

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

REINALDA BLANCO PEREIRA

**FEC: UMA FERRAMENTA ESTRATÉGICA CIRCULAR PARA FAVORECER A
TOMADA DE DECISÃO SOBRE AS FORÇAS QUE IMPACTAM O MERCADO DE
CAMINHÕES MOVIDOS A BIOMETANO**

PONTA GROSSA

2023

REINALDA BLANCO PEREIRA

**FEC: UMA FERRAMENTA ESTRATÉGICA CIRCULAR PARA FAVORECER A
TOMADA DE DECISÃO SOBRE AS FORÇAS QUE IMPACTAM O MERCADO DE
CAMINHÕES MOVIDOS A BIOMETANO**

**FEC: a circular strategic tool to favor decision-making concerning the forces
that impact the market for trucks powered by biomethane**

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Engenharia de Produção, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos de Francisco

PONTA GROSSA

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa



REINALDA BLANCO PEREIRA

FEC: UMA FERRAMENTA ESTRATÉGICA CIRCULAR PARA FAVORECER A TOMADA DE DECISÃO SOBRE AS FORÇAS QUE IMPACTAM O MERCADO DE CAMINHÕES MOVIDOS A BIOMETANO

Trabalho de pesquisa de doutorado apresentado como requisito para obtenção do título de Doutora Em Engenharia De Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Gestão Industrial.

Data de aprovação: 19 de Abril de 2023

Dr. Antonio Carlos De Francisco, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Alvaro Guillermo Rojas Lezana, Doutorado - Universidade Federal de Santa Catarina (Ufsc)

Dr. Cassiano Moro Piekarski, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Laercio Mantovani Frare, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Osvaldo Luiz Goncalves Quelhas, Doutorado - Universidade Federal Fluminense (Uff)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 20/04/2023.

Dedico este trabalho à minha família,
em especial à minha filha Ingrid.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força constante, pelas bênçãos recebidas e pelo dom da vida. Devo ao Senhor a oportunidade da realização deste sonho, porque muitas vezes em que quase fraquejei, seus braços me impulsionaram e segui adiante.

Ao meu pai Vicente, pelos ensinamentos, humildade e sabedoria. Sua partida na primeira semana do doutorado foi muito difícil, o meu maior consolo foi ter conseguido a derradeira conversa! À minha mãe Lúcia Ramona, pelo exemplo de garra, luta e resistência. Sua partida durante o doutorado me fez perceber o quanto a vida é efêmera.

Ao meu esposo Rogério, pelo apoio e compreensão nos intensos momentos de ausências e estudos.

À minha filha Ingrid, pela torcida constante, pela grandeza do companheirismo, apoio incondicional e pelas palavras de incentivo e força. E, principalmente, por acreditar que eu posso sempre mais.

Às minhas irmãs, cunhados e sobrinhos, pela vibração de cada vitória, pelas palavras de incentivos, pela compreensão nos momentos de ausência, pela força e, principalmente, pelo apoio incondicional.

Ao meu amigo Rodrigo Salvador, pela parceria nas publicações, pelas palavras de força e incentivo, pelo auxílio em todos os momentos que necessitei, sendo a minha fonte de inspiração.

Ao meu amigo e colega de trabalho Edward Seabra Júnior, pelas palavras de incentivo, pelas vibrações em cada conquista, pela parceria nas publicações, pelas conversas e “dicas”.

Aos meus amigos Gabriel Fernandes Sales e Geovana Menegheti, pela parceria nas publicações, pela amizade, pela troca de ideias e sugestões e pelas palavras de incentivo.

À minha amiga e colega de trabalho Carla Schmidt, pelas valiosas contribuições, pela transmissão de conhecimento e pela costumeira disponibilidade.

Ao meu orientador, Professor Doutor Antonio Carlos de Francisco, pela grandiosidade de cada gesto direcionado aos alunos, pela compreensão nos momentos difíceis pelos quais passei com a doença da minha mãe, pela oportunidade

da realização de um sonho, pela confiança e autonomia, pelos conselhos e ensinamentos e, principalmente, pela valiosa orientação.

Aos professores da banca, pela disponibilidade, pelos ensinamentos e empatia, pelo respeito, atenção, disposição e pelas valiosas contribuições.

Ao Karl Stoeckl, pelo apoio e auxílio na aplicação dos questionários e aos empresários do CRA que participaram da pesquisa de mercado.

Às pessoas que abriram as portas da indústria fabricante de veículos pesados pesquisada e que possibilitaram a realização da pesquisa: Cesar Augusto, Cristiano e Elena.

Aos especialistas da área acadêmica e empresários representantes das transportadoras, pela participação na validação da FEC.

À UTFPR- Câmpus de Medianeira, por me conceder o afastamento para cursar o doutorado e a todos que me apoiaram para o alcance dos meus objetivos.

Aos colegas do Laboratório de Estudos em Sistemas Produtivos Sustentáveis (LESP), pelo companheirismo e compartilhamento de ideias.

À UTFPR- Câmpus de Ponta Grossa, por meio do programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP), pela oportunidade.

“Cada pessoa tem sua caminhada própria.
Faça o melhor que puder.
Seja o melhor que puder.
O resultado virá na mesma proporção de seu esforço”.
Mahatma Gandhi (2004)

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo utilizar uma ferramenta estratégica circular para favorecer a tomada de decisão sobre as forças que impactam o mercado de caminhões movidos a biometano. A novidade do estudo está centrada na construção de uma ferramenta que auxilie as organizações dentro de uma perspectiva estratégica e circular. O instrumento construído apresenta um critério que seleciona o empreendimento como usuário: a presença da EC (Economia Circular) em seus produtos ou serviços. A ferramenta permite uma análise detalhada das áreas essenciais do negócio, com a finalidade de identificar as potencialidades e fragilidades do empreendimento, para posterior tomada de decisão estratégica. A ferramenta é de fácil manuseio, com uma sequência clara e objetiva, iniciando com os componentes externos, seguindo com os internos e concluindo com os ambientais. O estudo contou com três fases, a saber: na Fase I ocorreu a definição do Modelo de Negócio Circular a ser utilizado na ferramenta e foi construída a Ferramenta Estratégica Circular; na Fase II foi desenvolvida a pesquisa de mercado por meio da aplicação do questionário a 29 empresários de diversos ramos e portes de empresas, para responder a respeito da viabilidade do instrumento construído e na Fase III foi realizada a aplicação do método multicritério Analytic Hierarchy Process (AHP). Foi aplicado um questionário a 22 funcionários do nível gerencial da unidade fabril de uma indústria de veículos pesados e, a análise do método AHP contou com o auxílio do Super Decision Software (SDS); e foi realizada a validação da Ferramenta Estratégica Circular que contou com a participação de 23 especialistas da área acadêmica e seis empresários. O Coeficiente Alfa de Cronbach determinou o grau de consistência interna do questionário aplicado para a validação da Ferramenta Estratégica Circular. Com base nos resultados obtidos após a aplicação das três fases, conclui-se que a Ferramenta Estratégica Circular favoreceu a tomada de decisão dos usuários e atingiu os objetivos propostos para o estudo.

Palavras-chave: modelo de negócio circular; economia circular; biocombustível; biogás

ABSTRACT

The research aimed to use a circular strategic tool to favor decision-making concerning the forces that impact the market for trucks powered by biomethane. The novelty of the study is centered on the construction of a tool that helps organizations within a strategic and circular perspective. The constructed instrument presents a criterion that selects the enterprise as a user: the presence of CE (Circular Economy) in its products or services. The tool allows a detailed analysis of the essential areas of the business, with the purpose of identifying the strengths and weaknesses of the enterprise, for subsequent strategic decision-making. The tool is easy to use, with a clear and objective sequence, starting with the external components, following with the internal ones and ending with the environmental ones. The study had three phases, namely: in Phase I, the Circular Business Model to be used in the tool was defined and the Circular Strategic Tool was built; in Phase II, market research was carried out through the application of a questionnaire to 29 entrepreneurs from different branches and sizes of companies, to answer questions about the viability of the constructed instrument, and in Phase III, the application of the multicriteria Analytic Hierarchy Process method was carried out (AHP). A questionnaire was applied to 22 employees at the managerial level of the manufacturing unit of a heavy vehicle industry, and the analysis of the AHP method had the help of Super Decision Software (SDS); and validation of the Circular Strategic Tool was carried out, with the participation of 23 specialists from the academic area and six businessmen. Cronbach's Alpha Coefficient determined the degree of internal consistency of the questionnaire applied to validate the Circular Strategic Tool. Based on the results obtained after applying the three phases, it is concluded that the Circular Strategic Tool favored the users' decision making and reached the proposed objectives for the study.

Keywords: circular business model; circular economy; biofuel; biogas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura da tese	21
Figura 2 - Definição de EC	31
Figura 3 - Implementação de um modelo de negócio	36
Figura 4 - Representação dos nove blocos do modelo de negócio	39
Figura 5 - Ferramenta Canvas	40
Figura 6 - Componentes de integração de um modelo de negócios	43
Figura 7 - Principais componentes da SWOT	48
Figura 8 - A ferramenta BSC.....	51
Figura 9 - Atuação dos especialistas na estrutura BSCS	52
Figura 10 - Ecocanvas	53
Figura 11 - Componentes da Hierarquia da AHP	55
Figura 12 - Enquadramento metodológico da pesquisa	57
Figura 13 - Portfólio bibliográfico	60
Figura 14 - Combinação das palavras-chave.....	61
Figura 15 - Principais palavras-chave dos artigos do portfólio bibliográfico....	64
Figura 16 - Citações entre os autores do portfólio bibliográfico	66
Figura 17 - Etapas da construção da FEC.....	66
Figura 18 - Comunicado sobre a pesquisa de mercado	68
Figura 19 - Etapas da validação da FEC.....	71
Figura 20 - Fluxograma da elaboração dos resultados	75
Figura 21 - Ferramenta Estratégica Circular - FEC.....	79
Figura 22 - Hierarquia AHP.....	86
Figura 23 - Comparativo entre combustíveis e critérios.....	87
Figura 24 - Comparativo do preço com as alternativas da Hierarquia AHP	88
Figura 25 - Comparativo da sustentabilidade com as alternativas da Hierarquia AHP	89
Figura 26 - Comparativo do rendimento para consumo com as alternativas da Hierarquia AHP	90
Figura 27 - Comparativo da segurança com as alternativas da Hierarquia AHP.....	91

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Interesse na utilização de uma ferramenta estratégica.....	81
Gráfico 2 - Motivações para a utilização de uma ferramenta estratégica.....	81
Gráfico 3 - Manifestações contrárias e neutras sobre a utilização de uma ferramenta estratégica	82
Gráfico 4 - Forças ou influências que podem impactar o mercado	83
Gráfico 5 - Qualidades necessárias para uma ferramenta estratégica.....	83
Gráfico 6 - Comparativo entre combustíveis e critérios	87
Gráfico 7 - Comparativo do preço com as alternativas da Hierarquia AHP	88
Gráfico 8 - Comparativo da sustentabilidade com as alternativas da Hierarquia AHP	89
Gráfico 9 - Comparativo do rendimento de consumo com as alternativas da Hierarquia AHP	90
Gráfico 10 - Comparativo da segurança com as alternativas da Hierarquia AHP.....	91
Gráfico 11 - Classificação das alternativas.....	92
Gráfico 12 - Consolidação dos resultados de todos os respondentes da pesquisa.....	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Modelo VRIO	50
Quadro 2 - Escala fundamental de Saaty	56
Quadro 3 - Fases da aplicação da pesquisa	59
Quadro 4 - Estrutura da coleta de dados	72
Quadro 5 - Estrutura da análise de dados.....	74
Quadro 6 - Perfil do MNC definido para o estudo proposto	76
Quadro 7 - Ferramentas estratégicas utilizadas.....	77
Quadro 8 - Apontamentos para a tomada de decisão.....	79
Quadro 9 - Dados principais da pesquisa de mercado	84
Quadro 10 - Exemplos de usuários da FEC	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de citações entre os autores mais citadas.....	64
Tabela 2 - Valores normalizados das alternativas da Hierarquia AHP	92
Tabela 3 - Respostas do questionário aplicado	95
Tabela 4 - Soma da variância dos itens.....	96

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
BSC	<i>Balanced Scorecard</i>
BSCS	<i>Balanced Scorecard</i> da Sustentabilidade
CR	Índices de Consistência
CRA	Conselho Regional de Administração
EC	Economia Circular
FEC	Ferramenta Estratégica Circular
GNV	Gás Natural Veicular
JCR	<i>Journal Citation Reports</i>
LESP	Laboratório de Estudos em Sistemas Produtivos Sustentáveis
MN	Modelo de Negócio
MNC	Modelo de Negócio Circular
PMEs	Pequenas e Médias Empresas
SDS	<i>Super Decision Software</i>
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SWOT	<i>Strengths, Weakness, Opportunities, Threatens</i>
VBR	Visão Baseada em Recursos
VRIO	Valor, Raridade, Imitabilidade Imperfeita, Organização
VRIS	Valor, Raridade, Imitabilidade Imperfeita, Substitubilidade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Contextualização do tema	16
1.2	Objetivos	18
1.3	Justificativa da pesquisa	18
1.4	Estrutura da tese	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1	O biogás e a produção de biometano	22
2.1.1	Produção e utilização do biogás.....	23
2.1.2	Biometano	25
2.1.3	O biometano como biocombustível	26
2.1.4	Caminhões movidos a biometano	27
2.2	Economia circular	29
2.2.1	Conceitos de Economia Circular	30
2.2.2	Economia Circular sob a ótica empresarial e ambiental	32
2.2.3	Economia Circular sob a ótica social e ambiental	34
2.3	Modelo de negócio	36
2.3.1	Ferramenta Canvas.....	39
2.3.2	Modelos de negócios circulares	40
2.3.3	Modelos de negócios e a estratégia	42
2.4	Gestão estratégica	44
2.4.1	Estratégias competitivas.....	44
2.4.2	Estratégia de sustentabilidade e circularidade	46
2.4.3	Ferramentas estratégicas	47
2.4.4	Método <i>Analytic Hierarchy Process</i> - AHP	53
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	57
3.1	Enquadramento metodológica	57
3.1.1	Fases da aplicação da pesquisa	58
3.2	Composição do portfólio bibliográfico	59
3.2.1	Análise bibliométrica.....	63
3.3	Tapas da construção da FEC	66
3.4	Aplicação da pesquisa de mercado	67
3.5	Aplicação do método multicritério AHP	69
3.5.1	Delimitação da pesquisa	69

3.6	Validação da FEC	70
3.7	População e amostra da pesquisa.....	71
3.8	Instrumentos de coleta de dados.....	72
3.9	Instrumentos de análise dos dados.....	73
3.9.1	Análise dos dados coletados.....	74
4	RESULTADOS.....	75
4.1	Definição do MNC e construção da FEC - Fase I.....	75
4.1.1	MNC aplicado na pesquisa.....	76
4.1.2	Construção da FEC baseada no MNC definido para a pesquisa	77
4.2	Pesquisa de mercado sobre a viabilidade da FEC - Fase II.....	79
4.2.1	Aplicação da pesquisa de mercado.....	80
4.2.2	Análise da viabilidade da FEC.....	83
4.3	Aplicação do método multicritério AHP e validação da FEC - Fase III	84
4.3.1	Aplicação do método multicritério AHP	85
4.3.2	Utilização do SDS.....	86
4.3.3	Validação da FEC.....	93
4.3.4	Análise da consistência interna do questionário.....	94
4.4	Usuários da FEC.....	96
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	98
5.1	Contribuições teóricas.....	99
5.2	Contribuições práticas.....	100
5.3	Contribuições sociais	100
5.4	Limitações.....	101
5.5	Sugestões para trabalhos futuros	101
	REFERÊNCIAS.....	102
	APÊNDICE A - Questionário aplicado aos empresários na pesquisa de mercado.....	112
	APÊNDICE B - Questionário aplicado aos funcionários da indústria fabricante de veículos pesados para a aplicação do método multicritério AHP	114
	APÊNDICE C - Questionário aplicado aos especialistas na validação da FEC.....	124
	APÊNDICE D - Questionário aplicado aos empresários na validação da FEC.....	127
	APÊNDICE E - Lista de publicações realizadas durante o doutorado	130

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo introdutório contempla a contextualização do tema, os objetivos, a justificativa da pesquisa e a estrutura da tese.

1.1 Contextualização do tema

Os veículos são os componentes fundamentais dos sistemas de transporte em âmbito global, propiciando acesso de grande importância a bens e serviços. Uma saída para o problema que aflige o mundo todo é a produção de novos combustíveis e inovadoras tecnologias automotivas que ofereçam o benefício de simultaneamente tornar os veículos mais limpos e eficientes (LIPMAN, 2020). O setor de transporte consome imensas quantidades de combustíveis fósseis (gasolina e diesel) e para evitar os efeitos nocivos causados ao meio ambiente podem ser substituídos por biocombustíveis (UUSITALO *et al.*, 2013).

Há uma demanda cada vez maior por energia, em atenção à preservação ambiental. Desta forma, a procura de alternativas que substituam os combustíveis fósseis tem se destacado e ganhado foco. A utilização de fontes renováveis de energia é considerada uma opção ambientalmente correta e sustentável para suprir as necessidades da sociedade no futuro e o biogás veio para suprir essa lacuna (ANGELIDAKI *et al.*, 2018).

O biometano é oriundo do biogás e é um biocombustível que utiliza os princípios da EC. Uma EC é definida por Geissdoerfer *et al.* (2020) como um sistema econômico que possui a entrada, o desperdício de recursos materiais, as emissões e os vazamentos de energia reduzidos pela ciclagem de nutrientes, ampliação, intensificação e desmaterialização de materiais e energia. O conceito de EC é inspirado na natureza, absorvendo o conceito de sustentabilidade da reciclagem de nutrientes por meio da absorção, digestão e emissão cíclicas (VELVIZHI *et al.*, 2020). De acordo com Salvador *et al.* (2020), os sistemas circulares são regenerativos e restauradores, semelhantes aos processos existentes nos ciclos na natureza.

A maior parte das ferramentas e métodos de modelagem de negócios inovadores necessita de ao menos alguns elementos existentes em uma EC (ANTIKAINEN; VALKOKARI, 2016). O Modelo de Negócio Circular (MNC) foi criado por muitas organizações em diferentes áreas para possibilitar os propósitos do desenvolvimento sustentável e, ao mesmo tempo, gerar valor econômico. (SHÃO *et*

al., 2019). De uma maneira geral, um MNC é um Modelo de Negócio (MN) que acompanha os princípios da EC, agregando componentes que desaceleram, estreitam ou encerram o ciclo de materiais, de forma que os recursos sejam reutilizados continuamente (BOCKEN *et al.*, 2016, GEISSDOERFER *et al.*, 2018).

Os negócios passam por diversos desafios, uma vez que quanto maior e mais grandiosa é a organização, maior é o risco na tomada de decisão estratégica, porque envolve questões mais complexas e que ampliam o comprometimento do tomador de decisões. Diante de diversos desafios corporativos existentes, torna-se premente a existência de instrumentos que sirvam de apoio à tomada de decisão estratégica e, com isso, as organizações obtenham vantagens competitivas, preservando e mantendo os recursos naturais e, simultaneamente, obtendo lucros.

O objetivo do presente estudo é utilizar uma ferramenta estratégica circular para favorecer a tomada de decisão sobre as forças que impactam o mercado de caminhões movidos a biometano. A Ferramenta Estratégica Circular (FEC) apresenta um critério que possibilita a seleção do potencial usuário: a presença da EC em seus produtos ou serviços. Ela proporciona ao usuário uma análise detalhada das áreas essenciais do empreendimento, com a propósito de identificar seus pontos fortes e fracos, para posterior tomada de decisão estratégica. A ferramenta possui uma sequência clara e objetiva, começando com os fatores externos, seguindo com os internos e finalizando com os ambientais.

Na literatura específica há uma escassez de abordagens que apresentem algum tipo de instrumento, que combine as várias ferramentas estratégicas e seja, simultaneamente, circular. E a FEC surgiu, essencialmente, com a finalidade de suprir essa lacuna.

Uma vinculação da estratégia com a EC foi abordada por Raebild e Bang (2017), que apesar de não mencionarem uma ferramenta específica, destacaram o design de moda sustentável como uma ferramenta de apelo estratégico para o mercado de roupas de bebê, tendo o desenvolvimento da coleção dentro dos princípios da EC. Na área de tecnologia da informação existem raras abordagens envolvendo mecanismos para alavancar a EC. Uma obra que se assemelha à presente pesquisa foi publicada pelos autores Álvarez e Ruiz-Puente (2017), ao desenvolver a ferramenta SymbioSyS com o propósito de facilitar a implementação da EC, possibilitando às organizações incorporar novas estratégias no gerenciamento

dos seus recursos e moldar os processos de sistemas de informação de forma ágil e fácil aos seus usuários.

Diante disso, a pesquisa visa responder a seguinte problemática: **Como utilizar uma ferramenta estratégica circular para favorecer a tomada de decisão sobre as forças que impactam o mercado de caminhões movidos a biometano?**

1.2 Objetivos

A pesquisa tem como objetivo geral utilizar uma ferramenta estratégica circular para favorecer a tomada de decisão sobre as forças que impactam o mercado de caminhões movidos a biometano.

Os objetivos específicos consistem nas seguintes etapas:

- a) Definir o MNC para ser utilizado na pesquisa;
- b) Construir a FEC baseada no MNC definido;
- c) Aplicar uma pesquisa de mercado sobre a necessidade da utilização da FEC;
- d) Identificar a viabilidade da FEC;
- e) Aplicar o método multicritério AHP em uma empresa que apresente o perfil do MNC identificado como modelo a ser utilizado na FEC;
- f) Validar a FEC.

1.3 Justificativa da pesquisa

As alternativas energéticas desempenham um papel fundamental na minimização das emissões de gases de efeito estufa provenientes do setor de transporte. O biogás é uma fonte de energia renovável e pode ser utilizado como biocombustível para veículos movidos a gás. A utilização do biogás em veículos operados a gás é uma forma bastante eficaz de diminuir o dióxido de carbono no setor de transporte (UUSITALO *et al.*, 2013). Várias tecnologias foram implementadas no processo de purificação ou limpeza do biogás para produzir o biometano, que pode ser utilizado como biocombustível para substituir os combustíveis fósseis e o gás natural (CHAEMCHUEM; ZHOW; VERPOORT, 2016).

O biometano é um biocombustível de segunda geração, como as culturas não comestíveis, biomassa oriunda do setor agrícola e resíduos originários de outras

fontes. Estes biocombustíveis apresentam benefícios mais abrangentes, por exemplo: método de tratamento de resíduos; processo de aproveitamento da infraestrutura da rede existente de maneira sustentável e fonte alternativa de receita que propicie ganhos aos agricultores (WALL; MCDONAGH; MURPHY, 2017).

A visão cada vez mais frequente que se tem da EC é de uma provável solução para o desenvolvimento sustentável. Acredita-se que um sistema econômico que reduza a entrada e o desperdício de materiais, o lançamento e a vazão de energia do sistema atenuem os impactos negativos sem o comprometimento do crescimento e da prosperidade (GEISSDOERFER *et al.*, 2018). A EC pode tornar-se uma fonte de inovação e novas receitas, essencialmente quando um MN promissor e adequado é encontrado (HOPKINSON *et al.*, 2018).

A transição para mudanças importantes ao longo da cadeia de valor, ao nível das estratégias de mercado e MNCs utilizados (ROSA; SASSANELLI; TERZI, 2019) podem melhorar a utilização de recursos de uma maneira que se torne viável em termos financeiros e ambientais (BOCKEN; RITALA, 2022). Levando-se em conta a crescente demanda por circularidade, as organizações desenvolveram diversos tipos de MNCs (FERASSO *et al.*, 2020). Diante disso, há uma necessidade de estabelecer diretrizes estratégicas sobre como as organizações existentes e novas podem criar iniciativas de MNCs (BOCKEN; RITALA, 2022).

Várias obras destacam os MNCs em diferentes perspectivas. Bocken e Ritala (2022) desenvolveram um modelo conceitual envolvendo seis abordagens estratégicas diferentes para MNCs. Hopkinson *et al.* (2018) salientam os sucessos, dificuldades e conflitos ao utilizar um MNC. Bocken *et al.* (2016) desenvolveram estratégias sobre produtos e MNCs para fazer a transição de uma economia linear para uma circular, ocorrendo na desaceleração, fechamento e estreitamento de ciclos de recursos. Lewandowski (2016) reestruturou os componentes da tela do MN no contexto da EC.

No que se trata das publicações sobre o tema da pesquisa, Rosa, Sassanelli e Terzi (2019) destacam que alguns autores propõem ferramentas de auxílio à tomada de decisão para verificar o índice de sustentabilidade organizacional e possibilitar a transição para a EC. Bocken *et al.* (2013) elaboraram uma ferramenta de mapeamento de valor para auxiliar as organizações na geração de propostas de valor mais apropriadas para a sustentabilidade, Dolinsky e Maier (2015) desenvolveram uma ferramenta da teoria dos jogos para ajudar a implementação de MNCs com o interesse

centrado na sociedade e nas questões sociais. Na sequência, Cong, Zhao e Sutherland (2017) desenvolveram uma abordagem para possibilitar a lucratividade em uma sequência de desmontagem para componentes/peças.

Diante do exposto, o presente estudo apresenta relevância e contribuições teóricas, práticas, organizacionais e sociais.

As contribuições teóricas estão centradas na novidade/ inovação da pesquisa, ou seja, na construção da FEC, que pode ser aplicada em outros estudos teóricos e nas oportunidades de ampliação do conhecimento por meio do seu uso, não somente na utilização do biometano como produto estratégico, como também de outros produtos ou serviços que possam servir de base para a análise de outros cenários e possibilidades na obtenção do conhecimento.

As contribuições práticas estão delineadas na oportunidade oferecida ao mercado, pela utilização de uma ferramenta estratégica que pode contribuir com a assertividade na tomada de decisão em ambientes altamente competitivos e incertos. Acrescido a tudo o que foi exposto, ressalta-se a importância de se obter na redução de recursos, custos e tempo, com destaque para a minimização de impactos ambientais.

As contribuições organizacionais residem na aplicação da FEC para suprir uma necessidade do mercado de fazer uso de um instrumento que possibilite a sua aplicação em diversos portes de empresas e ramos de negócios, favorecendo os gestores na obtenção de lucratividade e, simultaneamente, a sustentabilidade. Ao fazer uso de ferramentas estratégicas, a organização utiliza os seus recursos de forma mais eficiente e, conseqüentemente, obtém resultados mais satisfatórios.

As contribuições à sociedade estão localizadas na importância dada às questões sociais presentes nos módulos da FEC, que permitem a análise da forma como a sociedade é impactada positiva e negativamente pelas ações organizacionais, assim como a reflexão sobre a proposta de valor circular para a sociedade na qual a empresa se encontra inserida.

1.4 Estrutura da tese

A Figura 1 tem o propósito de apresentar a estrutura da tese, resumindo os conteúdos de cada capítulo. O presente estudo está organizado da seguinte forma:

O Capítulo 1 apresenta as diretrizes do trabalho, contemplando a introdução com a contextualização do tema, o problema de pesquisa, objetivo geral e objetivos específicos, justificativa do tema e estrutura da tese.

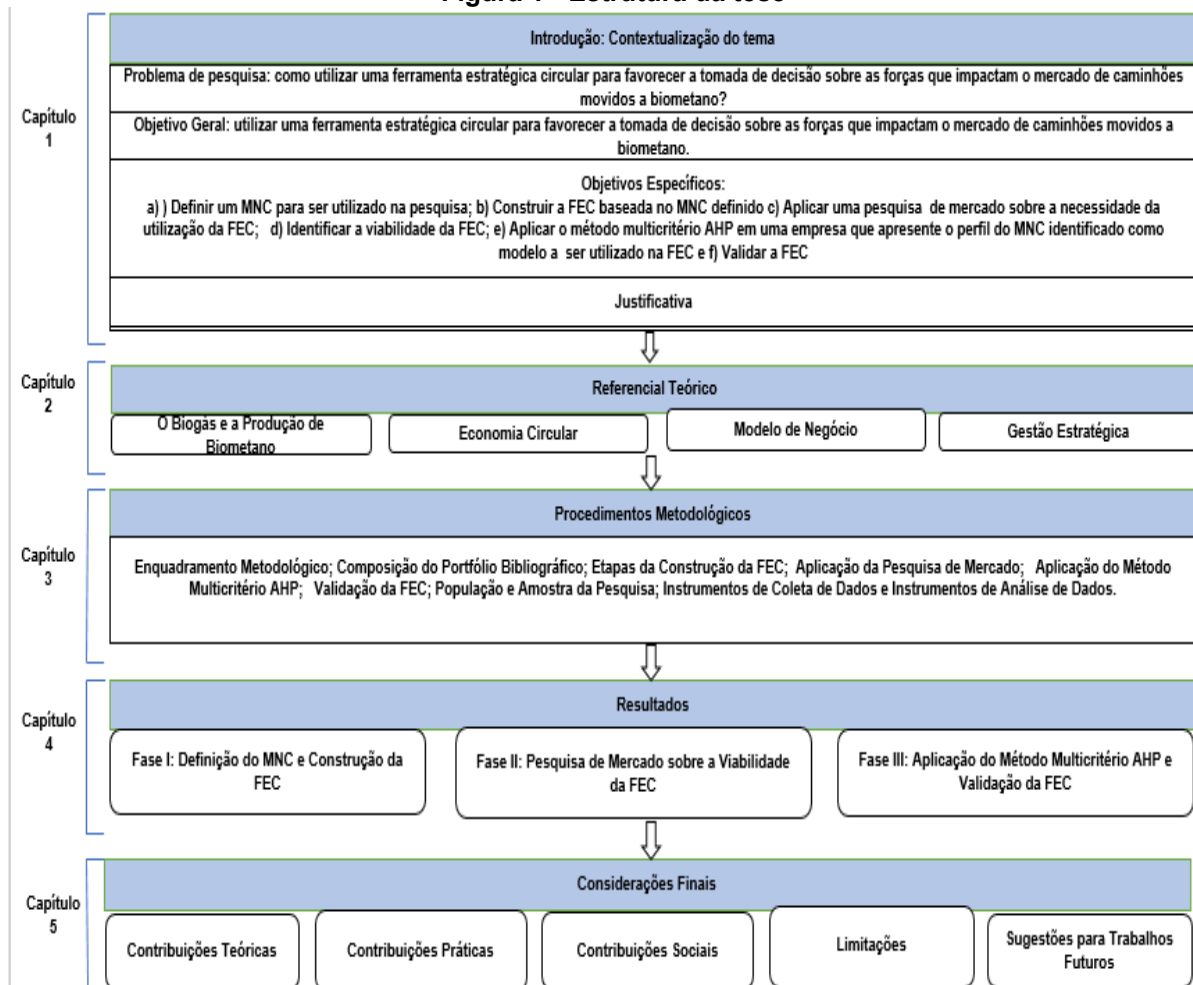
O Capítulo 2 contempla o referencial teórico sobre o biogás e a produção de biometano, Economia Circular, Modelo de negócio e Gestão estratégica.

O Capítulo 3 discorre sobre os procedimentos metodológicos utilizados para conduzir a pesquisa.

O Capítulo 4 apresenta os resultados, vinculando as fases da pesquisa com os objetivos específicos.

O Capítulo 5 refere-se às considerações finais, com as contribuições da pesquisa, limitações e sugestões para trabalhos futuros.

Figura 1 - Estrutura da tese



Fonte: Autoria própria (2023).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico, apresentado neste capítulo, consiste em descrever o objeto de estudo, com enfoque na análise estratégica das forças que impactam o mercado de caminhões movidos a biometano. Desta forma possibilita orientar e conduzir a pesquisa a partir da consulta das principais literaturas pertinentes. Para o desenvolvimento do capítulo, foram utilizados periódicos internacionais e nacionais, livros, teses, informações e dados de entidades.

2.1 O biogás e a produção de biometano

Diante da necessidade de proteção ambiental, o biogás ganhou relevância. De acordo com Dahlgren, Kanda e Anderberg (2019), os problemas ambientais atuais impõem uma transição para a utilização de energias renováveis e o biogás é uma possibilidade que, além de renovável, proporciona vários outros benefícios. Segundo os autores, para um maior desenvolvimento da produção de biogás, é necessário expandir novas áreas de inserção onde ele pode ser usado no lugar dos combustíveis fósseis. Ele pode ser utilizado como biocombustível para produção de calor, vapor e eletricidade (CHAEMCHUEM; ZHOW; VERPOORT, 2016).

O biogás é uma composição de gases oriunda do processo de biodigestão de materiais orgânicos, necessariamente realizada por bactérias em um ambiente que possibilita a digestão anaeróbia. O processo de digestão anaeróbia acontece de forma natural como toda matéria orgânica que se decompõe em um ambiente ausente de oxigênio, com tecnologias apropriadas, tais como os biodigestores, a partir do tratamento de resíduos urbanos, da indústria e agropecuária (STILPEN; STILPEN; MARIANI, 2018).

Para o desenvolvimento da indústria do biogás e biometano, de acordo com Coelho *et al.* (2018), faz-se necessário a existência de estruturas regulatórias fiscais e instrumentos de auxílio financeiro para que as limitações de capital sejam combatidas de forma a atingir a sustentabilidade financeira. Segundo os autores, a sustentabilidade financeira é uma questão muito importante, tendo em vista que a geração e os usos finais do biogás e do biometano passam por desafios adicionais em comparação com o gás natural, seu concorrente principal, como a necessidade de escala, as despesas de limpeza e purificação, os valores pagos aos gasodutos de ligação até o ponto de injeção, assim como dos requisitos de compressão adicional.

As políticas e regulações de apoio e incentivo são de grande importância, conforme salientam Coelho *et al.* (2018), uma vez que elas cumprem um papel fundamental na fixação da capacidade das plantas de biogás e biometano, assim como na determinação do uso final destas fontes energéticas. Para os autores, as estruturas regulatórias para os setores da agricultura, saneamento básico e energias renováveis sugerem fortemente a aplicação e a implementação da geração de biogás e biometano por meio do processo de digestão anaeróbia. Segundo os autores, sua relevância tem conquistado espaço à medida que os governos procuram minimizar as emissões dos gases de efeito estufa, a partir da expansão de fontes renováveis de energia.

Uma das principais vantagens do biogás, para Fernandes e Mariani (2019), é o fato da sua produção ser muito próxima da fonte de consumo, o que amplia a eficiência do processo como um todo, reduzindo as perdas na transferência e na distribuição da energia, acrescido a isso, é um meio de energia que possui versatilidade, possibilitando que sua utilização seja ajustada à demanda local. Para as autoras, o biogás depende de resíduos para a sua geração e é uma fonte renovável contínua, com a produção incessante de gases, o que o diferencia de outras fontes de energia e é possível armazená-lo a custos baixos, seja na forma de recursos naturais para a biodigestão, seja na forma de gás. Ainda segundo as autoras, acrescido a isso, em função da previsibilidade na geração, pode ser usado como mecanismo regulatório diante da instabilidade de outras fontes.

