



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E
SISTEMAS (PPGEPS)

GRAZIELLE FATIMA GOMES TEIXEIRA

MODELO DE MATURIDADE PARA INTEGRAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO
CONTEXTO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

CURITIBA

2022

GRAZIELLE FATIMA GOMES TEIXEIRA

**MODELO DE MATURIDADE PARA INTEGRAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO
CONTEXTO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Engenharia de Produção e Sistemas.

Orientador: Osiris Canciglieri Junior, Ph.D.

CURITIBA

2022



Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Escola Politécnica
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas

TERMO DE APROVAÇÃO

Grazielle Fatima Gomes Teixeira

MODELO DE MATURIDADE PARA INTEGRAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO CONTEXTO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Tese aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor no Curso de Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, da Escola Politécnica da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, pela seguinte banca examinadora:



Osiris Cancigliari Junior

Presidente da Banca
Prof. Dr. Osiris Cancigliari Junior, Ph.D
(Orientador)

Anderson Luis Szejka

Prof. Dr. Anderson Luis Szejka
(Membro Interno)

Rafael Wollmann

Prof. Dr. Rafael Rodrigues Guimarães Wollmann
(Membro Interno)

Biagio

Prof. Dr. Biagio Fernando Giannetti
(Membro Externo)

Fernando A. Forcellini

Prof. Dr. Fernando Antônio Forcellini
(Membro Externo)

Curitiba, 18 de abril de 2022.

Rua Imaculada Conceição, 1155 - Prado Velho – CEP: 80215-901 - Curitiba - Paraná - Brasil
Tel: +55 41 3271-2579 www.pucpr.br/ppgeps

AGRADECIMENTOS

Com a conclusão de mais uma longa jornada, fruto de muita dedicação, aliado ao sentimento de dever cumprido, há sempre a percepção de que o caminho só foi possível de ser trilhado devido o apoio de diversas pessoas as quais eu dedico meus agradecimentos:

Aos meus pais, pelo carinho, apoio e compreensão durante a trajetória. Aos meus familiares que partiram sem conseguir ver esse momento, mas sempre estiveram do meu lado.

A Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS/PUCPR), que me proporcionaram suporte para o desenvolvimento da tese, mestrado, apoio às publicações científicas, e tantas outras oportunidades desde minha graduação que só uma instituição voltada ao crescimento científico e tecnológico pode proporcionar.

A CAPES pelo apoio financeiro.

Ao meu orientador Prof. Dr. Osiris Canciglieri Júnior, pela atenção ao longo dos anos em que estive sob sua orientação, e sobretudo, pela confiança durante a realização deste projeto.

Agradeço as empresas BOSCH e a Cooperativa Witmarsum e seus colaboradores por aceitarem o convite de participar no estudo e com dedicação ter ajudado a aprimorar os resultados atingidos.

Agradeço também aos alunos do PPGEPS pelo apoio, observações e sugestões para a melhoria do estudo.

Agradeço aos professores da Comissão Examinadora pelas valiosas contribuições para a tese e pela generosidade de terem compartilhado do seu conhecimento comigo.

RESUMO

O progresso tecnológico oriundo da Indústria 4.0 fornecerá novas soluções sustentáveis de produção. No entanto, apesar dos elos entre a sustentabilidade e a Indústria 4.0 serem vistos como facilitadores, ainda é preciso mais investigações que apontem como a integração da sustentabilidade nas empresas podem ser realizadas. Essa dificuldade já vem sendo observada em pelo menos duas décadas. Este fato ilustra que embora os avanços tecnológicos sejam importantes para o progresso, não são suficientes para sanar as complexidades devido a integração da sustentabilidade não configurar apenas uma alteração no modo de manufaturar bens. Isso vai além, refletindo-se nos aspectos organizacionais das empresas. Nesta nova perspectiva, capacidades dinâmicas são necessárias para estruturar o processo de transformação que deve ocorrer no modelo de negócios das empresas. Tal transformação também deve contemplar de modo equilibrado e equivalente as três dimensões sustentáveis: social, ambiental e econômico. Assim como, esse processo deve considerar 15 elementos e ser desenvolvido de modo evolucionário, ou seja, com o conceito de modelo de maturidade. Diante disso, o estudo apresenta o Modelo de Maturidade para Integração da Sustentabilidade no Contexto de Desenvolvimento de Produtos, para nortear a integração da sustentabilidade ao Planejamento Estratégico (PE) e, conseqüentemente, ao Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos Sustentáveis (PDIPS) por meio de uma avaliação quali-quantitativa com 5 critérios necessários para identificar a maturidade da empresa. O modelo é composto por um processo cíclico com 5 níveis de maturidade e 6 estágios: 2 macrofases e 4 microfases. A construção do estudo foi estruturada por uma revisão bibliográfica sistemática (para identificar a lacuna a ser investigada), método AHP (para identificar os pesos da avaliação quantitativa), questionários (para avaliar o modelo) e experimentos (para testar o modelo). Foram realizados 2 experimentos em empresa de setores e portes distintos. O resultado demonstrou que o modelo proposto é eficaz e viável para reduzir barreiras e fomentar a integração nas empresas ilustrando que esse processo é diretamente dependente do quão disseminado é o significado de sustentabilidade para o modelo de negócio da empresa na cadeia de valor e no engajamento de todos os agentes envolvidos. Além disso, o resultado do estudo apontou possibilidades para futuros direcionamentos de pesquisas. Tais possibilidades poderiam continuar a discutir o tema aqui abordado tanto pelo fomento da teoria quanto pela realização de novos estudos práticos. Logo, é possível descrever que o estudo aproxima a discussão teórica à prática.

Palavras-chave: Modelo de Maturidade; Sustentabilidade; Planejamento Estratégico (PE); Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP); Modelo de Negócio; Capacidades Dinâmicas.

ABSTRACT

Technological progress from Industry 4.0 will provide new sustainable production solutions. However, despite the links between sustainability and Industry 4.0 being seen as facilitators, more research is still needed to point out how the integration of sustainability in companies can be carried out. This difficulty has been observed for at least two decades. This fact illustrates that although technological advances are important for progress, they are not enough to solve the complexities because the integration of sustainability is not just a change in the way of manufacturing goods. This goes further, being reflected in the organizational aspects of companies. In this new perspective, dynamic capabilities are necessary to structure the transformation process that should occur in the companies' business model. Such a transformation should also contemplate the three sustainable dimensions in a balanced and equivalent way: social, environmental and economic. Likewise, this process should consider 15 elements and be developed in an evolutionary way, that is, with the concept of a maturity model. Therefore, the study presents the Maturity Model for the Integration of Sustainability in the Context of Product Development, to guide the integration of sustainability into Strategic Planning and, consequently, into the Integrated Development Process of Sustainable Products through of a qualitative-quantitative evaluation with 5 criteria necessary to identify the maturity of the company. The model is composed of a cyclical process with 5 maturity levels and 6 stages: 2 macrophases and 4 microphases. The construction of the study was structured by a systematic literature review (to identify the gap to be investigated), AHP method (to identify the weights of the quantitative assessment), questionnaires (to evaluate the model) and experiments (to test the model). Two experiments were carried out in companies of different sectors and sizes. The result showed that the proposed model is effective and viable to reduce barriers and promote integration in companies, illustrating that this process is directly dependent on how widespread is the meaning of sustainability for the company's business model in the value chain and in the engagement of employees. In addition, the result of the study pointed out possibilities for future research directions. Such possibilities could continue to discuss the topic addressed here, both for the promotion of theory and for the realization of new practical studies. Therefore, it is possible to describe that the study brings theoretical discussion closer to practice.

Keywords: Maturity Model; Sustainability; Strategic planning; Product Development Process; Business Model; Dynamic Capabilities.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Triple Bottom Line.....	13
Figura 2 - Sistema Borrow-Use-Return.....	15
Figura 3 - Estrutura da pesquisa	29
Figura 4 - Execução da busca por estudo	31
Figura 5 - Revisão Bibliográfica Sistemática.....	32
Figura 6 - Níveis hierárquicos das Capacidades Dinâmicas.....	38
Figura 7 - Barreiras e drivers para SBMI	39
Figura 8 - Tipos de estratégias 5Rs	40
Figura 9 - Níveis de capacidades dinâmicas para SOI	41
Figura 10 - Abrangência do modelo de negócio.....	43
Figura 11 - Níveis de comportamento estratégico.....	49
Figura 12 – Estratégias do ciclo de vida.....	53
Figura 13 - Conversão do conhecimento	64
Figura 14 - Forecasting e Backcasting	76
Figura 15 - Níveis de maturidade na governança	81
Figura 16 - Níveis de maturidade para agregar valor	81
Figura 17 - Níveis de maturidade versus domínios	83
Figura 18 - Síntese dos níveis de maturidade	84
Figura 19 – Estrutura e etapas do modelo.	87
Figura 20 -Estruturação do AHP.	89
Figura 21 - 5I: Níveis de Maturidade.	92
Figura 22 – As capacidades dinâmicas e o critério Estratégico	95
Figura 23 - As capacidades dinâmicas e o critério Organizacional.....	103
Figura 24 - As capacidades dinâmicas e o critério Motivação	109
Figura 25 - As capacidades dinâmicas e o critério Operacional.....	115
Figura 26 - As capacidades dinâmicas e o critério Parcerias	121
Figura 27 - Grade de Maturidade	125
Figura 28 - Fluxograma Plano de Ação.....	126
Figura 29 - Detalhamento plano de ação.....	127
Figura 30 - Domínio PDP: microfases do modelo.	130
Figura 31 - Três tipos de planejamento	131

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - 7 Erros na adoção da sustentabilidade	22
Quadro 2 – Razões para a incorporação da sustentabilidade nos negócios.....	24
Quadro 3 - Características metodológicas.....	26
Quadro 4 - Etapas da Design Science Research.....	27
Quadro 5 - Grupos de palavras-chave	31
Quadro 6 – Critérios de inclusão/exclusão	31
Quadro 7 - Listagem dos estudos encontrados	33
Quadro 8 - Hierarquização da capacidade dinâmica	37
Quadro 9 - Barreiras ao uso integrado de ferramentas de PDP.....	52
Quadro 10 - Orientação ao mercado.....	60
Quadro 11 - Nível de Maturidade de Consciência Ambiental.....	79
Quadro 12 - Valores de importância AHP.....	89
Quadro 13 - Pesos dos questões.	90
Quadro 14 - Pesos do critério estratégico.....	91
Quadro 15 - Pesos do critério organizacional.....	91
Quadro 16 - Pesos do critério motivação.....	91
Quadro 17 - Pesos do critério operacional.....	91
Quadro 18 - Pesos do critério parceiras.....	91
Quadro 19 - Escala de maturidade Elemento Abordagem	97
Quadro 20 - Escala de maturidade Elemento Objetivo	98
Quadro 21 - Escala de maturidade Elemento Apoio	99
Quadro 22 - Escala de maturidade Elemento Importância	100
Quadro 23 - Escala de maturidade Elemento Tomada de Decisão.....	101
Quadro 24 - Escala de Maturidade critério Estratégico.....	102
Quadro 25 - Escala de maturidade Elemento Gestão da Informação	105
Quadro 26 - Escala de maturidade Elemento Comunicação	106
Quadro 27 - Escala de maturidade Elemento Gestão do Conhecimento.....	108
Quadro 28 - Escala de Maturidade no critério Organizacional	108
Quadro 29 - Escala de maturidade Elemento Enfoque.....	110
Quadro 30 - Escala de maturidade Elemento Amplitude	112
Quadro 31 - Escala de maturidade Elemento Relação com a Sustentabilidade	114

Quadro 32 - Escala de Maturidade no critério Motivação	114
Quadro 33 - Escala de maturidade Elemento Integração	118
Quadro 34 - Escala de maturidade Elemento Gestão de Operações.....	120
Quadro 35 - Escala de Maturidade no critério Operacional	120
Quadro 36 - Escala de maturidade Elemento Estrutura.....	122
Quadro 37 - Escala de maturidade Elemento Objetivo	123
Quadro 38 - Escala de maturidade Elemento Relação	124
Quadro 39 - Escala de Maturidade no critério Parcerias	124
Quadro 40 - Análise da tipologia de produtos.....	129
Quadro 41 - Escala Processo Cíclico.....	134
Quadro 42 - Experimento 1: identificação do participante	136
Quadro 43 - Empresa A: profundidade 1.....	136
Quadro 44 - Empresa A: critério estratégico	137
Quadro 45 - Empresa A: critério organizacional.....	138
Quadro 46 - Empresa A: critério motivação.....	139
Quadro 47 - Empresa A: critério operacional.....	140
Quadro 48 - Empresa A: critério parcerias	141
Quadro 49 - Experimento 2: identificação dos participantes	142
Quadro 50 - Empresa B: profundidade 1	143
Quadro 51 - Empresa B: critério estratégico	143
Quadro 52 - Empresa B: critério organizacional	144
Quadro 53 - Empresa B: critério motivação	145
Quadro 54 - Empresa B: critério operacional.....	146
Quadro 55 - Empresa B: critério parcerias	147
Quadro 56 - Percentual das respostas questões 6 e 7	150
Quadro 57 - Funcionalidade da escala de maturidade.....	151
Quadro 58 - Índice de frequência	156

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Intervalos da escala dos elementos: profundidade 3.	170
Tabela 2 - Intervalo da escala do critério: profundidade 2.	170
Tabela 3 - Gabarito notas das questões.	170
Tabela 4 - Intervalos da escala dos elementos: profundidade 3.	171
Tabela 5 - Intervalo da escala do critério: profundidade 2.	171
Tabela 6 - Gabarito notas das questões.	171
Tabela 7 - Intervalos da escala dos elementos: profundidade 3.	172
Tabela 8 - Intervalo da escala do critério: profundidade 2.	172
Tabela 9 - Gabarito notas das questões.	172
Tabela 10 - Intervalos da escala dos elementos: profundidade 3.	173
Tabela 11 - Intervalo da escala do critério: profundidade 2.	173
Tabela 12 - Gabarito notas das questões	173
Tabela 13 - Intervalos da escala dos elementos: profundidade 3.	174
Tabela 14 - Intervalo da escala do critério: profundidade 2.	174
Tabela 15 - Gabarito notas das questões	174
Tabela 16 - Intervalo escala: profundidade 1.	174

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	TEMA DO ESTUDO.....	13
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA	20
1.3	OBJETIVOS	20
1.4	JUSTIFICATIVA	21
1.5	METODOLOGIA	26
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA	30
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	35
3.1	CAPACIDADES DINÂMICAS E SEU NÍVEIS DE HIERARQUIZAÇÃO.....	36
3.1.1	O elo entre Capacidade Dinâmica e Sustentabilidade	38
3.2	MODELO DE NEGÓCIO SUSTENTÁVEL.....	42
4	15 ELEMENTOS FUNDAMENTAIS PARA A INTEGRAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE	45
4.1	ELEMENTO 1: DEFINIÇÃO DE SUSTENTABILIDADE.....	45
4.2	ELEMENTO 2: GESTÃO ORGANIZACIONAL	46
4.3	ELEMENTO 3: ESTRATÉGIA DE LONGO PRAZO.....	48
4.3.1	Planejamento Estratégico.....	50
4.4	ELEMENTO 4: USO SISTEMÁTICO DE FERRAMENTAS DE PDP	51
4.4.1	O Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) e o elo sustentável.....	53
4.4.2	O Produto Sustentável.....	54
4.5	ELEMENTO 5: INOVAÇÃO.....	56
4.6	ELEMENTO 6: ORIENTAÇÃO PARA O MERCADO	59
4.7	ELEMENTO 7: NEGÓCIOS TÁTICOS DE CURTO PRAZO.....	60
4.8	ELEMENTO 8: CONHECIMENTO COMPARTILHADO	61
4.8.1	Gestão do Conhecimento para a Sustentabilidade	63
4.9	ELEMENTO 9: INTEGRAÇÃO DE PARTES INTERESSADAS	64
4.10	ELEMENTO 10: AMPLIAÇÃO DE PRODUTOS/SERVIÇOS	65
4.11	ELEMENTO 11: SISTEMA DE MONITORAMENTO.....	66
4.12	ELEMENTO 12: ADOÇÃO ANTECIPADA	68
4.13	ELEMENTO 13: RELACIONAMENTO COM O CONSUMIDOR.....	69
4.14	ELEMENTO 14: CUSTOS.....	70
4.15	ELEMENTO 15: CADEIA DE ABASTECIMENTO.....	72

5	MODELO DE MATURIDADE.....	74
5.1	MODELO DE MATURIDADE PARA A SUSTENTABILIDADE	79
5.2	CONSIDERAÇÕES DA RBS	85
6	MODELO DE MATURIDADE PARA INTEGRAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO CONTEXTO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	86
6.1	DOMÍNIO GERENCIAMENTO ORGANIZACIONAL	87
6.1.1	Estágio 1: Reconhecimento.....	87
6.1.1.1	Estágio 1: Reconhecimento – Critério Estratégico.....	94
6.1.1.2	Estágio 1: Reconhecimento – Critério Organizacional	102
6.1.1.3	Estágio 1: Reconhecimento – Critério Motivação	108
6.1.1.4	Estágio 1: Reconhecimento – Critério Operacional	114
6.1.1.5	Estágio 1: Reconhecimento – Critério Parcerias	121
6.1.2	Estágio 2: Compartilhamento.....	125
6.2	DOMÍNIO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	129
6.2.1	Estágio 3: Planejamento Estratégico.....	130
6.2.2	Estágio 4: Projeto	132
6.2.3	Estágio 5: Produção	133
6.2.4	Estágio 6: Plano de Marketing	133
6.3	PROCESSO CÍCLICO	133
7	APLICAÇÃO DO MODELO DE MATURIDADE PROPOSTO	135
7.1	EXPERIMENTO 1	136
7.2	EXPERIMENTO 2	141
8	AVALIAÇÃO DO MODELO DE MATURIDADE PROPOSTO	148
9	CONCLUSÃO	153
9.1	RESULTADOS ACADÊMICOS OBTIDOS DURANTE O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	156
	REFERÊNCIAS	158
	APÊNDICE A – NOTAS E PESOS DO CRITÉRIO ESTRATÉGICO.....	170
	APÊNDICE B – NOTAS E PESOS DO CRITÉRIO ORGANIZACIONAL	171
	APÊNDICE C – NOTAS E PESOS DO CRITÉRIO MOTIVAÇÃO	172
	APÊNDICE D – NOTAS E PESOS DO CRITÉRIO OPERACIONAL	173
	APÊNDICE E – NOTAS E PESOS DO CRITÉRIO PARCERIAS.....	174
	APÊNDICE F – MATURIDADE FINAL	174

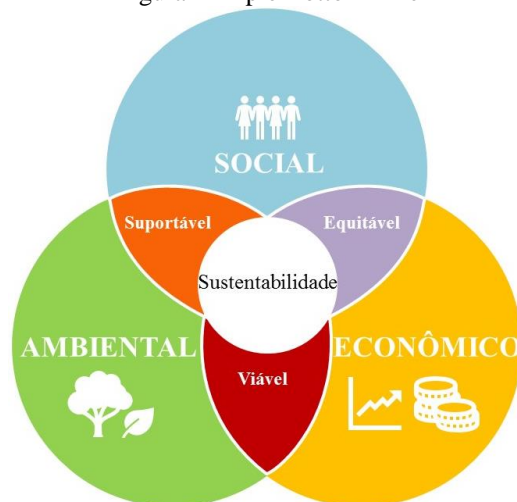
1 INTRODUÇÃO

O presente estudo pondera que o conceito de Modelo de Maturidade pode representar uma estrutura de apoio para que as empresas integrem a sustentabilidade em suas rotinas. Deste modo, neste capítulo são apresentados o tema, o problema, objetivos, a justificativa e a metodologia empregada para a construção da pesquisa.

1.1 TEMA DO ESTUDO

Em 1987, o Relatório Brundtland estabeleceu o conceito de desenvolvimento sustentável mais aceito e referenciado, o qual descreve que o desenvolvimento sustentável é “o desenvolvimento para atender às necessidades da presente geração sem comprometer a capacidade das futuras gerações atenderem às suas próprias necessidades” (WCED, 1987). Neste sentido, essa definição centra sua relevância apenas nas questões de igualdade entre gerações e preservação dos recursos naturais; proporcionando pouca orientação sobre os papéis e as responsabilidades das organizações (Lunde, 2018; Petala *et al.*, 2010; Korhonen, 2007; Pujari, 2006; Hart, 1995; Shrivastava, 1995; Starik e Rands, 1995). Outra definição frequentemente mencionada é o *Triple Bottom Line* (TBL) ou Tripé da Sustentabilidade (figura 1), cujo conceito descreve que o capitalismo sustentável só se é atingido quando há uma melhoria integrada e equivalente entre a igualdade social, justiça ambiental e ética empresarial (Elkington e Hailes, 1988).

Figura 1 Triple Bottom Line



Fonte: Adaptado de Elkington, 1998.

Embora os avanços tecnológicos contemporâneos tenha um enorme potencial para a dimensão social, o desenvolvimento de produtos focado na sustentabilidade ainda tende a dar

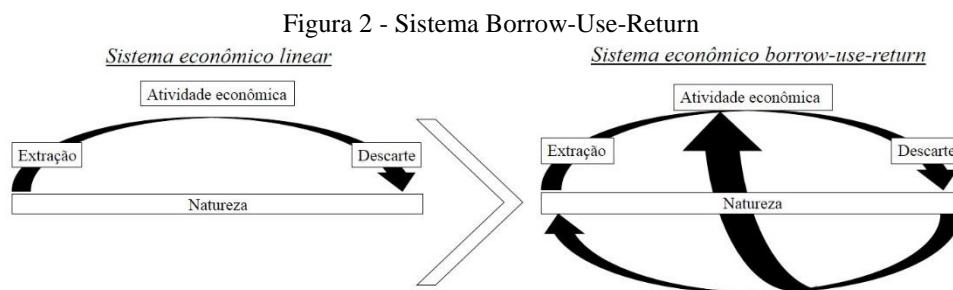
mais atenção às considerações ambientais e econômicas em razão de resultados mais rápidos e visíveis (Birkel e Müller, 2021; Kamble *et al.*, 2018; Müller *et al.*, 2018; Stock *et al.*, 2018; Loiseau *et al.*, 2016). A dimensão ambiental aborda sobre o bem-estar do ecossistema e a proteção dos recursos naturais contra os impactos gerados pela atividade humana (Barbieri e Cajazeira, 2009). Por este motivo, muitas contribuições estão relacionadas ao aumento da qualidade e segurança ambiental da produção (Kamble *et al.*, 2018). Neste pilar, a interação entre o sistema de produção e a natureza gera impactos negativos por duas vias: como *inputs* que são as entradas de recursos naturais escassos no sistema de produção; e como *outputs* que são as saídas de substâncias originadas pelo sistema de produção para o meio ambiente (Vezzoli *et al.*, 2015; Vezzoli *et al.*, 2014; Lanoë *et al.*, 2013).

Pelo aspecto econômico, a sustentabilidade possibilita compreender os potenciais e os limites do crescimento econômico frente ao bem-estar socioambiental, alocação e gestão dos recursos, liquidez e produtividade (Dyllick e Hockerts, 2002). Desta forma, a maioria das propostas na dimensão econômica estão relacionadas à redução de custos por meio da integração de sistemas (Kamble *et al.*, 2018). Assim, esse pilar pode interagir com diferentes tipos de capitais, como: capital financeiro (capital, patentes, marcas), capital tangível (máquinas, terrenos, estoques) e capital intangível (reputação, invenções, conhecimentos e rotinas organizacionais) (Delai e Takahashi, 2011; Baumgartner e Ebner, 2010; Dyllick e Hockerts, 2002). Devido a isso, a dimensão econômica é por vezes considerada genérica por capturar aspectos essenciais que uma organização precisa para existir (Baumgartner e Ebner, 2010).

Na dimensão social, as poucas contribuições estão relacionadas a melhores condições e oportunidades para os trabalhadores (Varela *et al.*, 2019). Logo, a dimensão social refere-se a ações específicas da empresa que preservam e desenvolvem o capital humano e social (Kiel *et al.*, 2017; Dyllick e Hockerts, 2002). Por isso, essa dimensão enfatiza estabelecer uma sociedade que busca aumentar o bem-estar humano por meio da: melhor distribuição de renda, condições de trabalho, aumento da empregabilidade, segurança de emprego, respeito aos direitos humanos e a diversidade cultural, acesso à informação e educação, entre outros. Logo, a sustentabilidade social tem como objetivo influenciar de maneira positiva o relacionamento com as partes interessadas, tanto as atuais quanto as futuras (Rodrigues *et al.*, 2016; Baumgartner e Ebner, 2010). Aqui, podem ser considerados como partes interessadas todos os que possam ser afetados pela atividade de uma organização (Rodrigues *et al.*, 2016; Delai e Takahashi, 2011; Baumgartner e Ebner, 2010). Para Delai e Takahashi (2011) a sustentabilidade na dimensão social pode ser medida com base em cinco aspectos: (1) práticas

trabalhistas e trabalho decente; (2) gerenciamento do relacionamento com clientes; (3) cidadania corporativa; (4) fornecedores e parceiros e, (5) setor público. Deste modo, o desenvolvimento da sustentabilidade social em produtos e serviços é menos visível, sendo implementada como valores intangíveis. Este fato aponta o motivo desta dimensão ser a menos atendida, pois sua elaboração necessita manter ligações com as estratégias e cultura da empresa, implicando em modificações internas e externas (Loiseau *et al.*, 2016; Vezzoli *et al.*, 2014; Hart e Dowell, 2011; Baumgartner e Ebner, 2010).

Em mais, o desenvolvimento sustentável também propõe um modelo produtivo circular, onde qualquer descarte representa um desperdício, pois toda matéria-prima pode ser reutilizada para novos fins e, assim, reabastecer continuamente a cadeia de suprimentos. Este modelo por ser denominado como sistema “*borrow-use-return*”, ciclo de vida do berço ao berço (*cradle to cradle*) e/ou ciclo fechado (figura 2).



Fonte: Weybrecht (2012).

A partir deste novo modelo produtivo, é possível analisar o Ciclo de Vida de Produtos (*Life Cycle Assessment - LCA*) por completo e medir as muitas maneiras pelas quais o produto poderá gerar impactos, compreendendo etapas que vão desde a extração das matérias-primas, produção, uso, reabilitação, reciclagem e/ou reuso. Mas, para que este sistema seja contemplado, as companhias necessitam repensar sua estrutura organizacional, buscando novos conhecimentos para incorporar ferramentas e alinhar a cultura da sustentabilidade em seu modelo de negócio (Mattera e Gava, 2021; García-Muiña *et al.*, 2020; Globocnik *et al.*, 2020; Brenner, 2018). Conforme apontado por Porter e Heppelmann (2014), a natureza mutável dos produtos forçará muitas empresas a questionarem quais negócios estão fazendo uma vez que novos produtos podem promover uma nova era de competição.

O foco da abordagem sobre modelos de negócios sustentáveis teve várias modificações com o passar do tempo, mas trouxe às empresas diretrizes mais concisas (Dyllick e Muff, 2016). No princípio, a mudança para um modelo de negócios mais sustentável era focada na economia de custos por meio da redução de desperdícios, menor sensibilidade à volatilidade do preço dos recursos, reduções da margem de risco e melhores relacionamentos com os clientes (García-

Muiña *et al.*, 2020; Lahti *et al.*, 2018; Small-Warner, 2018; Brones e Carvalho, 2015; Ritter *et al.*, 2015; Chang *et al.*, 2014. Lozano e Huisingh, 2011; Murillo-Luna *et al.*, 2008; Shrivastava e Hart, 1995). Mais recentemente, essa discussão vem sendo pautada nas diferentes formas que as empresas podem assumir para diferenciar o produto ofertado ou a reputação da marca perante a concorrência através da confiabilidade relacionada ao respeito às regulamentações, cuidado com o meio ambiente e a preocupação com a sociedade (Mattera e Gava, 2021; Rauter *et al.*, 2017; Dyllick e Muff, 2016; Chang *et al.*, 2014; Clark *et al.*, 2014; Saxena *et al.*, 2012; Porter e Kramer, 2011). Logo, essa recente perspectiva permite que as práticas sustentáveis sejam consideradas não apenas do ponto de vista operacional, mas também na estratégia de criação de valor e cultura das empresas (García-Muiña *et al.*, 2020; Lozano, 2018). Em complemento, esta nova perspectiva não se limita apenas a uma visão interna da empresa, mas também envolve partes interessadas externas (García-Muiña *et al.*, 2020; Lozano, 2018). Devido a isso, há um consenso que a sustentabilidade tem e continuará tendo um impacto significativo na capacidade competitiva das companhias mesmo diante de avanços tecnológicos (Amui *et al.*, 2017; Dyllick e Muff, 2016).

Nessa linha, os avanços tecnológicos oriundos da 4ª Revolução Industrial (I4.0) podem ter um papel significativo para acelerar, ampliar e redesenhar possibilidades para fomentar uma sociedade mais sustentável (García-Muiña *et al.*, 2020; Godina *et al.*, 2020; Margherita e Braccini, 2020; Oláh *et al.*, 2020; Teixeira e Canciglieri, 2020). Assim como o conceito de sustentabilidade, a descrição da I4.0 não é única devido à sua ampla gama de abordagens e uso intercambiável (Esmaelian *et al.*, 2020; Rosa *et al.*, 2020; Müller *et al.*, 2018; Piccarozzi *et al.*, 2018). A maioria das definições consideram a I4.0 como um avanço tecnológico digital para tornar os sistemas de produção industrial mais inteligentes, conectados em tempo real e capazes de descentralizar recursos, serviços e humanos em toda a produção (Rosa *et al.*, 2020; Stock *et al.*, 2018). Dessa forma, Burritt e Christ (2016) descrevem I4.0 como “um termo guarda-chuva” usado para se referir a um conjunto de avanços tecnológicos conectados. Alguns exemplos de novas tecnologias da I4.0 utilizadas na indústria são: *big data e analytics*, *Internet of Things* (IoT), realidade aumentada e virtual, simulação, robôs e veículos autônomos, manufatura aditiva, nuvem, cibersegurança, entre outros (Teixeira e Canciglieri, 2020).

A sobreposição entre desenvolvimento sustentável e I4.0 tem sido um dos debates mais importantes nas últimas duas décadas (García-Muiña *et al.*, 2020; Rosa *et al.*, 2020; Ghobakhloo, 2019; Kamble *et al.*, 2019; Stock *et al.*, 2018; de Man e Strandhagen, 2017; Kiel *et al.*, 2017; Stock e Seliger, 2016; Peukert *et al.*, 2015). No entanto, faltam pesquisas científicas sobre este elo (Díaz-Chao *et al.*, 2021; Enyoghasi e Badurdeen, 2021; Bai *et al.*, 2020;

Felsberger *et al.*, 2020; Ghobakhloo, 2020; Lardo *et al.*, 2020; Machado *et al.*, 2020). Conforme Díaz-Chao *et al.* (2021), Felsberger *et al.* (2020), Godina *et al.* (2020), Stock *et al.* (2018) e Dao (2011) ressaltam, faltam investigações sobre o quanto os avanços da I4.0 são relevantes para uma empresa ser sustentável considerando suas características, a natureza do negócio e outros aspectos para a estabilização de um novo modelo de negócio. Um dos motivos dessa escassez é o fato de questões sustentáveis e tecnologias *smart* serem frequentemente considerados como conceitos separados e independentes, ou concentrados em dimensões individuais do TBL, deixando muitos links entre a simbiose industrial e a sustentabilidade subdesenvolvidos (Margherita e Braccini, 2020; Varela *et al.*, 2019; Beier *et al.*, 2018; Kamble *et al.*, 2018; Müller *et al.*, 2018; Stock *et al.*, 2018). Isso enfatiza o fato de que poucos estudos consideraram a característica multidimensional e interdisciplinar da sustentabilidade (Margherita e Braccini, 2020; Dao, 2011).

Além disso, muitos autores concordam que ainda existe uma notória distância entre a teoria e a prática (Esmailian *et al.*, 2020; Rosa *et al.*, 2020; Ghobakhloo, 2019; Nosratabadi *et al.*, 2019; Govindan e Hasanagic 2018; Kamble *et al.* al., 2018; de Man e Strandhagen, 2017; Liao *et al.* 2017; Dao, 2011). Para as empresas ainda não há consenso sobre a razão pela qual devem integrar a sustentabilidade em suas rotinas (Globocnik *et al.*, 2020). Conforme descrevem Doppelt e McDonough (2003), muitas empresas falham ao tentar atingir o objetivo de serem sustentável ou param logo após o início porque não compreende completamente a profunda mudança de paradigma necessária para a sustentabilidade. Segundo Lockrey (2015) e Laszlo *et al.* (2014), os esforços que são, em alguma medida, titulados como sustentáveis normalmente são insuficientes para os negócios ou para a sociedade porque possuem o escopo de “apenas ajudar uma empresa a ser *menos insustentável*”.

Para Laszlo *et al.* (2014), este comportamento relutante demonstra a necessidade de uma nova perspectiva para a discussão deste tema. Lunde (2018) e Doppelt e McDonough (2003) argumentam que há muita discussão focada no *que fazer* ao invés do *como* as organizações podem realizar mudanças em seus processos internos e em seu comportamento em prol da sustentabilidade. Laszlo *et al.* (2014) também salientam que empresas ao tentar identificar “o *que fazer*” acabam por executar estratégias alheias à sua estratégia central, resultando em atrasos e dificuldades em identificar o “*como*” tornar tais iniciativas parte da cultura e rotina. Este fato pode ser descrito como a principal barreira para a evolução sustentável, pois muitas empresas querem ter envolvimento, mas não sabem como atuar ou tem receio de seguir em novas direções. Além disso, ainda falta um entendimento completo sobre *como* oportunidades podem ser criadas com a adoção de uma estratégia sustentável central (Small-Warner, 2018;

Kiron *et al.*, 2017; Bocken *et al.*, 2014; Stubbs e Cocklin, 2008). Segundo Kiron *et al.* (2017), estratégias sustentáveis em sincronia com os negócios principais ainda é um foco novo, não disseminado cujo progresso precisa ser acelerado. Essa ausência de compreensão do *como* também é prejudicial para que as empresas entendam como evitar que inovações sustentáveis sejam facilmente imitadas, lidar com resultados incertos e desafios complexos (Bocken e Geradts, 2019; Schaltegger *et al.*, 2016; Aragón-Correa e Sharma, 2003).

Neste viés, Muff e Dyllick (2014) sintetizam o *que fazer* e o *como* em uma perspectiva de *entrada-processo-saída*, onde a entrada ilustra o *que* – *concern* “*what*” (diferentes preocupações para considerar sobre a sustentabilidade); o processo representa o *como* – *organizational perspectives* “*how*” (diferentes perspectivas organizacionais que devem serem adotadas), e a saída diz respeito a produção - *para quê* – *value created* “*what for*” (diferentes valores criados ou preservados). Ou seja, focar apenas em responder o *que fazer* ou *para quê* pode direcionar à ações que são essencialmente limitadas em suas contribuições uma vez que estas mantêm uma perspectiva organizacional voltada de dentro para fora, gerando melhorias graduais em linhas de produtos existentes. Conforme Muff e Dyllick (2014), para que haja a sustentabilidade verdadeira é preciso que a empresa assuma uma perspectivas organizacionais radicalmente diferente, olhando de fora para dentro da empresa, revertendo a lógica tradicional para uma lógica que utiliza os desafios da sustentabilidade *como* ponto de partida para definir possíveis contribuições inéditas e resultar em estratégias, modelos de negócios, produtos e serviços muito diferentes das já foram apresentadas ao mercado.

Com base nisso, Glavas e Mish, (2015) destacam o número crescente de questionando à comunidade acadêmica para parar de debater *que fazer* para entender o *porquê* e *como* as empresas estão integrando a sustentabilidade. Neste prisma, a sustentabilidade requer que a organização seja compreendida e administrada como um sistema integrado onde ocorram inovações embasadas em mudanças institucionais, estruturais e comportamentais. Desta forma, muitas companhias estão buscando por meios para tornar a sustentabilidade uma capacidade dinâmica (Amui *et al.*, 2017; D’Ippolito, 2014).

A capacidade dinâmica pode ser definida como processos estratégicos e organizacionais rotineiros capazes de modificar as configurações dos recursos organizacionais (Eisenhart e Martin, 2000). Também, como uma habilidade da empresa em integrar, construir e reconfigurar suas competências internas e externas para ingressar rapidamente em ambientes em transformação (Pisano e Teece, 1994). E, como um condutor à criação de novos recursos, renovação ou alteração destes (Teece *et al.*, 1997). A capacidade dinâmica é oriunda da incapacidade da Teoria Baseada em Recursos (*Resource-Based-View Theory*) para explicar

como o ambiente pode influenciar os resultados, performance e a vantagem competitiva das empresas (Hart e Doweel, 2011). Assim, esse direcionamento para incorporar a sustentabilidade requer estruturas de aprendizagem e processos de mudanças fundamentais (Stead e Stead, 2000) que irão permitir que as empresas repensassem profundamente suas estratégias, o modelo de negócios e o processo produtivo (Amui *et al.*, 2017).

À vista disso, melhorias no Processo de Desenvolvimento do Produto (PDP) podem ser descritas como uma capacidade dinâmica importante para a incorporação da sustentabilidade porque envolve a atuação de equipes multifuncionais que trazem recursos essenciais e únicos ao processo produtivo (Eisenhardt e Martin, 2000). Para Clark e Fujimoto (1991) o PDP é um conjunto de processos pelos quais uma organização transforma dados oriundos do mercado em informações vantajosas para fabricação de um produto. Logo, é importante notar que o PDP além de ouvir os requerimentos dos usuários, também tem a função de evoluir a oferta comercial (Bouzon, 2009). Por essa perspectiva, a junção da sustentabilidade pode estimular as empresas a elaborarem seus produtos visando prover, além de um novo valor aos seus usuários, uma nova opção de consumo (Gabler *et al.*, 2015; Gebauer, 2011; Bhuijan e Thomson, 2010). Pois, segundo D'Ippollito (2014), o design é agregado ao produto é um fator capaz de remodelar comportamentos e percepções. Portanto, o design passa a ser elemento relevante tanto para o produto quanto para a empresa que o concebe, uma vez que este irá influenciar a elaboração de estratégias perante o mercado. Em outras palavras, a inclusão da sustentabilidade abrange estender as inovações dos limites do “*processo*” para além dos limites da empresa (García-Muiña *et al.*, 2020; Braccini e Margherita, 2018; Small-Warner, 2018; Nagy *et al.*, 2018; Bakshi e Fiksel, 2003).

Diante da promoção de mudanças nas organizações ser reconhecida como uma tarefa complexa, podendo atingir taxas de falha entre 50 a 80% (Ford e Ford, 2010; Whelan-Berry e Somerville, 2010), Mattera e Gava (2021) e Schaltegger *et al.* (2016) concluíram que mais pesquisas integrativas são necessárias sobre o uso de modelos de negócios para impulsionar as transformações sustentáveis na indústria. Logo, a discussão de como integrar a sustentabilidade se mantém um desafio tanto para organizações quanto para pesquisadores (Rauter *et al.*, 2017; Gleim *et al.*, 2013; Keskin *et al.*, 2013; Karlsson e Luttrupp, 2006, Kleindorfer *et al.*, 2005).

Em vista disso, o papel da engenharia industrial pode ser descrito como crucial à aplicação da ciência para a otimização dos recursos naturais, ou seja, é preciso formar profissionais capazes de oferecer soluções melhores para a humanidade atual, sem comprometer o bem-estar das gerações futuras (Mattera e Gava, 2021; Rodriguez-Andara *et al.*, 2018). Como resultado, é preciso que ocorram parcerias entre empresas-universidades para

que a projeção, implementação e execução de soluções sustentáveis sejam bem sucedidas. Diante dessa perspectiva, é possível refletir que modelos de maturidade podem ser identificados como uma ferramenta de apoio para o processo de transição uma vez que suas estruturas são processos que visam construir um caminho evolutivo a fim de melhorar o gerenciamento, o desempenho dos produtos, processos e negócios.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Fundamentando-se nas evidências apontadas anteriormente que muitas organizações não compreendem completamente e/ou não sabem *como* se remodelarem para a adoção de um padrão mais sustentável mesmo estando diante de avanços tecnológicos, o presente estudo procurou responder a seguinte questão problema: ***Como um processo de mudanças evolucionárias pode ajudar as organizações a tornarem seus negócios e o processo de desenvolvimento de produto mais sustentáveis?***

1.3 OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo é propor um modelo evolucionário de melhoria com base no planejamento estratégico e o processo de desenvolvimento de produto orientado à integração da sustentabilidade, visando avaliar de modo qualitativo e quantitativo os requisitos necessários e a estrutura organizacional. Promovendo a compreensão sobre o elo entre estratégia, capacidades dinâmicas, sustentabilidade e o grau de influência que o projeto de um produto pode ocasionar na tomada de decisão da empresa em virtude do tema. Logo, para que este objetivo fosse atingido, a pesquisa foi dividida nos seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar quais são os elementos que interferem na integração da sustentabilidade;
- b) Identificar quais são as falhas e lacunas dos modelos de maturidade pautados à sustentabilidade existentes;
- c) Propor um modelo de maturidade para avaliar e adequar as operações das organizações para incorporar a sustentabilidade;
- d) Aplicar o modelo proposto por meio de experimentos;
- e) Avaliar o conceito proposto na visão de especialistas e usuários;
- f) Apresentar perspectivas para futuras investigações e oportunidades.

1.4 JUSTIFICATIVA

É crescente a parcela de executivos que concordam que a sustentabilidade se tornou um fator capaz de influenciar as características dos negócios e das indústrias (Globocnik *et al.*, 2020; Rauter *et al.*, 2017; Dyllick e Muff, 2016) haja vista que o conceito de modelo de negócios é uma representação abstrata do fluxo de valor e do fluxo de trabalho de uma unidade organizacional para os investidores (Nosratabadi *et al.*, 2019). No entanto, a dicotomia contemporânea das interpretações teóricas e práticas sobre como implementar a sustentabilidade em empresas estão fortemente alinhados às vantagens econômicas e muito menos às soluções para os desafios existentes (García-Muiña *et al.*, 2020; Small-Warner, 2018; Dyllick e Rost, 2017; Dyllick e Muff, 2016; Lozano *et al.*, 2015). A sustentabilidade é uma jornada cujo destino é difícil de ser visualizado ou imaginado para muitas empresas desde do início dos anos 2000 (Elkington, 2004). Glavas e Mish (2015) e Hart e Dowell (2011) descrevem que vários estudos datados até meados de 2010 examinavam até quando “*vale a pena ser verde*” porque a literatura sobre *como* as empresas podem alcançar os objetivos do desenvolvimento sustentável teve pouco avanço. Portanto, pode-se afirmar que as pesquisas acadêmicas estão falhando a pelo menos duas décadas em informar as práticas de gerenciamento nesse tópico cada vez mais importante. Isso tem implicações em como as decisões estratégicas são tomadas, como as mudanças são implementadas e como as lições para o futuro são extraídas (Eisenhardt e Martin, 2000).

Conforme a descrição de Lozano *et al.* (2015) adjunto as observações de Hart (1995) e Hart e Dowell (2011), a jornada em direção à sustentabilidade corporativa não é direta, as empresas podem encontrar vários desafios inesperados que podem ser especificados em dimensões institucionais e/ou baseadas em valores. Os desafios na dimensão institucional são relativos as lógicas de decisão conflitantes entre os princípios dos gerentes e os das partes interessadas indiretas ou secundárias que ficam na periferia ou mesmo fora das redes estabelecidas de comunicação ou do relacionamento da empresa. Este fato dificulta o reconhecimento simultâneo entre as variáveis demandas (Hart e Sharma, 2004) que, se ignoradas, se tornam uma fonte importante de riscos à empresa (Wolf, 2014) porque tais pressões conflitantes podem não ser reconciliadas por meio de transações de mercados tradicionais (Hahn *et al.*, 2015).

Os desafios na dimensão do valor exigem que as empresas forneçam resultados não apenas em valores econômicos, mas também valores ambientais e sociais monetizados. Porém, a avaliação monetária dos valores socioambientais é difícil e ainda discutida de forma

controversa na literatura (Dyllick e Rost, 2017; Dyllick e Muff, 2016; Lozano *et al.*, 2015; Figge e Hahn, 2004). No geral, tais discussões somente permitem avaliar se uma empresa é sustentável ou insustentável por comparar o valor criado versus os danos socioambientais causados ou não (Figge e Hahn, 2004). Em mais, essa discussão tende a não produzir informações para guiar as empresas para alterar suas estratégias, operações e estruturas institucionais.

De acordo com Wu *et al.* (2012), muitas empresas percebem que, após investir uma quantidade significativa de recursos e se esforçar para entender e integrar a sustentabilidade nas operações e negócios, com o decorrer do tempo, torna-se cada vez mais difícil gerenciar esse processo de mudança. Segundo Epstein e Buhovac (2010), mesmo que as organizações apresentem um compromisso formal perante a causa, tais iniciativas podem falhar porque para muitas a integração do tema consiste em adotar métodos pouco compreensíveis e/ou com uma amplitude que requer mudanças estruturais complexas de longo prazo e custo elevado. Para Park e Pavlocky (2010), mais dificuldades são adicionadas às empresas que preferem adotar uma implementação *ad hoc* devido às incertezas dos resultados.

Bocken e Geradts (2019) identificam que há três níveis de barreiras para incorporar a sustentabilidade no centro do modelo de negócios: institucional, estratégico e operacional. Barreiras no nível institucional enfatizam a estratégia funcional, a exploração das operações comerciais atuais e a lucratividade de curto prazo. Essas barreiras estratégicas se traduzem nas seguintes barreiras operacionais: excelência funcional, processos e procedimentos de inovação padronizados, planejamento e alocação de recursos fixos, sistemas com métricas de desempenho financeiro. Idem, Doppelt e McDonough (2003) listaram 7 erros cometidos pelas empresas ao tentarem adotar ações mais sustentáveis (quadro 1). Segundo os autores, se algum destes erros for detectado, nenhuma tecnologia nova ou sistema de gerenciamento irá, por si só, tornar uma organização mais sustentável. Isso trará apenas mais indeterminação tanto no presente quanto no futuro.

Quadro 1 - 7 Erros na adoção da sustentabilidade

1. *Pensamento patriarcal*: gera falsa sensação de segurança que bloqueia o engajamento dos colaboradores à causa.
 2. *Fragmentação das empresas*: a designação fragmentada de funções na empresa se refletida na abordagem socioambiental gera dificuldades para apresentar o papel da participação de todos os setores da empresa à um objetivo comum.
 3. *Falta de visão própria sobre os aspectos sustentáveis*: o não protagonismo da empresa enfatiza aos colaboradores “o que não fazer” ao invés do “o que pode ser feito além do exigido pela legislação”, reduzindo as chances da empresa inovar e reestruturar seu modelo produtivo.
 4. *Confusões sobre o reconhecimento da causa e efeito de um problema*: pode levar a falsa percepção de que problemas foram resolvidos.
-

-
5. *Falta de informação*: decorrente do comportamento de resistência à mudança.
 6. *Mecanismos insuficientes para aprendizado*: a falta de conhecimento proporciona dificuldades para as empresas ultrapassarem diversas barreiras durante o caminho de mudança de um modelo de produção linear para circular.
 7. *Falhas na institucionalização da sustentabilidade*: podem ocorrer quando a sustentabilidade é incorporada sem ser observada pela cultura e procedimento operacionais. Esta rápida adoção pode retomar pensamentos e comportamentos antigos, causando atrasos no resultado desejado.
-

Fonte: adaptado de Doppelt e McDonough (2003).

Ainda com foco no desenvolvimento de produtos, Linder e Williander (2015) elencam três dificuldades: as restrições para a aceitação de produtos sustentáveis por partes dos consumidores, ausência de conhecimento/experiência tecnológica para desenvolver tais produtos, insegurança do fluxo de retorno financeiro dos produtos sustentáveis. Em mesma linha, Baumann *et al.* (2002) apontam que o intenso desenvolvimento de novos métodos e ferramentas de ecodesign em detrimento ao estudo e aprimoramento das existentes e, a falta de integração com o contexto do desenvolvimento de produtos, estratégias e processos pode ser uma das causas que agregam mais complexidade à discussão do tema. Neste mesmo prisma, Godina *et al.* (2020) e Tirabeni *et al.* (2019) enfatizam a falta de conhecimento sobre os impactos que a adoção de novas tecnologias irá gerar no redesenho das configurações da cadeia de valor e na adoção de modelos de negócios sustentáveis. Por isso, é comum encontrar relatos na literatura sobre ineficiências no processo de transformação oriundas do desnivelamento entre a assistência simultânea dos requisitos da sustentabilidade e as consequências não intencionais causadas na tentativa de solucionar um problema e acabar por gerar outro (Small-Warner, 2018; Broman e Robert, 2017; Hahn *et al.*, 2015; Elkington, 1998).

Explorando ainda mais as dificuldades, Hart e Dowell (2011) destacam que, em parte, o fracasso na discussão se deve à dificuldade de definir o desenvolvimento sustentável no contexto de negócios devido ao grau de proliferação de terminologias. Baldissera (2009) descreve que o termo sustentabilidade é mistificado, expropriado e/ou explorado de várias as formas e intenções, originando vários equívocos. Dentre eles podem-se destacar: a expropriação da noção de sustentabilidade para conseguir autopromoção, visibilidade e, mesmo, legitimidade; a redução dessa ideia na figura retórica, visando obter a simpatia dos públicos; e a realização de ações que se caracterizam como sendo de sustentabilidade com o único objetivo de fabricar imagem-conceito¹ para gerar capital simbólico.

¹ Imagem-conceito, conforme descreve Baldissera (2004), é um constructo simbólico, complexo e sintetizante, de caráter judicativo/caracterizante e provisório realizado pela recepção permanente de informações e as percepções sobre algo/alguém, o repertório individual/social, as competências, a cultura, o imaginário, o paradigma, a psique, a história e o contexto estruturado.

Para mitigar essas dificuldades e divergências, García-Muiña *et al.* (2020) apontam a simbiose industrial como a principal fonte para as empresas reduzirem riscos. Weybrecht (2012) sumariza dez fatores motivadores para o processo de mudança de paradigma:

Quadro 2 – Razões para a incorporação da sustentabilidade nos negócios.

-
1. Redução de custos
 2. Preservação de recursos
 3. Comprimento da legislação
 4. Garantir boa reputação
 5. Diferenciação
 6. Atrair trabalhadores mais capacitados
 7. Satisfazer as necessidades dos consumidores
 8. Atender as expectativas dos investidores
 9. Atrair capital de investimento
 10. Capitalizar novas oportunidades
-

Fonte: Weybrecht (2012).

Diante deste contexto, a mudança de paradigma para a transformação de modelos de negócios tradicionais em modelos de negócios sustentáveis passou a ser identificada como uma estratégia de negócio imperativa em toda a estrutura da cadeia de valor, especialmente quando novas tecnologias surgem (Mattera e Gava, 2021; Esmaelian *et al.*, 2020; García-Muiña *et al.*, 2020; Globocnik *et al.*, 2020; Godina *et al.*, 2020; Munsamy e Telukdarie, 2018; Dangelico, *et al.*, 2017; Dyllick e Rost, 2017; Lozano, 2017; Morioka *et al.*, 2017; Rauter *et al.*, 2017). É neste ponto da discussão que o conceito de capacidade dinâmica é unido ao debate, pois este pode auxiliar as empresas a reagir, de forma eficiente e confiável, as mudanças (Tirabeni *et al.*, 2019; Lubin e Esty, 2010).

Porém, o investimento para reconfigurar as capacidades dinâmicas normalmente ocorre apenas quando os benefícios financeiros da mudança excedem os da manutenção (Bocken e Geradts, 2019; Hart e Dowell, 2011; Winter, 2003). E, isso pode ser prejudicial ao estabelecimento de um modelo de negócio sustentável (Bocken e Geradts, 2019; Chakrabarty e Wang, 2012; Hart e Dowell, 2011). Neste sentido, as capacidades dinâmicas são cruciais para que empresas percebam risco, construam inovações e renovem seu design organizacional em prol da sustentabilidade (Bocken e Geradts, 2019; Pieroni *et al.*, 2019; Fjelstad e Snow, 2018; Inigo *et al.*, 2017).

De acordo com Cezarino *et al.* (2019), Inigo e Albareda (2019), Mousavi *et al.* (2018), Amui *et al.* (2017), Muffet *et al.* (2017), Reyers *et al.* (2017), Borland *et al.* (2016), Rauer e Kaufmann (2015), Schrettle *et al.* (2014), Wu *et al.* (2013; 2012) e Aragón-Correa e Sharma (2003), há uma falta de teorização das razões por trás das diferentes iniciativas sustentáveis e do desempenho subsequente com base na visão de recursos dinâmicos. Bocken e Geradts (2019) descrevem que embora a literatura reconheça que é preciso existirem recursos dinâmicos para

inovar o modelo de negócios em prol da sustentabilidade, o papel do design organizacional para esse propósito vem sendo abordado de forma insuficiente. Em mesma linha, Martín *et al.* (2021), Brenner (2018), Geissdoerfer *et al.* (2018), Lozano (2018) e Rauter *et al.* (2017) salientam que é preciso uma compreensão mais abrangente sobre como os modelos de negócios podem ser (re)conceitualizados para abordar com sucesso a transformação sustentável em ambientes dinâmicos. Tais avanços podem ser úteis para responder a difícil questão de qual resultado é “melhor” ou “mais sustentável” (Dyllick e Rost, 2017). Similarmente, para Lozano *et al.* (2015) o papel das instituições de ensino superior na promoção do conhecimento sobre as capacidades dinâmicas e sustentabilidade merecem serem investigados de modo mais intenso. Em complemento, conforme descrito anteriormente, a literatura carece de investigações sobre os desafios de *como* e *em que* medida as empresas podem adotar modelos de negócios mais sustentáveis conciliando com os avanços promovidos pela I4.0 (Martín *et al.*, 2021; Lardo *et al.*, 2020; Brenner *et al.*, 2018; Bonilla *et al.*, 2018; Kamble *et al.*, 2018; de Man e Strandhagen, 2017; Kiel *et al.*, 2017).

À vista disso, Boscoianu *et al.* (2018), Chakrabarty e Wang (2012) e Weybrecht (2012), destacam que faltam estudos conectando capacidades dinâmicas ao pensamento sistêmico e o desenvolvimento sustentável. Igualmente, Amui *et al.* (2017) salientam que são necessárias mais pesquisas sobre sustentabilidade utilizando a capacidade dinâmica como tema principal, com uma escolha metodológica mista de trabalhos conceituais e teóricos, incluindo abordagens quantitativas e qualitativas. Diante destas argumentações, é possível observar que a pesquisa sobre o crescente papel da sustentabilidade nos modelos de negócios ainda é imatura e escassa (Nosratabadi *et al.*, 2019; Small-Warner, 2018; Tauscher e Abdelkafi, 2018; Dentchev *et al.*, 2016; Evans *et al.*, 2017). Também, que é preciso haver mais pesquisas sistemáticas e unificadas (Small-Warner, 2018; Broman e Robert, 2017) sobre a relevância do papel que as empresas exercem na transformação da sociedade para a sustentabilidade uma vez que representam os recursos produtivos da economia (Gaziulusoy *et al.*, 2013; Bansal, 2002).

Por isso, é fundamental que a integração da sustentabilidade ocorra de modo coerente e mensurável para que a sociedade em geral possa usufruir de avanços realmente sustentáveis (Dyllick e Rost, 2017; Dyllick e Muff, 2016). Logo, há uma demanda por modelos que tornem a implementação da sustentabilidade mais tangível e mensurável. Portanto, a justificativa da necessidade dessa tese pontua-se em contribuir para a evolução da maturidade na integração da sustentabilidade por meio da melhoria dos aspectos organizacionais e produtivos. A motivação do estudo também contribui para o cumprimento dos objetivos 9 e 12 declarados na Agenda de 2030. O objetivo 9 visa garantir a disponibilidade universal de serviços básicos que sustentem

o crescimento econômico baseado em três pilares: infraestruturas resilientes, industrialização inclusiva e sustentável, e inovação tecnológica (2030 Vision, 2017). O objetivo 12 visa mudar fundamentalmente o modo que produzimos e consumimos bens e serviços (2030 Vision, 2017). Em comum, ambos buscam fomentar a mobilidade inteligente do ciclo de vida circular de materiais (economia circular), desenvolvimento de infraestruturas mais eficientes para o armazenamento e uso de energia, cadeia de fornecimento mais transparente e inteligente, novos modelos de negócios, financiamentos, políticas e sistemas. Assim, a importância deste trabalho é reduzir a complexidade do processo de mudança ao mesmo tempo em que aponta para a necessidade de novas capacidades organizacionais. Em suma, essa tese tem como propósito contribuir para as seguintes áreas: **(1) modelos de negócios sustentáveis; (2) planejamento estratégico; (3) cadeia de valor; (4) capacidade dinâmica e (5) processos de desenvolvimento de produtos.**

1.5 METODOLOGIA

É comum que pesquisas no campo da engenharia industrial busquem por soluções inovadoras para problemas reais através da criação de artefatos (Dresch *et al.*, 2015). Para isso, a metodologia aplicada na pesquisa deve determinar os processos para a construção de conhecimentos válidos, confiáveis e reconhecidos pela comunidade científica (Dresch *et al.*, 2015). Portanto, a estruturação adequada dos procedimentos utilizados na metodologia é igualmente importante quanto o resultado obtido. Assim, para que essa investigação seja capaz de gerar novas soluções e agregar novos conhecimentos tanto para o ambiente acadêmico (teórico) como para o contexto organizacional (prático), a metodologia empregada contém as seguintes características essenciais:

Quadro 3 - Características metodológicas

Características	MacKenzie <i>et al.</i> (2011)	Ensslin e Viana (2008)	Demo (2000)
<i>Coerência</i> (lógica da argumentação)	X	X	X
<i>Consistência</i> (qualidade da argumentação)	X	X	X
<i>Originalidade</i> (inovação)	X		X
<i>Objetivação</i> (manter a pesquisa próxima a realidade)	X	X	X
<i>Transdisciplinaridade</i> (reciprocidade do argumento científico)			X
<i>Testável</i> (permitir medição e cálculo)	X	X	
<i>Gerar dados</i> (possibilitar novas pesquisas)	X		

Deste modo, a pesquisa aqui apresentada categoriza-se como de *natureza aplicada*, pois tem o intuito de dedicar-se a conceber conhecimentos para a compreensão e solução de problemas para a evolução da sociedade (Gil, 2010). Para tanto, a estrutura metodológica utilizada seguiu os preceitos da *Design Science Research* (DSR). A DSR é capaz de reduzir a

lacuna existente entre a teoria e a prática por produzir conhecimentos que podem servir de referência para o aprimoramento transdisciplinar de teorias e a geração de soluções inovadoras (Dresch *et al.*, 2015; Çağdaş e Stubkjær 2011; Vaishnavi e Kuechler, 2011). Em síntese, a construção metodológica da DSR é composta por 7 etapas:

Quadro 4 - Etapas da Design Science Research.

Etapas metodológicas	Nunamaker <i>et al.</i> (1991)	Eekels e Roozenburg (1991)	Peffer <i>et al.</i> (2007)	March e Storey (2008)	Vaishnavi e Kuechler (2011)	Dresch <i>et al.</i> (2015)
1. Definição do problema	X	X	X	X	X	X
2. Justificativa da pesquisa	X	X	X	X	X	X
3. Desenvolvimento do artefato	X	X	X	X	X	X
4. Simulações/testes	X	X	X	X	X	X
5. Avaliação da utilidade e viabilidade do artefato	X	X	X	X	X	X
6. Avaliação do valor do artefato para o avanço científico	X	X	X	X	X	X
7. Comunicação dos resultados atingidos	X	X	X	X	X	X

Contrariamente as pesquisas tradicionais que buscam por explorar, compreender e explicar coisas que já existem, a DSR objetiva prescrever soluções que ainda não existem, ou seja, resultados inéditos para problemas relevantes (Dresch *et al.*, 2015; March e Storey 2008). Segundo van Aken (2004), a prescrição facilita a aplicação da proposta da pesquisa pelos profissionais nas organizações e também contribui para o aprimoramento de teorias porque conecta a realidade à teoria. Logo, os *objetivos científicos* dessa pesquisa são *propor* e *prescrever soluções* com base em argumentos teóricos e dados empíricos oriundos da literatura.

