agriculture 5.0 via machine learning and emerging technologies: a contextual review. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, 1143326, 2023.

MIGUEL, P.A.C. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. São Paulo: Elsevier, Campus, 2011.

MINANI, L. Hedgepoint analisa o cenário do esmagamento de soja no Brasil e projeta desafios para o segundo semestre de 2024. **Revista Cultivar**, 2024. Disponível em: <<https://revistacultivar.com.br/noticias/hedgepoint-analisa-o-cenario-do-esmagamento-de-soja-no-brasil-e-projeta-desafios-para-o-segundo-semestre-de-2024>>. Acesso em 16 de setembro de 2024.

MITTAL, S. A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). **Journal of Manufacturing Systems**, v. 49, p. 194-214, 2018.

MOURTZIS D, ANGELOPOULOS J, PANOPoulos N. A literature review of the challenges and opportunities of the transition from industry 4.0 to society 5.0. **Energies**, v. 15, 6276, 2022.

MULLER, H. **The CEO of technology**. Wiley: New York, NY, USA, 2018.

OLIVEIRA, J.R.L. **Modelo de maturidade para a indústria 4.0 para países em desenvolvimento**: um estudo de caso em uma indústria de ração animal. 2018, Dissertação de Engenharia de Produção e Sistemas – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018.

PEREIRA, R; SANTOS, N. **Industria 5.0**: reflexões sobre uma nova abordagem paradigmática para a indústria. ANPAD, 2022.

PESSL, E. Roadmap Industry 4.0: implementation guideline for enterprises. **International Journal of Science, Technology and Society**, v. 5, n. 6, p. 193-202 2017.

PINAZZA, L.A. **Cadeia produtiva da soja**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Política Agrícola, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura, Brasília: IICA: MAPA/SPA, 2007. Disponível em: <<https://www.agrolink.com.br/downloads/cadeia%20produtiva%20da%20soja.pdf>>. Acesso em 16 de setembro de 2024.

POLYMIENI, S. et al. The impact of 6G-IoT technologies on the development of agriculture 5.0: a review. **Electronics**, v. 12, 2651, 2023.

PORTAL CAPES. **Web of Science** – Coleção Principal (Clarivate Analytics/Thomson Reuters). Disponível em: <https://www-periodicos-capes-gov-br.ez46.periodicos.capes.gov.br/index.php/acervo/lista-a-z-bases.html?q=web+of+science&filter_knowledgeid=0>. Vários acessos.

RAGAZOU, K.; GAREFALAKIS, A.; ZAFEIRIOU, E.; PASSAS, I. Agriculture 5.0: a new strategic management mode for a cut cost and an energy efficient agriculture sector. **Energies**, v. 15, n. 9, 3113, 2022.

RAME, R.; PURWANTO, P.; SUDARNO, S. Industry 5.0 and sustainability: an overview of emerging trends and challenges for a green future. **Information Processing in Agriculture**, v. 3, 100173, 2024.

RODRIGUES, T.V. **Proposição de um modelo para mensurar o nível de prontidão de uma indústria para a implementação da Indústria 4.0.** Dissertação de Engenharia de Produção e Sistemas – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2021.

RÖGLINGER, M.; PÖPPELBUß, J.; BECKER, J. Maturity models in business process management. **Business Process Management Journal**, v. 18, n. 2, p. 328-346, 2012.

ROMERO, AC.; ROMERO, F. A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. **Procedia Manufacturing**, v. 13, p. 1206-1214, 2017.

ROMERO, D. et al. The Operator 4.0: Human Cyber-Physical Systems & Adaptive Automation towards Human-Automation Symbiosis Work Systems. In Proceedings of the IFIP Advances in Information and Communication Technology; Springer: Cham, Switzerland, v. 488, p. 677–686, 2016.

RÜBEL, S. et al. A maturity model for business model management in Industry 4.0. In **MKWI**, p. 2031-2044, 2018.

RUDRAKAR S.; RUGHANI P. IoT based Agriculture (Ag-IoT): a detailed study on architecture, security and forensics. S2214317323000665. **Information Processing in Agriculture**, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.inpa.2023.09.002>>. Acesso em 27 de agosto/2024.

SANTOS, P.; SILVA, A.; NETO, J.; JÚNIOR, R. Proposta de construção de modelo de maturidade em governança e gestão de TIC. **REAd. Revista Eletrônica de Administração (Porto Alegre)**, v. 26, n. 2, 2020.