A composição básica do biogás, de acordo com Stilpen, Stilpen e Mariani (2018) centra-se entre 50 a 80% de metano (CH_4), 20 a 40% de dióxido de carbono (CO_2), 1 a 3% de hidrogênio (H_2), 0,3 a 0,5% de nitrogênio (N_2) e 1 a 5% de gás sulfídrico (H_2S) e outros gases em menor quantidade. A composição do biogás depende essencialmente da fonte de matéria-prima orgânica e da digestão anaeróbia, dessa forma, a separação de gases com exceção do metano, é a finalidade do processo de limpeza, com a remoção de contaminantes e também do processo de atualização, com a remoção de dióxido de carbono para ajustar o valor calorífico do gás (JOPPERT *et al.*, 2018).

2.1.1 Produção e utilização do biogás

A produção do biogás consiste em um processo sustentável com o propósito de geração de energia limpa e renovável, além do tratamento de resíduos de forma

simultânea. (ANGELIDAKI *et al.*, 2018). Apesar das principais fontes de biogás serem originárias das estações de tratamento de esgoto e aterros sanitários, a geração de biogás, a partir do esterco, também tem obtido atenção, tendo em vista que sua potencialidade na produção de energia por meio de resíduos é bastante significativa (SKOREK-OSIKOWSKA *et al.*, 2020; PEREIRA, *et al.*, 2022).

O biogás é um gerador de energia sustentável com várias fontes de insumos. Para Rafiee (2021), a proveniência do substrato e do processo de produção do biogás contribuem significativamente para a composição do biogás em estado bruto. Conforme os autores, todos os tipos de biogás necessitam passar por limpeza e atualização antes de serem direcionados aos consumidores e, praticamente, o principal impasse da rede de abastecimento do biogás é centrada na sua limpeza e atualização.

A purificação do biogás é imprescindível em função de duas restrições: a segurança do produto relacionado à potencialidade dos riscos causados por contaminantes e, também, pela qualidade do produto exigidas pelas imposições do mercado. As tecnologias de aspectos físico-químicos utilizadas para purificar o biogás na forma bruta necessitam ser confiáveis, maduras e no patamar de obtenção de excelência (RAFIEE *et al.*, 2021).

Dentro da ótica sustentável, os recursos naturais precisam ser inseridos novamente na natureza e o biogás realiza adequadamente esse ciclo de reaproveitamento e reutilização da matéria orgânica. De acordo com D'Aquino (2018), diante da necessidade de retorno dos nutrientes contidos nos resíduos e geralmente reutilizados em seu local de origem, assim como a minimização do impacto ambiental ocasionado pelo atual sistema de produção e consumo, torna-se premente a procura por tecnologias que proporcionem um cenário de desenvolvimento sustentável, favorável nos aspectos sociais, ambientais e econômicos.

Os recursos naturais provenientes de diversas fontes usados para a produção de biogás são inicialmente submetidos a um pré-tratamento, que, conforme a matéria-prima, frequentemente consistem na lavagem, esmagamento, peneiração e prensagem do material. Em continuidade ao processo, a matéria-prima é então inserida no digestor, dando prosseguimento a digestão anaeróbia. A digestão anaeróbia consiste em um processamento de decomposição biológica que altera a matéria orgânica de diferentes tipos de resíduos em dois produtos resultantes: o

biogás e o digestato. É, contudo, uma das tecnologias mais aprimoradas e sustentáveis que possibilitam a produção de energia (STOLECKA; RUSIN, 2021).

Diferentes temperaturas são utilizadas na digestão anaeróbia. O biogás emitido durante o processo é geralmente guardado em tanques. Após o tratamento apropriado, os resíduos processados após a fermentação no digestor podem ser utilizados para fertilizar terras agrícolas. Diferentes tipos de digestores atualmente estão disponíveis em tecnologias de digestão anaeróbica. Eles são diferentes na configuração, tempo de residência e temperatura de operação. De uma forma geral, basicamente quatro estágios da digestão anaeróbia podem ser considerados: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (STOLECKA; RUSIN, 2021).

O biogás apresenta, no mínimo, dupla utilidade: além de seu poder energético também pode reduzir a poluição ambiental, conforme salientam Zain e Mohamed (2018), ele pode ser aplicado na produção de energia, pode ser usado para a geração de calor ou como biocombustível para motores.

O biogás, depois de passar por um processo apropriado de limpeza, pode ser inserido em células a combustível, que transformam o biogás especificamente em eletricidade, com grandes benefícios em termos de eficiência energética. Da mesma forma que os motores, os sistemas de células de combustível possibilitam que sejam configurados para a geração de calor e energia elétrica (COELHO *et al.*, 2018).

O elevado interesse em aplicar o biogás na substituição do gás natural ou também utilizá-lo como biocombustível para transporte, permitiu a abertura de novas oportunidades no desenvolvimento de técnicas que permitem o aprimoramento do biogás (ANGELIDAKI *et al.*, 2018).

2.1.2 Biometano

O biometano tem adquirido destaque e importância maior no setor de bioenergia, levando-se em conta que é uma fonte de energia renovável que propicia a recuperação de resíduos e a diminuição dos gases de efeito estufa. (JOPPERT *et al.*, 2018). Becher (2016) salienta que o biometano pode ser produzido a partir de uma quantidade considerável de substâncias orgânicas, assim como: dejetos animais (estrupe de gado e suínos), as sobras de ração e outros resíduos orgânicos oriundos da agricultura, alimentos e outros, sendo, portanto, um vasto espectro de substratos utilizáveis.

As alternativas de purificação do biogás para biometano, segundo Rafiee *et al.* (2021), são a queima de biogás em estado bruto para geração de energia ou produção simultânea de calor e energia. Os autores afirmam que a recuperação do metano é um aspecto fundamental no âmbito econômico e ecológico, pois o biometano resultante da atualização do biogás é uma alternativa sustentável para substituir os combustíveis fósseis. Ainda, conforme os autores, o biometano pode ser utilizado para aquecer, gerar energia e vapor, como biocombustível veicular em fábricas que produzem produtos químicos, para inserções em redes de gás, dentre outras utilidades.

O vocábulo biometano é usado para identificar a composição gasosa resultante do processo de limpeza, purificação ou atualização do biogás, no qual são reduzidos, fundamentalmente: a umidade, o dióxido de carbono, o sulfureto de hidrogênio, siloxanos e outros contaminantes em menor proporção. Os benefícios do biometano sobre o biogás é que ele contém características físico-químicas iguais às do gás natural, razão pela qual o possibilita a substituir este combustível em suas várias utilidades, com a vantagem de ser gerado por meio de matéria orgânica residual e renovável (COELHO *et al.*, 2018).

2.1.3 O biometano como biocombustível

O biogás quando passa pelo processo de refino também pode ser utilizado em redes de gás natural e como biocombustível em veículos. O biometano é um biocombustível de fonte de energia renovável e limpa, portanto como biocombustível utilizando infraestrutura energética estabelecida é uma oportunidade bastante atrativa (CHAEMCHUEM; ZHOW; VERPOORT, 2016).

Para ser usado em veículos ou injeção nas cadeias de distribuição de gás natural, conforme Coelho *et al.* (2018), é imprescindível que o CO₂ seja reduzido do biogás. Os autores afirmam que após a redução destes elementos e outras impurezas, o biogás apresenta uma alta fração de metano (maior que 95%) e, com isso, é denominado biometano.

Para que o biometano seja utilizado como biocombustível, conforme a ANP (2022a), é necessário que esteja de acordo com as recomendações da Resolução ANP n. 886, de 29 de setembro de 2022, que estabelece normas para o controle da qualidade do biometano, proveniente de aterros sanitários e esgotos, destinado ao uso veicular. A norma determina ao produtor de biometano a emissão diária do

certificado de qualidade sobre o teor do metano, do oxigênio, do dióxido de carbono, do nitrogênio, do gás sulfídrico e do ponto de orvalho de água.

De acordo com a Resolução ANP n. 906, de 18 de novembro de 2022, no que diz respeito ao biometano proveniente de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris designado ao uso veicular, deve possuir concentrações limitadas de elementos potencialmente corrosivos, de forma que a segurança e a completa estrutura dos equipamentos sejam preservadas. Esses componentes objeto das limitações são sulfeto de hidrogênio, dióxido de carbono e água (ANP, 2022b).

O biometano pode ser utilizado como substituto ao diesel em máquinas agrícolas (tais como tratores e caminhões), pois possui a qualidade de ser um substituto do gás natural fóssil, com a vantagem de ser renovável. Os autores destacam que essa substituição pode ser realizada a partir da inserção do biometano na rede de distribuição de gás natural (COELHO *et al.*, 2018).

O biometano utilizado como combustível de transporte necessita de uma transformação muito importante na infraestrutura, fazendo parte disso, o suprimento de estações de serviço de gás natural comprimido e veículos movidos a gás natural. O biometano como biocombustível de transporte proporciona transporte descarbonizado e ar limpo, acrescido de segurança energética, energia renovável e auxílio ao empoderamento da agricultura (RAJENDRAN; O'GALLACHOIR; MURPHY, 2019).

Para expandir o biometano como biocombustível, faz-se necessário levar em conta a rentabilidade geral da cadeia de valor agregado a partir da geração do biogás direcionando o seu tratamento até o transporte do biometano por meio de redes de gás e postos de abastecimento. Para sua viabilidade, é necessário que ocorra um limite de venda mínima de biometano como biocombustível. Outro aspecto relevante refere-se aos preços de obtenção dos substratos imprescindíveis para as plantas de biogás. A utilização de resíduos sem ônus ou que ainda geram receitas, bem como uma formação heterogênea dos substratos de diferentes fornecedores é, na maioria das vezes, a solução mais viável e consistente (BECHER, 2016).

2.1.4 Caminhões movidos a biometano

No Brasil, o órgão máximo normativo e consultivo do Sistema Nacional de Trânsito é o Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). De acordo com a legislação do CONTRAN (2011), os veículos pesados correspondem aos ônibus, micro-ônibus,

caminhão trator, trator de rodas, trator misto, chassi-plataforma, *motorhome*, reboque ou semirreboque e respectivas combinações.

Os caminhões são considerados importantes estruturas de transporte de carga que sustenta a economia global. No entanto, o caminhão a combustão interna diesel não é bem visto em função das elevadas emissões de gases tóxicos (ZHANG *et al.*, 2022).

Um instrumento importante para a redução das emissões de CO₂ dos veículos é a regulamentação da economia de combustível veicular e esta determinação foi ampliada aos veículos pesados. Na Europa, as indústrias que produzem caminhões são obrigadas a diminuir as emissões de CO₂ em 30% até o ano de 2030, aos veículos recém-vendidos comparados com a produção de 2019/2020. Com isto o setor de transporte reduzirá substancialmente as emissões de GEE (BREED; SPETH; PLÖTZ, 2021).

Ao adquirir um caminhão, seu custo envolve mais do que o preço inicial de compra, diversos componentes de custo ligados à operação do veículo também devem ser levados em conta, tais como o preço de compra, o custo de combustível e de manutenção. Desta forma, a análise do custo total de um caminhão é imprescindível para obter corretamente seu custo total de compra e operação, sendo que isto pode determinar a viabilidade econômica da substituição do diesel por combustíveis alternativos e de fontes renováveis (ZHANG *et al.*, 2022).

Diante disso, o biometano está surgindo como uma alternativa viável para o setor de transportes. Um caminhão movido a biometano tem como fatores-chave que determinam sua compra ou aquisição centrados na confiabilidade, na infraestrutura disponível para o seu abastecimento/carregamento, possibilidade de baixas emissões, preço de combustível em tempo atual ou futuro (ANDERHOFSTADT; SPINLER, 2019).

Um estudo desenvolvido por Madhusudhanan *et al.* (2020) comparou caminhões movidos a biometano, gás natural veicular (GNV) e diesel. Segundo os autores, os resultados mostraram que para uma tonelada/km de transporte (especialmente no longo prazo), o caminhão movido a biometano ou GNV utilizou de energia uma média de 22% a mais do que o caminhão a diesel e, por outro lado, o custo de combustível do caminhão usando biometano é em torno de 30% menor do que o diesel. Na comparação das emissões de carbono equivalentes do caminhão a

diesel, o caminhão movido a biometano é 78% menos poluente e 10% menor ao diesel usando GNV.

A utilização de um modelo verde de gestão de resíduos e gestão de energias renováveis possibilita a abertura de um caminho que conduzirá a uma diversidade maior de processos sustentáveis amparados na circularidade de materiais como parte integrante de uma EC mais ampla, com o propósito de capturar muitos recursos desperdiçados que podem ser fontes de biometano e fertilizantes agrícolas. Neste enfoque, as usinas de biometano transformam os resíduos em energia limpa, o que auxilia a diminuição da pegada de carbono fóssil do setor de transporte (WALL; MCDONAGH; MURPHY, 2017).

Um caminhão movido a biometano apresenta algumas características peculiares. Conforme a Scania (2021), o motor é produzido especialmente para este tipo de combustível, sendo diferenciada a taxa de compressão, entrada e saída de gases, tanques, sistemas, pneus, câmara de combustão, cabeçotes e válvulas. O ciclo Otto comumente presente nos automóveis também está presente nos caminhões, trazendo menos ruídos do que os movidos a diesel.

2.2 Economia circular

De uma forma geral, a EC consiste em um novo modelo econômico que visa promover o desenvolvimento econômico, alavancar a competitividade mundial e a geração de novos empregos. Para a implementação da EC, é preciso que ocorra uma inovação abrangente e sistêmica (ANTIKAINEN; VALKOKARI, 2016).

Em uma EC, a ênfase do sistema significa que ele retrata a produção de oportunidades nas cadeias produtivas. Isso tende a permitir que o desenvolvimento do produto esteja de acordo com aos ciclos naturais, procurando garantir a redução das externalidades negativas dos processos produtivos (OLIVEIRA; FRANÇA; RANGEL, 2018). O sistema considera que as interdependências acontecem entre as diversas entidades existentes no mundo complexo e o valor econômico precisa ser produzido conjuntamente com o valor ambiental e social, gerando um ciclo virtuoso de desenvolvimento (DE ANGELIS, 2020).

2.2.1 Conceitos de Economia Circular

Desde a primeira vez em que o conceito de CE foi utilizado, a terminologia que abrange a “economia circular” tem divergido frequentemente e as palavras ciclo fechado e economia circular são constantemente usadas como se tivessem o mesmo significado. O novo padrão de uma economia circular necessita de outros conceitos e diferentes ferramentas para fazer uma descrição correta e apoiar este paradigma (BOCKEN *et al.*, 2016).

É possível definir EC, como enfatizam Kirchherr, Reike e Hekkert (2017), dentro de uma estrutura de códigos desenvolvida essencialmente como um sistema econômico que substitui o entendimento de “fim de vida” por minimização, reutilização, reciclagem e recuperação de recursos nos sistemas de produção, distribuição e consumo. Para os autores, o CE atua no nível micro, por meio de produtos, empresas e consumidores, no nível meso, através de parques ecoindustriais e no nível macro mediante cidade, região e nação, com o propósito de obter o desenvolvimento sustentável, gerando ao mesmo tempo qualidade ambiental, prosperidade econômica e equidade social, para o favorecimento das gerações atuais e futuras.

O conceito em si se caracteriza, mais enfaticamente do que se define, como uma economia que é essencialmente restaurativa e regenerativa por princípio e possui como objetivo conservar produtos, componentes e recursos em seu mais elevado nível de uso, distinguindo entre ciclos técnicos e biológicos (EMF, 2013).

De uma forma geral, EC é compreendida como um ciclo contínuo de desenvolvimento positivo que mantém e melhora o capital natural, aprimora a produtividade de materiais e reduz riscos sistêmicos, produzindo estoques finitos e fluxos renováveis. Fundamentalmente, a EC funciona em qualquer escala. Esse novo modelo econômico prioriza, em última instância, distinguir o desenvolvimento econômico mundial do consumo de materiais finitos (EMF, 2013).

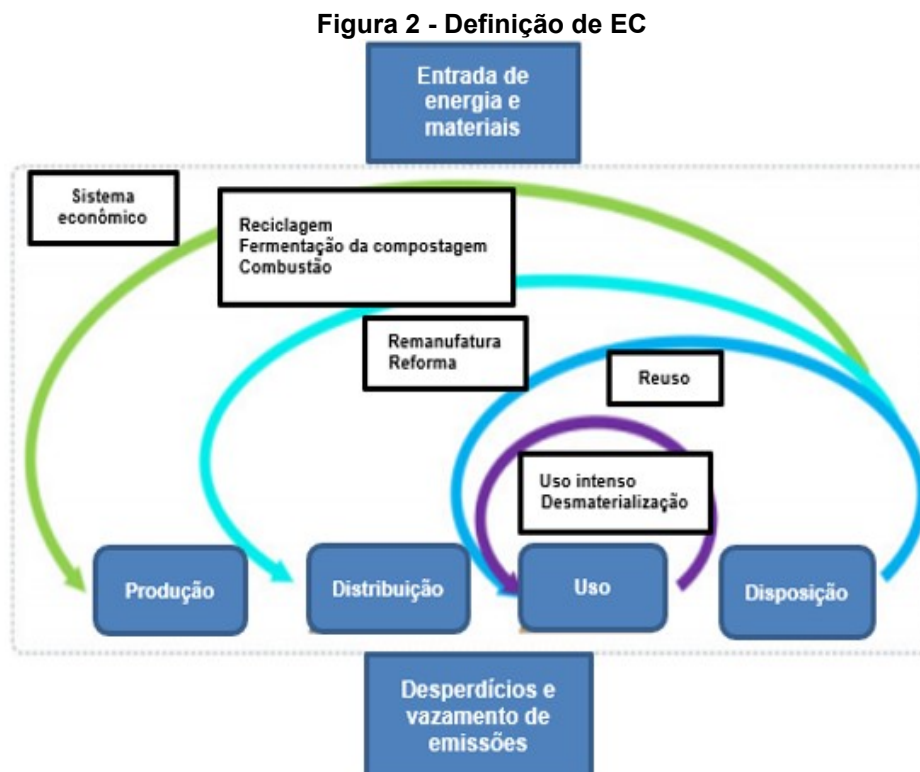
Não há uma definição universal de EC, conforme Geissdoerfer *et al.* (2017), o conceito possui muitas origens que não exprimem um todo essencialmente harmônico. Segundo os autores, com base nas diversas contribuições, é possível definir EC como um sistema regenerativo, no qual a entrada e o desperdício de materiais, a emissão e a vazão de energia são reduzidos pela diminuição da velocidade, fechamento e estreitamento dos circuitos de recursos materiais e energia. Os autores afirmam, ainda, que isso pode ser obtido através de projeto, conservação,

reparação, reutilização, remanufatura, recondicionamento e reciclagem de extensa duração.

Diante disso, a EC pode ser melhor apresentada como um sistema econômico em que os resíduos são impedidos, reduzidos ou mesmo totalmente reutilizados. A circularidade pode, desta forma, ser compreendida como um modelo econômico em que, diante de vários aspectos, os resíduos são reaproveitados de forma contínua (GEISSDOERFER *et al.*, 2017).

Uma EC pode ser definida como um sistema no qual a utilização de recursos é aprimorada, com o propósito de manter o seu valor ao máximo em todo o momento, reduzindo no produto ou serviço oferecido, tanto a entrada de material e energia quanto a saída de produto, subproduto e desperdício (SALVADOR *et al.*, 2021).

Para Geissdoerfer *et al.* (2020), uma EC é um sistema econômico que possui a entrada, o desperdício de recursos materiais, as emissões e os vazamentos de energia reduzidos pela ciclagem de nutrientes, ampliação, intensificação e desmaterialização de materiais e energia. Isso tudo pode ser obtido por meio de compartilhamento de soluções, design de produto de longa duração, manutenção, reparo, reutilização, remanufatura, recondicionamento e reciclagem. A definição de EC é ilustrada na Figura 2:



Fonte: Adaptado de Geissdoerfer *et al.* (2020).

2.2.2 Economia Circular sob a ótica empresarial e ambiental

O desenvolvimento da economia global foi coordenado por um modelo linear de produção e consumo, onde as mercadorias são geradas com matérias-primas virgens, comercializadas, utilizadas e descartadas como resíduos. Mesmo obtendo inúmeros progressos no aumento da eficiência dos recursos, cada sistema cujo propósito seja o consumo, e não a utilização restaurativa de recursos, apresenta perdas substanciais ao longo da cadeia de valor. Somada a isso, a aceleração agilizada das economias de consumo e extração, em torno do século 20, resultou em uma progressão exponencial de externalidades negativas. (EMF, 2015). A criação de um modelo de ciclo fechado de produção e consumo é a ação correta para enfrentar os danos ambientais e sociais ligados à economia linear (DAOU *et al.*, 2020).

O desenvolvimento econômico é um objetivo fundamental que estimula o discurso atual da CE, sobretudo dentro da perspectiva das empresas. A ênfase na reciclagem ou em novas oportunidades como espaços de desenvolvimento econômico somente é contestada quando o consumo pessoal é levantado como uma inquietação. Desta forma, a atuação prática de uma EC, suas percepções e prioridades, também estão submissas às condições necessárias para o crescimento econômico (ALVARADO *et al.*, 2021).

As empresas circulares, apesar de apresentarem a potencialidade de alterar os padrões de produção e consumo prevalecentes, também enfrentam desafios singulares, com substancialmente mais incerteza comparadas com as empresas lineares tradicionais (GARCÍA-QUEVEDO; JOVÉ- LLOPIS; MARTÍNEZ-ROS, 2020).

Atualmente, para Harris, Martin e Diener (2021), há um forte incentivo por parte de empresas, acadêmicos e governos para colocar em prática a EC. Isto se deve ao surgimento de diversos instrumentos de circularidade que mensuram o fluxo de materiais. Entretanto, se a sua implementação é para otimizar o desempenho ambiental da sociedade, a atuação deve ser amparada em confirmações científicas e quantificação ou, do contrário, pode-se correr o risco da circularidade não obter um efeito satisfatório.

A EC, como enfatizam Jäger e Piscicelli (2021), é largamente reconhecida como uma solução para a produção atual, uso e descarte de embalagens plásticas de alimentos, mais comumente através de reciclagem ou reutilização. Apesar do conceito de embalagem circular de alimentos ser adotado recentemente por ações políticas e

industriais, sua atuação continua limitada em função da necessidade de elevado grau de cooperação entre as cadeias estratégicas.

Ao entender os papéis fundamentais em uma EC, essencialmente para embalagens de alimentos reutilizáveis e recicláveis, as empresas precisam reconhecer e otimizar suas próprias aptidões enquanto são interadas sobre os parceiros (adicionais) necessários para produzir embalagens de alimentos circulares (JÄGER; PISCICELLI, 2021).

Os recursos materiais na EC podem ser caracterizados como materiais biológicos ou materiais técnicos. Os materiais biológicos são utilizados para produzir os denominados produtos de consumo, que são consumidos no decorrer do uso, tais como alimentos, sabonete ou xampu. Eles são produzidos para proporcionar a segurança para a saúde humana e o meio ambiente e, dessa forma, possibilitam o retorno ao ciclo biológico natural (VELVIZHI *et al.*, 2020).

Os materiais técnicos são utilizados para a fabricação de produtos de serviço, como: computadores, telefones, máquinas de lavar roupa, carro e outros. Como não se renovam e diversas vezes são perigosos para a saúde humana e o meio ambiente, eles são conservados dentro do ciclo técnico industrial, onde serão utilizados para a geração de novos produtos (VELVIZHI *et al.*, 2020).

É substancialmente necessária a distinção entre as várias atividades da EC, conforme García-Quevedo, Jové-Llopis e Martínez-Ros (2020), apesar do discernimento das barreiras que diferenciam consideravelmente essas atividades. Diante do exposto, as empresas que atuam em uma inovação disruptiva, replanejando bens e serviços para reduzir a utilização de materiais, apresentam maior probabilidade de perceber todas as barreiras essenciais.

As empresas que executam as atividades de minimização do desperdício, de reprogramação da utilização de energia para reduzir o consumo e o uso de energia renovável, distinguem somente os obstáculos pertinentes aos procedimentos administrativos e regulamentares (GARCÍA-QUEVEDO; JOVÉ- LLOPIS; MARTÍNEZ-ROS, 2020).

Existe uma série de atribuições políticas sobre as formas em que os principais obstáculos podem ser superados, no decorrer das ações de EC das pequenas e médias empresas (PMEs). A princípio, os formuladores de políticas necessitam compreender melhor os obstáculos complexos enfrentados pelas PMEs, reconhecendo os aspectos que prejudicam ou retardam as atividades de EC, com o

propósito de projetar mecanismos necessários para enfrentar esta situação. A mudança para o CE precisa de um conjunto complexo de mecanismos administrativos e jurídicos, em consequência da legislação ambiental que cada vez mais reivindica que as PME empenhem recursos financeiros e excesso de tempo para solucioná-los (GARCÍA-QUEVEDO; JOVÉ-LLOPIS; MARTÍNEZ-ROS, 2020).

Uma EC tem a finalidade de inserir e reutilizar os recursos naturais da melhor forma possível nos mais variados elos do processo produtivo, a saber: desde a retirada da matéria-prima da natureza até o momento de consumo. Os recursos provenientes do meio ambiente apresentam risco de escassez em função do aumento da população e da prosperidade mundial, o que torna urgente utilizar de maneira eficiente as matérias-primas existentes e disponíveis. Com isso, há geração de novas oportunidades empresariais, expansão de novos mercados, aumento da cooperação e redução de consumo dos recursos naturais (PBL, 2016).

2.2.3 Economia Circular sob a ótica social e ambiental

É bastante provável que as ações prejudiciais ao meio ambiente evoluam consideravelmente, levando-se em conta que a dimensão da classe média global deve mais do que duplicar até 2030, em torno de 5 bilhões de pessoas. Atuar pela eficiência como solução - uma minimização do consumo de recursos materiais e combustíveis fósseis por proporção de rendimento econômico - não mudará a natureza finita das reservas de recursos e só prorrogará o inevitável. Diversos aspectos indicam que o modelo linear está passando por um desafio cada vez mais elevado da própria conjuntura no qual opera e que é preciso uma transformação mais efetiva do modelo operacional da economia atual (EMF, 2015).

Existe uma fundamental necessidade de que os cidadãos mudem os seus processos de consumo, reflitam suas necessidades e valores, adquiram mais conhecimentos e novas competências. Dentro de uma ótica política, é essencial compreender essas alterações e como as pessoas desenvolvem conhecimentos sobre a importância da EC. Essas percepções tornar-se-ão fortes alicerces para a viabilização do projeto, tendo em vista uma disposição correta e eficiente para a implementação da EC em todo o mundo, tornando-se uma prática comum (COMISSÃO EUROPEIA, 2020).

Na CE, os recursos naturais são utilizados de maneira ideal. Sendo assim, eles são sempre utilizados dentro de um critério de maior valor e o mínimo de prejuízo

ao meio ambiente. O foco é o reaproveitamento de produtos e matérias-primas, os resíduos e poluições de solo, água e ar são reduzidos ou eliminados dentro de um ciclo fechado. A passagem de uma Economia Linear para uma CE requer uma alteração ou transição do sistema, com uma mudança na forma de pensar sobre produtos (PBL, 2016).

Uma CE estabelece uma transição na maneira de geração e produção do produto, na forma em que o processo utiliza as matérias-primas e procura a solução dos problemas efetivos, assim como os conflitos existentes entre a sustentabilidade ambiental e no crescimento econômico. Os autores afirmam que isso possibilita e interliga o modelo sustentável aos avanços tecnológicos e também ao moderno comércio mundial, diminuindo o impacto negativo causado pelas pessoas sobre o ambiente (COSENZA; ANDRADE; ASSUNÇÃO, 2020).

Uma escala mais alta de circularidade de materiais inserida em uma cadeia produtiva, significa que esses materiais ficam na cadeia por um tempo mais longo e podem ser reaplicados novamente, preferencialmente conservando sua qualidade original. Inicialmente, como resultado disso, são necessários menos recursos para a produção de novos materiais e para a sua utilização subsequente (POTTING *et al.*, 2017).

Direcionados pelos fundamentos da EC, os progressos tecnológicos possibilitam a criação de oportunidades sociais ainda mais elevadas. A tecnologia da informação e as tecnologias industriais atualmente se tornam online ou são utilizadas em larga escala, o que permite a geração da inserção de negócios da EC que anteriormente não eram concebíveis. Esses avanços aumentam a eficiência à cooperação e à disseminação do conhecimento, proporcionam o rastreamento eficaz dos recursos, otimizam os aspectos logísticos e de logística reversa e ampliam a utilização de energias renováveis (EMF, 2015).

Geralmente, há diversas estratégias de circularidade com o propósito de minimizar o consumo de recursos naturais e materiais e reduzir a geração de resíduos. Elas podem ser utilizadas por grau de prioridade conforme sua escala de circularidade. Um exemplo de estratégia circular é a produção e consumo mais inteligentes que dentro de uma visão de compartilhamento de produto, são normalmente preferidos ao invés de ampliar a vida útil dos produtos. Isso se justifica porque o produto pode ser utilizado por um maior número de usuários atendidos,

sendo aplicada a estratégia com alta circularidade, como regra geral, com mais circularidade mais benefícios ambientais (POTTING *et al.*, 2017).

2.3 Modelo de negócio

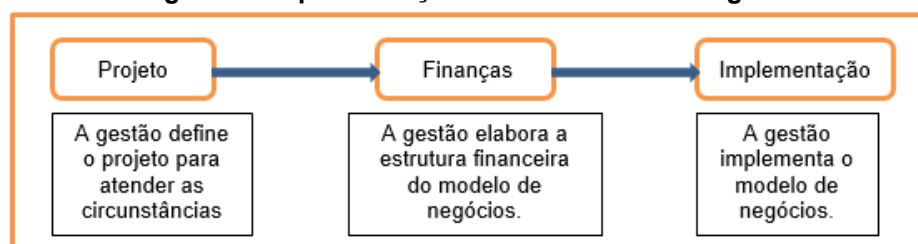
Quando uma organização se consolida em um mercado, de maneira formal ou informal, ela faz uso de um MN, que demonstra como a criação, a entrega e captura de valor são elaboradas. Diante disso, o fundamento de um MN está relacionado com a forma pela qual a empresa acrescenta valor aos clientes, incentiva os mesmos para pagar o valor definido e transforma esses pagamentos em lucro (TEECE, 2010).

Um MN, segundo Osterwalder (2004), é uma ferramenta que engloba um conjunto de elementos e suas conexões e que permite tornar clara a lógica de uma determinada empresa. É uma declaração de valores que uma organização proporciona para alguns ou diversos segmentos de clientes, para a criação da empresa e sua rede de parceiros estratégicos.

O MN é uma interpretação compactada e agregada das atividades importantes de uma empresa. Realiza a descrição detalhada da forma como as informações, produtos e serviços passíveis de comercialização são produzidos a partir do componente de valor agregado de uma organização (WIRTZ *et al.*, 2016). Os MNs aprimoram a gestão da lógica de negócios da organização. Eles melhoram o design, planejamento, transição e execução da empresa (OSTERWALDER; PIGNEUR; TUCCI, 2005).

Muitos autores escrevem a respeito de MNs bem-sucedidos. No entanto, um MN não pode obter sucesso somente por si. Um MN bem elaborado pode ser administrado de forma falha e fracassar; por outro lado, um MN com pequenas deficiências pode obter sucesso em função das habilidades de gestão e implementação (OSTERWALDER; PIGNEUR; TUCCI, 2005). A Figura 3 ilustra a forma em que ocorre a implementação de um MN.

Figura 3 - Implementação de um modelo de negócio



Fonte: Adaptado de Osterwalder (2004).

O conceito de MN, segundo Wirtz *et al.* (2016), obteve destaque e repercussão global, tanto para o alcance de sucesso competitivo da empresa quanto na área de ciência da gestão. Ressaltam, também, que o MN tem sido retomado frequentemente no cenário da tecnologia da informação e, principalmente, usado em modelagem de negócios, por meio de modelos de processos, sendo reconhecido como um conceito teórico, que é definido e apresentado com os seus componentes.

Um MN é considerado uma ferramenta conceitual que apresenta um agrupamento de objetos, conceitos e suas conexões com o propósito de manifestar a lógica de negócios de uma empresa. Entretanto, deve-se levar em conta as condições que possibilitam a demonstração de qual valor é oferecido aos clientes, a maneira como é feita e os resultados financeiros obtidos na transação (OSTERWALDER; PIGNEUR; TUCCI, 2005).

Em outros termos, para os MNs é essencial identificar os elementos e relacionamentos que por si só descrevem o negócio que uma empresa realiza. Diante disso, conseqüentemente, o conceito de MN pode ser melhor compreendido como uma visão conceitual de um aspecto singular de determinada empresa (OSTERWALDER; PIGNEUR; TUCCI, 2005).

O MN, conforme enfatizam Wirtz *et al.* (2016), continua a ser considerado essencialmente como uma operação para modelagem de sistemas e é caracterizado de acordo com as suas funções. O MN obteve maior relevância com o avanço do desenvolvimento tecnológico e a criação de negócios eletrônicos. A partir disso, o MN deixou de ser considerado somente como um plano operacional para a geração de um sistema de informação apropriado, mas progrediu para uma representação e integração da organização da empresa, de maneira a auxiliar para o êxito da gestão durante o processo de tomada de decisão.

Os MNs manifestam a lógica da forma em que uma empresa cria, entrega e retém valor (OSTERWALDER; PIGNEUR, 2011). De uma forma geral, o processo de desenvolvimento de um MN é particular de cada organização, onde cada gestor se depara com seus próprios desafios, obstáculos e aspectos críticos de sucesso, sendo assim, cada empresa dará início a criação do seu modelo mediante a lógica, contexto e objetivos próprios (OSTERWALDER; PIGNEUR, 2011).

Teece (2010) salienta que para elaborar um MN é preciso determinar os seguintes aspectos: tecnologias e recursos que serão inseridos no produto, os benefícios estabelecidos para o cliente ao consumir/utilizar o produto, os mecanismos

projetados para captura de valor, as fontes de receitas acessíveis e os segmentos de mercado que serão atingidos.

De forma sucinta, conforme Wirtz *et al.* (2016), é possível afirmar que a definição de um MN precisa ressaltar de forma clara a percepção dos componentes, sem negligenciar as referências de negócios, o esclarecimento de processos característicos da empresa e a estrutura da organização. Os autores salientam que, no que se refere à tarefa de conteúdo de um MN (o que especificamente necessita cumprir ou processar), as definições se evidenciam na ocorrência da explicação agregada e simplificada das atividades essenciais da empresa.

O MN representa uma estrutura conceitual, com a finalidade de organizar a geração de valor de uma determinada empresa e assegurar sua rentabilidade. Diante disso, os aspectos internos e externos precisam ser levados em conta para retratar uma imagem holística. Além dos resultados gerais da estratégia empresarial, devem ser considerados os fatores externos por meio dos clientes e o mercado e, os fatores internos, mediante as condições de prestação do serviço/criação de valor (WIRTZ *et al.*, 2016).