Assim sendo, é preciso identificar teorias bem estabelecidas que possam servir de fundação para o desenvolvimento do artefato, garantindo a consistência da argumentação e agregando a transdisciplinariedade do estudo (Dresch *et al.*, 2015; Eekels e Roozenburg, 1991; Nunamaker, *et al.* 1991). Isso pode ser realizado por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura (Dresch *et al.*, 2015; Peffer *et al.* 2007). Logo, utiliza-se como *procedimento técnico*, primeiramente, a *Revisão Bibliográfica Sistemática* para adquirir conhecimentos e construir uma nova perspectiva, não caracterizando uma repetição, mas sim um levantamento de informações que visa chegar a uma compreensão inovadora sobre um fato. Nesse ponto, o artefato deve ser desenvolvido unido a teoria, a realidade, o contexto de uso e a viabilidade. Esta etapa é, em essência, um processo criativo com raciocínio abduutivo que gera soluções mais próximas ao mundo real (Dresch *et al.*, 2015; Simon, 1996).

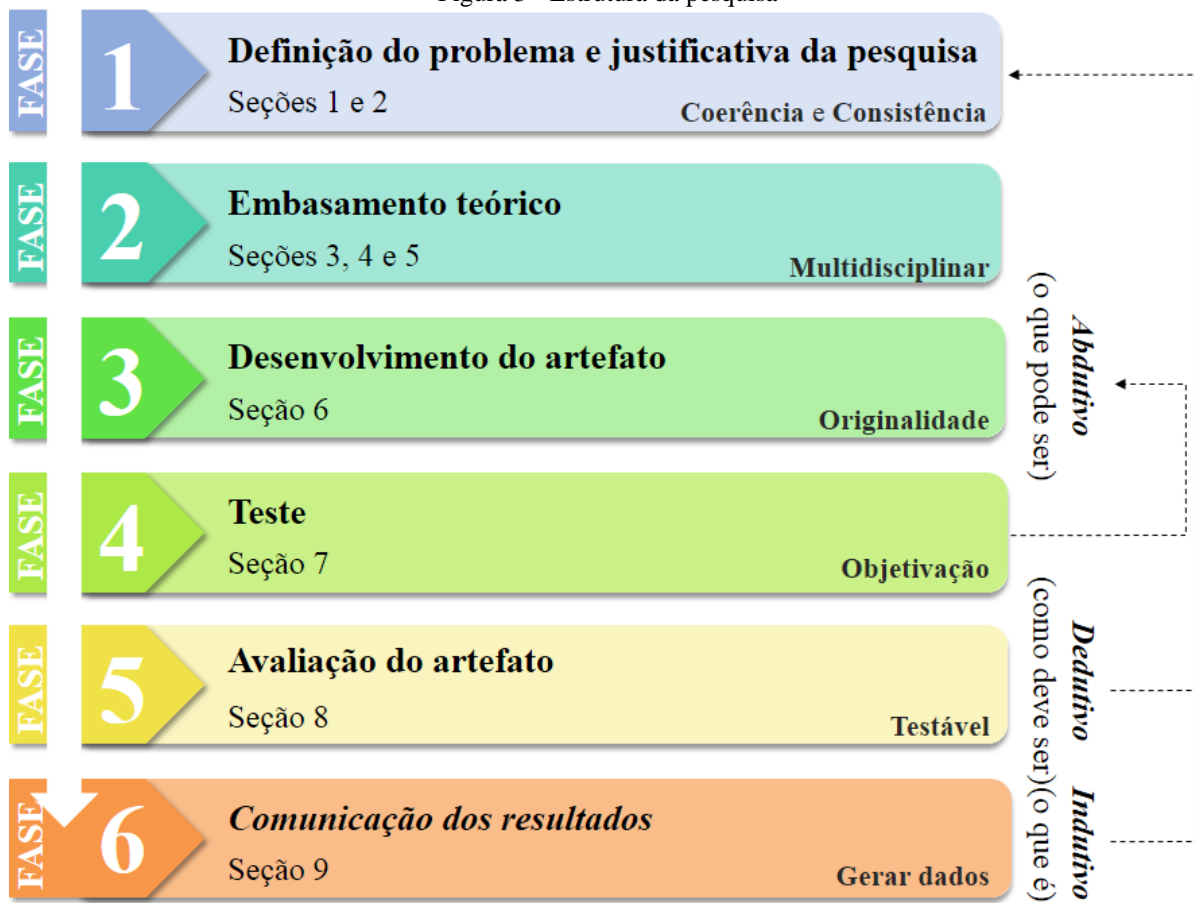
Uma vez desenvolvido o artefato, a etapa seguinte deve testá-lo para determinar como o artefato se comportará em uma situação real ou quase real, averiguando sua viabilidade, funcionalidades e problemas persistentes (Nunamaker, *et al.* 1991). Com base nos resultados

observados, a fase de teste pode ser regredida para que modificações sejam realizadas. Esta etapa pode ocorrer por meio de experimentação (Peffer, *et al.* 2007). Desta forma, o segundo *procedimento técnico* utilizado nesta pesquisa é o *experimento* para aplicar o modelo concebido. É durante o experimento que as variáveis influenciáveis (onde o conceito será aplicado) são selecionadas para planejar a simulação através da definição das formas de controle e de observação dos efeitos causados (registro do antes e depois da aplicação). Com a simulação finalizada, os resultados obtidos são avaliados para comprovar que a solução atende aos requisitos de pesquisa previamente definidos (Dresch *et al.*, 2015; Eekels e Roozenburg, 1991).

Deve-se observar que a DSR conduz a pesquisa com um processo rigoroso onde o artefato deve ser passível de medição (Çağdaş e Stubkjær, 2011; Peffer, *et al.* 2007). Para tanto, Hevner *et al.* (2004) descrevem que após a simulação, a avaliação do artefato pode ser feita de modo descritivo. A avaliação descritiva visa demonstrar a utilidade do artefato desenvolvido usando os argumentos existentes na literatura em diferentes contextos (Hevner, *et al.* 2004). Logo, esta pesquisa possui uma *abordagem quali-quantitativa*. Quantitativa para comprovar o resultado. E, qualitativa para compreender informações que não podem ser quantificadas totalmente, não empregando ferramentas estatísticas (Gray, 2012). Ou seja, a abordagem qualitativa foca na análise de documentos bibliográficos para a extração e interpretação de conceitos chaves para gerar uma terceira ordem de interpretação (Xiao e Watson, 2019). Com base nisso, o terceiro *procedimento técnico* utilizado na pesquisa é o *questionário* para avaliar o modelo. O questionário pode ser descrito como um instrumento de coleta de dados. O resultado atingido pelo questionário pode ser comprovado com o suporte de análises qualitativas e/ou quantitativas. Consequentemente, os resultados podem ser armazenados para futuras reutilizações.

Na sequência da comprovação da validade do artefato, é fundamental comunicar os resultados obtidos à comunidade, garantindo que a pesquisa seja útil como referência e suporte para a geração de conhecimento tanto no campo prático quanto teórico (Dresch *et al.*, 2015). Deste modo, a comunicação pode incentivar o aprendizado (Nunamaker, *et al.* 1991). Para tanto, é necessário generalizar o conhecimento com base no raciocínio indutivo. Essa generalização permite que o conhecimento gerado em uma situação específica seja posteriormente aplicado em situações diversas enfrentadas por diferentes organizações (Dresch *et al.*, 2015). Portanto, baseando-se nestas etapas, a metodologia dessa pesquisa foi elaborada (figura 3). Na figura 3, as setas tracejadas ilustram possíveis retornos que pode ocorrer em virtude de correções.

Figura 3 - Estrutura da pesquisa



2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

A Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) desenvolvida foi constituída por etapas que combinam métodos quantitativos e qualitativos. A RBS é um estudo ordenado e passível de reprodução para avaliar criticamente os resultados atingidos por estudos primários e identificar lacunas a serem preenchidas com o mínimo possível de distorção e erros (Tranfield *et al.* 2003). Conseqüentemente, é um modo de avaliar um determinado tema com uma nova perspectiva, não caracterizando uma repetição, mas sim um levantamento robusto de informações que visa chegar a uma compreensão inovadora sobre um fato para nortear o desenvolvimento de futuros projetos com base em evidências científicas.

Para manter a imparcialidade, precisão, atualidade e repetição, os processos que constituem a RBS devem ser previamente planejados. De acordo com Tranfield *et al.* (2003), a RBS abrange três estágios principais: planejamento, execução e documentação. O estágio de planejamento estabelece o protocolo da busca enquanto o estágio de execução os estudos são extraídos. No estágio de documentação, os estudos encontrados devem ser analisados e sintetizados em dados. Diante disso, a RBL desenvolvida adotou os estágios descritos por Seuring *et al.* (2020), Durach *et al.*, (2017), e Tranfield *et al.* (2003).

No estágio de planejamento, foram elaboradas as estratégias de busca que podem ser caracterizadas como restrições para limitar a pesquisa. Tal limitação não interfere no alcance das informações, pois sua função é garantir que a busca percorra o caminho programado e atinja o resultado esperado. Logo, o protocolo da pesquisa conteve: (1) seleção da base de dado: Periódicos CAPES; (2) recorte de tempo de Janeiro de 2006 até Julho 2021; (3) seleção dos critérios de inclusão e exclusão e (4) seleção das palavras-chave. As palavras-chave empregadas foram obtidas a partir de análises exploratórias preliminares (quadro 5). Os critérios de inclusão/exclusão são apresentados no quadro 6.

Durante o estágio de execução, ocorreu a realização da busca por estudos de acordo com o protocolo. Descrevendo em mais detalhes, essa etapa constituiu na disposição pareada das palavras-chave onde foram utilizados os termos booleanos “AND” e “OR” junto com os critérios de inclusão e exclusão com foco em títulos, resumos e palavras-chave. Ainda nesta fase, todos os resultados foram verificados para eliminar possíveis duplicações (figura 4).

No terceiro estágio – documentação, o resultado atingido foi refinado com por meio de um conjunto de análises: análise de conteúdo, análise temática, análise de regressão e análise crítica. A união de tais métodos providência uma cobertura compreensiva da literatura existente para o processo denominado codificação aberta onde a identificação de conceitos e a criação de

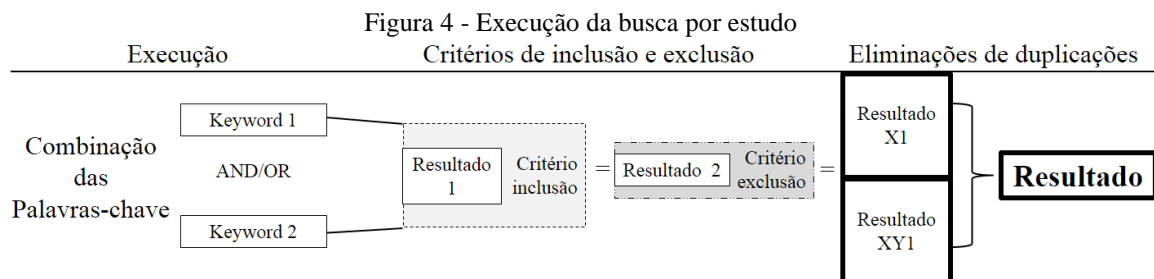
códigos por meio da análise de estudos primários são um produto de revisão (Dresch *et al.*, 2015).

Quadro 5 - Grupos de palavras-chave

Product*	Green Manufacturing	Market-oriented sustainability
Product Development Process (PDP)	Green Product Development	Business Model
New Product Development (NPD)	Environmentally Sustainability	New business model
Product Creation Process (PCP)	Design	Competiti*
Product Design (PD)	Green Design	Competitive Advantage
Project Management	Industrial Design	Willingness to Pay
Quality Function Deployment (QFD)	Ecological Design	Value
Life Cycle Assessment (LCA)	Environment Design	Value Creation
Lean Product Development (LPD)	Eco-Innovation	Organization Improvement
Manufacturing Design	Industrial Ecology (IE)	Continuous Improvement
Design Innovation	Footprints	Dynamic capability
Design Assessment	Triple Bottom Line (TBL)	Strateg*
Design for Environment (DFE)	Sustainab*	Strategic Planning
Ecodesign	Sustainable Development	Strategy Design
Design for Sustainability	Sustainable Strategic	Industry 4.0
	Green Consumption	Maturity model
	Green Marketing	Maturity evaluation

Quadro 6 – Critérios de inclusão/exclusão

Inclusão	Exclusão
Artigos revisados por pares	Artigos não revisados por pares
Escritos inteiramente em inglês	Não escritos inteiramente em inglês
Teses	Trabalhos não acadêmicos
Artigos de congressos	Estudos secundários
Artigos de revistas	Estudo de caso específico (publicado por empresas)

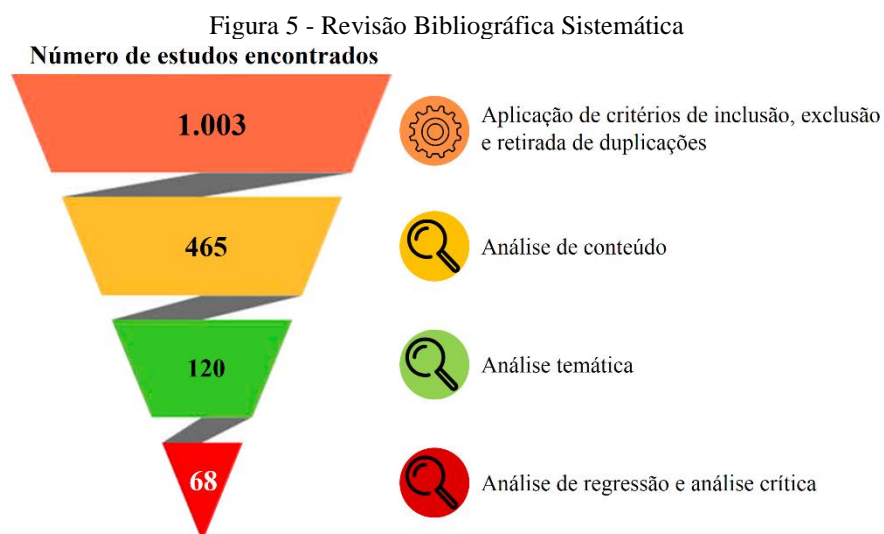


A análise de conteúdo é um método qualitativo empregado para o tratamento de dados e a descrição do conteúdo concentrado. Conforme Bardin (2011), a aplicação da análise de conteúdo condiz a três fases fundamentais: pré-análise (fase de organização), exploração do material (codificação da pesquisa) e tratamento dos resultados (interpretação). Nesta revisão, a fase da pré-análise correspondeu à verificação dos estudos encontrados com relação os critérios de inclusão e exclusão utilizados. A exploração do material correspondeu a classificação do estudo conforme o encontro das palavras-chave nos campos de título, resumo e palavras-chave. O tratamento do resultado foi a leitura dos resumos.

Na sequência, a análise temática foi estruturada como um segundo filtro através da identificação do campo de conhecimento abordado em cada estudo obtido. A análise temática combina e adapta abordagens tanto da meta etnografia quanto da teoria fundamentada para a

extração de informações e o agrupamento destas para posteriormente interpretá-los em temas analíticos (Dresch *et al.*, 2015; Thomas e Harden, 2008). Esse tipo de análise é adequada para sintetizar resultados de estudos multidisciplinares como no caso da revisão aqui proposta (Thomas *et al.* 2012). Um tema pode ser construído pela concentração, presença e frequência de um conceito dentro de frases, parágrafos, entre outras partes do texto. Por isso, o uso do tema como unidade de registro representa um modo de padrões para transformá-los em dados quantitativos.

Usando o tema como unidade, a análise de regressão foi aplicada. A análise de regressão é um método quantitativo cujo objetivo é validar o resultado por evidências estatísticas (Maletič *et al.*, 2014). Nesta revisão, as variáveis usadas foram: a frequência das palavras-chave, índice de citação do estudo, a indicação de elementos que influencia a integração da sustentabilidade pelas empresas e a profundidade da abordagem que consiste na observação de tais elementos como tema central do estudo e/ou objetivo, resultado, conclusão. Por fim, o resultado obtido foi interpretado através da análise crítica para identificar quais eram os possíveis direcionamentos futuros para a pesquisas. A figura 5 ilustra a sequência desses estágios bem o resultado obtido em cada um deles.



Com base nas evidências encontradas nos 68 estudos selecionados (quadro 7), notou-se uma carência de investigações mais detalhadas relacionando os conceitos de capacidades dinâmicas, planejamento estratégico, tomada de decisão e desenvolvimento de produtos para o estabelecimento de melhorias organizacionais e tecnológicas sustentáveis ao contexto das empresas. Em mais, foi possível identificar um direcionamento para a união do conceito de modelo de maturidade para sanar tal lacuna. Em complemento, pela análise crítica, também foram identificados 15 elementos que devem ser considerados para apoiar o processo de mudança rumo a integração da sustentabilidade. A descrição destes elementos, as evidências

obtidas e os apontamentos dos autores foram utilizados para a construção da fundamentação teórica. Portanto, os detalhes são encontrados nas próximas seções.

Quadro 7 - Listagem dos estudos encontrados

Nº	Autores	Elementos Fundamentais para a Integração da Sustentabilidade														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		Definição de Sustentabilidade	Gestão Organizacional	Estratégia de Longo Prazo	Uso sistemático de Ferramentas de PDP	Inovação	Orientação para o Mercado	Negócios Táticos de Curto Prazo	Conhecimento Compartilhado	Integração de Partes Interessadas	Aplicação de Produtos/Serviços	Sistema de Monitoramento	Adoção Antecipada	Relacionamento com o Consumidor	Custos	Cadeia de Abastecimento
1	Hallstedt et al., 2010	X	X	X	X		X	X	X	X		X				
2	Bratt et al., 2011	X		X					X	X	X					
3	Deif et al., 2011	X		X				X								
4	Santolaria et al., 2011	X	X	X	X	X			X							
5	Hallstedt et al., 2013	X	X	X	X	X			X				X			
6	Pigosso et al., 2013		X	X		X										
7	Brones et al., 2014		X		X	X		X								
8	Brook and Pagnanelli, 2014	X	X	X	X	X	X	X								
9	Klewitz and Hansen, 2014	X	X	X	X	X		X	X	X						
10	Lockrey, 2015	X	X		X		X		X	X		X				
11	Prause, 2015					X	X				X	X		X		X
12	Arnold et al., 2016		X			X			X		X	X		X	X	X
13	Dekoninck et al., 2016	X	X	X	X	X			X	X		X	X			
14	Gerlitz et al., 2016					X	X							X		
15	Rodrigues et al., 2016	X		X			X	X		X	X					
16	Rossi et al., 2016	X	X		X		X		X	X	X		X			
17	Stock and Seliger, 2016											X				
18	Zetterlund et al., 2016	X		X	X			X					X			
19	Brones et al., 2017		X	X	X	X	X	X								
20	Dangelico et al., 2017		X			X	X			X						
21	Hallstedt, 2017	X	X	X				X								
22	Kiel et al., 2017		X			X	X		X		X	X		X	X	X
23	Lin et al., 2017					X										
24	Jensen and Remmen, 2017											X		X		
25	de Man and Strandhagen, 2017										X		X	X	X	X
26	Shögl et al., 2017		X		X	X	X		X			X		X	X	X
27	Strandhagen et al., 2017	X									X		X	X	X	X
28	Prause and Atari, 2017					X	X				X					X
29	Bonilla et al., 2018					X	X				X	X	X	X		
30	Braccini and Margherita, 2018		X						X							X
31	Brenner, 2018		X	X		X					X	X		X		
32	Bressanelli et al., 2018a						X		X		X		X			
33	Bressanelli et al., 2018b						X		X		X		X			
34	Cottey, 2018								X						X	
35	Garcia-Muiña et al., 2018		X			X	X		X		X	X			X	X
36	Kamble et al., 2018										X		X			X
37	Luthra and Mangla, 2018		X	X		X					X			X	X	X
38	Müller et al., 2018		X	X		X	X				X	X		X	X	X
39	Müller and Voigt, 2018					X			X		X			X		
40	Munsamy and Tekukdarie, 2018							X								
41	Nagy et al., 2018		X				X				X	X		X		X
42	Sjodin et al., 2018		X			X						X		X		
43	Stock et al., 2018		X						X		X	X	X	X	X	X
44	Bal e Badurdeen, 2019					X					X		X			X
45	Birkel et al., 2019		X			X					X	X				
46	Garcia-Muiña et al., 2019			X		X					X	X			X	
47	Kohtamäki et al., 2019										X	X			X	X

(continua)

48	Micieta et al., 2019	X		X	X			X	X	X
49	Tirabeni et al., 2019	X		X		X		X	X	X
50	Cui et al., 2020		X					X		X
51	Esmailian et al., 2020	X		X	X	X	X	X	X	X
52	Felsberger et al., 2020		X		X	X	X			X
53	Garcia-Muñia et al., 2020	X		X			X	X	X	X
54	Ghobakhloo, 2020	X	X	X	X	X				X
55	Godina et al., 2020		X	X	X	X	X	X	X	X
56	Jabbour et al., 2020	X		X	X	X	X			X
57	Lardo et al., 2020	X		X		X	X	X	X	X
58	Machado et al., 2020	X		X	X			X		X
59	Margherita and Braccini, 2020	X				X		X		
60	Oláh et al., 2020			X	X	X	X	X	X	X
61	Sartal et al., 2020	X				X	X	X		
62	Andronie et al., 2021						X	X	X	X
63	Birkel and Müller, 2021	X	X	X	X	X	X	X	X	X
64	Diaz-Chao et al., 2021			X	X	X				X
65	Enyoghasi and Badurdeen, 2021	X				X		X	X	X
66	Martin et al., 2021	X		X	X		X		X	
67	Mattera and Gava, 2021		X				X	X	X	
68	Shayganmehr et al., 2021	X		X	X	X	X	X		X

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Juntamente a discussão do *como* desenvolver produtos sustentáveis, é preciso compreender os aspectos organizacionais que influenciam a elaboração dos produtos. Neste sentido, a Teoria da Visão Baseada em Recursos (*Resource-Based-View Theory – RBV*) descreve que uma empresa é uma coleção de diversos recursos produtivos, tecnológicos, financeiros e organizacionais inatos a ela (Conner e Prahalad, 1996; Peteraf, 1993; Penrose, 1955) usados para obter retornos superiores (Hart e Dowell, 2011; Barney 2001^{a, b}). Penrose (1959) categorizou os recursos em: (1) tangíveis - que é todo e qualquer ativo físico que uma empresa possui e (2) humanos - que podem ser compreendidos como recursos intangíveis, pois engloba todos os colaboradores com suas diferentes capacidades e cognições.

Além de classificar os recursos, Penrose (1959) distinguiu o que é possuir um recurso e o que é usá-lo. Para a autora, a criação de valor não vem da posse dos recursos, mas do modo que estes são combinados e usados. Devido a isso, para ser considerado uma fonte de vantagem competitiva exclusiva, os recursos devem ser simultaneamente *Valiosos* para explorar oportunidades e/ou reduzir/neutralizar ameaças; *Raros* porque são escassos entre os concorrentes; *Imperfeitamente imitáveis*, pois os custos de imitação são mais altos que os retornos e *Não substituíveis* porque não possuem um substituto valioso, raro e perfeitamente equivalente para ele (VRIN) (Barney, 1995). Entretanto, os recursos VRIN permanecem vantajosos somente se os ambientes em que as empresas competem não sofrer mudanças significativas, ou seja, se o ambiente for estável de tal modo que o estoque de recursos permanece, também, essencialmente estável (Ambrosini *et al.*, 2009). Caso contrário, eles podem inibir o desenvolvimento das empresas porque tais características não são reconsideradas perante a reformulação do mercado (Eisenhardt e Martin, 2000). É neste ponto que a discussão sobre capacidades dinâmicas se faz necessária. Portanto, a importância da contribuição de Penrose é demonstrar que os limites de crescimento da empresa são oriundos das restrições gerenciais, comportamentais e da ausência de aprendizagem. Esses aspectos também são notáveis nas tentativas frustradas de adotar a sustentabilidade. Isso demonstra que é igualmente relevante analisar os aspectos organizacionais para a integração da sustentabilidade em produtos e serviços tanto quanto os aspectos técnicos e tecnológicos. Com base nisso, a próxima seção aborda sobre as capacidades dinâmicas e suas influências.

3.1 CAPACIDADES DINÂMICAS E SEU NÍVEIS DE HIERARQUIZAÇÃO

O conceito de Capacidades Dinâmicas (CD) não se baseia apenas na economia evolutiva, mas em uma variedade de perspectivas teóricas e processos cognitivos focados na renovação das rotinas organizacionais para obter maior flexibilidade ao lidar com o mercado (Under e Marathe, 2019; Ambrosini e Bowman, 2009; Zollo e Winter, 2002). Neste sentido, as CD não podem ser compradas no mercado (Zollo e Winter 2002; Eisenhardt e Martin, 2000). Assim como, não são as próprias capacidades da empresa em si (Under e Marathe, 2019; Ambrosini e Bowman, 2009; Eisenhardt e Martin, 2000; Teece *et al.*, 1997). Logo, as empresas devem desenvolver uma visão crítica para identificar como usar suas capacidades dinâmicas. Portanto, mesmo sendo um conceito discutido a algumas décadas, sua reflexão ainda é relevante no contexto de transformação promovido pela I4.0 (Díaz-Chao *et al.*, 2021; Felsberger *et al.*, 2020; Kohtamäki *et al.*, 2019; Brenner, 2018).

Teece *et al.* (1997) delimitou as capacidades dinâmicas em três fatores: processos, posições e caminhos. Por processos os autores descrevem como sendo a maneira que as “coisas” são feitas na empresa. Os processos têm três funções: coordenação (estático), aprendizagem (dinâmico) e reconfiguração (transformacional). A coordenação das várias atividades interorganizacionais inclui rotinas para coletar e processar informações vinculadas as experiências do cliente para a coordenação de fornecedores durante o projeto. Enquanto que a aprendizagem é um processo pelo qual a repetição e a experimentação permitem que novas oportunidades de produção sejam identificadas. Os processos de aprendizagem são intrinsecamente sociais e coletivos; envolvem habilidades tanto organizacionais quanto individuais; e, requer códigos comuns de comunicação. A reconfiguração requer vigilância constante dos mercados para reestruturar os ativos da empresa e a adoção de melhores práticas (Teece *et al.*, 1997).

Por posição, Teece *et al.* (1997) referem-se às especificações que determinam qual é a vantagem competitiva que a empresa possui. Estes ativos específicos podem ser: tecnológicos, financeiros, reputação, estruturas, mercado e limites organizacionais. Por caminhos, Teece *et al.* (1997) referem-se às alternativas estratégicas disponíveis para a empresa. Assim, o constructo de capacidade dinâmica ajuda a evitar a rigidez que inibe o desenvolvimento, gera inércia e sufoca a inovação através da criação de novos recursos, renovação ou alteração do mix destes (Teece *et al.* 1997). Em outras palavras, os recursos dinâmicos são orientados para o futuro, enquanto os recursos VRIN estão guiados para o presente. Logo, os recursos VRIN podem ser considerados estáticos caso nenhum recurso dinâmico for aplicado para alterá-los.

Na mesma linha, Bowman e Ambrosini (2003) explica que as capacidades dinâmicas compreendem quatro processos principais: reconfiguração, alavancagem, aprendizado e integração criativa. Além disso, também é possível encontrar na literatura estudos que descrevem as capacidades dinâmicas de modo hierarquizado (quadro 8).

Quadro 8 - Hierarquização da capacidade dinâmica

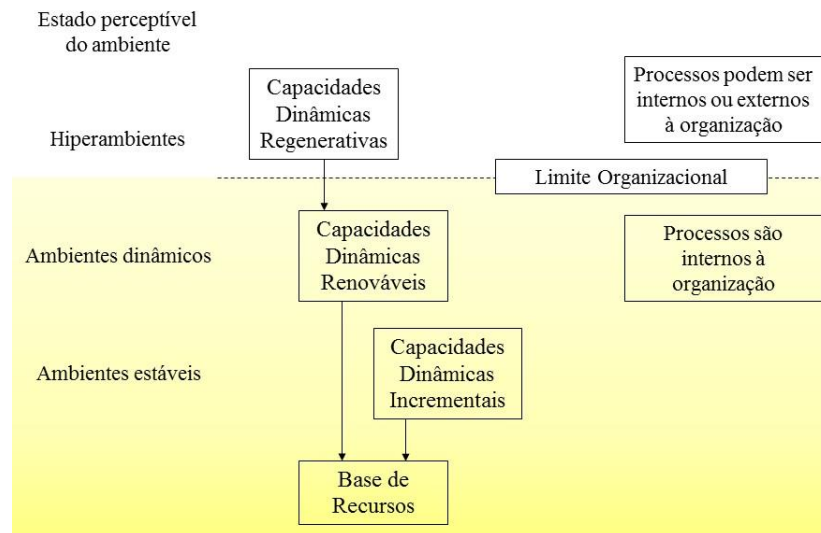
Níveis de Capacidades Dinâmicas	Danneels (2002)	Winter (2003)	Ambrosini et al. (2009)	Ellonen et al. (2009)
Estável 1	Capacidades de primeira ordem	Capacidades de nível zero	Capacidades dinâmicas incrementais	Inovação regular ou incremental
2	Capacidades de segunda ordem	Capacidades de primeira ordem	Renovação de recursos dinâmicos	Inovação revolucionária ou estratégica
3		Capacidades de ordem superior	Capacidades dinâmicas regenerativas	Criação de nicho ou grande inovação
4 Turbulento				Inovação arquitetônica ou radical

Danneels (2002) propôs duas hierarquias: competências de primeira ordem, que constituem a capacidade de realizar uma tarefa individualmente; e as competências de segunda ordem, que se referem a capacidade de renovação da empresa por meio da criação de novas competências de primeira ordem. Já Winter (2003) descreve três níveis de hierarquia que se iniciam com as capacidades de nível zero. Este primeiro nível permite às empresas prosperarem no presente porque se refere a própria base de recursos. Na sequência, as capacidades de primeira ordem permitem a realização de mudanças nas capacidades de ordem zero. No último nível, as capacidades de ordem superior são resultantes do aprendizado organizacional para a criação ou modificação das capacidades dinâmicas.

Também com três níveis, Ambrosini *et al.* (2009) propõem uma hierarquia (figura 6) onde o primeiro nível é denominado incremental e é desempenhado por empresas em ambientes relativamente estáveis. Portanto, as capacidades dinâmicas incrementais podem ser consideradas relativamente simples, pois o estoque de recursos não é realmente modificado, mas sim atualizado. Em continuidade, o segundo nível é a renovação destinada a ocorrer em ambientes dinâmicos onde as vantagens baseadas em recursos podem ser rapidamente destruídas. Devido a isso, novos recursos são criados ou novas combinações de recursos são implementadas por meio do acúmulo de experiência. Finalmente, o terceiro nível é o regenerativo desempenhado por empresas em ambientes turbulentos denominado pelos autores

como hiperambientes. Nestes hiperambientes as capacidades dinâmicas existentes não são mais relevantes para renovar a base de recursos, fazendo com que a empresa repense seus processos além das fronteiras da organização para incorporar novas práticas.

Figura 6 - Níveis hierárquicos das Capacidades Dinâmicas



Fonte: Adaptado de Ambrosini *et al.* (2009).

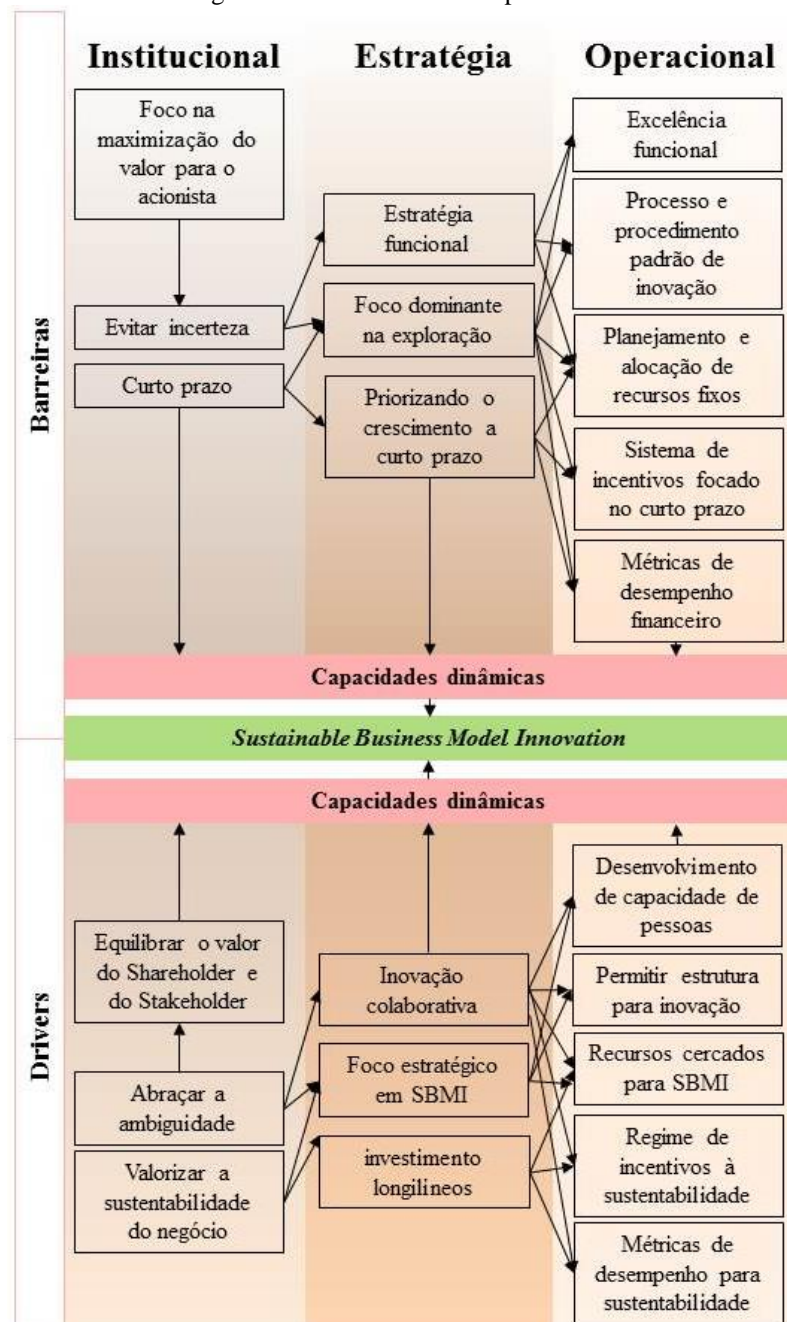
Ellonen *et al.* (2009) elencaram quatro níveis de capacidades dinâmicas junto com níveis de inovação: (1) inovação regular ou incremental sustentam as vantagens competitivas por meio do aprimoramento das competências existentes para satisfazer a base de clientes atual da empresa; (2) inovação revolucionária ou estratégica consiste em aprimorar o conhecimento e as competências existentes para tentar continuar manter a vantagem competitiva da empresa; (3) criação de nicho ou grande inovação diz respeito a utilização das competências da empresa para atingir novos clientes; e (4) inovação arquitetônica ou radical que visa renovar por inteiro as competências da empresa para mudar seu mercado.

3.1.1 O elo entre Capacidade Dinâmica e Sustentabilidade

A capacidade dinâmica em direção à sustentabilidade deve ser interpretada como um processo regenerativo em conjunto com as estratégias principais de longo prazo (Porter e Kramer, 2006; Dyllick e Hockerts, 2002; Hart, 1995). Para Beske (2012), as principais categorias para alcançar uma capacidade dinâmica em direção à sustentabilidade são: orientação para a aprendizagem, continuidade, gerenciamento de riscos e proatividade. Dangelico *et al.* (2017) desenvolveu três processos subjacentes: integração de recursos internos, integração de recursos externos e reconfiguração de recursos. Para Wu *et al.* (2012), os recursos

dinâmicos para a sustentabilidade podem ser desagregados em três ações distintas, mas relacionadas: (1) análise das necessidades sustentáveis emergentes por um sistema de processamento de informações pelo qual as novas ideias das partes interessadas são recebidas; (2) identificação de oportunidades ou ameaças a partir de expectativas sustentáveis para encontrar a interseção entre as metas socioambientais da empresa e seus interesses econômicos; e (3) reconfiguração dos recursos funcionais existentes para o desenvolvimento sustentável, que se refere à capacidade da empresa de descartar, modificar ou reconstruir as rotinas e práticas organizacionais que são insustentáveis.

Figura 7 - Barreiras e drivers para SBMI



Fonte: adaptado de Bocken e Geradts (2019).

Em mesma linha, Bocken e Geradts (2019) descreveram que existem três aspectos da capacidade dinâmica para que o design organizacional seja crucial para a sustentabilidade: institucionais, estratégicos e operacionais (figura 7). Borland *et al.* (2016) distingue três conjuntos de estratégias para tornar as operações de uma empresa mais sustentável: estratégia transitória, estratégia transformacional e capacidades dinâmicas ecocêntricas (figura 8).

Figura 8 - Tipos de estratégias 5Rs

Transitória	Transformacional	Capacidades dinâmicas ecocêntricas
Reduzir Reduzir a quantidade de material usado na fabricação de determinados produtos.	Repensar Requer repensar completamente o conceito do que o produto é.	Deteção Exige que os gerentes ou indivíduos dentro da empresa estejam atentos às mudanças nos negócios e no ambiente natural e que sintam as demandas dos consumidores à medida que a sociedade, em geral, se torna mais sensibilizada aos fenômenos ecológicos globais e à situação difícil de outras espécies.
Reuso Reutilizar materiais e produtos para que o volume geral exigido seja reduzido e o produto seja usado em toda a sua extensão.	Reinventar Processo para identificar completamente novos conceitos que podem ou não ser baseados em produtos existentes.	Apreensão Exige que os gerentes e indivíduos da empresa aproveitem novas oportunidades de negócios ecocêntricas, debatendo novos processos, produtos, estruturas e sistemas criativos e inovadores que podem ser adotados pela empresa e não são prejudiciais ao ambiente físico.
Reparar Alguns produtos podem ser reparados e reutilizados, em vez de descartados, prolongando sua vida útil e reduzindo a demanda por novos produtos.	Redesenhar O redesenho precisa adotar os requisitos ecológicos como sua posição principal, de modo que os produtos (e serviços) sejam projetados para serem feitos apenas de material biológico ou técnico, eliminando desperdícios e resíduos tóxicos.	Reconfiguração Exige que gerentes, indivíduos e a empresa como um todo adotem os requisitos dos ecossistemas de ciclo fechado, do berço ao berço, e permitam que produtos, desde o início, sejam projetados e produzidos usando apenas materiais biológicos ou técnicos.
Reciclar Se um produto não puder ser reparado ou reutilizado, existem opções de reciclagem que evitam o descarte em aterros ou incineração.	Redirecionar Redirecione os resíduos: um onde todos os resíduos retornam ao ciclo industrial, criando assim um ciclo fechado, e outro para materiais biodegradáveis que podem voltar à natureza sem causar danos.	Remapear Essa nova capacidade dinâmica ecocêntrica abrange a capacidade dos gerentes de imaginar seus produtos e processos como insumos e recursos para a próxima geração de produtos, serviços e processos e, em seguida, encontrar canais rentáveis e ecologicamente adequados para esses materiais. O remapeamento também se refere à capacidade dos gerentes de transferir estratégias ecocêntricas de criação de produtos transformacionais para outros produtos no portfólio da empresa, para que uma abordagem ecocêntrica seja incorporada na empresa / unidade de negócios e aplicada a todos os produtos.
Regular Cada vez mais empresas e indivíduos estão sujeitos a leis, restrições e regulamentos que controlam as atividades associadas aos resíduos.	Recuperar Recuperar elementos e materiais escassos (e não tão escassos) e usá-los em novas oportunidades de produção e mercado, mantendo assim seu valor de mercado (simbiose industrial) e fechando novamente o ciclo.	Colher Esse novo recurso dinâmico ecocêntrico aborda a capacidade dos gerentes de se beneficiarem do fluxo circular de materiais, encontrar novos canais (lucrativos) para seus resíduos e colher os benefícios em termos de ganho financeiro (custos reduzidos e / ou aumento de lucros), bem como formas não financeiras, como reconhecimento da indústria, elogios e prêmios, aprovação da sociedade ou melhorias na reputação.

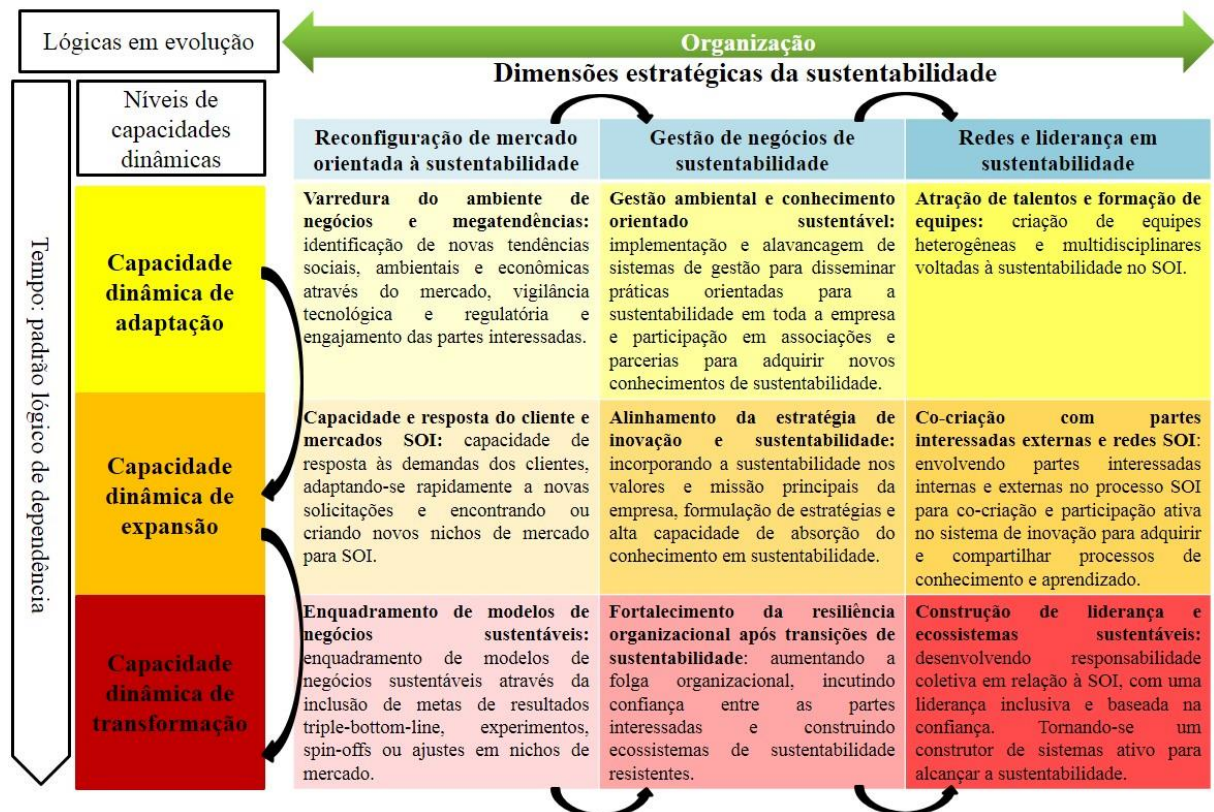
Fonte: adaptado de Borland *et al.* (2016).

As estratégias de transição tentam reduzir impactos negativos gerado ao invés de eliminá-los. No oposto, a estratégia transformacional pressupõe que as estratégias de negócios devem procurar eliminar os impactos negativos, visando imitar ciclos naturais que podem ser descritos como ciclos do berço ao berço. Uma notável diferença entre este tipo de estratégia e a anterior é que esta exige que a organização adote uma visão de sustentabilidade (BORLAND *et al.*, 2016). Por fim, as capacidades dinâmicas ecocêntricas incluem o equilíbrio da natureza e do desenvolvimento humano em perpetuidade para tornar a cadeia de valor um ciclo fechado.

Também há na literatura estudos que apresentam as capacidades dinâmicas para a sustentabilidade de modo hierarquizado. Castiaux (2012) elenca três níveis de inovação verde atrelados as capacidades dinâmicas. O primeiro nível - verde responsável, retrata empresas que não tem intenção de mudar se não for necessário e não houver requisitos legais. As capacidades dinâmicas que são mobilizadas neste contexto são incrementais para a substituição das

tecnológicas de produtos. O segundo nível - verde eficiente, classifica empresas envolvidas em iniciativas verdes visando reduzir resíduos e custos somente se esses objetivos verdes fornecem oportunidades de receita. O terceiro nível - verde diferenciado, categoriza as empresas que elevam a estratégia verde a uma estratégia central, seja para a tomada de decisões importantes, ao marketing e o desenvolvimento de novas competências ou para o aprimoramento das existentes. Logo, refere-se as empresas que não apenas melhoram a cadeia de valor existente, mas abrem novas oportunidades de negócios.

Figura 9 - Níveis de capacidades dinâmicas para SOI



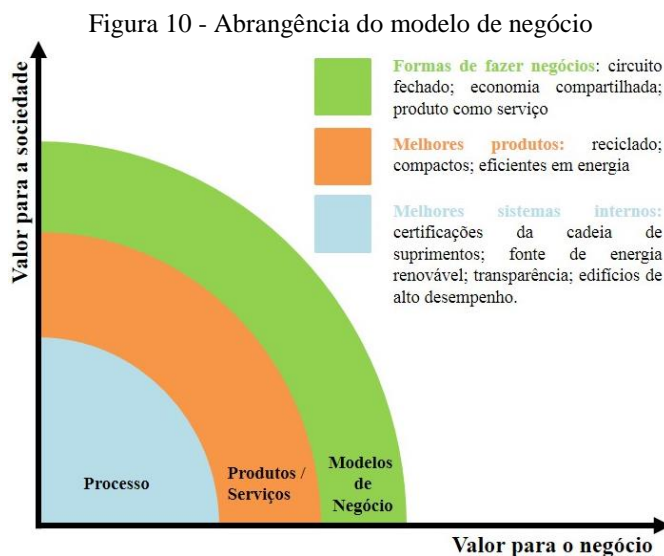
Fonte: adaptado de Inigo e Albareda (2019).

Nesta mesma linha de hierarquização, Inigo e Albareda (2019) identificaram três níveis de recursos emergentes (figura 9): adaptação, expansão e transformação. No nível de adaptação, os recursos dinâmicos emergem através de melhorias incrementais e contínuas na base de recursos da empresa. No nível de expansão, as capacidades dinâmicas são baseadas no surgimento de novas capacidades organizacionais, melhorias e avanços nos processos alinhando inovação, sustentabilidade e redes colaborativas. O nível de transformação emerge quando as empresas regeneram e reconfiguram seus processos. Isso inclui processos disruptivos avançados de aprendizagem organizacional e novos modelos de negócios sustentáveis.

3.2 MODELO DE NEGÓCIO SUSTENTÁVEL

A partir das afirmações dos autores nas seções anteriormente, é possível observar que a transformação ou renovação das capacidades dinâmicas em prol da sustentabilidade atingem seu ápice quando suportam o desenvolvimento de um novo modelo de negócio. Nesta perspectiva, Amit e Zott (2012) explicam que o modelo de negócio é um arranjo específico do conjunto de atividades conduzidas para satisfazer as necessidades percebidas do mercado. Desta forma, o redesenho do modelo de negócios é percebido quando a lógica de negócios existente é substituída para resultar em uma proposta de valor completamente nova, oferecendo novos produtos, serviços ou sistemas produto-serviço (Schaltegger *et al.* 2011). Assim sendo, é possível observar que inovações em modelos de negócio abrangem mais do que apenas inovações em produtos, serviços ou tecnológicas (Amit e Zott, 2012), pois essas últimas inovações levam apenas até certo ponto porque são dependentes do mercado ou do conhecimento técnico específico para a indústria. A importância de construir um modelo de negócio é evidenciada quando o desenvolvimento de novas tecnologias se torna suscetível a sofrer resistências por parte dos clientes que por sua vez poderá causar restrições no alcance de novos resultados e benefícios (Girotra e Netessine, 2013). Logo, uma empresa que tenta melhorar seu desempenho de sustentabilidade deve mudar seu modelo de negócio porque este representa a conduta de suas ações (Martín *et al.*, 2021; Mattera e Gava, 2021; Esmailian *et al.*, 2020; Nosratabadi *et al.*, 2019; Schaltegger *et al.* 2011).

A terminologia Modelo de Negócio Sustentável (*Sustainable Business Model -SBM*) é variável, sendo possível encontrar termos com o mesmo uso, por exemplo, “modelo de negócios para a sustentabilidade”, “modelo de negócios mais sustentável” ou “modelo de negócios orientado para a sustentabilidade”. Em comum, estes termos referem-se à empresas e indústrias cujas estruturas subjacentes tentam ter “na pior das hipóteses impacto zero e, na melhor das hipóteses, contribuir para a regeneração e restauração do capital natural, humano e social (Amit e Zott, 2012). Para Lavelle (2009), o SBM trata-se de compreender o desenvolvimento sustentável como um elemento essencial para repensar a missão, a razão de ser e o valor agregado pela empresa. Portanto, o modelo de negócio abrange mais do que apenas o que uma empresa produz (Abdelkafi e Täuscher, 2016; Amit e Zott, 2012; Schaltegger *et al.*, 2011), sendo capaz de mudar sistematicamente o propósito da empresa (Porter e Kramer, 2011) requerendo a colaboração de vários atores (Martín *et al.*, 2021; García-Muiña *et al.*, 2020; Tirabeni *et al.*, 2019; Kiel *et al.*, 2017), conforme ilustra a figura 10.



Fonte: adaptado de Clinton e Whisnant, 2014.

De acordo com Stubbs e Cocklin (2008), o SBM pode ser uma narrativa de práticas de sustentabilidade, uma descrição de recursos, uma lista de condições necessárias, uma representação de processos de negócios, um sistema ou alguma combinação deles. Segundo Schaltegger *et al.* (2016) um modelo de negócios para a sustentabilidade “ajuda a descrever, analisar, gerenciar e comunicar (i) a proposta de valor sustentável da empresa para seus clientes e todas as outras partes interessadas, (ii) como ela cria e entrega esse valor, (iii) e como captura o valor econômico, mantendo ou regenerando o capital natural, social e econômico além de seus limites organizacionais”. Para Nosratabadi *et al.* (2019), os SBMs visam empregar o gerenciamento proativo entre várias partes interessadas, a inovação e uma perspectiva de longo prazo.

Por outro lado, é possível encontrar definições de SBM baseadas no Relatório Brundtland como em Garetti e Taisch (2012) que descrevem SBM como a preservação do meio ambiente, enquanto continua a melhorar a qualidade de vida humana. Dyllick e Hockerts (2002) veem SBM como aquele que atende às necessidades das partes interessadas diretas e indiretas de uma empresa sem comprometer sua capacidade de atender às necessidades do futuro. Da mesma forma, Bansal e DesJardine (2014) argumentam que SBM é a capacidade das empresas de responder às suas necessidades financeiras de curto prazo sem comprometer sua capacidade (ou de outros) de atender às suas necessidades futuras.

Assim, apesar do grande número de definições de SBM, as ligações entre os avanços tecnológicos e o conceito de SBM ainda não estão bem definidas (Mattera e Gava, 2021), mantendo-se como um desafio (Bocken *et al.*, 2014). Segundo Girotra e Netessine (2013), falhas são resultados de duas ineficiências principais: a ineficiência de informação e a ineficiência de alinhamento. A ineficiência de informação ocorre quando decisões para alterar

o modelo de negócio são tomadas com base em informações incompletas. E, a ineficiência de alinhamento diz respeito a tomada de decisão por indivíduos ou organizações cujos objetivos não estão alinhados entre si ou cujos objetivos não estão alinhados com os objetivos de toda a cadeia de valor, limitando os benefícios sustentáveis da iniciativa.

Chesbrough (2010) reflete que falhas também são resultantes de conflitos com a configuração de ativos subjacentes, falta de definição sobre o modelo adequado para explorar uma inovação, resistência dos gestores e a influência da lógica de negócios dominante. Aliado a isso, a literatura acadêmica tem negligenciado a discussão sobre *como* a sustentabilidade pode ser vinculada ao núcleo do modelo de negócios no contexto da I4.0 (Martín *et al.*, 2021; Lardo *et al.*, 2020; Brenner *et al.*, 2018; Bonilla *et al.*, 2018; Kamble *et al.*, 2018; Kiel *et al.*, 2017, de Man e Strandhagen, 2017; Engert E Baumgartner, 2016; Hahn *et al.*, 2015; Bocken *et al.*, 2014; Girotra e Netessine, 2013; Schaltegger *et al.*, 2011). Portanto, existe um senso comum sobre a necessidade de mais pesquisas que sejam um passo na construção da teoria para identificar esse elo. Nesse ponto, uma profunda compreensão das relações entre os 15 elementos fundamentais apontados pela RBS é relevante para guiar as empresas à soluções sustentáveis. Na próxima seção, esses 15 elementos fundamentais são descritos em detalhes.

4 15 ELEMENTOS FUNDAMENTAIS PARA A INTEGRAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE

Igualmente relevante ao aprimoramento das capacidades dinâmicas e o modelo de negócio, as empresas que desejam se integrar à sustentabilidade devem observar 15 elementos em conjunto: 1 - Definição de Sustentabilidade, 2 - Gestão Organizacional, 3 - Estratégia de Longo Prazo, 4 - Uso Sistemático de Ferramentas de PDP, 5 – Inovação, 6: Orientação para o Mercado, 7 - Negócios Táticos de Curto Prazo, 8 - Conhecimento Compartilhado, 9 - Integração de Partes Interessadas, 10 - Ampliação de Produtos/Serviços, 11 - Sistema de Monitoramento, 12 - Adoção Antecipada, 13 - Relacionamento com o Consumidor, 14 – Custos, 15 - Cadeia de Abastecimento. Tais elementos são especificados na sequência das subseções.

4.1 ELEMENTO 1: DEFINIÇÃO DE SUSTENTABILIDADE

Analisando cronologicamente a discussão sobre a sustentabilidade é possível observar que o termo *sustentabilidade* não possui uniformidade entre as várias definições (Sartal *et al.*, 2020; Strandhagen *et al.*, 2017). Para Rodrigues *et al.* (2016) e Bratt *et al.* (2011), a falta de consenso na definição de sustentabilidade não permite a coesão em relação a quaisquer objetivos. De acordo com Dekoninck *et al.* (2016) e Hallstedt *et al.* (2013), essa ausência causa a falta de alinhamento entre a formulação da estratégia e do roteiro de melhorias.

Com base na estratégia de marketing, Lockrey (2015) descreve que a falta de definição tem implicações nos resultados das empresas, que variam desde reivindicações incorretas ao mercado até o lançamento equivocado de produtos. Com enfoque no processo produtivo, Santolaria *et al.* (2011) discutem que uma definição bem delineada do que a sustentabilidade significa ajuda a promover a colaboração entre os envolvidos. Já Klewitz e Hansen (2014) pontuam que implementar uma visão de sustentabilidade é essencial para o desenvolvimento organizacional geral, o estabelecimento do código de conduta, ética e transparência da empresa. Neste ponto, Rossi *et al.* (2016) argumenta que definir um compromisso com a sustentabilidade ajuda a estruturar o modelo de negócio para apoiar inovações sustentáveis; identificar um projeto piloto e estimar a previsão do tempo para treinar os projetistas. Por este motivo, expressar por escrito qual é o significado da sustentabilidade para a empresa pode oferecer aos envolvidos um conjunto de critérios mais conciso para a avaliação do desempenho (Savitz *et al.* 2007). Assim, os autores Hallstedt (2017) e Hallstedt *et al.* (2010) destacam que o significado de sustentabilidade para a empresa deve ser elaborado com base no conhecimento

científico bem como abordar todas as dimensões da sustentabilidade. Devido a isso, Rossi *et al.* (2016), Zetterlund *et al.* (2016), Brook e Pagnanelli (2014), Klewitz e Hansen (2014) e Deif *et al.* (2011) salientam a emergência de investigações mais extensas para explorar outras possibilidades de implementação dos princípios de sustentabilidade no desenvolvimento de produtos (aspectos operacionais), processos (planejamento e controle) e sistemas (arranjos estratégicos). Logo, o primeiro elemento *Definição de Sustentabilidade* refere-se à importância de concretizar o significado que a sustentabilidade tem para a empresa, pois essa será empregada para orientar o planejamento de longo prazo ao mesmo tempo que identificará como as questões de sustentabilidade estão sendo observadas nas ações imediatas.

4.2 ELEMENTO 2: GESTÃO ORGANIZACIONAL

Na visão de Drucker (1954) não há proveitos em ter uma boa gestão de desenvolvimento de produtos se a gestão de pessoas não for bem-sucedida. Portanto, somente o envolvimento de forma significativa gerará propriedade, responsabilidade pessoal, aumentará a motivação e o comprometimento (Doppelt e McDonough, 2003). Por esta perspectiva, pode-se afirmar que a sustentabilidade exige a adoção de uma nova mentalidade que altera, de maneira sutil ou radical, tudo o que a empresa vê e faz (Savitz e Weber, 2007), pois a comunicação desonesta da gestão com os funcionários para a integração da sustentabilidade pode resultar em resistência interna (Ghobakhloo, 2020; Birkel *et al.*, 2019; Tirabeni *et al.*, 2019). Logo, é importante manter um canal de comunicação comum entre os diversos níveis organizacionais (Hallstedt *et al.*, 2013). Isso implica em transformações desde o pessoal da alta administração até a base da pirâmide organizacional (Andrade e Tachizawa, 2012).

Contudo, dados obtidos pelo levantamento realizado por Brones *et al.* (2017) mostram que 44% dos modelos de mudança rumo à inclusão da sustentabilidade disponíveis na literatura não consideram modificações na gestão. Em mesma linha, Dangelico *et al.* (2017), Schöoggl *et al.* (2017), Brook e Pagnanelli (2014) e Brones *et al.* (2014) observaram que ainda não há um conjunto comum de parâmetros de avaliação para planejar e implementar mudanças na gestão organizacional para a sustentabilidade. Neste sentido, Dekoninck *et al.* (2016) e Pigozzo *et al.* (2013) identificam o gerenciamento organizacional como o ponto que concentra as maiores dificuldades no processo de mudança. Segundo Dekoninck *et al.* (2016), as empresas carecem de abordagens sistemáticas ou de roteiros para alcançarem melhorias de modo contínuo. Os autores elencam que os desafios na categoria de gerenciamento dizem respeito a: (1) falta de motivação / resistência de partes interessadas internas para a integração da sustentabilidade; (2)

tempo: dificuldades de gerenciar os requisitos dos clientes; e (3) sistemas de gerenciamento: dificuldades de implementar novos modelos de negócios (organização e estrutura). Estes fatores ressaltam mais uma vez a prioridade dada aos aspectos técnicos no lugar de métodos prescritivos para a inclusão do tema. Como consequência, a inovação organizacional voltada ao desenvolvimento de novas capacidades em benefício do desenvolvimento sustentável tende a ser esquecida (Brook e Pagnanelli, 2014; Klewitz e Hansen, 2014).

Outro obstáculo apontado por Hallstedt, (2017), Santolaria *et al.* (2011) e Hallstedt *et al.* (2010) é a falta de treinamento dos gestores uma vez que a alta administração precisa se envolver proativamente durante as transformações para demonstrar um comportamento empresarial ético (Shayganmehr *et al.*, 2021) bem como manter melhores instrumentos de liderança para criar uma estrutura hierárquica adaptável e flexível (Birkel e Muller, 2021; Kiel *et al.*, 2017; Arnold *et al.*, 2016) aos ajustes das capacidades da equipe às demandas sustentáveis dentro contexto de avanços tecnológicos provindos pela I4.0 (Ghobakhloo, 2020; Jabbour *et al.*, 2020; Birkel *et al.*, 2019; Micieta *et al.*, 2019; Tirabeni *et al.*, 2019; Müller *et al.*, 2018; Luthra e Mangla, 2018). Assim, a cultura corporativa desempenha um papel expressivo nos recursos humanos no contexto da I4.0 (Luthra e Mangla, 2018; Kiel *et al.*, 2017; Arnold *et al.*, 2016).