SANTOS, R.C.; MARTINHO, J.L. An Industry 4.0 maturity model proposal. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 31, n. 5, p. 1023-1043, 2020.

SCHUH, G.; ANDERL, R.; GAUSEMEIER, J.; TEN HOMPEL, M.; WAHLSTER, W. "Industrie 4.0 maturity index", Managing the Digital Transformation of Companies (Acatech Study), Herbert UtvVerlag, Munich, 2017. Disponível em: <https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_Maturity_Index_eng_WEB.pdf>. Acesso em 17 de setembro de 2024.

SCHUMACHER, A.; EROL, S.; SIHN, W. A Maturity model for assessing industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. **Procedia CIRP**, v. 52, p. 161-166, 2016.

SCHUMACHER, A.; NEMETH, T.; SIHN, W. Roadmapping towards industrial digitalization based on an Industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises, 12th, **CIRP, Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering**, Italy, 2019.

SEADI. SECRETARIA DE AGRICULTURA DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO. **Relatório técnico de pesquisa: levantamento da safra 22/22**. Governo de

Roraima. Disponível em: <<https://seadi.rr.gov.br/wp-content/uploads/2022/12/Relatorio-GRAOS-2022.pdf>>. Acesso em 17 de setembro de 2024.

SULEIMAN et al. Industry 4.0: Clustering of concepts and characteristics. **Cogent Engineering**, v. 9, 2034264, p. 1-26, 2022.

ÜNAL, C.; CEMIL S.; HAKAN, Y. Application of the maturity model in industrial corporations. **Sustainability**, v. 14, n. 15, p. 9478, 2022.

VANCE, D. et al. Smart manufacturing maturity models and their applicability: a review. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 34, n. 5, p. 735-770, 2023.

WAN, P.K.; LEIRMO, T.L. Human-centric zero-defect manufacturing: State-of-the-art review, perspectives, and challenges. **Computers in Industry**, v. 144, 103792, 2023.

XU, X. et al. Industry 4.0 and Industry 5.0: inception, conception and perception. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 61, p. 530-535, 2021.

YIN, R.K. **Case study research and applications**: design and methods. Sage publications, 2017.

ZAMBON, I. et al. Revolution 4.0: Industry vs. agriculture in a future development for SMEs. **Processes**, v. 7, 36, 2019.

ZHANG, Y. A path to sustainable development of agri-industries: analysis of agriculture 5.0 versus industry 5.0 using stakeholder theory with moderation of environmental policy. **Sustainable Development**, p. 1–15, 2024.

Zhong, R.Y. et al. Intelligent manufacturing in the context of Industry 4.0: a review. **Engineering**, v. 3, n. 5, p. 616-630, 2017.

ZIZIC, M.C. et al. From industry 4.0 towards industry 5.0: a review and analysis of paradigm shift for the people, organization and technology. **Energies**, v. 15, 5221, p. 1–20, 2022.

ANEXO A – INSTRUMENTO DE PESQUISA

ORGANIZAÇÃO

A indústria 4.0 é mais do que apenas melhorar produtos e processos existentes por meio do uso de tecnologias digitais – ela realmente oferece a oportunidade de desenvolver novos modelos de negócios. Por isso, sua implementação é de grande importância estratégica.

1. Como você considera o alinhamento das estratégias e cultura organizacional de sua empresa para a indústria 4.0? Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “Inexistente”, isto é, não há estratégias voltadas para a indústria 4.0 ou a **Opção 5** para “Completo”, ou seja, o tema indústria 4.0 é bastante difundido e todas as estratégias são voltadas para atender as suas demandas.

0 1 2 3 4 5

2. Em qual estágio você acredita que a empresa estará, do ponto de vista Estratégico e Cultural, nos próximos 5 anos? Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “inexistente”, isto é, não haverá ainda estratégias voltadas para a indústria 4.0 ou **Opção 5** para “Completo”, ou seja, o tema indústria 4.0 é muito difundido e todas as estratégias estão voltadas para atender às demandas.

0 1 2 3 4 5

3. Até que ponto os clientes podem individualizar os produtos (matéria-prima) que adquirem? Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “De forma alguma”, isto é, os produtos não permitem nenhuma individualização (por exemplo, utilizamos produção em massa padronizada) ou **Opção 5** para “Completamente”, em que os produtos podem ser totalmente definidos pelos clientes (por exemplo, por meio de ferramenta de configuração para clientes, tamanho de lote, etc.).

