

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL

Daniel Silva Paredes

**UM MÉTODO PARA AVALIAR A ECOEFICIÊNCIA EM UM CANAL DE
LOGÍSTICA REVERSA: O CASO DE UMA EMPRESA DO RAMO
ALIMENTÍCIO**

Florianópolis

2021

Daniel Silva Paredes

**UM MÉTODO PARA AVALIAR A ECOEFICIÊNCIA EM UM CANAL DE
LOGÍSTICA REVERSA: O CASO DE UMA EMPRESA DO RAMO
ALIMENTÍCIO**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Produção Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Engenheiro Civil, habilitado em Produção

Orientadora: Profa. Dra. Marina Bouzon

Coorientadora: Eduarda Dutra de Souza, M.Sc.

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Paredes, Daniel

UM MÉTODO PARA AVALIAR A ECOEFICIÊNCIA EM UM CANAL DE
LOGÍSTICA REVERSA: O CASO DE UMA EMPRESA DO RAMO
ALIMENTÍCIO / Daniel Paredes ; orientadora, Marina
Bouzon, coorientadora, Eduarda Dutra de Souza, 2021.
88 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia de Produção Civil, Florianópolis,
2021.

Inclui referências.

1. Engenharia de Produção Civil. 2. Logística reversa. 3.
Ecoeficiência. 4. AHP. 5. Indicadores. I. Bouzon, Marina.
II. Dutra de Souza, Eduarda. III. Universidade Federal de
Santa Catarina. Graduação em Engenharia de Produção Civil.
IV. Título.

Daniel Silva Paredes

**UM MÉTODO PARA AVALIAR A ECOEFICIÊNCIA EM UM CANAL DE
LOGÍSTICA REVERSA: O CASO DE UMA EMPRESA DO RAMO
ALIMENTÍCIO**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado e aprovado, em sua forma final, pelo curso de Graduação em Engenharia de Produção Civil, da Universidade Federal de Santa Catarina.

Local, 15 de setembro de 2021.

Prof.^a Mônica Maria Mendes Luna, Dr.^a
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof.^a Marina Bouzon, Dr.^a
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Carlos Manuel Taboada Rodriguez, Dr.
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

Eduarda Dutra de Souza, M.Sc.
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho aos meus pais, que sempre me apoiaram e se dedicaram com muito amor para que eu tivesse as oportunidades que tenho hoje.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de iniciar este trabalho agradecendo aos meus pais, Antônio e Risomere. Desde a educação básica dada, oportunidades oferecidas e amor e cuidado em cada gesto, principalmente àqueles que se referem ao estudo e trabalho. Agradeço também aos meus irmãos, Tiago e Diego, onde, cada um da sua maneira, me incentivavam e alegravam durante os desafios que passei na vida acadêmica.

Agradeço minhas amigas de infância, Ana Cecília, Raíssa e Sabrina, que literalmente acompanham meus primeiros passos estudantis, desde o ensino básico, até a entrega deste trabalho. Com toda a certeza sem o incentivo, a torcida, as risadas e o amor fraternal oferecido por elas e seus familiares, não teria chego aqui da mesma forma.

Da mesma forma agradeço ao GELOG, Grupo de Estudos Logísticos, onde, como já disse, “me senti engenheiro pela primeira vez”, mergulhando no universo da Logística e me possibilitando alcançar grandes oportunidades profissionais. Além disso, agradeço àqueles que confiaram em mim durante a minha gestão do Grupo, fosse nos momentos mais difíceis aos mais alegres! Dentro deste mesmo contexto também agradeço ao grande Professor Taboada por todas os ensinamentos, conselhos, confiança, oportunidades e sempre acreditar em nós enquanto alunos e profissionais quando alguma insegurança existia.

Agradeço à Professora Marina Bouzon e Eduarda Dutra, que me acompanharam neste percurso que foi escrever o TCC. Não apenas pela orientação fornecida, mas também por me ajudar a manter focado durante o processo e não me abalar em momentos de adversidades, tornando ambas uma referência que levarei sempre nos meus valores profissionais!

Também gostaria de agradecer aos amigos que a graduação me possibilitou conhecer, estando esses no curso ou não! Amanda, Beatriz, David, Fernanda, João Victor, Lucas Johannes, Gabriela, Guilherme, Gustavo, Jorge, Kalina, Mariana, Otávio e Viviane, tornaram o significado de “amigos da universidade” mais abrangente e fraternal, os quais pretendo levá-los para a vida nos demais momentos importantes.