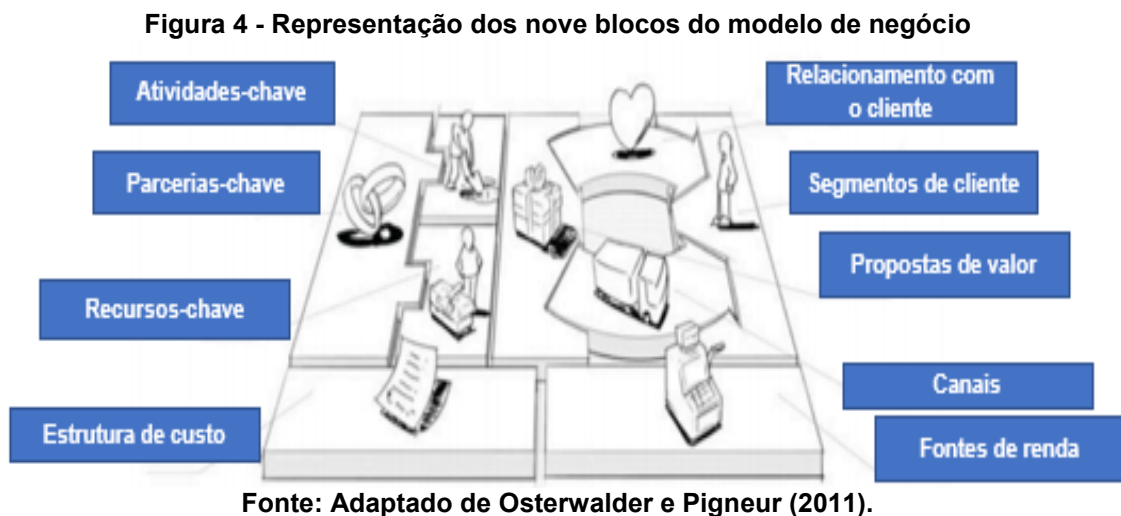
Os MNs, de acordo com Donner e De Vries (2021), são determinados a inovar utilizando novas abordagens com o propósito de fechar loops materiais e fazer a transição para uma EC. Segundo os autores, essas novas configurações precisam abranger inovações organizacionais e tecnológicas para lidar com a dificuldade crescente de utilizar diversos recursos e necessidades sustentáveis.

A inovação, conforme Antikainen e Valkokari (2016), de uma forma geral é fracionada ou incremental, transformadora, essencial em todo o sistema de um MN. As inovações em todo o sistema somente podem ocorrer simultaneamente com inovações complementares pertinentes, em outros termos, essas inovações não são independentes. Salientam, ainda, que a inserção de somente uma inovação pode ocasionar em uma inovação sistêmica se produzir ou impor mudanças em uma ou mais áreas de um sistema.

O MN precisa abordar as inovações do próprio conceito de negócio, inserindo inovações tecnológicas e organizacionais profundas, nas quais emergem o relacionamento entre o desenvolvimento de novas tecnologias, a alteração nos negócios e novas maneiras de cooperação (DONNER; DE VRIES, 2021).

2.3.1 Ferramenta Canvas

Estruturada em nove blocos do MN e denominada Canvas, os autores expandiram a visualização, desenvolvendo uma ferramenta com fácil interpretação para descrever, observar, avaliar e alterar modelos de negócios (OSTERWALDER; PIGNEUR, 2011). A Figura 4 retrata um esquema conceitual, que descreve um cenário, no qual é permitido visualizar as possíveis interações entre as áreas e entender facilmente as conexões e as trocas existentes.

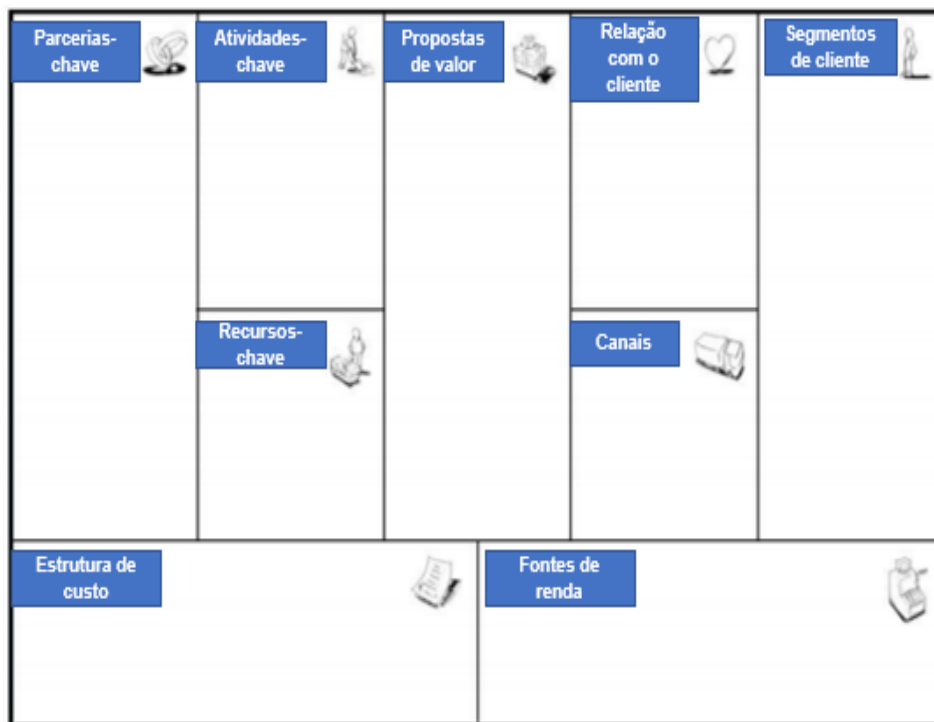


Os autores, Osterwalder e Pigneur (2011), criaram uma ferramenta para facilitar o entendimento, denominada “O Quadro”. A ferramenta separa as áreas mais importantes de um negócio em nove componentes: Proposta de Valor, Segmento de Clientes, Canais, Relacionamento com Clientes, Fontes de Receitas, Recursos Principais, Atividades Principais, Parcerias Principais e Estrutura de Custos. Em cada um dos nove blocos estão inseridas uma ou mais áreas da empresa, permitindo, de uma maneira visual, observar as conexões entre os blocos e, conseqüentemente, a ação de cada um deles objetivando a entrega de valor para o cliente.

A ferramenta refere-se a um mapa visual que orienta e auxilia a empresa no desenvolvimento de uma estratégia organizacional. A forma em que estes elementos estão apresentados possibilita que o Canvas seja separado em duas partes: no lado esquerdo, localiza-se o emocional, tratando aspectos sobre relacionamento e interação entre os envolvidos e, no lado direito, a parte lógico/racional, cujo alvo se concentra na eficiência do processo. A proposição de valor localiza-se ao centro, que retrata a razão para qual cada lado se desenvolve (OSTERWALDER; PIGNEUR, 2011).

No que se refere ao processo de construção de um Canvas, Osterwalder; Pigneur (2011) recomendam que o Canvas seja utilizado de forma impressa e as ideias elaboradas por meio de post-its, possibilitando, dessa maneira que muitas pessoas consigam discutir conjuntamente os elementos do canvas. Segundo os autores, a utilização do post-it é para permitir que o processo torne-se dinâmico e flexível, podendo alterar as propostas e ideias com agilidade e praticidade. Para os autores, o processo de criação de um MN é o ponto de partida para uma empresa, no entanto, pode-se caracterizar o método ajustando-o a sua realidade. A Figura 5 retrata o Canvas, sendo, portanto, um mapa visual para a geração, alteração, compreensão e inovação de MN.

Figura 5 - Ferramenta Canvas



Fonte: Adaptado de Osterwalder e Pigneur (2011).

2.3.2 Modelos de negócios circulares

A abordagem estratégica da circularidade requer alterações na forma como as empresas criam valor, compreendem e fazem negócios. As empresas são impulsionadas a realizar interações dentro de um ecossistema, passando de uma lógica operacional focada na organização para uma centrada na rede. Essa mudança necessita repensar seus MNs existentes, com o propósito de permitir uma separação entre a geração de valor e o consumo de materiais (BOCKEN *et al.*, 2016).

Um MNC, de acordo com Schaltegger, Hansen e Ludeke-Freund (2016), auxilia a descrição, análise, gerenciamento e comunicação, baseado nos seguintes aspectos: (i) a proposta de valor sustentável de uma organização, direcionada aos seus clientes e às outras partes interessadas, (ii) como a empresa produz e entrega esse valor, (iii) e como retém a economia de valor, assegurando ou regenerando o capital ambiental, social e econômico acima dos seus limites organizacionais. A utilização generalizada de modelos de negócios sustentáveis e circulares é imprescindível para agilizar a mudança para uma sociedade mais sustentável (SANTA-MARIA; VERMEULEN; BAUMGARTNER, 2021).

Um MNC é um MN que busca estabilizar sistemas que apresentam estados naturalmente regenerativos, que detenham o valor dos recursos em seu nível mais elevado onde e quando possível, e minimizem ou eliminem a vazão de recursos, reduzindo, estreitando ou fechando os ciclos dos recursos naturais (SALVADOR *et al.*, 2020). Mentink (2014) realiza uma definição de um MNC como a forma de pensar de uma organização que produz, entrega e retém valor nos loops materiais fechados.

Os MNCs podem ser compreendidos como um MN onde a lógica conceitual para a geração de valor é estruturada no uso do valor econômico aplicado nos produtos (LINDER; WILLIANDER, 2017). MNCs, no entanto, podem permitir formas economicamente viáveis de reaproveitar continuamente produtos e recursos materiais utilizando, sempre que possível, os recursos renováveis (BOCKEN *et al.*, 2016).

Modelos de negócios sustentáveis e circulares estão profundamente relacionados e podem ser definidos como uma subcategoria dos MNs (ANTIKAINEN; VALKOKARI, 2016). Ligar a ideia de uma EC com a lógica do MN não é uma tarefa fácil. A EC requer uma mudança de foco em um único MN para o reconhecimento de diversos MNs que se complementam e que, uma vez combinados, geram valor para os negócios e a sociedade a partir da utilização prolongada de produtos e recursos materiais. A potencialidade real da EC pode estar na combinação de MN durante o ciclo de vida do produto (PEDERSEN; EARLEY; ANDERSEN, 2019).

Um MNC, conforme salientam Upadhyay *et al.* (2019), tem o propósito de gerar recursos infinitos por meio de recursos finitos, além de favorecer o desenvolvimento de recursos de qualidade, obter produto otimizado, descobrir novas oportunidades de mercado e possibilitar grande vantagem competitiva. Afirmam que a ação em direção à sustentabilidade não é viável sem a utilização do MNC e isso requer a mudança geral dos processos de negócios e da dinâmica de trabalho.

Um MNC possibilita que uma percepção completa de como todos os setores funcionais da organização podem se juntar para gerar uma proposta de valor específica. O principal benefício de um MNC é permitir à empresa criar uma solução sustentável que auxilie a minimizar os desperdícios de recursos. Um MNC também torna possível que a organização atenda favoravelmente ao apelo de grupos de coação e ativistas sociais, sendo mais socialmente responsável e, simultaneamente, vai ao encontro das perspectivas dos demais stakeholders (UPADHYAY *et al.*, 2019).

No momento, a maior parte das ferramentas e métodos referentes aos MNCs necessitam de ao menos alguns aspectos identificados e imprescindíveis para MNCs inovadores (ANTIKAINEN; VALKOKARI, 2016). Existe um desafio relativo a um ambiente cada vez mais sustentável: a transição de um modelo de economia linear para o circular. Para tal, necessita do desenvolvimento e aplicação de conhecimentos em inovações, tecnologias apropriadas, sistemas, processos, produtos e serviços sustentáveis (SEGURA *et al.*, 2020). E a aplicação dos princípios da EC faz com que seja acionada uma cadeia de valor.

2.3.3 Modelos de negócios e a estratégia

Com a implementação de MNCs, as organizações podem reagir de forma mais ágil às alterações no ambiente de negócios. O MNC aprimora o posicionamento da estratégia, organização empresarial e tecnologia (OSTERWALDER; PIGNEUR; TUCCI, 2005). Estratégia e MNC, embora conectados, são conceitos distintos: um MNC é o resultante direto da estratégia, no entanto, não é a estratégia. O MNC possibilita, portanto, ser compreendido como uma ligação entre o planejamento futuro (estratégia) e a implementação da operação (gestão de processos) (WIRTZ *et al.*, 2016).

Um MNC pode ser considerado como uma forma de estratégia genérica direcionada para o alcance da sustentabilidade na modelagem de negócios (GEISSDOERFER *et al.*, 2018). Uma estratégia ambiental adequada precisa ter um impacto profundo na maneira como os gestores tomam decisões para melhorar seu desempenho ambiental (JASSEM; AZMI; ZAKARIA, 2018). De acordo com Teece (2010), é necessário o alinhamento entre a estratégia organizacional e a análise do MNC para proteger a vantagem competitiva e criar valor nos negócios.

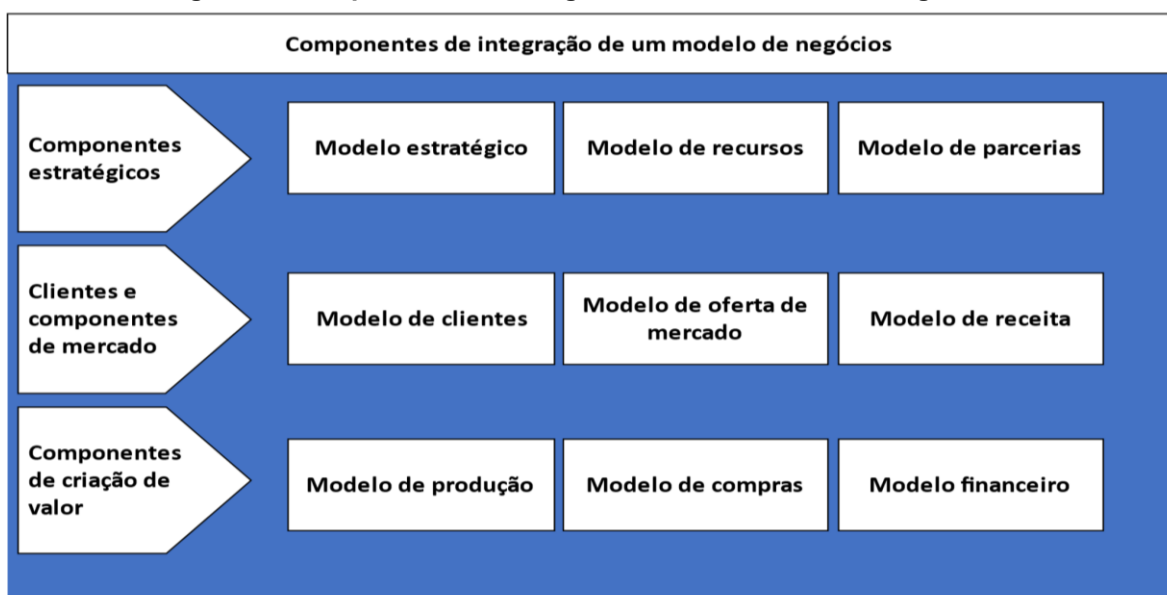
É imprescindível a existência de diretrizes estratégicas claras sobre a forma em que as empresas atuais e novas podem gerar iniciativas de MNC. A princípio duas opções estratégicas críticas: a estratégia de inovação e a estratégia de recursos. Para

a abordagem da estratégia de inovação, as empresas necessitam escolher o quanto devem aprimorar a circularidade em seus modelos de negócios por processos internos conduzidos pela empresa, por meio de processos colaborativos com partes interessadas externas ou, até mesmo, por ambos. Para a estratégia de recursos, as organizações necessitam determinar que tipo de circularidade irão buscar: estreitar, desacelerar ou encerrar os loops de recursos (BOCKEN *et al.*, 2016).

Além da estrutura de geração de valor, Wirtz *et al.* (2016) salientam que os MNs são considerados componentes estratégicos e, também, elemento integrante de clientes e de mercado, com o propósito de atingir o objetivo superior de produzir, e por assim dizer, obter a vantagem competitiva. Conforme os autores, para cumprir este último propósito, um MN atual deve ser sempre considerado criticamente uma perspectiva dinâmica, portanto, dentro da consciência de que pode haver necessidade de evolução do MN ou inovação, devido a mudanças internas ou externas ao longo do tempo.

Os componentes estratégicos são classificados em modelo de estratégia, modelo de recursos e modelo de rede. Os componentes do cliente e do mercado permitem, por sua vez, ser caracterizados em modelos de cliente, modelo de mercado e modelo de receita. Finalmente, na geração de valor estão inseridos: o modelo de manufatura, o modelo de compras e o modelo financeiro. A Figura 6 retrata como se interrelacionam os componentes estratégicos (WIRTZ *et al.*, 2016).

Figura 6 - Componentes de integração de um modelo de negócios



Fonte: Adaptado de Wirtz *et al.* (2016).

2.4 Gestão estratégica

No atual mercado global competitivo, devido às alterações impactantes em todo o mundo, as organizações empresariais necessitam competir fortemente com seus concorrentes do mesmo território nacional e internacional. Essa intensa pressão global muda frequentemente os processos operacionais da indústria e por este motivo, as estratégias tradicionais das indústrias, conseqüentemente, vão se tornando pouco eficazes. Devido a este fato, a utilização de estratégias é imperativa para a sobrevivência de todas as empresas com finalidades lucrativas (AGYAPONG; ELLIS; DOMEHER, 2016)

A gestão deve analisar a situação pela qual a empresa se encontra inserida e traçar estratégias. Para isso, é imprescindível obter conhecimento do grau e quais capacidades empresariais de que a organização é dotada (AGYAPONG; ELLIS; DOMEHER, 2016). Mensurar o sucesso da empresa e implementar estratégias eficazes para o êxito futuro são desafios frequentes para gerentes, pesquisadores e consultores. Apesar dos instrumentos financeiros serem claramente importantes, novos mecanismos surgiram nos últimos anos com uma gama mais abrangente de medidas e operacionalizações (ALSHARARI; EID; ASSIRI, 2019).

Diante disso, as indústrias e empresas são estimuladas a gerar as competências essenciais por meio da utilização de práticas de qualidade acrescidas de boa relação custo-benefício, com implementação de preços competitivos, excelência no marketing da internet, uso de estratégia confiável, geração de novas ideias, potencialidade na criatividade e inovações de produto, acompanhamento do comportamento do comprador e o foco na obtenção da satisfação do cliente (HOLE; PAWAR; BRASKAR, 2019).

Na atuação constante dos mercados, recursos e técnicas, assim como a forma como eles são combinados, determinam diferenças entre as empresas e, portanto, permitem que as empresas ofereçam produtos e serviços de uma maneira que outras não podem fazer, fazendo com que se destaquem pela singularidade do que ofertam aos clientes (AGYAPONG; ELLIS; DOMEHER, 2016).

2.4.1 Estratégias competitivas

No mercado dinâmico e atuante de hoje, a forma como as empresas determinam suas posições e conquistam vantagens competitivas é um

questionamento relevante para profissionais e teóricos (SUN; LEE, 2019). De acordo com Porter (2001), a atuação da organização está relacionada à intensidade da competição de mercado, levando em consideração que, quanto mais intensa é a competição, conseqüentemente o desempenho financeiro é menor, porque as empresas diminuem seus recursos ocupando-se com as forças competitivas. Para o autor, se uma empresa detém uma vantagem competitiva, ela pode ter ações defensivas ou ofensivas para se posicionar favoravelmente dentro da impactante condição competitiva.

A estratégia competitiva está essencialmente focada nos padrões de decisões que os gestores de empresas tomam a respeito dos mercados com os quais precisam competir e como o negócio pode adquirir mais valor para os clientes a fim de ampliar a competitividade (AGYAPONG; ELLIS; DOMEHER, 2016). As empresas que procuram uma estratégia direcionada na eficiência precisam ter a capacidade de ampliar sua participação no mercado estruturada, em uma estratégia de baixo custo perante seus concorrentes (SUN; LEE, 2019).

A estrutura da estratégia determina como o alinhamento é obtido no que diz respeito à competitividade da organização (PORTER, 2001). A estratégia orienta como as empresas exploram as oportunidades em sua área de atuação, sendo que por outro lado, sem uma estratégia competitiva, os negócios inevitavelmente fracassarão (AL-ABDALLAH; FRASER; ALBARQ, 2021). A implementação de uma estratégia eficaz certamente se consolidou como fonte de vantagem competitiva (PORTER, 2001).

Mensurar o desempenho de empresas semelhantes tem sido um constante desafio na área da gestão de negócios, apesar da concordância generalizada de que as organizações necessitam possuir métricas holísticas confiáveis para medir a situação das empresas. As empresas utilizam uma série de medidas de desempenho financeiro e não financeiro que são frequentes em seus campos industriais (AL-ABDALLAH; FRASER; ALBARQ, 2021). As indústrias para se manterem competitivas fazem uso de estratégias com o propósito de melhorar seu desempenho operacional (SUN; LEE, 2019).

As empresas podem obter vantagens competitivas ao utilizar estratégias direcionadas para a eficiência e/ou para a diferenciação. Para Porter (2001), é complexo medir o desempenho de uma empresa essencialmente em função das diferenças no poder de barganha do comprador e do fornecedor, na potencialidade

dos novos participantes e ameaça de substituição dos produtos. Dessa forma, as empresas que procuram uma estratégia direcionada para a diferenciação podem adquirir vantagens competitivas ao ofertar produtos ou serviços com exclusividade e pelos quais os clientes estão propensos a pagar preços elevados.

O foco da gestão estratégica voltada para a sustentabilidade é adquirir compatibilidade entre a fonte de vantagem competitiva e o tipo de estratégia competitiva da organização. As iniciativas de sustentabilidade que elevam a vantagem de custo de uma empresa são mais compatíveis com uma estratégia de liderança de custo. Diante disso, uma empresa pode receber um impacto favorável no seu desempenho financeiro por meio de iniciativas de sustentabilidade que estão em conformidade com sua estratégia competitiva (CAVALERI; SHABANA, 2018).

2.4.2 Estratégia de sustentabilidade e circularidade

A inovação estratégica, como enfatizam Cavaleri e Shabana (2018), pode ter um poder transformador que possibilite às empresas aprimorar sua sustentabilidade e desempenho econômico. Considera-se que os maiores desafios pertencentes à sustentabilidade são de origem estratégica e não de natureza técnica. Segundo os autores, quando as empresas utilizam técnicas de sustentabilidade que não são estreitamente alinhadas com sua estratégia de negócios, isso pode impedir sua capacidade de gerar e manter vantagem competitiva.

Uma iniciativa de sustentabilidade apresenta um resultado positivo no desempenho financeiro da empresa no momento em que sua fonte de competitividade é fortemente alinhada com a estratégia da empresa. Entretanto, quando sua fonte de competitividade não permanece afinada com a estratégia da empresa, a iniciativa de sustentabilidade gera um efeito negativo no desempenho financeiro da empresa (CAVALERI; SHABANA, 2018).

A alteração do paradigma de uma economia linear para uma economia circular, conforme Viles *et al.* (2020), requer a determinação de uma nova estratégia de sistemas de produção, cujos processos circulares e eficientes estejam voltados para a qualidade e produtividade. Os autores afirmam que é necessária uma percepção holística ao implementar estratégias de EC. Na realidade, todas as variáveis inseridas no processo precisam ser levadas em conta, ao invés de focar a análise em somente uma variável isolada.

Em uma abordagem circular, como enfatizam Kristensen, Mosgaard e Remmen (2021), a característica comum é uma transição de estratégias essencialmente da EC para um arranjo de todas as estratégias de estreitamento, encerramento, desaceleração, regeneração e informação, em que os círculos localizados no interior da EC sejam cada vez mais importantes. Para os autores, a alteração do foco intraorganizacional para cooperações e cadeias interorganizacionais devem reproduzir o ambiente e a sociedade em que a empresa atua.

Integralizar a EC no Sistema de Gestão Ambiental (SGA) pode proporcionar às organizações uma estratégia ordenada para administrar iniciativas da EC e auxiliar a agregação dessas iniciativas na empresa, na cadeia de valor, assim como em parcerias e redes. Com o propósito de realizar isso, ferramentas e recursos físicos e virtuais são imprescindíveis na organização e balizar esses recursos é uma atribuição para o SGA circular (KRISTENSEN; MOSGAARD; REMMEN, 2021).

A partir disso, conforme Kristensen, Mosgaard e Remmen (2021), é necessário o levantamento de metas quantitativas ou rígidas para a realização de estratégias da EC importantes no contexto de cada empresa. Segundo os autores, as organizações do agrupamento de foco, no entanto, percebem as vantagens de possuir uma abordagem de estrutura para EC mediante o SGA e reconhecem os benefícios de uma nova percepção em seu SGA com a utilização da integralização da EC.

2.4.3 Ferramentas estratégicas

A ferramenta SWOT foi criada por Albert Humphrey para levantar as razões pelas quais os planejamentos organizacionais fracassavam. Ele usou um método de caracterização de quatro tipos de informação, separados em quadrantes. Esta ferramenta foi nominada de SWOT, como um acrônimo dos termos em inglês *Strengths, Weakness, Opportunities, Threatens*, que quer dizer: S para pontos Fortes, W pontos Fracos, O para as Oportunidades e T direcionado para as Ameaças. Na tradução para português, este acrônimo é denominado de FOFA: Fortalezas ou Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças. O foco da ferramenta SWOT está relacionado com os fatores de sucesso tidos como chave ou críticos para a organização em análise (BERNROIDER, 2002)

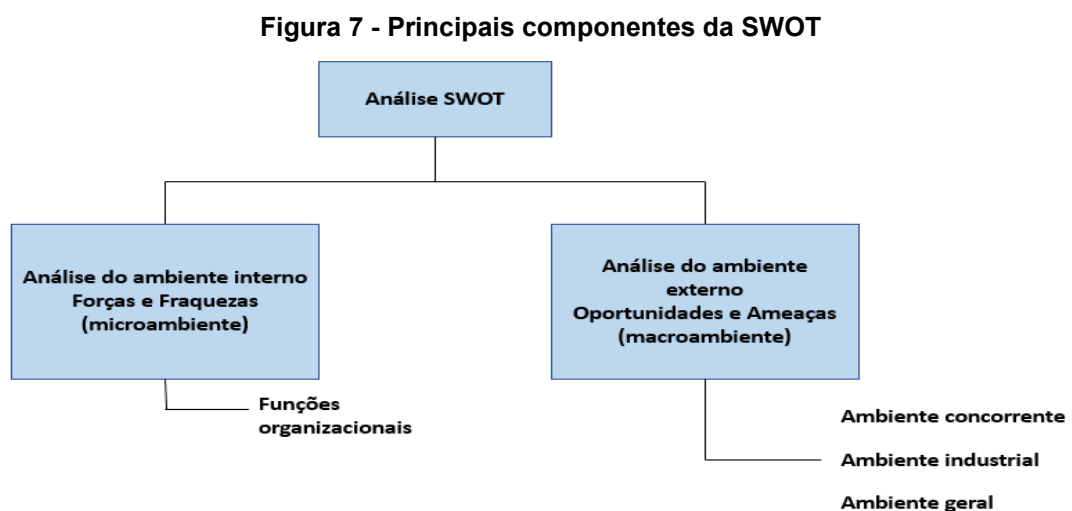
Várias empresas estão utilizando a análise SWOT como etapa do processo de planejamento estratégico para reconhecer os pontos fortes, fracos, oportunidades

e ameaças da organização anterior ao prosseguimento na elaboração de uma estratégia corporativa (BERNROIDER, 2002).

A análise SWOT é utilizada para proporcionar uma avaliação real da situação. A etapa inicial da análise total da gestão estratégica, que vem a ser a análise da matriz SWOT, realizada com o auxílio da matriz interna e externa, consiste em localizar os principais fatores estratégicos. A matriz é um instrumento de gestão estratégica para a realização da análise ou avaliação dos pontos fortes e fracos essenciais na área selecionada e o método é utilizado para avaliação das situações atuais (OMMANI, 2011).

Uma análise SWOT, como destacam Sammut-Bennici e Galea (2014), possibilita avaliar internamente os pontos fortes e fracos internos e as oportunidades e ameaças externas localizadas no ambiente organizacional. Os autores afirmam que a análise interna descreve os recursos, as capacidades, assim como as competências essenciais e vantagens competitivas, fazendo uso de uma abordagem funcional para conferir finança e orçamento, gerenciamento, infraestrutura, compras, processo produtivo, distribuição, marketing, aspectos de reputação e inovação.

A análise interna é criteriosa para localizar a fonte de vantagem competitiva e identificar os recursos que necessitam ser desenvolvidos para manter-se competitiva. A análise externa reconhece as oportunidades e ameaças de mercado analisando o ambiente da concorrência, os recursos e funções de cada empresa rival, o ambiente da indústria e o ambiente geral (SAMMUT-BENNICI; GALEA, 2014). A Figura 7 ilustra os componentes da ferramenta SWOT:




Fonte: Adaptado de Sammut-Bennici e Galea (2014).

O desempenho de uma organização pode ser entendido pela forma como são administrados e utilizados os seus recursos disponíveis. Conforme Barney (1991), na Visão Baseada em Recursos (VBR), os recursos organizacionais são todos os ativos, as capacidades, os processos, as virtudes, as informações e os conhecimentos monitorados pela empresa. Para Bhandari, Ranta e Salo (2022), a VBR foca nas forças e fraquezas da organização, ao contrário do modelo ambiental externo de vantagem competitiva, onde a concentração está localizada nas oportunidades e ameaças.

Os recursos, em conjunto e integrados, possibilitam criar e adotar as estratégias da empresa para melhorar seu posicionamento, transfere valor para o mercado, ao mesmo tempo que fortalece sua vantagem competitiva. Existem relações entre os recursos de uma empresa e a produção de vantagens competitivas sustentáveis por meio do valor (V), raridade (R), imitabilidade imperfeita (I) e substituíbilidade (S) que formam o conceito de VRIS, sendo, portanto, uma das bases da VBR (BARNEY, 1991).

O recurso substituíbilidade (S) no conceito VRIS foi substituído por organização (O), alterando a conceituação para VRIO. Como justificativa da mudança para organização centra-se no fato de que, apesar de obter recursos e capacidades valiosos, raros e de difícil imitação, para potencializar a geração de vantagem competitiva, a empresa precisa organizar-se de forma que possa explorar eficazmente todos os seus recursos. A vantagem competitiva sustentável é estabelecida no momento em que os concorrentes da organização não conseguem imitar seus recursos e a empresa cria uma linha de defesa em relação às suas rivais (BARNEY; CLARK, 2007). A gestão efetiva dos recursos VRI+O, presente em toda a estrutura hierárquica representa a situação de vantagem competitiva sustentável, conforme ilustra a Quadro 1.

Quadro 1 - Modelo VRIO

O recurso é:					
Valioso?	Raro?	Difícil de imitar?	Explorado pela organização?	Implicação competitiva	Resultado econômico
Não	-	-	Não	Desvantagem competitiva	Abaixo do normal
Sim	Não	-		Paridade Competitiva	Normal
Sim	Sim	Não		Vantagem competitiva temporária	Acima do normal
Sim	Sim	Sim	Sim	Vantagem competitiva sustentável	Acima do normal

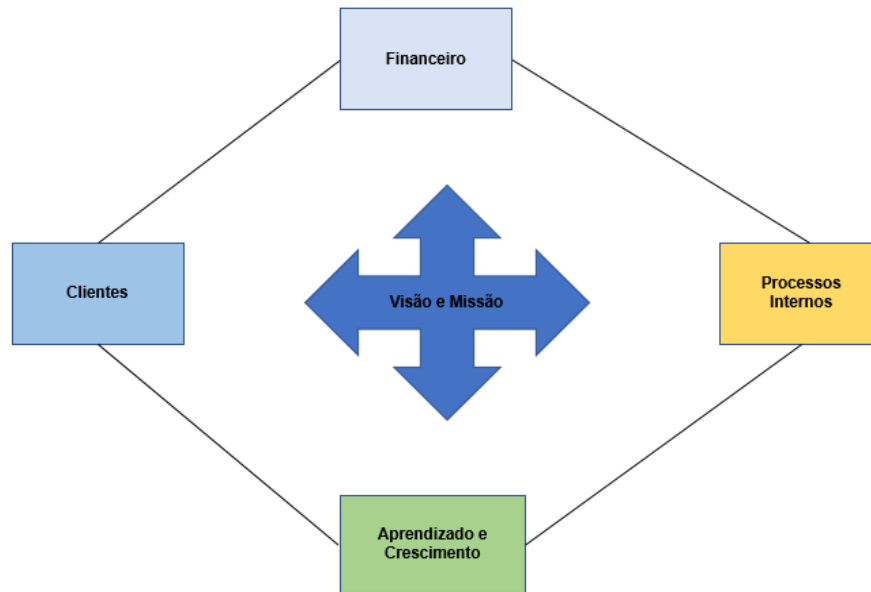
Fonte: Adaptado de Barney e Clark (2007).

A VBR afirma que possuir capacidades e recursos peculiares, valiosos e inimitáveis leva uma empresa a adquirir vantagem competitiva de longo prazo, com um desempenho superior (FAKHREDDIN; FOROUDI, 2022). Os recursos valiosos e de difícil imitação possibilitam que as empresas utilizem ações estratégicas de maneira superior e esse montante de recursos proporciona uma vantagem competitiva que, por outro lado, aumenta seus resultados de desempenho (KETCHEN; HULT; SLATER, 2007).

A ferramenta de estratégia *Balanced Scorecard* (BSC) foi criada por Kaplan e Norton (1996). Os autores salientam que BSC traduz a missão da empresa e transforma a estratégia em objetivos e medidas de desempenho, tendo como parâmetros quatro perspectivas: financeira, do cliente, dos processos internos e do aprendizado e crescimento. De acordo com os autores, os executivos articulam os resultados desejados pela empresa com os vetores do sucesso atual e futuro, com o foco em canalizar as energias e as competências de todos os envolvidos na organização, com o propósito de alcance das metas de longo prazo.

A BSC é uma ferramenta que faz análise da avaliação de desempenho estratégico mais largamente aprovadas e direcionadas a realizar o alinhamento organizacional, reescrevendo a estratégia da empresa em uma abordagem multidimensional em um agrupamento de medidas financeiras e não financeiras (CIFALINÓ; LISI, 2019). A Figura 8 apresenta a ferramenta BSC.

Figura 8 - A ferramenta BSC



Fonte: Adaptado de Binden, Mziu e Suhaimi (2014).

A BSC retrata uma ferramenta para apresentar a missão organizacional, que transforma a sua estratégia em metas, ações e instrumentos de desempenho mensuráveis mais concretos. O processo inteligente BSC, estruturado em conhecimento, permite auxiliar os clientes a realizar planos estratégicos para elevados resultados de negócios da melhor maneira possível (ALSHARARI; EID; ASSIRI, 2019).

A essencialidade da ferramenta estratégica da BSC para finalidades organizacionais está focada no reconhecimento da relevância das pessoas e nas questões que norteiam o aprendizado como meio de alavancagem estratégica (CIFALINÓ; LISI, 2019).

A BSCS (*Balanced Scorecard* da Sustentabilidade), de acordo com Hansen e Schaltegger (2016), proporciona uma visão holística dos principais parâmetros de desempenho de sustentabilidade baseados na integração de aspectos ambientais e sociais em estratégias organizacionais, realizando investimentos em produtos ecologicamente corretos, oferecendo segurança nas condições de trabalho e produzindo resultados sociais e ambientais positivos. Os autores salientam que o BSCS se diferencia do BSC tradicional por identificar objetivos estratégicos organizacionais vinculados a padrões de desempenho não tradicionais, tais como os fatores ambientais e sociais.