0 1 2 3 4 5

4. Quanto dinâmico e personalizável para o cliente é o sistema de preços (consideração da “forma de pagamento” para cliente)? Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “**Preços fixos**”, isto é, os preços de todos os produtos e serviços são fixos (por exemplo, catálogos de preços baseados em pesquisa de mercado tradicional) ou **Opção 5** para “preços dinâmicos” nos quais os sistemas automatizados calculam os preços, descontos etc. dinamicamente em tempo real (por exemplo, preços individuais com base no potencial do cliente, histórico, relevância do pedido etc.)

0 1 2 3 4 5

5. Até que ponto a empresa pondera as práticas da indústria 4.0 no processo de planejamento? Desde o planejamento de previsão de vendas, como de produção e logística? Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “**De forma alguma**”, isto é, a empresa

não considera nada relacionada a indústria 4.0 em seu planejamento ou a **Opção 5** para “**Completamente**”, pois a empresa considera as suas práticas em tudo que é planejado.

0 1 2 3 4 5

6. Até que ponto Arquitetura de TI (tecnologia da informação) atende aos requisitos gerais da digitalização e da indústria 4.0? Utilize como parâmetros: **Opção 0** para “**De forma alguma**”, isto é, a arquitetura atual não atende diretamente aos requisitos da indústria 4.0 (IoT (Internet das Coisas), análise de dados de produção etc.) nem é facilmente adaptável para os novos requisitos, ou **Opção 5** para “**Completamente**”, que neste caso, significa que todos os requisitos relevantes são explicitamente considerados na arquitetura TI, o roteiro reflete aprimoramentos para atender as necessidades futuras.

0 1 2 3 4 5

7. Como você classificaria os investimentos em inovação e tecnologia dos últimos dois anos? Utilize como parâmetros: **Opção 0** significa “**Nenhum**” investimento feito em inovação tecnológica (novas tecnologias, novos processos, novos produtos etc.) nos últimos 2 anos ou **Opção 5** para que os investimentos são “**Frequentes**” e já fazem parte da estratégia organizacional.

0 1 2 3 4 5

8. Até que ponto você analisa os dados do cliente para aumentar a percepção dele (por exemplo, preferencias, localização, pontuação de crédito etc.)? Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “**Uso trivial**”, isto é, as informações são mantidas de forma descentralizada e não sistemática por unidades individuais e não analisadas (por exemplo, pedidos de vendas em planilhas de Excel) ou **Opção 5** para “**Uso substancial**”, ou seja, coleta-se totalmente os dados em todos os pontos que são alimentados em sistemas integrados para monitorar, revisar e otimizar produtos, vendas e experiência do cliente.

0 1 2 3 4 5

9. Qual é a importância do uso e análise de dados (dados do cliente, produto ou dados gerados por máquina) para o seu modelo de negócio? Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “**Insignificante**”, isto é, nenhuma análise de dados é aproveitada no modelo de negócios ou **Opção 5** para “**Primordial**” em que os dados são o principal valor do modelo de negócios (por exemplo, dados sobre a utilização da capacidade da máquina são usados para a tomada de decisão).

0 1 2 3 4 5

10. Como você avaliaria a capacidade de criar valor a partir de dados? Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “**Limitado**”, isto é, grandes quantidades de dados são coletadas, mas as utilizações dos dados para os modelos de negócios são limitadas

ou **Opção 5** para “**Maduro**”, ou seja, as abordagens sistemáticas para alavancar dados para a otimização de operações e o fomento de novos modelos de negócio estão em vigor (por exemplo, equipe de análise central, cientistas de dados etc.)

0 1 2 3 4 5

11. Como você avalia as práticas de desenvolvimento contínuo disponibilizadas pela sua empresa para seus colaboradores? Utilize como parâmetros: Opção 0 é “limitado”, ou seja, a empresa oferece treinamento inicial básico para as operações diárias ou a opção 5 para “maduro”, ou seja, são efetuados seminários e treinamentos frequentemente para garantir o desenvolvimento pessoal de seus colaborados.

0 1 2 3 4 5

12. Como você avalia a capacidade de adaptar-se as mudanças na empresa? Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “**Limitado**”, isto é, a empresa normalmente demora para reagir ou adaptar-se as mudanças ou **Opção 5** para “**Maduro**”, ou seja, os processos da empresa são maduros, então ela consegue reagir e adaptar-se rapidamente.