O tipo de cultura corporativa adotada causa reflexos no aumento ou redução das oportunidades associadas às condições de trabalho (Margherita e Braccini, 2020). Mais especificamente, os sistemas de autonomia assistencial propostos pela I4.0 podem ajudar a reduzir erros humanos, acidentes de trabalho, tarefas repetitivas, monótonas, estressantes, perigosas e fatigantes, diminuir a rotatividade de pessoal assim como aumentar a satisfação no trabalho, a equidade salarial entre homens e mulheres, as vagas de trabalho para mulheres, pessoas com deficiência ou limitações (Birkel e Müller, 2021; Enyoghasi e Badurdeen, 2021; Martín *et al.*, 2021; Esmailian *et al.*, 2020; García-Muiña *et al.*, 2020; Lardo *et al.*, 2020; Margherita e Braccini, 2020; Braccini e Margherita, 2018; Müller *et al.*, 2018; Sjödin *et al.*, 2018; Stock *et al.*, 2018). Desta forma, os avanços tecnológicos podem impactar positivamente nos indicadores sociais, pois a melhoria do desempenho da empresa pode refletir positivamente no desenvolvimento da comunidade local, reduzindo a desigualdade social.

Por fim, a reconstrução das estruturas organizacionais através da gestão também deve incluir a observação da dinâmica externa (Brenner, 2018; Garcia-Muiña *et al.*, 2018) com o intuito de manter a vigilância de concorrentes (Shayganmehr *et al.*, 2021; Machado *et al.*, 2020; Luthra e Mangla, 2018; Nagy *et al.*, 2018) e instaurar a coordenação entre os departamentos funcionais internos e a integração com partes interessadas externas (Rossi *et al.*, 2016; Lockrey,

2015). Logo, o elemento *Gestão Organizacional* é retratado como um instrumento para apoiar a integração da sustentabilidade através do trabalho em conjunto e equilibrado de fatores tangíveis e intangíveis, internos e externos. Como ferramenta, a gestão organizacional deve ser capaz de identificar sinergias, envolver os participantes, eliminar resistências e barreiras.

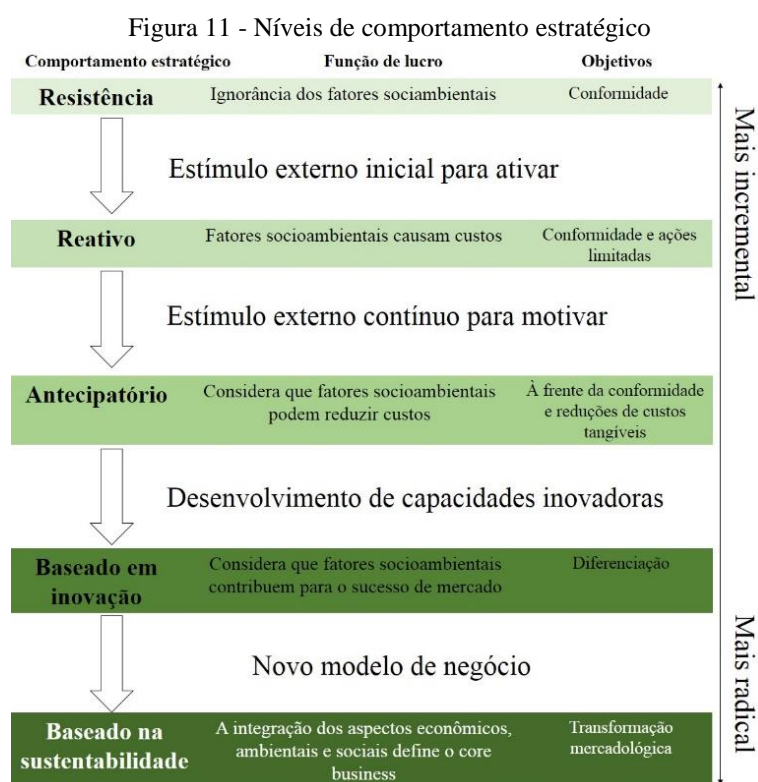
4.3 ELEMENTO 3: ESTRATÉGIA DE LONGO PRAZO

O elemento *Estratégia de longo prazo* refere-se à adição da sustentabilidade na visão de desenvolvimento de longo prazo para evitar que as ações realizadas em médio e curto prazo não impliquem em erros, ambiguidades e custos futuros. Ou seja, a estratégia pode ser usada para transformar o escopo das competências essenciais do negócio ao avançar para uma modificação tecnológica e sustentável (Felsberger *et al.*, 2020; Ghobakhloo, 2020; Godina *et al.*, 2020; Garcia-Muiña *et al.*, 2019; Brenner, 2018; Luthra e Mangla, 2018; Müller *et al.*, 2018). Devido a isso, Brones *et al.* (2017), Brook e Pagnanelli (2014) e Deif (2011) salientam que uma vez que as perspectivas de sustentabilidade exigem mudanças estratégicas no longo prazo, várias dimensões devem ser abordadas, incluindo conteúdo, contexto e processo. Para Pettigrew (2012), o conteúdo determina “o que” mudar porque está ligado ao contexto interno e externo da empresa. Por isso, o contexto determina o “porquê” mudar enquanto o processo determina o “como” mudar. Ainda, Brook and Pagnanelli (2014) expõem que a análise estratégica deve equilibrar as prioridades estratégicas relacionadas à sustentabilidade e não administrá-la como uma iniciativa separada dentro da empresa.

Hallstedt *et al.*, (2010) descrevem que a estratégia agregada à sustentabilidade deve estar integrada a visão da empresa para encontrar um equilíbrio razoável entre a velocidade, direção do avanço e preocupações com o retorno dos investimentos que são prováveis de progresso. Santolaria *et al.* (2011) identificou que há três categorias principais de estratégias ecológicas das empresas: inovação de processo, do produto ou serviço. Para as empresas desenvolvedoras de processos, as principais estratégias são o uso eficiente da tecnologia, reciclagem e minimização de resíduos enquanto as empresas desenvolvedoras de produtos são focadas na melhoria ambiental dos materiais (recicláveis, reciclados e materiais de baixo impacto ambiental) e menos em estratégias em outras fases do ciclo de vida. As empresas desenvolvedoras de serviços focam suas estratégias na coleta seletiva de recursos e na automação do escritório (impressão frente e verso, faturamento e publicidade por e-mail, etc).

Apresentando uma discussão entre níveis de maturidade para integrar a sustentabilidade à estratégia da empresas, Pigozzo *et al.*, (2013) expõem que as decisões estratégicas para a

implementação de abordagens ambientalmente sustentáveis são realizadas desde o momento em que a empresa decide aplicar o ecodesign com base em um direcionador estratégico, como legislação, requisitos de mercado e/ou melhoria de imagem (nível 1), até a posterior incorporação do ecodesign nos subseqüentes níveis de maturidade. A plena incorporação de questões ambientais nas estratégias corporativas, de negócios e de produtos da empresa (nível 5) implica a consideração efetiva da dimensão ambiental nas decisões estratégicas da empresa e em sua forma de pensar, fazer e comunicar seus negócios. Já Klewitz e Hansen (2014) identificaram uma taxonomia com 5 comportamentos de sustentabilidade estratégica, figura 11:



Fonte: adaptado de Klewitz e Hansen (2014).

Apesar da importância do elemento Dekoninck *et al.* (2016), Klewitz e Hansen (2014), Bratt *et al.* (2011), Santolaria *et al.* (2011) e Hallstedt *et al.* (2010) argumentam que é escasso o número de empresas no mundo que chegaram a esse estágio. Rodrigues *et al.* (2016) apontam que o principal desafio está relacionado com a compreensão de como o desenvolvimento de produtos pode ser estrategicamente avaliado e monitorado para a tomada de decisões ao longo do processo. Similarmente, Dekoninck *et al.* (2016) apontam os fatores que geram dificuldades: falta de elo entre a área que coordena os esforços de melhorias ambientais e a definição da estratégia corporativa; falta de endosso da alta administração expressa em termos de: falta de recursos e/ou baixa priorização de requisitos ambientais; fraco desenvolvimento e atualizações nas estratégias sustentáveis no longo prazo; e, dificuldades para identificar o elo motivador da

causa. Igualmente, Santolaria *et al.* (2011) encontraram 8 obstáculos para a execução do planejamento estratégico no longo prazo, do grau de dificuldade mais elevado ao menor, respectivamente: falta de aquisição de benefícios tangíveis, falta de comprometimento da gerência, investimentos de alto custo, desconhecimento da legislação, ausência de avaliação pelos consumidores, falta de treinamento dos gestores e dificuldades técnicas. Diante destas evidências, a próxima subseção descreve o conceito de planejamento estratégico.

4.3.1 Planejamento Estratégico

O Planejamento Estratégico (PE) proporciona meios para identificar a melhor escolha dentro do processo decisório, relacionando-se com os objetivos de longo prazo da empresa. Os objetivos estratégicos de longo prazo são traduzidos em planos táticos. O planejamento tático abrange variáveis como fatores mercadológicos, financeiros, produção, recursos humanos e organizacional a médio prazo para buscar o emprego eficiente dos recursos. Depois disso, o planejamento operacional executa os objetivos através das áreas funcionais como, por exemplo: pesquisa de mercado, planos de despesas, estoques, treinamento, comunicação, etc (Mintzberg e Quinn, 1996).

Conforme descreve Steiner (1969) o PE também pode ser estruturado por dimensões: função desempenhada (produção, novos produtos, marketing, etc); elementos (objetivos, estratégias, políticas, normas, etc); tempo do planejamento (curto, médio ou longo prazo); local onde o planejamento é formado (departamento) e as características do planejamento (complexidade *versus* simplicidade, qualidade ou quantidade, tipo do planejamento, etc). Ackoff (1975) também delinea o PE por 5 dimensões: planejamento dos fins (especificação do futuro desejado por meio de metas, valores, visão, entre outros); planejamento dos meios (esboço da trajetória para atingir o futuro desejado); planejamento organizacional (é a estruturação dos requisitos necessários para cumprir os meios); planejamento dos recursos (definição da origem e uso dos recursos tanto financeiros quanto humanos); planejamento da implementação e do controle (apoio e avaliação dos objetivos *versus* resultados).

Em síntese, Oliveira (2010) salienta que como um processo contínuo, o PE deve obter mais atenção do que o resultado final, pois a hierarquização contrária pode provocar planos inadequados e resistência. Por isso, o PE é um processo contínuo de tomadas de decisões que ocorre antes, durante e posteriormente a sua elaboração e implementação.

4.4 ELEMENTO 4: USO SISTEMÁTICO DE FERRAMENTAS DE PDP

O quarto elemento descreve que as ferramentas existentes para o PDP poderiam ser mais eficazes se usadas de maneira complementar e ordenada a fim de explorar e aprofundar as análises realizadas durante todo o processo. Brook e Pagnanelli (2014) e Hallstedt *et al.* (2013) pontuam que as ferramentas existentes contêm falhas e não são satisfatórias para orientar as mudanças necessárias no desenvolvimento de produtos sustentáveis. Neste viés, Brones *et al.* (2017) destaca que a sustentabilidade vista como uma “megatendência” faz com que as empresas apenas atualizem suas ferramentas tradicionais para tentar atender aos requisitos de sustentabilidade. Tal decisão na visão de Zetterlund *et al.* (2016), Brones *et al.* (2014) e Hallstedt *et al.* (2010) é um reflexo direto das deficiências quanto à capacidade de entender a sustentabilidade como fator central da empresa.

Segundo Dekoninck *et al.* (2016), este resultado é causado pelo foco restrito no desenvolvimento de novas ferramentas para apoiar o ecodesign, gerando dois problemas consecutivos: a abundância relativa de ferramentas que torna a seleção destas mais complicada e, em segundo momento, este constante foco em apresentar novas ferramentas prejudica a compreensão sobre como esta gama de ferramentas já existentes podem ser adotadas na prática industrial. Com base neste contexto, Hallstedt *et al.* (2010) destaca que poucos esforços foram feitos para estudar como o conjunto de ferramentas podem ajudar a disseminar os princípios de sustentabilidade dentro das organizações, em particular entre a alta administração.

Para Schöggel *et al.* (2017), essa incapacidade é também originada pela falta de avaliação quantitativa da sustentabilidade e necessidade de equipes multifuncionais. Em mesma linha, Hallstedt *et al.* (2013) complementam que é importante coordenar e integrar ferramentas para o desenvolvimento sustentável de produtos em uma perspectiva de longo prazo, considerando a escassez, a disponibilidade de recursos e a reciclabilidade do material. Pois, a capacidade de simulação das consequências das diferentes escolhas ao longo do ciclo de vida do produto é essencial para quantificar informações, avaliar as características socioecológicas e identificar como e o que otimizar. Logo, cabe ressaltar que esses benefícios podem ser potencializados dentro do paradigma da I4.0 devido a possibilidade de captura de dados gerados durante toda a vida do produto (Birkel e Müller, 2021; Mattera e Gava, 2021; Cui *et al.*, 2020).

Com atenção aos aspectos financeiros, Klewitz e Hansen (2014) salientam a relevância de mais pesquisas sobre como otimizar esses métodos para torná-los mais acessíveis às empresas com recursos limitados. Para Dekoninck *et al.* (2016), todas as dificuldades na categoria de ferramentas dizem respeito a: complexidade para integrar novas ferramentas ao

processo de desenvolvimento em execução; dificuldades para traduzir seus resultados e informá-los no processo de tomada de decisão; alto grau de especificações das ferramentas, recolhimento e compartilhamento de dados entre as ferramentas para uso em atividades de pós-design; dificuldades para realização de testes ou identificação da melhor abordagem para implementá-las; dificuldades para atingir a cultura e o comportamentos em prol do uso destes novos métodos e, exemplificar o retorno do investimento.

Quadro 9 - Barreiras ao uso integrado de ferramentas de PDP

Barreiras relacionadas a ferramentas	Estratégias
Recursos (tempo, econômico, pessoal)	
Tempo para realizar análises ambientais	Reorganização de tempo para treinar pessoal
Tempo para implementação de ferramentas no sistema da empresa	Bom nível de educação e treinamento fornecido ao pessoal
Tempo para manutenção	Estabelecimento de metas ambientais bem definidas
Tempo para sessões de treinamento	Abordar considerações ambientais como questões de negócios
Aquisição de licenças	Desenvolvimento de equipes multifuncionais
Percepção de alto custo para ferramentas	Apoio de especialistas ambientais nas atividades de design e desenvolvimento
Desconhecimento dos benefícios alcançáveis	Estabelecimento de bons contatos entre departamentos sobre questões ambientais
Alto custo para certificações / verificações	Identificação de papéis-chave
Falta de apoio financeiro acessível	
Necessidade de conhecimento	
Necessidade de dispor de uma equipe multifuncional	
Falta de compromisso de gestão	
Complexidade organizacional	
Falta de visão ambiental	
Instabilidade de gestão	
Falta de pessoal especializado	
Falta de cooperação entre departamentos	
Número alto e alta especificidade	
Alto número de ferramentas	Seleção de ferramentas adequadas para a empresa e objetivo do projeto
Alto número de ferramentas nas versões de protótipo	Uso de ferramentas customizadas
Ferramentas muito complexas e específicas	Uso de ferramentas integradas e simplificadas
Divergência das necessidades industriais reais e das ferramentas propostas pela pesquisa	Uso de ferramentas que consideram todo o ciclo de vida dos produtos
Grande quantidade de dados exigidos	Estabelecimento de uma relação estreita com os fornecedores
Dificuldade nas relações de compradores / fornecedores	
Dificuldade em obter dados detalhados dos fornecedores	
Dificuldade em recuperar dados de toda a cadeia de abastecimento	
Ausência de análise multiobjetivo	
Complexidade do processo de desenvolvimento de produto	Padronização e formalização do processo de desenvolvimento de produto
Falta de padronização no processo de desenvolvimento de produto	Consideração das questões ambientais no início do processo de design do produto
Falta de metas ambientais	Adoção de uma perspectiva de ciclo de vida
Falta de teste do produto	Avaliação, verificação, análises de todo o ciclo de vida do produto
Conflito em requisitos funcionais / ambientais	
Melhorar identificação de trade-off	
Identificação de questões ambientais críticas	

Fonte: adaptado de Rossi *et al.* (2016).

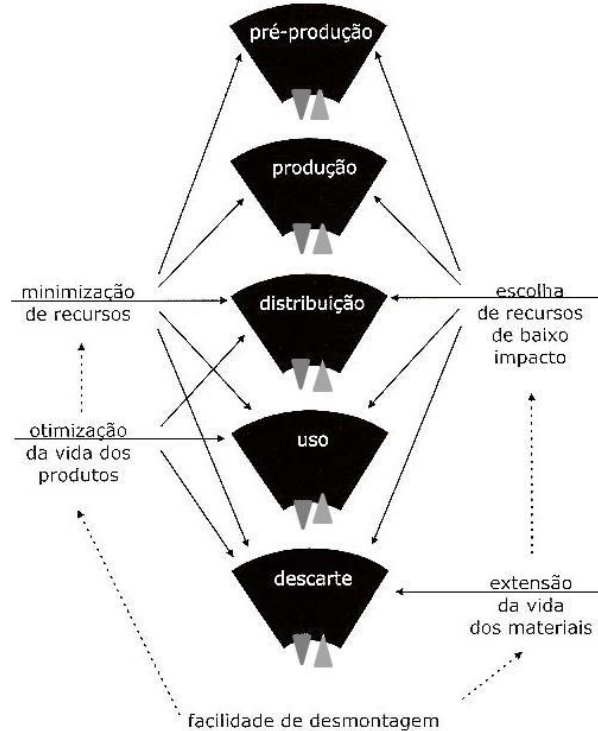
Para Rossi *et al.* (2016) alguns limites e fragilidades dessas ferramentas, tanto relacionadas à sua estrutura quanto à sua implementação, se resumem em barreiras de recursos, especificidades e ausência de análise de multiobjetivos (quadro 9). Em complemento, Lockrey (2015) descreve que por meio da implementação de ferramentas para avaliar o ciclo de vida, os departamentos de marketing têm a oportunidade de difundir a estratégia de marketing para

entender qual funcionalidade do produto é mais procurada pelos consumidores e, assim, avaliar se as ferramentas atuais são adequadas. Por outro lado, Hallstedt *et al.* (2013) e Santolaria *et al.* (2011) elencam a educação, colaboração, reutilização de experiências e um sistema de rotulagem ecológica como possíveis facilitadores.

Com outra perspectiva, Schöggel *et al.* (2017) sintetizam a classificação das ferramentas de acordo com a sua abordagem, sendo possível ser: qualitativa, semi-qualitativa e quantitativa. Rossi *et al.*, (2016) classificou as ferramentas com os seguintes critérios: nível de aplicabilidade da abordagem de ecodesign de acordo com o contexto no qual ocorre o desenvolvimento de produto; aspectos funcionais; etapa do processo de desenvolvimento e do ciclo de vida; características da ferramenta (qualitativas e quantitativas); suporte ao usuário; e, nível de integração nas empresas. Assim, para aprofundar esta discussão, as subseções na sequência abordam o PDP sustentável e a rotulagem de produtos verdes.

4.4.1 O Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) e o elo sustentável

Figura 12 – Estratégias do ciclo de vida.



Fonte: Manzini e Vezzoli, 2002.

O PDP é composto por atividades organizadas entre as fases de pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento (Rozenfeld *et al.*, 2006). Durante cada uma destas fases, informações podem ser coletadas com o escopo de construir um banco de dados sobre o ciclo de vida do produto para apoiar mudanças relevantes na tomada de decisão, no planejamento estratégico de longo prazo, na adaptação da estrutura organizacional e cultura de

negócio da empresa (Chehebe, 1998; Fleischer e Schmidt, 1997). Por este motivo, a importância da abordagem do ciclo vida do produto junto com PDP é identificar e mostrar as vantagens competitivas e oportunidades de inovação. Neste prisma, os autores Manzini e Vezzoli (2002) e Vezzoli (2010), elencam 5 estratégias para melhoria: (1) minimizar o uso de recursos, (2) selecionar recursos e processos de baixo impacto ambiental, (3) otimizar a vida dos produtos, (4) estender a vida dos materiais que podem ser reprocessados a fim de obter novas matérias-primas; e, (5) facilitar a desmontagem. Conforme descrevem os autores, os elos entre as fases do PDP e essas estratégias de melhorias orientadas à sustentabilidade podem ser observados pela figura 12.

4.4.2 O Produto Sustentável

O produto sustentável, também referenciado como produto verde, pode ser definido como aquele cuja concepção é oriunda de decisões e ações com o objetivo de proteger ou beneficiar o ambiente natural, reduzindo a poluição e o desperdício (Leonidou, *et al.*, 2013; Dias, 2011; Danjelico e Pujari 2010; Ottman *et al.*, 2006). Para Luttrupp e Lagerstedt (2006), o produto verde também é aquele que tem o uso mínimo de elementos de união. Na perspectiva de Schmidheiny (1992), o produto verde deve diminuir o peso ou volume por meio da produção de produtos concentrados e da combinação de funções. Já Simon (1992) complementa enfatizando que o produto verde deve minimizar ou não usar embalagem; prolongar a vida útil sempre que possível e, ser planejado com um sistema de desmontagem que considere a coleta pós-consumo e a capacidade de remanufatura. Desta forma, a ecologização de um produto ocorre ao longo de todo o seu ciclo de vida (Kumar e Ghodeswar, 2015; Laville, 2009).

Além disso, o produto verde pode ser identificado de acordo com sua tipologia relacionada às suas características. Manzini e Vezzoli (2002) descrevem os bens de consumo em duas categorias (monouso - multiuso) com duas subcategorias em cada. Na categoria bens de consumo (monouso) há as subcategorias:

- ***Bens de consumo consumidos durante o uso:*** são produtos perecíveis consumidos rapidamente como, por exemplo: comida e produtos de higiene. Nesta categoria, as estratégias mais importantes concentram-se na minimização do consumo dos recursos e na escolha dos recursos de baixo impacto ambiental;

- ***Bens de consumo que podem ser reciclados, reutilizados ou substituídos:*** são produtos que perdem sua utilidade rapidamente, porém continuam com seus componentes/matéria-prima em condição de uso como, por exemplo, embalagens. Portanto, são

produtos com maior geração de impactos na fase de produção e eliminação. Assim, a estratégia mais útil é aumentar a vida dessa categoria de produtos.

Na categoria – Bens de consumo (multiuso) há as subcategorias:

- ***Bens duráveis que requerem pouco ou nenhum recurso durante a fase de uso e manutenção:*** estes geram impactos nas fases de pré-produção, produção, distribuição e descarte como, por exemplo, bicicletas, itens decorativos, etc. Assim, é prioritário minimizar o consumo e o impacto dos recursos nas atividades produtivas e de distribuição. Os impactos na fase de descarte podem ser minimizados através da extensão da vida dos materiais e/ou dos produtos;

- ***Bens duráveis que precisam de recursos para seu uso e manutenção:*** são produtos que causam impactos em todas as fases do ciclo de vida como, por exemplo, roupas, automóveis, etc. Logo, as estratégias devem ser planejadas conforme as particularidades destes.

Similarmente a Manizi e Vezzoli (2002), Löbach (2001) classifica os produtos relacionando-os com as suas funções durante o ciclo de consumo. Para o autor, há quatro tipos de produtos:

- ***Produtos de consumo (aqueles que deixam de existir após seu uso):*** são produtos que satisfazem uma necessidade fundamental e que por si só não são diferenciáveis entre marcas, por isso a configuração das embalagens pode influenciar diretamente a decisão de compra do consumidor. São exemplos desta categoria: alimentos, produtos de higiene, etc.

- ***Produtos de Uso 1 (uso individual):*** trata de produtos industriais usados exclusivamente por uma pessoa, quase sempre submetidos a mudanças de aparência, que não se relaciona com sua funcionalidade. Isto se manifesta especialmente em produtos de pequena complexidade técnica e em produtos de baixo custo de produção. São exemplos desta categoria: vestuário, calçado, etc.

- ***Produtos de Uso 2 (para uso de determinados grupos de pessoas):*** o uso coletivo é devido ao fator econômico e ao favorecimento das relações. São exemplos desta categoria: carros, motocicletas, eletrodomésticos, mobiliário, etc.

- ***Produtos de Uso 3 (uso indireto):*** nesta denominação são incluídos produtos industriais que permanecem ocultos porque não são utilizados diretamente pelos consumidores. Esses produtos têm primeiramente uma função prática, e na maioria das vezes, são partes de um projeto mais amplo. São exemplos desta categoria: turbinas de geração de energia elétrica, transformadores, rolamentos de máquinas, etc.

Contudo, essas categorizações dos produtos ainda são consideradas ineficientes e ambíguas em relação à classificação de um produto como sendo sustentável (Berchicci e Bodewes, 2005; Kleindorfer *et al.*, 2005; Baumann *et al.*, 2002). Isso levou à introdução da rotulagem ambiental (Lockrey, 2015; Hartmann e Ibáñez, 2006), que constituem uma fonte de informação objetiva aos consumidores (Dias, 2011). Logo, os selos verdes devem ser: (1) verificáveis a qualquer momento para se evitar fraudes; (2) concedidos por organizações independentes; (3) recorrer à ciência como método de verificação das condições ecológicas; (4) levar em consideração o ciclo de vida completo do produto ou serviço; (5) estimular a melhoria do produto ou serviço e (6) não devem criar barreiras comerciais (Dias, 2011). Com estes argumentos, a necessidade de novas abordagem se mostra ainda mais robusta e nítida.

4.5 ELEMENTO 5: INOVAÇÃO

A inovação é um ponto de intervenção crucial na transformação da sociedade para a sustentabilidade (Klewitz e Hansen, 2014; Pigosso *et al.*, 2013). Seguindo a tradição, o processo de inovação na I4.0 também é guiado pelos requerimentos dos consumidores (Sjödín *et al.*, 2018; Arnold *et al.*, 2016). Diante disso, Hallstedt *et al.* (2013) salientam que a ecoinovação precisa ser capaz de influenciar o modo de uso do produto. Ao passo que Klewitz e Hansen (2014), explicam que as ecoinovações representam direcionamentos para a implementação de um produto novo ou significativamente melhorado que são benéficos para o meio ambiente. Neste sentido, Brones *et al.* (2017) complementam que as ecoinovações precisam ser difundidas com sucesso no mercado para obter um impacto econômico positivo. Conseqüentemente, a inovação deve ser estendida para gerar novas estruturas organizacionais, vantagens competitivas ou modelos de negócios (Micieta *et al.*, 2019; Santolaria *et al.*, 2011). Por este motivo, o elo entre a inovação e o modelo de negócio para inserir requisitos de sustentabilidade no contexto da I4.0 pode ser duplo: (1) os próprio modelos de negócios podem ser veículos de inovação para unir o desenvolvimento de produtos às tecnologias inovadoras de produção; e (2) a adequação periódica às novas oportunidades emergentes do mercado pode servir de fonte para a inovação do modelo de negócio (Ghobakhloo, 2020; Bal e Badurdeen, 2019; Tirabeni *et al.*, 2019; Brenner, 2018; Müller *et al.*, 2018).

Além disso, as ecoinovações podem ser distinguidas em inovações radicais e incrementais. As inovações radicais influenciam mais o desenvolvimento sustentável industrial, pois seu resultado não se semelha a prática vigente. Em contraponto, ecoinovações incrementais ocorrem de forma contínua visando ações reativas ao mercado, ou seja, melhorias adaptativas

com pouco potencial de diferenciação (Dangelico *et al.*, 2017; Klewitz e Hansen, 2014). Esta característica dasecoinovações incrementais as tornam mais frequentes em comparação com as radicais. Dekoninck *et al.* (2016) e Hallstedt *et al.* (2013) justificam este fato pela dificuldade que algumas empresas enfrentam quando muitos aspectos internos e externos são abordados simultaneamente, tornando a mudança um processo lento e tardio. Inovações radicais demandam também maior integração ao longo da cadeia de abastecimento, ou seja, atores externos, pois muitas empresas são dependentes de outras para controlar melhor os impactos gerados (Lardo *et al.*, 2020; Dangelico *et al.*, 2017; Dekoninck *et al.*, 2016; Klewitz e Hansen, 2014; Hallstedt *et al.*, 2013) e conseguir agregar novos valores (Godina *et al.*, 2020; Oláh *et al.*, 2020; Garcia-Muiña *et al.*, 2019; Garcia-Muiña *et al.*, 2018). Como um efeito indireto, controlar melhor os impactos gerados pelos fornecedores pode resultar em produtos mais eficientes, incluindo custos de desenvolvimento reduzidos, maior qualidade e menor tempo para o mercado (Birkel e Müller, 2021; Díaz-Chao *et al.*, 2021; Santolaria *et al.*, 2011; Hallstedt *et al.*, 2013).

Com base nisto, Klewitz e Hansen (2014) classificam as inovações em: inovações de processos, inovações de produto e inovações organizacionais. As inovações de processo referem-se à produção de bens e serviços com o objetivo de aumentar a ecoeficiência. As inovações organizacionais implicam a reorganização de rotinas e estruturas dentro da empresa e novas formas de gestão para o redesenho do próprio processo de inovação da empresa. E, as inovações de produto são melhorias ou desenvolvimentos de produtos e serviços novos a fim de melhorar o desempenho de sustentabilidade. Segundo os autores, essas três categorias apresentam um grau considerável de interação. Os esforços de inovação inicialmente voltados para a melhoria de processos podem levar a inovações de produtos em uma segunda etapa. Assim como, as inovações organizacionais também interagem com as inovações de processo, facilitando o uso de ferramentas.

Similarmente, Brook e Pagnanelli (2014) distinguem as inovações sustentáveis em relação ao grau de mudança no produto, na tecnologia ou mercado, classificando-as em três tipos de projetos: projetos revolucionários, projetos de plataforma e projetos derivados. Os projetos revolucionários consistem na aplicação de conhecimentos disruptivos com o potencial de levar a novos mercados e novos fluxos de receita a longo prazo, ou seja, inovações radicais. Projetos de plataforma baseiam-se em ideias e conhecimentos existentes para aprimorar e expandir os negócios existentes a curto e médio prazo, ou seja, inovações incrementais. Os projetos derivados também são baseados em inovações incrementais por meio do

reaproveitamento do conhecimento existente para atingir objetivos de negócios de curto prazo, porém seu escopo é mais restrito e específico.

Embora seja observado por poucos autores, outro ponto importante para o desenvolvimento de inovações sustentáveis, sejam estas incrementais ou radicais, é a adequação a legislações (Klewitz e Hansen, 2014; Santolaria *et al.*, 2011; Hallstedt *et al.*, 2013). Leis mundiais para regulamentar as ecoinovações no contexto de avanços tecnológicos da I4.0 ainda são escassas (Shayganmehr *et al.*, 2021; Esmailian *et al.*, 2020; Machado *et al.*, 2020). O fomento de tal adequação pode funcionar como modelo regulador para o uso de dados sensíveis sobre licenças e novas técnicas (Shayganmehr *et al.*, 2021). Isso ilustra que problemas deste tópico podem ser muito complexos (Shayganmehr *et al.*, 2021; Godina *et al.*, 2020) haja vista que as empresas inseridas na quarta revolução industrial são responsáveis não apenas pela segurança de seus dados, mas também pela segurança dos dados de seus parceiros (Esmailian *et al.*, 2020; Müller *et al.*, 2018; Kiel *et al.*, 2017; Lin *et al.*, 2017). Assim, questões legais sobre privacidade de dados e questões de segurança devem ser consideradas ao adotar novos procedimentos e ideias tecnológicas no desenvolvimento de modelos de negócios sustentáveis no contexto da I4.0 (Godina *et al.*, 2020; Birkel *et al.*, 2019; Tirabeni *et al.*, 2019; Luthra e Mangla, 2018). Sendo necessário um amplo diálogo entre empresas, entidades políticas, comunidades de pesquisa e sociedade para regular os direitos de propriedade intelectual (Shayganmehr *et al.*, 2021; Birkel e Müller, 2021).

Em mesma linha, outros autores pontuam que o pequeno número de ecoinovação (Hallstedt *et al.*, 2013; Schöggel *et al.*, 2017), enfatiza a lacuna existente na literatura sobre a falta de uma estrutura teórica a partir de uma perspectiva de capacidades (Martín *et al.*, 2021; Dangelico *et al.*, 2017; Gerlitz, 2016), recursos humanos (Santolaria *et al.*, 2011; Hallstedt *et al.*, 2013; Klewitz e Hansen, 2014), aprendizagem (Klewitz e Hansen, 2014; Schöggel *et al.*, 2017), e análise estratégica (Brook e Pagnanelli, 2014; Brones *et al.*, 2014). Logo, é essencial compreender que a sustentabilidade não promove retrocessos, mas sim a inovação. Em essência, a dinâmica da I4.0 projeta cadeias de valor para vincular a inovação sustentável em toda a cadeia de manufatura com o arranjo estratégico para construir recursos e capacidades ágeis, flexíveis e singulares (Bonilla *et al.*, 2018; Prause e Atari, 2017; Arnold *et al.*, 2016; Prause, 2015).

4.6 ELEMENTO 6: ORIENTAÇÃO PARA O MERCADO

O elemento *Orientação para o Mercado* referem-se a influência que o significado da sustentabilidade tem sobre o estabelecimento da visão de mercado da empresa, pois dependendo da abordagem, novos mercados podem surgir (Rodrigues *et al.*, 2016; Rossi *et al.*, 2016; Lockrey, 2015; Brook e Pagnanelli, 2014). Por esta nova trajetória, as empresas com mais chances de dominar o mercado serão as que desenvolvem negócios pioneiros (Brones *et al.*, 2017). O pioneirismo rumo a sustentabilidade no contexto da I4.0 onde o mundo físico e o digital são reunidos reflete na elevação da competitividade, produtividade e no crescimento das margens de lucro (Díaz-Chao *et al.*, 2021; Martín *et al.*, 2021; Birkel e Müller, 2021; Felsberger *et al.*, 2020; García-Muiña *et al.*, 2020; Jabbour *et al.*, 2020; Micieta *et al.*, 2019; Oláh *et al.*, 2020; Bonilla *et al.*, 2018; Bressanelli *et al.*, 2018^{a, b}; Garcia-Muiña *et al.*, 2018; Nagy *et al.*, 2018; Gerlitz, 2016).

Para Kiel *et al.* (2017) os principais benefícios da I4.0 para o fator competitividade são: (1) aumentar a proteção das participações de mercado, (2) manter a posição da empresa no mercado, (3) permitir a inovação para apoiar a diferenciação, (4) reformular os limites da indústria, e (5) cria novas indústrias. Para Shayganmehr *et al.* (2021), Müller e Voigt (2018) e Müller *et al.* (2018) novas e contemporâneas lógicas de negócios que se baseiam na plataforma de dados preparam as empresas para desafios competitivos de forma mais sustentável. Idem, Prause (2015) concorda que as estruturas de informação fractal abrem novas oportunidades de negócios para aquisição de reputação, cujos resultados elevam o poder da competição. Já Esmaeilian *et al.* (2020) indicam que os sistemas de manufatura inteligentes devem considerar os 3S' (inteligente, sustentabilidade e segurança) para serem competitivos no longo prazo. Por esta razão, a manufatura verde deve ser considerada como uma oportunidade de expandir a participação no mercado local e global (Deif, 2011). Ghobakhloo (2020) e Machado *et al.* (2020) descrevem que quanto mais tecnológico for o processo produtivo, melhores e mais competitivos espaços de mercado as empresas alcançaram. Neste sentido, Schöggl *et al.* (2017) destacam que é importante traçar conexões entre os processos de desenvolvimento de produtos e os processos de negócios para otimizar o desempenho sustentável dos produtos.

Para tanto, Dangelico *et al.* (2017) e Lockrey (2015) argumentam que mesmo que a orientação de mercado seja baseada em avanços na produção ou tecnológicos, os departamentos de marketing têm um papel importante para a sustentabilidade ao olhar primeiramente o ambiente organizacional onde as estratégias para os departamentos funcionais são desenvolvidas. Consequentemente, as estratégias de marketing para a sustentabilidade podem

reforçar: a posição da marca no mercado, a participação de mercado, a introdução de novos produtos, a agilidade em responder mudanças, a alteração do direcionamento estratégico da empresa e, consecutivamente, a imagem da empresa (BROOK e PAGNANELLI, 2014). Ainda assim, Rossi *et al.* (2016) elencam alguns fatores facilitadores e outros que geram barreiras à esta conexão:

Quadro 10 - Orientação ao mercado

Mercado e cliente	
Barreiras	Facilitadores
Dificuldade na identificação das vantagens / desvantagens relacionadas com melhorias sustentáveis em produtos	Pesquisa de mercado para entender as necessidades dos clientes
Alta competitividade	Pesquisa de mercado para entender os perfis ambientais dos produtos dos concorrentes
Falta de estudos de marketing	Adoção de uma perspectiva de modelo de negócios
Falta de envolvimento dos departamentos de vendas e marketing	Pesquisa de marketing
Os benefícios são intangíveis	Envolvimento dos departamentos que têm contato com os clientes
Dificuldade em interpretar a percepção do cliente	

Fonte: adaptado de Rossi et al (2016).

4.7 ELEMENTO 7: NEGÓCIOS TÁTICOS DE CURTO PRAZO

Ao contrário do elemento *Estratégia de longo prazo*, o elemento *Negócios táticos de curto prazo* refere-se a rentabilidade fundamental para manter a empresa em funcionamento e continuar gerando os recursos necessários para investimentos futuros (Brones *et al.*, 2017; Brook e Pagnanelli, 2014; Hallstedt *et al.*, 2010). Além de incluir também um conjunto de medidas para avaliar a criação de valor de uma empresa no curto prazo (Munsamy e Telukdarie, 2018; Rodrigues *et al.*, 2016). Deste modo, Brook e Pagnanelli (2014) explicam que quando se trata de investir em projetos de inovação orientados para a sustentabilidade, os executivos tender a serem relutantes porque a ênfase destes projetos é colocada em oportunidades de longo prazo com base em tendências, sem responder como a inovação pode ajudar a melhorar o desempenho da empresa também no curto prazo. Ou seja, desenvolver melhorias para tornar uma empresa e seus resultados mais sustentáveis também precisa prestar atenção à questão sobre como equilibrar o investimento e fortalecer a competitividade tanto no longo quanto no curto prazo. Isso pode ser um fator utilizado para incentivar mais empresas a integrarem a sustentabilidade em suas rotinas. Klewitz e Hansen (2014) argumentam que formar parceiras também é um meio de evitar a relutância e colher benefícios no curto prazo. Na visão de Hallstedt (2017) e Brones *et al.* (2014), incluir o ecodesign pode ajudar a evitar tal relutância em projetos de curto prazo. Em mais, Hallstedt (2017) identifica que a perspectiva de curto prazo é relevante tanto no agora quanto no futuro, pois projetos de curto prazo podem ser

implementados em situações emergenciais para verificar se uma decisão tomada no processo inicial de inovação de um produto deve ser continuada, mudada ou parada a fim de evitar riscos.

4.8 ELEMENTO 8: CONHECIMENTO COMPARTILHADO

A qualificações da força de trabalho torna-se essencial em virtude do melhor uso das tecnologias oriundas da I4.0 e da evolução dos princípios éticos da responsabilidade social corporativa (Díaz-Chao *et al.*, 2021; Shayganmehr *et al.*, 2021; Felsberger *et al.*, 2020; Ghobakhloo, 2020; Jabbour *et al.*, 2020; Lardo *et al.*, 2020; Braccini e Margherita, 2018; Cottey, 2018; Arnold *et al.*, 2016). Os avanços na forma como o trabalho é feito pode apoiar o aprendizado contínuo entre os funcionários, bem como possibilitar maior flexibilidade no modo como as pessoas exercem suas atividades (Birkel e Muller, 2021; Enyoghasi e Badurdeen, 2021; Stock *et al.*, 2018). Por essa razão, o elemento *Conhecimento Compartilhado* concentra-se em promover a colaboração multifuncional para resolver problemas com diferentes habilidades e impulsionar a reconfiguração da estrutura organizacional. Entretanto, como obter e reconhecer o conhecimento correto à integração da sustentabilidade ainda é um desafio (Dekoninck *et al.*, 2016; Rossi *et al.*, 2016; Santolaria *et al.*, 2011).

Segundo os dados obtidos por Santolaria *et al.* (2011), uma parcela significativa de agentes envolvidos de algum modo no desenvolvimento de produtos pode não compreender o que significa o termo ecodesign. Devido a isso, Hallstedt *et al.* (2010) salienta que soluções sustentáveis devem ser baseadas no conhecimento científico. Assim como, construir uma plataforma tecnológica com um sistema que permita acompanhar e reutilizar o conhecimento desenvolvido no campo da sustentabilidade em projetos futuros como uma forma de aumentar a eficiência da integração das empresas à causa.

Neste sentido, Shayganmehr *et al.* (2021) aponta que uma grande coleta de dados ajuda a tomar uma decisão mais sábia e precisa devido ao melhor entendimento de todas as situações. Em mesma linha, Bratt *et al.* (2011) descreve que tal sistema de informações deve se tornar um instrumento amplamente difundido com o objetivo de alocar o conhecimento sobre os impactos de produtos e serviços de modo coerente uma vez que, na maioria dos casos, tal sabedoria é aplicada de forma assimétrica entre compradores e produtores. Nessa perspectiva, ainda é necessário desenvolver *softwares* e técnicas de mineração de dados afim de extrair informações úteis para identificar padrões, fazer previsões e tomar decisões críticas (Birkel e Müller, 2021; Esmaelilian *et al.*, 2020; Sartal *et al.*, 2020; Bressanelli *et al.*, 2018^{ab}). Logo, o uso de um conhecimento comum entre departamentos, incluindo atores externos da cadeia de valor, pode

ser considerado como a chave do sucesso, pois promover o diálogo entre especialistas e os participantes é se beneficiar de diferentes perspectivas, dados e conhecimentos (Schöggl *et al.*, 2017; Dekoninck *et al.*, 2016; Lockrey, 2015; Klewitz e Hansen, 2014; Hallstedt *et al.*, 2013).

Em mais, devido ao aumento da complexidade nos sistemas de manufatura, o papel da força de trabalho muda de operadores para solucionadores de problemas. Nesse sentido, o maior controle dos trabalhadores sobre as tarefas que executam permitirá que eles se auto-organizem para ajudar uns aos outros ou sugerir como mudar o ritmo ou outros aspectos do processo produtivo (Margherita e Braccini, 2020). Isso exigirá que as organizações invistam em talentos e forneçam qualificação contínua de seus funcionários para que possam projetar, desenvolver, acelerar e lançar soluções tecnológicas sustentáveis (Felsberger *et al.*, 2020; Lardo *et al.*, 2020). Tirabeni *et al.* (2019) completa que a I4.0 transformará a cultura de um trabalhador predominantemente controlado para uma cultura de trabalhadores de tomada de decisão participativa baseada na comunicação. Essa nova mentalidade exige uma lógica de negócios reconstrucionista, na qual os CEOs devem garantir que a empresa tenha o tipo certo de comunicação. Isso significa que as pessoas certas devem ter o poder de agir e intervir corretamente, permitindo a transição da tomada de decisão baseada na experiência para o desempenho baseado em dados. Assim, no contexto da I4.0 os trabalhadores do nível operacional passarão de agentes passivos para trabalhadores do conhecimento com novos papéis e responsabilidades (Tirabeni *et al.*, 2019; Arnold *et al.*, 2016).

A transformação da função dos colaboradores também reflete na criação de novos empregos, pois a demanda por diferentes habilidades enfatiza a necessidade de formação superior para otimizar a interação homem-máquina (Birkel e Müller, 2021; Enyoghasi e Badurdeen, 2021; Felsberger *et al.*, 2020; Godina *et al.*, 2020; Oláh *et al.*, 2020; Tirabeni *et al.*, 2019; Braccini e Margherita, 2018; Kiel *et al.*, 2017). Em contraste, alguns estudos veem o progresso estimulado pela I4.0 como um risco de perda de emprego e o aumento da competição entre os trabalhadores diante da automatização (Birkel e Müller, 2021; Ghobakhloo, 2020; Godina *et al.*, 2020; Margherita e Braccini, 2020; Tirabeni *et al.*, 2019; Garcia-Muiña *et al.*, 2018; Müller e Voigt, 2018; Stock *et al.*, 2018). Outro ponto de controvérsia nesse novo paradigma é que, para alguns, a força de trabalho pode ser interpretada como um custo organizacional devido a mudanças nos papéis humanos para lidar apenas com avarias de máquinas e imprevistos (Margherita e Braccini, 2020).

Este elemento também se refere ao conhecimento para saber combinar o uso de ferramentas e interpretar os resultados das avaliações sobre as consequências ambientais dos componentes do produto e processos relacionados (Rossi *et al.*, 2016; Hallstedt *et al.*, 2013).

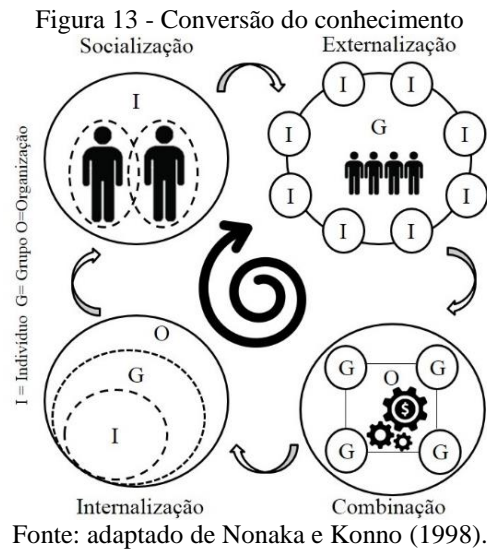
Segundo Dekoninck *et al.* (2016), embora a literatura apresente conhecimentos sobre a implementação do ecodesign, existem pelo menos duas áreas-chave que não foram suficientemente estudadas: (1) identificar quais são os desafios enfrentados pelas empresas que estão implementando o ecodesign e (2) relatar as experiências de empresas com um histórico significativo de implementação de ecodesign para construir dados sobre os impactos ambientais dos materiais e componentes de um produto. Isso poderá facilitar o processo e incentivar empresas que não possuem o conhecimento ambiental necessário. Nas palavras dos autores, existem 3 maneiras para adquirir o conhecimento e a experiência ambiental: integrar ao projeto um novo especialista, desenvolver conhecimentos especializados a quem já faz parte da equipe ou utilizar novas ferramentas e métodos em uma gama mais ampla da equipe. Ou seja, a empresa deve contar com uma equipe multifuncional que garanta a sensibilização e compreensão dos problemas com diferentes competências e conhecimentos (Rossi *et al.*, 2016). Logo, a importância do conhecimento é ser capaz de compreender a complexidade da mudança e os atores da cadeia produtiva atingidos por ela. Em suma, todos os desafios na categoria de conhecimento dizem respeito a coleta e compartilhamento de informações, conhecimentos e experiências para a implementação da sustentabilidade. Em vista disso, a subseção a seguir irá explorar a gestão do conhecimento em mais detalhes.

4.8.1 Gestão do Conhecimento para a Sustentabilidade

Na era da 4ª Revolução Industrial, uma das barreiras mais consistentes à sustentabilidade são dados insuficientes que permitam a extração de conhecimentos. Por isso, o conhecimento tornou-se um recurso econômico muitas vezes mais valioso do que a própria matéria-prima (Escrivão e Nagano, 2011). De acordo com Nonaka e Konno (1998), há quatro maneiras de converter informações em conhecimentos: socialização, externalização, combinação e internalização (figura 13). A socialização gera o conhecimento pelo compartilhamento de experiências entre indivíduos. A externalização é um processo de criação de conhecimentos por meio do diálogo e da reflexão coletiva, gerando o conhecimento conceitual. A combinação é um processo de sistematização no qual os conceitos são mesclados com o intuito de gerar o conhecimento sistemático. Por fim, a internalização incorpora o novo conhecimento na organização por meio do aprendizado, originando o conhecimento operacional.

Para Doppelt e McDonough (2003), todo aprendizado começa no nível individual porque somente quando os indivíduos aumentam sua compreensão para alcançar a

sustentabilidade, a equipe ou as organizações podem aprender continuamente e não como um evento especial. Para os autores, os indivíduos aprendem melhor por meio de: experiências, aprendizagem com colegas de trabalho, aprendizagem assistida, atribuições especiais em projetos e treinamento.



A aprendizagem em equipe ocorre por meio de uma combinação de prática e reflexão. Por meio desse processo, os membros desenvolvem confiança. À medida que a confiança aumenta, as pessoas se sentem mais abertas para compartilhar suas ideias e percepções. Isso melhora a qualidade do pensamento e por consequência leva a um planejamento melhor, que leva a projetos melhores e resultados superiores. Assim, o aprendizado bem-sucedido da equipe cria um ciclo de feedback positivo que melhora toda a organização. Por fim, a aprendizagem organizacional inclui sistemas, estruturas, políticas e procedimentos de uma organização para que as pessoas aprendam o que é aceitável, esperado e recompensado, ou seja, a aprendizagem organizacional envolve fatores culturais, como a transmissão de crenças, valores e suposições comuns entre os membros do grupo (Doppelt e McDonough, 2003). Tais fatores podem ser visto como facilitadores a inclusão da sustentabilidade.

4.9 ELEMENTO 9: INTEGRAÇÃO DE PARTES INTERESSADAS

O elemento *Integração de Partes Interessadas* reforça a importância de processos para mapear o envolvimento de todas as partes interessadas para manter todos em prol de objetivos comuns (Dekoninck *et al.*, 2016; Bratt *et al.*, 2011; Hallstedt *et al.*, 2010). Dangelico *et al.* (2017) e Lockrey (2015) explicam que o relacionamento entre empresa e partes interessadas se resume em pressões para evitar a geração de impactos negativos no meio ambiente. Rodrigues *et al.* (2016) descreve que a vertente econômica compreende um conjunto de medidas para

avaliar a criação de valor por uma empresa à seus interessados, enquanto que a vertente social visa influenciar positivamente as relações com as partes interessadas.

Podem ser considerados como partes interessadas todo e qualquer grupo/indivíduo afetado ou interessado pelos resultados das atividades de uma organização (Rodrigues *et al.*, 2016). Estas podem ser distinguidos entre partes interessadas internas e externas. Interessados internos diz respeito à qualquer pessoa que possui de alguma forma ligação formal com a empresa, incluindo: funcionários, gestores, proprietários e acionistas. Em oposto, os interessados externos diz respeito à qualquer pessoa que não possui ligações formais com a empresa, mas é afetada diretamente por seus resultados, como: clientes, entidades legais e governamentais, ONGs, concorrentes. No geral, a inclusão das partes interessadas nos processos é limitada uma vez que os interessados externos não possuem total acesso a tomada de decisão, causando ineficiências para a mitigação de impactos (Lockrey, 2015; Bratt *et al.*, 2011).

A integração das partes interessadas para a sustentabilidade exige que o desenvolvimento de produtos ocorra em uma abordagem participativa e mais transparente, incluindo a cadeia de abastecimento (Shayganmehr *et al.*, 2021; Dekoninck *et al.*, 2016; Rossi *et al.*, 2016; Bratt *et al.*, 2011). O relacionamento próximo com os principais parceiros em toda a cadeia de suprimentos aumenta o nível de compartilhamento de informações em toda a cadeia de suprimentos, torna seus dados mais consistentes e transparentes por meio da coleta de novos tipos de dados e da interconexão vertical de diferentes empresas em tempo real (Birkel e Müller, 2021; Esmaeilian *et al.*, 2020; Felsberger *et al.*, 2020). Além disso, a interação com parceiros da cadeia de abastecimento pode facilitar o desenvolvimento de inovações radicais (Dangelico *et al.*, 2017; Lockrey, 2015; Klewitz e Hansen, 2014). Porém, conforme Dekoninck *et al.* (2016) aponta, mudar o tipo de interação na cadeia de abastecimento é para muitas empresas um desafio porque há dificuldades para identificar os fornecedores certos e garantir que eles estejam dispostos a se envolver em uma colaboração real neste tópico. Rossi *et al.* (2016) também apresenta argumentos similares.

4.10 ELEMENTO 10: AMPLIAÇÃO DE PRODUTOS/SERVIÇOS

A nova forma de desenvolver produtos pode aumentar o valor percebido (Andronie *et al.*, 2021; Jabbour *et al.*, 2020). O novo valor pode aumentar os volumes de vendas a longo prazo, ajudando a desenvolver e fortalecer os valores da empresa e a cultura corporativa (Godina *et al.*, 2020; Jabbour *et al.*, 2020; Sartal *et al.*, 2020; Müller *et al.*, 2018; de Man e

Strandhagen, 2017; Kiel *et al.*, 2017). Por isso, a cadeia de valor é um dos componentes mais influenciados na revolução I4.0 para implementar melhorias sustentáveis (Mattera e Gava, 2021; Esmailian *et al.*, 2020; García-Muiña *et al.*, 2020; Lardo *et al.*, 2020; Oláh *et al.*, 2020; García-Muiña *et al.*, 2019; García-Muiña *et al.*, 2018; Bonilla *et al.*, 2018; Arnold *et al.*, 2016; Prause, 2015).

Neste viés, o elemento *Ampliação de Produtos/Serviços* refere-se à extensão da abordagem de sustentabilidade a todos os produtos/serviços que a empresa oferece com o intuito de tornar o percentual do esforço de integração da sustentabilidade mais expressivo e significativo. Tal elevação por sua vez seria traduzida no aumento do valor percebido. Para explorar tal vantagem, as empresas devem organizar suas redes para garantir que as informações corretas estejam disponíveis para os usuários-alvo (Birkel *et al.*, 2019; Tirabeni *et al.*, 2019). Consequentemente, a cadeia de valor deve ter colaboração entre múltiplos atores (Lardo *et al.*, 2020; Brenner, 2018).

Nessa linha, a ampliação de produtos e serviços que atendem os requisitos sustentáveis dos consumidores permite também a transição de ofertas de produtos para ofertas de sistemas com maior customização em termos de soluções híbridas de produtos/serviços (Godina *et al.*, 2020; Jabbour *et al.*, 2020; de Man e Strandhagen, 2017; Kiel *et al.*, 2017; Strandhagen *et al.*, 2017). Logo, vender funcionalidade em vez de produtos tangíveis desenvolve processos e capacidades com valor maior para mais pessoas com menor consumo de recursos (Esmailian *et al.*, 2020; Jabbour *et al.*, 2020; Lardo *et al.*, 2020; Kohtamäki *et al.*, 2019; Stock *et al.*, 2018). Além disso, a cadeia de valor virtual de produto-serviço possibilita a captura de informações que podem facilitar a avaliação por sistemas de monitoramento com critérios igualitários (Rodrigues *et al.*, 2016; Rossi *et al.*, 2016; Bratt *et al.*, 2011) e vincular a oferta de serviços de suporte contínuo aos produtos (Martín *et al.*, 2021; Kohtamäki *et al.*, 2019; Bonilla *et al.*, 2018; Nagy *et al.*, 2018; Stock *et al.*, 2018). No entanto, como a literatura sobre I4.0 e SBM ainda está sendo escrita, as possibilidades sobre como gerar valor a partir de dados ainda não são totalmente conhecidas (Birkel *et al.*, 2019).

4.11 ELEMENTO 11: SISTEMA DE MONITORAMENTO

O elemento *Sistema de Monitoramento* destaca a necessidade do uso de indicadores para definir, avaliar e monitorar o desempenho de melhorias na tomada de decisões, gerenciamento e desenvolvimento de produtos. A transformação digital causada pela I4.0 mudará o processo de tomada de decisão para ser baseado em algoritmos por meio de inteligência artificial,

sensores e sistemas autônomos associados (Andronie *et al.*, 2021; Enyoghasi e Badurdeen, 2021; Mattera e Gava, 2021; Birkel *et al.*, 2019; Kohtamäki *et al.*, 2019; Brenner, 2018; Müller *et al.*, 2018). Desta forma, o uso de informações ou dados pode acelerar a transformação do modelo de negócio uma vez que permite uma integração mais transparente de dados verticais e horizontais em tempo real (Birkel e Müller, 2021; Sartal *et al.*, 2020; Oláh *et al.*, 2020; Bonilla *et al.*, 2018; Nagy *et al.*, 2018; Kiel *et al.*, 2017). A integração horizontal permite a otimização do processo produtivo dentro e fora dos limites da empresa através da avaliação dos dados do produto, conectando toda a criação de valor. Por outro lado, a integração vertical conecta diferentes níveis hierárquicos de criação de valor para permitir que os sistemas se autocontrolem, promovendo o aprendizado e o desenvolvimento da capacidade das máquinas para agir em resposta a diferentes situações com base em experiências anteriores (Sartal *et al.*, 2020; Bonilla *et al.*, 2018; Nagy *et al.*, 2018; Stock *et al.*, 2018; Kiel *et al.*, 2017).

O uso de dados inteligentes em conjunto com novos modelos de negócios abre espaço para o alto nível de integração das estruturas de fabricação que facilita a cooperação e a otimização, especialmente para abraçar os requisitos de sustentabilidade para oferecer novos serviços e produtos (Andronie *et al.*, 2021; Birkel e Müller, 2021; Garcia-Muiña *et al.*, 2020; Machado *et al.*, 2020; Bonilla *et al.*, 2018; Luthra e Mangla, 2018; Prause e Atari, 2017; Prause, 2015). Esta é uma das principais razões pelas quais os dados devem ser explorados para ancorar novos modelos de negócios sustentáveis (Jensen e Remmen, 2017; Stock e Seliger, 2016).

Conforme argumentos anteriores, as empresas muitas vezes optam por realizar o monitoramento sobre um produto/serviço ou categorias destes por meio da avaliação das fases do ciclo de vida. No entanto, a aplicação da avaliação do ciclo de vida requer dados que podem ser incompatíveis (Dekoninck *et al.*, 2016). Nessa linha, a I4.0 leva a mudanças radicais na concepção dos processos de produção, pois explora diferentes tecnologias que podem conectar qualquer dispositivo para monitorar, controlar e transferir dados críticos para ações sequenciais (Birkel e Müller, 2021; Godina *et al.*, 2020; García-Muiña *et al.*, 2019; García-Muiña *et al.*, 2018). Consequentemente, leva a uma melhor circulação de informações no sistema de produção (Andronie *et al.*, 2021; Margherita e Braccini, 2020) que pode promover uma estrutura mais flexível e troca de dados entre todos os envolvidos (Cui *et al.*, 2020; Oláh *et al.*, 2020; Bonilla *et al.*, 2018; Kamble *et al.*, 2018).

Desta forma, muitos estudos apontam para o potencial da lógica de negócios centrada em dados para uma transformação de adaptação que melhora a reciclagem de produtos (Andronie *et al.*, 2021; Esmailian *et al.*, 2020; Müller *et al.*, 2018; Müller e Voigt, 2018; Nagy *et al.*, 2018; Arnold *et al.*, 2016; Stock e Seliger, 2016; Prause, 2015). De acordo com

Enyoghasi e Badurdeen (2021), novas tecnologias de monitoramento melhoraram o gerenciamento de todo o produto devido à detecção aprimorada de falhas, rastreamento, manutenção e diagnóstico preditivo. Essencialmente, a análise de dados permite que as empresas obtenham feedback pós-venda e alcancem uma compreensão mais profunda dos consumidores (Kohtamäki *et al.*, 2019; Tirabeni *et al.*, 2019).

Adotar a análise de dados também pode estimular uma cultura de orientação a dados em toda a empresa, formando equipes com habilidades de dados complementares para possibilitar um melhor processo de tomada de decisão (Shayganmehr *et al.*, 2021; Brenner, 2018; Bressanelli *et al.*, 2018^{a,b}). Consequentemente, as empresas podem integrar, além das ofertas físicas. Isto muda a natureza das empresas de orientadas a produtos para centradas em serviços e, posteriormente, centradas em dados (Bal e Badurdeen, 2019; Birkel *et al.*, 2019; Kohtamäki *et al.*, 2019; Tirabeni *et al.*, 2019; Stock *et al.*, 2018). De acordo com Micieta *et al.*, (2019) e Kohtamäki *et al.* (2019), essa mudança de natureza agrega novos segmentos customizados com recursos exclusivos, que podem gerar vantagens a partir da intensificação do relacionamento com o consumidor (Esmaeilian *et al.*, 2020; Bal e Badurdeen, 2019). Consequentemente, a exploração de dados tornou-se um dos recursos organizacionais mais valiosos para a reformulação de modelos de negócios por completo (Margherita e Braccini, 2020).