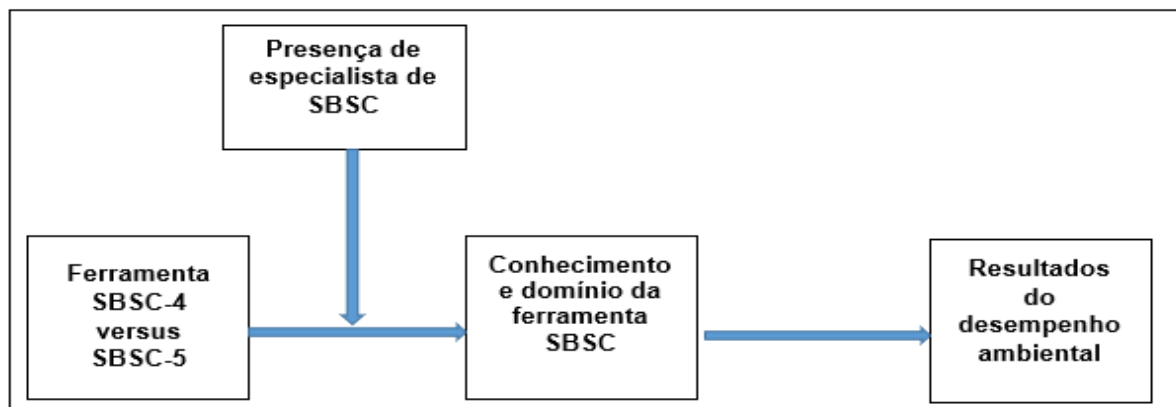
A utilização eficaz de BSCS-4 (quatro indicadores do BSC) e/ou BSCS-5 (os quatro indicadores do BSC acrescido do indicador ambiental) para a tomada de

decisão de aspecto ambiental necessita que os tomadores de decisão apresentem conhecimento de área específica relacionada à utilização da arquitetura BSCS. Isso possivelmente acontece porque esse conhecimento auxilia os tomadores de decisão no processo de dados ambientais inseridos no BSCS para tomar uma decisão de abordagem ambiental mais consolidada (JASSEM; AZMI; ZAKARIA, 2018).

É preciso que a alta administração entenda a relevância da atuação de especialistas no domínio porque provavelmente ampliará a possibilidade de sucesso para alcançar as metas de sustentabilidade. Esses gestores conseguem tomar melhores decisões na tentativa de realizar as metas sociais e ambientais, concomitantemente, assegurando que as metas financeiras sejam cumpridas (JASSEM; ZAKARIA; AZMI, 2021).

Para que o modelo proposto seja aprovado experimentalmente, conforme salientam Jassem, Zakaria e Azmi (2021), os profissionais da indústria podem se dedicar em duas situações de seus recursos organizacionais; (1) eles podem obter o auxílio de especialistas no domínio para assegurar a atuação bem-sucedida na programação do investimento ambiental; e, (2) as iniciativas de treinamento e aprimoramento da organização podem ser reforçadas, permitindo que os componentes que fazem parte dos parâmetros de sustentabilidade sejam inseridos no conteúdo e nos módulos de treinamento da organização. A Figura 9 ilustra a importância da atuação dos especialistas na estrutura BSCS.

Figura 9 - Atuação dos especialistas na estrutura BSCS



Fonte: Adaptado de Jassem, Zakaria e Azmi (2021).

Chaker, Idrissi e El Manouar (2017) destacam que a orientação e as limitações são reflexões relacionadas ao BSCS e afirmam que essas reflexões trabalham essencialmente com a tomada de decisão ambiental. A forma correta para elaborar

alternativa escolhida. A esses objetivos são vinculadas variáveis que os configuram e possibilitam a avaliação de cada alternativa, baseada em cada objetivo. Essas variáveis são identificadas como critérios, atributos ou dimensões (ALMEIDA, 2013).

O principal impasse da teoria da decisão é como atribuir pesos para um conjunto de atividades conforme sua importância. Geralmente, a importância é avaliada com a observância de vários critérios. Os critérios podem ser os objetivos das atividades planejadas. A tomada de decisão segue uma estrutura hierárquica. Apesar das pessoas terem a concepção do que é uma hierarquia, poucas a utilizam no pensamento de forma conceitual. E, também, a minoria das pessoas possuem a percepção do quanto a hierarquia é importante e poderosa como um modelo de representação da realidade ao observar a interação dos componentes em um sistema complexo (SAATY, 1977).

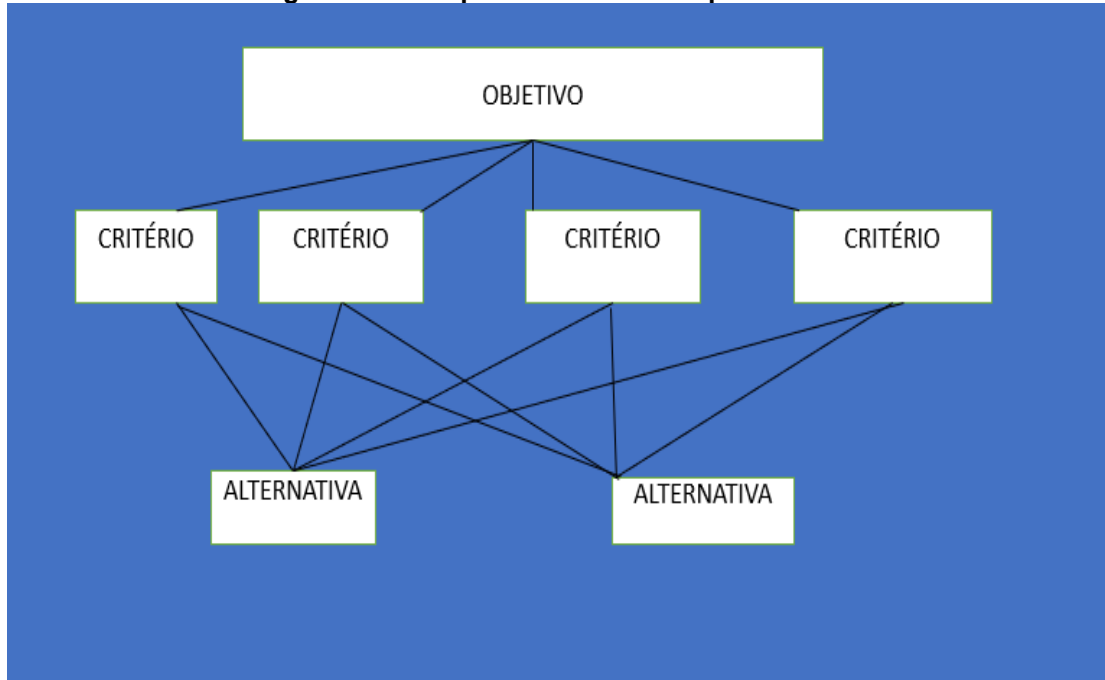
O *Analytic Hierarchy Process* (AHP) é um método que envolve cálculos matemáticos para a tomada de decisão multicritério. Ele objetiva auxiliar os tomadores de decisão a encontrar a melhor escolha em situações complexas que necessitam a avaliação de alternativas baseadas em critérios conflitantes (SAATY, 1980). O método permite a tomada de decisão em situações que envolvem preocupações, definem prioridades, realizam a melhor alternativa e alocam recursos (GARFI; TONDELLI; BONOLI, 2009). O AHP é utilizado nos momentos em que a subjetividade ocorre nos processos de tomada de decisão que são determinados por critérios múltiplos dentro de um sistema hierárquico (TZENG; HUANG, 2011).

Ele é intensivamente preocupado com a problemática do dimensionamento e tipo de números que serão utilizados e a maneira como podem combinar corretamente as respectivas prioridades (SAATY, 1990). O usuário pode considerar aspectos qualitativos e quantitativos pertencentes ao processo de tomada de decisão e mensurar a inconsistência da pessoa que toma a decisão (SAATY, 1977; SAATY 1980).

Ao invés de fornecer uma “decisão correta”, o AHP auxilia os decisores a encontrar a alternativa que melhor se ajuste às suas metas e o resultado do problema, proporcionando um amplo e racional quadro para esquematizar um problema de decisão, para representar e quantificar seus componentes, para ligar os elementos com as metas globais e para avaliar os resultados alternativos. No método AHP, o primeiro nível indica o objetivo para o problema de decisão específico. No segundo nível, ocorre a decomposição do objetivo em vários critérios e os níveis mais baixos

são divididos em alternativas (SAATY 1980; SAATY, 1987). De uma forma geral, a Hierarquia do AHP pode ser ilustrada como na Figura 11.

Figura 11 - Componentes da hierarquia da AHP



Fonte: Adaptado de Saaty (1987).

A Escala Fundamental determina a quantidade de vezes que um elemento é mais dominante comparado com o outro. Para esta comparação, o decisor indica a sua preferência, comparando as alternativas par a par, tornando seus julgamentos em valores numéricos (SAATY, 1977). O valor atribuído para as alternativas embasadas na importância de cada critério é estruturado de acordo com a Escala Fundamental de Saaty.

O Quadro 2 apresenta uma escala em que os julgamentos são transformados em números, ou seja, dentro da comparação par a par o número 1 representa igualdade, o número 3 apresenta uma preferência moderável, o número 5 refere-se a uma forte ênfase na preferência, no número 7 há uma inclinação muito fortemente preferível de um elemento comparado com o outro e o número 9 representa uma preferência extremamente absoluta de um para outro elemento. E os valores intermediários dos julgamentos são o 2, 4, 6 e 8.

Quadro 2 - Escala fundamental de Saaty

Intensidade	Definição	Explicação
1	Igualmente preferíveis	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
2	Igualmente para moderadamente preferível	Uma atividade contribui pouco a mais para o objetivo.
3	Moderadamente preferível	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
4	Moderadamente para fortemente preferível	A experiência e o julgamento favorecem uma atividade em relação à outra.
5	Fortemente preferível	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
6	Fortemente para muito fortemente preferível	A experiência e o julgamento favorecem muito fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Muito fortemente preferível	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra, sua dominação de importância é demonstrada na prática.
8	Muito para extremamente preferível	Uma atividade é extremamente favorecida em relação à outra
9	Extremamente absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.
2, 4, 6, e 8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

Fonte: Adaptado de Saaty (1990).

O método AHP compreende comparações redundantes com o propósito de melhorar a validade, tendo em vista que os participantes podem estar incertos ou enganados ao fazer julgamentos pobres em algumas comparações. As redundâncias resultam em múltiplas comparações que podem conduzir a inconsistências numéricas. Um exemplo disso, é se o critério A é tão importante quanto o critério B - é possível afirmar que o par a par nos julgamentos para A e B para qualquer outro critério deve ser igual. E quando esta igualdade não se estabelece nos julgamentos, pode levar a inconsistências (SAATY, 1994).

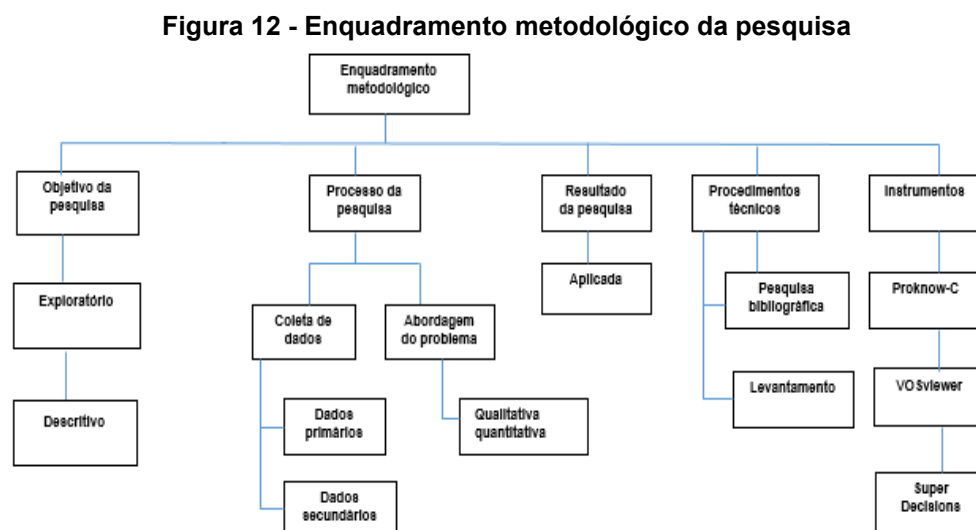
A ocorrência de erros nos julgamentos é tolerável quando possui uma magnitude menor, ou seja, 10% do real da própria medição. Diante disso, os índices de consistência (CR) podem ser estimados e comparados com índices oriundos de julgamentos. Enquanto o $CR \leq 0,10$, é válida a continuidade da análise. No caso de inconsistências, mais informações podem ser necessárias ou até mesmo o reexame da hierarquia.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo, são apresentados os procedimentos metodológicos adotados no estudo para alcançar os objetivos propostos. Os procedimentos metodológicos são estruturados da seguinte forma: enquadramento metodológico, composição do portfólio bibliográfico, análise bibliométrica, aplicação da pesquisa, delimitação da pesquisa, etapas da construção da ferramenta proposta, instrumentos de coleta de dados, análise dos dados coletados, população e amostra da pesquisa e validação da ferramenta proposta.

3.1 Enquadramento metodológica

Uma pesquisa recebe a classificação levando-se em conta o seu enquadramento metodológico, por meio do objetivo da pesquisa, processo da pesquisa, resultado da pesquisa, procedimentos técnicos e instrumentos. É importante buscar informações sobre os tipos de pesquisas existentes, para que dessa maneira seja possível determinar corretamente os instrumentos e procedimentos corretos, para o desenvolvimento do estudo no alcance dos melhores resultados (KAUARK; MANHÃES; MEDEIROS, 2010). A Figura 12 apresenta o enquadramento metodológico do estudo.



Fonte: Adaptado de Tasca *et al.* (2010).

Quanto ao objetivo, a presente pesquisa se caracterizou de forma exploratória e descritiva. Gil (2010), salienta que a pesquisa exploratória procura encontrar maior proximidade com o problema, para que se torne explícito ou que tenha a possibilidade

de construir hipóteses. A pesquisa exploratória, segundo o autor, é utilizada, normalmente, em pesquisas bibliográficas e estudos de caso. Já a pesquisa descritiva tem o propósito de descrever fatos e, muitas vezes, faz uso de questionário.

Na coleta de dados, foram utilizados dados primários mediante o contato com as pessoas na aplicação de questionários e, dados secundários, através de artigos científicos, livros, relatórios e documentos. A abordagem da pesquisa foi qualitativa e quantitativa. Qualitativa porque os questionários foram aplicados aos proprietários e gerentes das transportadoras dentro de uma abordagem qualitativa. A abordagem foi quantitativa, levando-se em conta a quantificação dos dados e, também foi aplicada, em virtude da utilização prática e a busca para a solução de problemas. Os procedimentos técnicos foram aplicados por meio da pesquisa bibliográfica e o levantamento dos dados que orientaram o estudo. Os instrumentos utilizados no estudo foram Proknow-C, VOSViewer e o SDS.

3.1.1 Fases da aplicação da pesquisa

Para a execução da pesquisa foi realizado um planejamento estruturado em fases. Dentro desta perspectiva, a elaboração das fases da aplicação da pesquisa tem o propósito de permitir a compreensão do fluxo de informações componentes da construção da pesquisa e, fundamentalmente, o caminho percorrido, os métodos utilizados e as técnicas empregadas para a obtenção dos objetivos propostos.

As fases estão vinculadas aos objetivos específicos, destacando a contribuição no presente estudo. A Fase I auxiliou na definição do MNC e construção da FEC. A Fase II contribuiu com a pesquisa de mercado sobre a viabilidade da FEC. A Fase III Aplicação do método multicritério AHP e validação da FEC. O Quadro 3 ilustra as fases da aplicação da pesquisa e as conexões dos resultados da pesquisa com os objetivos específicos:

Quadro 3 - Fases da aplicação da pesquisa

Fases da pesquisa	Objetivos específicos
Fase I – Definição do MNC e construção da FEC	a) Definir o MNC para ser utilizado na pesquisa;
	b) Construir a FEC baseada no MNC definido;
Fase II – Pesquisa de mercado sobre a viabilidade da FEC	c) Aplicar uma pesquisa de mercado sobre a necessidade da utilização da FEC;
	d) Identificar a viabilidade da FEC;
Fase III – Aplicação do método multicritério AHP e validação da FEC	e) Aplicar o método multicritério AHP em uma empresa que apresente o perfil do MNC identificado como modelo a ser utilizado na FEC;
	f) Validar a FEC.

Fonte: Autoria própria (2023).

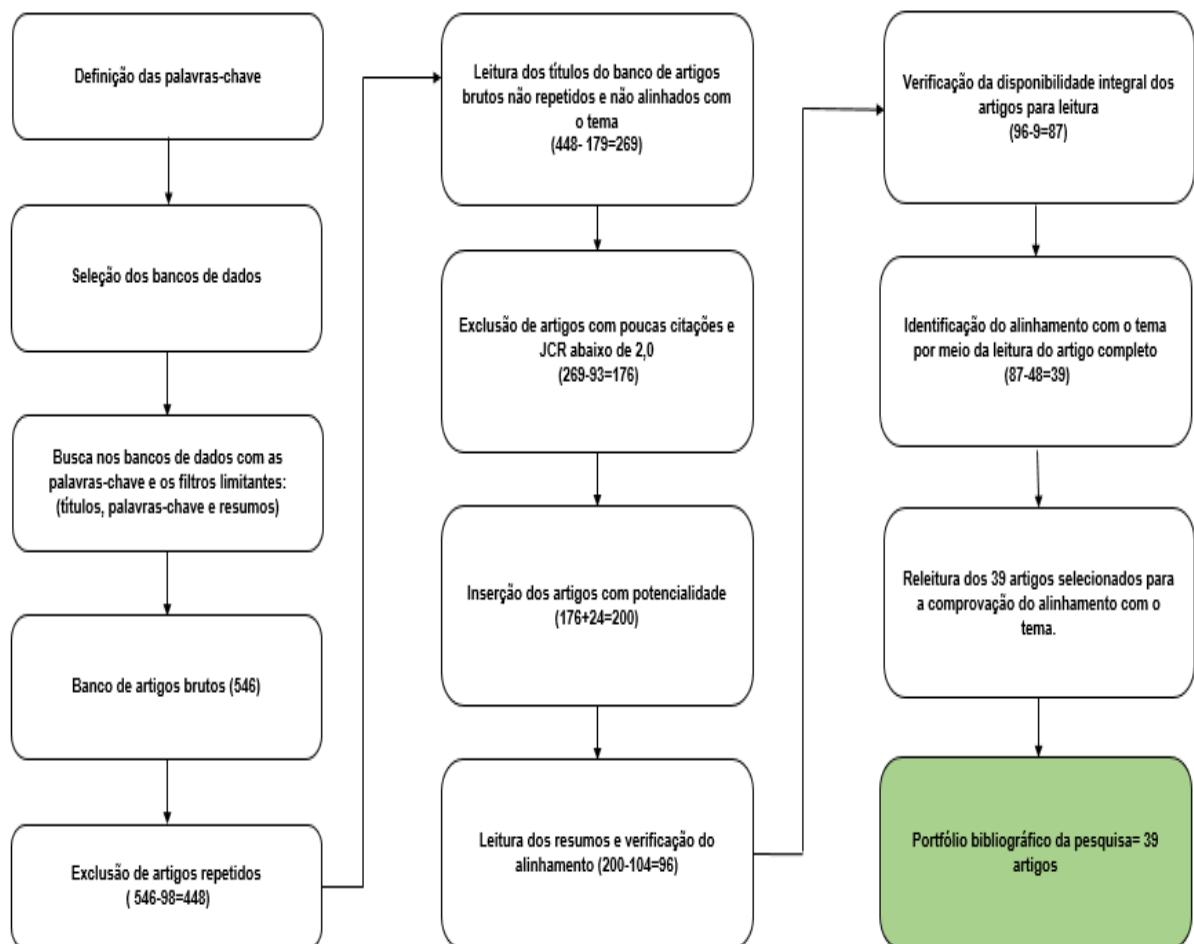
3.2 Composição do portfólio bibliográfico

O processo de pesquisa tem início a partir de um problema ou dúvida que conduzirá a busca por dados cujas fontes tradicionais são estruturadas nas informações bibliográficas, sejam essas oriundas de referências ou de artigos integrais. As bases de dados, denominadas fontes terciárias de informação, são consideradas as ferramentas que indexam e propagam os resultados dos estudos publicados em artigos contidos nos periódicos, livros, teses, dissertações, relatórios de natureza técnica, conferências, entre outros. O rápido desenvolvimento da tecnologia da informação permitiu a agilidade no desenvolvimento de bancos de dados eletrônicos, possibilitando que o processo de busca e restauração de informações ocorresse de forma acelerada e eficaz (TASCA *et al.*, 2010).

Com o desenvolvimento dos sistemas de informação, tornou-se evidente a utilização de base de dados, sistemas estes que servem para a indexação de periódicos, livros, teses, dissertações, relatórios técnicos, anais de eventos dentre outros, com o propósito de agilizar as buscas de referências bibliográficas e, desta forma, servirem de plataforma teórica com a finalidade de uso para pesquisas futuras. Uma vez selecionada a área de conhecimento focada na pesquisa, evidencia-se a seleção das palavras-chave que serão usadas na busca de tais referências (LACERDA; ENSSLIN; ENSSLIN, 2012).

A revisão sistemática da literatura do presente estudo foi amparada pelo método Proknow-C (*Knowledge Development Process - Constructivist*), de Ensslin *et al.* (2010). O processo de seleção do referencial bibliográfico ProKnow-C, consiste em uma série de procedimentos que se apresentam de forma sequencial, se iniciam desde a seleção do mecanismo de busca de artigos científicos a ser aplicado, seguindo por uma série de processos antecipadamente estabelecidos até, finalmente, obter a fase de filtragem e seleção do portfólio bibliográfico focado no tema (AFONSO *et al.*, 2011). O método é retratado de forma resumida na Figura 13 e uma descrição de cada etapa do procedimento é apresentada a seguir.

Figura 13 - Portfólio bibliográfico



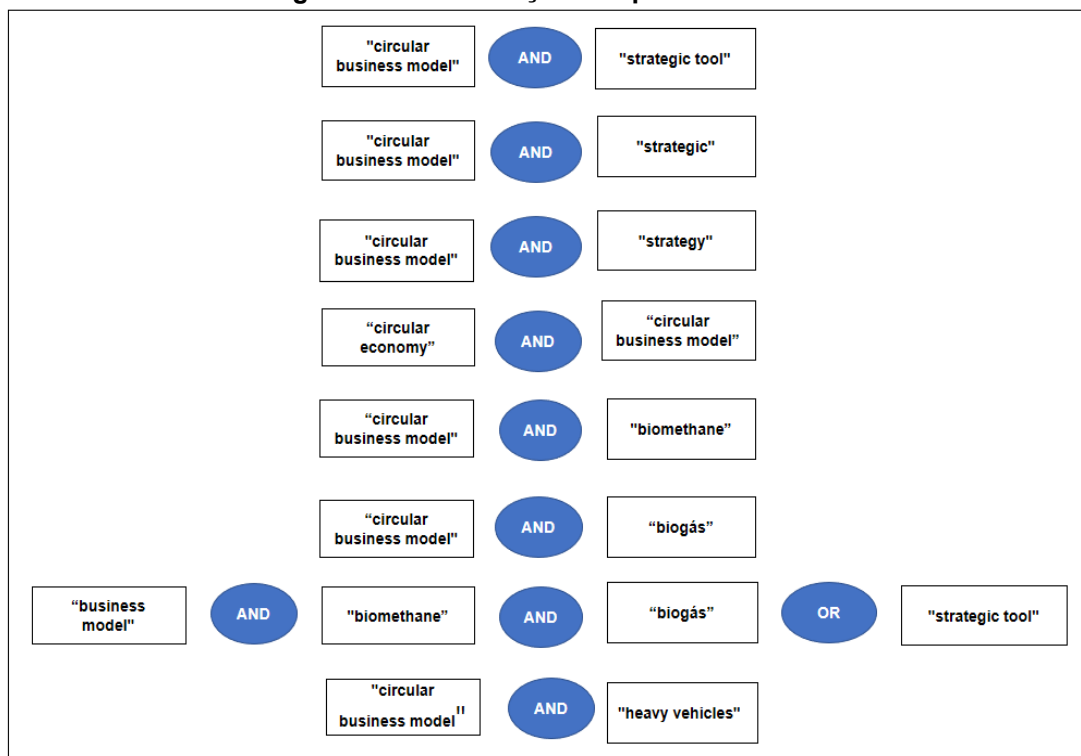
Fonte: Adaptado de Ensslin *et al.* (2010) e Lacerda, Ensslin e Ensslin (2012).

Para a definição das palavras-chave é necessário que os eixos da pesquisa já estejam definidos, ou seja, o tema que determina a pesquisa a ser realizada. O estudo contou com os eixos “*circular economy business*”, “*circular economy*”, “*biogas*”, “*biomethane*”, “*strategy*”. É preciso estipular as palavras-chave utilizando-se dos

mecanismos de busca com o propósito de obter os artigos científicos do tema definido para a pesquisa, utilizando-se de diferentes combinações.

A pesquisa fez uso das palavras-chaves “*circular business model*”, “*strategic tool*”, “*strategic*”, “*strategy*”, “*circular economy*”, “*biomethane*”, “*biogás*”, “*heavy vehicles*”. O estudo contou com os operadores booleanos “AND” e “OR”. A busca nas bases de dados foi realizada nos dias 15, 16, 17 e 18 de março de 2021. A Figura 14 ilustra a combinação das palavras-chaves definidas:

Figura 14 - Combinação das palavras-chave



Fonte: Autoria própria (2023).

Após a combinação das palavras-chave, foram realizadas buscas em diversos bancos de dados e optou-se pelos bancos de dados *Scopus* e *Web of Science* pela quantidade de artigos alinhados com o tema. As buscas nos bancos de dados concentraram-se nos títulos, palavras-chave e resumos dos artigos científicos, sem a estipulação temporal. Os resultados das buscas (546 artigos) totalizaram em dados brutos e foram transportados para a ferramenta *EndNote*. O passo seguinte foi a exclusão de 98 artigos repetidos.

Para que os artigos tivessem um alinhamento conforme o tema definido e o eixo da pesquisa, foi necessário realizar a leitura dos títulos para verificar a adequabilidade dos artigos selecionados, sendo excluídos 179 artigos não alinhados

com o tema. Após a seleção, os dados (269 artigos) foram transportados para um banco de artigos não repetidos e alinhados com o tema.

O passo seguinte foi a análise do fator de impacto dos periódicos. A pesquisa teve como critério de seleção a utilização do *Journal Citation Reports* (JCR). O JCR foi um critério utilizado apenas como uma informação referente ao artigo analisado, justifica-se tal procedimento em função do tema ser recente e várias publicações obterem poucas citações.

A metodologia orienta que o pesquisador realize o cálculo da representatividade de cada artigo amparado no número de citações, e recomenda-se que o ponto de corte utilizado fique em torno de 85%. Apesar disso, é importante ressaltar que cada tema de pesquisa possui suas características e particularidades, podendo oscilar tanto no montante de artigos disponíveis quanto no montante de citações destes artigos, carecendo, desta forma, avaliar cada situação de forma individual (AFONSO *et al.*, 2011).

Para a busca, quanto ao número de citações do estudo, foi utilizado o Google Acadêmico. Somando todas as citações dos 269 artigos do banco de artigos não repetidos e alinhados com o tema, obteve-se 10.297 citações. Os artigos que individualmente foram citados 25 vezes ou mais, totalizaram 8.783 citações, sendo, portanto, 85,30% do montante de citações dos 269 artigos selecionados.

A análise das citações resultou na exclusão de 93 artigos que não apresentavam citações ou com JCR abaixo de 2,0. Os artigos foram transportados para o banco de dados não repetidos, os títulos alinhados com o tema da pesquisa e com os números de citações, perfazendo um total de 176 artigos.

Vários artigos foram publicados nos dois últimos anos e não possuíam reconhecimento científico comprovado, o que impossibilitou uma quantidade significativa de citações. Por este motivo, foi realizada nova análise dos 93 artigos excluídos e 24 artigos foram acrescentados ao portfólio bibliográfico. O critério para a inclusão dos artigos foi o reconhecimento e potencialidade dos autores citados em outras publicações. Os artigos foram transportados para o banco de dados não repetidos, os títulos alinhados com o tema da pesquisa, com os números de citações e potencial reconhecimento científico, totalizando 200 artigos.

Foi realizada a leitura do resumo dos 200 artigos do banco de dados, para constatar o alinhamento com o tema. Nesta etapa, foram excluídos 104 artigos que apresentaram resumos não alinhados com a pesquisa. Os 96 artigos resultantes

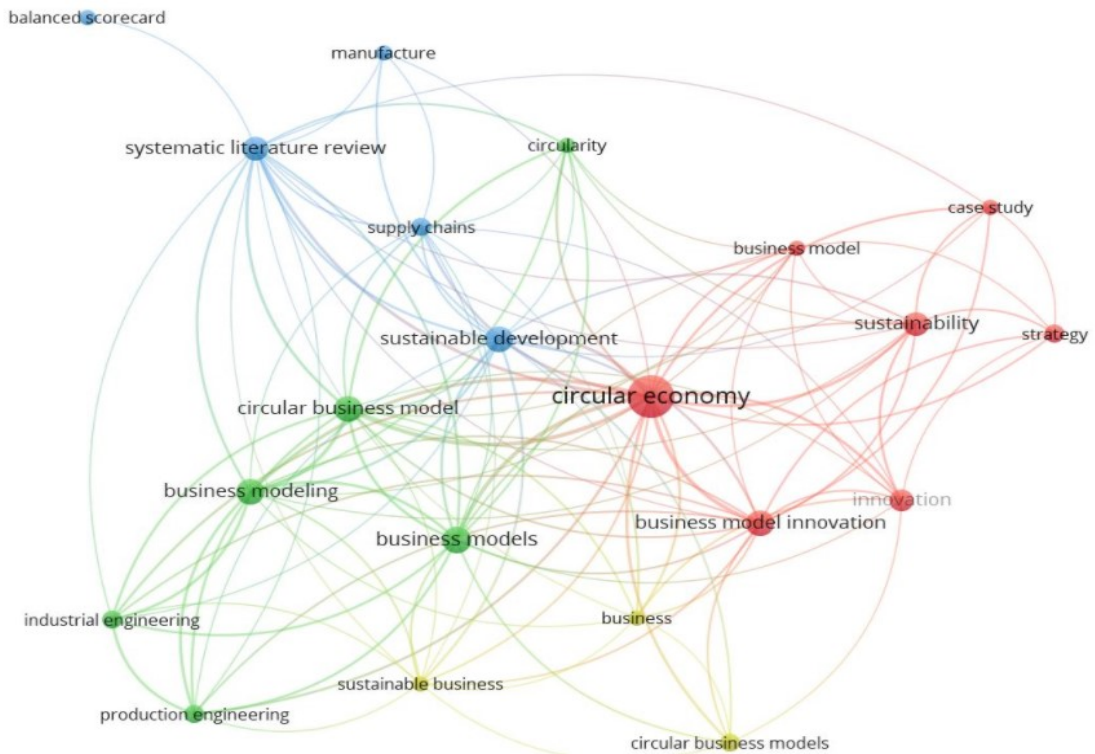
foram analisados em relação à disponibilidade integral e nove desses artigos não estavam totalmente disponíveis. Os 87 artigos restantes foram lidos na íntegra, para verificar o completo alinhamento com o tema proposto, sendo excluídos 48 artigos, resultando, assim, 39 artigos. Foi realizada a releitura dos 39 artigos selecionados para a comprovação do alinhamento com o tema. Com a finalização do processo de construção do portfólio bibliográfico, a pesquisa obteve 39 artigos completamente alinhados com o tema.

3.2.1 Análise bibliométrica

A análise bibliométrica, de acordo com Ribeiro e Tavares (2017), é um conjunto de métodos de pesquisa e estudo em contínuo desenvolvimento. Refere-se ao estudo que envolve características quantitativas da produção científica, assim como a disseminação e utilização da informação empregada com a aplicação de métodos matemáticos e estatísticos. Permite a mensuração de todo o montante da produção acadêmica de temas, das áreas do conhecimento, com o propósito também no cálculo de autoria e coautoria, por intermédio da quantificação de publicações, citações, cocitações, entre outras.

A ferramenta computacional VOSviewer é um instrumento utilizado para análise bibliométrica, para o auxílio da mineração dos dados. É uma ferramenta com foco na visualização e geração de mapas bibliométricos. Com a VOSviewer mapas são produzidos por meio de dados de rede, a partir dos processos de mapeamento VOS e agrupamento. O VOSviewer é utilizado para a exploração de mapas em diversas perspectivas, cada uma enfocando uma característica especial como: publicações, autorias, mapeamento de palavras-chave, combinações de ocorrências entre as citações, entre outras (RUAS; PEREIRA, 2014).

Com o auxílio do software VOSviewer para a realização da análise bibliométrica, as palavras-chave que apresentaram ocorrências de no mínimo três vezes dos artigos componentes do portfólio bibliográfico estão apresentadas na Figura 15. A palavra-chave de maior frequência foi “*circular economy*”, com 23 ocorrências, com bastante relevância. Entre oito e nove vezes estiveram as palavras-chave “*business models*”, “*circular business model*”, “*business model innovation*”, “*business modeling*”, “*sustainable development*” e a que apareceu em menor número é “*balanced scorecard*”, com três aparições.

Figura 15 - Principais palavras-chave dos artigos do portfólio bibliográfico

Fonte: Software VOSviewer (2023).

A Tabela 1 apresenta as publicações com mais citações dentre as 39 do portfólio bibliográfico, totalizando 33 autores e 780 citações. Foram considerados autores que tiveram pelo menos 15 citações. O autor que apresentou maior representatividade entre os artigos selecionados foi Bocken, N.M.P., com 56 citações, seguido de Evans, S., com 55 citações. O autor McDonough, W. recebeu 15 citações, sendo o que representou a menor relevância entre os autores citados dentro dos agrupamentos.