0 1 2 3 4 5

TECNOLOGIA

A indústria 4.0 envolve modelagem digital por meio da coleta inteligente, armazenamento e processamento de dados. Assim, o conceito de fábrica inteligente assegura que as informações sejam entregues e que os recursos sejam usados com mais eficiência. Isso requer a colaboração entre empresas em tempo real entre sistemas de produção, sistemas de informação e pessoas.

13. Como você considera o alinhamento das tecnologias (sistemas, IoT, integração de sensores, ferramentas de análise de dados) da empresa para a Indústria 4.0?

Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “**Inexistente**”, isto é, não há nenhuma tecnologia disponível para a indústria 4.0 ou a **Opção 5** para “**Completa**”, ou seja, a infraestrutura tecnológica da empresa está totalmente adaptada a indústria 4.0.

0 1 2 3 4 5

14. Em qual estágio você acredita que a empresa estará, do ponto de vista tecnológico, nos próximos 5 anos? Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “**Inexistente**”, isto é, não haverá ainda tecnologias voltadas para a indústria 4.0 ou opção 5 para “**Completo**”, ou seja, o tema “indústria 4.0” é bastante difundido e todas as tecnologias estarão implementadas para atender as suas demandas.

0 1 2 3 4 5

15. Até que ponto o processo produtivo é digitalizado (por exemplo, sensores, conexão, IoT, *big data* etc.)? Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “de **Forma alguma**”, isto é, o processo produtivo é focado em produtos puramente físicos (por exemplo, máquinas mecânicas sem recurso digital ou conexões de rede etc.) ou **Opção 5** para “**Completamente**”, ou seja, os serviços digitais estão no centro dos processos, todos são controlados por processos automáticos e autônomos.

0 1 2 3 4 5

16. Até que ponto as fases do ciclo de vida dos produtos são digitalizadas (digitalização e integração de projeto, planejamento, engenharia, produção, serviços e reciclagem)? Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “**Baixo nível**”, isto é, existe um baixo nível de digitalização e integração, pois o uso de tecnologia ocorre de forma isolada (por exemplo, sem integração entre a engenharia e a produção) ou a **Opção 5** para “**Altíssimo nível**”, isto é, todas as fases do ciclo de vida do produto são completamente digitalizadas (por exemplo, a capacidade de produção pode ser testada diretamente durante o desenvolvimento do produto por meio de prototipagem visual).

0 1 2 3 4 5

17. Quanto avançada é a digitalização dos equipamentos de produção da empresa (sensores, conexão IoT, monitoramento digital, controle, otimização e automação)? Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “**Fábrica física**”, isto é, os equipamentos de produção são totalmente desconectados dos sistemas de tecnologia da informação (TI) e nenhuma informação em tempo real pode ser coletada ou **Opção 5** para “**Fábrica digital**”, em que os equipamentos de produção interconectados permitem o acesso de TI e informações são alimentadas em uma representação virtual da fábrica.

0 1 2 3 4 5

18. Como você avalia o uso que sua empresa faz da computação (*cloud computing*) em nuvem (uso de armazenamento de arquivos, ambientes virtualizados e uso de sistemas em nuvem, etc.)? Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “**Limitado**”, isto é, a empresa não faz o uso de computação em nuvem ou a **Opção 5** para “**Maduro**”, ou seja, toda a infraestrutura de TI (sistemas na nuvem, arquivos hospedados em nuvem, ambiente de virtualização de serviços, etc.) é disponibilizada em nuvem.

0 1 2 3 4 5

19. Como você avalia o grau de integração da cadeia de valor vertical (integração de informações entre setores e produção)? Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “**Inexistente**”, isto é, não existe troca automática de informações ao longo da cadeia de valor vertical (por exemplo, programação manual de produção com base em planos de papel) ou a **Opção 5** para “**Completo**”, ou seja, fluxo de dados contínuo ao longo da cadeia de valor vertical (por exemplo, controle direto de máquinas via integração de ERP (*Enterprise Resource Planning*) e MES (*Manufacturing Execution System*)).

0 1 2 3 4 5

20. Como você avalia o grau de integração da cadeia de valor horizontal (solicitações de compras ao fornecedor, pedidos de venda dos clientes)? Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “**Inexistente**”, isto é, não existe troca automática de informações ao longo da cadeia de valor horizontal (por exemplo, não há nenhuma integração de TI com o fornecedor) ou **Opção 5** para “**Completo**”, ou seja, fluxo de dados contínuo ao longo da cadeia de valor horizontal (por exemplo, fornecedores recebem solicitação de compras integrados com o sistema de ERP ou o cliente pode solicitar um pedido que também é integrado com o ERP).