Em mais, Hallstedt *et al.* (2010) descrevem que um novo modelo de avaliação deve ser usado para avaliar o estado atual da integração da sustentabilidade nos sistemas de decisão da empresa. Segundo os autores, esta abordagem de avaliação pode diferenciar as empresas umas das outras bem como identificar desafios e oportunidades importantes no que diz respeito às visões e processos estratégicos. Em complemento, Lockrey (2015) argumenta que este processo pode ser agilizado por meio da incorporação de estratégias de marketing do ciclo de vida do produto.

4.12 ELEMENTO 12: ADOÇÃO ANTECIPADA

O uso de dados coletados ao longo do ciclo de vida de um produto inteligente pode eliminar gargalos antes que impactos negativos sejam causados, o que significa uma mudança na oferta de produtos mais sustentáveis (Birkel e Müller, 2021; Mattera e Gava, 2021; Esmaeilian *et al.*, 2020; Lardo *et al.*, 2020; Oláh *et al.*, 2020; Bonilla *et al.*, 2018; de Man e Strandhagen, 2017; Sjödin *et al.*, 2018; Stock *et al.*, 2018; Schögggl *et al.*, 2017). Portanto, o elemento *Adoção Antecipada* destaca a importância de uma nova perspectiva para o planejamento, afetando alterações nas estratégias, metas, visão e missão das organizações.

Compreendendo que a introdução de aspectos de sustentabilidade ao PDP deve ocorrer durante as fases iniciais, ou seja, na etapa de planejamento para disponibilizar dados sobre todos os componentes do produto (Schögggl *et al.*, 2017; Rossi *et al.*, 2016; Hallstedt *et al.*, 2013; Hallstedt *et al.*, 2010). Pois, para atingir o objetivo de se tornar sustentável é necessário definir na fase inicial, uma visão comum entre todos os agentes envolvidos no processo sobre a sustentabilidade para apoiar à tomada de decisão (Hallstedt *et al.*, 2013; Hallstedt *et al.*, 2010). Segundo apontamentos feitos por Schögggl *et al.* (2017), esta fase é determinante para manter a competitividade da empresa, pois até 80% dos custos de desenvolvimento, fabricação e uso do produto são determinados durante as etapas iniciais do projeto. Por isso, quanto antes os aspectos de sustentabilidade sejam considerados, maior será o potencial para obter benefícios.

Similarmente, Hallstedt *et al.* (2013) descrevem que a identificação desses aspectos de sustentabilidade na fase inicial pode ajudar a: i) reduzir o impacto ambiental e evitar custos, ii) planejar soluções como plataformas flexíveis para uma solução sustentável, e iii) usar a sustentabilidade como motivador para inovações no sistema produto-serviço. Entretanto, o conhecimento sobre como implementar tais características neste primeiro momento de desenvolvimento é limitado (Schögggl *et al.*, 2017; Dekoninck *et al.*, 2016; Zetterlund *et al.*, 2016). Muitas empresas se deparam com adversidades nos estágios iniciais do desenvolvimento de novos produtos porque este estágio é menos formal em comparação ao demais (Dekoninck *et al.*, 2016). Também, porque neste momento projetistas e engenheiros nem sempre possuem dados suficientes ou qualificados para avaliar as opções de reciclagem ou os impactos das emissões uma vez que os impactos são fortemente dependentes do manejo desses materiais durante todo o seu ciclo de vida (Schögggl *et al.*, 2017; Zetterlund *et al.*, 2016).

4.13 ELEMENTO 13: RELACIONAMENTO COM O CONSUMIDOR

A forma como consumidores e empresa estão se conectando através da I4.0 aumentou o papel do cliente para se tornar um participante da criação de valor (Esmailian *et al.*, 2020; García-Muiña *et al.*, 2020; Stock *et al.*, 2018; de Man e Strandhagen, 2017). De acordo com Godina *et al.* (2020), Micieta *et al.* (2019), Kamble *et al.* (2018) e Gerlitz (2016), o consumidor na revolução I4.0 será um participante ativo no processo de criação de valor ou mesmo se tornará um coprodutor. Isso ressalta a importância do processo de coleta de dados sobre novos requisitos dos clientes ao longo do ciclo de vida do produto (Andronie *et al.*, 2021; Birkel e Müller, 2021; Enyoghasi e Badurdeen, 2021; Lardo *et al.*, 2020; Oláh *et al.*, 2020; Bal e Badurdeen, 2019; Micieta *et al.*, 2019; Nagy *et al.*, 2018; de Man e Strandhagen, 2017; Kiel *et*

al., 2017; Strandhagen *et al.*, 2017). Logo, as empresas têm uma excelente oportunidade de obter conhecimento de como os clientes estão usando os produtos (Bressanelli *et al.*, 2018^{a,b}), identificar problemas e expectativas dos clientes em tempo real (Enyoghasi e Badurdeen, 2021; Godina *et al.*, 2020; de Man e Strandhagen, 2017; Kiel *et al.*, 2017; Jensen e Remmen, 2017) para oferecer uma melhor experiência ao consumidor (Martín *et al.*, 2021; Tirabeni *et al.*, 2019; Bonilla *et al.*, 2018; Arnold *et al.*, 2016).

Assim, esse elemento representa a “engenharia integrada ao consumidor” em redes de negócios altamente dinâmicas causadas pela I4.0 (Prause, 2015). Para Esmaelian *et al.* (2020), o relacionamento próximo com os consumidores pode criar um novo mercado onde os consumidores são recompensados por seu comportamento sustentável, por exemplo, recebendo descontos e cupons por ir de bicicleta ao trabalho. Por outro lado, monetizar o comportamento do consumidor é complexo porque requer mais pesquisas; muitas questões e desafios ainda existem sobre como definir o comportamento de recompensa. Incentivos errados podem incentivar compras de produtos insustentáveis. Mais do que isso, uma vez que a gestão tem uma base mais ampla de clientes que pode virar um recurso, a retenção de clientes torna-se uma parte crítica que pode ter implicações financeiras se for ignorada (Birkel e Müller, 2021; Brenner, 2018). De acordo com Brenner (2018), os clientes podem gerar uma rede robusta que pode afetar ou ajudar quando a empresa introduz serviços complementares. No entanto, ainda que os dados e a base de clientes sejam os ativos mais valiosos de uma empresa no contexto I4.0, eles não são frequentemente contabilizados no balanço tradicional.

4.14 ELEMENTO 14: CUSTOS

O investimento financeiro ainda é um elemento crucial do SBM no contexto da I4.0 (Jabbour *et al.*, 2020; Luthra e Mangla, 2018; de Man e Strandhagen, 2017; Kiel *et al.*, 2017; Arnold *et al.*, 2016). Os processos inteligentes aliados à renovação das capacidades podem significar melhorias radicais na eficiência de custos (Felsberger *et al.*, 2020). Nesse sentido, a I4.0 permite a redução de custos por meio de interconexão, flexibilização e inovação (Díaz-Chao *et al.*, 2021; Esmaelian *et al.*, 2020; Godina *et al.*, 2020; Felsberger *et al.*, 2020; Oláh *et al.*, 2020; Müller *et al.*, 2018). Assim, diante dos avanços tecnológicos, esse elemento aborda sobre que os custos e riscos dos investimentos rumo à sustentabilidade devem ser ponderados em relação aos benefícios (Birkel e Müller, 2021; Enyoghasi e Badurdeen, 2021; Lardo *et al.*, 2020; Luthra e Mangla, 2018; de Man e Strandhagen, 2017; Arnold *et al.*, 2016).

De acordo com Arnaldo *et al.* (2016), os custos de infraestrutura tecnológica (software e plataformas) e de produção (indústria de máquinas e instalações) são os mais afetados. Vários potenciais de redução de custos podem ser capturados por meio de: otimização da precisão e qualidade do produto e do processo, produção autônoma 24 horas/7 dias por semana, eficácia geral do equipamento, melhor controle do processo, auto-otimização de máquinas, monitoramento em tempo real, manutenção preditiva, menores taxas de falhas e acidentes (Birkel e Muller, 2021; Enyoghasi e Badurdeen, 2021; García-Muiña *et al.*, 2020; Ghobakhloo, 2020; Machado *et al.*, 2020; García-Muiña *et al.*, 2019; Sjödin *et al.*, 2018; Stock *et al.*, 2018; Kiel *et al.*, 2017).

Para de Man e Strandhagen (2017), os principais benefícios financeiros da I4.0 são a redução de custos internos de operação por meio da integração digital de ponta a ponta, otimização da cadeia de suprimentos e melhoria das soluções de custo para facilitar práticas sustentáveis de remanufatura e reciclagem. Conseqüentemente, não existem razões para que as empresas encontrem resistência ao investir em altas tecnologias e trabalhadores qualificados (Micieta *et al.*, 2019; de Man e Strandhagen, 2017; Kiel *et al.*, 2017; Arnold *et al.*, 2016).

Os benefícios da I4.0 abre um novo espaço para a estabilidade de negócios no mercado (Esmailian *et al.*, 2020; Micieta *et al.*, 2019) onde a economia atual não será mais viável, exceto em uma escala de curto prazo (Esmailian *et al.*, 2020; Cottey, 2018; Müller e Voigt, 2018). Visões de um novo tipo de economia exigem uma reavaliação radical da economia-como-usual do ponto de vista prático (Cottey, 2018). O estabelecimento de novas instalações de produção pode então ser modelado com uma perspectiva de sustentabilidade desde o princípio (Müller e Voigt, 2018). Sobre isso, a economia circular é uma referência útil, pois possibilita o reaproveitamento de tempo e materiais, garantindo sustentabilidade para desenvolver novos produtos e evitar valores negativos (Birkel e Müller, 2021; Enyoghasi e Badurdeen, 2021; Jabbour *et al.*, 2020; Lardo *et al.*, 2020; García-Muiña *et al.*, 2018).

Em termos de sistemas produto-serviço-software, a entrega de soluções inteligentes também incorre em custos de transação substanciais devido às interações com a cadeia de fornecimento de serviços (Kohtamäki *et al.*, 2019). No entanto, poucos estudos sobre isso se baseiam no exame do papel da teoria geral dos custos de transação na servitização (Esmailian *et al.*, 2020; Kohtamäki *et al.*, 2019). Isso significa que a sincronização e coordenação para a realocação de produtos mais próximos de onde os equipamentos de produção estão aumentarão a transparência do processo na logística interna e externa das empresas (Müller *et al.*, 2018; Müller e Voigt, 2018).

4.15 ELEMENTO 15: CADEIA DE ABASTECIMENTO

O progresso tecnológico tornou a conexão entre fabricantes e fornecedores mais próxima e em tempo real (Esmailian *et al.*, 2020; Felsberger *et al.*, 2020; Machado *et al.*, 2020; Prause e Atari, 2017; Strandhagen *et al.*, 2017; Arnold *et al.*, 2016). Isso fez da logística dentro da cadeia de abastecimento um vetor com grande potencial para a inclusão da sustentabilidade nas empresas (Birkel e Müller, 2021; Cui *et al.*, 2020; Ghobakhloo, 2020; Godina *et al.*, 2020; Jabbour *et al.*, 2020; Braccini e Margherita, 2018; García-Muiña *et al.*, 2018; Müller *et al.*, 2018; Nagy *et al.*, 2018; Stock *et al.*, 2018). Também, para evitar, por exemplo, o aumento da complexidade na gestão dos processos de fabricação causado por equívocos em especificações (Kohtamäki *et al.*, 2019; de Man e Strandhagen, 2017; Prause, 2015).

Nesse contexto de cadeia de suprimentos inteligente, os processos logísticos mudam o escopo de maximizar o fluxo de venda de produtos acabados para o retorno de dados e valor de um estoque renovável ao máximo (García-Muiña *et al.*, 2018; Kiel *et al.*, 2017). Em outras palavras, não apenas a mudança de fluxo do paradigma operativo, mas também um novo conceito organizacional é introduzido pela I4.0 porque o desperdício da produção de alguma empresa pode se torna um recurso para outra, ilustrando que há uma ligação entre a I4.0 e o modelo de economia circular (Shayganmehr *et al.*, 2021; Ghobakhloo, 2020; Jabbour *et al.*, 2020; Machado *et al.*, 2020; Luthra e Mangla, 2018).

Godina *et al.* (2020) explicaram que a produção descentralizada também levaria a uma redução no estoque e na redução dos efeitos negativos. Essa descentralização de estoque, também permite que as empresas realizem análises de dados, descubram potenciais de otimização, façam simulações, eliminem a superprodução, diminuam os riscos da cadeia de suprimentos, melhorem o gerenciamento de estoque, suportem melhores tomadas de decisão e aplicativos inteligentes em larga escala (Enyoghasi e Badurdeen, 2021; Shayganmehr *et al.*, 2021; Esmailian *et al.*, 2020; Kiel *et al.*, 2017).

Andronie *et al.* (2021), Bal e Badurdeen (2019) e de Man e Strandhagen (2017) atestam que a transformação mais significativa sob I4.0 é tornar os produtos exclusivamente identificáveis e capazes de reconhecer sinais de desgaste ao longo de seu ciclo de vida. Com esses parâmetros, os produtos podem ser reciclados, desmontados, manuteníveis, reabilitados e reutilizáveis de maneira otimizada. De acordo com Esmailian *et al.* (2020) o conceito de sistema de rastreamento da cadeia de suprimentos conectada oferta quatro oportunidades para apoiar a sustentabilidade: (1) reduzir o recall e o retrabalho de produtos; (2) facilitar o rastreamento dos produtos; (3) facilitar a reciclagem por meio de programas de reciclagem; e

(4) reduzir fraudes e melhorar a fidelidade do sistema de controle de emissões. Além disso, a manufatura inteligente pode introduzir o conceito de “*Manufacturing-as-a-Service*”, onde a manufatura é oferecida como um serviço aos usuários (Esmailian *et al.*, 2020). No entanto, Birkel e Müller (2021), Kamble *et al.* (2018) e de Man e Strandhagen (2017) descrevem que o impacto do produto inteligente na cadeia de suprimentos para facilitar a logística reversa de recursos renováveis e não renováveis ainda não foi determinado. Birkel e Müller (2021) apontam que a causa disso são os vários conflitos entre objetivo, domínio ou perceptual de integração.

5 MODELO DE MATURIDADE

Assim como os 15 elementos fundamentais apresentados anteriormente, o conceito de modelo de maturidade é apontado por alguns autores como um caminho onde as empresas que desejam integrar a sustentabilidade devem utilizar. Por maturidade entende-se que é a medida em que uma organização é capaz de realizar processos de modo consistente para o alcance de seus objetivos de projeto ou estado-alvo (ISO/IEC TR., 15504-1). Para os autores Boughzala e Vreede (2015) a maturidade se refere à processos e sistemas formalmente organizados e executados para produzir resultados. Neste sentido, Modelos de Maturidade (MM) são empregados como uma base avaliativa e comparativa para melhorias de um domínio, proporcionando uma ampliação sistematizada dos conhecimentos existentes e/ou a orientação para a implementação de novos conceitos como, por exemplo, a sustentabilidade. Logo, os MMs também podem ser utilizados como ferramentas auxiliares em processos de negócios para a avaliação e compreensão dos pontos fortes e fracos para o desenvolvimento de planos de ação que permitam às organizações supervisionarem seu progresso de melhorias de forma gradual (Albliwi *et al.*, 2014; Van Looy *et al.*, 2010; Paunescu, 2009).

Modelos de Maturidade também são denominados como modelos de estágio de crescimento, modelos de estágio ou teorias de estágio (Prananto *et al.*, 2003). Pois, estes geralmente abrangem uma série de níveis que juntos formam uma sequência lógica/roteiro para a melhoria (Lacerda e Wangenheim, 2018; Allais *et al.*, 2017; Albliwi *et al.*, 2014; Van Looy *et al.*, 2010; Gottschalk, 2009; Paunescu, 2009). Não há um padrão que limite número de níveis (Correia *et al.*, 2017), mas comumente os níveis de maturidade seguem uma lógica evolutiva onde o nível mais baixo descreve a completa falta de atributos e o nível mais alto representa a excelência (Lacerda e Wangenheim, 2018; Allais *et al.*, 2017; Schumacher *et al.*, 2016; Boughzala e Vreede, 2015; Van Looy *et al.*, 2013). Deste modo, afirmar que uma empresa atingiu um determinado nível de maturidade significa dizer que todos os processos referentes aos níveis anteriores foram completamente institucionalizados (CMMI, 2010). No geral, é possível observar na literatura propostas onde o caminho de evolução possui entre 3 a 5 níveis de maturidade (Mendes *et al.*, 2016; Schumacher *et al.*, 2016).

Rozenfeld *et al.* (2006) propõe que a escala para aderir ao PDP o conceito de maturidade tenha 5 níveis onde: nível 1- básico, representa que algumas atividades essenciais do PDP são apenas realizadas; nível 2 – intermediário, representa que as atividades são padronizadas e seus resultados previsíveis; nível 3 - mensurável: quando são utilizados indicadores para medir o desempenho das atividades e a qualidade dos resultados; nível 4 - controlado: correção de forma

sistemática das atividades; e, nível 5 - melhoria continua: onde o gerenciamento das mudanças de engenharia e transformação do PDP estão institucionalizados.

O proveito da aplicação dos MMs é a sua simplicidade, o uso de uma linguagem comum bem como a manutenção de uma visão compartilhada (CMMI, 2010). Além disso, MMs tendem a utilizarem análises quantitativa simples (Boughzala e Vreede, 2015). Por este motivo, a utilização de MM atingiu diversas áreas do conhecimento e setores industriais (Pöppelbus e Röglinger, 2011; Maier *et al.*, 2010; Becker *et al.*, 2009; Kohlegger *et al.*, 2009; Paunescu, 2009; de Bruin *et al.*, 2005).

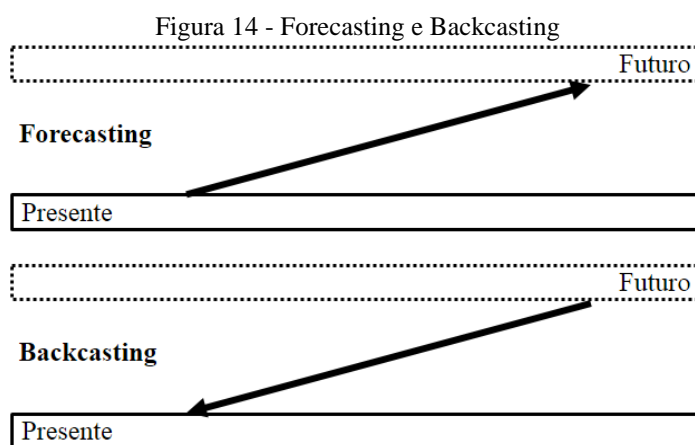
A forma mais popular de avaliar a maturidade é por meio do uso de questionário padronizado onde as respostas são escalonadas com a aplicação da escala Likert de 5 pontos, onde o ponto 5 representa o nível mais alto de maturidade (Correia *et al.*, 2017; Mendes *et al.*, 2016; Schumacher *et al.*, 2016; de Bruin *et al.*, 2005). Em outras palavras, é possível afirmar que os MMs são aplicados como uma ferramenta/técnica sistemática para identificar e posicionar as práticas atuais de uma organização afim de priorizar as melhorias necessárias a partir da avaliação da situação tal qual; e assim, traçar objetivos futuros e práticas para alterar e controlar o progresso rumo à algum estado-alvo desejado (Schumacher *et al.*, 2016; Bititci *et al.*, 2015). Evidenciando o caminho composto de pequenos elementos para atingir o futuro desejado e o valor de fazer a transformação (Mendes *et al.*, 2016; Masalskyte *et al.*, 2014). Assim como a escala de níveis, não existe um número ideal de elementos para a avaliação (Correia *et al.* 2017). O número de elementos usados devem ser um reflexo do que precisa ser medido (de Bruin *et al.*, 2005). Logo, as características de cada estágio e a relação lógica entre os estágios sucessivos podem ser distinguidos para fins de utilização como:

- **Descritivo:** visa diagnosticar as forças e fraquezas atuais da entidade (Pöppelbus e Röglinger, 2011; Becker *et al.*, 2009);
- **Prescritivo:** visa identificar os níveis desejáveis de maturidade e fornecer diretrizes para melhoria (Pöppelbus e Röglinger, 2011; Becker *et al.*, 2009);
- **Comparativo:** gera um benchmarking interno ou externo, onde os níveis de maturidade de organizações similares podem ser comparados (Albliwi *et al.*, 2014; Pöppelbus e Röglinger, 2011; de Bruin *et al.*, 2005).

Deste modo, ainda que esses tipos de modelos possam ser vistos como distintos, eles representam fases evolutivas de um modelo uma vez que o modelo descritivo visa compreender com mais profundidade a situação atual do domínio. Depois, o modelo pode então ser evoluído para ser prescritivo, pois é somente através de uma compreensão sólida da situação atual que podem ser feitas melhorias substanciais e repetitivas. Finalmente, para que o modelo seja usado

comparativamente, deve ser aplicado em uma ampla gama de organizações, a fim de obter dados suficientes para permitir uma comparação válida (de Bruin *et al.*, 2005).

Devido aos modelos de maturidades serem configurados como um caminho de etapas a ser seguido, é possível encontrar na literatura propostas que empregam as abordagens de backcasting e forecasting em conjunto ou separadas (Allais *et al.*, 2017; Hallstedt, 2017; Schöggel *et al.*, 2017; Baumgartner, 2014; Hallstedt *et al.*, 2013; Hallstedt *et al.*, 2010; Segalas *et al.*, 2010; Byggeth e Hochschorner, 2006; Quist e Vergragt, 2006; Dreborg, 1996). A distinção entre estas duas perspectivas de futuro é demonstrada na figura 14.



A abordagem forecasting é utilizada para tentar prever o sucesso dos esforços no futuro com base nas condições existentes no presente. No contexto dos MMs, o futuro corresponde ao próximo nível de maturidade desejado. Contudo, este tipo de abordagem apresenta limitações importantes: (1) impossibilidade de prever os acontecimentos futuros e (2) esta abordagem tende a considerar que tudo acontecerá corretamente, bloqueando a atenção aos obstáculos que já existem ou que irão ser percebidos pelo caminho. Esta falta de percepção acaba por ocasionar confusão e desalinhamentos entre as estratégias da empresa, além de impulsionar o comportamento de resistência à mudanças (Ackoff, 1999).

Em contrapartida, a abordagem de backcasting é baseada na ideia de primeiro imaginar o sucesso no futuro e depois retrospectivamente analisar o cenário presente através das lentes desta definição de sucesso para planejar estratégias e ações para alcançar esse estado desejado (Allais *et al.*, 2017; Hallstedt, 2017; Baumgartner, 2014; Hallstedt *et al.*, 2013; Segalas *et al.*, 2010; Byggeth e Hochschorner, 2006; Holmberg e Robèrt, 2000; Dreborg, 1996). Por isso, serve como uma “plataforma flexível” onde as etapas técnicas para vincular investimentos são elaboradas (Segalas *et al.*, 2010; Byggeth e Hochschorner, 2006), ajudando a evitar erros que possam impedir o progresso contínuo (Ny *et al.*, 2006). Ou seja, a abordagem backcasting pode

ser identificada como um método de planejamento estratégico (Small-Warner, 2018). Conforme argumentos de Dreborg (1996), a abordagem de backcasting é mais apropriada quando o problema a ser solucionado exige grandes mudanças, mas há tempo suficiente para fazer escolhas e estabelecer um planejamento estratégico de longo prazo. Portanto, embora as abordagens de backcasting e forecasting sejam complementares, o backcasting é uma abordagem mais adequada e segura do que a abordagem forecasting porque tem caráter normativo e se baseia em esforços contínuos que permitem o rompimento com os padrões e as práticas existentes (Baumgartner, 2014; Segalas *et al.*, 2010).

Hallstedt *et al.*, (2017; 2013) e Zetterlund *et al.* (2016) salientam que incluir ferramentas de backcasting para mapear os impactos do produto ao longo de todo o ciclo de vida pode ajudar à orientar as decisões nas fases iniciais de desenvolvimento a fim de torná-los mais sustentáveis. Na visão de Bratt *et al.* (2011), as ferramentas de backcasting são úteis em uma perspectiva de longo prazo dentro do processo de critérios de rotulagem ecológica se guiadas por três parâmetros: relevância, potencial e possibilidade de direcionamento na qual a decisão deve ser de continuar ou não de acordo se: há um problema ambiental relacionado à categoria de produto e quão grande é esse problema, existem soluções no agora ou futuro para resolver o problema e, se o mercado está interessado em um rótulo que pode orientar produtores e consumidores. Em suma, ambas as abordagens podem ser aliadas para auxiliar na integração da sustentabilidade (Hallstedt, 2017; Hallstedt *et al.*, 2013).

Outra característica comum dos MMs é a sua representação gráfica em roadmaps (diagramas), que sintetizam as informações obtidas e ilustram o resultado atingido. Em outras palavras, roadmaps são mapas estratégicos que representam o nível de maturidade de um determinado elemento de acordo com a análise submetida. Portanto, sua utilização é relevante para os tomadores de decisão em virtude de manter e avaliar constantemente o planejamento estratégico para sobreviver em ambientes turbulentos (Rodriguez-Andara *et al.*, 2018; Correia *et al.*, 2017; Mendes *et al.*, 2016; Schumacher *et al.*, 2016; Maier *et al.*, 2012; Phaal e Muller, 2009; Phaal *et al.*, 2004).

Sobre a construção de um MM, Allais *et al.* (2017) e Maier *et al.* (2012) descrevem que deve ocorrer quatro etapas: planejamento, desenvolvimento, avaliação e manutenção. O planejamento inicia-se com a especificação dos usuários e os objetivos do uso do MM. Na sequência, o desenvolvimento define a arquitetura da grade de maturidade. Ou seja, delimita o conteúdo (elementos de análise), escala de avaliação (níveis de maturidade), comportamento e mecanismos de administração a serem aplicados. A avaliação visa a obtenção dos dados e aplicação do modelo. Por fim, na fase de manutenção o resultado pode ser monitorado e

comparado constantemente. Durante a fase de avaliação muitos MMs apresentam medições quantitativas do progresso. Schumacher *et al.* (2016) descrevem que para medir, determinar e representar a maturidade de uma empresa, o MM deve conter três etapas: aplicação de um questionário, cálculo dos resultados e a construção de *roadmaps*. Para medir o nível de maturidade (M_D), os autores propõem a seguinte fórmula:

$$M_D = \frac{\sum_{i=1}^n M_{Dli} * g_{Dli}}{\sum_{i=1}^n g_{Dli}}$$

Onde M – maturidade; D – dimensão; l – item; g – peso do fator e n – número de item da maturidade. Na visão de Boughzala e Vreede (2015), a maturidade pode ser examinada pela fórmula:

$$m_{critério} = \frac{\sum m_{respt}}{n_{respt}}$$

Onde a maturidade em relação a um critério ($m_{critério}$) é determinada pelo cálculo da média das avaliações dos respondentes, onde n_{respt} = número de entrevistados. Posteriormente, o resultado de $m_{critério}$ deve ser empregado para calcular a média dos valores de maturidade onde k_i é o coeficiente correspondente ao critério i utilizado para o cálculo da média. Esse coeficiente é o peso do critério de acordo com sua importância na análise:

$$M = \frac{\sum_i k_i \cdot m_{critério}}{\sum_i k_i}$$

Ademais das características e procedimentos requisitados para a elaboração de MMs, alguns autores enfatizam que, independentemente do escopo do que será avaliado, muitos MMs tendem a não serem aplicados devido a sua complexidade (Correia *et al.*, 2017; Schumacher *et al.*, 2016). Logo, é de extrema importância encontrar um equilíbrio entre a complexidade do domínio e a simplicidade dos MMs (Correia *et al.*, 2017). Um dos pontos que pode elevar a complexidade é o modo para calcular o nível de maturidade (Boughzala e Vreede, 2015). Outro ponto é a falta de suporte para a aplicação do modelo através de guias ou manuais (Lacerda e Wangenheim, 2018; Correia *et al.*, 2017; Mettler, 2010). Por último, a falta da apresentação das procedências do MM (qual foi a metodologia usada no desenvolvimento) (Lacerda e Wangenheim, 2018).

5.1 MODELO DE MATURIDADE PARA A SUSTENTABILIDADE

Na área de engenharia são encontrados alguns empregos de MM com foco na implementação da sustentabilidade. Conforme descrevem Müller e Pflieger (2014), os termos modelo de maturidade de sustentabilidade e modelo de maturidade da capacidade de sustentabilidade são sinônimos usados para referir à junção das duas áreas de conhecimento. Schrettle *et al.* (2014) emprega o construto “nível de esforço de sustentabilidade” para avaliar o volume, a duração, a complexidade e a imprevisibilidade do movimento rumo à sustentabilidade. Onde o volume é o número de ações de sustentabilidade que uma empresa realiza. A duração é o tempo desde o início ao fim de uma sequência de ações de sustentabilidade. Nesta lógica, as empresas que sustentarem movimentos por períodos mais longos e ininterruptos serão percebidas como mais agressivas. A complexidade é a extensão em que os esforços de sustentabilidade compreendem diferentes tipos de ações de sustentabilidade. A imprevisibilidade observa se a variação de iniciativas sustentáveis que uma empresa realizada em um determinado período foi igual ou não a um período anterior (Schrettle *et al.*, 2014).

Em geral, a escala de maturidade para englobar a sustentabilidade no processo de desenvolvimento de produtos é composta por 4 ou 5 fases, sendo estas a conformidade, comunicação, redução de custos, crescimento e inovação (Masalskyte *et al.*, 2014). Hallstedt *et al.* (2010) enfatiza que os dois primeiros níveis são construídos sobre não conformidade e conformidade com leis; o terceiro e o quarto níveis são construídos sobre as oportunidades de negócios; o último nível de maturidade diz respeito apenas às poucas empresas que consideram a sustentabilidade como missão. Na literatura é possível encontrar MM voltados à sustentabilidade. Por exemplo, Boks e Stevels (2007) utilizam da metodologia de MM para avaliar a consciência ambiental empresarial por meio de 3 níveis de maturidade:

Quadro 11 - Nível de Maturidade de Consciência Ambiental

Nível de Maturidade	Pessoas envolvidas	Nível de generalidade	Ferramentas de comunicação normalmente necessárias
Nível 1	Pessoal a nível de departamento	Soluções genéricas e compreensão	Princípios gerais, slogans
Nível 2	Departamento ao nível da empresa	Soluções e compreensão sob medida para a indústria	Listas de verificação, orientações, exemplos de melhores práticas
Nível 3	Empresa ao nível da cadeia	Soluções e compreensão sob medida para produtos e processos	Ferramentas personalizadas, bancos de dados, incluindo informações da cadeia de valor interna e externa da empresa

Fonte: adaptado de Boks e Stevels, 2007.

O modelo proposto por Baumgartner e Ebner (2010) adota uma grade de maturidade de 4 níveis partindo do nível 1 - rudimentar, onde pode-se começar a considerar o aspecto da

sustentabilidade na empresa em respeito as leis obrigatórias. O nível 2 – elementar, retrata a integração que vai um pouco além do cumprimento das leis. O nível 3 - satisfatória representa uma consideração acima da média da indústria até que se atinja o nível 4 - sofisticada, onde um grande esforço é empenhado para a sustentabilidade.

Murillo-Luna *et al.* (2011) também implementa a sustentabilidade por intermédio de 4 níveis. O nível 1: Estratégia passiva – retrata a empresa que não prevê a adoção de quaisquer tipos de medida de proteção ambiental, não dedica recursos financeiros e nem planeja obter certificações. O nível 2: Atenção à estratégia de legislação – retrata a empresa que tem como objetivo o comportamento ambiental apenas para cumprir a legislação, por isso, disponibiliza seu tempo e recursos financeiros apenas o quanto for necessário. Logo, as medidas ambientais adotadas não alteram significativamente a produção ou a estrutura organizacional. No nível 3: Atenção à estratégia das partes interessadas –o objetivo ambiental da empresa visa assistir os requisitos ambientais das partes interessadas podendo resultar em modificações tanto na produção quanto na estrutura organizacional. Assim como a presença de certificações e pessoal interno qualificado para cuidar do tema. Por fim, no nível 4: Estratégia de qualidade ambiental total –o objetivo ambiental é trabalhado junto aos objetivos prioritários da empresa, havendo a disponibilização de grande parte do orçamento à causa; processos de produção e estrutura organizacional certificados e um departamento exclusivamente dedicado ao tema.

Já Pigosso *et al.* (2013) propõem um MM de ecodesign para integrar questões ecológicas em indústrias a partir de uma perspectiva gerencial, ao invés de uma perspectiva de produto. O modelo contém 5 níveis de maturidade, onde o mais alto reflete a integração total de questões ecológicas para promover a inovação dos modelos de negócios e infraestrutura. Willard (2005) também propôs um modelo de avaliação de sustentabilidade com 5 estágios: (1) pré-conformidade – retrata empresas que ignoram e desprezam qualquer noção de sustentabilidade; (2) conformidade – refere-se a empresas que cumprem todas as regulamentações relacionadas ao tema; (3) além da conformidade – categoriza empresas que operacionalmente são ecoeficientes, economizando e reduzindo insumos e resíduos; (4) estratégia integrada – retrata empresas que além de serem ecoeficientes exercem um modelo de negócios cíclico sustentável ou ciclo fechado; e, o nível (5) paixão e propósito – retrata empresas que já consolidaram o modelo de negócio e são reconhecidas por suas ecoinovações.

Com 5 níveis, Allais *et al.* (2017) apresentaram um MM para auxiliar a alta administração a melhorar suas práticas em relação à integração de ativos intangíveis na governança estratégica e operacional (figura 15). Já Masalskyte *et al.* (2014) apresentou um modelo voltado a proteção e ampliação do valor agregado (figura 16).

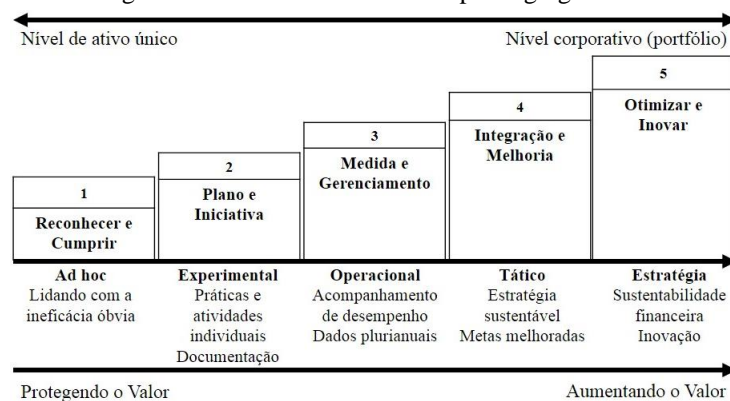
Figura 15 - Níveis de maturidade na governança

Grade de maturidade da ambição	Grade de maturidade de governança de sustentabilidade				
	1	2	3	4	5
	Resistente	Conformista	Oportunista	Integrado	Inovação
Pequena descrição	Consideração do meio ambiente na governança	Consideração dos aspectos sociais na governança	Consideração das partes interessadas na governança	Consideração do território em governança	

Grade de maturidade da governança intangível	Grade de maturidade de significado				
	1	2	3	4	5
	Sem integração	Defensiva	Avaliação de fatores de diferenciação intangíveis	Gestão integrada de intangíveis	Intangível como fonte de inovação
Pequena descrição	Pensamento intangível e estratégico	Decisão intangível e estratégica	Gestão intangível	Intangíveis e partes interessadas	

Fonte: adaptado de Allais *et al.*, 2017.

Figura 16 - Níveis de maturidade para agregar valor



Fonte: adaptado de Masalskyte *et al.*, 2014.

Igualmente, Gaziulusoy (2015) incorpora a sustentabilidade por uma escala de maturidade com 5 estágios onde o primeiro estágio representa a essência das relações irreversíveis, dinâmicas e hierárquicas entre o meio ambiente, sociedade, economia e a empresa para traçar estratégias de inovação a nível institucional. O segundo estágio é o pensamento do sistema onde a sustentabilidade é uma propriedade do sistema e não uma propriedade dos elementos individuais. Logo, produtos, serviços, tecnologias e organizações não podem ser considerados sustentáveis por si próprios, mas podem ser elementos de sistemas sociotécnicos sustentáveis. Na sequência, o estágio 3 – radicalismo, descreve que a mudança necessária para a sustentabilidade só acontece por meio de ganhos incrementais de eficiência obtidos pelo redesenho de produtos e tecnologias existentes. Depois, o estágio 4 refere-se as transformações a fim de contextualizar o potencial de sustentabilidade e a direção do desenvolvimento das inovações de um ponto de vista vantajoso. Por último, o quinto estágio - mudança de mentalidade visa a adoção do pensamento sistêmico com a adoção do planejamento estratégico em longo prazo.

Gouvinhas *et al.* (2016) propõem 6 níveis de maturidade: o primeiro nível - empresas imaturas completas, categoriza empresas que assumem uma postura reativa às questões socioambientais e consideram-nas como “*um inconveniente a ser administrado que aumenta os custos*” e não traz nenhuma oportunidade de crescimento de mercado. Retendo sua atenção à lucratividade, redução de custos e eficiência da produção. O segundo nível - empresas imaturas, classifica empresas que já podem ter alguns projetos, mas estes são muito tímidos e não refletem um engajamento. Tais empresas ainda assumem a mesma postura reativa e consideram as preocupações socioambientais como uma “*rara oportunidade de mercado*” para lucrar em um momento específico. Logo, mais atenção é dada à rentabilidade, redução de custos e eficiência da produção.

O que diferencia as empresas categorizadas no nível 2 e as que são enquadradas no nível 3 - empresas maduras iniciais, é que as questões de sustentabilidade passam a ser consideradas em nível estratégico constituindo parte da visão de futuro da empresa à integração de alguns projetos de ecodesign. Isso significa que esse tipo de empresa tem uma postura mais proativa, porém os fatores de rentabilidade, redução de custos e eficiência da produção ainda são mais importantes (Gouvinhas *et al.*, 2016).

A diferenciação entre o nível 3 e o nível 4 - empresas maduras, é o estímulo que a organização faz aos seus fornecedores a também considerarem as questões sustentáveis em suas tomadas de decisões diárias. Este estímulo externo é resultado do sucesso interno da integração da sustentabilidade a nível operacional e estratégico. Isso significa que o desempenho socioambiental será utilizado como um dos critérios para a escolha de fornecedores, causando um “efeito dominó” em toda a cadeia de abastecimento (Gouvinhas *et al.*, 2016).

Para atingir o nível 5 - empresas maturadas e docentes, a organização precisa “educar” seus clientes para considerar os aspectos socioambientais durante suas decisões de consumo. Neste momento, abordagens de marketing para a remodelação do comportamento do consumidor são importantes uma vez que as empresas podem precisar convencer seus clientes sobre as vantagens de mudar a maneira de como usam os produtos e serviços. Em consequência, o feedback das informações coletadas pode ser repassado para toda a cadeia de suprimentos, construindo um ciclo completo de troca de informações entre clientes, empresas e fornecedores. Deste modo, a empresa deve ter um comportamento proativo e uma postura visionária. Por fim, para alcançar o nível 6 - empresas integradas, é necessário a aliança de muitas organizações que considerem as preocupações socioambientais como o aspecto mais importante no processo de tomada de decisão. Isso fomenta a troca de experiências bem como estimula a sintonia das

inovações, criando uma rede integrada de “empresas sustentáveis” para atender às demandas desse novo mercado (Gouvinhas *et al.*, 2016).

Similarmente, Romero e Molina (2014) apresentaram um modelo composto por uma escala de 6 níveis de maturidade avaliados de acordo com as seguintes práticas sustentáveis: domínio dos materiais (maximizar a produtividade dos recursos e garantir qualidade e eficácia de custos); domínio da energia (identificar meios para o fornecimento de energia, eficiência, conservação e eficácia de custos); domínio do transporte (garantir a mobilidade dos materiais e as pessoas com menor carga ambiental e melhor custo-benefício); domínio de marketing (expandir o reconhecimento do mercado); domínio dos recursos humanos (aumentar a gama e a qualidade das oportunidades de recrutamento, desenvolvimento de carreira, flexibilidade ocupacional e disponibilidade de benefícios); domínio dos sistemas de informação e comunicação (assegura a utilização, o acesso e a transferência de informação da forma mais ampla e eficiente); domínio de meio ambiente (melhoria contínua do desempenho ambiental, da saúde e segurança da comunidade e dos funcionários); domínio dos processos de produção (garantir o uso flexível e eficaz do estoque de capital e dos processos de produção); domínio da qualidade de vida e conexões comunitárias (garantir interações entre a comunidade e a empresa para proporcionar benefícios aos funcionários); e, domínio da gestão de resíduos (garantir a reciclagem e a eliminação adequada de quaisquer resíduos de forma segura, eficiente e ecologicamente correta). A distinção e especificações entre os níveis de maturidade e os domínios são ilustrados na figura 17.

Figura 17 - Níveis de maturidade versus domínios

Domínios	Níveis de Maturidade					
	Standard	Eco-etiquetado	Ambiental	Ecoeficiente	Simbiose Industrial	Eco-Industrial
Materiais	Uso de materiais de baixo impacto. Química verde. Melhor poder de negociação.	Evite materiais tóxicos Materiais não tóxicos	Materiais recicláveis	Materiais recicláveis	Materiais sustentáveis	Desmaterialização
Energia	Consciência de energia	A redução de energia se concentra em padrões / rótulos ecológicos	Balanço de fontes de energia [renováveis]	Ecoeficiência energética	Cascata de energia	Coleta e recuperação de energia
Transporte	Redução dos custos gerais de logística	Redução da pegada logística	Transporte compartilhado Inventários compartilhados	Logística integrada	Logística comum Lógica reversa	Inovações logísticas
Marketing	Lobby e influência do mercado	Estratégias básicas de marketing verde	Estratégias intermediárias de marketing verde	Estratégias intermediárias de marketing verde	Estratégias avançadas de marketing verde	Estratégias avançadas de marketing verde
Recursos Humanos	Conformidade com a legislação trabalhista	Local de trabalho atraente	Equilíbrio trabalho-vida	Necessidades comuns	Equipes colaborativas Equipes simultâneas	Trabalho flexível
Sistemas de informação e comunicação	Troca de informações	Integração de sistemas vagamente	Integração total dos sistemas	Interoperabilidade de sistemas	Sistemas compartilhados	Sistemas de junta
Meio ambiente	Prevenção de Acidentes Resposta de emergência.	Reduzir o impacto ambiental e a pegada ecológica visando padrões ecológicos.	Design para o meio ambiente	Projete para o meio ambiente Projete para custar	Projete para o meio ambiente Projeto para reciclagem Projete para custar	Projetos sustentáveis
Processo de Produção	Conformidade com a lei (fabricação tradicional)	Manufatura enxuta	Produção limpa	Manufatura sustentável	Fabricação em malha fechada	Transferência de tecnologia verde
Qualidade de vida e conexões comunitárias	Conformidade com a lei (resíduos e emissões).	Práticas avançadas de vizinhança.	Responsabilidade social e ambiental	Edifícios / instalações verdes	Vizinhos como partes interessadas Valor compartilhado	Paisagismo verde
Gestão de resíduos	Conformidade com a lei (resíduos e emissões)	Planos de gerenciamento de resíduos	Gestão de retoma.	Resíduos como insumo-recurso	Loops de materiais fechados	Criação de novo mercado de materiais

Fonte: adaptado de Romero e Molina, 2014.

Pascual *et al.* (2003) também elenca 6 níveis de maturidade onde o grupo 1 - organizações relativamente maduras: diz respeito a empresas conhecidas como pioneiras na implementação do design ecológico, que utilizam metas quantitativas e mantêm colaborações com universidades no desenvolvimento de metodologias e ferramentas. No grupo 2 - em vias de maturidade: são empresas que pretendem usar o ecodesign no PDP e já instituem alvos qualitativos sem se comprometerem a atingir um objetivo quantitativo. No grupo 3 - primeiros movimentos: são empresas que pretendem usar o ecodesign no PDP. Contudo, não estabelecem metas ambientais e nem se comprometem em realizar melhorias contínuas em seus produtos. No grupo 4 - partidas com boa intenção: são empresas que afirmam empregar o ecodesign em seu PDP, mas não comprovam. Geralmente são empresa sem experiência suficiente. No grupo 5 - basicamente orientado por publicidade: assim como as empresas do grupo anterior, as organizações deste grupo além de não comprovar o emprego do ecodesign, usam o tema como uma estratégia de marketing para atrair a sensibilidade do consumidor. E no grupo 6 - não publicado / não interessado: são empresas que não se interessam pela causa.

Figura 18 - Síntese dos níveis de maturidade

Autores	Níveis de Maturidade					
	1	2	3	4	5	6
Pascual et al., 2003	X	X	X	X	X	X
Willard, 2005	X	X	X	X	X	
Boks e Stevels, 2007	X	X	X			
Baumgartner e Ebner, 2010	X	X	X	X		
Hallstedt et al., 2010	X	X	X	X	X	
Pigosso et al., 2013	X	X	X	X	X	
Murillo-Lima, 2011	X	X	X	X		
Masalskyte et al., 2014	X	X	X	X	X	
Romero e Molina, 2014	X	X	X	X	X	X
Gaziulusoy, 2015	X	X	X	X	X	
Gouvilhas et al., 2016	X	X	X	X	X	X
Allais et al., 2017	X	X	X	X	X	
	Não conformidade	Conformidade	Interiorização	Exteriorização	Inovação	Excelência

Com base nas escalas de maturidade apresentada por todos os autores, é possível observar um padrão entre a descrição dos níveis (figura 18). Na maioria das propostas, o primeiro nível retrata empresas que não estão preocupadas com a sustentabilidade e com o cumprimento de leis. Ao passo que o segundo nível retrata empresas que visam cumprir com a legislação específica e aumentar suas vantagens competitivas por meio do marketing verde e projetos pequenos. O terceiro nível em sua maioria enquadra empresas que estão iniciando a interiorização dos aspectos de sustentabilidade nos processos operacionais buscando a ecoeficiência e novas oportunidades de mercado. O quarto nível classifica empresas que visam otimizar e exteriorizar suas metas sustentáveis por meio de novas parceiras, da incorporação de

um ciclo fechado de produção e o planejamento de longo prazo. O quinto nível é descrito em maioria como aquele que retrata empresas cuja inovações radicais atingiram a excelência e estão integrados em toda a cadeia de valor, ou seja, são empresas líderes de mercado e referências de transformação. Por fim, o sexto nível retrata empresas que são eco-indústrias maduras o suficiente para manter uma rede de parceiras também eco-industriais, baseada em um sistema de gestão pautado por um novo modelo de negócios. Portanto são empresas que atuam em mercados onde todos os envolvidos já ultrapassaram a excelência e são reconhecidos por seus avanços constantes.

5.2 CONSIDERAÇÕES DA RBS

Com base nos estudos encontrados pela revisão, é possível descrever que para sanar a lacuna sobre como as empresas devem integrar a sustentabilidade em sua rotina é preciso o desenvolvimento de um modelo de maturidade para a sustentabilidade que vise a avaliação, priorização de ações, construção de estratégias, implementação da visão compartilhada e a definição de um caminho de melhoria contínua. No entanto, cabe ressaltar que devido a proliferação de modelos de maturidade abstratos (Albliwi *et al.*, 2014; Van Looy *et al.*, 2010), há pouca documentação sobre como desenvolver um modelo de maturidade que seja teoricamente sólido, rigorosamente testado e amplamente aceito para a integração da sustentabilidade através da evolução das capacidades das empresas (Liyanage, 2007; de Bruin *et al.*, 2005). Ou seja, assim como apontado por Lacerda e Wangenheim, (2018), há uma lacuna de “meios” a ser abordada que apoie a transição (Allais *et al.*, 2017) e quantifique os efeitos intangíveis oriundos da incorporação da sustentabilidade nas empresas (Kiron *et al.*, 2013; Hannaes *et al.*, 2011).

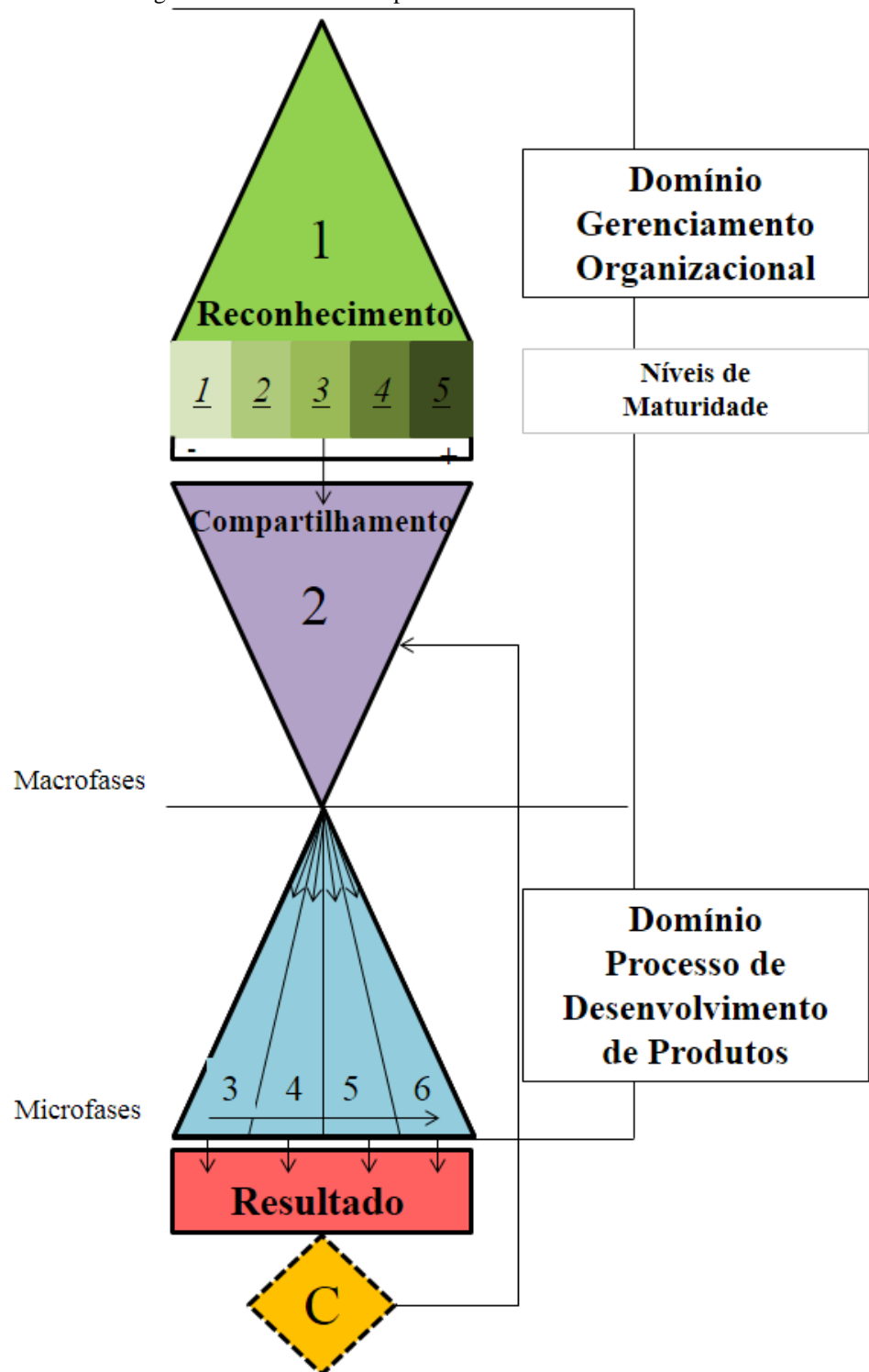
Portanto, com base nos argumentos apresentados nos capítulos anteriores, a presente tese assume que o processo evolutivo para a integração da sustentabilidade pelas empresas deve ser um processo quantificável, colaborativo e com ciclo fechado para englobar toda a organização e seus parceiros externos. Este ciclo se mantém fechado somente se atingir os três principais níveis hierárquicos corporativos: nível estratégico, nível tático e nível operacional. Logo, é imprescindível que as metas de melhoria idealizadas no nível estratégico sejam cumpridas no nível operacional para que o produto final possa ilustrar todo o esforço realizado pela empresa. Em síntese, o modelo proposto na próxima seção é baseado na conexão entre esses três pontos de concentração da teoria descritos nos capítulos anteriores: capacidades dinâmicas, o conjunto dos 15 elementos fundamentais e o conceito de modelo de maturidade.

6 MODELO DE MATURIDADE PARA INTEGRAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO CONTEXTO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Diante das evidências encontradas, o presente estudo desenvolveu o Modelo de Maturidade para Integração da Sustentabilidade no Contexto de Desenvolvimento de Produtos tendo como base o Modelo de Planejamento Estratégico do Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos Sustentáveis (PEPDIPS) (Teixeira e Canciglieri, 2019, Teixeira, 2017) cujo objetivo é nortear a integração da sustentabilidade ao PDP avaliando qualitativa e quantitativamente os requisitos necessários (figura 19). O modelo adota a abordagem *backcasting* para compor um processo cíclico, subsidiando o planejamento estratégico nos aspectos da sustentabilidade com os dados encontrados na avaliação, agregando assim um direcionamento para melhorias mais tangíveis e fidedignas com a situação atual da empresa. Neste sentido, o modelo busca a integração da sustentabilidade nos processos organizacionais e por consequência no PDP, agregando uma visão gerencial para o processo de melhoria contínua da organização como um todo e, consequentemente ao seu produto. Pois para o modelo, o produto representa o resultado (estado final) dos esforços da empresa em prol da sustentabilidade. Deste modo, o modelo visa ajudar as empresas a aprimorar o PDP para a sustentabilidade, avaliando seus pontos fortes e fracos e estabelecendo na organização uma visão compartilhada da importância do tema a partir da colaboração, comunicação, modificação de comportamentos, desempenho, competitividade e planejamento de longo prazo. Para tanto, o modelo adota o conceito de sustentabilidade apresentado pelo *Triple Bottom Line*.

Conforme ilustra a figura 19, o modelo é caracterizado como um modelo de maturidade composto por dois domínios de conhecimentos: o Gerenciamento Organizacional e o Processo de Desenvolvimento de Produtos. O domínio Gerenciamento Organizacional é composto por duas macrofases. Estes dois primeiros estágios são denominados de macrofases porque suas funções influenciam o uso total do modelo. Suas funções são aplicar a avaliação qualitativa (macrofase 1) e elaborar o planejamento estratégico a partir dos dados extraídos na avaliação (macrofase 2). Enquanto o domínio Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) contém os quatro passos seguintes, que correspondem as microfases do modelo. A abordagem deste domínio objetiva a execução dos planos traçados durante a macrofase 2. Em outras palavras, este domínio representa a parte operacional do modelo. Deste modo, a descrição e especificações de cada estágio do modelo segue em subseções de acordo com a ordem dos domínios.

Figura 19 – Estrutura e etapas do modelo.



6.1 DOMÍNIO GERENCIAMENTO ORGANIZACIONAL

6.1.1 Estágio 1: Reconhecimento

A primeira macrofase é denominada de Reconhecimento porque é onde acontece a avaliação e identificação do nível de maturidade dos esforços presente da organização em prol

da sustentabilidade. Essa avaliação é estruturada por um conjunto de 5 critérios que foram desenvolvidos por meio do embasamento apresentado nos capítulos anteriores. Portanto, o delineamento de cada um destes critérios contém a ilustração dos pontos de conexão entre cada parte constituinte do embasamento. Os 5 critérios são: estratégico, organizacional, motivação, operacional e parceria. Cada critério é composto por um número distinto de elementos que são relacionados com cada pilar da sustentabilidade de formas diferentes. Ou seja, alguns elementos abordam com mais ênfase um dos pilares enquanto os outros cobrem mais os pilares restantes. Sendo a junção destes elementos que garantem a abordagem tridimensional da sustentabilidade.

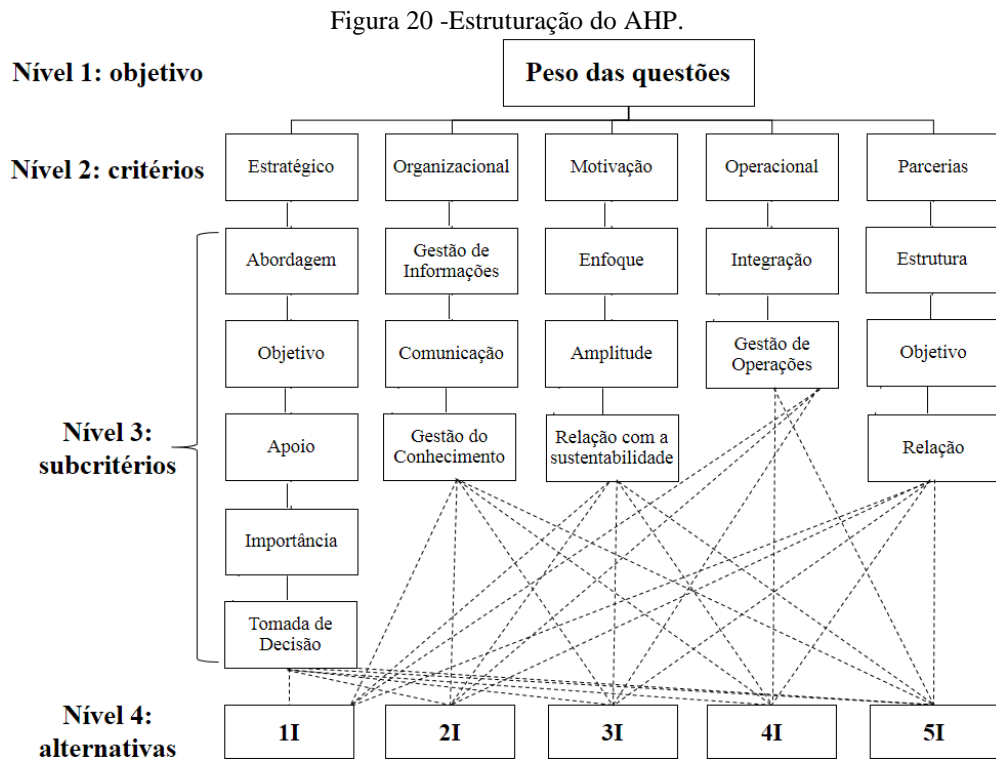
Para o desenvolvimento da avaliação é preciso responder uma série de questionamentos onde a empresa deve identificar qual alternativa de resposta representa com mais fidelidade a sua rotina de desenvolvimento de atividades e tomada de decisões. Cada questão tem um peso distinto para que o resultado seja calculado. A nota de cada alternativa de resposta é atribuída de acordo com a importância dos aspectos para a realização da análise.

O peso de cada questões foi definido a partir do uso do Método AHP (Analytic Hierarchy Process). A finalidade do AHP é minimizar falhas durante o processo de tomada de decisões por meio de classificações da importância relativa dos critérios em comparações pareadas das alternativas para cada critério, gerando um ranking de priorização (Saaty, 1994). Esse método multicritério é de fácil aplicação porque simplifica e estrutura o problema em hierarquias (subproblemas) para organizar os fatores influentes de acordo com a força de cada fator (Saaty, 1994). Essa característica de hierarquização dos fatores influentes permite o julgamento com base em dados qualitativos (ex.: percepções, sentimentos, experiência...) e quantitativos de um problema de decisão (Saaty, 1994). Desta forma, o AHP é um método mais realista que possibilita a inclusão e medição de todos os fatores relevantes, sejam estes tangíveis ou intangíveis, para a obtenção de um resultado numérico, priorizado e conclusivo.

Com base nesta descrição, a escolha do método AHP é justificada pelo fato que muitos pontos da avaliação de maturidade do modelo proposto serem fortemente baseadas em julgamentos subjetivos, problemas complexos e percepções humanas. Também, por causa do método AHP apresentar amplos benefícios quando o problema em questão é difícil de ser quantificado e/ou comparado bem como quando a comunicação entre os avaliadores é desconexa. Além disso, cabe ressaltar a vasta utilização deste método em pesquisas acadêmicas e no desenvolvimento de projetos.

No contexto deste estudo, a construção do AHP começou com a definição do objetivo (determinar o peso de cada questão para a avaliação da maturidade pelo modelo). Na sequência, o objetivo foi decomposto em hierarquias onde os 5 pontos de avaliação da maturidade

(estratégico, organizacional, motivação, operacional e parcerias) foram identificados como sendo os critérios. A partir disso, os elementos que compõem cada um destes 5 critérios foram classificados como subcritérios. Ao final, os níveis da escala de maturidade do modelo foram apresentadas como as alternativas de decisão final, conforme hierarquia na figura 20.