Por fim, mas não menos importante, gostaria também de agradecer a Allana, Arthur Henrique, Gustavo, Leonardo, Matheus e Nicolas. Grandes referências para mim durante a graduação, que me ajudaram a tomar decisões profissionais, aceitar desafios, e acreditar em todo meu potencial.

RESUMO

O alto consumo alimentício nos dias atuais faz com que a produção industrial de alimentos em larga escala impacte o meio ambiente e a sociedade. Dentro de uma cadeia de suprimentos, os elos e os modais que a compõem geram resíduos, emissão de gases e poluentes que devem ser controlados e acompanhados de maneira consciente. Neste contexto, os indicadores de ecoeficiência auxiliam um desenvolvimento sustentável e contribuem diretamente na redução dos impactos ambientais. Desta maneira, o presente trabalho se propõe a avaliar o índice de ecoeficiência em um canal de logística reversa de uma empresa do ramo alimentício. Para obter o resultado, primeiramente foram mapeados na literatura os indicadores mais citados aplicáveis em um canal de logística reversa, para assim serem ranqueados por especialistas da área por meio da utilização da metodologia *Analytic Hierarchy Process, AHP*, e então aplicados em campo. A aplicação foi realizada a partir da cadeia de logística reversa da empresa em questão, onde foram utilizados dados de seus elos para cada fonte de emissão e consumo identificados no levantamento literário. Assim os resultados encontrados são seis principais indicadores para serem medidos e acompanhados pela empresa em seu canal de logística reversa por um único índice de ecoeficiência, bem como seu comportamento perante a literatura, possibilitando assim a aplicação empresarial e aprofundamento acadêmico. Além disso, o estudo permitiu uma análise da literatura sobre cada indicador trabalhado, bem como uma observação do índice para proposição de melhorias para a empresa, sob o olhar da ecoeficiência.

Palavras-chave: Logística reversa, ecoeficiência, *AHP*, indicadores.

ABSTRACT

Today's high food consumption makes large-scale industrial food production impact the environment and society. Within a supply chain, the links and modals that compose it generate waste, emission of gases, and pollutants that must be consciously controlled and monitored. In this context, eco-efficiency indicators support sustainable development and directly contribute to reducing environmental impacts. In this way, the present work proposes to evaluate the eco-efficiency index in a reverse logistics channel of a company in the food sector. To obtain the result, the most-cited indicators applicable in a reverse logistics channel were first mapped in the literature, to be ranked by specialists in the area using the Analytic Hierarchy Process, AHP methodology, and then applied in the field. The application was carried out from the company's reverse logistics chain, where data from its links were used for each source of emission and consumption identified in the literature survey. Thus, the results found are six main indicators to be measured and monitored by the company in its reverse logistics channel by a single eco-efficiency index, as well as its behavior in the literature, thus enabling business application and academic deepening. In addition, the study allowed an analysis of the literature on each indicator worked, as well as an observation of the index to propose improvements for the company, from the perspective of eco-efficiency.

Keywords: Reverse logistics, ecoefficiency, AHP, index.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplificação de uma Cadeia de Suprimentos	19
Figura 2 - Pilares de uma cadeia de suprimentos	20
Figura 3 - Representação dos componentes de uma cadeia de suprimentos	21
Figura 4 - Visualização de um canal de logística reversa	25
Figura 5 - Representação dos componentes de uma cadeia de suprimentos.	27
Figura 6 - Etapas da pesquisa	36
Figura 7 - Triagem de artigos	37
Figura 8 - Estrutura hierárquica geral do método AHP.....	38
Figura 9 - Árvore hierárquica	43
Figura 10 - Cadeia de suprimentos da empresa estudada.....	45
Figura 11 - Cadeia de suprimentos reversa da empresa estudada	46