 0 1 2 3 4 5

21. Até que ponto os processos da empresa podem ser considerados seguros do ponto de vista da segurança da informação (disponibilidade de dados, integridade das informações e confidencialidade)? Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “**Inexistente**”, isto é, não existe qualquer preocupação da empresa com relação à segurança da informação ou **Opção 5** para “**Completo**”, ou seja, todo planejamento de infraestrutura de TI preocupa-se em garantir a implementação de segurança para que os serviços de TI estejam sempre disponíveis.

 0 1 2 3 4 5

22. Até que ponto seus arquivos estão armazenados na nuvem? Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “**Inexistente**”, isto é, os arquivos são armazenados nas estações de trabalho e não é possível acessá-lo de nenhum outro local ou a **Opção 5** para “**Completo**”, isto é, todos os arquivos manipulados pela empresa ficam armazenados na nuvem e é possível acessá-los de qualquer lugar e a qualquer momento.

 0 1 2 3 4 5

23. De que forma você classifica o uso de ferramentas para a tomada de decisão baseadas em dados (como por exemplo, uso da ferramenta de BI (*Business Intelligence*)? Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “**Inexistente**”, isto é, não existe nenhuma ferramenta de análise de dados dentro da organização e para tal é utilizado a compilação de vários relatórios ou a **Opção 5** para “**Completo**”, ou seja, todas as pessoas que precisam têm acesso a ferramentas de análises de dados que mostram informações integradas de vários sistemas de informação.

 0 1 2 3 4 5

24. Até que ponto você tem uma visão em tempo real da produção e pode reagir dinamicamente às mudanças na demanda? Utilize como parâmetros: Opção 0 é “**De forma alguma**”, isto é, a produção ocorre em cima de um planejamento prévio o qual não permite reagir de forma flexível às mudanças na demanda ou a **Opção 5** para

“Fábrica virtual”, ou seja, visualização em tempo real da produção com recursos para alterar dinamicamente os cronogramas.

0

1

2

3

4

5

PESSOAS

As pessoas ajudam as empresas a realizar a sua transformação digital e são as mais afetadas pelas mudanças no ambiente de trabalho digital. Seu ambiente de trabalho direto é alterado, exigindo que eles adquiram novas habilidades e qualificações. Isso faz com que as empresas precisem preparar seus funcionários para essas mudanças por meio de treinamento adequado e educação contínua.

25. Como você considera a preparação das pessoas (resistência às mudanças, abertura à inovação e desenvolvimento de competências) da empresa para a indústria 4.0? Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “Inexistente”, isto é, as pessoas não estão preparadas para trabalhar com as tecnologias da indústria 4.0 ou a **Opção 5** para “Completo”, ou seja, as pessoas que trabalham na empresa estão totalmente adaptadas à indústria 4.0.

0

1

2

3

4

5

26. Em qual estágio você acredita que a empresa estará, do ponto de vista das pessoas, nos próximos 5 anos? Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “Inexistente”, isto é, as pessoas ainda não estarão preparadas para a indústria 4.0 ou a **Opção 5** para “Completo”, ou seja, o tema “indústria 4.0” será muito difundido e todas as pessoas estarão acostumadas com o tema e as suas demandas.

0

1

2

3

4

5

27. Qual a importância das novas tecnologias, como automação de tarefas repetitivas, mobilidades, análise de dados e computação em nuvem, para possibilitar operações de negócios? Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “Insignificante”, isto é, existem apenas pequenos investimentos em novas tecnologias que estão vagamente ligadas à estratégia de negócios ou a **Opção 5** para “Primordial”, ou seja, o tema indústria 4.0 será bastante difundido e todas as pessoas estarão familiarizadas com o tema e suas demandas.

0

1

2

3

4

5

28. Como você avalia a capacidade de adaptar-se às mudanças? Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “Limitado”, isto é, normalmente você não se sente à vontade quando há mudanças ou a **Opção 5** para “Maduro”, ou seja, você se adapta rapidamente às mudanças e consegue reagir rapidamente.

0

1

2

3

4

5

29. Como você avalia as suas habilidades quando se trata dos requisitos futuros da indústria 4.0? Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “**Inexistente**”, isto é, não posso qualquer habilidade tecnológica ou qualificação para adaptar-me aos requisitos da indústria 4.0 ou a **Opção 5** para “**Completo**”, ou seja, você está adaptado as exigências que a indústria 4.0 exige.