**Tabela 1 - Número de citações entre os autores mais citadas
(continua)**

Autores	Citações
Bocken, N.M.P.	56
Evans, s.	55
Bocken, N.	52
Geissdoerfer, M.	29
Ludeke-Freund, F.	29
Bakker, C.	27
Tukker, A.	27
Chiaroni, D.	25
Mcaloone, T.C.	25
Osterwalder, A.	25
Rana, P.	24

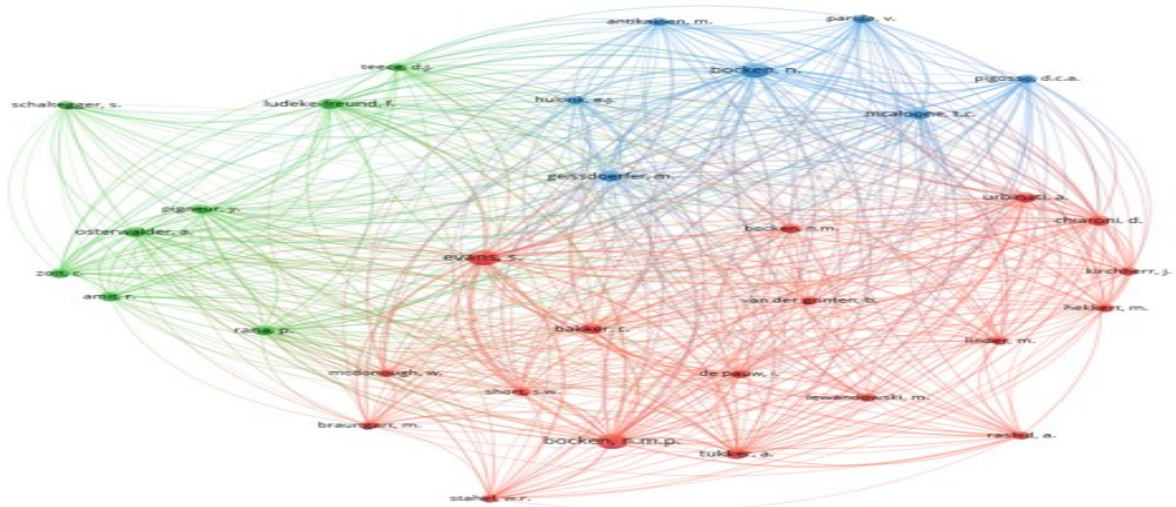
**Tabela 1 - Número de citações entre os autores mais citadas
(conclusão)**

Autores	Citações
Urbinati, A.	24
Bocken, N.M.	23
Pigneur, Y.	22
Zott, C.	22
Amit, R.	21
De Pauw, I.	20
Pigosso, D.C.A.	20
Parida, V.	19
Hekkert, M.	18
Schaltegger, S.	18
Short, S.W.	18
Van Der Grinten, B.	18
Braungart, M.	17
Hultink, E.J.	17
Kirchherr, J.	17
Linder, M.	17
Antikainen, M.	16
Lewandowski, M.	16
Rashid, A.	16
Stahel, W.R.	16
Teece, D.J.	16
Mcdonough, W.	15

Fonte: Software VOSviewer (2023).

A Figura 16, a seguir, ilustra a relação dos autores citados no portfólio bibliográfico. As citações ocorreram entre os autores formando três agrupamentos que se inter-relacionam. Os autores componentes de cada grupo estão elencados na Tabela 1 e possuem artigos citados entre si com publicações sobre temas das mesmas áreas ou assuntos semelhantes.

Figura 16 - Citações entre os autores do portfólio bibliográfico

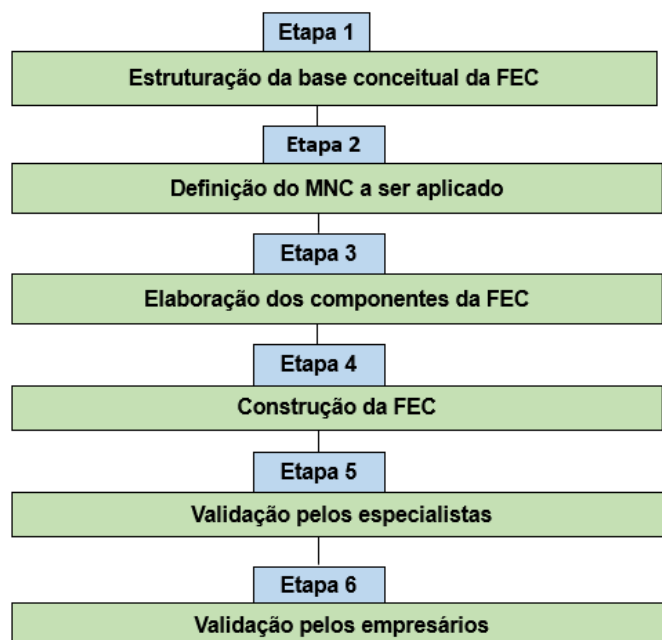


Fonte: Software VOSviewer (2023).

3.3 Tapas da construção da FEC

Apesar do estudo ser direcionado aos potenciais compradores de veículos movidos a biometano, a ferramenta circular criada pode ser utilizada em outros tipos de empresas, desde que estejam dentro do perfil do MNC definido para a pesquisa. As atividades seguiram uma ordem sequencial para o completo desenvolvimento e execução. As etapas da construção da FEC estão presentes na Figura 17.

Figura 17 - Etapas da construção da FEC



Fonte: Autoria própria (2023).

Etapa 1 - Estruturação da base conceitual da FEC: Nesta etapa, foi realizada toda a base conceitual que conduziu a construção da FEC e a seleção das ferramentas estratégicas inseridas na FEC para o suporte da tomada de decisão dos usuários. Os estudos que nortearam a criação da FEC foram criteriosamente selecionados e aplicados no instrumento.

Etapa 2 - Definição do MNC a ser aplicado: Alinhado com o MNC criado para a utilização da FEC, foi estabelecido o público-alvo da pesquisa para a validação do conteúdo da FEC. Após diversas tentativas infrutíferas de contato junto aos órgãos públicos federais para a definição do universo e amostragem da pesquisa em âmbito nacional, ficou estabelecido que a aplicação do estudo seria feita na região oeste do Paraná. Com isso, foram contactados empresários do ramo de transportadoras e potenciais compradores de caminhões movidos a biometano, com frota superior a 50 veículos pesados, com o propósito de obter o máximo de fidelidade da utilização da FEC.

Etapa 3 - Elaboração dos componentes da FEC: Com o auxílio do referencial teórico já definido, esta etapa contou com a estruturação do conteúdo central que norteou o fluxo de conhecimento da FEC. Para a seleção dos componentes, foi preciso colocar em ordem de prioridade e sequência os componentes que serviram de base para a proposta do estudo.

Etapa 4 - Construção da FEC: Nesta etapa, foi definida a quantidade e a sequência dos blocos da ferramenta proposta, assim como o layout e os procedimentos para a utilização do instrumento.

Etapa 5 - Validação pelos especialistas: A ferramenta foi validada pelos especialistas da área acadêmica, com experiência em Engenharia de Produção e áreas afins e titulação de mestrado, doutorado e pós-doutorado.

Etapa 6 - Validação pelos empresários: posterior à validação da ferramenta proposta, foram realizadas correções recomendadas pelos especialistas e a última etapa se completou com a validação pelo público-alvo, ou seja, pelos proprietários e dirigentes de transportadoras, com frota superior a 50 caminhões.

3.4 Aplicação da pesquisa de mercado

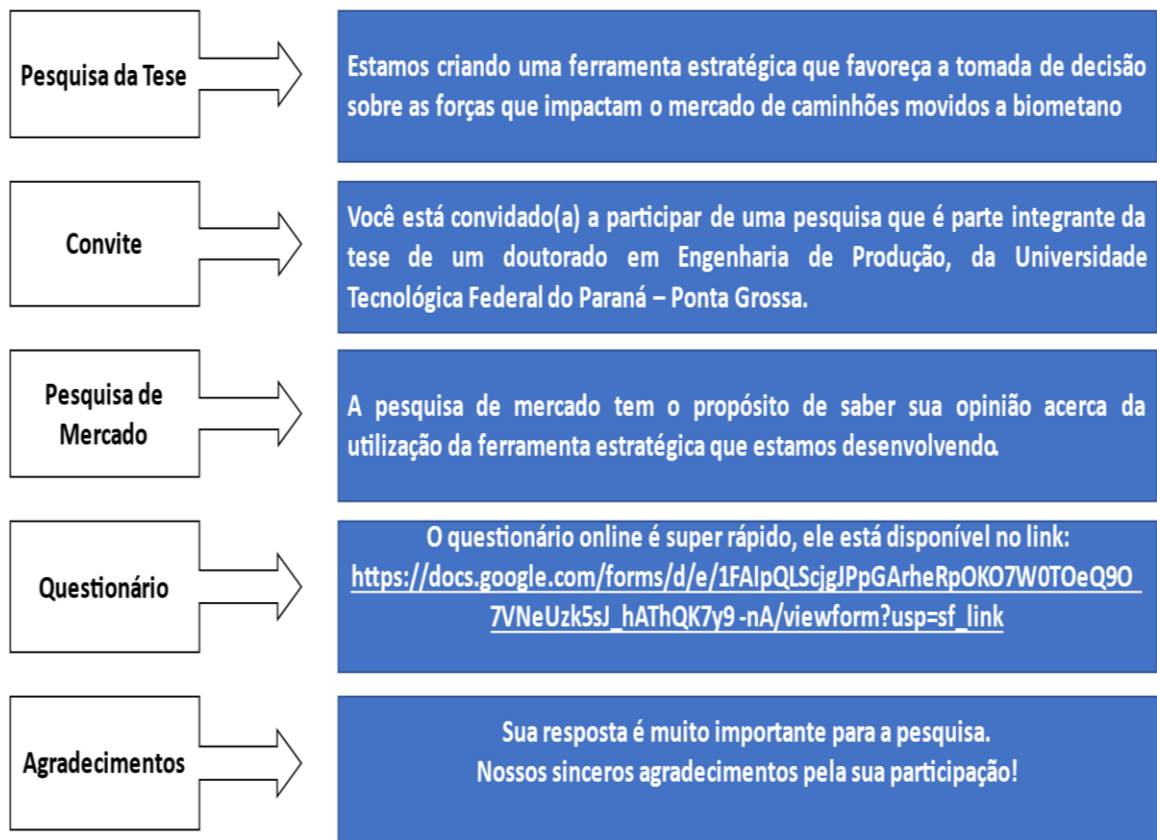
A pesquisa de mercado ocorreu devido ao interesse em obter conhecimento a respeito da viabilidade e necessidade da utilização de uma ferramenta estratégica. Conforme Malhotra (2011), a pesquisa é uma estrutura ou base para elaboração de

um estudo de mercado. Ela contém detalhes dos procedimentos necessários à coleta das informações para o embasamento ou solução dos problemas.

Foi aplicado um questionário aos empresários de diversos ramos de atuação, tendo em vista as possibilidades de utilização da ferramenta proposta em pequenos, médios e grandes empreendimentos, dentro do primeiro, segundo e terceiro setor econômico. O contato inicial ocorreu com uma breve apresentação das informações sobre a pesquisa de mercado, por meio do *WhatsApp* a um grupo de empresários do Conselho Regional de Administração (CRA),

Diante da manifestação de concordância dos membros do CRA na participação da pesquisa, o próximo passo foi o envio do link do Google Forms: https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScjgJPpGARheRpOKO7W0TOeQ9O7VNeUzk5sJ_hAThQK7y9-nA/viewform?usp=sf_link. A Figura 18 apresenta a comunicação inicial sobre a pesquisa de mercado aos empresários participantes:

Figura 18 - Comunicado sobre a pesquisa de mercado



Fonte: Autoria própria (2023).

3.5 Aplicação do método multicritério AHP

A finalidade de aplicar o método AHP foi de confirmar as informações que serviram de base para a elaboração da ferramenta estratégica apresentada, com o objetivo de saber qual a melhor opção para caminhões, utilizando os critérios relacionados ao preço, sustentabilidade, rendimento de consumo e segurança.

As alternativas selecionadas para a aplicação de método AHP foram o diesel, o elétrico, o biometano e o GNV. Para a aplicação da pesquisa foi elaborado um questionário contendo questões comparativas par a par.

Por se tratar de uma temática que exigiu um grande conhecimento sobre a tecnologia empregada na fabricação de caminhões, optou-se pela aplicação da pesquisa em uma indústria fabricante de veículos pesados. Diante disso, o questionário contou com a resposta de funcionários altamente gabaritados, com experiência teórica e prática na temática do estudo.

A pesquisa foi aplicada na unidade fabril de uma indústria multinacional produtora de veículos pesados movidos a diesel e a gás. Ela possui forte atuação na América Latina e está localizada no estado de São Paulo, Brasil. A matriz da indústria multinacional atua em todos os continentes do planeta. Por ser produzido a partir do biogás, somente o biometano foi objeto de estudo.

3.5.1 Delimitação da pesquisa

A pesquisa foi delimitada levando-se em consideração os aspectos abaixo relacionados:

a) Quanto ao setor econômico:

- Setor secundário: a indústria automobilística produz veículos pesados movidos a diesel, gás natural veicular e/ou biometano.

b) Quanto ao porte da empresa:

- Uma produtora de veículos pesados: a indústria é de grande porte, com 4.800 funcionários. A unidade fabril é pertencente a uma indústria multinacional, com atuação em mais de 100 países e mais de 52.000 funcionários distribuídos em todo o planeta. Para a pesquisa foi selecionada uma unidade localizada no estado de São Paulo, sendo de

grande representatividade para o mercado brasileiro no que se refere ao tipo de produto fabricado.

c) Quanto ao nível organizacional:

- Nível intermediário da estrutura hierárquica organizacional: a aplicação da pesquisa limitou-se ao nível intermediário em função da tomada de decisão do processo produtivo.

d) Quanto à representatividade:

- É a maior do ramo no país e a única planta fabril fora da matriz que produz o produto completo.

e) Quanto ao tempo:

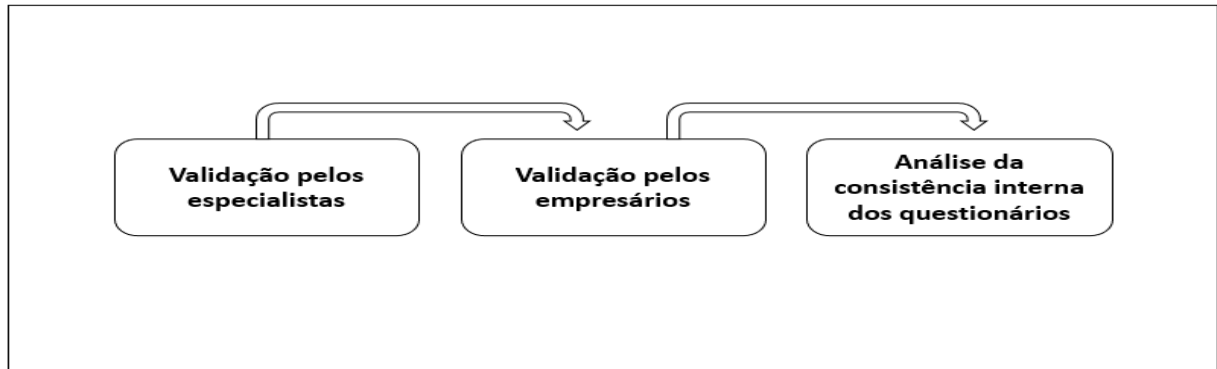
- Período em que a pesquisa foi desenvolvida e aplicada: os contatos iniciais com a empresa ocorreram em março de 2020, a reunião com o executivo sênior foi realizada no dia 28 de abril de 2020, as informações junto ao representante da indústria pesquisada foram colhidas de setembro de 2020 a março de 2022, a aplicação dos questionários aos gerentes da unidade fabril ocorreu de julho a setembro de 2022.

3.6 Validação da FEC

A FEC contou com a validação em dois momentos, sendo o primeiro junto aos especialistas da área acadêmica e o segundo ao público-alvo, sendo definido por empresários e representantes de transportadoras, clientes potenciais para a aquisição de caminhões movidos a biometano. Os questionários aplicados, conforme apêndices C e D tiveram finalidades distintas. Aos especialistas participantes da validação, a parte conceitual teve maior relevância e aos empresários o enfoque foi na comprovação prática da usabilidade da ferramenta, ou seja, o cumprimento das suas funções e usabilidade.

Os questionários aplicados passaram pela avaliação do Coeficiente Alfa de Cronbach para medir a confiabilidade do instrumento ou consistência interna, ou seja, a medição dos dados obtidos por meio dos resultados alcançados com as respostas dos participantes desta aplicação do estudo. A Figura 19 apresenta as etapas da validação da FEC:

Figura 19 - Etapas da validação da FEC



Fonte: Autoria própria (2023).

3.7 População e amostra da pesquisa

No que se refere à população de uma pesquisa, Lakatos e Marconi (2003) afirmam que universo ou população é o conjunto de seres animados ou inanimados que possuem ao menos uma característica em comum. A pesquisa contou com a população e amostra da pesquisa de mercado, da aplicação do método AHP e da validação da ferramenta construída.

O universo da pesquisa de mercado abrangeu 90 empresários, de diversos ramos e tipos de empreendimentos, com a finalidade de responder o questionário sobre a real necessidade da utilização de uma ferramenta para a tomada de decisão. O número da amostra foi definido pela Calculadora Amostral Comento, com 95% de nível de confiança, por meio do site: <https://comentto.com/calculadora-amostrall/>. A calculadora amostral definiu 37 empresários para a composição da amostra e o total de 29 empresários responderam ao questionário.

A população da presente pesquisa para o método da AHP foi composta por 320 funcionários com cargos de liderança na empresa. Todos os participantes da população possuem cargos de comando na indústria de veículos pesados pesquisada. O perfil das pessoas componentes da população foi de indivíduos com nível superior, ocupantes de cargo de gerência. A calculadora amostral estabeleceu a amostra da pesquisa perfazendo o número de 52 líderes. Somente 22 lideranças responderam ao questionário, justifica-se este reduzido número de participantes em função da dificuldade de acesso aos pesquisados.

Para a validação da ferramenta proposta, o universo foi de 54 especialistas de Engenharia de Produção e áreas afins, com experiência e atuação no ensino, desenvolvimento de pesquisas e projetos relevantes alinhados com a pesquisa, com

titulação de mestrado, doutorado e pós-doutorado. A calculadora amostral estabeleceu a amostra de 29 especialistas para validar a ferramenta e o total de 23 especialistas responderam ao questionário.

No que se refere à validação do público-alvo, foram convidados proprietários e gerentes de transportadoras com frota mínima de 50 caminhões e seis empresários representantes das empresas responderam ao questionário e resolveram o estudo de caso, amparados na vivência que possuem dentro da organização. A escolha das transportadoras como público-alvo esteve centrada na possibilidade deste ramo de negócios adquirir caminhões movidos a biometano.

3.8 Instrumentos de coleta de dados

A pesquisa contou com a aplicação de questionários para a pesquisa de mercado, para o método AHP e para a validação da ferramenta construída. O questionário da pesquisa de mercado foi disponibilizado através do link do Google Forms, com um total de cinco questões, continha questões abertas e fechadas, de assinalar somente uma alternativa, várias alternativas e a possibilidade de escrever outras alternativas conforme sugestão do respondente.

Para a aplicação do método AHP foi utilizado um questionário, também disponibilizado através do link do Google Forms, com 90 questões par a par. Dentro do critério de comparação, ao escolher uma questão por ordem de preferência, eliminou-se a outra, sendo desnecessário o questionamento do comparativo contrário e o respondente foi automaticamente conduzido para a próxima questão, reduzindo, consideravelmente, o número de questões do questionário. O Quadro 4 ilustra os instrumentos de coleta de dados da pesquisa.

Quadro 4 - Estrutura da coleta de dados

Participantes	Empresários	Líderes do nível gerencial	Especialistas	Público-alvo Proprietários e gerentes de transportadoras
Finalidade	Pesquisa de mercado	Aplicação do método AHP	Validação de conteúdo	Validação de conteúdo
Meios de acesso	Disponibilização por meio do link no Google Forms	Disponibilização por meio do link no Google Forms	Disponibilização por meio do <i>WhatsApp</i> ou e-mail	Disponibilização por meio do e-mail ou telefone.
Instrumentos utilizados	Questões abertas e fechadas	Comparativos par a par	Questões fechadas conforme escala	Estudo de caso, questões fechadas

			Likert e uma questão aberta	conforme escala Likert e uma questão aberta
--	--	--	-----------------------------	---

Fonte: Autoria própria (2023).

3.9 Instrumentos de análise dos dados

O método multicritério da AHP, com o auxílio do SDS, realiza a otimização e racionalização das informações subjetivas e objetivas, proporcionando ao usuário da ferramenta um mecanismo necessário para verificar a consistência das respostas e, com isso, minimizar o viés no processo de tomada de decisão. O SDS é simples e fácil de manusear, seu pacote gera modelos de decisão e produz feedbacks e resultados computacionais por meio das supermatrizes do Processo de Rede Analítica (BABY, 2013).

O SDS implementa o AHP utilizando um processo básico de prioridade, estruturado em realizar avaliações nos pares de elementos ou adquirindo prioridade pela normalização das medições processadas (SINAGA, 2018). A ferramenta computacional é usada para tomar decisões em situações que envolvem dependências e feedback, inseridas em um processo de rede analítica de uma determinada empresa (ASTUTI, 2016).

A ferramenta estatística Alfa de Cronbach reflete o grau de covariância dos elementos entre si, indicando a consistência interna do instrumento (PASQUALI, 2003; HORA; MONTEIRO; ARICA, 2010). O instrumento é calculado correlacionando a pontuação correspondente a cada item da escala com a pontuação total de cada observação (normalmente entrevistados de pesquisas ou participantes de testes), posteriormente, compara-se o resultado com a variância das pontuações de itens individuais (KOTIAN; VARGHESE; ROHITH, 2022). Esta é a fórmula do Alfa de Cronbach:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_{\text{total}}^2} \right)$$

Em que:

k é correspondente ao número de itens (questões) do questionário;

S2 i diz respeito à variância de cada item;

S2 t corresponde à variância total do questionário, sendo determinada pela soma das variâncias dos avaliadores.

3.9.1 Análise dos dados coletados

Os dados coletados na pesquisa de mercado foram realizados por meio da abordagem quantitativa, com o auxílio de gráficos e análise estatística. Os gráficos foram gerados pelo Google Forms durante a aplicação dos questionários. A análise dos gráficos foi realizada de forma detalhada para a análise da viabilidade da FEC junto a um grupo de empresários.

Os dados dos questionários para a aplicação do método multicritério AHP foram analisados com o auxílio do instrumento SDS. O software tem o propósito de auxiliar as pessoas na tomada de decisão de forma mais racional. Ele utiliza o processamento de priorização fundamental amparado em julgamentos por meio de pares de elementos.

O software possibilitou a modelagem do problema, estruturando-o e comparando os elementos de um mesmo grupo com a finalidade de obter prioridades. Os dados processados por meio do SDS serviram de apoio para a tomada de decisão na estruturação da ferramenta proposta.

Para avaliar a confiabilidade do questionário aplicado aos especialistas e público-alvo foi utilizado o coeficiente Alfa de Cronbach que mediu a consistência interna do instrumento utilizado.

O Quadro 5 apresenta os instrumentos utilizados na análise dos dados coletados, contendo informações sobre a Fase I, Fase II e Fase III.

Quadro 5 - Estrutura da análise de dados

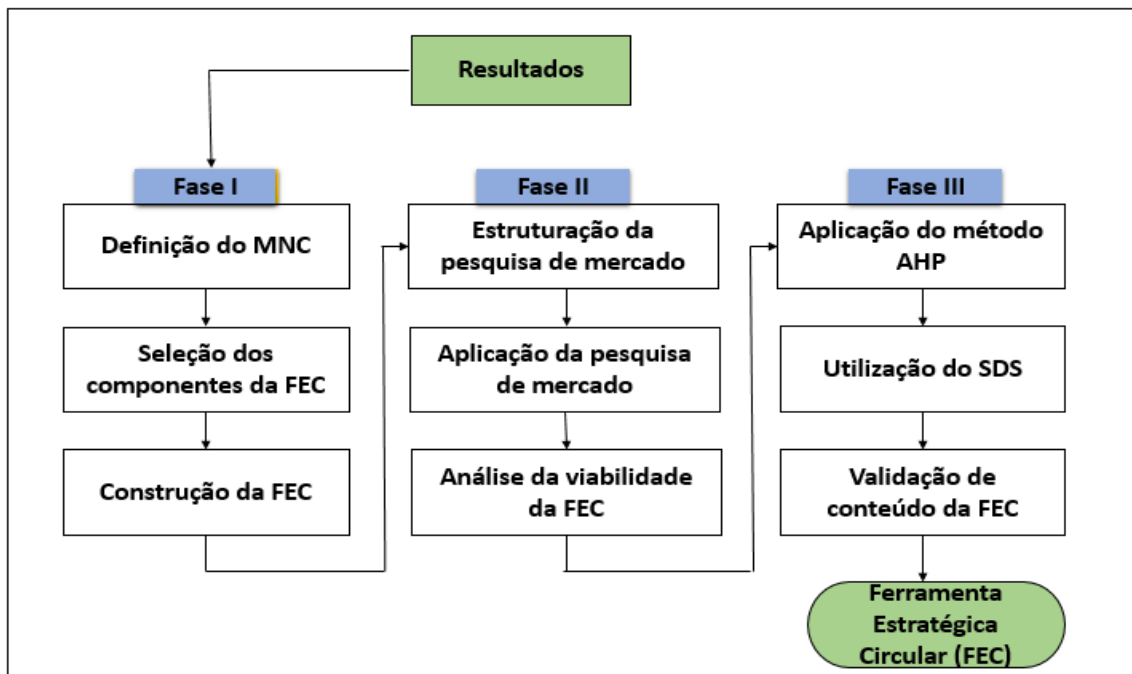
Etapa	Pesquisa de Mercado	Método AHP	Validação de Conteúdo da FEC
Participantes	Empresários	Lideranças no nível gerencial	Especialistas e empresários
Instrumentos utilizados	Gráficos e análise estatística	Software Super Decision	Coeficiente Alfa de Cronbach
Análise de dados	Interpretação dos dados quantitativos	Interpretação e comparação par a par	Análise da consistência interna do instrumento

Fonte: Autoria própria (2023).

4 RESULTADOS

Para melhorar a compreensão acerca do problema e dos objetivos do presente estudo, faz-se necessário descrever como ocorreu o passo a passo para a obtenção da FEC. A Fase I trouxe a definição do MNC e construção da FEC; a Fase II contou com a pesquisa de mercado sobre a viabilidade da FEC e, a Fase III apresentou a aplicação do método multicritério AHP e validação da FEC. As fases estão ilustradas na Figura 20, inseridas no fluxograma da elaboração dos resultados da pesquisa.

Figura 20 - Fluxograma da elaboração dos resultados



Fonte: Autoria própria (2023).

4.1 Definição do MNC e construção da FEC - Fase I

Esta Fase I foi vinculada à definição de um MNC que estivesse alinhado com os princípios da EC dentro de uma visão estratégica e a construção da FEC. Uma empresa apresentou o perfil do MNC identificado como modelo a ser aplicado na FEC, conforme os objetivos específicos a e b.

4.1.1 MNC aplicado na pesquisa

Várias características foram delineadas para o embasamento do perfil organizacional do MNC a ser aplicado na FEC. O Quadro 6 apresenta o perfil desejado e que serviu de orientação para a seleção do MNC definido para o estudo proposto.

Quadro 6 - Perfil do MNC definido para o estudo proposto

Capacidades	Características
Produto inovador, de difícil imitação e baseado nos princípios da EC.	Criar um produto inovador, de difícil imitação, que tenha impacto positivo em termos sociais, ambientais e econômicos, que esteja dentro dos princípios da EC e atenda as necessidades do mercado.
Ações empreendedoras de fora para dentro.	Identificar, reconhecer e explorar as potenciais oportunidades de negócio.
Cultura inovadora de dentro para fora.	Desenvolver as potencialidades dos funcionários, com o favorecimento de ações empreendedoras, inovadoras e de aprendizagem organizacional.
Parcerias estratégicas.	Manter relacionamentos, redes estratégicas e parcerias que possam alavancar os negócios.
Pioneirismo.	Estabelecer um posicionamento de vanguarda, dentro de uma visão apurada do futuro.

Fonte: Autoria própria (2023).

Com as características necessárias para o MNC ser utilizado na pesquisa, o próximo passo foi analisar as empresas com o perfil identificado para o estudo. Após diversas análises, uma indústria de veículos pesados, de grande porte e atuação global foi selecionada para fazer parte do estudo.

Os contatos iniciais não foram bem-sucedidos, tendo em vista as várias tentativas por e-mail, telefone e redes sociais. Após as primeiras iniciativas, uma pessoa da área de contato com o público posicionou-se favoravelmente ao desenvolvimento da pesquisa e mostrou-se disposta a contribuir. Passado um mês do contato inicial, foi marcada uma videoconferência com um executivo brasileiro da empresa em estudo, no dia 28 de abril de 2020. O encontro virtual foi satisfatório para ambas as partes e ficou determinado que todo o contato para a aplicação da pesquisa seria feito por meio de um representante da indústria.

Um funcionário, que atua na empresa há muitos anos, ficou encarregado da função de intermediar a aplicação dos questionários em uma unidade fabril da indústria de veículos pesados pesquisada. Além de intermediar a pesquisa, o funcionário sanou dúvidas e transmitiu informações. O questionário (Apêndice B) foi aplicado no período de julho a setembro de 2022, por meio de um link do Google

Forms enviado ao representante da indústria de veículos pesados, que repassou aos gerentes da empresa mediante mecanismo interno de comunicação. Diante disso, 22 gerentes contactados responderam ao questionário para a aplicação do método multicritério AHP.

4.1.2 Construção da FEC baseada no MNC definido para a pesquisa

Alicerçada no MNC definido, a FEC foi desenvolvida com o propósito de favorecer uma reflexão sobre as áreas essenciais de um empreendimento e analisar detalhadamente as influências externas, internas e ambientais, tendo como aspectos restritivos para a sua utilização, as capacidades e características organizacionais apontadas no perfil do MNC.

A FEC é um instrumento de auxílio à tomada de decisão do usuário e foi criada a partir dos conteúdos articulados entre si, pertencentes às outras ferramentas estratégicas, que se encontram disponíveis nas publicações acadêmicas específicas. Foram selecionadas as seguintes ferramentas estratégicas para sua construção da FEC: Matriz SWOT, *Balanced Scorecard*, *Balanced Scorecard* da Sustentabilidade, Visão Baseada em Recursos, Canvas e Ecocanvas. As ferramentas apresentam inter-relações e complementaridade que permitem as conexões em todos os pontos fundamentais para a tomada de decisão estratégica.

A construção da FEC seguiu o perfil do MNC apresentado no Quadro 6. Foi realizada a definição do layout e a sequência dos blocos para dar ao usuário da FEC uma continuidade de raciocínio dentro da evolução dos componentes da ferramenta. O Quadro 7 ilustra as características das ferramentas utilizadas na construção da FEC:

Quadro 7 - Ferramentas estratégicas utilizadas

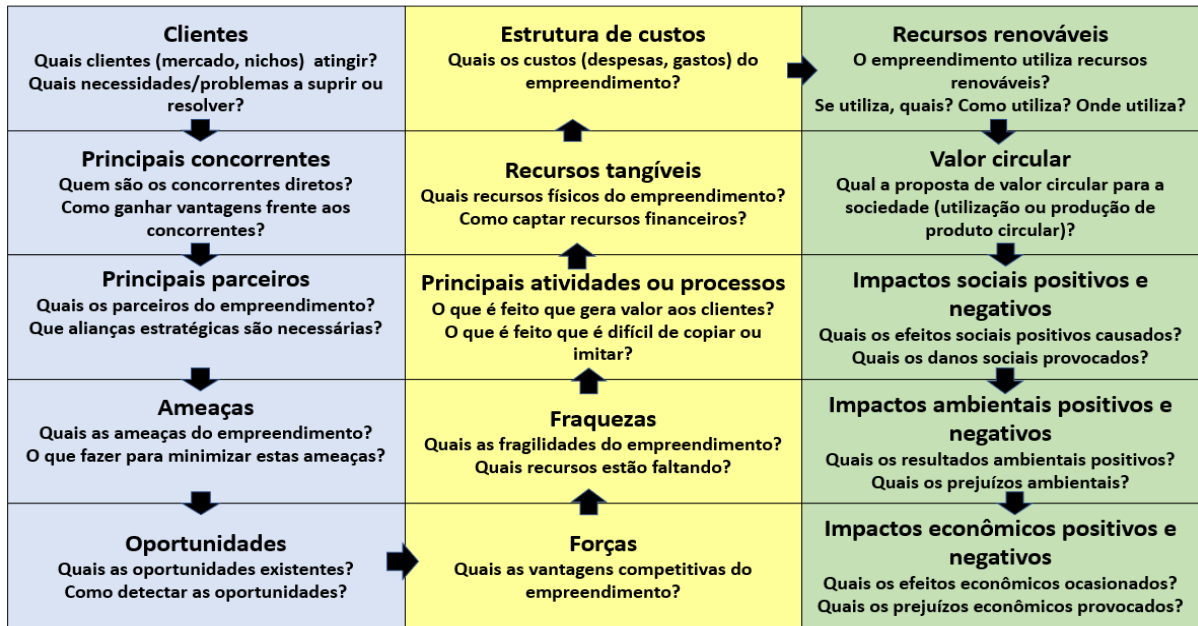
Ferramentas Estratégicas	Características	Autores
Matriz SWOT	O foco da ferramenta SWOT está relacionado com os fatores de sucesso tidos como chave ou críticos para a organização em análise.	Bernroider (2002)
Balanced Scorecard	O BSC traduz a missão da empresa e transforma a estratégia em objetivos e medidas de desempenho, tendo como parâmetros quatro perspectivas: financeira, do cliente, dos processos internos e do aprendizado e crescimento.	Kaplan e Norton (1996)
Balanced Scorecard da Sustentabilidade	O BSCS se diferencia do BSC tradicional por identificar objetivos estratégicos organizacionais vinculados a padrões de desempenho não tradicionais, tais como os fatores ambientais e sociais.	Hansen e Schaltegger (2016)

Visão Baseada em Recursos	VBR é uma ferramenta que foca os recursos organizacionais que são todos os ativos, as capacidades, os processos, as virtudes, as informações e os conhecimentos monitorados pela empresa.	Barney (1991)
Canvas	A ferramenta separa as áreas mais importantes de um negócio em nove componentes: Proposta de Valor, Segmento de Clientes, Canais, Relacionamento com Clientes, Fontes de Receitas, Recursos Principais, Atividades Principais, Parcerias Principais e Estrutura de Custos.	Osterwalder e Pigneur (2011)
Ecocanvas	O Ecocanvas é considerado como uma ferramenta singular, amparada por uma metodologia para possibilitar que organizações formulem coerentemente propostas de valor circular único, baseadas em uma perspectiva de ciclo de vida.	Daou <i>et al.</i> (2020)
Ferramentas Estratégicas	Características	Autores
Matriz SWOT	O foco da ferramenta SWOT está relacionado com os fatores de sucesso tidos como chave ou críticos para a organização em análise.	Bernroider (2002)
Balanced Scorecard	O BSC traduz a missão da empresa e transforma a estratégia em objetivos e medidas de desempenho, tendo como parâmetros quatro perspectivas: financeira, do cliente, dos processos internos e do aprendizado e crescimento.	Kaplan e Norton (1996)
Balanced Scorecard da Sustentabilidade	O BSCS se diferencia do BSC tradicional por identificar objetivos estratégicos organizacionais vinculados a padrões de desempenho não tradicionais, tais como os fatores ambientais e sociais.	Hansen e Schaltegger (2016)
Visão Baseada em Recursos	VBR é uma ferramenta que foca os recursos organizacionais que são todos os ativos, as capacidades, os processos, as virtudes, as informações e os conhecimentos monitorados pela empresa.	Barney (1991)
Canvas	A ferramenta separa as áreas mais importantes de um negócio em nove componentes: Proposta de Valor, Segmento de Clientes, Canais, Relacionamento com Clientes, Fontes de Receitas, Recursos Principais, Atividades Principais, Parcerias Principais e Estrutura de Custos.	Osterwalder e Pigneur (2011)
Ecocanvas	O Ecocanvas é considerado como uma ferramenta singular, amparada por uma metodologia para possibilitar que organizações formulem coerentemente propostas de valor circular único, baseadas em uma perspectiva de ciclo de vida.	Daou <i>et al.</i> (2020)

Autoria própria (2023).