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Produção e venda industrial de alimentos.....	27
Gráfico 2 - Distribuição geográfica das empresas da indústria de alimentos.	28
Gráfico 3 - Proporção de embalagens dos resíduos sólidos.	47
Gráfico 4 - Número absoluto de trabalhos referente ao tema dos indicadores.....	52
Gráfico 5 - Número de artigos e journals referente ao tema de cada indicador.	52
Gráfico 6 - Indicador Emissão de Gás Carbônico pelo tempo médio de atuação.	53
Gráfico 7 - Indicador Consumo de Energia pelo tempo médio de atuação.....	54
Gráfico 8 - Indicador Produção de Resíduos Sólidos pelo tempo médio de atuação.	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Diferenças entre Logística Reversa e Direta.....	23
Quadro 2 - Casos de canais de logística reversa pós consumo.	24
Quadro 3 - Artigos citados sobre os temas “Logística Reversa” e “Ecoeficiência”..	30
Quadro 4 - Influências ambientais e valores de Serviço	32
Quadro 5 - Especialistas	37
Quadro 6 - Comparação paritária para o julgamento dos elementos A e B	38
Quadro 7 - Exemplo matriz de comparação paritária.....	39
Quadro 8 - Índice de consistência pela ordem da matriz	40
Quadro 9 - Lista de indicadores citados	41
Quadro 10 - Lista de critérios utilizados	42
Quadro 11 - Lista de alternativas utilizadas	43
Quadro 12 - Vetor decisão de cada especialista	44
Quadro 13 - Vetor decisão após média ponderada.....	45
Quadro 14 - Fórmula utilizada para cálculo de cada indicador.....	48
Quadro 15 - Resultado dos indicadores ambientais	48
Quadro 16 - Resultado da ecoeficiência sobre cada indicador.....	49
Quadro 17 - Valores utilizados para normalização dos indicadores.	49
Quadro 18 - Vetor decisão após média ponderada.....	50
Quadro 19 - Oportunidades de práticas sobre cada indicador.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABEA – Associação Brasileira de Engenharia de Alimentos
- ABEPRO – Associação Brasileira de Engenharia de Produção
- ABIA – Associação Brasileira da Indústria de Alimentos
- AHP – *Analytic Hierarchy Process*
- GSCM – *Green Supply Chain Management*
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
- MAUT – *Multi-Attribute Utility Theory*
- MCDM – *Multiple Criteria Decision Making*
- ONU – Organização das Nações Unidas
- SCM – *Supply Chain Management*
- WBCSD – *World Business Council for Sustainable Development*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	15
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	Objetivo Geral.....	16
1.2.2	Objetivos Específicos	16
1.3	JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	16
1.4	DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1	CADEIA DE SUPRIMENTOS	19
2.2	LOGÍSTICA REVERSA	22
2.3	INDÚSTRIA DE ALIMENTOS	26
2.4	ECOEFICIÊNCIA	29
2.4.1	Indicadores de Ecoeficiência.....	31
3	MÉTODO	35
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	35
3.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	35
3.2.1	<i>AHP</i>	38
4	RESULTADOS	41
4.1	CONJUNTO DE INDICADORES	41
4.1.1	Aplicação com especialistas	42
4.2	ESTUDO DE CAMPO	45
4.2.1	A empresa	45
4.2.2	Aplicação do estudo	47
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	51

5.1	ANÁLISE DO ESTUDO.....	51
5.2	Oportunidades para a empresa.....	56
6	CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	59
6.1	CONCLUSÕES FINAIS	59
6.2	LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	60
7	REFERÊNCIAS.....	61
	APÊNDICE A - Artigos revisados para seleção de indicadores.....	74
	APÊNDICE B – Média ponderada dos vetores decisão	86

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A população mundial apresenta um crescimento ano após ano. Segundo o IBGE (2019), estima-se que hoje no Brasil existam 210,1 milhões de habitantes, com taxa de crescimento demográfico de 0,79% ao ano. Em paralelo, há um aumento na concentração populacional nos centros urbanos - de 746 milhões em 1950 para 3,9 bilhões em 2014 (ONU, 2012). A convergência dos dois pontos, o crescimento da população e o crescimento de renda nos centros urbanos, faz com que a consumação de bens aumente simultaneamente.

No contexto de bens de consumo, ressalta-se a de produção de alimentos. De acordo com Da Silva Carvalho (2021), a produção de o acúmulo de resíduos orgânicos pelas indústrias de alimentos provoca graves problemas ambientais e na saúde da população na qual está inserida.

Junto ao crescimento de bens de consumo, o mercado aumenta sua exigência sobre os processos de comercialização de produtos. Um estudo de caso da empresa Macroplan aponta que a população está cada vez mais consciente sobre seus direitos perante o ato de comprar, o que faz com que as empresas se atentem ainda mais em fatores como a qualidade de seus materiais, quantidade e tempo de entrega (VENTURA, 2010). Caso a empresa não cumpra os requisitos citados em uma venda, ocorre o recolhimento dos produtos não conformes para, posteriormente, uma entrega correta seja realizada.