0 1 2 3 4 5

30. Até que ponto a organização institucionaliza a colaboração em tópicos da indústria 4.0 junto com parceiros externos como faculdades, universidades, indústria, fornecedores ou cliente? Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “**Sem colaboração**”, isto é, os tópicos da indústria 4.0 são investigados internamente e os resultados são excluídos de organizações externas ou a **Opção 5** para “**Total colaboração**”, ou seja, a inovação da indústria 4.0 é promovida dentro de plataformas abertas projetadas para pesquisa intersetorial (por exemplo, ambientes de “Fábrica Inteligente”, laboratórios abertos para clientes).

0 1 2 3 4 5

AVALIAÇÃO DA MATURIDADE PARA INDÚSTRIA 5.0

PRINCÍPIOS CENTRADOS NO SER HUMANO

Coloca as necessidades e interesses humanos fundamentais no centro dos processos de produção. Não se trata apenas de perguntar o que podemos fazer com as novas tecnologias, mas sim de utilizar a tecnologia para adaptar os processos de produção às necessidades dos colaboradores.

1. O fator humano é o principal impulsionador e fator inovador para a Indústria 5.0?

Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “**De forma alguma**”, isto é, o fator humano não é o principal impulsionador ou **Opção 5** para “**Completamente**”, o fator humano é o principal fator impulsionador para a Indústria 5.0.

0 1 2 3 4 5

2. Existem foco nos funcionários?

Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “**Inexistente**”, isto é, não há foco nos colaboradores ou a Opção 5 para “**Total**”, ou seja, há foco nos colaboradores.

0 1 2 3 4 5

3. Há adaptação holística (como um todo) dos processos e do sistema para os funcionários?

Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “Inexistente”, isto é, não há adaptação Opção 5 para “Total”, ou seja, há adaptação.

0

1

2

3

4

5

4. Existe requisito básico, quanto a tecnologia utilizada atualmente, para atingir níveis de maturidade para digitalização e inteligência artificial (tecnologia avançada).

Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “Inexistente”, isto é, não há requisito básico ou Opção 5 para “Total”, ou seja, há requisito básico.

0

1

2

3

4

5

RESILIÊNCIA

Refere-se à necessidade de desenvolver mais robustez na produção industrial, preparando-se melhor contra interrupções. Trata-se de ser capaz de lidar com a incerteza e a mudança e evitar a fragilidade da abordagem atual à produção globalizada.

5. Presença formal ou informal de política de estabilização, internamente na empresa para enfrentar as incertezas da economia?

Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “Inexistente”, isto é, não há política de estabilização ou Opção 5 para “Total”, ou seja, há política de estabilização.

0

1

2

3

4

5

6. Existe mecanismos (ferramentas de mercado como planejamento estratégico, SWOT, benchmarking ou outras) para criação de competitividade?

Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “Inexistente”, isto é, não há ou Opção 5 para “Total”, ou seja, há mecanismos.

0

1

2

3

4

5

7. Há uso de tecnologias e abordagens modernas (por exemplo, uso da inteligência artificial para amenizar crises que possam surgir na economia e afetar a empresa)?

Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “Inexistente”, isto é, não há ou Opção 5 para “Total”, ou seja, há uso.

0

1

2

3

4

5

SUSTENTABILIDADE

Significa reduzir o consumo de energia e as emissões de gases de efeito estufa para evitar o esgotamento e a degradação dos recursos naturais. Tecnologias como IA e manufatura aditiva podem desempenhar um papel importante, otimizando a eficiência e o consumo de energia, a eficiência de recursos e minimizando o desperdício.

8. Ocorre implementação de soluções ambientais (há preocupação com a Responsabilidade ambiental e social)?

Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “Inexistente”, isto é, não há ou Opção 5 para “Total”, ou seja, ocorre.

<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

9. São utilizados modelos de negócios com aspectos sustentáveis?

Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “Inexistente”, isto é, não há ou Opção 5 para “Total”, ou seja, faz-se uso.

<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

10. Há envolvimento da sustentabilidade ambiental e social no planejamento estratégico?

Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “Inexistente”, isto é, não há ou Opção 5 para “Total”, ou seja, há envolvimento.

<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

11. Ocorre monitoramento de indicadores de sustentabilidade?

Utilize como parâmetros: **Opção 0** é “Inexistente”, isto é, não há ou Opção 5 para “Total”, ou seja, ocorre.

<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------