Posteriormente a construção da estrutura do AHP, foi elaborado o questionário para a coleta de dados para a obtenção dos julgamentos de valor. Neste, as questões perguntavam qual era a importância ou qual a influência do aspecto “x”. Para responder, os participantes deveriam ponderar a questão com a escala de importância com estágios de 1 a 9, onde:

Quadro 12 - Valores de importância AHP

Importância	Definição	Descrição
1	Mínima	Quando a contribuição é de igual importância para o objetivo.
2	Baixa	Quando a contribuição é levemente mais importante para o objetivo.
5	Média	Quando a contribuição é fortemente mais importante para o objetivo.
7	Alta	Quando a contribuição é muito fortemente mais importante para o objetivo.
9	Absoluta	Quando a contribuição é extremamente mais importante para o objetivo.
2,4,6,8	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Utilizados quando houve empate no resultado.

Uma vez obtidos os dados, foram desenvolvidas as matrizes de comparação pareadas e calculadas as prioridades para a análise final dos resultados. O questionário obteve o retorno de 34 participantes, com formação em administração, economia, desenho industrial, engenharia elétrica, engenharia mecânica, engenharia de produção. Destes, 97% são mestres ou estão cursando mestrado e 79% são ou estão cursando doutorado em maioria em administração ou engenharia de produção. O resultado obtido determinou os valores para o peso de cada questão, conforme quadro 13:

Quadro 13 - Pesos das questões.

Critérios	Estratégico	Organizacional	Motivação	Operacional	Parcerias
Questão	Pesos em %				
1	5	7	8	7,7	11
2	5	7	8	7,7	11
3	5	7	8	7,7	11
4	5	7	8	7,7	11
5	5	7	8	7,7	11
6	2	7	8	7,7	11
7	5	7	8	7,7	11
8	38	7	8	7,7	11
9	5	7	8	7,7	11
10	5	7	8	7,7	
11	5	7	8	7,7	
12	5	7	8	7,7	
13	5	7		7,7	
14	4	7			
15		7			

Com este resultado, as questões para a construção da avaliação foram elencadas de acordo com os elementos de cada ponto de avaliação. Assim, o peso foi atribuído de acordo com a ordem numérica. Quando uma questão é subdividida, o peso atribuído foi dividido acompanhando o número de vezes que a questão foi dividida. Por exemplo, uma questão presente no questionário do Método AHP pode ter sido separada em duas ou mais perguntas na construção do modelo. Esse número de divisões foi o mesmo usado na divisão do peso. Isso foi desenvolvido para poder explorar em detalhes algum assunto ou para facilitar o entendimento da avaliação. Além disso, com o conjunto das questões foi possível obter o peso que cada elemento tem para o resultado final do critério abordado. Isso significa que os elementos têm pesos distintos, mas a soma do conjunto destes totaliza 100%. Logo, cada um dos 5 critérios de avaliação possui mesmo peso, conforme mostram os quadros (valores arredondados):

Quadro 14 - Pesos do critério estratégico

Ponto de avaliação	Estratégico = peso 100%																		
Elementos	Abordagem						Objetivo	Apoio			Importância				Tomada de Decisão				
Nº questão	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4	
Pesos %	5	5	5	5	5	1	5	38	2	5	5	3	1	3	3	3	1	1	4
Peso total	32%						38%	12%			9%				9%				

Quadro 15 - Pesos do critério organizacional

Ponto de avaliação	Organizacional = peso 100%																
Elementos	Gestão da Informação						Comunicação				Gestão do Conhecimento						
Nº questão	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6
Pesos %	2	7	2	7	7	7	7	2	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Peso total	38%						22%				40%						

Quadro 16 - Pesos do critério motivação

Ponto de avaliação	Motivação = peso 100%														
Elementos	Enfoque			Amplitude						Relação com a sustentabilidade					
Nº questão	1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4
Pesos %	4	4	4	8	4	4	4	8	8	8	8	8	8	8	8
Peso total	12%			54%						33%					

Quadro 17 - Pesos do critério operacional

Ponto de avaliação	Operacional = peso 100%																
Elementos	Integração										Gestão de Operações						
Nº questão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
Pesos %	8	8	8	4	4	8	8	8	8	8	8	8	0	4	8	0	4
Peso total	85%										15%						

Quadro 18 - Pesos do critério parceiras

Ponto de avaliação	Parcerias = peso 100%									
Elementos	Estrutura					Objetivo		Relação		
Nº questão	1	2	3	4	5	1	2	1	2	3
Pesos %	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Peso total	56%					11%		33%		

Assim, o valor de cada elemento (E) é o resultado da soma de cada nota atribuída à resposta (x_{abc}) da questão (c) vezes peso atribuído à questão (γ) dividido pelo valor total do peso atribuído ao E , pertence ao critério (a):

$$E_{ab} = \sum_{c=1}^c \gamma_{abc} x_{abc}$$

Desta forma, o resultado de cada critério (P_a) é a soma dos resultados de E :

$$P_a = \sum_{b=1}^B \beta_{ab} E_{ab}$$

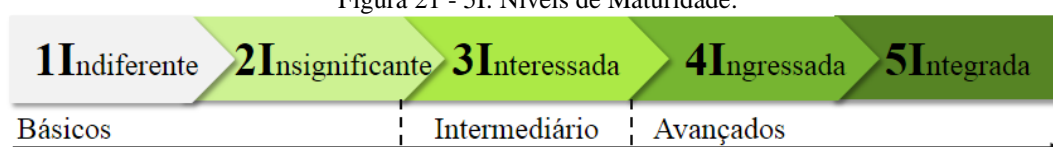
Logo, a maturidade final é resultante da soma de todos os valores dos critérios (α):

$$M = \sum_{a=1}^A \alpha_a P_a$$

Portanto, é possível observar que as variáveis dependentes do modelo são: (*M*) nível de maturidade, (*P*) critério e (*E*) elemento de avaliação. A variável independente do modelo é a nota atribuída à cada questão.

Além da determinação dos pesos de cada elemento e critério da avaliação, os níveis de maturidade empregado no modelo foram definidos com base no referencial teórico apresentado no capítulo 5. Assim, o modelo é composto por 5 níveis de maturidade, denominados de 5I (figura 21). Neste sentido, a sequência dos níveis afirma que quando uma empresa alcança um determinado nível de maturidade significa dizer que todos os processos referentes ao nível anterior foram atingidos.

Figura 21 - 5I: Níveis de Maturidade.



Nível 1 - Indiferente: refere-se às empresas que não objetivam a sustentabilidade ou são resistentes a sua integração. Por efeito, não preveem obter certificações, adoção de quaisquer tipos de medida técnica / organizacional e nem a aplicação de recursos à causa. Ou seja, são empresa que podem estar em conflito com leis e regulamentações.

Nível 2 – Insignificante: refere-se às empresas que não possuem completo conhecimento das vantagens da implementação da sustentabilidade, porém por meio da influência de dados de marketing para atrair a sensibilidade dos consumidores podem ter alguma experiência através de projetos iniciais visando o desenvolvimento de soluções para reduzir desperdícios. Portanto, são empresas com pouca experiência e guiadas pela publicidade. O progresso dos esforços seria apenas para cumprir a legislação, aumentar a produtividade e incrementar a competitividade da empresa, apresentado um comportamento de conformismo e oportunismo. Este esforço ainda não é significativo para alterar a produção ou a estrutura organizacional, por isso a empresa ainda não busca certificados ou a dedicação de recursos acima do necessário para cumprir a meta.

Nível 3 – Interessada: refere-se às empresas que já identificaram que processos internos devem ser implementados para melhoria contínua e eficiência da produção e gestão. Neste sentido, a empresa é capaz de reconhecer as vantagens da inclusão interna da sustentabilidade através da análise estratégica e assim, começa a considerar a sustentabilidade na tomada de decisões com equivalência aos outros interesses da empresa e das partes interessadas; estabelecendo uma consciência e motivação interna para progredir, apresentado um comportamento proativo. Em mais, o gerenciamento do projeto de produtos visa ir além do

cumprimento à legislação, avaliando pontualmente quais são as áreas para a aplicação das primeiras melhorias incrementais e projetos-piloto voltados às estratégias de logística reversa aliadas a reutilização, reciclagem ou remanufatura.

Neste nível, a empresa também deve estabelecer um código de conduta e ética bem como manter a transparência na comunicação interna e declarar publicamente seus valores e responsabilidade social, garantindo condições de trabalho dignas, seguras; combatendo todo e qualquer tipo de discriminação, trabalho escravo, infantil, práticas desleais e a corrupção. Logo, o terceiro nível ilustra uma primeira movimentação em direção à integração da sustentabilidade por meio da estratégia e do desenvolvimento de competências, capacidades e qualificação do pessoal interno da empresa. Ou seja, há o empenho de recursos e modificações tanto na produção quanto na estrutura organizacional. Bem como, pode haver atividades em processo de certificação.

Nível 4 – Ingressada: refere-se às empresas que já possuem algumas atividades certificadas, estando em progresso para identificar como aprimoramentos sustentáveis podem fomentar a inovação radical de seus processos. Portanto, neste nível as empresas compreendem que a sustentabilidade é uma prioridade do sistema, ou seja, produtos, tecnologias e serviços não são capazes de serem sustentáveis isoladamente, mas sim como um componente de um sistema que requer novas capacidades dinâmicas tanto internamente quanto externamente. Essa exteriorização busca por, primeiramente, processos cooperativos com fornecedores e a rede local para criar sistemas reversos e fechados na cadeia de suprimentos que permitam melhorar o desempenho socioambiental em todas as etapas do ciclo de vida do produto e do processo produtivo, o desenvolvimento em conjunto de inovações radicais e novas tecnologias, e a extensão da avaliação e controle de impactos e danos. Em segundo momento, a exteriorização busca criar sistemas de informação conectando empresa-consumidor para detectar novas oportunidades de relacionamento e o engajamento dos consumidores, gerando uma cadeia de valor única, valiosa, imperfeitamente imitáveis e não substituível. Portanto, a sustentabilidade é culturalmente um elemento essencial tanto para o ciclo de vida do produto quanto para o planejamento empresarial. Contudo, ainda que as empresas neste nível apresentem uma maturidade satisfatória, ainda possuem problemas em sua estrutura organizacional para a total integração.

Nível 5 – Integrada: refere-se às empresas que obtêm reconhecimento e reputação pela implementação de um novo modelo de negócios e/ou novo segmento de mercado sustentável devido a sua experiência e por tratar a sustentabilidade conjuntamente com os objetivos prioritários. Logo, todos os princípios e processos são integrados a um único sistema de gestão

sustentável. O pioneirismo destas empresas demonstra a profunda ligação entre a razão da existência de suas atividades e o desenvolvimento sustentável. Portanto, a otimização de suas operações e aspectos institucionais são voltados a remodelação do comportamento do consumidor, buscando apresentar novas formas de uso dos produtos/serviços acarretando novos valores. Além disso, a estrutura organizacional e os processos de produção são capazes de colaborar com a formulação de políticas públicas direcionadas à causa. Ainda assim, atingir a excelência não deve desmotivar o contínuo processo de correções e o desenvolvimento de novos valores.

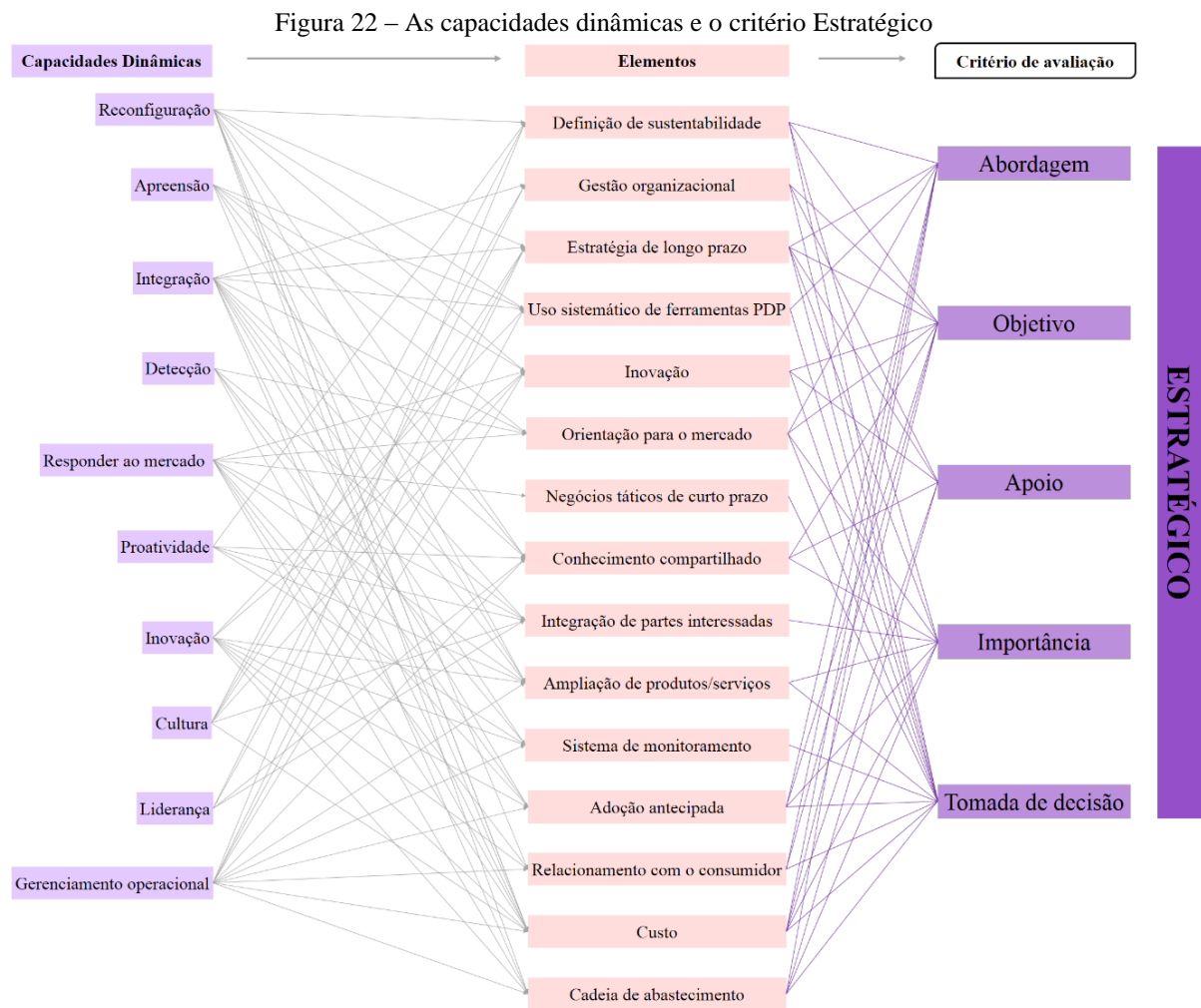
Diante disso, é possível observar que a avaliação da maturidade pode ser aplicada as empresas que ainda são resistentes à integração até as mais experientes. Tendo como base os níveis 1 e o 2, como nível intermediário o nível 3 e os dois últimos como níveis avançados. Em síntese, o avanço do nível 1 para o nível 2 é o cumprimento dos regulamentos e os padrões da indústria. Do nível 2 para o 3, a empresa precisa de colaboração e compreensão para redesenhar o planejamento visando corrigir estratégias e processos para a integração interna da sustentabilidade. Do nível 3 para o nível 4, é necessário que a integração tenha atingido todos os departamentos, buscando fundamentar um desempenho além de seus limites da empresa. Do nível 4 para o nível 5 é preciso que a transformação demonstre que a empresa consegue contribuir para o avanço rumo a uma sociedade mais sustentável.

Além disso, a escala de maturidade do modelo é disposta em três profundidades. Essa disposição descreve primeiramente o nível de maturidade atingido pelo elemento analisado (profundidade 3). Depois, a disposição classifica a maturidade atingida em cada critério separadamente (profundidade 2), ou seja, pela soma dos resultados dos elementos que o compõe. E, por fim, a maturidade geral é identificada pelo resultado do conjunto de critérios (profundidade 1). Em outras palavras, a utilização de diferentes profundidades permite a empresa avaliada observar o resultado de modo geral e superficial (profundidade 1), bem como com um grau de especificação sobre o aspecto avaliado (profundidade 2) e com mais precisão sobre o ponto analisado (profundidade 3).

6.1.1.1 Estágio 1: Reconhecimento – Critério Estratégico

Para aferir o sucesso de uma estratégia de negócio, é preciso saber detalhadamente pelo que a empresa está empregando seus esforços e assim medir o progresso em direção ou afastamento dessa meta. Por isso, o critério estratégico visa avaliar *o que* a sustentabilidade

representa para a existência da empresa e *qual* é o seu grau de influência sobre a tomada de decisão. Ou seja, *como a empresa visualiza exercer a integração da sustentabilidade em seu planejamento estratégico para agregar valor?* Em virtude disso, este primeiro critério é composto por 5 elementos de avaliação que são interligados aos elementos para suporte à integração e as capacidades dinâmicas conforme ilustrado na figura 22. Os 5 elementos de avaliação são: abordagem, objetivo, apoio, importância e tomada de decisão.



O elemento Abordagem avalia a visão que a empresa tem sobre a sustentabilidade pelas seguintes questões:

- 1) Há quanto tempo a sustentabilidade está incluída na gestão estratégica da empresa?
 - a. Não está incluída.
 - b. Menos de 1 ano.
 - c. Entre 5 a 10 anos.
 - d. Entre 10 a 20 anos.
 - e. Desde a fundação da empresa.

- 2) A sustentabilidade está incluída na missão da empresa?
 - a. Sim b. Não
- 3) Em relação a questão 2, se a sustentabilidade está incluída na gestão, qual a extensão desta gestão? (se a resposta da questão 2 foi a letra B, não responda a questão 3).
 - a. Gerenciar melhorias executadas por participantes externos.
 - b. Gerenciar um único departamento interno.
 - c. Gerenciar departamentos interligados.
 - d. Gerenciar toda a empresa.
- 4) Em quais dimensões (ambiental, social e econômica) a sustentabilidade está ligada a estratégia da empresa?
 - a. Apenas econômica.
 - b. Apenas ambiental.
 - c. Apenas social.
 - d. Econômica e ambiental.
 - e. Econômica e social.
 - f. Ambiental e social.
 - g. Econômica, ambiental e social.
- 5) Qual é o impacto direto da sustentabilidade sobre a imagem e reputação da empresa?
 - a. Negativo, reduz a capacidade competitiva da empresa.
 - b. Impõem o cumprimento de normas e legislações.
 - c. É o elemento motivador para inovar.
 - d. É o elemento essencial para a existência da empresa.
- 6) Para a empresa, as estratégias de sustentabilidade são alteradas com o tempo para:
 - a. Para evitar riscos e punições.
 - b. Apenas para poder ofertar produtos/serviços com algum aspecto sustentável.
 - c. Para ganhar vantagem competitiva frente aos concorrentes em médio prazo.
 - d. Para manter o alinhamento com os objetivos sustentáveis de longo prazo.
- 7) Até quando a empresa visa a obtenção de certificações de sustentabilidade?
 - a. A empresa só visa obter certificações se estas trouxerem vantagens competitivas ou forem obrigatórias.
 - b. A empresa visa obter certificações para formalizar as melhorias atingidas.
 - c. A empresa visa obter mais do que certificações obrigatórias para garantir sua diferenciação.

- d. A empresa visa obter certificações, obrigatórias ou não, para garantir a sua diferenciação e poder ampliar as possibilidades de participações em nichos de mercados diversos (nacional, internacional, específicos, dinâmicos, etc).

Conforme as respostas selecionadas, é possível identificar a maturidade da empresa em profundidade 3 de acordo com a descrição no quadro 19 (valores normalizados ver tabela 1, apêndice A):

Quadro 19 - Escala de maturidade Elemento Abordagem

Elemento: Abordagem		
Estratégico	1I	A sustentabilidade não é abordada.
	2I	A sustentabilidade é abordada apenas para a valorização da imagem da empresa e/ou para o cumprimento de leis, ou seja, fatores externos não controláveis.
	3I	A sustentabilidade começa a ser integrada, configurando-se como um importante motor para a empresa, mas não está em total consenso com os objetivos centrais.
	4I	A sustentabilidade é a base para a inovação e a melhoria contínua do desempenho da empresa, construindo um modelo operacional dinâmico e aliado com os fatores externos.
	5I	A sustentabilidade é essencial para o sucesso da empresa, estando integrada com todos os objetivos em todas as atividades realizadas.

O elemento Objetivo identifica o propósito da integração questionando:

- 1) Qual o significado de integrar a sustentabilidade nas atividades da empresa?
 - a. A empresa não tem o objetivo de integrar a sustentabilidade em suas atividades, pois isso significa um aumento nos custos.
 - b. Significa uma oportunidade de mercado momentânea cujo propósito da empresa é realizar pequenas melhorias em produtos já lançados para atender momentaneamente as demandas, mantendo o ciclo de vida do produto linear.
 - c. Significa uma oportunidade para melhorar e alcançar a conformidade, realizando melhorias fixas em seu mix de produtos, porém ainda mantendo a avaliação do ciclo de vida do produto linear.
 - d. É uma forma de diferenciação frente aos concorrentes, pois o propósito da empresa é apresentar melhorias inovadoras para manter a avaliação do ciclo de vida do produto fechado.
 - e. O proposto da empresa é desenvolver um novo segmento de mercado por meio do ciclo de vida fechado de seus produtos, apresentando novos valores, recompensas e o relacionamento com todas as partes interessadas e afetadas pela empresa.

Conforme a resposta selecionada, é possível identificar a maturidade da empresa em profundidade 3 de acordo com a descrição no quadro 20 (valores normalizados ver tabela 1, apêndice A):

Quadro 20 - Escala de maturidade Elemento Objetivo

Elemento: Objetivo	
1I	Não há objetivos sustentáveis na empresa.
2I	O objetivo da empresa é prioriza o capital financeiro.
3I	O objetivo da empresa é prevenir impactos de acordo com as regulamentações, melhorar a qualidade de seus produtos, aumentar a produtividade e a eficiência do uso de insumos e recursos.
4I	O objetivo da empresa é ir além da conformidade com a legislação, envolvendo ao máximo possível operações e agentes para gerar inovações radicais.
5I	O objetivo da empresa é desenvolver suas atividades por meio do processo participativo e integrado por toda rede (interna e externa) a fim de gerar um novo mercado ou reconhecimento único.

O terceiro elemento - Apoio - avalia o relacionamento da alta gerência para a integração com as questões:

- 1) A integração da sustentabilidade é um processo apoiado pela gestão superior?
 - a. Sim. b. Não
- 2) Para os colaboradores internos da empresa, a alta administração é reconhecida por desempenhar um papel importante para integrar a sustentabilidade?
 - a. Não é reconhecida.
 - b. Reconhecida por menos de 10 % dos colaboradores internos.
 - c. Reconhecida por até 25 % dos colaboradores internos.
 - d. Reconhecida por até 50 % dos colaboradores internos.
 - e. Reconhecida por até 80 % dos colaboradores internos.
 - f. Reconhecida por quase todos ou todos os colaboradores internos.
- 3) Existe na empresa um comitê responsável pela integração da sustentabilidade? Quem o compõem?
 - a. Não existe um comitê responsável.
 - b. É constituído apenas por colaboradores externo da empresa.
 - c. É constituído exclusivamente por membros da alta administração.
 - d. É constituído por um determinado departamento designado especialmente para isto, mas é não sua função exclusiva.
 - e. É a única função de um departamento designado para isto.
 - f. Há responsáveis pelo tema em cada departamento da empresa.

Conforme as respostas atribuídas, é possível identificar a maturidade da empresa em profundidade 3 de acordo com a descrição no quadro 21 (valores normalizados ver tabela 1, apêndice A):

Quadro 21 - Escala de maturidade Elemento Apoio

Elemento: Apoio	
1I	Não há apoio para integrar a sustentabilidade.
2I	Apoio é mantido informalmente.
3I	Apoio e liderança são convencionais para tratar o tema como um ponto a mais na gestão, por isso há uma unidade/equipe interna qualificada, mas não totalmente dedicada cuja função é internalizar a sustentabilidade e identificar os recursos disponíveis para a integração.
4I	Há o apoio e a liderança formal para orientar a integração da sustentabilidade. Quase todos os participantes internos possuem consciência e qualificação para integrar a sustentabilidade na tomada de decisões e nas operações. Isto se deve à promoção da visão para a sustentabilidade compartilhada entre todos os patamares da empresa.
5I	O apoio e a liderança buscam o estabelecimento de uma cultura fundamentada em princípios e valores comuns agregados em todos os processos. Além disso, todos os participantes (internos/externos) são tidos como ativos valiosos da organização. Por isso, são estimulados a desenvolver o pensamento criativo e flexível para manter um ambiente de aprendizado com o compartilhamento de informações.

O elemento Importância avalia o quão comprometida a empresa está para integrar a sustentabilidade observando as respostas para as seguintes questões:

- 1) Atingir novos resultados por causa da sustentabilidade é importante para a empresa?
 - a. Não.
 - b. Sim, mas apenas no curto prazo.
 - c. Sim, mas apenas em médio prazo.
 - d. Sim e em longo prazo.
 - e. Sim, em todos os momentos.
- 2) Se a resposta anterior foi sim, a empresa identifica para quem são os benefícios destes resultados? (se a resposta da questão 1 foi não, passe para a questão 3).
 - a. Apenas para a empresa.
 - b. Para a empresa e seus acionais.
 - c. Para a empresa, acionista e comunidade interna (colaboradores e parceiros).
 - d. Para a empresa, acionistas, comunidade interna e qualquer parte interessada externa (sociedade em geral).
- 3) A sustentabilidade é um tema importante para o desenvolvimento de pesquisas, análise do mercado e/ou novas tecnologias?
 - a. Não se aplica.
 - b. Sim, para analisar apenas o mercado.
 - c. Sim, para analisar o mercado e tecnologias para componentes do produto.

- d. Sim, para analisar o mercado, tecnologias para componentes do produto e processos de produção.
 - e. Sim, para analisar o mercado, tecnologias para componentes do produto, processos de produção e sistemas.
- 4) A empresa alia a integração da sustentabilidade em prol de um compromisso internacional?
- a. Sim.
 - b. Não.

Conforme as respostas atribuídas, é possível identificar a maturidade da empresa em profundidade 3 de acordo com a descrição no quadro 22 (valores normalizados ver tabela 1, apêndice A):

Quadro 22 - Escala de maturidade Elemento Importância

Elemento: Importância		
Estratégico	1I	A sustentabilidade não é importante para a empresa.
	2I	A importância da inclusão da sustentabilidade é restrita à análise mercadológica.
	3I	A importância da sustentabilidade para a empresa já é identificada, mas ainda são necessários muitos esforços para alinhá-la totalmente ao princípio da empresa.
	4I	Os princípios centrais da empresa são interdependentes da sustentabilidade.
	5I	A sustentabilidade recebe igual importância a outros critérios, pois ela tem o papel de impulsionar o negócio, ou seja, a empresa é guiada pelos princípios da sustentabilidade.

O elemento Tomada de Decisão avalia qual é o grau de influência que a sustentabilidade tem sobre as decisões da empresa. Por isso, são questionados os seguintes pontos:

- 1) Os resultados oriundos de esforços sustentáveis foram suficientes para causar alterações no modelo de negócios da empresa?
 - a. Não se aplica porque a empresa não busca integrar a sustentabilidade.
 - b. Não foi suficiente para alterar.
 - c. Foi suficiente para alterar uma pequena parcela do modelo de negócio da empresa.
 - d. Foi suficiente para iniciar um processo para transformar o modelo de negócio.
- 2) O processo de tomada de decisão considera como os fatores de riscos relacionados a sustentabilidade podem impactar no planejamento estratégico da empresa?
 - a. Não porque a empresa não busca integrar a sustentabilidade.
 - b. Sim, mas limita-se ao planejamento de curto prazo.
 - c. Sim, mas limita-se ao planejamento de médio prazo.
 - d. Sim, em todos os momentos.

- 3) Se a resposta anterior foi sim, a tomada de decisão para implementar melhorias sustentáveis nos resultados da empresa pondera:
- Avaliar o custo do processo.
 - Avaliar a reação do mercado.
 - Avaliar como serão desenvolvidas melhorias no setor operacional.
 - Avaliar como serão desenvolvidas melhorias na estrutura organizacional da empresa.
 - Avaliar se novas tecnologias são viáveis ou não dentro do planejamento da empresa.
- 4) A empresa identifica como barreiras para a tomada de decisão (podem ser marcados mais de uma opção):
- Não identifica nenhuma barreira porque não busca integrar a sustentabilidade.
 - Leis ambíguas.
 - Dificuldade de identificar a importância da sustentabilidade para a empresa.
 - Barreiras financeiras (custo).
 - Incerteza de retorno do capital.
 - Incerteza de retorno de diferenciação de mercado.
 - Não ter conhecimento para identificar o ponto inicial do processo de transformação.
 - Não sabem como gerenciar o processo de transformação devido a fragmentação da empresa.
 - Falta de conhecimento técnico (ex. para uso de ferramentas).
 - Dificuldades de comunicação.
 - Dificuldade para inovação porque isso depende de pesquisas.

Conforme as respostas atribuídas, é possível identificar a maturidade da empresa em profundidade 3 de acordo com a descrição no quadro 23 (valores normalizados ver tabela 1, apêndice A):

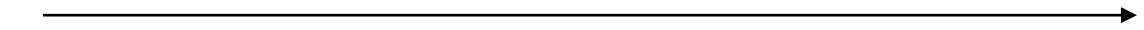
Quadro 23 - Escala de maturidade Elemento Tomada de Decisão

Elemento: Tomada de Decisão		
Estratégico	1I	Não se aplica em relação à sustentabilidade.
	2I	A tomada de decisão é fundamentada no equilíbrio risco <i>versus</i> recompensa.
	3I	A tomada de decisão consiste na adaptação da sustentabilidade, almejando a competitividade através do planejamento e controle de processo individualizados.
	4I	A tomada de decisão foca no planejamento e no controle de múltiplas atividades, visando corrigir continuamente as adaptações e implementar ações antecipatórias uma vez que os custos da implementação da sustentabilidade começam a ser absorvidos e distribuídos entre os processos. Neste nível, a gestão já começa a ser mais participativa e flexível.

5I	A tomada de decisão constitui-se por ações proativas, transparentes, otimizadas e integradas que promovem insights rápidos e importantes para solucionar problemas de maneira criativa.
----	---

Com a finalização da avaliação de todos os elementos que constituem o critério, é possível observar o grau de maturidade atingido em profundidade 2 de acordo com a tabela 2 (valores normalizados) no apêndice A. A descrição da maturidade em nível de critério é apresentada no quadro 24. O gabarito com as notas atribuídas em cada alternativa de resposta também consta no apêndice A, tabela 3.

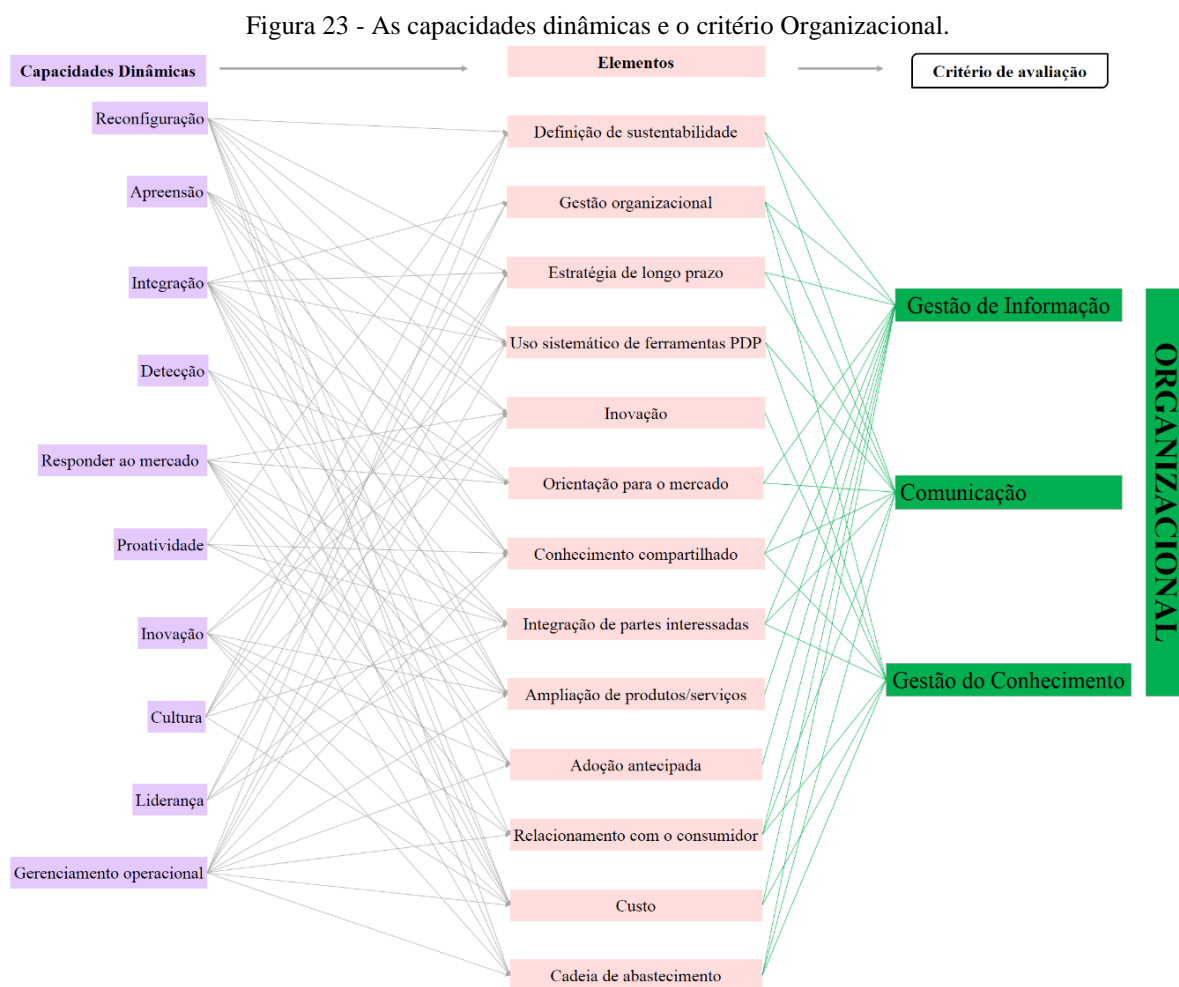
Quadro 24 - Escala de Maturidade critério Estratégico

Estratégico						
		1I	2I	3I	4I	5I
Evolução						
	Não há planejamento estratégico para a sustentabilidade	Planejamento estratégico restrito ao mercado	Planejamento estratégico para a integração	Planejamento estratégico para a diferenciação	Planejamento estratégico para a criação de novo valor	

6.1.1.2 Estágio 1: Reconhecimento – Critério Organizacional

A falta de definição estratégica é uma barreira geralmente percebida no primeiro momento quando se aborda a integração da sustentabilidade. Mas, quando se atinge um segundo momento, outro problema relevantemente notado são as barreiras estruturais presentes na empresa. Neste sentido, o significado da palavra estrutura diz respeito ao modo com o qual as ações e operações da empresa são coordenadas e implementadas. Em outras palavras, é a estrutura organizacional que designa a atenção dos envolvidos na missão da inclusão da sustentabilidade em toda a organização, influenciando o poder e a autoridade de cada parte constituinte. De acordo com Doppelt e McDonough (2003, p.119): “*a transição deve ser suficientemente grande para representar todas as unidades e funções essenciais dentro da organização para obter sucesso, mas pequena o suficiente para garantir que a equipe possa realizar seu trabalho com eficiência. O número de pessoas deve ser suficiente para inclinar o peso da organização ou unidade em direção à sustentabilidade*”. Portanto, a estrutura organizacional deve ser visualizada como um fator determinante na capacidade da empresa para cumprir com sucesso a visão e as estratégias previamente elaboradas em prol da sustentabilidade. Logo, é importante avaliar *como* é ofertado e disponibilizado o desenvolvimento de novas capacidades e conhecimentos questionando: *como são convergidos*

os valores, crenças, comportamentos e a missão da empresa para a proposição de valor em prol da sustentabilidade? Em virtude disso, este segundo critério é constituído por três elementos de avaliação que são interligados aos elementos para suporte à integração e as capacidades dinâmicas conforme ilustrado na figura 23. Os três elementos de avaliação são: gestão da informação, comunicação, gestão do conhecimento.



O primeiro elemento - Gestão de Informação, avalia como é estruturado o envolvimento dos participantes para a integração com as questões:

- 1) Existe o compartilhamento interno de informações para orientar o processo de melhorias?
 - a. Não há compartilhamento de informações.
 - b. O compartilhamento de informações é restrito a alta administração.
 - c. O compartilhamento de informações é restrito a especialistas para a implementação de ações em curto e médio prazo apenas em pontos previamente estabelecidos.

- d. O compartilhamento de informações é hierarquizado (de quem detém da informação até quem deve receber) e restrito a determinados departamentos atingidos por estas.
- e. As informações são disponíveis a todos os envolvidos com as atividades da empresa para que possam compreender as mudanças necessárias, mantendo um canal de informação retroativo para elaboração de ações com base em conhecimentos oriundo da experiência de todos afim de conseguir avaliar os resultados obtidos com o máximo de detalhamento possível.

Se a resposta tenham sido a letra A, a avaliação é encerrada.

- 2) Como as informações sobre os aspectos da sustentabilidade são coletadas?
 - a. O processo de coleta de informações é desorganizado.
 - b. O processo de coleta de informações é individualizado (por unidade funcional).
 - c. O processo de coleta de informações é padronizado em toda a empresa.
 - d. O processo de coleta de informações é padronizado e atualizado em tempo real.
- 3) Como os colaboradores da sua empresa descrevem o quão bem informados estão sobre a visão de sustentabilidade da sua empresa?
 - a. Não se sentem informados.
 - b. Acreditam serem muito pouco informados.
 - c. Acreditam serem apenas um pouco informados.
 - d. Acreditam serem parcialmente informados.
 - e. Acreditam serem totalmente informados.
- 4) A empresa considera que a gestão de informação deve conter mecanismos de feedback?
 - a. Não considera.
 - b. Considera apenas internamente.
 - c. Considera internamente e com parceiros externos (fornecedores e clientes).
- 5) Durante a elaboração do planejamento para o desenvolvimento de produtos, a gestão de informação da empresa considera relevante ponderar:
 - a. Apenas informações fornecidas pela alta administração.
 - b. Apenas informações fornecidas pela alta administração e o departamento de marketing e afins.
 - c. Apenas informações fornecidas pela alta administração, departamento de marketing e afins, e o departamento de produção e afins.
 - d. Apenas informações fornecidas pela alta administração, departamento de marketing e afins, departamento de produção e afins, e de parceiras universitárias.

- e. Apenas informações fornecidas pela alta administração, departamento de marketing e afins, departamento de produção e afins, parceiras universitárias e outras fontes relevantes da sociedade.
- 6) Quando um problema é detectado, a gestão de informação visa orientar quem para resolver a situação:
- Apenas a alta administração.
 - A alta administração e quem possui a autoridade no setor, pois esta pessoa deve ser a única capaz de gerar soluções.
 - Visa informar a quem tem as habilidades e competências certas para gerar soluções, pois a autoridade é descentralizada e/ou flexível em harmonia à responsabilidade atrelada.
- 7) O código de conduta e ética da empresa é baseado em:
- Apenas nos princípios oriundos da própria organização.
 - Em princípios oriundos da organização em harmonia com a legislação.
 - Em princípios próprios da organização, da legislação e de entidades que representam a sociedade (ex.: Organização das Nações Unidas, entidades relevantes ao setor específico da empresa, entidades que discutem o desenvolvimento sustentável).

Conforme as respostas obtidas, é possível identificar a maturidade da empresa em profundidade 3 de acordo com a descrição no quadro 25 (valores normalizados ver tabela 4, apêndice B):

Quadro 25 - Escala de maturidade Elemento Gestão da Informação

Elemento: Gestão da Informação		
Organizacional	1I	Não há gestão de informação para a sustentabilidade na empresa.
	2I	A gestão de informação visa pontuar que a sustentabilidade é apenas um dos elementos para atingir/manter a vantagem competitiva.
	3I	A gestão de informação visa subsidiar a tomada de decisão e elaboração dos planos em prol da sustentabilidade.
	4I	A gestão de informação é tratada como um recurso usado estrategicamente para ampliar a consistência da integração da sustentabilidade.
	5I	A gestão de informação é operacionalizada com fluxo livre para o compartilhado e aquisição de conhecimento com alvo na geração de novas competências, capacidades, vantagens competitivas; aumentar a velocidade de resposta ao mercado e a eficácia nos processos; incorporando o desenvolvimento sustentável como valor intrínseco.

Na sequência da avaliação, o elemento Comunicação avalia como são transmitidos os conhecimentos e informações para a integração, por isso pontua sobre:

- 1) Existe um canal de comunicação interno para a sustentabilidade na empresa?

- a. Não. b. Sim.
- 2) Existe um canal de comunicação externo para a sustentabilidade na empresa?
- a. Não b. Sim

Se ambas as respostas anteriores tenham sido não, a avaliação é encerrada.

- 3) Na condição atual da empresa, qual tipo de canal de comunicação é o melhor para compartilhar as informações?
- a. Canais internos que atendam apenas a gestão superior.
- b. Canais internos que compartilhem informação entre a gestão superior e os acionistas.
- c. Canais que compartilhem informação entre a gestão superior, acionistas e clientes.
- d. Canais que compartilhem de forma transparente informação entre todas as partes interessadas e com foco no engajamento.
- 4) Qual a importância da comunicação ser uma fonte de conhecimento e qual nível de interdependência deve gerar?
- a. Nenhum nível de interdependência (não é preciso compartilhar conhecimentos), mas sim informar o papel de cada uma dentro das operações.
- b. A nível individual (de pessoa para o grupo) apenas para reunir os dados desejados.
- c. A nível de grupos (de grupo a grupo de departamentos) para abastecer os mecanismos que transformam dados em fontes para impulsionar o conhecimento.
- d. A nível de grupos para toda a organização para reunir dados, gerar conhecimento e ouvir ideias.

Conforme as respostas atribuídas, é possível identificar a maturidade da empresa em profundidade 3 de acordo com a descrição no quadro 26 (valores normalizados ver tabela 4, apêndice B):

Quadro 26 - Escala de maturidade Elemento Comunicação

Elemento: Comunicação		
Organizacional	1I	Não há canais de comunicação para a sustentabilidade na empresa.
	2I	Canais informais são utilizados para divulgar os planos sustentáveis da empresa.
	3I	Canais de comunicação são designados para promover a integração da sustentabilidade, porém não há a participação de todos os setores da empresa.
	4I	Canais de comunicação são estruturados em ciclos de realimentação que englobam todos os setores da empresa, buscando aprofundar os diálogos que impulsionem o aprendizado organizacional e propague mudanças comportamentais.
	5I	Os canais de comunicação são estruturados para garantir que haja a participação e o envolvimento de todas as partes interessadas no processo de tomada de decisão. É uma ferramenta usada para reforçar que a sustentabilidade é intrínseca à cultura da empresa.

Por fim, último elemento Gestão do Conhecimento avalia como é ofertado o desenvolvimento de novas capacidades e conhecimentos para a integração, questionando:

- 1) Qual a importância de existir um programa de aprendizado ofertado pela empresa?
 - a. Não há necessidade de ofertar um programa de aprendizado.
 - b. A oferta deve desenvolver os requisitos para apenas atingir as metas traçadas.
 - c. Uniformizar capacidades entre os envolvidos.
 - d. Recompensar para estimular a busca por mais formação.
 - e. Visa desenvolver novas capacidade para impulsionar a inovação na empresa.

Se a resposta foi a letra A, a avaliação é encerrada.

- 2) Treinamentos são ofertados para todos os envolvidos?
 - a. Não.
 - b. De modo restrito à apenas quem é envolvido na transformação e com tópicos específicos.
 - c. Sim, as todos os envolvidos de acordo com o tópico correspondente as funções exercidas.
- 3) A empresa acredita que a melhor forma de desenvolver o aprendizado é:
 - a. Individualmente.
 - b. Por meio de incentivos internos da equipe.
 - c. Por meio de gerenciamento interdepartamental.
 - d. Com o planejamento e a participação de membros externos.
- 4) A empresa acredita que a melhor forma de gerar conhecimento em grupo é:
 - a. Aleatoriamente.
 - b. Desenvolvimento individual.
 - c. Compartilhamento de conhecimento.
 - d. Cocriação / desenvolvimento coletivo.
- 5) Como o conhecimento desenvolvido dentro da empresa é validado?
 - a. Não há validação.
 - b. Pelo nível hierárquico superior.
 - c. Por especialistas.
- 6) Como o conhecimento é reutilizado dentro da empresa?
 - a. O conhecimento adquirido é armazenado para consultas eventuais.
 - b. O conhecimento adquirido é direcionado e gerenciado para uso em projetos novos.
 - c. O conhecimento adquirido é reutilizado para o desenvolvimento de inovações.

Conforme as respostas atribuídas é possível identificar a maturidade da empresa em profundidade 3 de acordo com a descrição no quadro 27 (valores normalizados ver tabela 4, apêndice B):

Quadro 27 - Escala de maturidade Elemento Gestão do Conhecimento

Elemento: Gestão do Conhecimento		
Organizacional	1I	O aprendizado não é valorizado.
	2I	Oportunidade para o aprendizado é ofertada para suprir necessidades funcionais.
	3I	Um ambiente de aprendizado em equipe é estabelecido para melhorar a eficiência e as competências interfuncionais para a sustentabilidade.
	4I	A gestão de conhecimento foca na transferência contínua de conhecimentos organizacionais para aprimorar competências e as capacidades de inovação dos envolvidos, mantendo uma linguagem comum.
	5I	A gestão de conhecimento é vista como uma fonte para agregar novas oportunidades de negócio aliadas a estratégia da empresa.

Com todos os elementos avaliados, é possível observar o grau de maturidade atingido no critério organizacional em profundidade 2 de acordo com a tabela 5 (valores normalizados) no apêndice B. A descrição da maturidade em nível de critério é apresentada no quadro 28. O gabarito com as notas atribuídas em cada alternativa de resposta também consta no apêndice B, tabela 6.

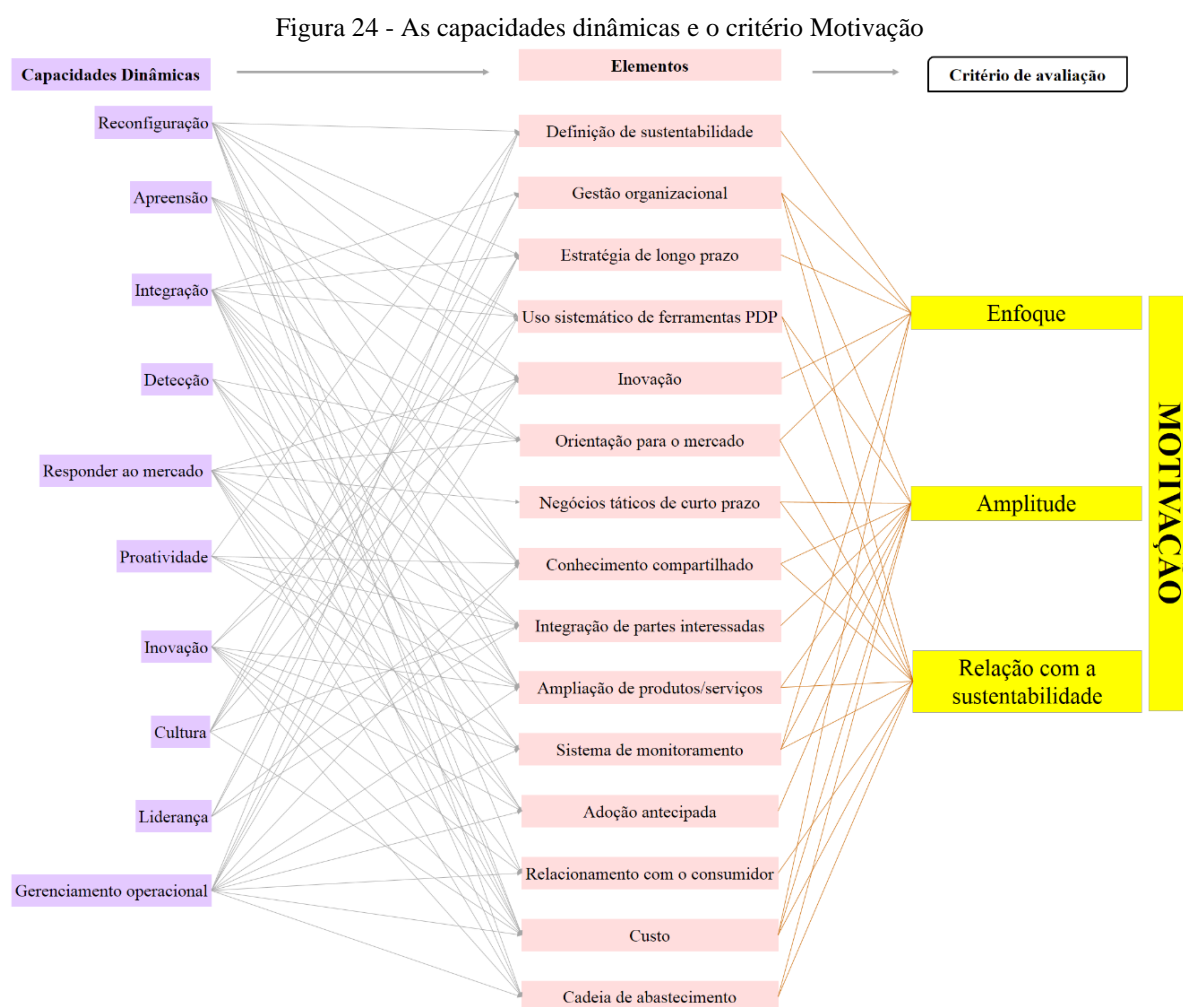
Quadro 28 - Escala de Maturidade no critério Organizacional

Organizacional					
Evolução	1I	2I	3I	4I	5I
		→			
	Sem estrutura organizacional para o desenvolvimento sustentável.	Estrutura organizacional voltada à obtenção de vantagem.	Estrutura organizacional voltada para a integração.	Estrutura organizacional voltada para a criação de valor e aprendizado.	Estrutura organizacional integrada com a sustentabilidade

6.1.1.3 Estágio 1: Reconhecimento – Critério Motivação

Para saber se implementar as novas estratégias e melhorias organizacionais propostas será uma tarefa fácil ou difícil é preciso averiguar o comportamento dos colaboradores e das partes interessadas. Quando as pessoas entendem a importância da mudança em prol da sustentabilidade, elas também formam laços emocionais que demonstram o motivo de seu empenho. Em virtude disso, o terceiro critério Motivação avalia o contexto interno para indicar como a integração poderá ser propagada e qual será a velocidade deste processo. Ou seja, se os colaboradores responderam que as questões sustentáveis devem ser prioridades é provável que

a integração ocorrerá de forma mais natural e rápida. Caso contrário, será preciso empregar um esforço maior em um período de tempo também maior para que as pessoas abandonem o comportamento relutante e visualizem os aspectos positivos da mudança. Assim, este critério é constituído por três elementos de avaliação que são interligados aos elementos para suporte à integração e as capacidades dinâmicas conforme ilustrado na figura 24 para responder a questão: *Como a empresa motiva as pessoas envolvidas para integrar a sustentabilidade em suas atividades?*



O elemento Enfoque avalia o propósito da motivação da integração, observando se:

- 1) Os colaboradores internos da empresa compreendem qual o motivo da integração da sustentabilidade?
 - a. Não, a maioria acreditam que não existem problemas relacionados com a sustentabilidade para serem solucionados.
 - b. A maioria acreditam que o propósito é somente cumprir a lei.
 - c. A maioria acreditam que o propósito é somente atender o consumidor.
 - d. A maioria acreditam que o propósito é melhorar para gerar impactos positivos.

Se resposta foi A, a avaliação é encerrada.

- 2) Os colaboradores internos da empresa compreendem qual é o vínculo entre a sustentabilidade e a existência da empresa?
 - a. Simplesmente gerar receitas com o produto ofertado.
 - b. Simplesmente gerar receitas com o produto ofertado causando impactos aceitáveis pela regulação dentro dos sistemas de produção lineares.
 - c. Simplesmente gerar receitas com o produto ofertado reduzindo o máximo possível dos impactos gerados dentro dos sistemas de produção lineares.
 - d. Simplesmente gerar receitas com o produto ofertado sem causar impactos ou tentar regenerar os efeitos negativos dentro do sistema de produção fechado.
- 3) Os colaboradores internos da empresa estão cientes da sua colaboração para integrar a sustentabilidade?
 - a. Os colaboradores não são cientes de sua participação.
 - b. Os colaboradores acreditam que sua participação é para cumprir com a lei.
 - c. Os colaboradores acreditam que a participação parte da boa vontade de cada um porque gera o sentimento de aprovação (estar fazendo o certo).
 - d. Os colaboradores estão cientes de sua participação como parte do esforço coletivo em busca de inovações (buscar fazer além do que é considerado certo no agora).

Conforme as respostas atribuídas, é possível identificar a maturidade da empresa em profundidade 3 de acordo com a descrição no quadro 29 (valores normalizados ver tabela 7, apêndice C):

Quadro 29 - Escala de maturidade Elemento Enfoque

Elemento: Enfoque		
Motivação	1I	Não há motivação para a sustentabilidade na empresa.
	2I	O desenvolvimento de processos motivacionais não são focados na sustentabilidade.
	3I	Os processos motivacionais buscam por engajar os participantes com a iniciativa estabelecida pela empresa, estimulando a cooperação interna das equipes.
	4I	Uma vez que os colaboradores internos compreendem o motivo da iniciativa, o processo motivacional busca por abranger a cooperação externa em prol da iniciativa. Há a mensuração de desempenho semi-integrado entre as equipes.
	5I	Os processos comportamentais são elaborados visando estabelecer uma perspectiva de autogestão de trabalho para atender as expectativas compartilhadas.

Na sequência, o elemento Amplitude avalia a totalidade dos setores envolvidos para a transformação, questionando:

- 1) Para os colaboradores internos, a iniciativa de agregar a sustentabilidade é uma ação que deve ser executada por quem?

- a. Por ninguém.
 - b. Apenas pela alta administração.
 - c. Por departamentos específicos.
 - d. Por parceiros externos.
 - e. Por todos os envolvidos com a empresa.
- 2) Para os colaboradores internos, há chances de sucesso na realização da transição do modo atual de operação da empresa para um mais sustentável?
- a. A empresa não tem chances de atingir o sucesso, pois é sem experiência / sem compreensão do assunto.
 - b. A empresa precisa realizar muitos esforços para ter chances de atingir o sucesso porque não compreendem completamente o assunto.
 - c. A empresa precisa realizar poucos ajustes para ter chances de atingir o sucesso porque tem conhecimento, mas é sem experiência.
 - d. A empresa tem chances de atingir o sucesso porque realiza constantemente ajustes para atualizar suas operações com tecnologias mais sustentáveis (é especialista/experiente).
- 3) Como os colaboradores internos classificam a prioridade da sustentabilidade em comparação com as outras tarefas?
- a. Nenhuma prioridade.
 - b. Prioridade baixa.
 - c. Prioridade média.
 - d. Prioridade alta.
- 4) As iniciativas devem ser realizadas com qual rapidez?
- a. Não se aplica a empresa.
 - b. Para evitar multas e punições (curto prazo).
 - c. Para atender aos consumidores (de curto à médio prazo).
 - d. Para poder participar de novos mercados (médio prazo).
 - e. Para manter o sucesso da empresa (longo prazo).
- 5) A empresa acredita que melhorias sustentáveis devem abranger qual percentual dos produtos ofertados pela empresa?
- a. Zero.
 - b. Até 25 %.
 - c. Até 50 %.
 - d. Até 75 %.

- e. 100%.
- 6) A empresa acredita que melhorias sustentáveis devem abranger qual percentual dos processos de produção?
- Zero.
 - Até 25 %.
 - Até 50 %.
 - Até 75 %.
 - 100%.
- 7) A empresa acredita que melhorias sustentáveis devem abranger qual percentual do número total de colaboradores da empresa?
- Zero.
 - Até 25 %.
 - Até 50 %.
 - Até 75 %.
 - 100%.
- 8) A empresa acredita que melhorias sustentáveis devem abranger qual percentual da estrutura total da empresa?
- Zero.
 - Até 25 %.
 - Até 50 %.
 - Até 75 %.
 - 100%.

Conforme as respostas atribuídas, é possível identificar a maturidade da empresa em profundidade 3 de acordo com a descrição no quadro 30 (valores normalizados ver tabela 7, apêndice C):

Quadro 30 - Escala de maturidade Elemento Amplitude

Elemento: Amplitude		
Motivação	1I	Não são notórias melhorias sustentáveis na empresa.
	2I	A amplitude das melhorias sustentáveis não busca por desenvolver um desempenho coletivo. Apenas em pontos mais convenientes.
	3I	A amplitude de motivação é interna, mantendo relacionamentos para o compartilhamento de experiências com o propósito de melhorar o desempenho da equipe. Valorizando avanços incrementais em aspectos tangíveis como fontes provedoras de significativas melhorias no desempenho.
	4I	A amplitude de motivação abrange o coletivo interno e externo, estruturando a melhoria de desempenho entre as equipes, mantendo a cooperação proativa com base na cultura e nos valores organizacionais. Valorizando avanços radicais em

	aspectos tangíveis como fontes provedoras de significativas melhorias no desempenho.
5I	A amplitude de motivação visa agregar significado, valor e objetivos comuns ao desempenho das funções. Gerando satisfação, identidade e responsabilidade com o resultado atingido. Valorizando avanços em aspectos tangíveis como fontes provedoras de significativas melhorias no desempenho e em aspectos intangíveis como fonte provedora de significativas melhorias no posicionamento da empresa.

O elemento Relação com a Sustentabilidade avalia como a integração é propagada, questionando:

- 1) Como a integração da sustentabilidade é motivada dentro da empresa?
 - a. Não há motivação para a integração da sustentabilidade.
 - b. A motivação é emergencial para evitar multas, punições e/ou atender momentaneamente os requisitos do mercado.
 - c. A motivação é gerenciada em congruência com o planejamento para a integração da sustentabilidade.
 - d. A motivação visa divulgar a cultura da empresa integrada a sustentabilidade.
- 2) Como as decisões para adotar iniciativas sustentáveis são tomadas em grupo?
 - a. Aleatoriamente/individualmente.
 - b. Reativas as situações imediatas.
 - c. Pró-ativamente elaboradas.
 - d. São decisões tomadas em consenso coletivo.
- 3) Os colaboradores internos acreditam que a integração deve ocorrer em qual(s) dimensão(s) (ambiental, social e econômica) da sustentabilidade?
 - a. Nenhuma dimensão.
 - b. Apenas econômica.
 - c. Apenas ambiental.
 - d. Apenas social.
 - e. Econômica e ambiental.
 - f. Econômica e social.
 - g. Ambiental e social.
 - h. Econômica, ambiental e social.
- 4) A gestão de custos oriundos do processo de transformação assume qual postura?
 - a. Avalia todo custo como um prejuízo.
 - b. Avalia que é um custo para evitar custos maiores.

- c. Avalia que é um custo assumido pode trazer mais rentabilidade enquanto houver demanda por partes dos consumidores.
- d. Avalia que os custos são absorvidos como o passar do tempo, pois são investimentos para o futuro.

Conforme as respostas atribuídas, é possível identificar a maturidade da empresa em profundidade 3 de acordo com a descrição no quadro 31 (valores normalizados ver tabela 7, apêndice C):

Quadro 31 - Escala de maturidade Elemento Relação com a Sustentabilidade

Motivação	Elemento: Relação com a Sustentabilidade	
	1I	Não há relação com a sustentabilidade e as expectativas da empresa.
	2I	O relacionamento com a sustentabilidade é apenas para o cumprimento de leis.
	3I	O relacionamento com a sustentabilidade tenta adequar as atividades exercidas com o senso coletivo e individual dos participantes para a transformação.
	4I	O relacionamento com a sustentabilidade se estabelece através de capacitações e o processo de melhoria contínua para agregar vantagens.
	5I	A relação com a sustentabilidade se estabelece pela busca de resultados além dos estipulados, pelo crescimento e sucesso da empresa, e pelo reconhecimento da empresa como líder do mercado ou de tecnologia sustentável.