A sequência correta para a utilização da ferramenta proposta é da seguinte forma: a) blocos com conteúdos externos; b) blocos com conteúdos internos; e, c) blocos com conteúdos sustentáveis e circulares. Justifica-se este procedimento em função das variáveis externas e independentes que impactam o ambiente interno das organizações (variáveis dependentes) e refletem/influenciam a sustentabilidade e circularidade. A Figura 21 apresenta a FEC.

Figura 21 - Ferramenta Estratégica Circular - FEC



Fonte: Autoria própria (2023).

Para a utilização da ferramenta, é necessário que os 15 blocos componentes sejam analisados de forma sequencial e as informações de cada bloco sejam registradas. Ao final dos apontamentos, devem ser inseridas todas as informações relacionadas às dificuldades detectadas, para posterior tomada de decisão, conforme ilustra o Quadro 8. Um quadro semelhante deve ser construído para as oportunidades detectadas.

Quadro 8 - Apontamentos para a tomada de decisão

Dificuldades detectadas	Responsável(is) pelas soluções	Recursos materiais	Recursos financeiros	Período de realização

Fonte: Autoria própria (2023).

4.2 Pesquisa de mercado sobre a viabilidade da FEC - Fase II

A pesquisa de mercado foi necessária para que o pesquisador obtivesse conhecimentos acerca da viabilidade mercadológica da sua criação. Neste sentido, em busca de respostas para um aprofundamento sobre a aplicabilidade da FEC e o nível de interesse dos possíveis usuários, foi selecionado um grupo de empresários de vários tipos de negócios e portes de empresas. Justifica-se a seleção tendo em

vista que a FEC pode ser utilizada por diversos tipos de empreendimentos, desde que suas operações sejam norteadas pelos princípios da EC.

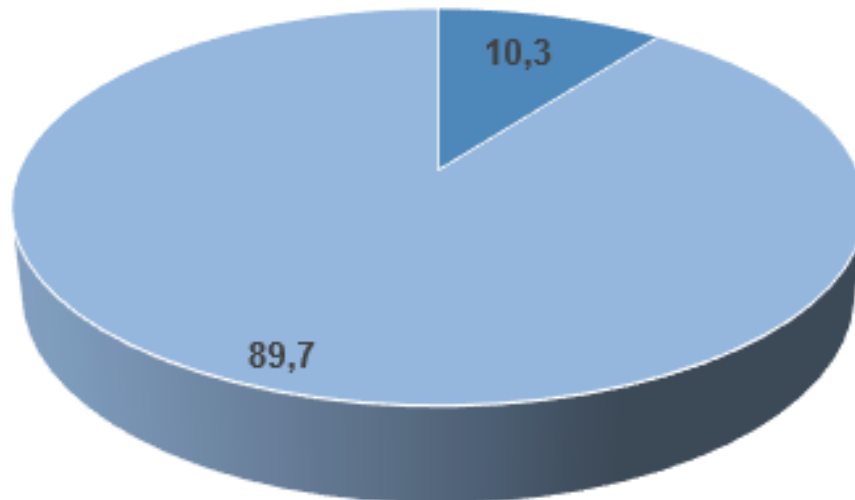
O questionário foi elaborado de forma bastante objetiva, com o propósito de saber, prioritariamente, se o uso de ferramentas estratégicas poderia estar presente no meio empresarial como um instrumento facilitador da tomada de decisão dos participantes da pesquisa. A segunda questão do questionário aplicado complementou a resposta da primeira, como forma de justificar o interesse dos participantes acerca do que foi questionado. A questão posterior teve como finalidade a interpretação dos empresários sobre as forças mercadológicas que impactam o mercado e, por último, os participantes deveriam indicar as qualidades necessárias para uma ferramenta estratégica.

Com o público-alvo definido para a pesquisa de mercado e o questionário elaborado, o próximo passo foi definir a forma de contato aos empresários, a abordagem correta a ser utilizada e a definição do perfil dos participantes. Com o auxílio do Google Forms, foi criado um link aos respondentes e um material com as explicações sobre o estudo. Como o contato por e-mail ou telefone se mostrou insatisfatório pela falta de retorno das respostas do questionário, optou-se pelo grupo do CRA. Os questionários foram aplicados a 29 empresários, no período de 02 de junho a 29 de agosto de 2022.

4.2.1 Aplicação da pesquisa de mercado

O Gráfico 1 ilustra a aceitação dos respondentes do questionário da pesquisa sobre a utilização de uma ferramenta estratégica. Com 89,7%, ou seja, 26 empresários manifestaram interesse em utilizar o instrumento e 10,3%, ou seja, três participantes mencionaram desinteresse na utilização. O resultado demonstra que o mercado é carente deste mecanismo para a tomada de decisão e reflete que o mercado está favorável e aberto para a implementação do instrumento objeto do estudo.

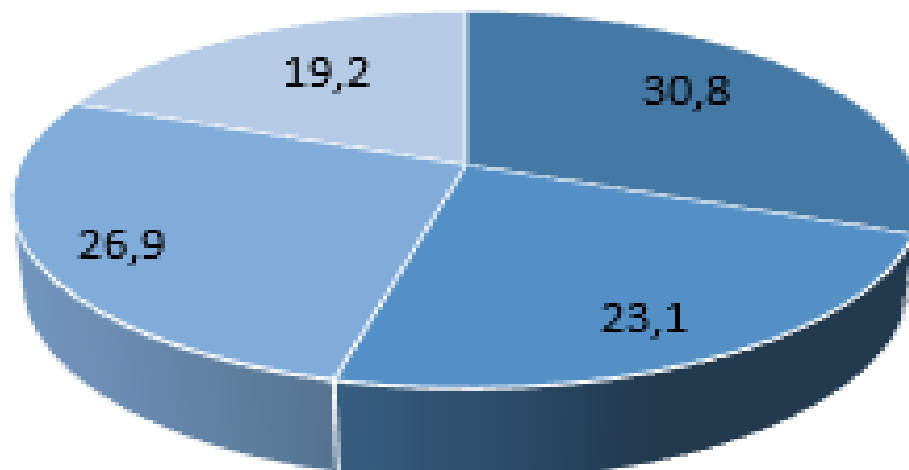
Gráfico 1 - Interesse na utilização de uma ferramenta estratégica



Fonte: Autoria própria (2023).

Os participantes que acenaram positivamente ao uso do instrumento, ou seja, 26 empresários, 30,8% mencionaram que conhecem algumas ferramentas e sabem que as mesmas auxiliam na tomada de decisão. Os participantes num total de 26,9% acreditam que ajudam a analisar o mercado, 23,1% possuem curiosidade sobre seu funcionamento e 19,2% já utilizaram alguma ferramenta estratégica e tiveram uma boa impressão sobre sua utilização. O Gráfico 2 apresenta as motivações dos respondentes.

Gráfico 2 - Motivações para a utilização de uma ferramenta estratégica

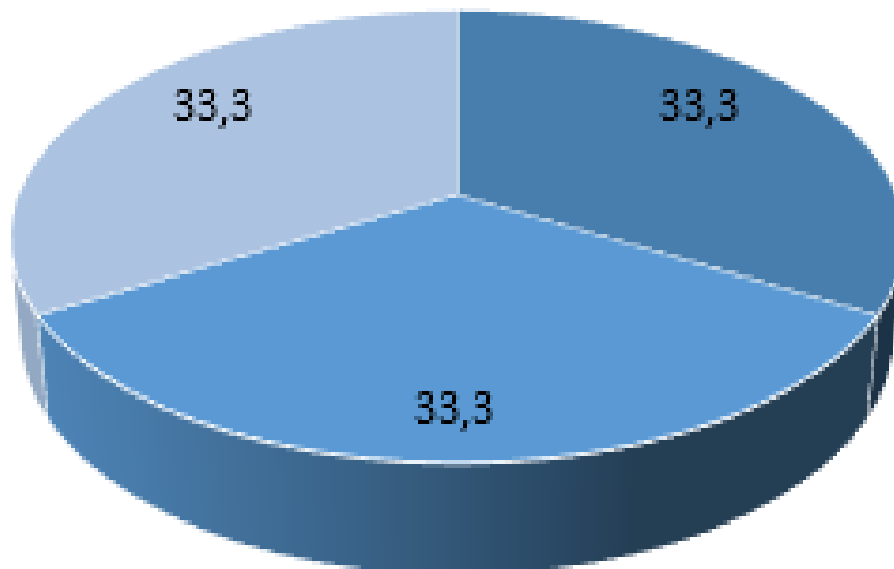


Fonte: Autoria própria (2023).

O Gráfico 3 contém as manifestações contrárias e neutras dos respondentes acerca do instrumento, o que resultou nas repostas do questionário aplicado que dois empresários participantes da pesquisa manifestaram total desinteresse pela utilização

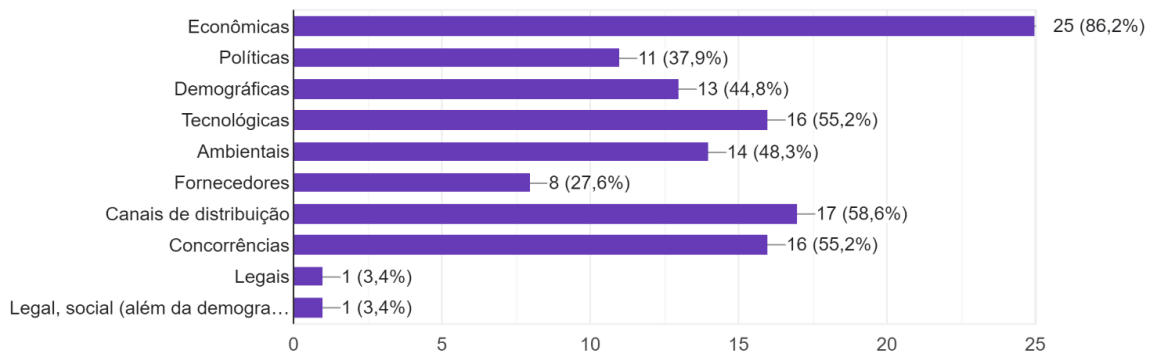
de uma ferramenta estratégica e 1 respondente apresentou neutralidade. Na interpretação do gráfico, é possível afirmar que um respondente (33,3%) não se interessa por ferramentas, outro respondente (33,3%) não consegue ver alguma utilidade no mecanismo, e, ainda, outro respondente (33,3%) nunca utilizou, no entanto utilizaria se fosse necessário.

Gráfico 3 - Manifestações contrárias e neutras sobre a utilização de uma ferramenta estratégica



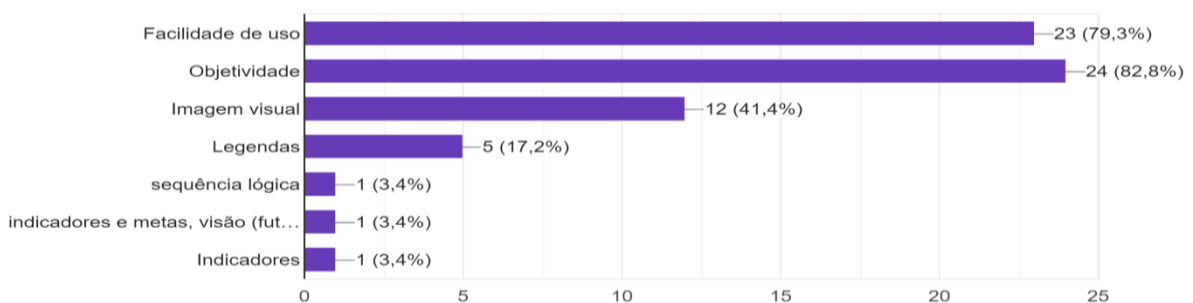
Fonte: Autoria própria (2023).

Diante do questionamento sobre as forças que impactam o mercado, os participantes da pesquisa puderam marcar mais de uma resposta e as indicações ocorreram da seguinte forma: forças econômicas (25), os canais de distribuição (17), concorrências (16), ambientais (14), demográficas (13), políticas (11), legais (1) e de forma agrupada as legais, sociais, demográficas (moda, costumes, tendências) e ameaças de produtos substitutos (1). O Gráfico 4 ilustra as forças que podem impactar o mercado.

Gráfico 4 - Forças ou influências que podem impactar o mercado

Fonte: Google Forms (2023).

As respostas para o questionamento acerca das qualidades necessárias para uma ferramenta estratégica, com a possibilidade de marcar mais de uma alternativa, receberam as seguintes indicações: objetividade (24), facilidade de uso (23), imagem visual (12), legendas (5), sequência lógica (1), indicadores e metas, visão (futuro) e outras diretrizes como horizonte de tempo (1) indicadores (1). O Gráfico 5 apresenta as qualidades necessárias para a eficácia de uma ferramenta estratégica, de acordo com a concepção dos participantes.

Gráfico 5 - Qualidades necessárias para uma ferramenta estratégica

Fonte: Google Forms (2023).

4.2.2 Análise da viabilidade da FEC

No Quadro 9 estão elencados os principais números representativos do estudo de mercado, dentro do panorama geral das respostas dos 29 empresários participantes da pesquisa.

O resultado da pesquisa (89,7%) foi bastante favorável para a utilização da ferramenta. Outro fator relevante diz respeito ao percentual de empresários que tiveram algum tipo de proximidade com algum instrumento, ou seja, 49% dos

respondentes mencionaram que conhecem ou já utilizaram algum tipo de ferramenta. Os aspectos econômicos concentram uma parte significativa das indicações como as forças que impactam o lançamento de um produto no mercado, comprovando que as empresas focam grande parte da atenção e energia nas oscilações monetárias.

Dois fatores que merecem destaque são: a objetividade e facilidade de uso e estão relacionados com os itens necessários para que a ferramenta apresente alto nível de qualidade. A objetividade faz com que os usuários identifiquem prontamente as funções de uma ferramenta estratégica, enquanto que a facilidade de uso permite que não se perca tempo com manuais e legendas complexas e o usuário possa ir direto ao foco do que pretende ao utilizar um instrumento desta natureza.

Quadro 9 - Dados principais da pesquisa de mercado

Gráfico 1 (sobre a utilização da FEC)	Gráfico 2 (sobre as motivações da utilização)	Gráfico 3 (nunca usaram uma ferramenta)	Gráfico 4 (influências das forças do mercado)	Gráfico 5 (opiniões sobre a qualidade da FEC)
<p>10,3% não utilizaram</p> <p>89,7% Já utilizaram ou são favoráveis</p>	<p>19% já utilizaram e gostaram</p> <p>23% são curiosos sobre funcionamento</p> <p>26,9% sabem que auxiliam na análise do mercado</p> <p>30% conhecem a utilidade</p>	<p>33,3% (um respondente não consegue ver utilidade)</p> <p>33,3% (um respondente não se interessa)</p> <p>33,3% (um respondente nunca usou, mas usaria se necessário)</p>	<p>11 políticas</p> <p>13 demográficas</p> <p>14 ambientais</p> <p>16 concorrências</p> <p>16 tecnológicas</p> <p>17 canais de distribuição</p> <p>25 econômicas</p>	<p>5 legendas</p> <p>12 imagem visual</p> <p>23 usabilidade</p> <p>24 objetividade</p>

Fonte: Autoria própria (2023).

4.3 Aplicação do método multicritério AHP e validação da FEC - Fase III

Na Fase III foi realizada a aplicação do método multicritério AHP e a validação da FEC, embasada nos dados processados na Fase I e Fase II. A aplicação do método multicritério AHP contou com auxílio da ferramenta computacional SDS, para a análise dos dados coletados, obtidos nos questionários aplicados aos gerentes da unidade fabril, da indústria fabricante de veículos pesados. Posteriormente, foi realizada a validação pelos especialistas e pelos empresários das transportadoras selecionadas para o estudo. Para a análise da confiabilidade do questionário aplicado na validação

da FEC, foi utilizado o Coeficiente Alfa de Cronbach, que mediu a consistência interna no instrumento.

4.3.1 Aplicação do método multicritério AHP

A Hierarquia da AHP surge a partir de um problema a ser resolvido. Portanto, para a aplicação do método é necessário partir de um objetivo. De acordo com Almeida (2013), identificar os objetivos requer que a pessoa tenha criatividade e um árduo pensamento sobre uma determinada situação de decisão.

Para o presente estudo, o objetivo da Hierarquia AHP é solucionar o problema a respeito da melhor opção para caminhões, levando-se em conta os critérios que pesam quando se trata da aquisição deste tipo de veículo pesado, ou seja: preço, sustentabilidade, rendimento no consumo e segurança. Os critérios foram selecionados amparados nas diversas reportagens encontradas no site da indústria pesquisada que destacaram os fatores de decisão na aquisição de um caminhão produzido pela fabricante e por uma questão de confidencialidade, estas matérias publicitárias não poderão ser citadas.

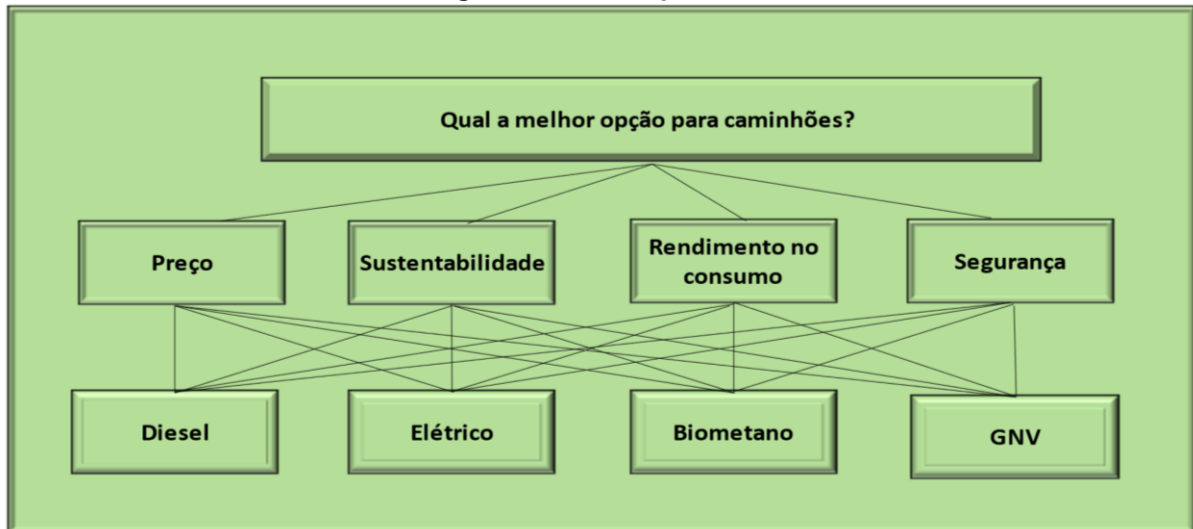
O preço está relacionado às despesas do valor cobrado na bomba do combustível ou no carregamento da bateria. A sustentabilidade é um critério a ser considerado em função dos elevados índices de gases tóxicos oriundos das emissões dos combustíveis fósseis e, também, pela necessidade da utilização de fontes renováveis para a preservação ambiental.

De certa forma, o rendimento no consumo está relacionado diretamente com o preço, tendo em vista que as despesas de combustíveis diminuem com veículos que apresentam bons rendimentos no consumo. Em outros termos, é possível afirmar que um caminhão pode apresentar preço alto no tipo de combustível e ser econômico em função do seu elevado rendimento no consumo. A segurança está relacionada com a possibilidade de explosões durante os fortes impactos nos caminhões em casos de acidentes.

As alternativas que deram suporte para a aplicação do método AHP foram os caminhões movidos a diesel, a energia (elétrico), a biometano e a GNV. No Brasil, há caminhões que consomem diesel, e outros veículos pesados movidos a eletricidade encontram-se no Brasil em menor número de fabricação, além dos que utilizam biometano/GNV que podem ser abastecidos por um ou por outro ou ambos os

combustíveis. A Figura 22 apresenta a Hierarquia AHP para a construção do questionário.

Figura 22 - Hierarquia AHP



Fonte: Adaptado de Saaty (1987).

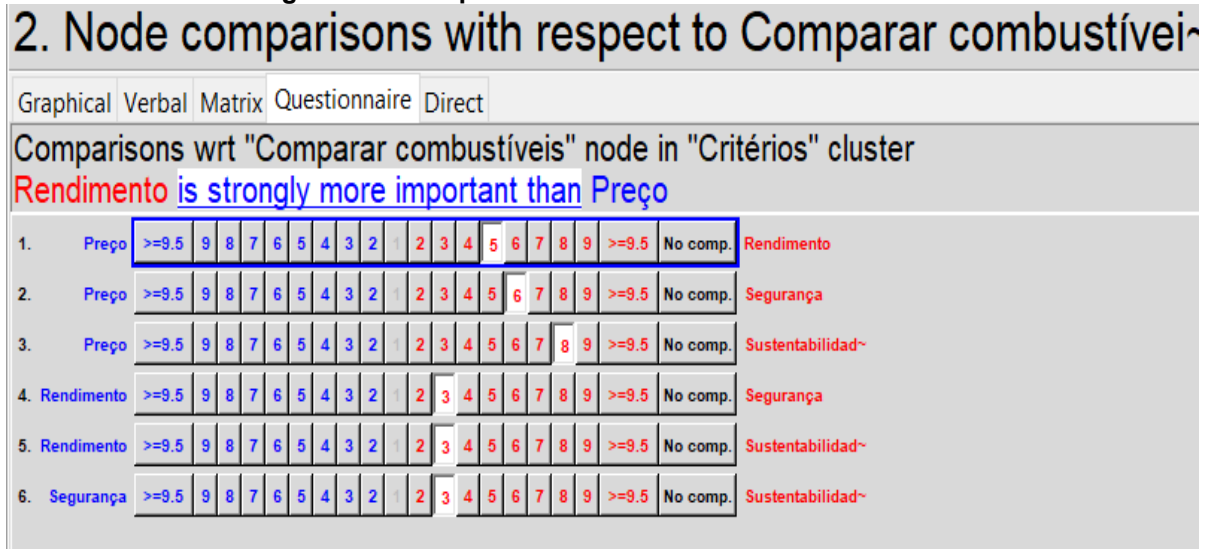
4.3.2 Utilização do SDS

O foco principal da utilização do SDS na pesquisa foi realizar um comparativo entre os combustíveis utilizados pelos caminhões, para que os resultados obtidos por meio do software de apoio à tomada de decisão possibilitassem a estruturação e otimização da construção da FEC.

O questionário foi aplicado no período de julho a setembro de 2022 e foi respondido por 22 gerentes da empresa pesquisada, gerando 22 respostas comparativas. Com os resultados obtidos, foram criados individualmente 22 clusters no SDS contendo objetivos do cluster, critérios do cluster e alternativas do cluster. Em seguida, foram criados nós com os respectivos nomes de acordo com a Hierarquia AHP da Figura 22 e, na sequência, foram ligados os relacionamentos entre os nós.

Na Figura 23, os dados oriundos do questionário aplicado a um respondente da pesquisa foram processados no SDS e retratam o resultado do comparativo referente às opções de combustíveis para caminhões, segundo os critérios: preço, sustentabilidade, rendimento no consumo e segurança:

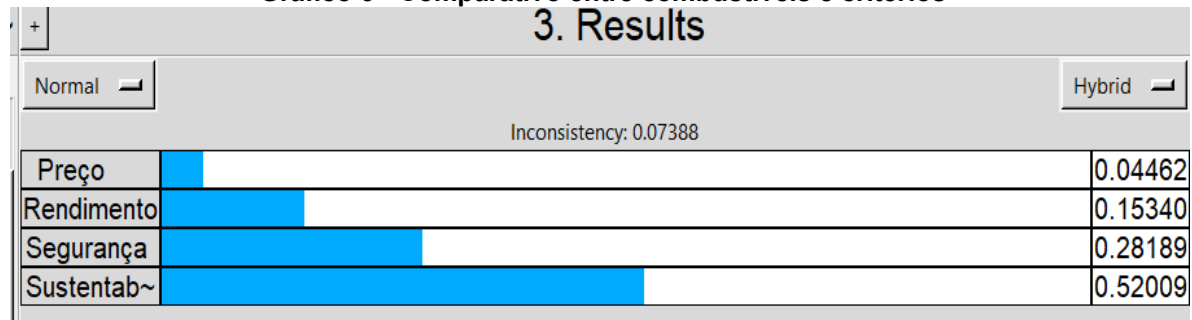
Figura 23 - Comparativo entre combustíveis e critérios



Fonte: Instrumento SDS (2023).

Com os dados gerados na ferramenta computacional e ilustrados na Figura 23, foi criado um gráfico de um exemplo do questionário aplicado que retrata o comparativo entre os combustíveis e os critérios, conforme apresenta o Gráfico 6. Diante da consistência de 0,07, o resultado de maior relevância foi o da sustentabilidade (0,52009), seguido de segurança (0,28189), rendimento (0,15340) e, por fim, preço (0,04462).

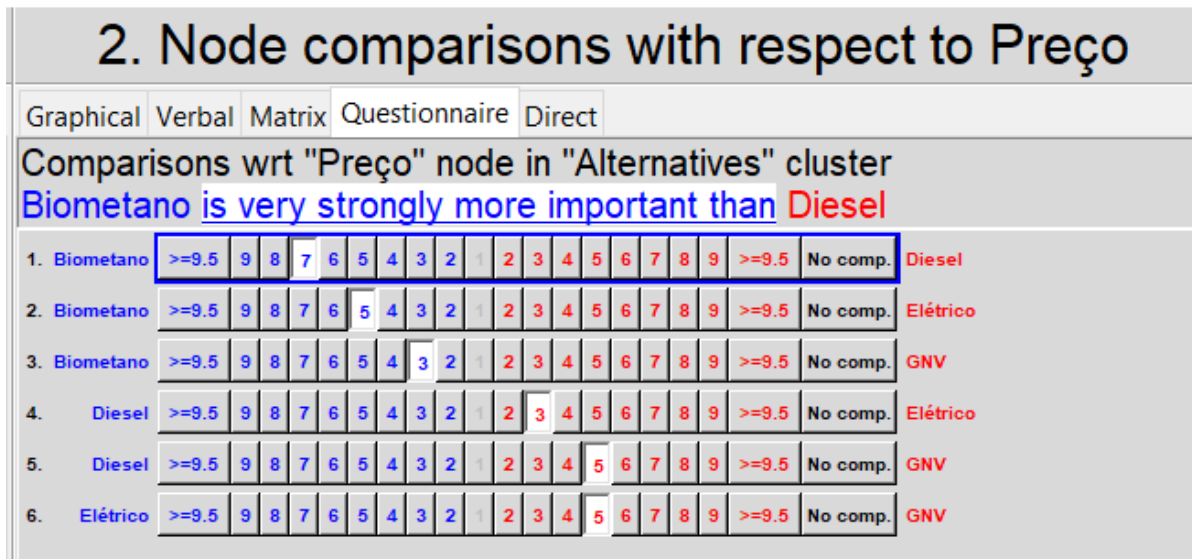
Gráfico 6 - Comparativo entre combustíveis e critérios



Fonte: Instrumento SDS (2023).

O primeiro critério da Hierarquia AHP é o preço. A Figura 24 retrata o resultado gerado em um questionário aplicado aos participantes da pesquisa, sendo comparado o valor pago para caminhões em relação às alternativas: biometano, diesel, energia (elétrico) e GNV.

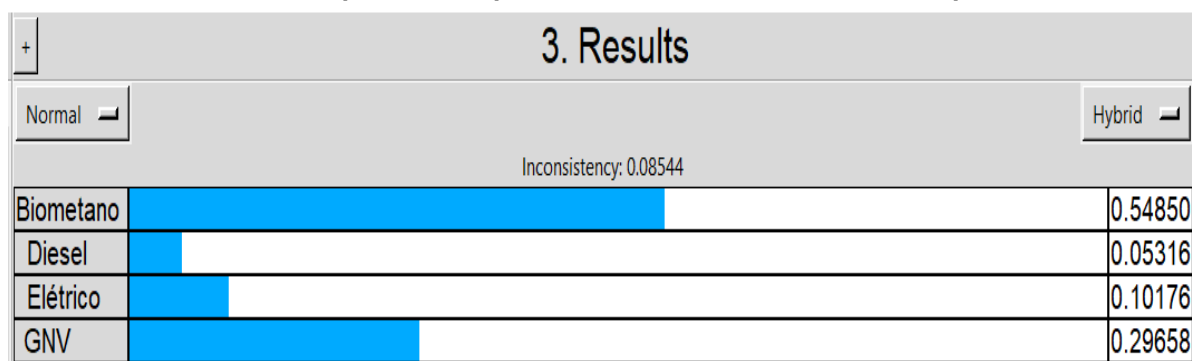
Figura 24 - Comparativo do preço com as alternativas da Hierarquia AHP



Fonte: Instrumento SDS (2023).

Com os resultados do questionário processados no SDS e retratados na Figura 24, foi possível criar um gráfico para apresentar o comparativo do preço dentre as alternativas presentes na Hierarquia AHP. O Gráfico 7 ilustra o exemplo do questionário aplicado a um participante da pesquisa. Com consistência de 0,08, o biometano obteve maior relevância no critério preço (0,54850), seguido do GNV (0,29658), elétrico (0,10176) e, por fim, o diesel (0,05316).

Gráfico 7 - Comparativo do preço com as alternativas da Hierarquia AHP



Fonte: Instrumento SDS (2023).

O segundo critério da Hierarquia AHP é a sustentabilidade. Foi aplicado o questionário contendo o comparativo do critério sustentabilidade com as alternativas para caminhões movidos a biometano, diesel, energia (elétrico) e GNV. A Figura 25 retrata a forma como o SDS processou os resultados obtidos no questionário de um respondente.

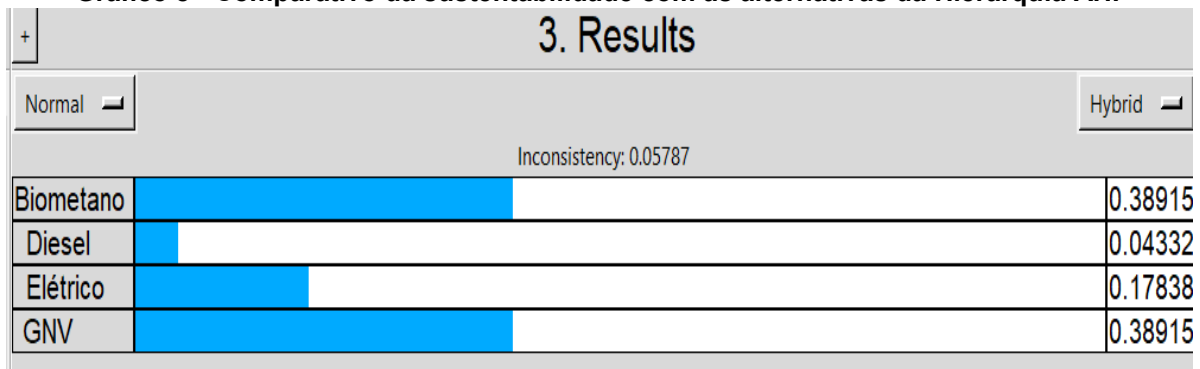
Figura 25 - Comparativo da sustentabilidade com as alternativas da Hierarquia AHP



Fonte: Instrumento SDS (2023).

O SDS gerou um gráfico por meio dos resultados do questionário aplicado a um respondente, conforme Figura 25. No Gráfico 8, o índice de consistência foi de 0,05 e na comparação o biometano e o GNV obtiveram igual relevância sobre sustentabilidade (0,38915), seguidos do elétrico (0,17838) e o diesel obteve menor pontuação (0,04332).

Gráfico 8 - Comparativo da sustentabilidade com as alternativas da Hierarquia AHP



Fonte: Instrumento SDS (2023).

O terceiro critério da Hierarquia AHP é o rendimento no consumo. Este critério está relacionado com a quantidade de quilometragem rodada para cada combustível utilizado nos caminhões. A Figura 26 retrata o resultado do questionário aplicado a um respondente da pesquisa e processado no SDS. O rendimento foi comparado par a par com as alternativas: biometano, diesel, energia (elétrico) e GNV.

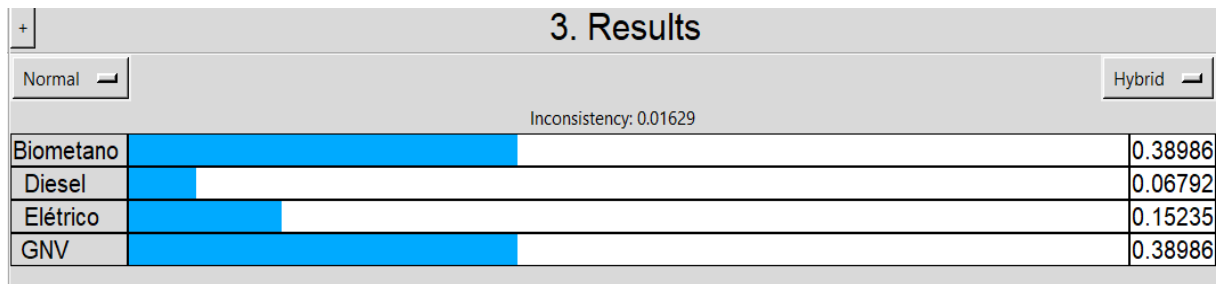
Figura 26 - Comparativo do rendimento para consumo com as alternativas da Hierarquia AHP



Fonte: Instrumento SDS (2023).

Os dados apresentados na Figura 26 foram processados no SDS e ilustrados no Gráfico 9. De acordo com a ferramenta computacional utilizada, o índice de consistência foi de 0,01 e o biometano e o GNV obtiveram igual resultado no rendimento do consumo (0,38986), seguidos do elétrico (0,15235) e, por fim, o diesel (0,06792).

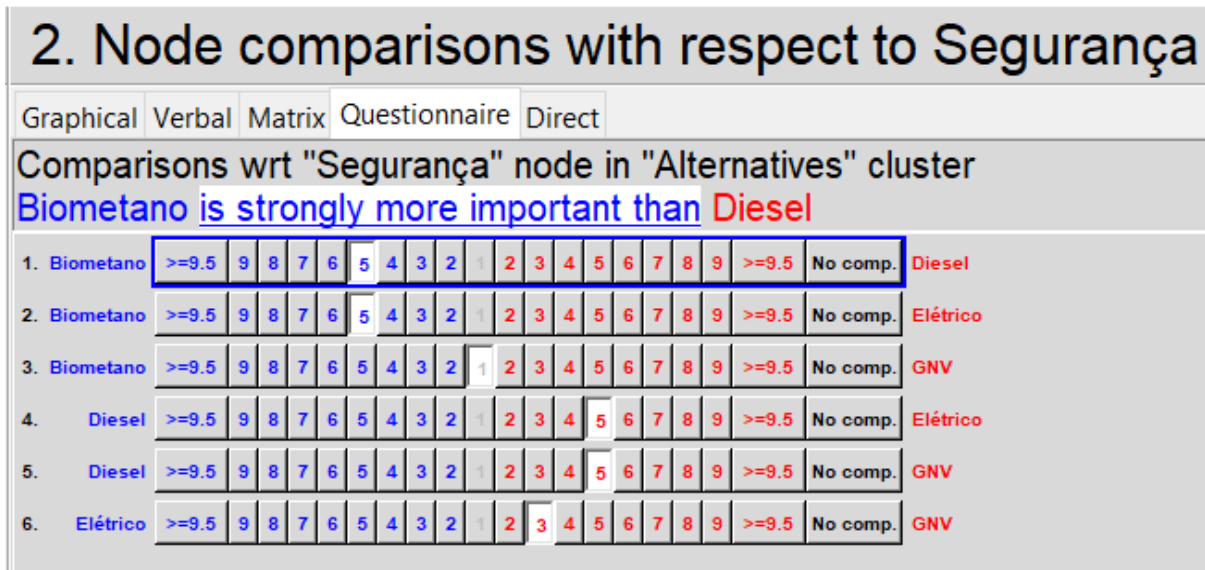
Gráfico 9 - Comparativo do rendimento de consumo com as alternativas da Hierarquia AHP



Fonte: Instrumento SDS (2023).