Com todos os elementos avaliados, é possível observar o grau de maturidade atingido em profundidade 2 de acordo com a tabela 8 (valores normalizados) no apêndice C. A descrição da maturidade em nível de critério é apresentada no quadro 32. O gabarito com as notas atribuídas em cada alternativa de resposta também consta no apêndice C, tabela 9.

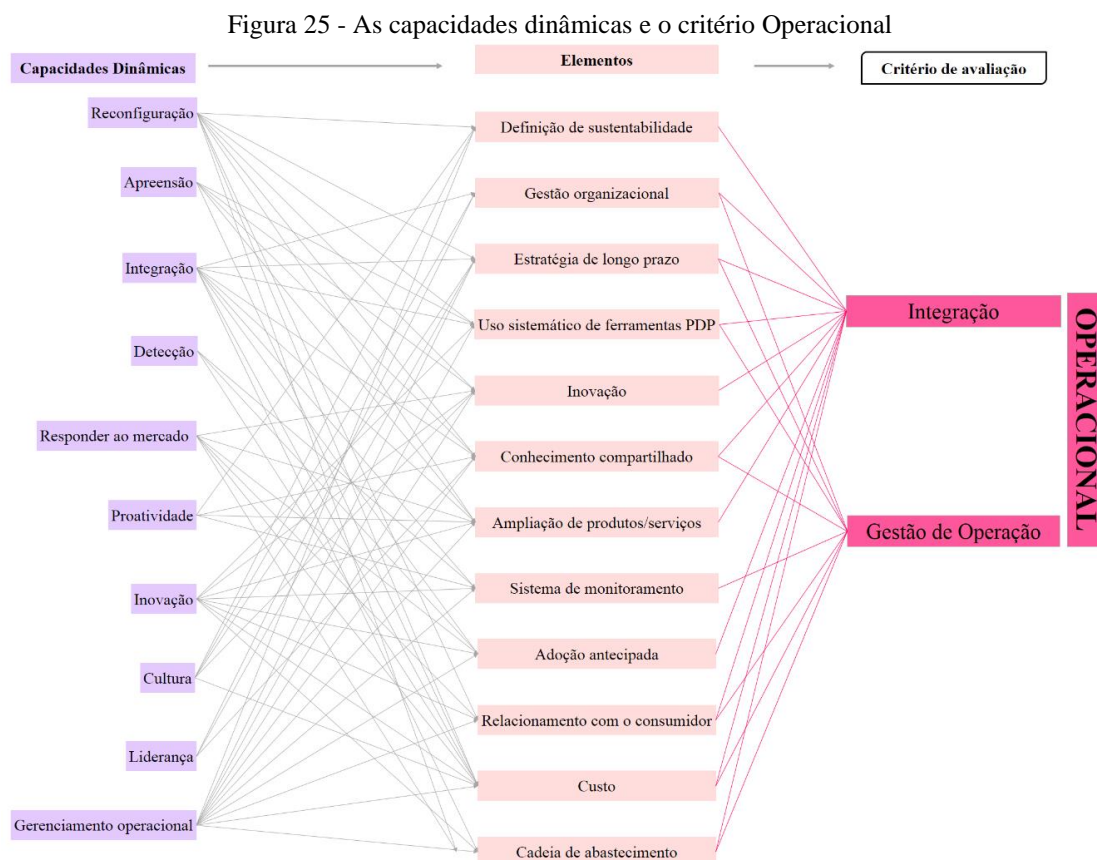
Quadro 32 - Escala de Maturidade no critério Motivação

Motivação					
Evolução	1I	2I	3I	4I	5I
	→				
	Sem motivações	Motivação parcial	Motivação focada na integração	Motivação focada na criação de valor e pertencimento	Motivação integrada com os aspectos da sustentabilidade

6.1.1.4 Estágio 1: Reconhecimento – Critério Operacional

O quarto critério – Operacional avalia como são executadas as melhorias nos processos e gerenciamento da produção. Além disso, com base no objetivo de apresentar um modelo que possa ser utilizado por empresas de diversos setores, regiões e porte, as questões listadas são genéricas e esta característica auxilia na obtenção de informações de qualquer modelo de produção, independentemente do tipo de produto desenvolvido. Nesta linha, este critério é constituído por dois elementos de avaliação que são interligados aos elementos para suporte à

integração da sustentabilidade e as capacidades dinâmicas conforme ilustrado na figura 25 para responder a questão: *Como a empresa age para integrar a sustentabilidade em suas operações produtivas?*



O elemento Integração avalia como a sustentabilidade é implementada nas operações da empresa, ponderando:

- 1) Em quais etapas do Processo de Desenvolvimento de Produto a empresa pretende propor mudanças? Pode ser marcado mais de uma etapa.
 - a. Em nenhuma etapa.
 - b. Plano de marketing.
 - c. Projeto conceitual.
 - d. Projeto preliminar.
 - e. Projeto detalhado.
 - f. Prototipagem.
 - g. Produção.
 - h. Testes para aferir conformidade desejada.
 - i. Manutenção/Recuperação.
 - j. Sistemas de reciclagem.

- 2) A empresa está disposta a adotar os aspectos sustentáveis nas fases iniciais do projeto do produto e de produção?
 - a. Sim. b. Não.
- 3) Os projetos de novos produtos são baseados em conhecimentos científicos para garantir a integração da sustentabilidade com a tecnologia mais recente?
 - a. Sim. b. Não.
- 4) Dados sobre os impactos negativos e positivos gerados pela atividade produtiva da empresa são interligados ao sistema de informações da empresa?
 - a. Não.
 - b. Parcialmente, apenas para auditores.
 - c. Parcialmente, disponíveis apenas para os profissionais que podem alterá-los.
 - d. Totalmente, incluindo dados sobre possíveis pontos a serem melhorados.
- 5) Quais são os principais geradores de poluentes da empresa?
 - a. A empresa não acredita ter fontes poluentes.
 - b. Emissões de gases, descarte de resíduos sólidos e líquidos.
 - c. Energia de fontes não-renováveis ou o não planejamento para o uso eficiente.
 - d. Tipo de materiais utilizados (não-renováveis, tóxicos, de origem animal ou que precisa do uso em animais).
 - e. Transporte da produção ou de suprimentos.
 - f. Edifícios fabris não eficientes (sem iluminação, ventilação, aquecimento).
- 6) Quais são as prioridades econômicas do setor produtivo?
 - a. Custo: produzir com custos baixos.
 - b. Velocidade: produzir com intervalos rápidos.
 - c. Qualidade: produzir utilizando insumos com qualidade duradoura e sem erros.
 - d. Inovação: produzir com novas tecnologias para tornar os produtos exclusivos.
- 7) Quais são as prioridades sociais do setor produtivo?
 - a. Direitos trabalhistas: manter o ambiente de trabalho em condições saudáveis, seguras e decentes; respeitar a legislação trabalhista e não aceitar o trabalho infantil ou análogo ao escravo.
 - b. Desenvolvimento interno: capacitar colaboradores.
 - c. Diversidade: não discriminar, aumentar a diversidade e igualdade.
 - d. Ética: combater a corrupção e priorizar a transparência das operações.
 - e. Desenvolver a comunidade local.

- 8) Quais estratégias são implementadas para minimizar o uso de insumos? (Pode ser marcado mais de uma opção).
- Evitar dimensões excessivas.
 - Reduzir espessuras.
 - Eliminar componentes com pouca funcionalidade.
 - Integrar funções para reduzir o conteúdo do material.
 - Usar insumos de fontes renováveis.
 - Desenvolver produtos que necessitem o mínimo de recursos durante o uso.
 - Implementar sistemas de feedback no produto para redesenho do projeto.
 - Nenhuma das opções.
- 9) Quais estratégias são implementadas para minimizar o uso de energia?
- Utilização de equipamentos eficientes.
 - Utilização de equipamento com uso inteligente da energia (ex: desligamento automático, modo hibernar, suspensão).
 - Utilização de equipamentos que promovam a reutilização da energia ou utilizem energia de fontes renováveis.
 - Nenhuma das opções.
- 10) Quais estratégias são implementadas para maximizar o uso do produto? (Pode ser marcado mais de uma opção).
- Produtos de fácil manutenção (limpeza).
 - Produtos com necessidade de manutenção reduzida (limpeza/reparo).
 - Produtos com design que facilite a substituição de componentes de alto desgaste/curta duração (facilitar consertos e substituição de componentes).
 - Produtos com sistemas de autodiagnóstico de problemas/manutenção.
 - Nenhuma das opções.
- 11) Quais estratégias são implementadas para facilitar o ciclo de vida fechado dos insumos? (Pode ser marcado mais de uma opção).
- Evitar o uso de produtos tóxicos/perigosos.
 - Evitar o uso de substâncias adesivas/ligações químicas ou soldas que não facilitem a desmontagem.
 - Preferência por conexões com encaixe, ganchos e laços.
 - Identificar quais são as substâncias da composição dos insumos.
 - Usar sistemas padrões de identificação de materiais.
 - Informar o número de vezes que o material foi ou ainda pode ser reciclado.

- g. Preferir utilizar insumos não-mistos (compostos por substâncias diversas).
 - h. Preferir utilizar insumos mistos que são compatíveis na reciclagem (podem ser dissolvidos juntos).
 - i. Evite o uso de plásticos termofixos.
 - j. Implemente programas devolução do produto.
 - k. Nenhuma das opções.
- 12) Quais estratégias são implementadas para minimizar/evitar os impactos gerados pelas embalagens dos produtos? (Pode ser marcado mais de uma opção).
- a. Facilitar a desmontagem da embalagem.
 - b. Eliminação do excesso de embalagens como embalagens secundárias, embalagens dentro de embalagens e/ou embalagens sem função.
 - c. Desenvolver embalagens recicláveis e retornáveis.
 - d. Informar instruções padrões de reciclagem da embalagem.
 - e. Eliminar o uso de materiais tóxicos na composição da embalagem.
 - f. Reduzir o volume da embalagem.
 - g. Possibilitar o uso da embalagem para outros fins (por exemplo o uso decorativo, a embalagem ser um outro produto).
 - h. Possibilitar a reutilização da embalagem por meio de refis.
 - i. Desenvolver embalagens que se tornem parte componente do produto (o produto é a própria embalagem).
 - j. Nenhuma das opções.

Conforme as respostas selecionadas, é possível identificar a maturidade da empresa em profundidade 3 de acordo com a descrição no quadro 33 (valores normalizados ver tabela 10, apêndice D):

Quadro 33 - Escala de maturidade Elemento Integração

Elemento: Integração	
Operacional	1I A sustentabilidade não é vista como um fator importante na gestão de operações.
	2I A sustentabilidade é integrada para conformidade com a legislação, trazer visibilidade e rentabilidade em curto prazo à empresa. São processos com conceitos básicos que abordam partes do produto ou restringem-se a embalagem. Visam a redução mínima dos impactos. E em maioria, são desenvolvidos por participantes externos e sem conexão/interferência com o desenvolvimento produtivo interno.
	3I A integração da sustentabilidade visa o desenvolvimento de melhoria nas operações internas, ampliação da abordagem e do número de produtos. São processo que visam a redução efetiva dos impactos (além da legislação).
	4I A integração da sustentabilidade visa o desenvolvimento de tecnologias próprias para distinção das melhorias. São processos personalizados que visam obter

	melhores opções de insumos e recursos. Assim como, são processos espelhados aos participantes externos.
5I	A integração da sustentabilidade é completa, atingindo todos os setores operacionais da empresa. A gestão trata a aplicação das práticas sustentáveis nas operações como um motor na busca ininterrupta por melhorias e otimização que levem à inovação e ao impacto e desperdício zero. As operações estão de acordo com os objetivos estratégicos e refletem os valores, responsabilidade e ética da empresa. São completados com o envolvimento ativo dos fornecedores e consumidores para manter o ciclo de vida dos produtos, insumos e recursos fechados.

O segundo elemento - Gestão de Operação avalia como é feito o gerenciamento da implementação e mensuração dos impactos causados pelas questões:

- 1) As ferramentas utilizadas para o controle da produção medem os impactos causados pela atividade produtiva (indicadores operacionais e indicadores de sustentabilidade)?
 - a. Sim. b. Não.
- 2) Se a resposta anterior foi sim, quem é o responsável pela aferição dos indicadores de sustentabilidade da empresa?
 - a. Colaboradores externos de auditoria.
 - b. Colaboradores internos específicos.
 - c. Cada setor participante da cadeia produtiva possui um responsável para aferir os impactos e fazer as análises necessárias com o compartilhamento de informações.
- 3) Se a resposta da questão 1 foi sim, qual o tipo das ferramentas empregadas no controle da produção? (Pode ser marcado mais de uma opção).
 - a. Tipo matriz (exemplos: AHP, Matriz MECO, Matriz MET, Matriz de Avaliação da Responsabilidade Ambiental do Produto (*Environmentally Responsible Product Assessment Matrix - ERPA*), Desdobramento da Função Qualidade para o Ambiente (*Quality Function Deployment for Environment - QFDE*).
 - b. Tipo lista de verificação (exemplos: ABC, Design for X (DfX) e suas variações, *Ecodesign Checklist Method - ECM*).
 - c. Tipo diagramas de rede ou polares (exemplos: *Lifecycle Design Strategy Wheel - LiDS-Wheel*).
 - d. Tipo listas estratégicas (exemplos: *EcoDesign Tools*).
- 4) A empresa utiliza a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para medir os impactos gerados?
 - a. Sim. b. Não.
- 5) Se a resposta anterior foi sim, em qual etapa a ACV é implementada?
 - a. Para identificar os impactos ambientais decorrentes da extração da matéria-prima.

- b. Para identificar os impactos ambientais decorrentes do beneficiamento da matéria-prima.
- c. Para identificar os impactos ambientais decorrentes da produção.
- d. Para identificar os impactos ambientais decorrentes dos resíduos no fim da linha de produção.
- e. Para identificar os impactos ambientais decorrentes do uso do produto.
- f. Para identificar os impactos ambientais decorrentes do descarte do produto.

Conforme as respostas selecionadas, é possível identificar a maturidade da empresa em profundidade 3 de acordo com a descrição no quadro 34 (valores normalizados ver tabela 10, apêndice D):

Quadro 34 - Escala de maturidade Elemento Gestão de Operações.

Elemento: Gestão de Operações	
Operacional	1I Não há processos para medir os impactos causados.
	2I São mensurados apenas os impactos exigidos pela legislação.
	3I A gestão de operações visa mensurar todas as etapas para tentar identificar possíveis erros e corrigir no futuro.
	4I A gestão de operações mensura e corrige erros com a máxima rapidez em prol da melhoria contínua.
	5I A gestão da sustentabilidade mensura prospectivamente a melhoria dos processos para evitar a repetição de ineficiência, defeitos conhecidos entre outros desperdícios que causem danos.

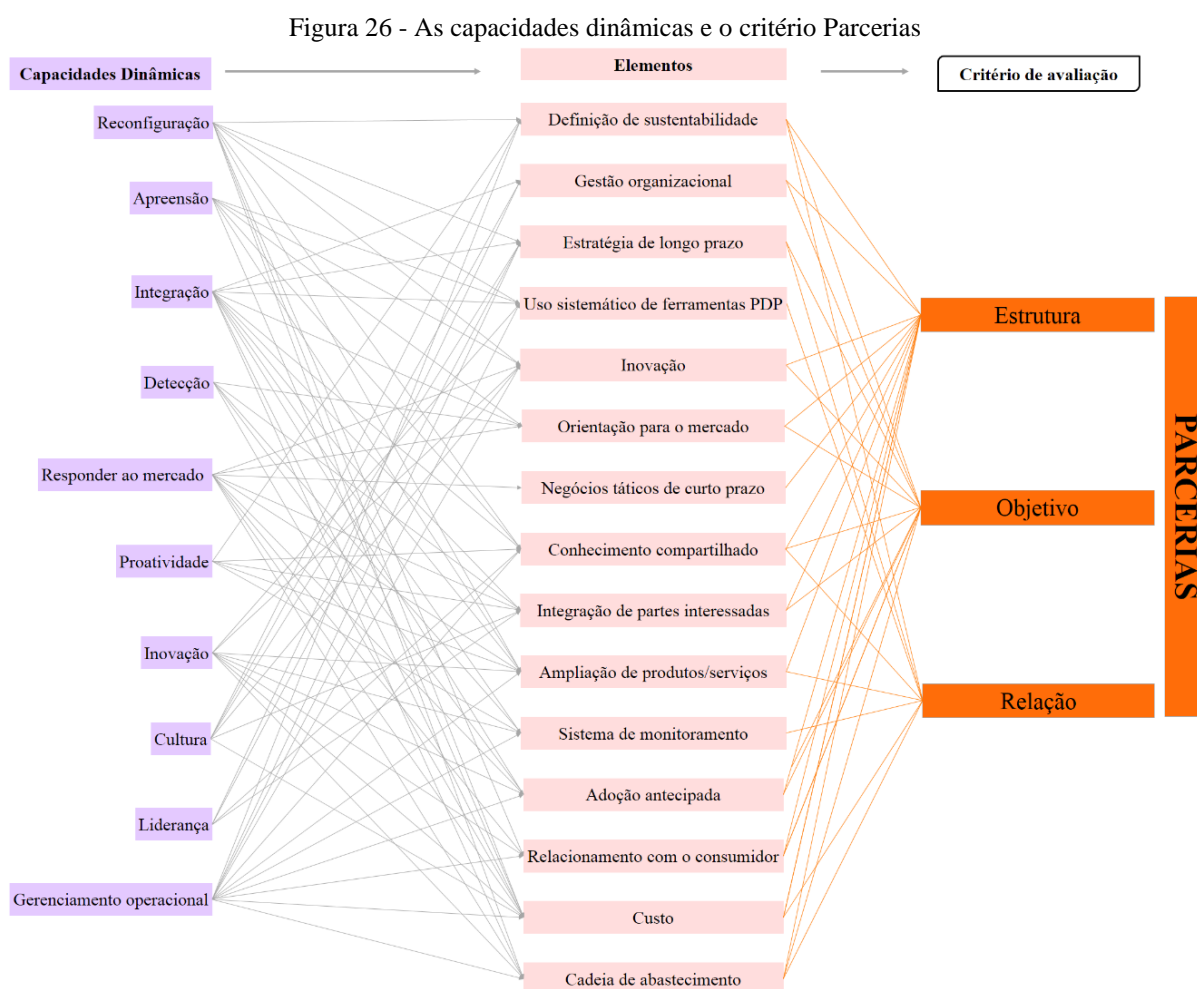
Com todos os elementos avaliados, é possível observar o grau de maturidade atingido em profundidade 2 de acordo com a tabelas 11 (valores normalizados) no apêndice D. A descrição da maturidade em nível de critério é apresentada no quadro 35. O gabarito com as notas atribuídas em cada alternativa de resposta também consta no apêndice D, tabela 12.

Quadro 35 - Escala de Maturidade no critério Operacional

Operacional					
Evolução	1I	2I	3I	4I	5I
	Evolução	Operações sem aspectos sustentáveis	Operações levemente influenciadas por aspectos sustentáveis	Operações focadas na integração de aspectos sustentáveis	Operações focadas na melhoria contínua para a sustentabilidade

6.1.1.5 Estágio 1: Reconhecimento – Critério Parcerias

Avaliar a cadeia de fornecedores é importante, pois a integração da sustentabilidade só atinge níveis de rede quando os esforços de cada empresa são externalizados entre os parceiros a fim de fechar elos em busca de um prol comum. Logo, o último critério Parcerias avalia *como* a empresa dissemina sua integração da sustentabilidade junto aos fornecedores, questionando: *Como a empresa visa difundir sua integração da sustentabilidade dentro da cadeia de abastecimento?* Assim, este critério é constituído por três elementos de avaliação que são interligados aos elementos para suporte à integração da sustentabilidade e as capacidades dinâmicas conforme ilustrado na figura 26.



O elemento Estrutura avalia qual é o tipo de relacionamento mantido com os fornecedores, pontuando:

- 1) Quando a empresa busca construir uma nova parceria, quais são os critérios utilizados na seleção dos fornecedores?
 - a. Custo do suprimento.

- b. Qualidade do serviço prestado.
 - c. O fornecedor ter políticas sociais e ambientais.
 - d. O fornecedor estar aberto para integrar o desenvolvimento de inovações.
 - e. O fornecedor ser participante ativo para criar sistemas logísticos mais sustentáveis e personalizados à aliança.
- 2) Quando a empresa busca construir uma nova parceria, os objetivos sustentáveis da empresa são apresentados para os futuros parceiros?
- a. Os objetivos sustentáveis da empresa não são apresentados aos futuros parceiros.
 - b. Os objetivos sustentáveis da empresa são apresentados, mas não são bem delineados.
 - c. Os objetivos sustentáveis da empresa são detalhadamente apresentados.
 - d. Os objetivos sustentáveis da empresa são especificamente apresentados para a formação da parceria (coparticipação).
- 3) Quando a empresa busca construir uma nova parceria, são verificadas as condições de trabalho nas instalações do futuro fornecedor, para assegurar o cumprimento das regulamentações trabalhistas?
- a. Sim. b. Não.
- 4) Para a empresa, é importante que o fornecedor aplique algum sistema de controle e monitoramento que considere os aspectos econômicos, ambientais e sociais?
- a. Não.
 - b. Sim, mas apenas cumpra com a legislação (fazer certo).
 - c. Sim, mas busque sempre estar à frente das obrigações básicas (fazer mais).
- 5) Para a empresa, é importante que o fornecedor use tecnologias de informação para o compartilhamento de dados?
- a. Sim. b. Não.

Conforme as respostas atribuídas, é possível identificar a maturidade da empresa em profundidade 3 de acordo com a descrição no quadro 36 (valores normalizados ver tabela 13, apêndice E):

Quadro 36 - Escala de maturidade Elemento Estrutura

Parcerias		Elemento: Estrutura
	1I	Hierárquica: a empresa possui poder econômico para alterar as decisões dos fornecedores.
	2I	Entrega: a empresa busca por fornecedores que entreguem a mesma qualidade desenvolvida pelos processos internos da empresa.

	3I	Colaborativa: a empresa busca por parceiros que ajudem a cumprir metas sustentáveis porque ainda não tem capacidade/capital financeiro para realizar melhorias internas.
	4I	Somatória: a empresa busca por parceiros que podem auxiliar ou somar conhecimentos para o desenvolvimento de inovações e tecnologias.
	5I	Conjunta: a empresa busca por parceiros que tenham objetivos em comum para criar sistemas logísticos mais sustentáveis e personalizados, mantendo uma rede de coparticipantes.

O elemento Objetivo avalia o propósito da parceria para o desenvolvimento de produtos sustentáveis, questionando:

- 1) Quando a empresa fecha uma parceria com um fornecedor, qual é o propósito desta parceria para o desenvolvimento de produtos sustentáveis?
 - a. A parceria visa exclusivamente a redução de custos, seja pela opção de comprar *versus* fazer ou pela opção de ter o suprimento necessário sem se preocupar por atender os aspectos sustentáveis agregados ao suprimento fornecido.
 - b. A parceria visa possibilitar a troca de alguns aspectos dos produtos como, por exemplo, materiais, processos de fabricação ou características – possibilidade de reciclagem, para ajudar a empresa a atender as necessidades do consumidor e as demandas do mercado momentaneamente e não reduzir a capacidade de competição que a empresa já possui.
 - c. A parceria visa melhorar o desempenho sustentável da empresa por agregar processos sustentáveis que a empresa não possui internamente.
 - d. A parceria visa melhorar a responsabilidade socioambiental da empresa por meio do compartilhamento das informações de todos os participantes da cadeia de suprimentos.
 - e. A parceria visa trabalhar em conjunto com os fornecedores envolvidos para o redesenho de processos internos e a formação de redes de coparticipação.

Conforme as respostas atribuídas, é possível identificar a maturidade da empresa em profundidade 3 de acordo com a descrição no quadro 37 (valores normalizados ver tabela 13, apêndice E):

Quadro 37 - Escala de maturidade Elemento Objetivo

Parcerias		Elemento: Objetivo
	1I	Redução de custo.
	2I	Aumentar a vantagem competitiva.
	3I	Melhorar a qualidade, eficiência e produtividade.
	4I	Melhorar a responsabilidade socioambiental.
	5I	Construir uma rede de cooperação e aprendizado, tendo como alvo a melhoria do desempenho, dissimilação da missão, visão, valores e posicionamento da empresa em relação à sustentabilidade.

Por fim, a fase de Reconhecimento aplica o elemento Relação que avalia a similaridade do fornecedor com os valores sustentáveis da empresa:

- 1) Qual a importância de construir a cadeia de suprimentos somente com fornecedores que compartilham valores sustentáveis iguais aos da empresa?
 - a. Nula.
 - b. Parcialmente, apenas no que diz respeito a parceira.
 - c. Total, completamente em busca de disseminar a consciência a todos os envolvidos.
- 2) Para a empresa, é importante que o fornecedor possua processos que ajudem a desenvolver a rede fornecedores locais?
 - a. Sim. b. Não
- 3) A empresa incentiva/preza por fornecedores que estão em linha com às iniciativas globais de desenvolvimento sustentável?
 - a. Sim. b. Não

Conforme as respostas atribuídas, é possível identificar a maturidade da empresa em profundidade 3 de acordo com a descrição no quadro 38 (valores normalizados ver tabela 13, apêndice E):

Quadro 38 - Escala de maturidade Elemento Relação

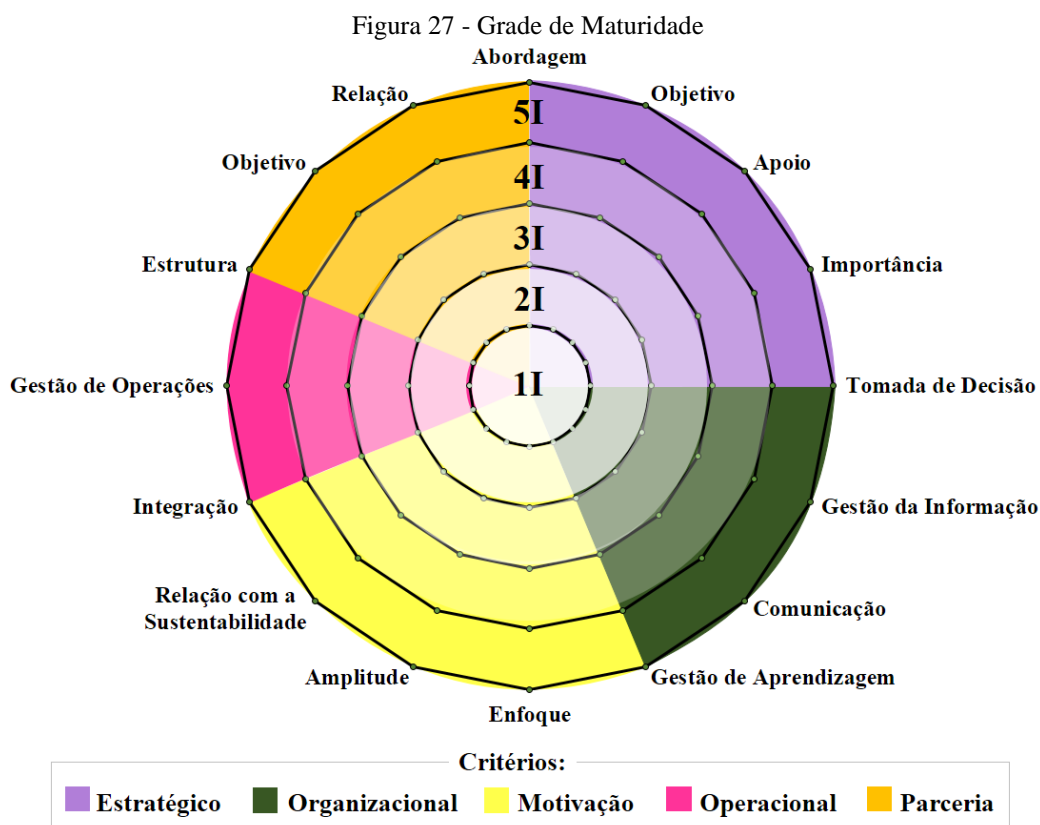
Elemento: Relação	
Parcerias	1I Preço - estabelece uma relação de concorrência entre os parceiros.
	2I Interativa – estabelece uma relação visando o suprimento instantâneo.
	3I Colaborativa - estabelece uma relação visando à distribuição das atividades, valores e capacidades.
	4I Junção de forças - estabelece relação visando à melhoria contínua de seus processos por meio da sintonia dos valores e as crenças da empresa entre seus parceiros.
	5I Cooperação - estabelece uma relação visando ampliar a confiança dos envolvidos e das partes interessadas.

Com todos os elementos avaliados, é possível observar o grau de maturidade atingido em profundidade 2 de acordo com a tabela 14 (valores normalizados) no apêndice E. A descrição da maturidade em nível de critério é apresentada no quadro 39. O gabarito com as notas atribuídas em cada alternativa de resposta também consta no apêndice E, tabela 15.

Quadro 39 - Escala de Maturidade no critério Parcerias

Parcerias					
Evolução	1I	2I	3I	4I	5I
		—————→			
	Parceira sem foco nos aspectos da sustentabilidade	Parceira para obtenção de recursos	Parceira focada na integração da sustentabilidade	Parceira focada na criação de valor	Parceira integrada com os aspectos da sustentabilidade

Uma vez concluída a avaliação, é possível observar a maturidade da empresa em profundidade 1 (tabela 16, apêndice F) e preencher a grade de maturidade (figura 27). Deste modo, também é possível observar possíveis desequilíbrios entre os elementos e entre os critérios, sendo, nestes casos, necessários esforços para primeiramente nivelar todos os pontos de avaliação.



6.1.2 Estágio 2: Compartilhamento

Ao fim da primeira macrofase, os resultados para a elaboração de planos de ação e correções são transmitidos para a segunda macrofase denominada de Compartilhamento. É nesta fase que o apoio da gerência é fundamental para a implementação do tema, pois quanto melhor for o apoio e envolvimento da parte gerencial, maior será o alcance da integração da sustentabilidade. Também, é preciso um canal de comunicação que use uma linguagem comum à todas as partes da organização para trabalhar com os planos de ação nas microfases seguintes. Através desta linguagem comum serão transmitidos os novos valores, a nova missão e a conduta adotada pela empresa, bem como, as necessidades de melhorias para que ocorra o engajamento dos envolvidos.

Conforme ilustrado no fluxograma na figura 28, o plano de ação pode ter objetivo de equilibrar desnivelamentos identificados pela macrofase 1 ou a elaboração de ações para que seja possível alcançar o nível superior. O plano de ação estipula que seja desenvolvido ao menos

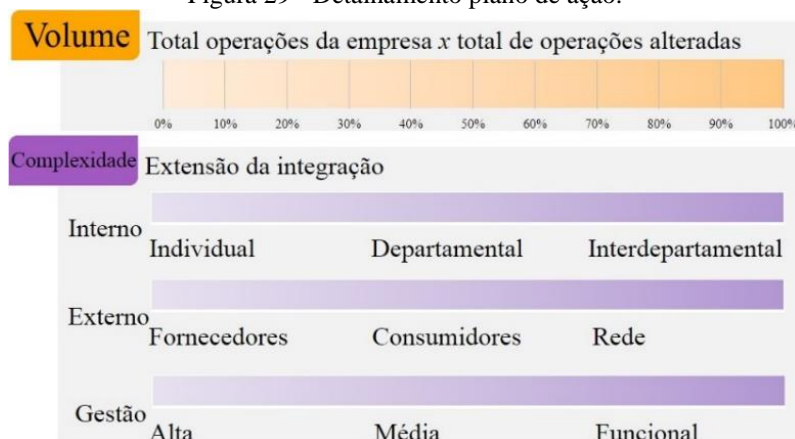
6 etapas para estruturação. Primeiramente, delineamento do plano (plano N): definição da razão/motivo da necessidade do plano. Depois, identificação as pessoas que serão envolvidas para a realização do plano (M). Na sequência, devem ser listados os processos, técnicas e a tecnologia necessários (X). Outro quesito importante é delimitação do tempo que a execução do plano deve durar a fim de acompanhar a evolução dos esforços (S). Igualmente, analisar o custo total do ajuste (R). Ao final, deve ser registrado o resultado atingido e eventuais imprevistos, pois estas informações serão reutilizadas durante o processo cíclico no final da aplicação do modelo.

Figura 28 - Fluxograma Plano de Ação.



Além disso, cada plano elaborado deve também ser classificados de acordo com os requisitos, figura 29. Neste, o volume do esforço necessário para atingir a meta do plano pode ser definido analisando o total de operações presentes na empresa *versus* o total de operações requisitadas. Até 25% do total, representa que o esforço será muito pouco. Isso pode significar que a empresa já está bem preparada para a melhoria e o avanço ao próximo nível de maturidade. Até 50% do total a empresa necessita de relativo esforço, que pode representar uma melhoria incremental. Até 75% significa que a empresa pode estar em busca do nivelamento completo dos parâmetros. O resultado atingindo 100% das operações pode representar uma inovação radical ou o início do processo para correção. Em mais, a complexidade do plano de ação pode ser ilustrada pela extensão da abordagem dos esforços em três perspectivas: interno, externo e gestão.

Figura 29 - Detalhamento plano de ação.



Outra função desta etapa é apresentar o enquadramento da tipologia do produto trabalhado, quais as estratégias do ciclo de vida podem ser relacionadas e sua relação função *versus* estética. Como afirmado anteriormente, o modelo não tem o objetivo direto de elaborar novos produtos, mas sim de originar um direcionamento para a integração da sustentabilidade no âmbito organizacional e por consequência a integração das operações da empresa. Sendo assim, a necessidade de identificar o produto a ser analisado consiste em apontar qual é o tempo útil deste; quais são etapas no ciclo de vida que mais causa impacto e quais são suas características.

A definição da tipologia de produtos empregada no modelo é fundamentada nas descrições da subseção 4.4. Sendo assim, foram determinadas 4 categorias de produtos que são subdivididas pela diferenciação entre tempo e recursos. Na perspectiva do tempo estão as categorias: produtos de consumo instantâneo e produtos de consumo temporário; em compreensão no uso dos recursos estão as classificações: produtos de consumo independente e produto de consumo dependente:

- **Produtos de consumo instantâneo** (inexistentes após seu uso): são produtos que satisfazem rapidamente uma necessidade e são consumidos durante o uso. Não possuem características peculiares e são diferenciáveis apenas pelas suas marcas, por isso a configuração das embalagens pode influenciar diretamente a decisão de compra do consumidor. São exemplos desta categoria: produtos alimentícios, produtos de limpeza, produtos de higiene, entre outros.

- **Produtos de consumo temporário**: são produtos caracterizados pela apresentação de mudanças que podem ser tecnológicas e/ou de aparência, portanto, sua essência não é pautada na funcionalidade. Logo, seu consumo é diretamente dependente da análise cultural e não prolongado, porém seus componentes continuam em condições para outros usos. Essa característica possibilita a reciclagem e o reuso desses componentes/matéria-prima. Em maioria, são produtos de pequena complexidade técnica, com baixo custo de produção e de uso

individual ou quase individual. As fases que geram mais impactos tendem a serem as etapas de produção, beneficiamento e descarte. São exemplos desta categoria: vestuário, calçado, etc.

- **Produtos de consumo independente:** são produtos que tem como principal característica o baixo ou nenhum consumo de recursos durante a fase de uso, ou seja, geram impactos em todas as outras fases. Nesta categoria se enquadram produtos industriais que são utilizados indiretamente pelos consumidores ou em uso coletivo dentro de grupos privados ou públicos. Por este motivo, esses produtos têm primeiramente uma função prática, e quando de uso indireto, são partes de um projeto mais amplo. São exemplos desta categoria: turbinas para geração de energia elétrica; transformadores; mobiliário urbano (bancos públicos, placas, etc); mobiliário doméstico (mesa, sofá, armários, etc); ferramentas manuais, entre outros.

- **Produtos de consumo dependente:** são produtos que tem como principal característica a necessidade de recursos para seu uso e manutenção. Logo, são produtos que causam impactos em todas as fases do ciclo de vida. São exemplos desta categoria: automóveis; motocicletas; eletrodomésticos; eletroportáteis tecnológico, etc.

A partir da tipologia dos produtos, é possível delinear as estratégias que podem ser agregadas durante o desenvolvimento do projeto. Logo, o presente estudo lista 5 estratégias:

- **Estratégia 1 - seleção de recursos para a minimização e/ou eliminação:** redução ou eliminação do uso de recursos não renováveis; eficácia do uso de recursos renováveis por meio da seleção de matérias reciclados e/ou recicláveis; preferência por recursos biodegradáveis; evitar o uso de materiais de origem animal; minimização do conteúdo material (melhor aproveitamento); diminuição do número de peças; redução de erros, perdas e refugos; do consumo de energia; eliminação de insumos tóxicos ou metais pesados;

- **Estratégia 2 - compartilhamento de objetivos:** formação da cadeia de suprimentos com parceiros em comum acordo sobre o desenvolvimento sustentável, tratamento dos efluentes, redução de etapas, uso de recursos atóxicos e identificação de oportunidades de melhoramento no sistema de produção.

- **Estratégia 3 - otimizar a vida útil dos produtos:** projetar visando a ampliação de funções (produtos multiuso), a extensão do tempo de vida útil dos produtos, a intensificação do uso por meio da facilidade em realizar atualizações, adaptações e consertos.

- **Estratégia 4 – prorrogar a vida útil dos materiais:** desenvolver projetos com preferência à materiais que podem ser reprocessados após o fim de vida útil do produto a fim de obter novas matérias-primas através da reciclagem, refabricação e/ou novo beneficiamento.

- **Estratégia 5 - facilitar a desmontagem:** desenvolver projetos que facilitem a separação das partes do produto através da identificação dos materiais que compõem o produto, evitar a combinação de insumos que são inseparáveis/incompatíveis para serem reciclados juntos, evitar o uso de uniões irreversíveis e outras junções difíceis de serem desmontadas.

Por esta perspectiva, pode ser observado que as estratégias devem ser empregadas em conjunto com as tipologias de produto. Tais considerações podem ser apreciadas pelo quadro:

Quadro 40 - Análise da tipologia de produtos.

Tipos de produtos	Estratégias					Funcionalidade x Estética			
	1	2	3	4	5	F	F	E	E
Produtos de consumo instantâneo	X	X		X	X	F	F	E	E
Produtos de consumo temporário	X	X	X	X	X	F	F	E	E
Produtos de consumo independente	X	X	X	X	X	F	F	E	E
Produtos de consumo dependente	X	X	X	X	X	F	F	E	E

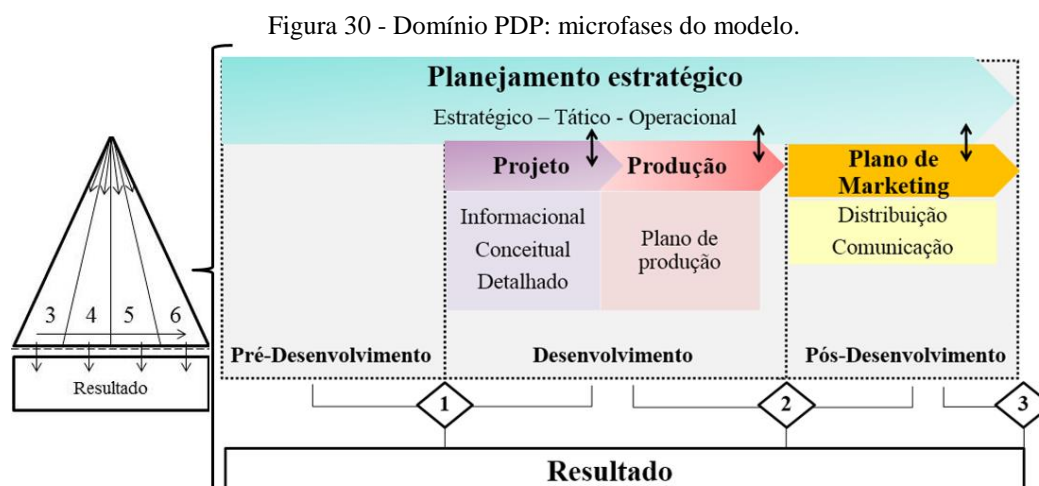
Deste modo, entende-se que a segunda macrofase é a responsável pela divulgação dos novos planos e metas enquanto que a primeira é a responsável pela avaliação e identificação da maturidade. Conseqüentemente, o domínio do Gerenciamento Organizacional é caracterizado pelo planejamento estratégico e tático da aplicação do modelo.

6.2 DOMÍNIO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

No modelo as 4 microfases são distribuídas entre o pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento. O pré-desenvolvimento é a etapa que deve garantir que o direcionamento estratégico determinado pelas macrofases seja ordenadamente transmitido aos projetos desenvolvidos. O Planejamento Estratégico compõe o pré-desenvolvimento. Na sequência, o desenvolvimento no modelo é composto pelas microfases Projeto e Produção. Após, o pós-desenvolvimento compreende o lançamento do produto no mercado pelo Plano de Marketing. Para a passagem de uma microfase à outra deve ocorrer a revisão e aprovação. Ou seja, se todos os requisitos necessários e atividades propostas forem desempenhados corretamente, pode-se iniciar a próxima etapa. Este processo é simbolizado pelo losango, denominado *gate* (portão), figura 30.

Conforme a figura 30, é possível observar que a disposição da microfase Planejamento Estratégico é paralela às demais. Isto ocorre porque sua finalidade é agregar informações para as demais microfases. Também, as microfases Projeto e Produção são alinhados devido a

possibilidade de compartilhamento de dados. Por fim, o plano de marketing ilustra o pós-desenvolvimento.



Em mais, conforme afirmado anteriormente, o modelo não tem o escopo de ser um modelo de PDP, mas sim um modelo que identifique os pontos passíveis de melhoria para integrar a sustentabilidade ao PDP. Portanto, a descrição das microfases é genérica em virtude do respeito as preferências de acordo com o conhecimento ou possibilidade da empresa.

6.2.1 Estágio 3: Planejamento Estratégico

A importância do Planejamento Estratégico (PE) (microfase 1) é buscar por oportunidades para o mantimento do sucesso da empresa no longo prazo, focar no uso eficiente dos recursos, instalar critérios bem definidos para avaliação dos projetos e riscos, prevenindo problemas. Isto posto, o PE pode ser descrito como a microfase que estabelece a coerência e consistência do processo de melhoria por toda organização.

Em linha com os argumentos apresentados na subseção 4.3, o PE deste modelo é distinguido em três direcionamento (figura 31): em nível estratégico, o PE conduz as decisões estratégicas globais para a elaboração do gerenciamento de processos, aprendizado, melhoria, controle, análise de resultados e inovação. Em nível tático, o PE orienta a execução do planejamento realizado no nível estratégico para que estes sejam aplicados no nível operacional, onde ocorre as atividades de produção e coleta de dados de indicadores de desempenho.

Logo, em nível estratégico o PE precede a assimilação da estratégia corporativa, pois proporciona meios para identificar a melhor escolha dentro do processo decisório global, relacionando-se com os objetivos de longo prazo da empresa. Portanto, conduz a especificação das ações por meio do planejamento dos fins bem como esboça a trajetória necessárias para o alcance do futuro desejado através do planejamento dos meios. Quando os planejamentos de

fins e meio são finalizados, os objetivos estratégicos de longo prazo são convertidos para o planejamento tático onde são averiguados os requisitos necessários para cumprir com o planejamento organizacional e o planejamento dos recursos. Após a construção do planejamento tático, segue-se para o planejamento operacional onde o planejamento da implementação e do controle são elaborados.

Figura 31 - Três tipos de planejamento

Estratégias tecnológicas Estratégia de produto Estratégias corporativas	Planejamento Estratégico		1
	Tempo	Longo	
	Fatores	Planejamento dos meios: - Especificação: tipo de produto, tipo de projeto e processo de fabricação. - Elaborar: gerenciamento de processos, aprendizagem, melhoria, controle, análise de resultados e inovação Planejamento dos fins: - Especificação: metas, valores, visão, entre outros elementos.	
	Planejamento Tático		2
	Tempo	Médio	
	Fatores	Planejamento organizacional - Especificar: fatores mercadológicos, produção e recursos humanos. - Verificação: estrutural dos requisitos necessários para cumprir os meios Planejamento dos recursos - Seleção: tipo e modo de uso dos diversos recursos	
	Planejamento Operacional		3
	Tempo	Curto	
	Fatores	Planejamento da implementação e do controle - Coletar: dados de indicadores de produção, estoque, comunicação, mercado, etc.	

Dentro destes três tipos de planejamento também são delineadas as estratégias tecnológicas (seleção e tempo para introdução das inovações tecnológicas); estratégias de produto (analisar o segmento de mercado que empresa atua, o perfil do consumidor, linhas de produtos e quais são os canais de distribuição); e as estratégias corporativas (comunicação com colaboradores, objetivos, meios e metas da empresa). Neste sentido, o desenvolvimento adequado do PE reduz discordâncias vivenciadas quando há conflitos entre o propósito da elaboração de um produto por parte de seus desenvolvedores e a parte gerencial da empresa. Tal falta de sintonia acarreta em falhas na compreensão do tempo para introdução de novos produtos ou novos paradigmas para a continuidade do lançamento, no cálculo dos custos de desenvolvimento e na fixação de capacidades. Ou seja, a implementação da sustentabilidade deve ser realizada, primeiramente, no PE para que o produto seja criado dentro do contexto sustentável, e deste modo, a sustentabilidade será um fator integrante do produto, configurando uma parte fundamental para o desenvolvimento do produto e não apenas uma característica, um elemento adicional.

Baseando-se nestas argumentações, a estratégia no nível corporativo é descrita como aquela que direciona e identifica as decisões da empresa em termos de como agir (objetivos), quais são os seus propósitos de evolução (missão), seu reconhecimento em termos de desempenho, capitalização, estrutura física (meios e metas). Em suma, a estratégia tecnológica visa analisar qual é a melhor oportunidade de inovação para obter vantagem competitiva e o tempo para introdução dessas inovações ao produto. Sendo a estratégia de produto focada em identificar o segmento de mercado, suas linhas de produto, quais são os canais de distribuição e comunicação que poderão ser empregados. Portanto, nesta microfase podem ser utilizadas ferramentas diversas de acordo com a preferência ou conhecimento da empresa. Uma vez definido e verificado o PE, esta etapa é avaliada no *gate* 1.

6.2.2 Estágio 4: Projeto

Neste momento, todas as informações relevantes para a proposição do produto já foram obtidas. Assim, a microfase Projeto conduz a elaboração do produto ou melhoria de algum já existente a partir das metas arquitetadas nas etapas anteriores. Este estágio é composto por três divisões: projeto informacional, projeto conceitual e projeto detalhado.

O Projeto Informacional corresponde as especificações do projeto e caracterização do produto. Portanto, a função principal do projeto informacional é delimitar e apresentar o problema que o projeto do produto busca compreender listando os requisitos e anseios dos consumidores, aspectos tecnológicos ao alcance da empresa bem como verificar qual aspecto tecnológico o futuro consumidor espera encontrar no produto, a possibilidade de novos nichos de mercado, fatores financeiros, valores intangíveis assim como a observação de concorrentes e a descrição de produtos similares. Neste sentido, o projeto informacional também é importante para manter a compatibilidade e o compartilhamento coerente da motivação e justificativa dos esforços empregados. Quando estão definidos estes pontos, o projeto informacional pode ser estendido para análise de possíveis fornecedores e insumos utilizados na produção. Quando o produto atinge a fase final de desenvolvimento, o projeto informacional pode ser revisado e atualizado com as novas informações coletadas.

Em seguida, o Projeto Conceitual complementa as configurações do produto realizando o design ou redesign, representação e seleção de soluções que agregam valor. Desta forma, o projeto conceitual incide na fase de criação de ideias, análise das alternativas e seleção de conceito para o produto, atrelando à estes os princípios de funcionalidade e aspectos estético do produto abordados na macrofase Compartilhamento. Da macrofase Compartilhamento também devem ser utilizadas as estratégias classificadas de acordo com o tipo do produto.

Protótipos de testes que permitam a verificação de falha e seus efeitos devem ser executados para analisar se o planejamento do ciclo de vida do produto é coerente com os planos anteriores.

O Projeto Detalhado transforma o projeto conceitual em informações técnicas para a produção industrial e elaboração do plano de produção. De tal modo, como ilustrado na figura 30, essa última etapa da microfase 2 interage como a próxima microfase (produção) buscando e agregando informações para que a ligação destas etapas não acarrete em erros ou falhas. Portanto, o desempenho desta etapa deve ser composta por uma equipe multidisciplinar. Além disso, pode abranger a análise das legislações específicas, tomada de decisão da empresa em relação às parcerias, dinâmicas da cadeia de suprimentos e as capacidades necessárias.

6.2.3 Estágio 5: Produção

A terceira microfase e quinto passo é a Produção, encarregada da elaboração do plano de fabricação, configurações das operações, montagem do produto e realizações de testes para certificações, ou seja, essa fase é responsável por fabricar o produto e apresentar o fluxograma contendo indicadores para montagem das peças, índices de desempenho e controle de impactos. Ao final, a etapa também deve ser avaliada pelo *gate 2*.

6.2.4 Estágio 6: Plano de Marketing

A quarta microfase e sexto passo é o Plano de Marketing, incumbido da elaboração da apresentação para o lançamento e descrição do produto, atendimento ao consumidor por canais de comunicação em curto e longo prazo, monitoramento do desempenho do produto, registro das falhas detectadas e novas demandas dos clientes. Portanto, essa microfase reflete no planejamento uma vez que realiza o monitoramento do mercado e na fase de desenvolvimento devido ao *feedback* das informações sobre as expectativas e necessidades do consumidor.

6.3 PROCESSO CÍCLICO

Após o desenvolvimento de todos os estágios é preciso avaliar o resultado da aplicação do modelo para certificar se o propósito do plano de ação elaborado na macrofase de Compartilhamento foi atingido. A aprovação do resultado final caracteriza que um ciclo do processo de maturidade foi atingido ou nivelado, estando apropriado o desempenho do próximo ciclo. Desta forma, o processo cíclico torna o resultado mais confiável e consistente, ajudando a identificar falhas e sucessos no processo de melhoria contínua. Ilustrado por um losango na figura 19, o processo cíclico questiona: *Qual foi o avanço obtido?*

Desta forma, cada ponto do planejamento deve ser registrado como sucesso ou fracasso. Quando o registro geral dos pontos do planejamento estiver listado, é possível observar o percentual o total de pontos com sucessos *versus* o total de pontos no planejamento. Para observar o percentual, o modelo emprega a escala:

Quadro 41 - Escala Processo Cíclico

Perceptual	Avaliação
Até 20%	Muito pouco
21%-40%	Pouco
41%-60%	Parcialmente
61%-80%	Satisfatório
81%-99%	Muito satisfatório
100%	Excelente – resultado completo

Neste contexto, somente se o resultado atingir a totalidade (100%), a empresa amadurece no nível no que foi trabalhado. Em vista disto, o modelo, especificamente, promove uma simplificação da realidade por meio da identificação de práticas sustentáveis no PE e no PDP. Logo, o propósito central do modelo apresentado é diagnosticar de forma geral a organização em prol da sustentabilidade e com os dados obtidos, auxiliar o processo de melhoria por meio do planejamento estratégico e indicadores para monitorar o progresso e desempenho. Dito isso, o modelo têm caráter genérico em relação ao PDP uma vez que o modelo não buscar por apresentar um novo modelo de PDP, mas sim, um guia para que as empresas consigam identificar em qual fase do modelo de PDP que estas já utilizam em sua rotina de projeto deve agregar as informações obtidas. Desta forma, trabalhando em conjunto com os conhecimentos e processos que as empresas já conhecem, a integração da sustentabilidade pode se tornar um esforço desejado, mais confiável e que tenha reflexos em outras empresas para motivar o engajamento em prol de uma sociedade mais sustentável.

7 APLICAÇÃO DO MODELO DE MATURIDADE PROPOSTO

Para testar a funcionalidade do modelo de maturidade proposto e verificar a sua potencialidade e possíveis falhas, foram desenvolvidos 2 experimentos em duas empresas, uma cooperativa agrícola e empresa multinacional do setor automotivo. O único critério de seleção para que as empresas participassem era estar disposta a responder o questionário da avaliação com veracidade. Anteriormente a realização de ambos os experimentos, os participantes foram apresentados ao problema que estudo busca solucionar, aos limites literários e ao conceito do modelo contendo a descrição de cada estágio deste. Posteriormente, o modelo foi explicado bem como foi disponibilizado material contendo a apresentação do estudo.

Para a realização dos experimentos, as questões que compõem os 5 critérios da macrofase Reconhecimento foram enviadas para todos os participantes via *Google Forms*. Neste, foram construídos 5 questionários, um para cada critério de avaliação em razão de facilitar a administração do tempo e incentivar a participação. Além das questões, em cada formulário havia também a descrição do critério e dos elementos que o integrava. O preenchimento das respostas ocorreu sem a presença da autora, via online, e cada participante respondeu individualmente. A dinâmica do questionário variou de acordo com as respostas selecionadas conforme previsto na subseção 6.1.1. Ou seja, a depender da alternativa selecionada, a avaliação poderia ser encerrada antes do final das questões. Quando não houvesse consenso entre as respostas dos participantes da mesma empresa, as notas das alternativas selecionadas foram somadas e divididas pelo número de participantes para a obtenção da nota que posteriormente foi utilizada para calcular a maturidade pelas fórmulas apresentadas na seção 6.1.

Em mais, conforme o escopo do modelo em não ser um modelo de PDP mas sim um guia que direciona o caminho para melhoria de acordo com os pontos fortes e fracos da empresa identificados pela macrofase 1, o desenvolvimento de ambos os experimentos se estendeu até a macrofase 2 – compartilhamento. A importância do modelo de maturidade proposto conter as microfases é orientar como as empresas devem utilizar os dados obtidos, sendo estes, adaptados as ferramentas de PDP de preferência de cada empresa. A partir disso é que a característica de simplicidade e compatibilidade do modelo podem ser observados. Desta forma, sequência desta seção, são apresentados os detalhes de cada empresa, dos participantes, o resultado da avaliação e os dados para a construção dos planos de ação.

7.1 EXPERIMENTO 1

O primeiro experimento ocorreu com a participação de uma cooperativa agrícola localizada no estado do Paraná, Brasil. A cooperativa será identificada como empresa “A”, cuja fundação ocorreu na década de 1950. A empresa comercializa grãos para posterior beneficiamento interno ou exportação e produz produtos derivados do leite. Os cooperados são produtores residentes da mesma localidade da empresa.

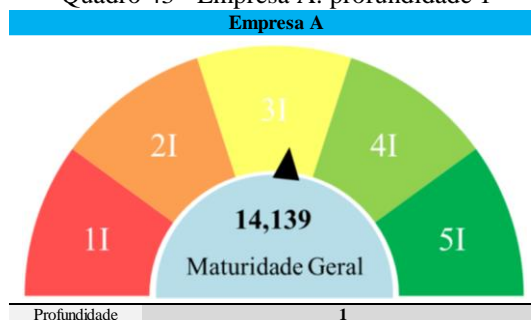
O intuito da participação da empresa “A” na aplicação do modelo proposto foi obter uma avaliação da situação atual para apoiar do processo de melhoria, pois a empresa almeja no futuro ser reconhecida como uma empresa sustentável. O quadro 42 apresenta a identificação do participante do experimento:

Quadro 42 - Experimento 1: identificação do participante

Nº participantes	Função	Tempo na empresa/ Tempo na função	Formação
1	Diretor de operações	7 meses / 7meses	Doutor e Mestre em Engenharia de Produção, Especialista em Engenharia de Gestão de Projetos, Graduação em Engenharia de Produção.

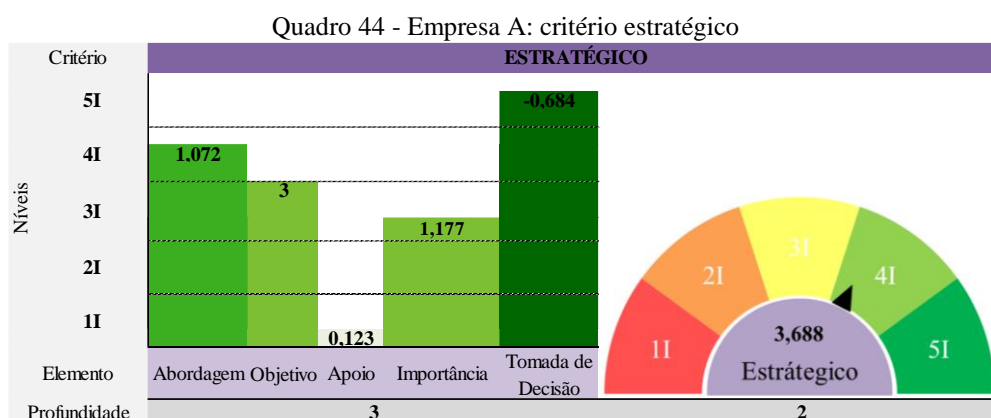
A avaliação da empresa pela macrofase Reconhecimento identificou que a maturidade atual é 3I – Interessada (profundidade 1, geral), quadro 43. Conforme a descrição deste nível, o resultado geral representou que a empresa é capaz de reconhecer as vantagens da inclusão interna da sustentabilidade através da análise estratégica e assim, começar a considerar a sustentabilidade na tomada de decisões com equivalência aos outros interesses da empresa e das partes interessadas; estabelecendo uma consciência e motivação interna para progredir. O quadro também, ilustra que a empresa precisa ampliar seus conhecimentos referentes a sustentabilidade por meio de um processo de aprendizado e certificações.

Quadro 43 - Empresa A: profundidade 1



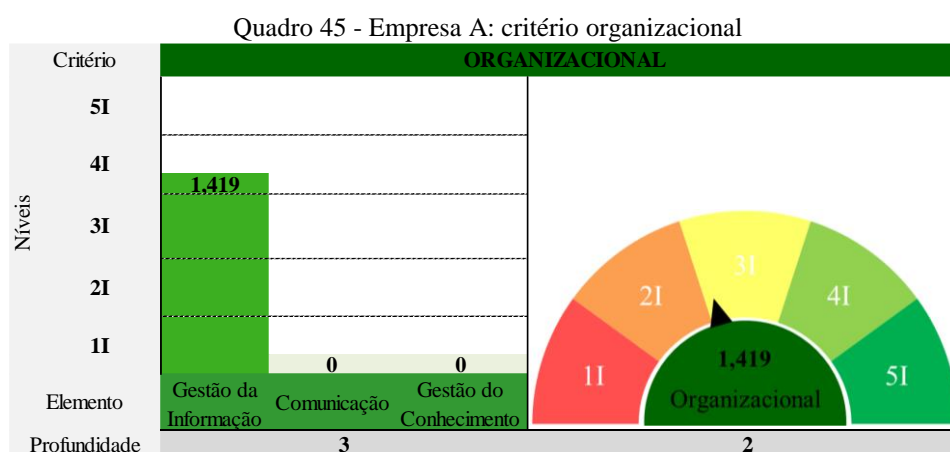
Observando mais detalhadamente, os resultados dos 5 critérios de avaliação variaram entre os níveis 2I e 4I. Diante disso, junto com a apresentação dos resultados em profundidade 2 e 3 também serão elencados os planos de ações referentes a macrofase Compartilhamento.

O resultado do critério **Estratégico** (profundidade 2) atingiu o nível 4I: planejamento estratégico para a diferenciação (quadro 44). Este resultado teve grande influência dos elementos (profundidade 3) abordagem e tomada de decisão, porém cabe observar que os demais elementos obtiveram resultados inferiores em destaque o elemento apoio. Este desequilíbrio dos dados demonstra que para o desempenho da macrofase Compartilhamento é preciso, primeiramente, planos de ação para que os elementos em níveis inferiores atinjam o mesmo patamar. Posteriormente, com a aprovação do resultado dos primeiros planos, a macrofase 2 poderá ser refeita a fim que todos os elementos alcancem o nível superior. Portanto, o quadro 44 descreve quais são os pontos fracos da empresa “A” e como as melhorias neste critério poderiam ser orientadas.



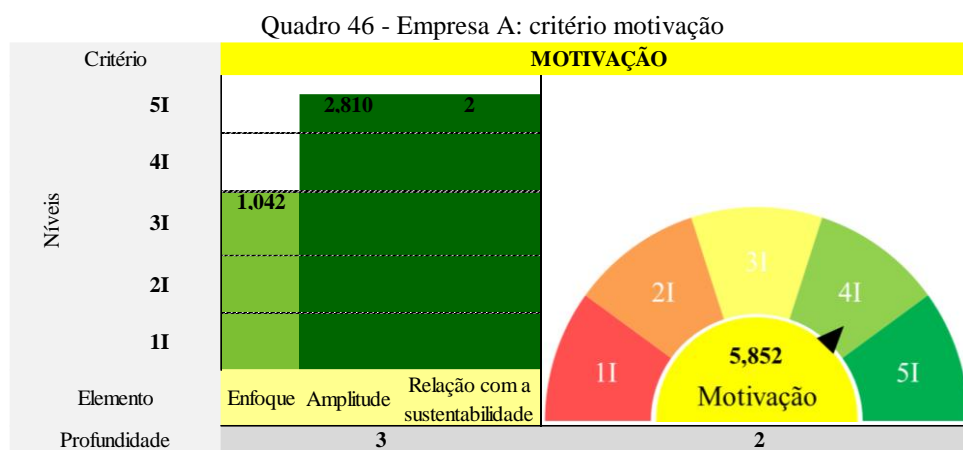
MACROFASE COMPARTILHAMENTO	Plano de Ação - <i>Objetivo</i> : equilibrar nível
Nº de planos: 5	Equipe: * Processos: * Tempo: * Custo: *
<i>Elemento Abordagem</i>	
1 - A empresa necessita mudar sua abordagem do tema visando obter mais do que certificações obrigatórias para garantir sua diferenciação perante o mercado.	
<i>Elemento Objetivo</i>	
2 - O objetivo da integração do tema pela empresa precisa apresentar melhorias inovadoras para manter a avaliação do ciclo de vida dos produtos fechado.	
<i>Elemento Apoio</i>	
3 - A empresa necessita implementar mecanismos de apoio para que o papel da alta administração para integrar a sustentabilidade seja reconhecido por até 80 % dos colaboradores internos.	
4 - É preciso construir um comitê exclusivamente responsável pela integração da sustentabilidade na empresa. Tal comitê deve conter membros da alta administração, colaboradores internos e oportunizar a participação de agentes externos.	
<i>Elemento Importância</i>	
5 - A sustentabilidade deve passar a ser um tópico importante empregado para analisar o mercado, desenvolver pesquisas e novas tecnologias.	
Resultado esperado: equilibrar a maturidade dos elementos no nível 4I. * a critério da empresa	

Na sequência da avaliação, o critério **Organizacional** atingiu o nível 3I - estrutura organizacional voltada para a integração (profundidade 2), com notável desequilíbrio entre os elementos que o compõem (profundidade 3). Diante da não pontuação dos elementos comunicação e gestão do conhecimento, o desempenho da macrofase Compartilhamento deve construir planos de ação para que esses elementos atinjam o mesmo patamar do elemento gestão de informação para posterior empenho em busca do nível superior. Igualmente ao critério anterior, o quadro 45 descreve quais são os pontos fracos da empresa “A” e como as melhorias neste critério poderiam ser orientadas.



MACROFASE COMPARTILHAMENTO	Plano de Ação - <i>Objetivo</i> : equilibrar nível
Nº de planos: 7	Equipe: * Processos: * Tempo: * Custo: *
<i>Elemento Comunicação</i>	
1 - A empresa necessita criar um canal interno para a comunicação. Tal canal deve possibilitar o compartilhamento de informações entre colaboradores - gestão superior, acionistas e clientes.	
2 - A empresa precisa observar a comunicação como uma fonte que transformam dados em conhecimento na qual o nível de interdependência fomenta o aprendizado individual e em grupo.	
<i>Elemento Gestão do Conhecimento</i>	
3 - A empresa deve ofertar um programa de aprendizado para uniformizar as capacidades dos envolvidos.	
4 - Os treinamentos disponibilizados pelo programa de aprendizado devem ser ofertados para todos os envolvidos de acordo com o tópico correspondente as funções exercidas.	
5 - O programa de aprendizado deve observar as dinâmicas que acontecem no gerenciamento interdepartamental buscando elevar a compatibilidade, uso e a assimilação dos conhecimentos adquiridos	
6 - O conhecimento obtido pelo programa de aprendizado deve ser validado por especialistas.	
7 - O conhecimento obtido pelo programa de aprendizado deve ser direcionado dentro da empresa para uso em projetos novos.	
Resultado esperado: equilibrar a maturidade dos elementos no nível 4I. * a critério da empresa	

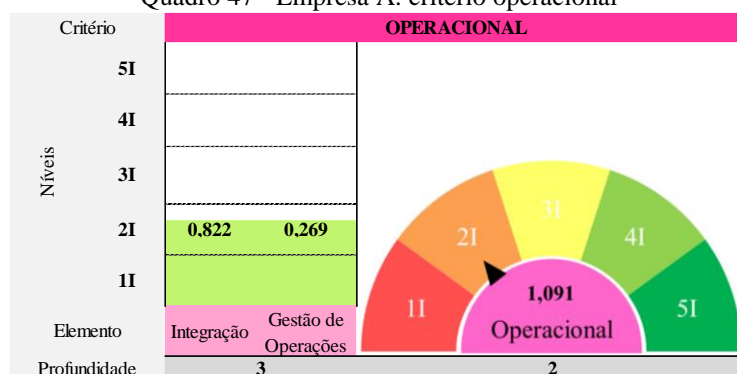
No critério **Motivação** a empresa “A” apresentou resultados mais equilibrados (profundidade 3), atingindo o nível 4I - motivação focada na criação de valor e pertencimento (profundidade 2). Deste modo, é necessário na macrofase Compartilhamento elaborar planos de ação para que apenas o elemento enfoque atinja o mesmo patamar dos demais. Em segundo momento, a macrofase 2 deve ser refeita para totalizar o resultado do nível superior. Assim, o quadro 46 apresenta os pontos fracos e orienta como as melhorias neste critério poderiam ser desenvolvidas no elemento enfoque.



MACROFASE COMPARTILHAMENTO	Plano de Ação - <i>Objetivo: equilibrar nível</i>
Nº de planos: 2	Equipe: * Processos: * Tempo: * Custo: *
<i>Elemento Enfoque</i>	
1 - A empresa precisa instalar mecanismos para que seus colaboradores internos compreendam que o motivo da integração da sustentabilidade não é somente em virtude de cumprir a lei, mas também de atender os requisitos dos consumidores.	
2 - A empresa precisa instalar mecanismos para que seus colaboradores internos compreendam que o vínculo entre a sustentabilidade e a existência da empresa é ir além do aumento do lucro ou o cumprimento da lei, mas sim em reduzir o máximo possível dos impactos gerados dentro dos sistemas de produção lineares. Isso deve representar um esforço a mais das exigências das regulamentações aplicadas.	
<i>Resultado esperado: equilibrar a maturidade dos elementos no nível 5I. * a critério da empresa</i>	

O resultado do critério **Operacional** é o único da empresa “A” em total equilíbrio em profundidade 3. Com isso, a maturidade obtida em profundidade 2 foi em nível 2I - operações levemente influenciadas por aspectos sustentáveis. Apesar de atingir um nível básico, o resultado permite que a elaboração da macrofase Compartilhamento tenha o objetivo de avançar para o próximo nível. Logo, o quadro 47 elenca os aspectos específicos para que a empresa evolua neste critério.

Quadro 47 - Empresa A: critério operacional



MACROFASE COMPARTILHAMENTO	Plano de Ação - <i>Objetivo: avançar para o próximo nível</i>			
Nº de planos: 8	Equipe: *	Processos: *	Tempo: *	Custo: *

Elemento Integração

1 - A empresa deve começar a considerar os conhecimentos científicos para o desenvolvimento de novos projetos de produção afim de garantir a integração da sustentabilidade.

2 - A empresa precisa expandir suas prioridades econômicas para além de produzir com custos baixos, elevar a qualidade de seus produtos de modo que isso a diferencie no mercado.

3 - Com relação as embalagens dos produtos, a empresa necessita implementar estratégias para minimizar o uso de insumos, como: evitar dimensões excessivas, reduzir espessuras, eliminar componentes com pouca funcionalidade e integrar funções para reduzir o conteúdo do material.

4 - Com relação a redução do uso de energia, a empresa precisa implementar estratégias como utilizar equipamentos eficientes e com mecanismos que permitam o desligamento automático, modo hibernar, suspensão.

5 - Com relação a maximizar do uso do produto, por se tratar de produtos alimentícios, a empresa poderia implementar estratégias em suas embalagens para facilitar a higienização e garantir a qualidade do produto através melhoria na capacidade de conservação com design que evite aberturas durante o transporte.

6 - Com relação ao ciclo de vida, a empresa poderia informar para seus consumidores quais são as etapas na produção dos insumos que mais geram impactos e qual é o número de vezes que os materiais utilizados nas embalagens foi ou ainda pode ser reciclado.

7 - Com relação a reciclagem das embalagens, a empresa necessita implementar estratégias que facilitem a desmontagem, reduzir o volume da embalagem, desenvolver embalagens recicláveis e retornáveis.

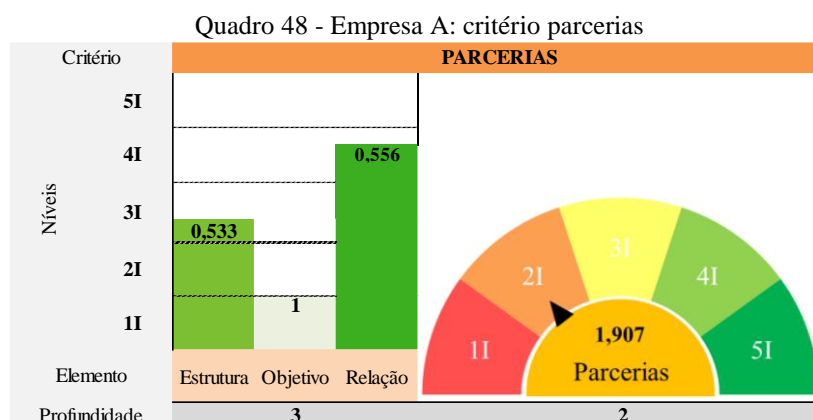
Elemento Gestão de Operação

8 - A empresa necessita implementar a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para medir os impactos gerados durante o processo produtivo.

<i>Resultado esperado: alcançar o nível 3I. * a critério da empresa</i>

O último critério de avaliação **Parcerias** atingiu o nível de maturidade 2I – parceira para a obtenção de recursos (profundidade 2). Este resultado em nível básico reflete o desequilíbrio dos dados na análise dos elementos (profundidade 3), em especial no elemento objetivo. Portanto, planos de ação na macrofase Compartilhamento são necessários para que os elementos atinjam o mesmo patamar e, assim, a empresa estaria apta a refazer a macrofase 2

para buscar o desempenho do nível superior. Logo, o quadro 48 descrever os pontos fracos e orienta como as melhorias neste critério poderiam ser desenvolvidas.



MACROFASE COMPARTILHAMENTO	Plano de Ação - <i>Objetivo: equilibrar nível</i>
-------------------------------	---

Nº de planos: 5

Equipe: * Processos: * Tempo: * Custo: *

Elemento Estrutura

1- Quando a empresa busca construir uma nova parceria, deve começar a priorizar a seleção de fornecedores que também prezem pela qualidade, políticas socioambientais e que seja flexível para participar no desenvolvimento de inovações.

2 - Quando a empresa buscar construir uma nova parceria, os objetivos sustentáveis da empresa precisam ser apresentados para os futuros parceiros em razão de manter uma rede de empresas com objetivos sintonizados.

3 - Quando a empresa buscar construir uma nova parceria, precisa verificar as condições de trabalho nas instalações do futuro fornecedor para assegurar o cumprimento das regulamentações trabalhistas.

4 - Quando a empresa buscar construir uma nova parceria, precisa conferir se o futuro fornecedor aplica algum tipo de sistema de controle e monitoramento consideram os aspectos econômicos, ambientais e sociais para buscar sempre estar à frente das obrigações básicas (fazer mais).

Elemento Objetivo

5 - A construção de uma parceria deve visar melhorar a responsabilidade socioambiental da empresa por meio do compartilhamento das informações entre todos os participantes da cadeia de suprimentos.

Resultado esperado: equilibrar a maturidade dos elementos no nível 4I. * a critério da empresa

7.2 EXPERIMENTO 2

O segundo experimento ocorreu com a participação de uma empresa multinacional com sede localizada no estado do Paraná, Brasil. A empresa será identificada como empresa “B”. A empresa é uma empresa de grande porte instalada no Brasil a mais de 60 anos. A empresa B se declara líder em IoT e no desenvolvimento de sistemas com inteligência artificial (IA) para oferecer soluções inovadoras em produtos e serviços destinados aos setores de mobilidade, tecnologia industrial e predial, bens de consumo e energia.

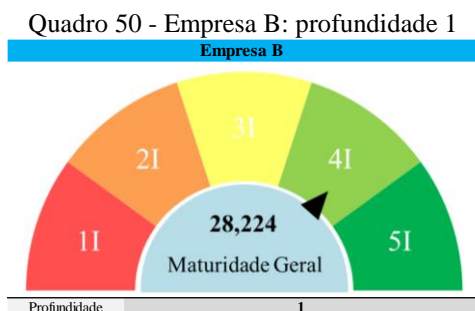
Na empresa “B”, a sustentabilidade é abordada em todas as dimensões do TBL juntamente com uma perspectiva de longo prazo. Segundo declara, a sustentabilidade assegura o sucesso e impulsiona a inovação. Ao mesmo tempo, a empresa estende sua responsabilidade social corporativa interna para agentes fora dela. No Brasil, a empresa “B” busca incentivar outras empresas brasileiras para o desenvolvimento da mobilidade sustentável e do avanço tecnológico para geração de energia elétrica por meio de fontes renováveis alternativas. Para a aplicação do modelo, o quadro 49 apresenta a identificação dos participantes:

Quadro 49 - Experimento 2: identificação dos participantes

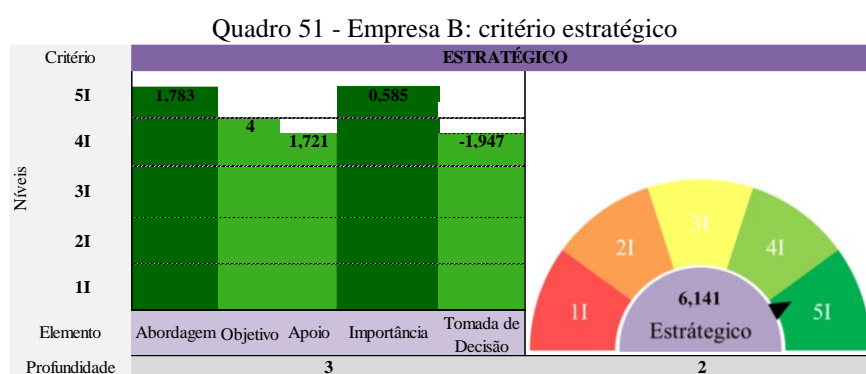
Nº participantes	Função	Tempo na empresa/ Tempo na função	Formação
1	Engenheiro de Sistemas	19 anos / 5 anos	Mestrado em Engenharia de Produção, Especialista em Veículos Híbridos e Elétricos, Graduação em Engenharia Mecânica.
2	Engenheiro de Vendas	4 anos / 1 ano	Graduação em Engenharia Elétrica
3	Gerente de projetos	7 anos / 5 anos	Especialista em Gerenciamento de Projetos

A avaliação da empresa pela macrofase Reconhecimento identificou que a maturidade atual é 4I – Ingressada (profundidade 1, geral), estando muito próximo de atingir o nível superior (quadro 50). Conforme a descrição deste nível, o resultado geral sustenta a visão que da empresa “B” declara sobre a importância de melhorias voltadas a integração da sustentabilidade. Deste modo, o desempenho demonstra que a empresa é capaz de identificar como aprimoramentos sustentáveis podem agregar valor ao modelo de negócio, capacidades dinâmicas e, conseqüentemente, à todos os envolvidos bem como compreender que a exteriorização de seus esforços leva a criação de sistemas reversos e fechados na cadeia de suprimentos, ao desenvolvimento inovações radicais, novas tecnologias, e a extensão da avaliação e controle de impactos e danos. Mesmo diante de uma maturidade satisfatória, a avaliação também permite observar que ainda existem problemas em sua estrutura organizacional para a total integração.

Observando mais detalhadamente, os resultados dos 5 critérios de avaliação foram equilibrados variando entre os níveis 4I e 5I. Diante disso, junto com a apresentação dos resultados em profundidade 2 e 3 também serão elencados os planos de ações referentes a macrofase Compartilhamento.

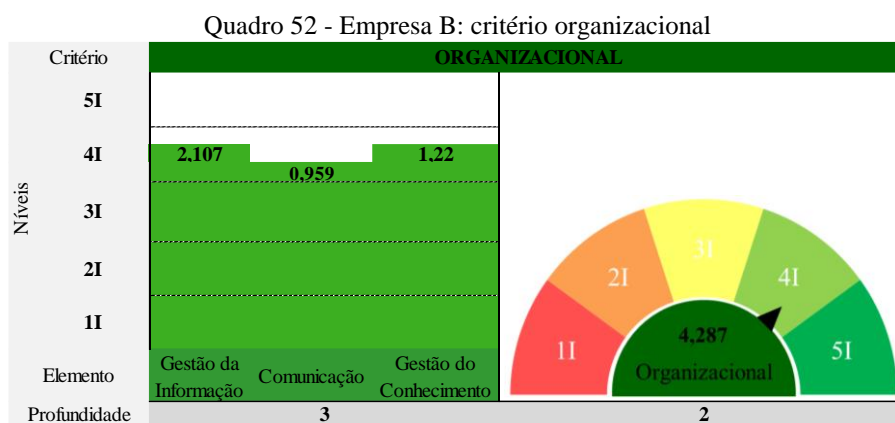


O resultado do critério **Estratégico** (profundidade 2) atingiu o nível 5I: planejamento estratégico para a criação de novo valor. Este resultado teve grande influência dos elementos (profundidade 3) abordagem e importância, estando os demais elementos muito próximos de atingir o último nível. Diante destas diferenças, é necessário na macrofase Compartilhamento, primeiramente, planos de ação para que todos os elementos atinjam o mesmo patamar. Posteriormente, com a aprovação do resultado dos primeiros planos, a macrofase 2 poderá ser refeita buscando totalizar os resultados dos esforços no nível 5I. Portanto, o quadro 51 descreve quais são os pontos passíveis de melhorias da empresa “B” neste critério.



MACROFASE COMPARTILHAMENTO	Plano de Ação - <i>Objetivo</i> : equilibrar nível
Nº de planos: 4	Equipe: * Processos: * Tempo: * Custo: *
<i>Elemento Objetivo</i>	
1 - O proposto da integração da sustentabilidade deve ser estendido para buscar desenvolver um novo segmento de mercado por meio do ciclo de vida fechado de seus produtos, apresentando novos valores, recompensas e o relacionamento com todas as partes interessadas e afetadas pela empresa.	
<i>Elemento Apoio</i>	
2 - A empresa necessita implementar mecanismos de apoio para que o papel da alta administração para integrar a sustentabilidade seja reconhecido por todos ou todos os colaboradores internos;	
3 - É preciso que o comitê exclusivamente responsável pela integração da sustentabilidade na empresa tenha um membro representante em cada departamento da empresa.	
<i>Elemento Tomada de Decisão</i>	
4 - É preciso que a empresa elabore um planejamento para que o processo de melhoria seja capaz de causar alterações no modelo de negócios da empresa em virtude do desenvolvimento sustentável.	
Resultado esperado: equilibrar a maturidade dos elementos no nível 5I. * a critério da empresa	

O critério *Organizacional* atingiu o nível 4I - estrutura organizacional voltada para a criação de valor e aprendizado (profundidade 2), com resultados equivalentes entre os elementos que o compõem (profundidade 3). Diante desses dados, o propósito da elaboração da macrofase Compartilhamento deve ser o avanço para o último nível. Logo, o quadro 52 elenca os aspectos específicos para que a empresa “B” evolua neste critério.



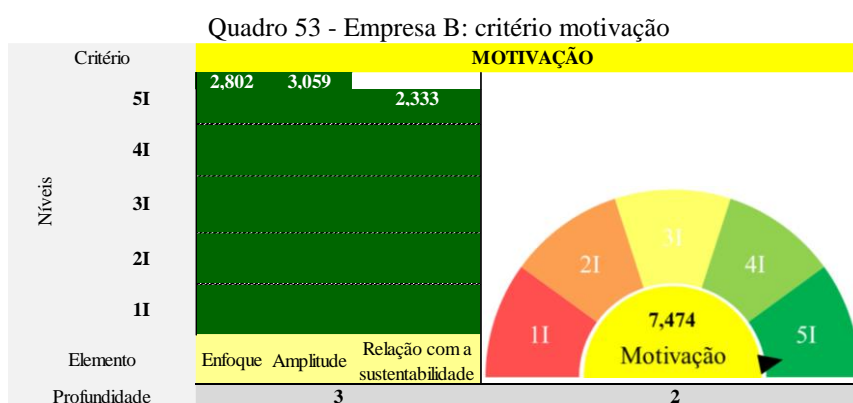
MACROFASE COMPARTILHAMENTO	Plano de Ação - <i>Objetivo: avançar para o próximo nível</i>
Nº de planos: 12	Equipe: * Processos: * Tempo: * Custo: *
<i>Elemento Gestão da Informação</i>	
1 - O compartilhamento interno de informações para orientar o processo de melhorias deve estar disponível a todos os envolvidos com as atividades da empresa para que possam compreender as mudanças necessárias, mantendo um canal de informação retroativo para elaboração de ações com base em conhecimentos oriundo da experiência coletiva.	
2 - O processo de coleta de informações deve ser padronizado e atualizado em tempo real	
3 - A empresa precisa implementar mecanismos que monitore se os colaboradores descrevem estar totalmente informados sobre a visão de sustentabilidade da empresa.	
4 - Os mecanismos de feedback da gestão de informação devem coletar dados internos e de parceiros externos (fornecedores e clientes).	
5 - Os mecanismos da gestão de informação da empresa devem permitir a circulação de informações entre a alta administração, departamento de marketing e afins, departamento de produção e afins, parceiras universitárias e outras fontes relevantes da sociedade.	
6 - Quando um problema for detectado pelos mecanismos da gestão de informação, avisos devem ser enviados a quem é o responsável do setor e que tenha as habilidades e competências certas para gerar soluções, mantendo uma hierarquia de autoridade flexível e cooperativa.	
<i>Elemento Comunicação</i>	
7 - A empresa necessita averiguar falhas em seu canal de comunicação interno/externo para detectar possíveis oportunidades.	
8 - A empresa precisa reforçar a transparência do compartilhamento de informações entre todas as partes interessadas.	
9 - A empresa precisa reforçar a comunicação como uma fonte que reúne e transforma dados em conhecimento e ouvir ideias em toda a organização.	
<i>Elemento Gestão do Conhecimento</i>	
10 - O programa de aprendizado ofertado pela empresa deve ser aprimorado para desenvolver novas capacidade para impulsionar a inovação.	

11 - O programa de aprendizado deve expandir a oferta de treinamentos para todos os envolvidos de acordo com o tópico correspondente as funções exercidas.

12 - O programa de aprendizado deve disseminar a ideia que a melhor forma de desenvolver o aprendizado é com a inclusão de membros externos.

*Resultado esperado: alcançar o nível 5I. * a critério da empresa*

O terceiro critério **Motivação** obteve o resultado mais alto da avaliação, atingindo por completo a pontuação nos elementos enfoque, amplitude e quase totalmente no elemento relação com a sustentabilidade (profundidade 3). Com isso, a maturidade atingida em profundidade 2 foi 5I – motivação integrada com os aspectos da sustentabilidade. Portanto, a construção da macrofase Compartilhamento tem o intuito de complementar a pontuação no terceiro elemento e assim corrigir falhas pontuais (quadro 53).



MACROFASE COMPARTILHAMENTO	Plano de Ação - <i>Objetivo: equilibrar nível</i>
-------------------------------	---

Nº de planos: 1

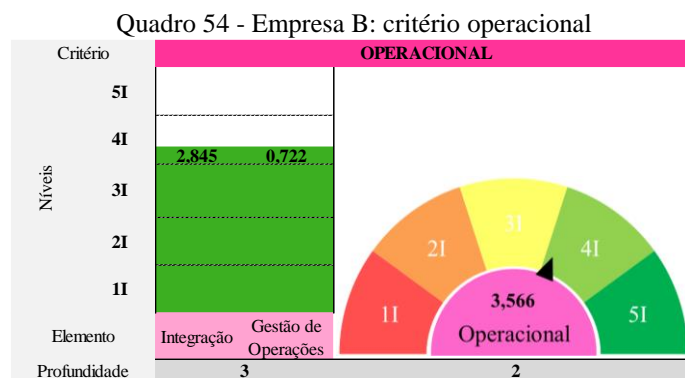
Equipe: * Processos: * Tempo: * Custo: *

Elemento Relação com a sustentabilidade

- A empresa necessita averiguar quais são as falhas durante a tomada decisões para adotar iniciativas sustentáveis em consenso coletivo.

*Resultado esperado: completar a maturidade do elemento no nível 5I. * a critério da empresa*

Os dados oriundos do critério **Operacional** ilustram que a maturidade da empresa “B” está no nível 4I- operações focadas na melhoria contínua para a sustentabilidade. Observando os resultados em profundidade 3, nota-se o balanço dos esforços da empresa. Desta forma, cabe a macrofase Compartilhamento elaborar planos de ação para que o nível superior seja alcançado de modo equivalente. O quadro 54 mostra os detalhes deste estágio.



MACROFASE COMPARTILHAMENTO	Plano de Ação - <i>Objetivo: avançar para o próximo nível</i>			
Nº de planos: 8	Equipe: *	Processos: *	Tempo: *	Custo: *

Elemento Integração

- 1 - A empresa precisa ampliar a proposição de mudanças em razão da sustentabilidade na etapa de produção e testes para aferir conformidade desejada.
- 2 - A empresa precisa ampliar e melhorar o sistema de coleta e armazenando de dados sobre os impactos gerados pela atividade produtividade para incluir dados diversos.
- 3 - A empresa precisa certificar e apresar a adaptação de seus edifícios fabris afim de torná-los mais eficientes energeticamente e agradáveis para o bem-estar dos colaboradores.
- 4 - A empresa precisa aprimorar o seu senso de responsabilidade social para impulsionar o desenvolvimento das comunidades locais.
- 5 - No que tange as estratégias para minimizar o uso de insumos, a empresa necessita avançar seus esforços para que o design de seus produtos permita a redução de espessuras, a integração de funções para reduzir o conteúdo do material e o uso de insumos de fontes renováveis.
- 6 - No que tange as estratégias para minimizar/evitar os impactos gerados pelas embalagens dos produtos, a empresa necessita avançar seus esforços para que o design de suas embalagens possibilite o uso da embalagem para outros fins (por exemplo o uso decorativo, a embalagem ser um outro produto ou o produto não usar embalagens).

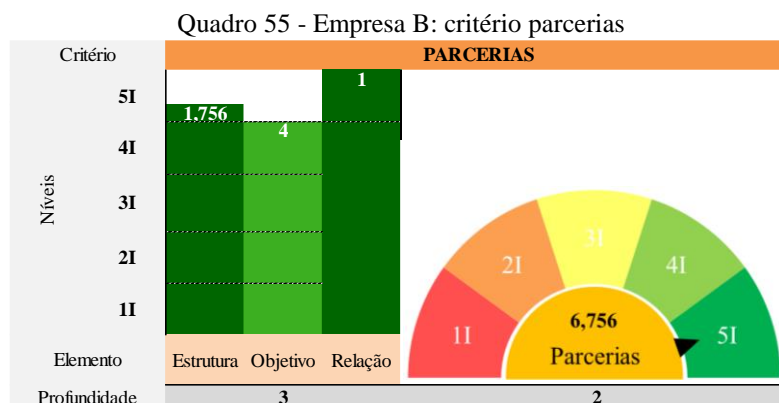
Elemento Gestão de Operações

- 7 - Com relação a responsabilidade pela aferição dos indicadores de sustentabilidade, a empresa necessita expandir a oferta de conhecimento para que cada setor participante da cadeia produtiva possua um responsável para aferir os impactos e fazer as análises necessárias com o compartilhamento de informações.
- 8 - Com relação a implementação da avaliação do ciclo de vida de seus produtos, a empresa necessita confirmar se este processo de análise é executado em todos os momentos, iniciando na etapa de extração da matéria-prima, beneficiamento da matéria-prima, produção, resíduos no fim da linha de produção, finalizando com as fases de uso e descarte do produto.

Resultado esperado: alcançar o nível 5I. * a critério da empresa

Para concluir, o critério **Parcerias** atingiu o nível 5I: Parceira integrada com os aspectos da sustentabilidade (profundidade 2) tendo pontuação máxima no elemento relação. Contudo, há um desequilíbrio nos outros dois elementos (profundidade 3). Por este motivo, o desenvolvimento da macrofase Compartilhamento deve primeiramente buscar a equivalência

entre estes dois elementos para posterior revisão em prol de atingir a totalidade do último nível. Assim, o quadro 55 descreve o que deve ser trabalhado apenas no elemento objetivo.



MACROFASE COMPARTILHAMENTO	Plano de Ação - <i>Objetivo: avançar para o próximo nível</i>
Nº de planos: 1	Equipe: * Processos: * Tempo: * Custo: *
<i>Elemento Objetivo</i>	
- A empresa deve aumentar seus esforços para que as parcerias formadas promovam o trabalho em conjunto para o redesenho de processos internos e a formação de redes de coparticipação.	
<i>Resultado esperado: alcançar o nível 5I. * a critério da empresa</i>	

8 AVALIAÇÃO DO MODELO DE MATURIDADE PROPOSTO

A avaliação do modelo ocorreu por duas formas: avaliação por especialistas e avaliação por usuário. A avaliação por especialistas aconteceu enquanto o modelo ainda estava em construção e teve o escopo de observar falhas e pontos passíveis de melhorias para que, posteriormente as correções, o modelo fosse testado via experimentos. Já a avaliação por usuários aconteceu após experimentos e foi realizada por quem utilizou o estudo. Seu escopo foi observar possíveis incoerências e a facilidade do uso do modelo proposto.

A avaliação do modelo por especialistas contou com a participação de 37 especialistas que formaram grupos para simular o uso do conceito por empresas. Por isso, a simulação necessitou de dados públicos de empresas alheias aos participantes. Estes dados foram extraídos de relatórios anuais de sustentabilidade GRI. Os *Global Reporting Initiative* (GRI) são relatórios publicados pelas empresas para fornecer aos stakeholders internos e externos um retrato da posição das empresas e suas atividades nas dimensões econômica, ambiental e social (WBCSD, 2002).

Os especialistas participantes possuem diferentes formações e funções profissionais, como: Análise de Insumos e Produção, Supervisor de Produção, Engenheiro Civil, Professor, Pesquisador, Analista Financeiro, Engenheiro de Alimentos, Logística e Gestão, Consultor de Negócios, Engenheiro Mecânico, Engenheiro de Produção, Designer de Produto, Projetista Mecânico, Gerente de Inovação, Gerente de Projetos, Administrativo e Gerente de Qualidade. O tempo de experiência varia de pelo menos dez meses a trinta anos. Destes, 75,08% eram mestres ou mestrando em Engenharia de Produção e Sistemas, 23% doutorandos em Engenharia de Produção e Sistemas e os demais graduados em diversas áreas do conhecimento.

Igualmente a realização dos experimentos, a simulação do uso do modelo abrangeu as macrofases 1 e 2. Os detalhes destes estágios foram expostos aos especialistas por meio de apresentações. Após terem conhecimentos do conceito do modelo, os especialistas em grupo e com base nos dados públicos da empresa selecionada, empregam o modelo. Depois da simulação, eles responderam um questionário via *Google Forms*. O questionário continha 12 perguntas com opção de resposta discursivas e multiescolha com espaço para comentários. O questionário obteve 26 repostas, o que significa uma taxa de retorno de 70,3%.

Na primeira pergunta: “*Já conhecia estudos que incluem aspectos organizacionais para o desenvolvimento de produtos sustentáveis? Se sim, comente*”, 84,61% dos especialistas responderam que esta foi a primeira vez que discutiram melhorias sustentáveis nos processos

produtivos em conjunto com aspectos organizacionais observando os reflexos destes dois campos no produto final. Os outros 15,39% afirmaram ter algum conhecimento por meio de estudos com abordagens parcialmente semelhantes. Mas nenhum relatou que tais abordagens semelhantes empregavam a avaliação de maturidade.

A segunda questão foi sobre a aplicação das etapas do modelo: “*Qual das etapas (fase de reconhecimento e compartilhamento) foi mais fácil de desenvolver? Justifique*”, a etapa de reconhecimento foi a mais fácil de usar para 73,1% dos especialistas devido à utilização dos 5 critérios de avaliação e dados tangíveis da empresa. Conforme os argumentos, envolve a reutilização de dados para identificar os pontos a serem melhorados. Além disso, a interpretação desses dados requer apenas conhecimento prévio. Isso significa que não há necessidade de treinamento além do esperado pela formação de cada participante e sua união por meio do trabalho em equipe. Os 26,9% dos especialistas que apontaram a etapa de compartilhamento como a mais fácil de usar justificaram sua escolha porque a esta etapa emprega a análise da fase anterior para a elaboração dos planos, ou seja, o cenário do estudo já é conhecido e assim os futuros participantes podem ter uma projeção mais detalhada dos esforços necessários.

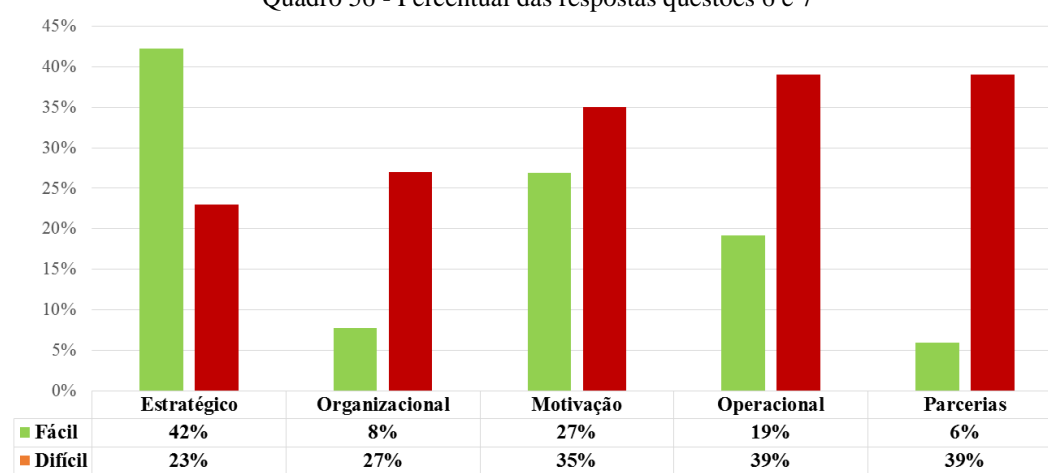
A terceira questão é relacionada ao uso dos critérios na etapa de reconhecimento: “*Em relação ao uso dos 5 critérios para avaliação de maturidade, o conjunto é de fácil compreensão? Explique*”, para 73,1% dos avaliadores o conjunto é de fácil aplicação porque utiliza uma escala objetiva, observa dados conhecidos e porque ilustra como a falta de compartilhamento de informações entre os diversos setores de uma empresa pode dificultar a tomada de decisão para reduzir os impactos negativos. Os 26,9% dos avaliadores contrários justificaram que a quantidade de dados analisados poderia causar dificuldades. Alguns apontaram que essa complexidade pode ser decorrente do uso de dados de uma empresa alheia; e, na grande maioria desse percentual, porque estão se aproximando desse conceito pela primeira vez.

Ainda sobre o conjunto de critérios, na quarta questão: “*Você observou alguma limitação na avaliação proposta pelos critérios? Explique*”, para 98% dos especialistas, o conjunto não tem limitações. A quinta pergunta apontou sobre: “*Quais são os pontos fortes da utilização dos critérios?*” todas as respostas indicaram que o principal ponto forte da utilização dos critérios é trazer uma visão ampla da organização, ou seja, uma avaliação global. Essa avaliação ampliada direciona melhor a construção do planejamento porque não ignora análises de pontos específicos que precisam de correções.

Desta forma, assim como as questões 3, 4 e 5 analisaram sobre o conjunto de critérios, as questões 6, 7 e 8 avaliaram os critérios individualmente. A sexta questão: “*Qual(is)*

critério(s) foi mais difícil de usar?” e a sétima pergunta: “*Qual(is) critério(s) foi mais fácil de usar?*”, os especialistas listam que os mais difíceis são os critérios parcerias, operacional, e motivação devido à escassez de informação da empresa e/ou falta de conhecimento com a análise desses aspectos. No entanto, quando suas dúvidas foram esclarecidas, suas opiniões mudaram em relação aos critérios operacional e motivação. Este último foi apontado como o segundo e terceiro mais fácil de usar. O critério estratégico apresentou um resultado estável, pois em ambas as análises foi apontado como o mais fácil de aplicar. Os resultados do critério organizacional em ambas as análises foram díspares. Mas nenhum dos entrevistados quis justificar suas escolhas. Os detalhes estão ilustrados no quadro:

Quadro 56 - Percentual das respostas questões 6 e 7



A oitava questão apontou para a utilização dos elementos que constituem cada critério para o desenvolvimento da avaliação de maturidade: “*Entre os 5 critérios, houve algum elemento mais difícil de ser utilizado?*”, os especialistas responderam que os elementos constituintes do critério motivação e o elemento de integração do critério operacional eram os que tiveram maior dificuldade de uso. Novamente, as justificativas das escolhas centraram-se na falta de conhecimento ou familiaridade com as habilidades observadas.

A nona questão foi elaborada para que os especialistas expressassem suas opiniões sobre o conceito após sua utilização: “*Dadas as dificuldades de unir diferentes metodologias dentro do processo de desenvolvimento de produtos e a variada definição do que torna um produto sustentável, o conceito do modelo de maturidade proposto é coerente em ilustrar que todas as atividades da empresa devem ser planejadas com o mesmo objetivo sustentável? Comente*”, todos os especialistas concordaram com a pergunta. Alguns apontaram que iniciar o estudo avaliando primeiro o nível de maturidade da empresa ajudou a entender melhor o quanto a empresa está disposta a discutir fatores para o desenvolvimento sustentável. E a partir dessa

avaliação, o projeto de melhoria do produto pode ser melhor delineado. Algumas respostas para exemplificar:

- *“Sim, se todos os setores não tiverem o mesmo foco, a empresa não segue o mesmo caminho e não atinge o mesmo objetivo”;*

- *“Sim, o modelo é consistente, trazer todas as atividades da empresa para um mesmo objetivo sustentável é essencial para que a empresa seja sustentável”;*

- *“Sim, consegui entender e relacionar diferentes metodologias”;*

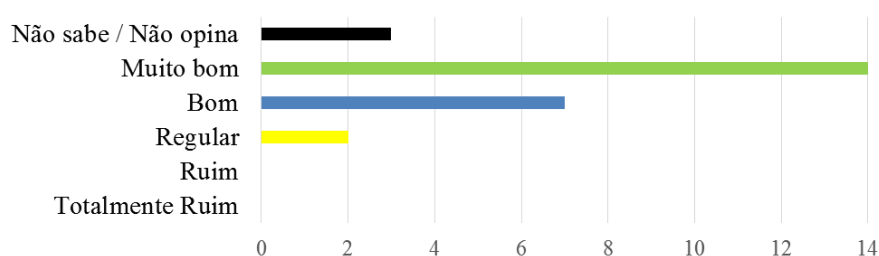
- *“O modelo proposto é uma ótima ferramenta, acho que deveria ser testada com mais frequência”;*

- *“Sim, pois com o modelo podemos identificar o nível de maturidade que a empresa possui e então avaliar o que poderia ser feito para melhorar esse nível e poder evoluir na sustentabilidade da empresa utilizando ferramentas que seriam indicadas”;*

- *“Sim, o conceito do modelo nos permite identificar e compreender corretamente o posicionamento da organização em relação às questões associadas às estratégias, o planejamento para o desenvolvimento sustentável de produtos e também oferece formas estruturadas para o desenvolvimento e implementação de técnicas na organização para melhorar essa condição”.*

As próximas perguntas foram sobre os níveis de maturidade e sua utilização. A décima pergunta: “Como você avalia a sequência de cinco níveis de maturidade?”, apontou que a sequência dos 5 níveis de maturidade foi avaliada majoritariamente como muito boa (quadro 57). Apenas alguns especialistas não opinaram. Com base nisso, pode-se afirmar que para a maioria agregar um nível de maturidade à avaliação da empresa é útil e bem compreendido.

Quadro 57 - Funcionalidade da escala de maturidade



Na questão 11: “A escala de maturidade poderia ser complementada ou simplificada em algum aspecto? Comente”, 57,70% dos especialistas avaliaram que a classificação de maturidade não precisa ser melhorada. Para 23,07% dos respondentes, a classificação de maturidade poderia ser melhorada no que diz respeito ao desenvolvimento de avaliações separadas para ações de curto, médio e longo prazo; bem como, o processo de avaliação poderia

ter uma avaliação quantitativa mais detalhada. E, o modelo poderia avaliar o perfil do participante. Os outros 19,23% dos respondentes optaram por não opinar.

Por fim, a última pergunta foi sobre a macrofase Compartilhamento: *“Na etapa de compartilhamento, a elaboração de planos de ação com base na avaliação de maturidade é um procedimento útil para orientar o desenvolvimento de produtos de uma empresa? Comente”*, a resposta dos especialistas foi unânime em afirmar que sim. Alguns argumentaram que esta é a parte mais importante porque é a partir dela que o guia de atividades é desenvolvido. Outros apontaram que ajuda no alinhamento das metas estabelecidas. Além disso, alguns complementaram que o estágio pode rever o modelo de negócios da empresa e torná-lo sustentável, mesmo no caso de empresas que não tenha nenhum conceito de sustentabilidade.

Portanto, com base no resultado positivo da avaliação do conceito do modelo, o estudo foi aprimorado conforme os apontamentos como, por exemplo: distinção da maturidade em profundidade, melhorias para tornar os resultados mais tangíveis e quantificáveis, melhoria na exposição do modelo. Feita a revisão, o modelo foi considerado apto para o desenvolvimento dos experimentos.

Uma vez concluídos os experimentos descritos na seção anterior, os usuários também foram convidados para avaliar como foi a experiência do uso do modelo. Porém, a obtenção de informações deste momento foi parcialmente possível. A avaliação por usuários contou com o retorno de apenas uma das empresas. Esta avaliação também foi realizada via Google Forms e foi estruturada com 3 perguntas:

1. Como você avalia sua experiência em utilizar o modelo?
 - a. Fácil
 - b. Complexa
 - c. Difícil
2. Sobre as questões, acredita que faltou algum aspecto para compor o questionário?
Se sim, deixe o seu comentário.
3. Sobre as alternativas de respostas, acredita que faltou alguma opção? Se sim, deixe o seu comentário.

O resultado da avaliação por usuários foi positivo, não sendo apontado a falta de algum aspecto na avaliação bem como a necessidade de mais alternativas de resposta. Sobre a utilização do modelo a avaliação foi positiva com a descrição de fácil aplicabilidade.

9 CONCLUSÃO

Esta pesquisa apresentou a concepção, design, implementação e aplicação do modelo de maturidade para integração da sustentabilidade nas rotinas das empresas diante do contexto da I4.0. Os apontamentos oriundos da literatura tornaram nítido que os avanços tecnológicos tendem a serem percebidos como progressos evolutivos capazes de facilitar ou melhorar o modo com que as atividades empresarias e produtivas são realizadas. Quando o desenvolvimento sustentável é abordado no contexto industrial, é possível observar que os avanços tecnológicos são retratados como novas chances de gerar soluções a problemas discutidos em longo prazo. Esse pensamento não é incoerente, mas incompleto. A difusão do uso de novas tecnologias para qualquer finalidade dependente da aceitação cultural. Conforme argumentos apresentados no estudo, a cultura é um conjunto de informações e conhecimentos organizacionais que podem ajudar ou impedir os esforços de sustentabilidade devido a cultura ser um fator intangível que permanece inalterada por longos anos. Logo, mudanças tecnológicas ou melhorias na gestão não são suficientes para alterá-la. Mudanças verdadeiras precisam alterar valores e normas para serem bem-sucedidas, isto é, as mudanças são confirmadas quando os indivíduos começam a valorizar novos olhares e acreditar que outros valores inconsistentes com os novos olhares não serão por muito tempo apropriados.

Neste ponto, é importante observar que para as empresas alcançarem o sucesso na integração da sustentabilidade é necessário construir novas capacidades dinâmicas hábeis de alicerçar a transformação completa das empresas, envolvendo todos os atores. Ou seja, a diferenciação entre o desempenho das empresas neste prisma é associada a experiência acumulada e ao conhecimento obtido. Entretanto, embora haja uma elevação do nível de consciência para um crescimento econômico mais sustentável, ainda há muito espaço para estudos que priorizem as empresas como agentes modeladores para o desenvolvimento sustentável uma vez que a sociedade influencia e é influenciada pelos movimentos corporativos. Portanto, a dinâmica existente no ambiente corporativo reflete os movimentos sociais e como eles modelam historicamente o pensamento sobre gestão. Neste contexto, reflexos dessa simbiose podem ser observados durante as transformações tecnológicas oriundas das revoluções industriais.

Diante disso, a Revisão Bibliográfica Sistemática realizada evidenciou a escassez de pesquisas sobre o elo entre as novas tecnologias atreladas a Indústria 4.0 e o desenvolvimento sustentável com o propósito de auxiliar as empresas a responder o *como* aplicar melhorias

englobando perspectivas distintas (institucionais, estruturais, comportamentais) para reverter a lógica de mercado vigente e apresentar contribuições inéditas para o fomento de uma sociedade mais sustentável.

Baseando nas evidências encontradas, o modelo de maturidade proposto foi elaborado com o intuito de facilitar e incentivar o progresso das empresas na adoção do tema. Logo, a principal conclusão desta tese é que o grau de maturidade da integração da sustentabilidade é diretamente dependente do quão disseminado é o significado de sustentabilidade para o modelo de negócio da empresa na cadeia de valor e no engajamento de todos os agentes envolvidos. Tal disseminação estimula o compartilhamento de conhecimentos e o desenvolvimento de capacidades. Ou seja, essa mudança demanda de tempo, planejamento e crescimento. Não é uma característica comprada no mercado e nem adquirida por meio de fornecedores.

Em suma, os principais pontos de contribuição da pesquisa são:

1) Reduzir as lacunas identificadas: diminuir a falta de especificações sobre os papéis e as responsabilidades das organizações, trazendo orientações mais tangíveis sobre como o processo de melhorias contínuas pode ser atrelado à incorporação da sustentabilidade; reduzir o desequilíbrio no atendimento simultâneo das três dimensões (social, ambiental e econômicas) ocasionados em razão de resultados operacionais mais rápidos e visíveis; igualmente, reduzir a escassez de estudos que considerem a característica multidimensional e interdisciplinar da sustentabilidade; cobrir a ausência de pesquisas científicas sobre a sobreposição entre o desenvolvimento sustentável e a I4.0; bem como a escassez de estudos sobre a mudança de paradigma para a transformação de modelos de negócios tradicionais em modelos de negócios sustentáveis diante do contexto revolucionário da I4.0; reduzir distância entre teoria e prática; diminuir a complexidade do processo apresentado quais são os pontos necessários para avaliação; facilitar a análise de custo; enfraquecer o comportamento relutante das empresas em integrar a sustentabilidade demonstrando a razão e a importância desta; atender a necessidade de mais pesquisas com uma escolha metodológica mista de estudos teóricos diversos, evidências práticas e abordagens quantitativas e qualitativas, ou seja, modelos mensuráveis;

2) Muitas companhias estão buscando por meios para tornar a sustentabilidade uma capacidade dinâmica. Devido a isso, a pesquisa também contribui para a integração por meio de uma nova perspectiva na qual as práticas sustentáveis são consideradas não apenas do ponto de vista operacional, mas também na estratégia de criação de valor e cultura das empresas; além disso, esta nova perspectiva promove a inclusão da participação de partes interessadas externas;

3) Adoção do modelo de maturidade aliado a um conjunto de critérios para a avaliação das posturas e práticas das empresas mostrou ser capaz de reduzir a complexidade e elevar a

compreensão dos esforços necessários para que a empresa esteja apta a buscar certificações de sustentabilidade;

4) A originalidade da pesquisa é amparada pelo fato que a revisão bibliográfica sistemática não encontrou estudos que aplique o conceito de maturidade como mecanismo para orientar planos estratégicos voltados a implementação de modelos de negócios sustentáveis com base nas competências existentes e o apontamentos das necessárias para que a empresa atinja um nível superior de forma homogênea entre os critérios avaliados, bem como, não foram encontrados estudos que elenquem os critérios de avaliação empregados nesta pesquisa.

Diante disso, é possível observar direcionamentos e necessidade para estudos futuros:

1) A realização dos experimentos demonstrou que o modelo proposto é eficaz em identificar a maturidade, a postura perante o assunto e os pontos fortes e fracos da empresa. Também demonstrou que o modelo é eficaz em avaliar empresas de portes e setores distintos. Por isso, mais experimentos são recomendados para a obtenção de novos dados cujo resultados podem ser posteriormente confrontados com a literatura;

2) A partir dos experimentos realizados, o modelo de maturidade pode ser caracterizado como um modelo descritivo e prescritivo. Mas, para atingir a totalidade da funcionalidade conforme referencial da seção 5, mais testes são necessários para a construção de um banco de dados cujo escopo seja reunir em grupos específicos de empresas similares afim agregar ao modelo de maturidade a característica de modelo comparativo;

3) Para ampliar ainda mais o banco de dados, os novos experimentos podem ser feitos em empresas com diferentes nacionalidades e níveis tecnológicos;

4) Pelo lado teórico, mais investigações poderiam analisar se os adventos da I4.0 fortalecem ou interferem na conexão entre os múltiplos agentes envolvidos; igualmente, compreender se a I4.0 mudará a concorrência entre empresas não sustentáveis e sustentáveis; também, se a I4.0 irá aumentar a capacidade competitiva de empresas sustentáveis, especialmente para a formulação de políticas regulatórias.

5) A pesquisa conseguiu por meio da revisão identificar quais são os elementos fundamentais a serem considerados para o processo de transformação das empresas em prol da sustentabilidade. Nesta identificação também foi possível elencar estes elementos de acordo com a frequência que eram discutidos pelos estudos. A partir deste índice, futuras investigações podem ser fomentadas especialmente para abordar os elementos com índices de frequência menores conforme ilustra o quadro:

Quadro 58 - Índice de frequência

Nº	Elemento	Freq.
11	Sistema de Monitoramento	39
2	Gestão Organizacional	38
5	Inovação	37
6	Orientação para o Mercado	32
8	Conhecimento Compartilhado	32
10	Ampliação de Produtos/Serviços	28
13	Relacionamento com o Consumidor	26
14	Custos	26
15	Cadeia de Abastecimento	25
3	Estratégia de Longo Prazo	20
12	Adoção Antecipada	16
1	Definição de Sustentabilidade	15
4	Uso sistemático de Ferramentas de PDP	15
9	Integração de Partes Interessadas	12
7	Negócios Táticos de Curto Prazo	8

Por fim, o estudo conteve algumas limitações. Com relação ao desenvolvimento teórico, limitações ocorreram principalmente pela falta de acesso a estudos não disponibilizados pelas credenciais das plataformas. Com relação a aplicação do estudo, limitações ocorreram devido ao grau de disponibilidade das empresas e do tempo limitado dos participantes.

9.1 RESULTADOS ACADÊMICOS OBTIDOS DURANTE O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Os resultados da pesquisa foram publicados em:

- TEIXEIRA, G. F. G.; CANCEGLIERI JUNIOR, O.. Application of Strategy Planning Method to Integrated Development Sustainable Product Process (PEPDIPS). **7th Academic International Workshop Advances in Cleaner Production**, Barranquilla – Colombia – June 21st and 22nd – 2018. Disponível em:

<http://www.advancesincleanerproduction.net/7th/files/sessoes/6A/7/teixeira_and_canciglieri_jr_academic.pdf>

- TEIXEIRA, G. F. G.; CANCEGLIERI JUNIOR, O.. Method for the Strategic Planning of the Integrated Sustainable Products Development Process (PEPDIPS). Em: M. Peruzzini *et al.* (Eds.). **Transdisciplinary Engineering Methods for Social Innovation of Industry 4.0**, v. 1, p. 847-856, 2018. ISBN 978-1-61499-897-6.

- TEIXEIRA, G.F.G.; CANCEGLIERI JUNIOR, O.. How to make Strategic Planning for Corporate Sustainability? **Journal of Cleaner Production**, v. 230, p. 1421–1431, 2019. doi:10.1016/j.jclepro.2019.05.063

- CANCEGLIERI JUNIOR, O.; UNRUH, G. U.; TEIXEIRA, G. F. G.; SÁ, R. F. Three product development models applied in an integrated way in the design of sustainable products. **8th Academic International Workshop Advances in Cleaner Production**, Sanya – China – November 13th and 15th – 2019, p. 76.

- TEIXEIRA G.F.G., JUNIOR O.C., SZEJKA A.L. (2021) Future Research Agenda to Understanding the Sustainable Business Model in Industry 4.0. In: ROSSIT D.A.; TOHMÉ F.; MEJÍA DELGADILLO G. (eds). Production Research. ICPR-Americas 2020. **Communications in Computer and Information Science**, v. 1407, p. 357-371. Springer, Cham. ISBN 978-3-030-76306-0. https://doi.org/10.1007/978-3-030-76307-7_27

- TEIXEIRA, G.F.G., JUNIOR, O.C.. A discussion on Sustainability in Engineering Education: observations at a Brazilian university. **IFIP 18th International Conference on Product Lifecycle Management**, 11-14 July, 2021, Curitiba, Brazil.

- TEIXEIRA, G.F.G., JUNIOR, O.C.. Sustainable Business Model in Industry 4.0: a future research agenda. **IFIP 18th International Conference on Product Lifecycle Management**, 11-14 July, 2021, Curitiba, Brazil.

- TEIXEIRA, G.F.G., JUNIOR, O.C.; WOLLMANN, R.R.G.. Strategic Planning Model of the Integrated Development Process for Sustainable Products (PEPDIPS): qualitative and quantitative assessment. **IFIP 18th International Conference on Product Lifecycle Management**, 11-14 July, 2021, Curitiba, Brazil.

Publicações aceitas e em processo:

- TEIXEIRA, G.F.G.; JUNIOR, O.C.. The links between Industry 4.0 and Sustainable Business Models. In: HUSSAIN C. M.; ROSSIT, D. A. (eds).. Designing Smart Manufacturing Systems. **Elsevier Inc.** ISBN: 9780323992084. Publicação em 1 de Janeiro de 2023.

REFERÊNCIAS

- _____ 2030 Vision Global Goals Technology Forum. **SustainAbility**. London, December 2017.
- ABDELKAFI, N.; TÄUSCHER, K.. Business Models for Sustainability from a System Dynamics Perspective. **Organ. Environ.** 29, 74–96, 2016. doi.org/10.1177/1086026615592930
- ACKOFF, R.L. *Recreating the Corporation: a Design of Organizations for the 21st Century*. New York: **Oxford University Press**, 1999.
- ACKOFF, R.L. *Planejamento Empresarial*. Rio de Janeiro: **Livros Técnicos e Científicos**, 1975.
- ALBLIWI, S. A.; ANTONY, J.; ARSHED, N. Critical Literature Review on Maturity Models for Business Process Excellence. **IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management**, p. 79–83, 2014.
- ALLAIS, R.; ROUCOULES, L.; REYES, T. Governance maturity grid: a transition method for integrating sustainability into companies? **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 213–226, 2017.
- AMBROSINI, V.; BOWMAN, C. What are dynamic capabilities and are they a useful construct in strategic management? **International Journal of Management Reviews**, v. 11, n. 1, p. 29–49, 2009.
- AMBROSINI, V.; BOWMAN, C.; COLLIER, N. Dynamic capabilities: An exploration of how firms renew their resource base. **British Journal of Management**, v. 20, P. S9-S24, 2009.
- AMIT, R.; ZOTT, C.. Creating Value Through Business Model Innovation: Could your company benefit from a new business model? Consider these six questions. **Magazine Spring**, March 20, 2012. Disponível em: <https://sloanreview.mit.edu/article/creating-value-through-business-model-innovation/> Acessado em 20 de novembro de 2018.
- AMUI, L.B.L.; JABBOUR, C.J.C.; DE SOUSA JABBOUR, A.B.L.; KANNAN, D.. Sustainability as a dynamic organizational capability: a systematic review and a future agenda toward a sustainable transition. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 308–322, 2017. doi:10.1016/j.jclepro.2016.07.103.
- ANDRADE, R. O.; TACHIZAWA, T.. *Gestão socioambiental: estratégias na nova era da sustentabilidade*. 2.ed. Rio de Janeiro: **Elsevier**, 2012.
- ANDRONIE, M.; LĂZĂROIU, G.; IATAGAN, M.; HURLOIU, I.; DIJMĂRESCU, I.. Sustainable Cyber-Physical Production Systems in Big Data-Driven Smart Urban Economy: A Systematic Literature Review. **Sustainability**, v. 13, p. 751, 2021.
- ARAGÓN-CORREA, J.A.; SHARMA S.. A contingent natural-resource based view of proactive environmental strategy. **Academy of Management Review**, v. 28, n.1, 71–88, 2003.
- ARNOLD, C.; KIEL, D.; VOIGT, K.I.. How the industrial internet of things changes business models in different manufacturing industries. **International Journal of Innovation Management**, v. 20, p. 1–25, 2016.
- BAI, C.; DALLASEGA, P.; ORZES, G.; SARKIS, J.. Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective. **International Journal of Production Economics**, v. 229, p.107776, 2020.
- BAKSHI, B. R.; FIKSEL, J. The Quest for Sustainability: Challenges for Process systems Engineering. **AIChE Journal**, v. 49, p.1350-1358, 2003.
- BAL, A.; BADURDEEN, F.. A business model to implement closed-loop material flow in IoT-enabled environments. **Procedia Manufacturing**, v. 38, p.1284–1291, 2019.
- BALDISSERA, R. A comunicação (re)tecendo a cultura da sustentabilidade em sociedades complexas. Em: KUNSCH, M. M. K.; OLICEIRA, I. L. **A Comunicação na gestão da sustentabilidade das organizações**. São Caetano do Sul, SP: Difusão Editora, 2009.
- BANSAL, P.. The corporate challenges of sustainable development. **Academy of Management Executive**, 16(2), p.122–131, 2002.
- BARBIERI, J. C.; CAJAZEIRA, J. E. R.. **Responsabilidade Social Empresarial e Empresa Sustentável: da teoria à prática**. Saraiva: São Paulo, 2009.
- BARDIN, L.; **Análise de Conteúdo**, Ed. rev. e ampl. São Paulo: Edições 10, 2011.
- ^aBARNEY, J.B.. Is the resource-based ‘view’ a useful perspective for strategic management research? Yes. **Academy of Management Review**, v. 26, p. 41–56, 2001.
- ^bBARNEY, J.B.. Resource-based theories of competitive advantage: a ten year retrospective on the resource-based view. **Journal of Management**, v. 27, p. 643–650, 2001.
- BARNEY, J.B.. Looking inside for competitive advantage. **Academy of Management Executive**, v. 9, n. 4, p. 49–6, 1995.
- BAUMANN, H.; BOONS, F.; BRAGD, A. Mapping the green product development field: engineering, policy and business perspectives. **Journal of Cleaner Production**, v.10, n. 5, p.409-425, 2002.