A segurança é o quarto e último critério da Hierarquia AHP. Este critério está relacionado ao risco de explosões diante de fortes impactos que os caminhões podem sofrer nas rodovias em que trafegam. A Figura 27 apresenta o resultado do questionário aplicado a um respondente da pesquisa e processado no SDS. A segurança dos caminhões foi comparada par a par com as alternativas: biometano, diesel, energia (elétrico) e GNV.

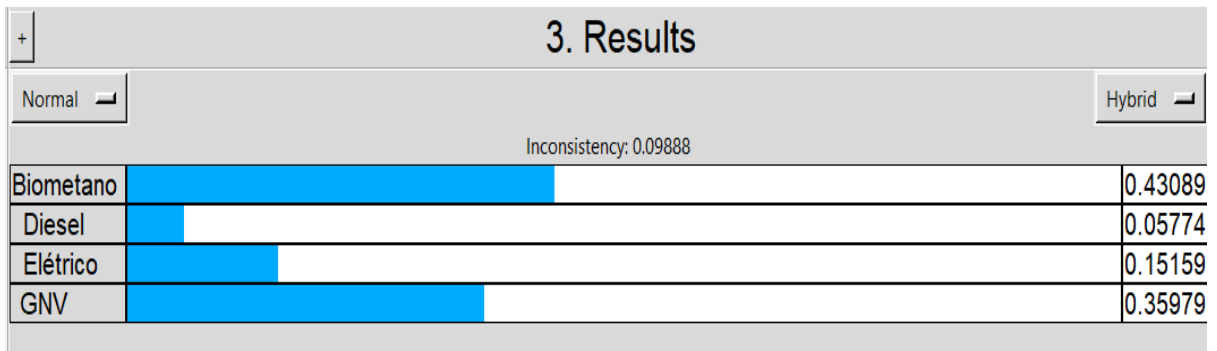
Figura 27 - Comparativo da segurança com as alternativas da Hierarquia AHP



Fonte: Instrumento SDS (2023).

O Gráfico 10 ilustra os resultados apresentados na Figura 27 e processados no SDS. A consistência obteve o índice de 0,09 e o biometano apresentou o melhor resultado no critério segurança (0,43089), seguido do GNV (0,35979), elétrico (0,15159) e, por último, sendo o mais inflamável, o diesel (0,05774).

Gráfico 10 - Comparativo da segurança com as alternativas da Hierarquia AHP







Fonte: Instrumento SDS (2023).

O Gráfico 11 apresenta os resultados obtidos nas respostas de um respondente, sendo processados pelo SDS em valores totais, normais, ideais e o ranking da colocação das alternativas da Hierarquia AHP: biometano, diesel, energia (elétrico) e GNV. Os valores totais são oriundos da supermatriz e estão relacionados com o processamento das respostas do respondente no SDS. Os valores normalizados são obtidos pela normalização da coluna dos valores totais, ou seja, divide-se cada elemento dos valores totais pela soma da coluna a que pertence. Normaliza-se os valores da coluna “totais” de tal forma que a soma de todos os

elementos normalizados seja igual a 1. Os valores ideais são obtidos por meio da divisão de cada número normalizado pelo maior algarismo normalizado.

Gráfico 11 - Classificação das alternativas

Graphic	Alternatives	Total	Normal	Ideal	Ranking
	Biometano	0.2151	0.4301	1.0000	1
	Diesel	0.0472	0.0943	0.2193	4
	Elétrico	0.0588	0.1176	0.2733	3
	GNV	0.1790	0.3580	0.8322	2

Fonte: Instrumento SDS (2023).

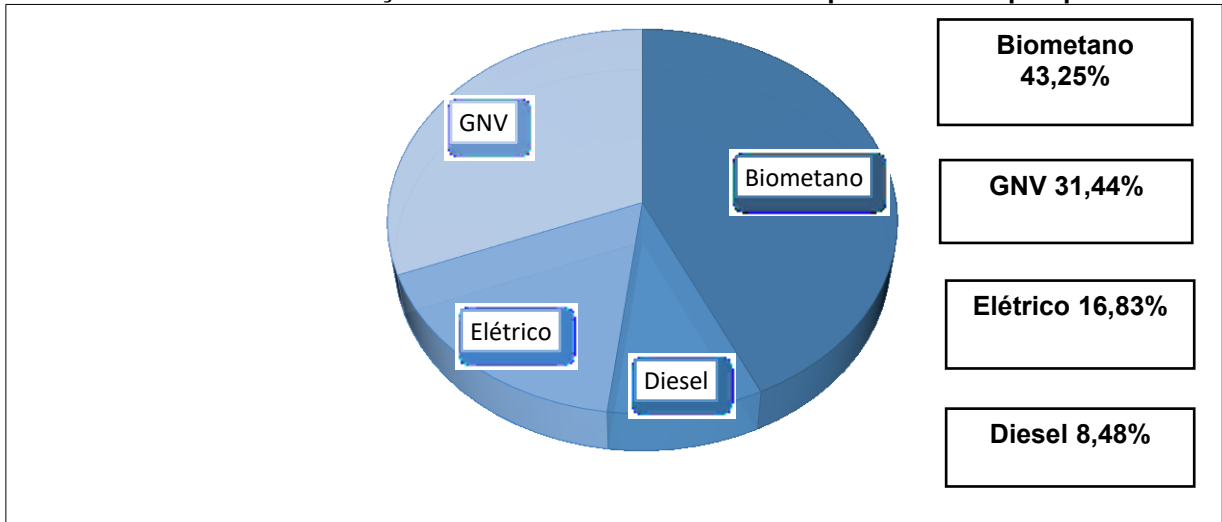
A Tabela 2 apresenta os valores normalizados das alternativas da Hierarquia AHP, relacionados a todos os 22 participantes da pesquisa. Os dados obtidos a partir do processamento da ferramenta computacional SDS foram somados e a média foi calculada com o propósito de se obter a representação percentual do biometano, do diesel, do elétrico e do GNV.

Tabela 2 - Valores normalizados das alternativas da Hierarquia AHP

Biometano	Biometano	Diesel	Diesel	Elétrico	Elétrico	GNV	GNV
0,3516	0,4437	0,2070	0,0463	0,2085	0,1215	0,2329	0,3885
0,1771	0,4301	0,2195	0,0943	0,2951	0,1176	0,3083	0,3580
0,1986	0,4541	0,2190	0,0541	0,5266	0,1197	0,0558	0,3721
0,1849	0,4938	0,2305	0,0462	0,5266	0,1166	0,0580	0,3434
0,6648	0,4612	0,0289	0,0548	0,0840	0,1246	0,2222	0,3593
0,4754	0,4822	0,0562	0,0472	0,1356	0,1022	0,3328	0,3685
0,5327	0,5236	0,0488	0,0510	0,1300	0,1052	0,2884	0,3202
0,4153	0,4621	0,0497	0,0503	0,1829	0,1066	0,3521	0,3809
0,4638	0,5030	0,0477	0,0559	0,1203	0,1085	0,3683	0,3326
0,4729	0,4051	0,0484	0,1126	0,1197	0,1178	0,3590	0,3646
0,4508	0,4682	0,0513	0,0454	0,1302	0,1036	0,3677	0,3828

Fonte: Autoria própria (2023).

O Gráfico 12 ilustra a consolidação do resultado das respostas dos 22 respondentes processadas pelo SDS. Os dados foram obtidos pela média dos valores normalizados de todas as alternativas da AHP: biometano, diesel, energia (elétrico) e GNV. Dentro dos critérios preço, sustentabilidade, rendimento no consumo e segurança, o biometano obteve resultado mais relevante (43,25%), seguido por o GNV (31,44%), em terceiro lugar o elétrico (16,83%) e, por último, o diesel (8,48%).

Gráfico 12 - Consolidação dos resultados de todos os respondentes da pesquisa

Fonte: Autoria própria (2023).

4.3.3 Validação da FEC

Após a construção da FEC, foi realizada a validação, ou seja, o questionário para a validação da FEC aplicado aos especialistas (primeiro momento) e aos empresários como público-alvo (segundo momento). Justifica-se a validação da FEC ser realizada em dois momentos, tendo em vista que os especialistas da área acadêmica puderam analisar a ferramenta criada dentro da particularidade conceitual da sua usabilidade e os empresários por meio do conhecimento prático da sua experiência e *know how*.

O convite aos especialistas da área acadêmica foi realizado por meio de contato via *WhatsApp* e e-mail, contendo informações e instruções a respeito do processo de validação da FEC, conforme Apêndice C e o questionário foi aplicado em julho de 2022.

Por outro lado, o convite aos empresários representantes das transportadoras foi feito via e-mail e telefone. As informações e instruções que constam no Apêndice D foram repassadas por *WhatsApp* ou e-mail, conforme a escolha do participante da validação e o questionário foi aplicado em setembro de 2022.

O instrumento aplicado fez uso da escala Likert, com 13 questões, sendo que o respondente deveria marcar (1) para discordo totalmente, (2) discordo, (3) neutro, (4) concordo e (5) concordo totalmente. A décima quarta questão foi aberta, para que os respondentes pudessem escrever todas as sugestões para a melhoria da ferramenta proposta. Ao final do questionário, foi disponibilizada a estrutura e uma

breve explicação sobre a FEC para facilitar a compreensão dos especialistas participantes da pesquisa.

Para a validação da ferramenta construída, os dados obtidos por meio dos questionários sobre as percepções e julgamentos realizados pelos especialistas da área acadêmica foram analisados pela pesquisadora e as sugestões foram minuciosamente registradas para o aprimoramento da FEC.

As principais sugestões dos respondentes foram: alteração na sequência dos blocos, diminuição do número de blocos, setas para indicar a sequência correta, alteração na cor laranja para a amarela, junção de alguns blocos e a criação de blocos com a abordagem social, troca da ferramenta estratégica que serviu de base “As 5 Forças de Porter para a Indústria” para a ferramenta “Visão Baseada em Recursos” como justificativa da primeira estar bastante defasada e ineficiente e, por último, com bastante frequência, a existência de perguntas em cada bloco para facilitar a resposta dos usuários.

No segundo momento, a aplicação do questionário para a validação contou com uma explanação maior, tendo em vista a necessidade de conter sua figura, objetivos, indicação do público-alvo, forma de utilização e um estudo de caso para o participante usar a ferramenta dentro de uma situação fictícia.

Os empresários participantes da validação da FEC também responderam ao mesmo questionário da escala Likert utilizado no questionário aos especialistas, assim como a décima quarta questão aberta direcionada para sugestões. O que diferenciou a validação do público-alvo foi a questão prática para obter informações acerca da aplicabilidade da FEC.

4.3.4 Análise da consistência interna do questionário

Para medir a confiabilidade do instrumento utilizado, adotou-se o Coeficiente Alfa de Cronbach, com o intuito de testar a medida de precisão e estimar o grau de homogeneidade entre os itens do questionário aplicado nas duas etapas da validação da FEC.

Uma planilha eletrônica foi utilizada para a realização da soma das variâncias dos itens e também a variância dos totais dos escores de cada respondente. Por meio da fórmula do Coeficiente Alfa de Cronbach, mediu-se a consistência interna do questionário contendo as questões da escala Likert.

A validação da FEC contou com a participação de 29 respondentes, sendo 23 especialistas da área acadêmica e seis empresários. A Tabela 3 ilustra as respostas dos participantes da pesquisa, com as respostas individualizadas e o total para cada respondente do estudo.

Tabela 3 - Respostas do questionário aplicado

Perguntas														
Pessoas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total
1	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	50
2	3	5	4	5	5	4	5	4	4	5	5	4	5	58
3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	50
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	52
5	4	5	4	4	4	5	5	4	4	4	3	5	5	56
6	4	4	4	5	5	4	5	4	4	4	4	5	5	57
7	3	3	5	2	3	4	5	4	4	3	4	4	5	49
8	4	4	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5	61
9	4	4	4	4	3	4	4	4	4	5	5	4	5	54
10	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	3	5	61
11	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	4	62
12	5	5	5	5	4	5	5	3	4	5	5	2	2	55
13	5	4	5	4	5	5	4	5	5	5	5	4	5	61
14	5	4	4	5	5	4	5	4	4	4	4	4	5	57
15	5	4	5	5	4	4	5	4	4	5	5	5	4	59
16	4	3	4	5	4	5	4	4	5	3	3	4	3	51
17	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	5	5	55
18	4	5	5	4	4	5	5	4	5	5	5	4	5	60
19	4	4	4	5	4	5	5	5	4	4	5	5	4	58
20	3	4	5	2	5	5	5	2	2	2	2	4	5	46
21	4	4	3	4	4	5	5	3	4	4	4	4	4	52
22	3	4	5	5	3	3	4	3	4	3	3	4	3	47
23	3	4	4	4	4	5	4	3	4	3	3	3	5	49
24	4	2	4	4	5	4	3	4	4	4	4	5	3	50
25	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	64
26	3	2	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	40
27	5	4	4	4	5	4	5	3	4	3	3	4	5	53
28	1	3	5	3	1	5	4	4	3	4	3	3	3	42
29	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	63

Fonte: Autoria própria (2023).

Com o resultado de cada item, a planilha eletrônica calculou a variância dos 13 itens do questionário aplicado. Dessa forma, foi realizada a somatória da variância dos itens e resultou em 7,976218787. A Tabela 4, a seguir, apresenta como os cálculos foram realizados.

Tabela 4 - Soma da variância dos itens

Itens	Variância
1	0,753864
2	0,620699
3	0,373365
4	0,734839
5	0,808561
6	0,380499
7	0,387634
8	0,575505
9	0,437574
10	0,753864
11	0,782402
12	0,601665
13	0,765755
Total	7,976218787

Fonte: Autoria própria (2023).

O Alfa de Cronbach possui interpretação direta e objetiva, uma pontuação de 0,70 ou superior de uma forma geral é considerada aceitável. A pontuação de 0,90 ou superior aponta alta consistência, 0,80-0,89 indica boa consistência, 0,70-0,79 é considerada aceitável consistência, 0,65-0,69 é apontada como marginalmente consistente. Por outro lado, abaixo de 0,50 indica consistência inaceitável (KOTIAN; VARGHESE; ROHITH, 2022).

A planilha eletrônica calculou a variância dos totais dos escores de cada respondente e obteve 37,12960761. Com todos os dados necessários para a aplicação da fórmula, o Coeficiente Alfa de Cronbach determinou o grau de consistência interna do questionário como 0,85, sendo considerado boa consistência, o que pode garantir um nível satisfatório de confiabilidade do instrumento de pesquisa.

4.4 Usuários da FEC

O MNC definido no estudo deve ser utilizado para determinar os usuários da FEC. O critério fundamental para a seleção das organizações que podem fazer uso da ferramenta construída é a presença da EC na empresa. Independentemente do tipo de empresa, porte, produto ou serviço, a circularidade deve estar presente na organização.

O restante dos itens que compõem o MNC construído no estudo, tais como: ações empreendedoras de fora para dentro, cultura inovadora de dentro para fora,

parcerias estratégicas e pioneirismo são importantes para completar o perfil desejado do usuário da FEC, no entanto não deve ser utilizado como critério de seleção. O Quadro 10 apresenta os possíveis usuários da FEC:

Quadro 10 - Exemplos de usuários da FEC

Tipo de organização	Produção	Aplicações
Indústria alimentícia	Alimentação	Utilização da FEC para detectar uma forma estratégica para alavancar os negócios e gerar valor circular aos clientes. Tipo de produto: ração produzida a partir de carcaça de aves.
Restaurante	Alimentação	Por meio do uso da FEC identificar mecanismos de disseminação da importância dos alimentos pertencentes à EC. Tipo de produto: aproveitamento de cascas, grãos e sementes para a criação de outros alimentos, com o atrativo do preço baixo para gerar valor aos clientes.
Consultoria	Assessoria	Apresentação da FEC aos potenciais clientes, para instruí-los sobre a importância dos componentes da ferramenta construída. Tipo de produto: oferecimento de ideias, conhecimentos e aconselhamentos, com sugestões de alternativas para a produção de produtos circulares.
Indústria computacional	Informática	Utilização da FEC para a identificação de oportunidades e fortalecimento das áreas essenciais do empreendimento. Tipo de produto: produção de outros equipamentos a partir dos componentes reaproveitados.

Fonte: Autoria própria (2023).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tese teve como objetivo geral utilizar uma ferramenta estratégica circular para favorecer a tomada de decisão sobre as forças que impactam o mercado de caminhões movidos a biometano. Os métodos utilizados foram condizentes com os objetivos propostos para o presente estudo.

Os objetivos específicos foram correlacionados com as fases da pesquisa. Na Fase I, foi definido o MNC e a construção da FEC, vinculada aos objetivos específicos: definir o MNC para ser utilizado na pesquisa e construir a FEC baseada no MNC definido. O questionário foi aplicado aos empresários de diversos ramos de atividades e portes de empresa, com o propósito de obter conhecimentos acerca da real necessidade da utilização de uma ferramenta estratégica circular dentro de uma perspectiva estratégica, para o auxílio à tomada de decisão do usuário.

Na Fase II, foi desenvolvida a pesquisa de mercado sobre a viabilidade da FEC e esteve relacionada com os objetivos específicos: aplicar uma pesquisa de mercado sobre a necessidade da utilização da FEC e identificar a viabilidade da FEC. A pesquisa desta fase foi aplicada aos funcionários da unidade fabril da indústria de veículos pesados pesquisada. Para a análise da AHP foi utilizado o SDS, instrumento que com uso de mecanismo computacional faz cálculos matemáticos para a obtenção de resultados dos julgamentos subjetivos dos respondentes, dentro de uma abordagem comparativa par a par.

A Fase III contou com aplicação do método multicritério AHP e validação da FEC, interligada com os objetivos específicos: aplicar o método multicritério AHP em uma empresa que apresente o perfil do MNC identificado como modelo a ser utilizado na FEC e validar a FEC. Para a estruturação da FEC, foram selecionadas ferramentas estratégicas que serviram de embasamento para os 15 módulos construídos. Após a versão final da FEC, foi realizada a validação pelos especialistas da área acadêmica e pelo público-alvo, sendo estes últimos empresários e representantes de transportadoras. Para a análise da consistência interna do questionário aplicado, foi utilizado o Coeficiente Alfa de Cronbach, que mediu a confiabilidade do instrumento utilizado.

Diante disso, tendo como suporte os objetivos específicos delineados para o presente estudo, o objetivo geral foi alcançado. Neste estudo, foi utilizado um MNC voltado para uma indústria fabricante de veículos pesados, no entanto a ferramenta

construída pode ser utilizada em outras empresas que apresentem o mesmo MNC definido e aplicado. O instrumento construído apresenta um critério que seleciona o empreendimento como usuário: a presença da EC em seus produtos ou serviços.

O estudo foi desenvolvido em um período de pandemia de COVID-19, isso dificultou os contatos junto à indústria fabricante de veículos pesados. Não foi possível a pesquisadora conhecer a unidade fabril para saber detalhamentos a respeito do processo produtivo desenvolvido, tendo em vista a dificuldade de acesso e restrições inerentes às medidas de contenção da contaminação do coronavírus. No entanto isso foi, à medida do possível, amenizado, devido ao empenho do representante da empresa pesquisada, que procurou repassar as informações necessárias para a conclusão da pesquisa.

A novidade deste estudo é a construção de uma ferramenta que é de fácil manuseio e a sua utilização segue uma sequência lógica: primeiramente os componentes externos, seguidos dos internos e concluindo com os ambientais. A FEC não traz respostas prontas, por mais que isso seja o anseio dos gestores das organizações. Por outro lado, ela permite que os usuários tenham uma visão holística e detalhada do empreendimento, levantem os recursos tangíveis e intangíveis das respectivas empresas, busquem obter conhecimentos sobre as forças e fraquezas internas e externas que influenciam e impactam o ambiente organizacional e identifiquem os benefícios e valores entregues aos seus clientes, tudo isso, prioritariamente, estruturado em ações sustentáveis e circulares.

Dessa forma, pode-se concluir que a ferramenta desenvolvida neste trabalho cumpre o propósito de auxiliar a tomada de decisão do usuário, dentro de uma perspectiva estratégica e circular e, também, possibilita a organização alcançar melhores resultados por meio de escolhas eficientes.

5.1 Contribuições teóricas

A pesquisa permitiu a compreensão das conexões das ferramentas estratégicas, vinculadas aos princípios da EC como suporte à tomada de decisão dos usuários da FEC. Do ponto de vista acadêmico, contribuiu para ampliar os conhecimentos teóricos acerca da atuação de uma ferramenta que possibilitou um posicionamento estratégico, holístico e circular.

O estudo vinculou a EC dentro do campo estratégico e os resultados possibilitam a ampliação teórica e abrem caminhos para outras ideias, servindo de

inspiração para diversas abordagens e percepções, partindo do que foi apresentado na pesquisa para outras oportunidades de trabalhos acadêmicos ou, até mesmo, complementando o que foi exposto na tese.

5.2 Contribuições práticas

As contribuições práticas e gerenciais estão vinculadas com a ferramenta construída no presente estudo. A primeira contribuição refere-se ao direcionamento que as organizações podem adquirir com o perfil do MNC definido para a aplicação da FEC. A partir do MNC identificado como ideal para a aplicação da ferramenta é possível que os gestores façam uma análise da forma como estão e do que ainda necessitam aprimorar em suas operações, para que estejam aptos a implementar a FEC e, com isso, ser mais assertivos na tomada de decisão.

A segunda contribuição está relacionada com a implementação da FEC nos mais diversos tipos de negócios e portes de empresas, desde que apresentem o MNC definido no estudo. A terceira diz respeito ao resultado que uma visão estratégica pode trazer para organizações que utilizam os princípios da EC em seus processos produtivos, tendo em vista que algumas vezes os gestores dissociam o que é estratégico do que é circular, quando na verdade poderiam ganhar muito com a atuação simultânea dos dois. A quarta contribuição está relacionada à oportunidade de utilizar a FEC e detectar as potencialidades e fragilidades da organização e permitir um melhor posicionamento dos usuários da ferramenta frente aos desafios que o mercado oferece para manter-se competitiva no meio empresarial.

5.3 Contribuições sociais

As contribuições sociais do estudo referem-se às reflexões das empresas usuárias da FEC relacionadas aos impactos sociais, ambientais e econômicos, tanto positivos quanto negativos, causados em maior proporção pelos seus processos produtivos, isto reforça a conscientização e o compromisso com a responsabilidade social. Outra contribuição social diz respeito ao uso de materiais advindos de fontes renováveis, uma vez que o usuário da FEC precisa pontuar as ações organizacionais direcionadas aos recursos renováveis.

No que se refere aos princípios da EC, a FEC possibilita a análise das contribuições do empreendimento, relacionada com o valor circular oferecido aos

clientes e à sociedade pela qual está inserido, assim como proporciona reflexões sobre a presença da circularidade em seus produtos e, conseqüentemente, oportuniza melhor uso dos recursos naturais.

5.4 Limitações

A pesquisa do método multicritério AHP foi aplicada na unidade fabril de uma indústria de veículos pesados, as dúvidas foram sanadas pelo representante da empresa que intermediou a aplicação do estudo. Pode ter ocorrido algum tipo de dificuldade na interpretação dos respondentes ou, até mesmo, por parte do funcionário que intermediou a aplicação do questionário.

A ideia inicial da validação da FEC realizada pelos dirigentes das transportadoras era a nível nacional, para ter uma representatividade mais significativa, no entanto devido à dificuldade na obtenção de dados para a definição do universo e amostragem junto aos órgãos públicos competentes, decidiu-se aplicar a pesquisa no âmbito regional.

5.5 Sugestões para trabalhos futuros

A partir do desenvolvimento da pesquisa, oportunidades de outros trabalhos foram levantadas:

- O estudo pode ser aplicado em outro tipo de empresa, com outro tipo de produto e porte, desde que atenda ao MNC definido;
- O perfil definido para a utilização da FEC pode ser alterado para atender a outro tipo de produto fabricado em outras indústrias;
- Aplicação da FEC de forma comparativa em duas indústrias com produtos similares, para a análise dos resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

AFONSO, M. H. F. SOUZA, J. V.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L. Como construir conhecimento sobre o tema de pesquisa? Aplicação do processo Proknow-C na busca de literatura sobre avaliação do desenvolvimento sustentável. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 47-62, 2011.

AGYAPONG, A.; ELLIS, F.; DOMEHER, D. Competitive strategy and performance of family businesses: moderating effect of managerial and innovative capabilities. **Journal of Small Business & Entrepreneurship**, v. 28, n. 6, p. 1-29, 2016.

AL-ABDALLAH, G. M.; FRASER, K. E.; ALBARQ, A. N. Internet-based entrepreneurial ventures: an empirical investigation on startup business strategies on firm performance from the MENA region. **Global Journal of Flexible Systems Management**, v. 22, n. 1, p. 29- 41, 2021.

ALMEIDA, A. T. **Processo de decisão nas organizações**: construindo modelos de decisão multicritério. São Paulo: Atlas, 2013.

ALSHARARI, N. M.; EID, R.; ASSIRI, A. Institutional contradiction and BSC implementation: comparative organizational analysis. **Internacional Journal of Organization Analysis**, v. 27, n. 3, p. 414-440, 2019.

ALVARADO, I. A. O.; SUTCLIFFE, T. E.; BERKER, T.; PETTERSEN, I.N. Emerging circular economies: discourse coalitions in a Norwegian case. **Sustainable Production and Consumption**, v.26, p.360-372, 2021.

ÁLVAREZ, R.; RUIZ-PUENTE, C. Development of the tool SymbioSys to support the transition towards a circular economy based on industrial symbiosis strategies. **Waste Biomass Valor**, v. 8, p. 1521-1530, 2017.

ANDERHOFSTADT, B.; SPINLER, S. Factors affecting the purchasing decision and operation of alternative fuel-powered heavy-duty trucks in Germany: a Delphi study. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 73, p. 87-107, 2019.

ANGELIDAKI, I; TREU, L.; TSAPEKOS, P.; LUO, G.; CAMPANARO, S.; WENZEL, H.; KOUGIAS, P.G. Biogas upgrading and utilization: current status and perspectives. **Biotechnology Advances**, v. 36, n. 2, p. 452-466, 2018.

ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). **Resolução ANP n. 886, de 29 de setembro de 2022**. Brasília: ANP, 2022a. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anp-n-886-de-29-de-setembro-de-2022-432620215>. Acesso em: 21 abr. 2023.

ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). **Resolução ANP n. 906, de 18 de novembro de 2022**. Brasília: ANP, 2022b. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-906-2022>. Acesso em: 21 abr. 2023.

ANTIKAINEN, M.; VALKOKARI, K. A framework for sustainable circular business model innovation. **Technology Innovation Management Review**, v.6, n.7, 2016.

ASTUTI, P. Pemilihan supplier bahan baku dengan metode analytical hierarchy process study kasus: pt. nara summit industry, Cikarang. **Indonesian Journal on Computer and Information Technology**, v. 1, n. 2, 2016.

BABY, S. AHP modeling for multicriteria decision-making and to optimise strategies for protecting coastal landscape resources. **International Journal of Innovation, Management and Technology**, v. 4, n. 2, p. 218 - 227, 2013.

BARNEY, J. B. Firm resources and sustained competitive advantage. **Journal of Management**, v. 17, p. 99-121, 1991.

BARNEY, J. B.; CLARK, D. N. **Resource-based theory: creating and sustaining competitive advantage**. Oxford: Oxford University Press, 2007.

BECHER, U. Brasil. **Biometano como combustível veicular: Probiogás**. Brasília: Ministério das Cidades, 2016.

BERNROIDER, E. W. N. Factors in SWOT analysis applied to micro, small-to-medium, and large software enterprises: an Austrian study. **European Management Journal**, v. 20, n. 5, p. 562-573, 2002.

BHANDARI, K. R.; RANTA, M.; SALO, J. The resource-based view, stakeholder capitalism, ESG, and sustainable competitive advantage: the firm's embeddedness into ecology, society, and governance. **Business Strategy and the Environment**, vol. 31, n. 4, p. 1525-1537, 2022.

BINDEN, W.; MZIU, H.; SUHAIMI, M. A. Employing the Balanced Scorecard (BSC) to measure performance in higher education Malaysia. **International Journal of Information and Communication Technology Research**, n. 4, p.38-44, 2014.

BOCKEN, N. M. P.; DE PAUW, I.; BAKKER, C.; GRINTEN, B. V. D. Product design and business model strategies for a circular economy. **Journal of Industrial and production Engineering**, v. 33, 2016.

BOCKEN, N.; RITALA, P. Six ways to build circular business models. **Journal of Business Strategy**, v. 43, n. 3, p. 184-192, 2022.

BOCKEN, N.; SHORT, S.; RANA, P.; EVANS, S. A value mapping tool for sustainable business modelling. **Corporate Governance**, v. 13, n. 5, p. 482-497, 2013.

BREED, A. K.; SPETH, D.; PLÖTZ, P. CO₂ fleet regulation and the future market diffusion of zero-emission trucks in Europe. **Energy Policy**, 159, 2021.

CAVALERI, S.; SHABANA, K. Rethinking sustainability strategies. **Journal of Strategy and Management**, v. 11, n. 1, 2018.

CHAEMCHUEM, S.; ZHOU, K.; VERPOORT, F. From biogás to biofuel: materials used for biogás cleaning to biomethane. **ChemBioEng Reviews**, v. 3, n. 6, p. 250-265, 2016.

CHAKER, F.; IDRISSE, M.; EL MANOUAR, A. A critical evaluation of the sustainability Balanced Scorecard as a decision aid framework. **International Journal of Applied Engineering Research**, v. 12, n. 14, p. 4221-4237, 2017.

CIFALINÓ, A.; LISI, I. E. Managing multiple forms of strategic training fit through the Balanced Scorecard. **International Journal of Training and Development**, v. 23, n. 3, p. 240-252, 2019.

COELHO, S. T.; GARCILASSO, V.P.; FERRAZ JÚNIOR, A. D. N.; SANTOS, M. M.; JOPPERT, C. L. **Tecnologias para a produção e uso de biogás e biometano**. São Paulo: IEE-USP, 2018.

COMISSÃO EUROPEIA. **Circular Economy Action Plan**: for a cleaner and more competitive Europe. 2020. Disponível em: https://ec.europa.eu/environment/circulareconomy/pdf/new_circular_economy_action_plan.pdf. Acesso em: 16 fev. 2021.

CONG, L.; ZHAO, F.; SUTHERLAND, J. W. Integration of dismantling operations into a value recovery plan for circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 149, n. 15, p. 378-386, 2017.

CONTRAN (Conselho Nacional de Trânsito). **Resolução Contran n. 396 de 13 dezembro de 2011**. Disponível em <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114859>. Acesso em 05 de maio de 2022.

COSENZA, J. P.; ANDRADE, E. M.; ASSUNÇÃO, G. M. A circular economy as an alternative for Brazil's sustainable growth: analysis of the National Solid Waste Policy. **Journal of Environmental Management & Sustainability**, v. 9, n. 1, p. 1-28, 2020.

D'AQUINO, C. A. **Geração de energia por biogás a partir de resíduos orgânicos: estudo de caso da cidade universitária da USP**. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

DAHLGREN, S.; KANDA, W.; ANDERBERG, S. Drivers for and barriers to biogas use in manufacturing, road transport and shipping: a demand-side perspective. **Biofuels**, 2019.

DAOU, A.; MALLAT, C.; CHAMMAS, G.; CERANTOLA, N.; KAYED, S.; SALIB, N.A. The ecocanvas as a business model canvas for a circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 258, 2020.

DE ANGELIS, R. Circular economy: laying the foundations for conceptual and theoretical development in management studies. **Management Decision**, 2020.

DOLINSKY, M.; MAIER, S. Market-based approach in shift from linear economy towards circular economy supported by game theory analysis. **Creative and Knowledge Society**, v. 5, n. 2, p. 1-10, 2015.

DONNER, M.; DE VRIES, H. How to innovate business models for a circular bio-economy? **Business Strategy and the Environment**, 2021.

EMF (Ellen MacArthur Foundation). **Towards the circular economy, economic and business rationale for an accelerated transition**. Ellen MacArthur Foundation: Cowes, UK, 2013.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; LACERDA, R. T. O.; TASCA, J. E. **ProKnow-C, knowledge development process**: constructivist. Processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI. Brasil, 2010.

FAKHREDDIN, F.; FOROUDI, P. The impact of market orientation on new product performance through product launch quality: a resource-based view. **Cogent Business & management**, v. 9, n. 1, 2022

FERASSO, M.; BELIAEVA, T.; KRAUS, S.; CLAUSS, T.; RIBEIRO, S. D. Circular economy business models: the state of research and avenue ahead. **Business Strategy and the Environment**, v. 29, p. 3006-3024, 2020.

FERNANDES, G.; MARIANI, L. O alto potencial de produção e uso fará do biogás a próxima fronteira da energia renovável no Brasil? **FVG Energia**, 2019.

GANDHI, M. **A única revolução possível é dentro de nós**. São Paulo: Projeto Periferias, 2004.

GARCÍA-QUEVEDO, J.; JOVÉ-LLOPIS, E.; MARTÍNEZ-ROS, E. Barriers to the circular economy in European small and medium-sized firms. **Business Strategy and the Environment**, v. 29, n. 6, p. 1-15, 2020.

GARFI, M.; TONDELLI, S.; BONOLI, A. Multi-criteria decision analysis for waste management in Saharawi refugee camps. **Waste Management**, v. 29, p. 2729-2739, 2009.

GEISSDOERFER, M.; MORIOKA, S.; CARVALHO, M.; EVANS, S. Business models and supply chains for the circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 190, n. 20, p. 712-721, 2018.

GEISSDOERFER, M.; PIERONI, M. P. P.; PIGOSSO, D. C. A.; SOUFANI, K. Circular business model: a review. **Journal of Cleaner production**, v. 277, 2020.

GEISSDOERFER, M.; SAVAGET, P.; BOCKEN, N. M. P.; HULTINK, E. J. The Circular Economy - A new sustainability paradigm? **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 757-768, 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

HANSEN, E. G.; SCHALTEGGER, S. The sustainability Balanced Scorecard: a systematic review of architectures. **Journal of Business Ethics**, v. 133, n. 2, p. 193-221, 2016.

HARRIS, S.; MARTIN, M.; DIENER, D. Circularity for circularity's sake? Scoping review of assessment methods for environmental performance in the circular economy. **Sustainable Production and Consumption**, v. 26, p. 172-186, 2021.

HOLE, Y.; PAWAR, S.; BHASKAR, M. P. Porter's five forces model: gives you a competitive advantage. **Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems**, v. 11, n. 4, p. 1436-1448, 2019.