- BAUMGARTNER, R. J. Managing corporate sustainability and CSR: A conceptual framework combining values, strategies and instruments contributing to sustainable development. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, v. 21, n. 5, p. 258–271, 2014.
- BAUMGARTNER, R. J.; EBNER, D.. Corporate sustainability strategies: sustainability profiles and maturity levels. **Sustainable Development**, v. 18, n° 2, p. 76–89, 2010.
- BECKER, J.; KNACKSTEDT, R.; PÖPPELBUß, J.. Developing Maturity Models for IT Management – A Procedure Model and its Application. **Business & Information Systems Engineering (BISE)**, v. 1, n. 3, p. 213-222, 2009.
- BEIER, G.; NIEHOFF, S.; XUE, B.. More Sustainability in Industry through Industrial Internet of Things? **Applied Sciences**, v. 8, n.2, p.219, 2018.
- BERCHICCI, L.; BODEWES, W.. Bridging environmental issues with new product development. **Business Strategy and the Environment**, v. 14, v. 5, p.272-285, 2005.
- BESKE, P.. Dynamic capabilities and sustainable supply chain management. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 42, p. 372-387, 2012. <http://dx.doi.org/10.1108/09600031211231344>.
- BHUIJAN, N.; THOMSON, V. A framework for NPD process under uncertainty. **Eng. Manage. J.**, v. 22, n. 2, p. 27-36, 2010.
- BIRKEL, H.; MÜLLER, J.M.. Potentials of industry 4.0 for supply chain management within the triple bottom line of sustainability – A systematic literature review. **J. Clean. Prod.**, v. 289, p. 125612, 2021.
- BIRKEL, H.; VEILE, J.; MÜLLER, J.; HARTMANN, E.; VOIGT, K.-I.. Development of a Risk Framework for Industry 4.0 in the Context of Sustainability for Established Manufacturers. **Sustainability**, v. 11, p. 384, 2019.
- BITITCI, U. S.; GARENGO, P.; ATES, A.; NUDURUPATI, S. S.. Value of maturity models in performance measurement. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 10, p. 3062–3085, 2015.
- BOCKEN, N. M. P.; GERADTS, T. H. J. Barriers and drivers to sustainable business model innovation: Organization design and dynamic capabilities. **Long Range Planning**, v. XXX, n. XXXX, p. XXXX, 2019.
- BOCKEN, N.M.P.; SHORT, S.W.; RANA, P.; EVANS, S.. A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. **Journal of Cleaner Production**, v.65, p.42–56, 2014.
- BOKS, C.; STEVELS, A.. Essential perspectives for design for environment, experiences from the electronics industry. **International Journal of Production Research**, v. 45, p. 4021-4039, 2007.
- BONILLA, S.H.; SILVA, H.R.O.; TERRA DA SILVA, M.; FRANCO GONÇALVES, R.; SACOMANO, J.B.; DA SILVA, M.T.; GONÇALVES, R.F.; SACOMANO, J.B.. Industry 4.0 and Sustainability Implications: A Scenario-Based Analysis of the Impacts and Challenges. **Sustainability**, v. 10, p. 3740, 2018.
- BORLAND, H.; AMBROSINI, V.; LINDGREEN, A.; VANHAMME, J.. Building Theory at the Intersection of Ecological Sustainability and Strategic Management. **Journal of Business Ethics**, v. 135, p. 293–307, 2016.
- BOSCOIANU, M.; PRELIPCEAN, G.; LUPAN, M. Innovation enterprise as a vehicle for sustainable development - A general framework for the design of typical strategies based on enterprise systems engineering, dynamic capabilities, and option thinking. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 3498–3507, 2018.
- BOUGHZALA, I.; VREEDE, G. J. DE. Evaluating Team Collaboration Quality: The Development and Field Application of a Collaboration Maturity Model. **Journal of Management Information Systems**, v. 32, n. 3, p. 129–157, 2015.
- BOUZON, A. **A incerteza dos gestores da comunicação de risco diante das inovações na indústria**. Em: KUNSCH, M. M. K., OLIVEIRA, I. de L. (organizadoras). *A Comunicação na gestão da sustentabilidade das organizações*. São Caetano do Sul, SP: Difusão Editora, 2009.
- BOWMAN, C.; AMBROSINI, V.. How the resource-based and the dynamic capability views of the firm inform competitive and corporate level strategy. **British Journal of Management**, 14, 289–303, 2003.
- BRACCINI, A.M.; MARGHERITA, E.G.. Exploring Organizational Sustainability of Industry 4.0 under the Triple Bottom Line: The Case of a Manufacturing Company. **Sustainability**, v. 11, p. 36, 2018.
- BRATT, C.; HALLSTEDT, S.; ROBÈRT, K. H.; BROMAN, G.; OLDMARK, J. Assessment of eco-labelling criteria development from a strategic sustainability perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 14, p. 1631–1638, 2011.
- BRENNER, B. Transformative Sustainable Business Models in the Light of the Digital Imperative—A Global Business Economics Perspective. **Sustainability**, v. 10, n. 12, p. 4428, 27 nov. 2018.
- ^aBRESSANELLI, G.; ADRODEGARI, F.; PERONA, M.; SACCANI, N.. Exploring How Usage-Focused Business Models Enable Circular Economy through Digital Technologies. **Sustainability**, v. 10, p. 639, 2018.
- ^bBRESSANELLI, G.; ADRODEGARI, F.; PERONA, M.; SACCANI, N.. The role of digital technologies to overcome Circular Economy challenges in PSS Business Models: An exploratory case study. **Procedia CIRP**, v. 73, p. 216–221, 2018.
- BROMAN, G.I.; ROBERT, K.H. A framework for strategic sustainable development. **Journal of Cleaner Production**, v. 140 (Part 1), p. 17-31, 2017.

- BRONES, F. A.; CARVALHO, M. M. DE; ZANCUL, E. DE S. Reviews, action and learning on change management for ecodesign transition. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 8–22, 2017.
- BRONES, F.; DE CARVALHO, M.. From 50 to 1: integrating literature toward a systemic ecodesign model. **Journal of Cleaner Production**, v. 96, p.44-57, 2015.
- BRONES, F.; DE CARVALHO, M. M.; DE SENZI ZANCUL, E. Ecodesign in project management: A missing link for the integration of sustainability in product development? **Journal of Cleaner Production**, v. 80, p. 106–118, 2014.
- BROOK, J. W.; PAGNANELLI, F. Integrating sustainability into innovation project portfolio management – A strategic perspective. **Journal of Engineering and Technology Management**, v. 34, p. 46–62, 2014.
- de BRUIN, T.; FREEZE, R.; KAULKARNI, U.; ROSEMANN, M.. Understanding the Main Phases of Developing a Maturity Assessment Model. **Australasian Conference on Information Systems (ACIS)**, p. 8–19, 2005.
- BURRITT, R.;CHRIST, K.. Industry 4.0 and environmental accounting: A new revolution? **Asian Journal of Sustainability and Social Responsibility**, v.1, p. 23–38, 2016.
- BYGGETH, S.; HOCHSCHORNER, E. Handling trade-offs in ecodesign tools for sustainable product development and procurement. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, p.1420-1430, 2006.
- ÇAĞDAŞ, V.; STUBKJÆR, E.. Design research for cadastral systems. **Computers, Environment and Urban Systems**, v.35, n.1, p.77–87, 2011.
- CASTIAUX, A. Developing dynamic capabilities to meet sustainable development challenges. **International Journal of Innovation Management**, v. 16, n. 6, p. 1–16, 2012.
- CEZARINO, L.O.; FERNANDES, M.; ALVES, R.; CRISTINA, A.; CALDANA, F.; LIBONI, L.B.. Dynamic Capabilities for Sustainability: Revealing the Systemic Key Factors. **Syst. Pr. Action Res.**, v.32, 93–112, 2019.
- CHAKRABARTY, S.; WANG, L.. The long-term sustenance of sustainability practices in MNCs: a dynamic capabilities perspective of the role of R&D and inter- nationalization. **J. Bus. Ethics**, v. 110, n° 2, p.205–217, 2012.
- CHANG, D.; LEE, C.; CHEN, C. Review of life cycle assessment towards sustainable product development. **Journal of Cleaner Production**, v. 83, p.48-60, 2014
- CHEHEBE, J. R. B.. Análise do Ciclo de Vida de Produtos: ferramentas gerencial da ISO 14000. Rio de Janeiro: **Qualitymark**, 1998.
- CHESBROUGH, H. Business model innovation: opportunities and barriers. **Long Range Planning**, v. 43, n. 2/3, p.354–363, 2010.
- CLARK, J. W.; TOMS, L. C.; GREEN, K. W. Market-oriented sustainability: moderating impact of stakeholder involvement. **Industrial Management & Data Systems**, v. 114, p. 21–36, 2014.
- CLARK, K.; FUJIMOTO, T. Product development performance: strategy, organization and management in the world auto industry. Boston: **Harvard Business Acholl Press**, 1991.
- CLINTON, L.; WHISNANT, R. Model Behavior: 20 Business Model Innovations for Sustainability. **SustainAbility**, February, p. 1-62, 2014.
- CMMI. SEI-Software Engineering Institute. CMMI® Product Development Team - Capability Maturity Model Integration - CMMI® version 1.3. **Software Engineering Institute**, Pittsburgh, Pennsylvania. USA: 2010.
- CONNER, K.R.; PRAHALAD, C.K.. A resource-based theory of the firm: knowledge versus opportunism. **Organization Science**, v. 7, n. 5, p. 477-501, 1996.
- CORREIA, E.; CARVALHO, H; AZEVEDO, S.G. GOVINDAN, K... Maturity models in supply chain sustainability: A systematic literature review. **Sustainability**, v. 9, n. 1, p. 1–26, 2017.
- COTTEY, A.. Economic language and economy change: with implications for cyber-physical systems. **AI & Society**, v. 33, p. 323–333, 2018.
- CUI, Y.; KARA, S.; CHAN, K.C.. Manufacturing big data ecosystem: A systematic literature review. **Robotics and Computer Integrated Manufacturing**, v. 62, p. 101861, 2020.
- de MAN, J.C.; STRANDHAGEN, J.O.. An Industry 4.0 Research Agenda for Sustainable Business Models. **Procedia CIRP**, v. 63, p. 721–726, 2017.
- DANGELICO, R. M.; PUJARI, D.; PONTRANDOLFO, P. Green Product Innovation in Manufacturing Firms: A Sustainability-Oriented Dynamic Capability Perspective. **Bus. Stra. Environ.**, v. 26, n. 4, p. 490–506, 2017.
- DANNEELS, E. The dynamics of product innovation and firm competences. **Strategic Management Journal**, v. 23, n. 12, p. 1095–1121, 2002.
- DAO, V.; LANGELLA, I.; CARBO, J.. From green to Sustainability: Information Technology and an integrated sustainability framework. **Journal of Strategic Information Systems**, v. 20, p. 63–79, 2011.

- DEIF, A. M. A system model for green manufacturing. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 14, p. 1553–1559, 2011.
- DEKONINCK, E. A.; DOMINGO, L.; O'HARE, J.A.; PIGOSSO, D.C.A.; REYES, T.; TROUSSIER, N.. Defining the challenges for ecodesign implementation in companies: Development and consolidation of a framework. **Journal of Cleaner Production**, v. 135, p. 410–425, 2016.
- DELAI, I., TAKAHASHI, S., 2011. Sustainability measurement system: a reference model proposal. **Soc. Responsib. J.** 7, 438-471.
- DEMO, P.. Metodologia do conhecimento científico. São Paulo: **Atlas**, 2000.
- DENTCHEV, N.; BAUMGARTNER, R.; DIELEMAN, H.; JÓHANNSDÓTTIR, L.; JONKER, J.; NYBERG, T.; RAUTER, R.; ROSANO, M.; SNIHUR, Y.; TANG, X.; van HOOFF, B. Embracing the variety of sustainable business models: social entrepreneurship, corporate intrapreneurship, creativity, innovation, and other approaches to sustainability challenges. **Journal of Cleaner Production**, 113, p. 1-4, 2016.
- DIAS, R. Gestão Ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade. 2ª ed. São Paulo: **Atlas**, 2011.
- DÍAZ-CHAO, Á.; FICAPAL-CUSÍ, P.; TORRENT-SELLENS, J.. Environmental assets, industry 4.0 technologies and firm performance in Spain: A dynamic capabilities path to reward sustainability. **J. Clean. Prod.**, v. 281, 2021.
- DOPPELT, B., MCDONOUGH, W.. **Leading change toward sustainability: a change-management guide for business, government and civil society**. Sheffield: Greenleaf, 2003.
- DREBORG, K.. Essence of backcasting. **Futures** 28 (9), 813-828, 1996.
- DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JR, J. A. V. **Design Science Research**. Cham: Springer, 2015.
- DRUCKER, P. F.. The Practice of Management. **Harper Business**, 1954 (revised edition, 2010).
- DURACH, C.; KEMBRO, J.; WIELAND, A.. A new paradigm for systematic literature reviews in supply chain management. **Journal of Supply Chain Management**, v. 53, n. 4, p. 67-85, 2017.
- DYLLICK, T.; ROST, Z. Towards true product sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 162, p. 346–360, 2017.
- DYLLICK, T.; MUFF, K.. Clarifying the Meaning of Sustainable Business: Introducing a Typology From Business-as-Usual to True Business Sustainability. **Organization & Environment**, v. 29, p. 156–174, 2016. doi:10.1177/1086026615575176.
- DYLLICK, T.; HOCKERTS, K.. Beyond the business case for corporate sustainability. **Business Strategy and the Environment**, v. 11, n. 2, p. 130–141, 2002.
- EKELS, J.; ROOZENBURG, N. F. M.. A methodological comparison of the structures of scientific research and engineering design: their similarities and differences. **Design Studies**, v.12, n.4, p. 197–203, 1991.
- EISENHARDT, K. M.; MARTIN, J. A. Dynamic Capabilities: what are they? **Strat. Manag. J.**, v. 21, p. 1105–1121, 2000.
- ELKINGTON, J. Enter the triple bottom line. In: HENRIQUES, A.; RICHARDSON, J. (Eds). **The triple Bottom Line: Does It All Add up?** Earthscan, London, p.1-16, 2004.
- ELKINGTON, J. Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business. **New Society Publishers**, 1998.
- ELKINGTON, J.; HAILES, J. The Green Consumer Guide. **Victor Gollanz**: London, 1988.
- ELLONEN, H-K.; WIKSTRÖM, P.; JANTUNEN, A.. Linking dynamic-capability portfolios and innovation outcomes. **Technovation**, v. 29, p. 753–762, 2009.
- ENGERT, S.; BAUMGARTNER, R. J. Corporate sustainability strategy - Bridging the gap between formulation and implementation. **Journal of Cleaner Production**, v. 113, p. 822–834, 2016.
- ENSSLIN, L.; VIANA, W.B .. O design na pesquisa quali-quantitativa em engenharia de produção - questões epistemológicas. **Produção Online**, v. 8, n.1, 2008.
- ENYOGHASI, C.; BADURDEEN, F.. Industry 4.0 for sustainable manufacturing: Opportunities at the product, process, and system levels. **Resour. Conserv. Recycl.**, v. 166, p. 105362, 2021.
- EPSTEIN, M. J.; BUHOVAC, A. R.. Solving the sustainability implementation challenge. **Organizational Dynamics**, v. 39, p. 306-3015, 2010.
- ESCRIVÃO, G.; NAGANO, M.S.. Criação do Conhecimento na Educação Ambiental. Em: NETO, J.A.. Sustentabilidade & produção: teoria e prática para uma gestão sustentável. São Paulo: **Atlas**, 2011.
- ESMAELIAN, B.; SARKIS, J.; LEWIS, K.; BEHDAD, S.. Blockchain for the future of sustainable supply chain management in Industry 4.0. **Resour. Conserv. Recycl.**, v. 163, p. 105064, 2020.
- ESTY, D.; CHARNOVITZ, S.. Green rules to drive innovation. **Harvard Business Review**, 90, 120–123, 2012.
- EVANS, S; VLADIMIROVA, D.; HOLGADO, M.; van FOSSEN, K.; YANG, M.; SILVA, E.A.; BARLOW, C.Y.. Business Model Innovation for Sustainability: Towards a Unified Perspective for Creation of Sustainable Business Models. **Business Strategy and the Environment**, v.26, n. 5, p. 597-608, 2017.

- FELSBERGER, A.; QAISER, F.H.; CHOUDHARY, A.; REINER, G.. The impact of Industry 4.0 on the reconciliation of dynamic capabilities: evidence from the European manufacturing industries. **Prod. Plan. Control**, v. 0, p. 1–24, 2020.
- FIGGE, F.; HAHN, T. Sustainable Value Added - Measuring corporate contributions to sustainability beyond eco-efficiency. **Ecological Economics**, v. 48, n. 2, p. 173–187, 2004.
- FLEISCHER, G.; SCHMIDT, W.-P.. Iterative screening LCA in an eco-design tool. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 2 (1), p. 20–24, 1997.
- FORD, F.D.; FORD, L.W.. Stop blaming resistance and start using it. **Organ. Dyn.**, v. 39 (1), 24–36, 2010.
- GABLER, C.B.; RICHEY JR., R.G.; RAPP, A.. Developing an eco-capability through environmental orientation and organizational innovativeness. **Industrial Marketing Management**, p. 1–11, 2015.
- GARCÍA-MUIÑA, F. E.; MEDINA-SLAGADO, M.; FERRARI, A.M.; CUCCHI, M.. Sustainability Transition in Industry 4.0 and Smart Manufacturing with the Triple-Layered Business Model Canvas. **Sustain.**, v. 12, n. 6, p. 2364, 18 mar. 2020.
- GARCIA-MUIÑA, F.E.; GONZÁLEZ-SÁNCHEZ, R.; FERRARI, A.M.; VOLPI, L.; PINI, M.; SILIGARDI, C.; SETTEMBRE-BLUNDO, D.. Identifying the equilibrium point between sustainability goals and circular economy practices in an Industry 4.0 manufacturing context using eco-design. **Social Sciences**, v. 8, p. 241, 2019.
- GARCIA-MUIÑA, F.E.; GONZÁLEZ-SÁNCHEZ, R.; FERRARI, A.M.; SETTEMBRE-BLUNDO, D.. The paradigms of Industry 4.0 and circular economy as enabling drivers for the competitiveness of businesses and territories: The case of an Italian ceramic tiles manufacturing company. **Social Sciences**, v. 7, p. 255, 2018.
- GARETTI, M.; TAISCH, M.. Sustainable manufacturing: trends and research challenges. **Production Planning & Control**, 23, v.2-3, p. 83–104, 2012.
- GAZIULUSOY, A.I.. A critical review of approaches available for design and innovation teams through the perspective of sustainability science and system innovation theories. **Journal of Cleaner Production**, v. 107, p.366–377, 2015.
- GAZIULUSOY, A. I.; BOYLE, C.; MCDOWALL, R. System innovation for sustainability: a systemic double-flow scenario method for companies. **Journal of Cleaner Production**, v. 45, p. 104–116, 2013.
- GEBAUER, H.. Exploring the contribution of management innovation to the evolution of dynamic capabilities. **Industrial Marketing Management**, v. 40, p. 1238–1250, 2011.
- GEISSDOERFER, M.; VLADIMIROVA, D.; EVANS, S. Sustainable business model innovation: A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 198, p. 401–416, 2018.
- 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 Issues**, v. 3, p. 244–268, 2016.
- GHOBAKHLOO, M.. Industry 4.0, digitisation, and opportunities for Sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 252, p. 119869, 2020.
- GHOBAKHLOO, M.. Determinants of Information and Digital Technology Implementation for Smart Manufacturing. **International Journal of Production Research**, v. 1–22, 2019.
- GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- GIROTRA, K.; NETESSINE, S. Business model innovation for sustainability. **Manufacturing and Service Operations Management**, v. 15, n. 4, p. 537–544, 2013.
- GLAVAS, A.; MISH, J.. Resources and Capabilities of Triple Bottom Line Firms: Going Over Old or Breaking New Ground? **Journal of Business Ethics**, v. 127, p. 623–642, 2015.
- GLEIM, M. R.; SMITH, J. S.; ANDREWS, D.; CRONIN, J. J.. Against the Green: A Multi-method Examination of the Barriers to Green Consumption. **Journal of Retailing**, v. 89, n. 1, p. 44–61, 2013.
- GLOBOCNIK, D.; RAUTER, R.; BAUMGARTNER, R. J. Synergy or conflict? the relationships among organisational culture, sustainability-related innovation performance, and economic innovation performance. **International Journal of Innovation Management**, v. 24, n. 1, 2020.
- GRAY, D.E. **Pesquisa no mundo real**. 2. ed. Porto Alegre: Penso, 2012.
- GODINA, R.; RIBEIRO, I.; MATOS, F.; FERREIRA, B.T.; CARVALHO, H.; PEÇAS, P.. Impact assessment of additive manufacturing on sustainable business models in industry 4.0 context. **Sustain.**, v. 12, p. 1–21, 2020.
- GOVINDAN, K.; HASANAGIC, M.. A Systematic Review on Drivers, Barriers, and Practices towards Circular Economy: A Supply Chain Perspective. **International Journal of Production Research**, v. 7543, p. 1–34, 2018.
- GOTTSCHALK, P. Maturity levels for interoperability in digital government. **Government Information Quarterly**, v.26, n. 1, p. 75–81, 2009.
- GOUVINHAS, R. P.; REYES, T.; NAVEIRO, R.M.; PERRY, N.; FILHO, E.R. A proposed framework of sustainable self-evaluation maturity within companies: an exploratory study. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing**, v. 10, n. 3, p. 319–327, 2016.

- HAHN, T.; PINKSE, J.; PREUSS, L.; FIGGE F.. Tensions in Corporate Sustainability: Towards an Integrative Framework. **Journal of Business Ethics**, v. 127, n. 2, p. 297–316, 2015.
- HALLSTEDT, S. I. Sustainability criteria and sustainability compliance index for decision support in product development. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 251–266, 2017.
- HALLSTEDT, S. I.; THOMPSON, A. W.; LINDAHL, P.. Key elements for implementing a strategic sustainability perspective in the product innovation process. **Journal of Cleaner Production**, v.51, p.277-288, 2013.
- HALLSTEDT, S.; NY, H.; ROBEÈRT, K-H; BROMAN, G.. An approach to assessing sustainability integration in strategic decision systems for product development. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 8, p. 703–712, 2010.
- HANNAES, K.; BALAGOPAL, B.; ARTHUR, D.; KONG, M.T.; VELJEN, I.; KRUSCHWITZ, N.; HOPKINS, M.. First look: the second annual sustainability & innovation survey. **MIT Sloan Management Review**, v.52, n.2, p.77-84, 2011.
- HART, S. L.; DOWELL, G. Invited Editorial: A Natural-Resource-Based View of the Firm: Fifteen Years After. **Journal of Management**, v. 37, n. 5, p. 1464–1479, 2011. <https://doi.org/10.1177/0149206310390219>
- HART, S.L.; SHARMA, S. Engaging fringe stakeholder for competitive imagination. **The Academy of Management Executive**, v. 18, n. 1, p. 7-18, 2004.
- HART, S. L. A natural-resource-based view of the firm. **Academy of Management Review**, v. 20, n. 4, p. 986–1014, 1995.
- HARTMANN, P.; IBÁÑEZ, V. A. Green value added. **Marketing Intelligence & Planning**, v. 24, n. 7, p. 673–680, 2006.
- HEVNER, A. R.; MARCH, T. S.; PARK, J.; RAM, S.. Design science in information systems research. **MIS Quarterly**, v.28, n.1, p.75–105, 2004.
- HOLMBERG, J., ROBEÈRT, K.-H.. Backcasting from non-overlapping sustainability principles: a framework for strategic planning. **Int. J. Sustain. Dev. World Ecol.**, v. 7, p. 291-308, 2000.
- INIGO, E. A.; ALBAREDA, L. Technological Forecasting & Social Change Sustainability oriented innovation dynamics : Levels of dynamic capabilities and their path-dependent and self-reinforcing logics. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 139, p. 334–351, 2019.
- INIGO, E.A.; ALBAREDA, L.; RITALA, P.. Business model innovation for sustainability: exploring evolutionary and radical approaches through dynamic capabilities. **Ind. Innov.**, v. 24, n. 5, p. 515–542, 2017.
- ISO/IEC TR., 15504-1: Information Technology –Software Process Assessment - Part 1: Concepts and Introductory Guide, ISO, Geneva, 2004.
- JABBOUR, C.J.C.; de CAMARGO FIORINI, P.; WONG, C.W.Y.; JUGEND, D.; LOPES de SOUSA JABBOUR, A.B.; ROMAN PAIS SELES, B.M.; PAULA PINHEIRO, M.A.; RIBEIRO da SILVA, H.M.. First-mover firms in the transition towards the sharing economy in metallic natural resource-intensive industries: Implications for the circular economy and emerging industry 4.0 technologies. **Resour. Policy**, v. 66, p. 101596, 2020.
- JENSEN, J.P.; REMMEN, A.. Enabling Circular Economy Through Product Stewardship. **Procedia Manufacturing**, v. 8, p. 377–384, 2017.
- KAMBLE, S.S.; GUNASEKARAN, A.; DHONE, N.C.. Industry 4.0 and lean manufacturing practices for sustainable organisational performance in Indian manufacturing companies. **International Journal of Production Research**, p. 1-19, 2019.
- KAMBLE, S.S.; GUNASEKARAN, A.; GAWANKAR, S.A.. Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 117, p. 408–425, 2018.
- KARLSSON, R.; LUTTROPP, C.. EcoDesign: what's happening? An overview of the subject area of EcoDesign and of the papers in this special issue. **Journal of Cleaner Production**, v.14, n. 15, p.1291-1298, 2006.
- KESKIN, D.; DIEHL, J. C; MOLENAAR, N.. Innovation process of new ventures driven by sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 45, p. 50-60, 2013.
- KIEL, D.; MÜLLER, J.M.; ARNOLD, C.; VOIGT, K.-I.I.. Sustainable industrial value creation: Benefits and challenges of industry 4.0. **International Journal of Innovation Management**, v. 21, n. 08, p. 1740015, 2017.
- KIRON, D.; UNRUH, G., KRUSCHWITZ, N.; REEVES, M.; RUBEL, H.; ZUM FELDE, A. M.. Corporate Sustainability at a Crossroads: Progress Toward our Common Future in Uncertain Times. **MIT Sloan Management Review**. May, 2017.
- KIRON, D.; KRUSCHWITZ, N.; HAANAES, K.; REEVES, M.; GHO, E. The innovation bottom line. Research Report. **MIT Sloan Manag. Rev.**, v.54, n. 2, p. 69-73, 2013.
- KLEINDORFER, P. R; SINGHAL, K.; WASSENHOUSE, L. N. V.. Sustainability Operations Management. **Production Operation Management**, v. 14, n. 4, p. 482-492, 2005.
- KLEWITZ, J.; HANSEN, E. G. Sustainability-oriented innovation of SMEs: a systematic review. **Journal of Cleaner Production**, v. 65, p. 57–75, 2014.

- KOHLEGGGER, M.; MAIER, R.; THALMANN, S. Understanding Maturity Models. Results of a Structured Content Analysis. **Proceedings of I-KNOW '09 and I- SEMANTICS '09**: Austria, p.51-61, 2009.
- KOHTAMÄKI, M., PARIDA, V., OGHAZI, P., GEBAUER, H., BAINES, T.. Digital servitisation business models in ecosystems: A theory of the firm. **Journal of Business Research**, 104, p. 380–392, 2019.
- KORHONEN, J. Special issue of the Journal of Cleaner Production, “From Material Flow Analysis to Material Flow Management”. strategic sustainability management on a principle level. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, n. 17, p. 1585–1595, 2007.
- KUMAR, P.; GHODESWAR, B. M. Factors affecting consumers’ green product purchase decisions. **Marketing Intelligence and Planning**, v. 33, n. 3, p. 330–347, 2015.
- KUMAR, V.; CHRISTODOULOPOULOU, A. Sustainability and branding: An integrated perspective. **Industrial Marketing Management**, v. 43, n. 1, p. 6–15, 2014.
- LACERDA, T. C.; WANGENHEIM, C. G. VON. Systematic literature review of usability capability/maturity models. **Computer Standards and Interfaces**, v. 55, n. December 2016, p. 1339–1351, 2018.
- LAHTI, T.; WINCENT, J.; PARIDA, V. A Definition and Theoretical Review of the Circular Economy, Value Creation, and Sustainable Business Models: Where Are We Now and Where Should Research Move in the Future? **Sustainability**, v. 10, n. 8, p. 2799, 2018.
- LANOË, T.; SIMÕES, C. L.; SIMOES, R. Improving the environmental performance of bedding products by using life cycle assessment at the design stage. **Journal of Cleaner Production**, v. 52, p. 155–164, 2013.
- LARDO, A.; MANCINI, D.; PAOLONI, N.; RUSSO, G.. The perspective of capability providers in creating a sustainable I4.0 environment. **Manag. Decis.**, v. 58, p. 1759–1777, 2020.
- LASZLO, C.; BROWN, J. S.; EHRENFELD, J. R.; GORHAM, M.; POSE, I. B.; ROBSON, L.; SAILLANT, R.; SHERMAN, D., WERDER, P.. **Flourishing Enterprise: The New Spirit of Business**. California: Stanford Business Books, 2014. ISBN: 978-0-8047-8912-4
- LAVILLE, É. A empresa verde. São Paulo: **Óte**, 2009.
- LEONIDOU, C.; KATSIKEAS, C. S.; MORGAN, N. “Greening” the marketing mix: do firms do it and does it pay off? **Journal of the Academy Of Marketing Science**, v. 41, n. 2, p. 151–170, 2013.
- LIAO, Y.; DESCHAMPS, F.; LOURES, E.D.F.R.; RAMOS, L.F.P.. Past, present and future of Industry 4.0-A systematic literature review and research agenda proposal. **International Journal of Production Research**, v. 55, n.12, p. 3609–3629, 2017.
- LIN, K.; SHYU, J.; DING, K.. A Cross-Strait Comparison of Innovation Policy under Industry 4.0 and Sustainability Development Transition. **Sustainability**, 9, p. 786, 2017.
- LINDAHL, P.; ROBÈRT, K.-H.; NY, H.; BROMAN, G.. Strategic sustainability considerations in materials management. **Journal of Cleaner Production**, v. 64, p. 98–103, 2014.
- LINDER, M.; WILLIANDER, M. Circular Business Model Innovation: Inherent Uncertainties. **Business Strategy and Environment**, v.26, p.182–196, 2015.
- LIYANAGE, J.P. Operations and maintenance performance in production and manufacturing assests. **J. Manu. Tech. Manag.**, v. 3, p. 304-314, 2007.
- LÖBACH, B. Desenho Industrial: base para configuração dos produtos industriais. São Paulo: **Edgar Blücher**, 1 ed., 2001.
- LOCKREY, S., 2015. A review of life cycle based ecological marketing strategy for new product development in the organizational environment. **Journal of Cleaner Production**, v. 95, p. 1–15.
- LOISEAU, E.; SAIKKU, L.; ANTIKAINEN, R.; DROSTE, N.; HANSJÜRGENS, B.; PITKÄNEN, K.; LESKINEN, P.; KUIKMAN, P.; THOMSEN, M.. Green economy and related concepts: An overview. **Journal of Cleaner Production**, v. 139, p. 361–371, 2016.
- LOZANO, R. Sustainable business models: Providing a more holistic perspective. **Business Strategy and the Environment**, v. 27, n. 8, p. 1159–1166, 2018.
- LOZANO, R.; CEULEMANS, K.; ALONSO-ALMEIDA, M.; HUISINGH, D.; LOZANO, F.J.; WAAS, T.; HUGÉ, J.. A review of commitment and implementation of sustainable development in higher education: results from a worldwide survey. **Journal of Cleaner Production**, v. 108, 1-18, 2015.
- LOZANO, R., HUISINGH, D.. Inter-linking issues and dimensions in sustainability reporting. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, p.99–107, 2011.
- LUBIN, D. A.; ESTY, D. C.. The sustainability imperative. **Harvard Business Review**, v. 88, n. 5, p. 42-50, 2010.
- LUNDE, M. B. Sustainability in marketing: a systematic review unifying 20 years of theoretical and substantive contributions (1997–2016). **AMS Review**, v. 8, n. 3–4, p. 85–110, 2018.

- LUTHRA, S.; MANGLA, S.K.. Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 117, p. 168–179, 2018. LIN, P.-C.;
- LUTTROP, C.; LAGERSTEDT, J.. EcoDesign and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development. **Journal of Cleaner Production**, v.14, n. 15, p.1396-1408, 2006.
- MACHADO, C.G.; WINROTH, M.P.; RIBEIRO da SILVA, E.H.D.. Sustainable manufacturing in Industry 4.0: an emerging research agenda. **International Journal of Production Research**, v. 58, p. 1462–1484, 2020.
- MACKENZIE, S.B.; PODSAKOFF, P.M.; PODSAKOFF, N.P.. Construct measurement and validation procedures in MIS and behavioral research: integrating and existing techniques. **MIS Quarterly**, v.35, p.293-334, 2011.
- MAIER, A. M.; MOULTRIE, J.; CLARKSON, P. J. Assessing Organizational Capabilities Reviewing and Guiding the Development of Maturity Grids. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 59, n. 1, p. 138–159, 2012.
- MAIER, A. M.; MOULTRIE, J.; CLARKSON, P. J. Assessing Organizational Capabilities: Reviewing and Guiding the Development of Maturity Grids. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 59, n. 1, p. 138-159, 2010.
- MALETIČ, M., MALETIČ, D., DAHLGAARD, J.J., DAHLGAARD-PARK, S.M., GOMIŠČEK, B.. Sustainability exploration and sustainability exploitation: From a literature review towards a conceptual framework. **Journal of Cleaner Production**, 79, 182–194, 2014. doi:10.1016/j.jclepro.2014.05.045.
- MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **Desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais**. São Paulo: EDUSP, 2002.
- MARCH, S. T.; STOREY, V. C.. Design science in the information systems discipline: An introduction to the special issue on design science research. **MIS Quarterly**, v.32, n.4, p.725–730, 2008.
- MARGHERITA, E.G.; BRACCINI, A.M.. Industry 4.0 Technologies in Flexible Manufacturing for Sustainable Organizational Value: Reflections from a Multiple Case Study of Italian Manufacturers. **Inf. Syst. Front**, 2020.
- MARTÍN, M.G.; ÁLVAREZ, A.P.; ORDIERES-MERÉ, J.; VILLALBA-DÍEZ, J.; MORALES-ALONSO, G.. New business models from prescriptive maintenance strategies aligned with sustainable development goals. **Sustain.**, v. 13, p. 1–26, 2021.
- MASALSKYTE, R.; ANDELIN, M.; SARASOJA, A. L.; VENTOVUORI, T.. Modelling sustainability maturity in corporate real estate management. **Journal of Corporate Real Estate**, v. 16, n. 2, p. 126–139, 2014.
- MATTERA, M.; GAVA, L. Facing TBL with IoT: creating value and positively impacting business processes. **Social Responsibility Journal**, February, 2021.
- MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. **Remaking the way we make things: cradle to cradle**, New York: North Point Press, 2002.
- MENDES, P.; LEAL, J. E.; THOMÉ, A. M. T. A maturity model for demand-driven supply chains in the consumer product goods industry. **International Journal of Production Economics**, v. 179, p. 153–165, 2016.
- METTLER, T. Thinking in Terms of Design Decisions When Developing Maturity Models. **Int. J. Strateg. Decis. Sci.** 1, 76–87, 2010.
- MICIETA, B.; BINASOVA, V.; LIESKOVSKY, R.; KRAJCOVIC, M.; DULINA, L.. Product Segmentation and Sustainability in Customized Assembly with Respect to the Basic Elements of Industry 4.0. **Sustain.**, v. 11, p. 6057, 2019.
- MINTZBERG, H.; QUINN, J. B.. **The Strategy Process: concepts, contexts, cases**. 3rd ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1996.
- MORIOKA, S. N.; BOLIS, I.; EVANS, S.; CARVALHO, M.M.. Transforming sustainability challenges into competitive advantage: Multiple case studies kaleidoscope converging into sustainable business models. **Journal of Cleaner Production**, v.167, p. 723-738, 2017.
- MOUSAVI, S.; BOSSINK, B.; VLIET, M. VAN. Dynamic capabilities and organizational routines for managing innovation towards sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 203, p. 224–239, 2018.
- MUFF, K.; DYLLICK, T. L. An Organizational Roadmap of Business Sustainability. **SSRN Electronic Journal**, n. March, p. 1–25, 2014.
- MÜLLER, J.M.; VOIGT, K.-I.. Sustainable Industrial Value Creation in SMEs: A Comparison between Industry 4.0 and Made in China 2025. **International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology**, v. 5, p. 659–670, 2018.
- MÜLLER, J.M.; KIEL, D.; VOIGT, K.-I.K.-I.. What drives the implementation of Industry 4.0? The role of opportunities and challenges in the context of sustainability. **Sustainability**, v. 10, p. 247, 2018.
- MÜLLER, A.-L.; PFLEGER, R. Business transformation towards sustainability. **Busin Research**, v. 7, n. 2, p. 313–350, 2014.
- MUNSAMY, M.; TELUKDARIE, A. **Application of Industry 4.0 towards Achieving Business Sustainability**. IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2018.

- MURILLO-LUNA, J. L.; GARCÉS-AYERBE, C.; RIVERA-TORRES, P. Barriers to the adoption of proactive environmental strategies. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 13, p. 1417-1425, 2011.
- MURILLO-LUNA, J.L.; GARCÉS-AYERBE, C.; RIVERA-TORRES, P.. Why do patterns of environmental response differ? A stakeholders' pressure approach. **Strategic Management Journal**, v. 29, n. 11, p.1225-1240, 2008.
- NAGY, J.; OLÁH, J.; ERDEI, E.; MÁTÉ, D.; POPP, J.. The role and impact of industry 4.0 and the internet of things on the business strategy of the value chain-the case of Hungary. **Sustainability**, v. 10, p. 3491, 2018.
- NONAKA, I.; KONNO, N. The concept of “Ba”: building a foundation for knowledge creation. **California Management Review**, v. 40, n°. 3, p. 40-54, 1998.
- NOSRATABADI, S.; MOSAVI, A.; SHAMSHIRBAND, S.; ZAVADSKAS, E.K.; RAKOTONIRAINY, A.; CHAU, K.W.. Sustainable business models: A review. **Sustainability**, v. 11, n. 6, p. 1–30, 2019.
- NUNAMAKER, J. F.; CHEN, M.; PURDIN, T. D. M. Systems development in information systems research. **Journal of Management Information Systems**, v.7, n.3, p.89–106, 1991.
- NY, H.; MACDONALD, J.P.; BROMAN, G.; YAMAMOTO, R.; ROBÈRT, K.-H. Sustainability constraints as system boundaries: an approach to making life-cycle management strategic. **Journal of Industrial Ecology**, v. 10, n. 1, 2006.
- OLÁH, J.; ABURUMMAN, N.; POPP, J.; KHAN, M.A.; HADDAD, H.; KITUKUTHA, N.. Impact of industry 4.0 on environmental sustainability. **Sustain.**, v. 12, p. 1–21, 2020.
- OLIVEIRA, D. de P. R. de. **Planejamento Estratégico: conceitos, metodologias e práticas**. 28 ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- OTTOMAN, J.A.; STAFFORD, E.R.; HARTMAN, C.L. Green marketing myopia. **Environment**, v. 48, n. 5, p.22-36, 2006.
- PARK, C.; PAVLOVSKY, K.. **Sustainability in business today: A cross-industrial view**. Deloitte development LLC, New York, 2010.
- PAUNESCU, C. Business maturity assessment model: A practical approach for identifying opportunities for sustainability improvement. **Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium**, p. 753-754, 2009.
- PRAUSE, G.. Sustainable Business Models and Structures For Industry 4.0. **Journal of Security and Sustainability Issues**, v. 5, p. 159–169, 2015.
- PRAUSE, G.; ATARI, S.. On sustainable production networks for industry 4.0. **Entrepreneurship and Sustainability Issues**, v. 4, p. 421–431, 2017.
- PEFFERS, T.; ROTHENBERGER, M.A.; CHATTERJEE, S. A design science research methodology for information systems research. **Journal of Management Information Systems**, v.24, n.3, p.45–77, 2007.
- PENROSE, E.. **The Theory of Growth of the Firm**. Wiley, New York, 1959.
- PENROSE, E. Limits to the Growth and Size of Firms. **American Economic Association**, v. 45, n. 2, p. 531–543, 1955.
- PETALA, E., WEVER, R., DUTILH, C., BREZET, H.C.. The role of new product development briefs in implementing sustainability: a case study. **J. Eng. Technol. Manage.**, v. 27, n. 3-4, p. 172-182, 2010.
- PETERAF, M. A.. The Cornerstone of Competitive Advantage: A Resource-based View. **Strategic Management Journal**, v. 14, p. 179–191, 1993.
- PETTIGREW, A.M.. Context and action in the transformation of the firm: a reprise. **Journal of Management Studies**, v.49, n.7, 1308-1316, 2012.
- PEUKERT, B.; BENECKE, S.; CLAVELL, J.; NEUGEBAUER, S.; NISSEN, N.F.; UHLMANN, E.; LANG, K.-D.; FINKBEINER, M.. Addressing Sustainability and Flexibility in Manufacturing via Smart Modular Machine Tool Frames to Support Sustainable Value Creation. **Procedia CIRP**, v. 29, p. 514–519, 2015.
- PHAAL, R.; GERRIT, M.. An architectural framework for roadmapping: Towards visual strategy. **Technological Forecasting and Social Change**, Vol. 76, n. 1, 39-49, 2009.
- PHAAL, R.; FARRUKH, C.J.P.; PROBERT, D.R.. Technology roadmapping—A planning framework for evolution and revolution. **Technological Forecasting and Social Change**, Vol. 71, n. 1–2, 5-26, 2004.
- PICCAROZZI, M.; AQUILANI, B.; GATTI, C.. Industry 4.0 in management studies: A systematic literature review. **Sustainability**, v. 10, p. 1–24, 2018.
- PIERONI, M.P.; MCALOONE, T.; PIGOSSO, D.A.C.. Business model innovation for circular economy and sustainability: a review of approaches. **Journal of Cleaner Production**, v. 215, p.198-216, 2019.
- PIGOSSO, D.; ROZENFELD, H.; MCALOONE, T. Ecodesign maturity model: a management framework to support ecodesign implementation into manufacturing companies. **Journal of Cleaner Production**, v.59, p.160-173, 2013.
- PISANO, G.; TEECE, D. Dynamic Capabilities of Firms: An Introduction. **Industrial and Corporate Change**, v. 3, n. 3, p. 537–556, 1994.

- PÖPPELBUS, J.; RÖGLINGER, M. What makes a useful maturity model? A framework of general design principles for maturity models and its demonstration in business process management. *European Conference on Information Systems (ECIS): Proceedings*, p.28-40, 2011.
- PORTER, M.E.; HEPPELMANN, J.E.. How Smart, Connected Products Are Transforming Competition. *Harvard Business Review*, v. 92, p. 64, 2014.
- PORTER, M.E.; KRAMER, M. R.. Creating shared value. How to reinvent capitalism and unleash a wave of innovation and growth. *Harvard Business Review*, January-February, 62-77, 2011.
- PORTER, M.E.; KRAMER, M. R.. Strategy & society: the link between competitive advantage and corporate social responsibility. *Harvard Business Review*, v. 84, n. 12, 78–85, 2006.
- PRANANTO, A.; MCKAY, J.; MARSHALL, P. A Study of the Progression of E-Business Maturity in Australian SMEs: Some Evidence of the Applicability of the Stages of Growth for E-Business Model. *Proceedings of the Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS)*: Adelaide, 2003.
- PUJARI, D.. Eco-innovation and new product development: understanding the influences on market performance. *Technovation*, v. 26, n. 1, p. 76-85, 2006.
- QUIST, J.; VERGRAGT, P.. Past and future of backcasting: The shift to stakeholder participation and a proposal for a methodological framework. *Futures*, v. 38, n. 9, p.1027–1045, 2006.
- RAUER, J.; KAUFMANN, L. Mitigating external barriers to implementing green supply chain management: a grounded theory investigation of green-tech companies' rare earth metals supply chains. *Journal of Supply Chain Management*, v. 51, 65-88, 2015.
- RAUTER, R.; JONKER, J.; BAUMGARTNER, R. J. Going one's own way: drivers in developing business models for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, v. 140, p. 144–154, 2017.
- REYERS, B.; STAFFORD-SMITH, M.; ERB, K.H.; SCHOLE, R.J.; SELOMANE. O.. Essential variables help to focus sustainable development goals monitoring. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v.26, 97–105, 2017.
- RITTER, Á. M.; BORCHARDT, M.; VACCARO, G. L.R.; PEREIRA, G. M.; ALMEIDA, F.. Motivations for promoting the consumption of green products in an emerging country: Exploring attitudes of Brazilian consumers. *Journal of Cleaner Production*, v. 106, p. 507–520, 2015.
- RODRIGUES, V. P.; PIGOSSO, D. C. A.; MCALOONE, T. C. Process-related key performance indicators for measuring sustainability performance of ecodesign implementation into product development. *Journal of Cleaner Production*, v. 139, p. 416–428, 2016.
- RODRIGUEZ-ANDARA, A.; RÍO-BELVER, R.M.; RODRÍGUEZ-SALVADOR, M.; LEZAMA-NICOLÁS, R.. Roadmapping towards sustainability proficiency in engineering education. *Int. J. Sustain. High. Educ.* V. 19, 413–438, 2018.
- ROMERO, D.; MOLINA, A. Towards a sustainable development maturity model for Green Virtual Enterprise Breeding Environments. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, v. 19, nº 3, 2014.
- ROSA, P.; SASSANELLI, C.; URBINATI, A.; CHIARONI, D.; TERZI, S.. Assessing relations between Circular Economy and Industry 4.0: a systematic literature review. *International Journal of Production Research*, v. 58, p.1662–1687, 2020.
- ROSSI, M.; GERMANI, M.; ZAMAGNI, A. Review of ecodesign methods and tools. Barriers and strategies for an effective implementation in industrial companies. *Journal of Cleaner Production*, v. 129, p. 361–373, 2016.
- ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; DE TOLEDO, J. C.; DA SILVA, S. L.; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K.. *Gestão De Desenvolvimento De Produtos: uma referência para a melhoria do processo*. Saraiva: São Paulo, 2006.
- SAATY, T.L., How to Make a Decision : The Analytic Hierarchy Process. *Interfaces (Providence)*, v. 24, p.19–43, 1994.
- SANTOLARIA, M.; OLIVER-SOLÀ, J.; GASOL, C. M.; MORALES-PINZÓN, T.; RIERADEVALL, J.. Eco-design in innovation driven companies: perception, predictions and the main drivers of integration. The Spanish example. *Journal of Cleaner Production*, v. 19, n. 12, p. 1315–1323, 2011.
- SARTAL, A.; BELLAS, R.; MEJÍAS, A.M.; GARCÍA-COLLADO, A.. The sustainable manufacturing concept, evolution and opportunities within Industry 4.0: A literature review. *Advances in Mechanical Engineering*, v. 12, n.5, p. 1-17, 2020.
- SAVITZ, A. W.; WEBER, E. K.; (trad.) SERRA, A. C. da C.. *A empresa sustentável: o verdadeiro sucesso é lucro com responsabilidade social e ambiental*. Elsevier: Rio de Janeiro, 2ª ed., 2007.
- SAXENA, P.; RAVINDRA, K.; KHANDELWAL, P. Greening of industries for sustainable growth. *International Journal of Social Economics*, v. 39, n. 8, p. 551–586, 2012.
- SCHALTEGGER, S.; HANSEN, E.G.; LÜDEKE-FREUND, F.. Business Models for Sustainability: Origins, Present Research, and Future Avenues. *Organization & Environment* 29, 3–10, 2016. <https://doi.org/10.1177/1086026615599806>

- SCHALTEGGER, S.; LÜDEKE-FREUND, F.; HANSEN, E. G. **Business cases for sustainability and the role of business model innovation: developing a conceptual framework**. Centre for Sustainability Management (CSM): Leuphana Universität Lüneburg, 2011.
- SCHMIDHEINY, S. **Changing course: a global business perspective on development and the environment**. Boston: MIT Press, 1992.
- SCHÖGGL, J. P.; BAUMGARTNER, R. J.; HOFER, D. Improving sustainability performance in early phases of product design: A checklist for sustainable product development tested in the automotive industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 1602–1617, 2017.
- SCHRETTLE, S.; HINZ, A.; SCHERRER, M.; FRIEDLI, T.. Turning sustainability into action: Explaining firms' sustainability efforts and their impact on firm performance. **International Journal of Production Economics**, v. 147, p. 73–84, 2014.
- 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.
- SEGALAS, J.; FERRER-BALAS, D.; MULDER, K. What do engineering students learn in sustainability courses? The effect of the pedagogical approach. **Journal Of Cleaner Production**, v. 18, n. 3, p. 275–284, 2010.
- SEURING, S.; YAWAR, S.A.; LAND, A.; KHALID, R.U.; SAUER, P.C.. The application of theory in literature reviews – illustrated with examples from supply chain management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 41, n.1, p. 1-20, 2020.
- SHAYGANMEHR, M.; KUMAR, A.; GARZA-REYES, J.A.; MOKTADIR, M.A.. Industry 4.0 enablers for a cleaner production and circular economy within the context of business ethics: A study in a developing country. **J. Clean. Prod.**, v. 281, p. 125280, 2021.
- SHRIVASTAVA, P.; HART, S.. Creating sustainable corporations. **Business Strategy and the Environment**, v. 4, n. 3, p. 154-165, 1995.
- SIMON, H. A. **The sciences of the artificial** (3rd ed.). USA: MIT Press, 1996.
- SIMON, F.L. Marketing green products in the triad. **Columbia Journal of World Business**, v. 27, n. 3-4, p.268-285, 1992.
- SJÖDIN, D.R.; PARIDA, V.; LEKSELL, M.; PETROVIC, A.. Smart Factory Implementation and Process Innovation. **Research-Technology Management**, v. 61, n.5, p. 22–31, 2018.
- SMALL-WARNER, K. A Review of Sustainable Business Models and Strategic Sustainable Development. **Journal of Business Models**, v. 6, n. 2, p. 84–89, 2018.
- STARIK, M.; RANDS, G.P. Weaving an integrated web: multilevel and multi-system perspectives of ecologically sustainable organizations. **Academy of Management Review**, v. 20, n°4, p. 908–935, 1995.
- STEAD, J.G.; STEAD, E. Eco-Enterprise Strategy: Standing for Sustainability. **Journal of Business Ethics**, v.24, p.313-329, 2000. doi: 10.1023/A:1006188725928
- STEINER, G. A. Top management planning. New York: **Macmilan**, 1969.
- STOCK, T.; SELIGER, G.. Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0, in: Seliger, G and Kohl, H and Mallon, J. (Ed.), 13th Global Conference on Sustainable Manufacturing - Decoupling Growth From Resource Use. **Procedia CIRP**, p. 536–541, 2016.
- STOCK, T.; OBENAU, M.; KUNZ, S.; KOHL, H.. Industry 4.0 as enabler for a sustainable development: A qualitative assessment of its ecological and social potential. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 118, p. 254–267, 2018.
- STRANDHAGEN, J.W.J.; VALLANDINGHAM, L.R.; FRAGAPANE, G.; STANGELAND, A.B.H.; SHARMA, N.. Logistics 4.0 and emerging sustainable business models. **Advances in Manufacturing**, v. 5, p. 359–369, 2017.
- STUBBS, W.; COCKLIN, C.. Conceptualizing a Sustainable Business Model. **Organ. Environ.** 21, 103–127, 2008.
- TAUSCHER, K.; ABDELKAFI, N. Scalability and robustness of business models for sustainability: A simulation experiment. **Journal of Cleaner Production**, v.170, p. 654-664, 2018.
- TEECE, D.; PISANO, G.; SHUEN, A. Dynamic capabilities and strategic management. **Strategic Management Journal**, v. 18, n. 7, p. 509–533, 1997.
- TEIXEIRA, G.F.G.; CANGIOLIERI, O.; SZEJKA, A. L.. Future research agenda to understanding the Sustainable Business Model in Industry 4.0. **Procedia Manufacturing**, v. XX, p. 1-15, 2020.
- TEIXEIRA, G.F.G, CANGIOLIERI JUNIOR, O.. How to make Strategic Planning for Corporate Sustainability? **Journal of Cleaner Production**, v. 230, p. 1421–1431, 2019. doi:10.1016/j.jclepro.2019.05.063.
- TEIXEIRA, G.F.G. **Método de Planejamento Estratégico do Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos Sustentáveis (PEPDIPS)**. Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2017.

- THOMAS, J.; HARDEN, A.; NEWMAN, M. **Synthesis: Combining results systematically and appropriately**. In: D. Gough, S. Oliver, & J. Thomas (Eds.), *An introduction to systematic reviews*. London: Sage Publications Ltd, 2012.
- THOMAS, J.; HARDEN, A. Methods for the thematic synthesis of qualitative research in systematic reviews. **BMC Medical Research Methodology**, v. 8, n. 45, p. 1–10, 2008.
- TIRABENI, L.; de BERNARDI, P.; FORLIANO, C.; FRANCO, M.. How can organisations and business models lead to a more sustainable society? A framework from a systematic review of the industry 4.0. **Sustainability**, v. 11, n. 22, 2019.
- TRANFIELD, D., DENYER, D., SMART, P.. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British Journal of Management**, v. 14, p. 207–222, 2003.
- UNDER M, V.; L.S, G.; MARATHE, R. R. Dynamic capabilities: A morphological analysis framework and agenda for future research. **European Business Review**, v. 31, n. 1, p. 25–63, 2019.
- VAISHNAVI, V.; KUECHLER, W.. **Design research in information systems**. Retrieved December 20, 2011. Disponível em: <http://desrist.org/design-research-in-information-systems>
- VARELA, L.; ARAÚJO, A.; ÁVILA, P.; CASTRO, H.; PUTNIK, G.. Evaluation of the relation between lean manufacturing, industry 4.0, and Sustainability. **Sustainability**, v. 11, p. 1–19, 2019.
- van AKEN, J. E. Management research based on the paradigm of the design sciences: The quest for field-tested and grounded technological rules. **Journal of Management Studies**, v.41, n.2, p.219–246, 2004.
- van LOOY, A.; DE BACKER, M.; POELS, G.; SNOECK, M. Choosing the right business process maturity model. **Information & Management**, v. 50, n. 7, p. 466–488, 2013.
- van LOOY, A.; DE BACKER M.; POELS, G.. Which Maturity Is Being Measured? A Classification of Business Process Maturity Models, p. 7-16. Em: DONGEN, B. F. VAN; REIJERS, H. S. *Enterprise Information Systems 2010*. **5th SIKS/BENAIIS Conference**, n. November, p. 1–130, 2010.
- VEZZOLI, C.; CESCHIN, F.; DIEHL, J. C.; KOHTALA, C.. New design challenges to widely implement “Sustainable Product–Service Systems”. **Journal of Cleaner Production**, v. 97, p. 1–12, 2015.
- VEZZOLI, C.; KOHTALA, C., SRINIVASAN, A. *Product-Service System Design for Sustainability*. Greenleaf Publishing Limited, 2014.
- VEZZOLI, C. Design de sistemas para a sustentabilidade: teoria, métodos e ferramentas para o design sustentável de “sistemas de satisfação”. Salvador: **EDUFBA**, 2010.
- XIAO, Y.; WATSON, M. Guidance on Conducting a Systematic Literature Review. **Journal of Planning Education and Research**, v. 39, n. 1, p. 93–112, 2019.
- WBCSD - WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. Sustainable development reporting: striking the balance. **WBCSD**: Geneva, Switzerland; 2002.
- WEYBRECHT, G.. **The sustainable MBA: the Manager’s guide to green Business**. John Wiley & Sons Ltd, 2012.
- WHELAN-BERRY, K.S.; SOMERVILLE, K.A.. Linking Change Drivers and the Organisational Change Process: A Review and Synthesis. **Journal of Change Management**, Vol. 10, No. 2, p. 175-193, 2010.
- WILLARD, B.. *Next Sustainability Wave: Building Boardroom Buy-In*. Gabriola Island, BC, Canada: **New Society Publishers**, 2005.
- WINTER, S.. Understanding dynamic capabilities, **Strategic Management Journal**, v. 24, p. 991–995, 2003.
- WOLF, J. The relationship between sustainable supply chain management, stakeholder pressure and corporate sustainability performance. **Journal of Business Ethics**, v. 119, p. 317-328, 2014.
- WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT – WCED. **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future**. Geneva, 1987.
- WU, Q.; HE, Q.; DUAN, Y. Explicating dynamic capabilities for corporate sustainability. **EuroMed Journal of Business**, v. 8, n. 3, p. 255–272, 2013.
- WU, Q., HE, Q., DUAN, Y., O’REGAN, N.. Implementing Dynamic Capabilities for Corporate Strategic Change Toward Sustainability. **Strategic Change: Briefings in Entrepreneurial Finance**, v. 21, p. 231–247, 2012.
- ZETTERLUND, H.; HALLSTEDT, S.; BROMAN, G. Implementation Potential of Sustainability-oriented Decision Support in Product Development. **Procedia CIRP**, v. 50, p. 287–292, 2016.
- ZOLLO, M.; WINTER, S.G.. Deliberate learning and the evolution of dynamic capabilities. **Organization Science**, v. 13, p. 339-351, 2002.

APÊNDICE B – NOTAS E PESOS DO CRITÉRIO ORGANIZACIONAL

Tabela 4 - Intervalos da escala dos elementos: profundidade 3.

Critério	ORGANIZACIONAL					
	Gestão da Informação		Comunicação		Gestão do Conhecimento	
Elemento	38%		22%		40%	
Peso						
Níveis	MÁX.	MIN.	MÁX.	MIN.	MÁX.	MIN.
1I	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2I	0,646	0,001	0,456	0,001	0,268	0,001
3I	1,401	0,647	0,822	0,457	0,703	0,269
4I	2,264	1,402	1,553	0,823	1,840	0,704
5I	2,442	2,265	1,919	1,554	2,508	1,841

Tabela 5 - Intervalo da escala do critério: profundidade 2.

Critério	ORGANIZACIONAL	
	100%	
Níveis	MÁX.	MIN.
1I	0,000	0,000
2I	1,370	0,001
3I	2,926	1,371
4I	5,657	2,927
5I	6,868	5,658

Tabela 6 - Gabarito notas das questões.

Critério	Organizacional																	
	Gestão de Informação							Comunicação				Gestão do Conhecimento						
Peso	2%	7%	2%	7%	7%	7%	7%	2%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	
Questão	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	
Alternativas																		
A	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	
B	1	2	1	1	2	3	3	1	1	2	2	1	2	1	1	2	3	
C	2	4	2	5	3	5	5			4	4	2	4	3	5	4	5	
D	4	5	4		4					5	5	4	5	5		5		
E	5		5		5							5						

APÊNDICE E – NOTAS E PESOS DO CRITÉRIO PARCERIAS

Tabela 13 - Intervalos da escala dos elementos: profundidade 3.

Critério	PARCERIAS				
	Estrutura		Objetivo	Relação	
Elemento	56%		11%	33%	
Peso	56%		11%	33%	
Níveis	MÁX.	MIN.	MÁX.	MÁX.	MIN.
1I	0,111	0,00	1,000	0,000	0,000
2I	0,444	0,112	2,000	0,333	0,001
3I	0,889	0,445	3,000	0,444	0,334
4I	1,644	0,890	4,000	0,889	0,445
5I	1,978	1,645	5,000	1,000	0,890

Tabela 14 - Intervalo da escala do critério: profundidade 2.

Critério	PARCERIAS	
	100%	
Níveis	MÁX.	MIN.
1I	1,111	0,000
2I	2,778	1,112
3I	4,333	2,779
4I	6,533	4,334
5I	7,978	6,534

Tabela 15 - Gabarito notas das questões

Critério	Parcerias									
	Estrutura					Objetivo	Relação			
Elemento	11%					11%	11%			
Peso	11%					11%	11%			
Questão	1					1	1			
Alternativas	1	2	3	4	5	1	1	2	3	
A	1	0	1	0	1	1	0	1	1	
B	2	1	0	1	0	2	1	0	0	
C	3	3		5		3	5			
D	4	5				4				
E	5					5				

APÊNDICE F – MATURIDADE FINAL

Tabela 16 - Intervalo escala: profundidade 1.

Maturidade Final		
Níveis	MÁX.	MIN.
1I	-3,231	-3,231
2I	7,045	-3,23
3I	17,367	7,046
4I	29,288	17,366
5I	38,581	29,289