HOPKINSON, P.; ZILS, M., HAWKINS, P.; ROPER, S. Managing a complex global economy business model: opportunities and challenges. **California Management Review**, v. 60, n. 3, p. 71-94, 2018.

HORA, H. R. M.; MONTEIRO, G. T. R.; ARICA, J. Confiabilidade em questionários para qualidade: um estudo com o coeficiente Alfa de Cronbach. **Produto & Produção**, v. 11, n. 2, p. 85-103, 2010.

JÄGER, J. K.; PISCICELLI, L. Collaborations for circular food packaging: the set-up and partner selection process. **Sustainable Production and Consumption**, v. 26, p. 733-740, 2021.

JASSEM, S.; AZMI, A.; ZAKARIA, Z. Impact of sustainability balanced scorecard types on environmental investment decision-making. **Sustainability**, v. 10, n. 2, 2018.

JASSEM, S.; ZAKARIA, Z.; AZMI, A. C. Sustainability Balanced Scorecard architecture and environmental performance outcomes: a systematic review. **Journal International of Productivity and Performance**, 2021.

JOPPERT, C. L.; PERECIN, D.; SANTOS, M. M.; COELHO, S. T.; CAMACHO, J. L. P. A short-cut model for predicting biomethane availability after biogas upgrading. **Journal of Cleaner Production**, v. 200, p. 148-160, 2018.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **The Balanced Scorecard**: translating strategy into action. Boston, MA: Harvard Business School Press, 1996.

KAUARK, F.; MANHÃES, F. C.; MEDEIROS, C. H. **Metodologia da pesquisa: guia prático**. Itabuna: Via Litterarum, 2010.

KETCHEN, D. J., HULT, G. T. M.; SLATER, S. F. Toward greater understanding of market orientation and the resource-based view. **Strategic Management Journal**, v. 28, n. 9, p. 961-964, 2007.

KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M. Conceptualizing the circular economy: an analysis of 114 definitions. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 127, 2017.

KOTIAN, H.; VARGHESE, A. L.; ROHITH, M. An R function for Cronbach's Alpha analysis: a case-based approach. **National Journal of Community Medicine**, v. 13, n. 8, p. 571-575, 2022.

KRISTENSEN, H. S.; MOSGAARD, M. A.; REMMEN, A. Integrating circular principles in environmental management systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 286, 2021.

LACERDA, R. T. O; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. Uma análise bibliométrica sobre estratégia e avaliação de desempenho. **Gestão & Produção**, v. 19, n. 1, 2012.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LEWANDOWSKI, M. Designing the business models for circular economy: towards the conceptual framework. **Sustainability**, 2016.

LINDER, M.; WILLIANDER, M. Circular model innovation: inherent uncertainties. **Business Strategy and Environment**, v. 26, n. 2, p. 182-196, 2017.

LIPMAN, T.E. Vehicle Technologies for achieving near and longer term fuel economy and climate goals. **Transportation, land use, and environmental planning**, p. 217-236, 2020.

MADHUSUDHANAN, A. K.; NA, X.; BOIES, A.; CEBON, D. Modelling and evaluation of a biomethane truck for transport performance and cost. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 87, 2020.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

MENTINK, B. **Circular business model innovation: a process framework and a tool for business model innovation in a circular economy**. Tese (Doutorado em Ecologia Industrial). University of Leiden, 2014. Disponível em <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3Ac2554c91-8aaf-4fdd-91b7-4ca08e8ea621>. Acesso em 28 fev. 2021.

OLIVEIRA, F. R.; FRANÇA, S. L. B.; RANGEL, L. A. D. Challenges and opportunities in a circular economy for a local productive arrangement of furniture in Brazil. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 135, p. 202-209, 2018.

OMMANI, A. R. Strategies of rural development in shoushtar township of Iran (Applying SWOT method). **Journal of American Science**, v. 7, n. 1, p. 969-972, 2011.

OSTERWALDER, A. **The business model ontology**: a proposition in a design science approach. Tese (Doutorado em Gestão de Informática). l'Ecole des Hautes Etudes Commerciales da universidade de Lausanne, 2004. Disponível em: http://www.hec.unil.ch/aosterwa/PhD/Osterwalder_PhD_BM_Ontology.pdf. Acesso em: 16 mar. 2021.

OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y. **Business Model Generation**: inovação em modelos de negócios: um manual para visionários, inovadores e revolucionários. São Paulo: Alta Books, 2011.

OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y.; TUCCI, C. L. Clarifying business models: origins, present and future of the concept. **Communications of the Association for Information Science**, v. 15, p. 1-25, 2005.

PASQUALI, L. **Psicometria teoria dos testes na psicologia e na educação**. Petrópolis (RJ): Vozes, 2003.

PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. **Why a circular economy?** The Hague, 2016. Disponível em: <http://themasites.pbl.nl/circulaire-economie/>. Acesso em: 8 fev. 2021.

PEDERSEN, E. R. G.; EARLEY, R.; ANDERSEN, K. R. From singular to plural: exploring organizational complexities and circular business model design. **Journal of Fashion Marketing and Management**, v. 23, n. 3, 2019.

PEREIRA, R. B.; SALVADOR, R.; SALES, G. F.; OBAL, J.S.; PIEKARSKI, C.M. e DE FRANCISCO, A.C. Energy from livestock waste: Using circular economy and territorial intelligence to build sustainable businesses. **Energy and Environment**, 2022.

PORTER, M. E. Strategy and the internet. **Harvard Business Review**, v. 79, n. 3, p. 62-78, 2001.

POTTING, J.; HEKKERT, M.; WORRELL, E.; HANEMAAIJER, A. Circular economy: measuring innovation in the product Chain. **Netherlands Environmental Assessment Agency**, 2017.

RAEBILD, U.; BANG, A.L. Rethinking the fashion collection as a design strategic tool in a circular economy. **The Design Journal**, v. 20, p. 589-599, 2017.

RAFIEE, A.; KHALILPOUR, K. R.; PREST, J.; SKRYABIN, I. Biogas as an energy vector. **Biomass and Bioenergy**, v. 144, 2021.

RAJENDRAN, K.; O'GALLACHOIR, B.; MURPHY, J. D. The combined role of policy and incentives in promoting cost efficient decarbonisation of energy: a case study for biomethane. **Journal of Cleaner Production**, v. 219, n. 10, 2019.

RIBEIRO, H. C. M.; TAVARES, V. C. M. Comportamento e particularidades da produção acadêmica do tema "contabilidade gerencial" divulgada na base de dados do *ISI WEB of Science Core Collection* de 1985 a 2014. **Revista de Educação e Pesquisa em Contabilidade**, v. 11, n. 1, 2017.

ROSA, P.; SASSANELLI, C.; TERZI, S. Towards circular business models: a systematic literature review on classification frameworks and archetypes. **Journal of Cleaner Production**, v. 236, 2019.

RUAS, T. L.; PEREIRA, L. Como construir indicadores de ciência, tecnologia e inovação usando *Web of Science*, *Derwent World Patent Index*, *Bibexcel* e *Pajek*? **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 19, n. 3, p. 52-81, 2014.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal Mathematical Psychology**, v. 15, p. 234-281, 1977.

SAATY, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. **Interfaces**, v. 24, n. 6, p. 19-43, 1994.

SAATY, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, v. 48, p. 9-26, 1990.

SAATY, T. L. **The analytic hierarchy process**: planning, priority setting, resource allocation. New York, USA: McGraw-Hill, 1980.

SAATY, T. L. The analytic hierarchy process: what it is and how it is used. **Mathematical Modelling**, v. 9, p. 161-176, 1987.

SALVADOR, R.; BARROS, M. V.; LUZ, L. M.; PIEKARSKI, C. M.; FRANCISCO, A. C. Circular business models: Current aspects that influence implementation and unaddressed subjects. **Journal of Cleaner production**, v. 250, 2020.

SALVADOR, R.; PUGLIERI, F. N.; HALOG, A.; ANDRADE, F. G.; PIEKARSKI, C. M.; FRANCISCO, A. C. Key aspects for designing business models for a circular bioeconomy. **Journal of Cleaner Production**, v. 278, 2021.

SAMMUTI-BONNICI, T.; GALEA, D. **SWOT Analysis**. Wiley Encyclopedia of Management. London: John Wiley & Sons, 2014.

SANTA-MARIA, T.; VERMEULEN, W. J. V.; BAUMGARTNER, R. J. Framing and assessing the emergent field of business model innovation for the circular economy: a combined literatures review and multiple case study approach. **Sustainable Production and Consumption**, v. 26, p. 872-891, 2021.

SCANIA. **Tudo sobre os caminhões Scania movidos a gás**, 2021. Disponível em: <https://solucoesscania.com.br/tudo-sobre-os-caminhoes-scania-movidos-a-gas>. Acesso em: 6 jun. 2022.

SCHALTEGGER, S.; HANSEN, E. G.; LUDEKE-FREUND, F. **Business models for sustainability: origins, present research, and future avenues**. *Organization & Environment*, v. 19, n. 1, p. 3-10, 2016.

SEGURA, E. A.; FUENTE, A. B.; ZAMAR, M. D. G.; URENÁ, L. J. B. Effects of circular economy policies on the environment and sustainable growth: worldwide research. **Sustainability**, v. 12, 2020.

SHÃO, J.; HUANG, S.; LEMUS-AGUILAR, I.; ÜNAL, E. Circular business models generation for automobile remanufacturing industry in China: barriers and opportunities. **Journal of Manufacturing Technology Management**, 2019.

SINAGA, B. Penentuan media promosi dengan metode analytic network process (ANP): Studi Kasus: stmik pelita nusantara medan. **Journal Mantik Penusa**, v. 2, n. 1, 2018.

SKOREK-OSIKOWSKA, A.; MARTÍN-GAMBOA, M.; IRIBARREN, D.; GARCÍA-GUSANO, D.; DUFOUR, J. Thermodynamic, economic and environmental assessment of energy systems including the use of gas from manure fermentation in the context of the Spanish potential. **Energy**, v. 200, n. 1, 2020.

STILPEN, M. R.; STILPEN, D. V. S.; MARIANI, L. F. Análise do programa RenovaBio no âmbito do setor de biogás e biometano do Brasil. **Revista Brasileira de Energia**, v. 24, n. 4, 2018.

STOLECKA, K.; RUSIN, A. Potential hazards posed by biogas plants. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 135, 2021.

SUN, K.-A.; LEE, S. Competitive advantages of franchising firms and the moderating role of organizational characteristics: evidence from the restaurant industry. **International Journal of Hospitality Management**, v. 77, p. 281-289, 2019.

TASCA, J. E.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; ALVES, M. B. M. An approach for selecting a theoretical framework for the evaluation of training programs. **Journal of European Industrial Training**, v. 34, n. 7, p. 631-655, 2010.

TEECE, D. J. Business models, business strategy and innovation. **Long Range Planning**, v. 43, n. 2, p. 172-194, 2010.

TZENG, G.H.; HUANG, J.J. **Multiple attribute decision making: methods and applications**. Boca Raton (USA): CRC Press, 2011.

UPADHYAY, A.; AKTER, S.; ADAMS, L.; KUMAR, V.; VARMA, N. Investigating “circular business models” in the manufacturing and service sectors. **Journal of Manufacturing Technology management**, v. 30, n. 3, 2019.

UUSITALO, V.; SOUKKA, R.; HORTTANAINEN, M. NISKANEN, A. J. Economics and greenhouse gas balance of biogas use systems in the Finnish transportation sector. **Renewable Energy**, v. 51, p. 132-140, 2013.

VELVIZHI, G.; SHANTHAKUMAR S., BHASKAR DAS; PUGAZHENDHI, A.; SHANMUGA PRIYA, T.; ASHOK, B.; NANTHAGOPAL, K.; VIGNESH, R.; KARTHICK, C. Biodegradable and non-biodegradable fraction of municipal solid waste for multifaceted applications through a closed loop integrated refinery platform: Paving a path towards circular economy. **Science of the Total Environment**, v. 20, 2020.

VILES, E.; SANTOS, J.; ARÉVALO, T. F.; TANCO, M.; KALEMKERIAN, F. A new mindset for circular economy strategies: case studies of circularity in the use of water. **Sustainability**, v. 12, 2020.

WALL, D. M., MCDONAGH, S.; MURPHY, J. D. Cascading biomethane energy systems for sustainable green gas production in a circular economy. **Bioresource Technology**, v. 243, p. 1207-1215, 2017.

WALL, D. M.; DONAGH, S. M.; MURPHY, J. D. Cascading biomethane energy systems for sustainable green gas production in a circular economy. **Bioresource Technology**, v. 243, p. 1207-1215, 2017.

WIRTZ, B. W.; PISTOIA, A.; UIRICH, S.; GÖTTEL, V. Business models: origin, development and future research perspectives. **Long Range Planning**, v. 49, n. 1, p. 36-54, 2016.

ZAIN, M. M.; MOHAMED, A. R. An overview on conversion technologies to produce value added products from CH₄ and CO₂ as major biogas constituents. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 98, p. 56-63, 2018.

ZHANG, X.; LIN, Z.; CRAWFORD, C.; LI, S. Techno-economic comparison of electrification for heavy-duty trucks in China by 2040. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 102, 2022.

APÊNDICE A - Questionário aplicado aos empresários na pesquisa de mercado

PESQUISA DE MERCADO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE UMA FERRAMENTA ESTRATÉGICA

O presente questionário é parte integrante dos instrumentos de coleta de dados da pesquisa da tese do doutorado em Engenharia de Produção “FEC: uma ferramenta estratégica circular para favorecer a tomada de decisão sobre as forças que impactam o mercado de caminhões movidos a biometano”. A finalidade do questionário é adquirir informações sobre a viabilidade da utilização de uma ferramenta estratégica que possibilite ao usuário analisar as influências mercadológicas e ambientais em um determinado produto. Agradecemos desde já a sua participação!

- a) Você utilizaria uma ferramenta estratégica para a tomada de decisão em um determinado produto?
- não
 sim
- b) Se você marcou “não”, justifique sua resposta negativa:
- não entendo como funcionam.
 não consigo ver alguma utilidade.
 já utilizei e não gostei do resultado.
 não me interessa por ferramentas.
 Outros. Quais? _____
- c) Se você marcou “sim”, justifique sua resposta positiva:
- já usei algumas.
 porque ajudam a analisar o mercado.
 tenho curiosidade para saber como funcionam.
 conheço algumas e sei que auxiliam na tomada de decisão.
 Outros. Quais? _____
- d) Quais forças/influências podem impactar o lançamento de um produto (pode marcar mais de uma):
- econômicas
 políticas
 demográficas
 tecnológicas
 ambientais
 fornecedores
 canais de distribuição
 concorrências
 Outros. Quais? _____
- e) Quais itens uma ferramenta estratégica precisa ter (pode marcar mais de um):
- facilidade de uso
 objetividade
 imagem visual
 legendas
 Outros. Quais? _____

APÊNDICE B - Questionário aplicado aos funcionários da indústria fabricante de veículos pesados para a aplicação do método multicritério AHP

FEC: UMA FERRAMENTA ESTRATÉGICA CIRCULAR PARA FAVORECER A TOMADA DE DECISÃO SOBRE AS FORÇAS QUE IMPACTAM O MERCADO DE CAMINHÕES MOVIDOS A BIOMETANO

O presente questionário é parte integrante dos instrumentos de coleta de dados da pesquisa da tese do doutorado em Engenharia de Produção. A finalidade do questionário é identificar a melhor opção para caminhões, a partir de julgamentos de valor baseados na expertise de especialistas, sobre um conjunto de elementos pré-selecionados. Agradecemos desde já a sua participação!

1) O que é mais importante para você?

- Preço
- Rendimento no consumo

2) O que é mais importante para você?

- Preço
- Segurança

3) O que é mais importante para você?

- Preço
- Sustentabilidade

4) O que é mais importante para você?

- Sustentabilidade
- Rendimento no consumo

5) O que é mais importante para você?

- Sustentabilidade
- Segurança

6) O que é mais importante para você?

- Rendimento no consumo
- Segurança

Para atribuir o grau de importância considere nas questões (7 a 18):

- 1 - Igual importância
- 3 - Importância moderada
- 5 - Grande Importância
- 7 - Importância muito relevante
- 9 - Extrema Importância
- 2,4,6,8 - Números intermediários entre os valores adjacentes

7) Quanto você considera o preço mais importante que a sustentabilidade?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

8) Quanto você considera a sustentabilidade mais importante que o preço?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

9) Quanto você considera o preço mais importante que o rendimento no consumo?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

10) Quanto você considera o rendimento no consumo mais importante que o preço?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

11) Quanto você considera o preço mais importante que a segurança?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

12) Quanto você considera a segurança mais importante que o preço?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

13) Quanto você considera a sustentabilidade mais importante que o rendimento no consumo?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

14) Quanto você considera o rendimento no combustível mais importante que a sustentabilidade?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

15) Quanto você considera sustentabilidade mais importante que a segurança?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

16) Quanto você considera a segurança mais importante que a sustentabilidade?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

17) Quanto você considera o rendimento no consumo mais importante que a segurança?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

18) Quanto você considera a segurança mais importante que o rendimento no consumo?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

19) Qual opção para caminhões possui melhor preço?

() Diesel

() Biometano

20) Qual opção para caminhões possui melhor preço?

Diesel

Eléctrico

21) Qual opção para caminhões possui melhor preço?

Diesel

GNV

22) Qual opção para caminhões possui melhor preço?

Eléctrico

Biometano

23) Qual opção para caminhões possui melhor preço?

Eléctrico

GNV

24) Qual opção para caminhões possui melhor preço?

Biometano

GNV

25) Qual opção para caminhões tem mais foco na sustentabilidade?

Diesel

Biometano

26) Qual opção para caminhões tem mais foco na sustentabilidade?

Diesel

Eléctrico

27) Qual opção para caminhões tem mais foco na sustentabilidade?

Diesel

GNV

28) Qual opção para caminhões tem mais foco na sustentabilidade?

Eléctrico

Biometano

29) Qual opção para caminhões tem mais foco na sustentabilidade?

Eléctrico

GNV

30) Qual opção para caminhões tem mais foco na sustentabilidade?

Biometano

GNV

31) Qual opção para caminhões apresenta melhor rendimento no consumo?

Diesel

Biometano

32) Qual opção para caminhões apresenta melhor rendimento no consumo?

Diesel

Elétrico

33) Qual opção para caminhões apresenta melhor rendimento no consumo?

Diesel

GNV

34) Qual opção para caminhões apresenta melhor rendimento no consumo?

Elétrico

Biometano

35) Qual opção para caminhões apresenta melhor rendimento no consumo?

Elétrico

GNV

36) Qual opção para caminhões apresenta melhor rendimento no consumo?

Biometano

GNV

37) Qual opção para caminhões apresenta melhor segurança?

Diesel

Biometano

38) Qual opção para caminhões apresenta melhor segurança?

Diesel

Elétrico

39) Qual opção para caminhões apresenta melhor segurança?

Diesel

GNV

40) Qual opção para caminhões apresenta melhor segurança?

Elétrico

Biometano

41) Qual opção para caminhões apresenta melhor segurança?

Elétrico

GNV

42) Qual opção para caminhões apresenta melhor segurança?

Biometano

() GNV

Para atribuir o grau de importância para caminhões, considere nas questões (43 a 82):

1 - Igual importância

3 - Importância moderada

5 - Grande Importância

7 - Importância muito relevante

9 - Extrema Importância

2,4,6,8 - Números intermediários entre os valores adjacentes

43) Em relação ao preço, quanto você considera o Diesel melhor do que o Biometano?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

44) Em relação ao preço, quanto você considera o Biometano melhor do que o Diesel?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

45) Em relação ao preço, quanto você considera o Diesel melhor do que o Elétrico?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

46) Em relação ao preço, quanto você considera o Elétrico melhor do que o Diesel?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

47) Em relação ao preço, quanto você considera o Diesel melhor do que o GNV?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

48) Em relação ao preço, quanto você considera o GNV melhor do que o Diesel?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

49) Em relação ao preço, quanto você considera o Elétrico melhor do que o Biometano?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

50) Em relação ao preço, quanto você considera o Biometano melhor do que o Elétrico?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

51) Em relação ao preço, quanto você considera o Elétrico melhor do que o GNV?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

52) Em relação ao preço, quanto você considera o GNV melhor do que o Elétrico?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

53) Em relação ao preço, quanto você considera o Biometano melhor do que o GNV?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

54) Em relação ao preço, quanto você considera o GNV melhor do que o Biometano?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

55) Em relação à sustentabilidade, quanto você considera que o Diesel é melhor do que o Biometano?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

56) Em relação à sustentabilidade, quanto você considera que o Biometano é melhor do que o Diesel?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

57) Em relação à sustentabilidade, quanto você considera o Diesel melhor do que o Elétrico?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

58) Em relação à sustentabilidade, quanto você considera o Elétrico melhor do que o Diesel?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

59) Em relação à sustentabilidade, quanto você considera o Diesel melhor do que o GNV?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

60) Em relação à sustentabilidade, quanto você considera o GNV melhor do que o Diesel?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

61) Em relação à sustentabilidade, quanto você considera o Elétrico melhor do que o Biometano?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

62) Em relação à sustentabilidade, quanto você considera o Biometano melhor do que o Elétrico?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

63) Em relação à sustentabilidade, quanto você considera o Elétrico melhor do que o GNV?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

64) Em relação à sustentabilidade, quanto você considera o GNV melhor do que o Elétrico?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

65) Em relação à sustentabilidade, quanto você considera o Biometano melhor do que o GNV?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

66) Em relação à sustentabilidade, quanto você considera o GNV melhor do que o Biometano?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

67) Em relação ao rendimento no consumo, quanto você considera que o Diesel é melhor do que o Biometano?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

68) Em relação ao rendimento no consumo, quanto você considera que o Biometano é melhor do que o Diesel?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

69) Em relação ao rendimento no consumo, quanto você considera o Diesel melhor do que o Elétrico?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

70) Em relação ao rendimento no consumo, quanto você considera o Elétrico melhor do que o Diesel?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

71) Em relação ao rendimento no consumo, quanto você considera o Diesel melhor do que o GNV?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

72) Em relação ao rendimento no consumo, quanto você considera o GNV melhor do que o Diesel?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

73) Em relação ao rendimento no consumo, quanto você considera o Elétrico melhor do que o Biometano?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

74) Em relação ao rendimento no consumo, quanto você considera o Biometano melhor do que o Elétrico?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

75) Em relação ao rendimento no consumo, quanto você considera o Elétrico melhor do que o GNV?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

76) Em relação ao rendimento no consumo, quanto você considera o GNV melhor do que o Elétrico?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

77) Em relação ao rendimento no consumo, quanto você considera o Biometano melhor do que o GNV?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

78) Em relação ao rendimento no consumo, quanto você considera o GNV melhor do que o Biometano?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

79) Em relação à segurança, quanto você considera que o Diesel é melhor do que o Biometano?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

80) Em relação à segurança, quanto você considera que o Biometano é melhor do que o Diesel?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

81) Em relação à segurança, quanto você considera o Diesel melhor do que o Elétrico?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

82) Em relação à segurança, quanto você considera o Elétrico melhor do que o Diesel?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

83) Em relação à segurança, quanto você considera o Diesel melhor do que o GNV?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

84) Em relação à segurança, quanto você considera o GNV melhor do que o Diesel?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

85) Em relação à segurança, quanto você considera o Elétrico melhor do que o Biometano?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

86) Em relação à segurança, quanto você considera o Biometano melhor do que o Elétrico?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

87) Em relação à segurança, quanto você considera o Elétrico melhor do que o GNV?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

88) Em relação à segurança, quanto você considera o GNV melhor do que o Elétrico?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

89) Em relação à segurança, quanto você considera o Biometano melhor do que o GNV?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

90) Em relação à segurança, quanto você considera o GNV melhor do que o Biometano?

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 ()

APÊNDICE C - Questionário aplicado aos especialistas na validação da FEC

QUESTIONÁRIO APLICADO PARA VALIDAÇÃO DA FEC

Este questionário, aplicado aos especialistas, objetiva a validação de uma ferramenta e é parte integrante dos instrumentos de coleta de dados para a pesquisa do doutorado em Engenharia de Produção “FEC: uma ferramenta estratégica circular para favorecer a tomada de decisão sobre as forças que impactam o mercado de caminhões movidos a biometano”. Agradecemos desde já a sua participação!

Para a validação da ferramenta proposta marque (1) para discordo totalmente, (2) discordo, (3) neutro, (4) concordo e (5) concordo totalmente:

- 1) A ferramenta é de fácil uso. ()
- 2) O layout da ferramenta facilita o entendimento do usuário. ()
- 3) A ferramenta permite a visão holística do usuário. ()
- 4) O conteúdo da ferramenta é claro e objetivo. ()
- 5) Os blocos estão distribuídos de forma adequada. ()
- 6) Os blocos contemplam informações externas, internas e ambientais necessárias. ()
- 7) Os conteúdos externos, internos e ambientais estão claramente identificados. ()
- 8) A ferramenta permite a análise estratégica do usuário. ()
- 9) A linha de raciocínio sobre o negócio é facilitada pela ferramenta. ()
- 10) A ferramenta é adequada para o posicionamento estratégico do usuário. ()
- 11) O conteúdo favorece a tomada de decisão do usuário. ()
- 12) A sequência contida na ferramenta facilita a análise do negócio. ()
- 13) As cores da ferramenta são adequadas para os respectivos conteúdos. ()
- 14) Escreva o que você alteraria na ferramenta proposta:

A figura a seguir apresenta uma proposta preliminar da ferramenta. Foram selecionadas as seguintes ferramentas para sua construção: Matriz SWOT, *Balanced Scorecard*, *Balanced Scorecard* da Sustentabilidade, As 5 Forças de Porter para a Indústria, Canvas Circular e Canvas Business. As ferramentas apresentam inter-relações e complementaridade que permitem as conexões em todos os pontos fundamentais para a tomada de decisão estratégica. A sequência correta para a utilização da ferramenta proposta é o que segue:

- a) na coloração azul, blocos com conteúdos externos;
 b) na coloração laranja, blocos com conteúdos internos;
 c) na coloração verde, blocos com conteúdos ambientais.

Cientes Relacionamentos e interações (2)	Principais concorrentes Concorrência direta (3)	Principais parceiros Alianças estratégicas (4)		Ameaças Riscos que podem impactar a empresa (5)
	Principais atividades Atividades mais importantes (10)	Recursos tecnológicos Tecnologia utilizada (9)		
Necessidade ou problema Que a empresa pretende resolver (1)	Estrutura de custos Custos envolvidos (11)	Fraquezas Aspectos negativos da empresa (8)		Oportunidades Oportunidades do mercado (6)
	Financeiro Fatores financeiros envolvidos (12)	Forças Potencialidades da empresa (7)		
Recursos naturais Utilizados pela empresa (13)	Benefícios ambientais Gerados pelas atividades da empresa (14)	Impactos ambientais Gerados pelas atividades da empresa (15)	Proposta única de valor Valor circular gerado aos clientes (16)	Modelo de negócio circular Modelo circular utilizado (17)

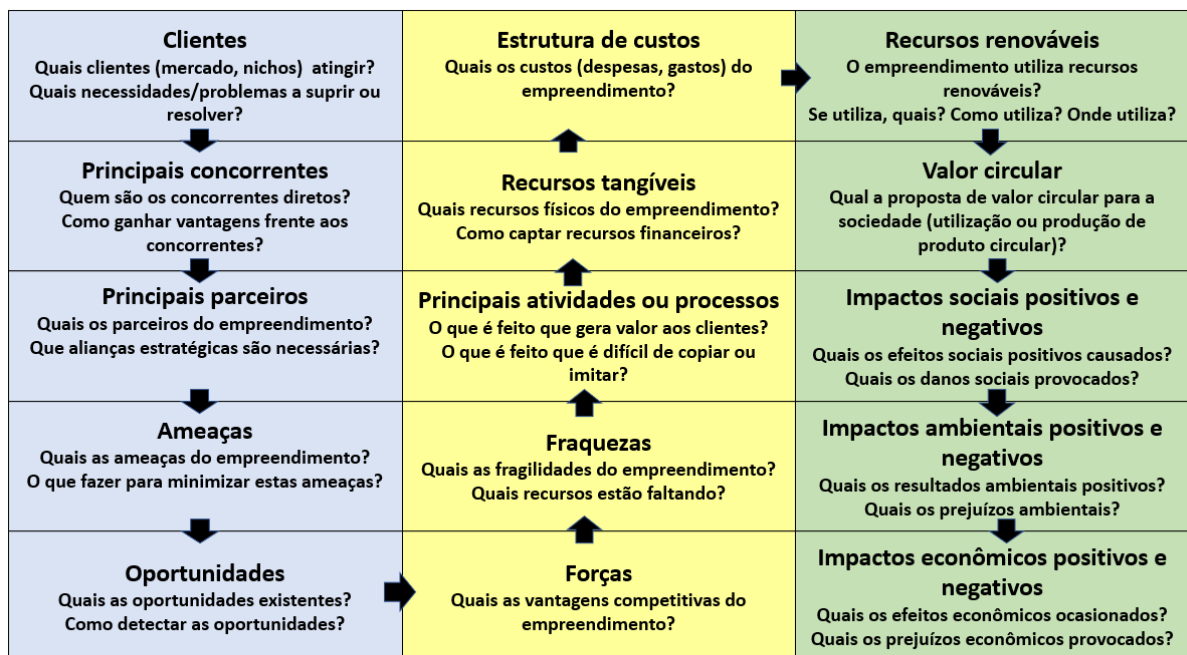
APÊNDICE D - Questionário aplicado aos empresários na validação da FEC

QUESTIONÁRIO APLICADO PARA VALIDAÇÃO DA FEC

Este questionário, aplicado aos empresários, objetiva a validação de uma ferramenta e é parte integrante dos instrumentos de coleta de dados para a pesquisa do doutorado em Engenharia de “FEC: uma ferramenta estratégica circular para favorecer a tomada de decisão sobre as forças que impactam o mercado de caminhões movidos a biometano”. Agradecemos desde já a sua participação!

A figura a seguir apresenta a FEC. Foram selecionadas as seguintes ferramentas para sua construção: Matriz SWOT, *Balanced Scorecard*, *Balanced Scorecard* da Sustentabilidade, Visão Baseada em Recursos, Canvas Circular e Canvas Business. As ferramentas apresentam inter-relações e complementaridade que permitem as conexões em todos os pontos fundamentais para a tomada de decisão estratégica. A sequência correta para a utilização da ferramenta proposta é o que segue:

- na coloração azul, blocos com conteúdos externos;
- na coloração amarela, blocos com conteúdos internos;
- na coloração verde, blocos com conteúdos ambientais.



O objetivo da FEC é facilitar o entendimento do usuário sobre a inter-relação do empreendimento com a Economia Circular dentro de uma visão estratégica. A FEC é indicada para organizações de todos os portes, em especial para empresas que atuam dentro dos princípios da Economia Circular. Serve para que empreendedores e estrategistas tenham uma visão holística e sistêmica do negócio. A ferramenta permite uma visão rápida do empreendimento, as influências de todos os elementos e como eles interagem entre si. O principal resultado esperado é que a FEC auxilie a tomada de decisão estratégica do usuário frente a uma situação que envolva a circularidade.

Sugere-se que a FEC seja utilizada da seguinte forma:

- a) Coletar os dados de todos os blocos componentes da FEC;
- b) Inserir os dados coletados na ferramenta;
- c) Traçar os pontos de maior influência entre os blocos;
- d) Pontuar as dificuldades encontradas ao coletar os dados;
- e) Anotar as correções visando a melhoria do empreendimento.

Resolva o caso fictício com auxílio da FEC:

Uma transportadora de grande porte pretende adquirir um caminhão movido a biometano. A diretoria convocou o gerente Nelson Figueiras, responsável pela área estratégica da empresa para analisar a possibilidade da aquisição. Na reunião, foi entregue ao gerente estratégico a Ferramenta Estratégica Circular (FEC) para auxiliar na análise da tomada de decisão. Nelson sabe que a transportadora já estudou os benefícios do caminhão movido a biometano. Apesar do forte apelo ambiental, é viável fazer a aquisição?

Marque (1) para discordo totalmente, (2) discordo, (3) neutro, (4) concordo e (5) concordo totalmente:

- 1 A ferramenta é de fácil uso. ()
- 2 O layout da ferramenta facilita o entendimento do usuário. ()
- 3 A ferramenta permite a visão holística do usuário. ()
- 4 O conteúdo da ferramenta é claro e objetivo. ()
- 5 Os blocos estão distribuídos de forma adequada. ()
- 6 Os blocos contemplam informações externas, internas e ambientais necessárias. ()
- 7 Os conteúdos externos, internos e ambientais estão claramente identificados. ()
- 8 A ferramenta permite a análise estratégica do usuário. ()
- 9 A linha de raciocínio sobre o negócio é facilitada pela ferramenta. ()
- 10 A ferramenta é adequada para o posicionamento estratégico do usuário. ()
- 11 O conteúdo favorece a tomada de decisão do usuário. ()
- 12 A sequência contida na ferramenta facilita a análise do negócio. ()
- 13 As cores da ferramenta são adequadas para os respectivos conteúdos. ()
- 14 Escreva o que você alteraria na ferramenta proposta:

APÊNDICE E - Lista de publicações realizadas durante o doutorado

ARTIGO PUBLICADO EM EVENTO RELACIONADO COM O TEMA DA TESE
MENEGHETI, G.; BITTENCOURT, J. V.; PRZYBYSZ, A. L.; CANTERI, M. H. G.; PEREIRA, R. B. A suinocultura e a geração de biogás em uma propriedade rural sustentável. <i>In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO</i> , 9., 2019. Anais [...] , Ponta Grossa: UTFPR, 2019.
ARTIGOS PUBLICADOS EM PERIÓDICOS RELACIONADOS COM O TEMA DA TESE
SALVADOR, R.; PEREIRA, R. B.; SALES, G. F.; OLIVEIRA, V. C. G.; HALOG, A.; FRANCISCO, A. C. Current panorama, practice gaps, and recommendations to accelerate the transition to a circular bioeconomy in Latin America and the Caribbean. Circular Economy and Sustainability , n. 2, p. 281–312, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s43615-021-00131-z .
PEREIRA, R. B.; SALVADOR, R.; SALES, G. F.; OBAL, J. S.; PIEKARSKI, C. M.; FRANCISCO, A. C. Energy from livestock waste: using circular economy and territorial intelligence to build sustainable businesses. Energy & Environment , p. 1-21, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1177/0958305X221108495 .
ARTIGO PUBLICADO NÃO RELACIONADO COM O TEMA DA TESE
SOARES, A. J.; PEREIRA, R. B., BALDAM, R. L.; FRANCISCO, A. C. Creation of organizational knowledge through a model of standardization of production systems in the paper industry. Journal of Knowledge Management , v. 27, n. 2, p. 426-459, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1108/JKM-05-2021-0353 .
CAPÍTULO DE LIVRO RELACIONADO COM O TEMA DA TESE
MENEGHETI, G.; PEREIRA, R. B.; PIEKARSKI, C. M.; FRANCISCO, A. C., SYDNEY, E. B.; BITTENCOURT, J. V. Utilization of biogas from solid waste in the production of biomethane and its use as biofuel in the transport sector. Handbook of Solid Waste Management , 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-981-16-4230-2_103 .