Neste contexto, para ser coletado, corrigido e destinado de maneira correta, um bem de consumo não conforme entra em um canal de Logística Reversa. Segundo Leite (2003), a logística reversa de pós-venda é a responsável, após a consolidação dos produtos não conformes, pela sua reinserção na cadeia de distribuição direta, o que resulta diretamente em uma frota maior de veículos e armazéns mais espaçosos. Caso não tenha um reaproveitamento, o produto, agora chamado de rejeito, é destinado para aterros sanitários ou lixões, o qual impacta o meio ambiente inserido.

Uma forma de amenizar um impacto significativo dos rejeitos no meio é o uso de indicadores de ecoeficiência nos canais de logística reversa. Silva (2021) afirma que a ecoeficiência contempla agendas econômicas e ambientais em uma cadeia de suprimentos. Ou seja, uma empresa consegue atingir determinado objetivo de forma que ainda obtenha um lucro

sobre e que ao mesmo tempo consiga dar um enfoque na sustentabilidade ambiental, de modo que esteja gerando menos resíduos em comparação a não adoção das medidas.

Desta forma, a proposição de indicadores de ecoeficiência em um canal de logística reversa pode trazer vantagem em um cenário global. Com um estudo dessa vertente, é possível propor a empresas indicadores que garantam a qualidade ao cliente, sem preocupar-se com a nocividade ao meio ambiente. Assim, o presente trabalho busca responder à pergunta de pesquisa “como medir e qual a ecoeficiência em um canal de logística reversa em de uma empresa do ramo alimentício? ”.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho é “Elaborar um método para avaliar a ecoeficiência em um canal de logística reversa de uma empresa do ramo alimentício”.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para o objetivo geral ser atingido, é esperado que os seguintes objetivos específicos sejam cumpridos:

- Levantar indicadores de ecoeficiência aplicados à logística reversa;
- Identificar os conjuntos de indicadores mais relevantes;
- Propor soluções ecoeficientes sobre o índice de ecoeficiência no canal estudado.

1.3 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Nos últimos anos, ocorreu um acréscimo de empresas implementando um canal de logística reversa em sua cadeia de suprimentos, devido às vantagens que o mesmo oferece. Dentre tantos aspectos, um dos mais relevantes é a diferenciação pelo serviço, ou seja, a facilidade com que os varejistas, por exemplo, conseguem tanto um retorno quanto o ressarcimento dos produtos defeituosos, os quais não podem ser comercializados. Tal diferenciação converge na possibilidade de redução de custos, com o reaproveitamento de matérias primas (GUARNIERI, 2011). Como consequência, aumenta-se o volume de resíduos

nocivos ao meio ambiente, a partir do momento em que é facilitado a sua inserção em um canal reverso (DE OLIVEIRA NETO, et. al., 2017).

Em paralelo ao cenário apresentado, questões sobre o meio ambiente como poluição, alterações do clima, e precariedade, ou não, de recursos naturais, trouxeram consigo uma preocupação mais elevada do mundo sobre seus impactos indesejáveis além do ambiental, como o social e econômico (AZIZ et al., 2018). Complementando, segundo Donaire (2008), a globalização e a projeção internacional de padrões de qualidade, a forte conscientização de consumidores, além do impulso sobre educação ambiental em canais de comunicação diferentes, permitem que exista grande exigência perante a qualidade de vida populacional e a preservação do meio ambiente e o seu futuro. Isto acarreta na exigência dos clientes por produtos e serviços com impacto ecológico reduzido - ou seja, produção por meio de processos que não danifiquem o meio ambiente, bem como a entrega desses produtos até o consumidor final (GREEN et al., 2015; CLARK et al., 2014).

De modo a correlacionar os dois aspectos desenvolvidos anteriormente, os indicadores de ecoeficiência mostram-se úteis, a partir do momento que coloca em um mesmo parâmetro a mitigação de impactos ambientais e aumento de eficiência em processos (DE OLIVEIRA NETO et. al., 2020). Sendo assim, este trabalho justifica-se por conseguir sanar as exigências do consumidor, através da amenização de impactos ambientais gerados por empresas, bem como impulsionar operações no canal de logística reversa de organizações, que se beneficiam dessas vantagens.

1.4 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

O estudo visa trabalhar com uma abordagem literária e empírica. A revisão na literatura conta com três bases de pesquisa e com três palavras chaves (e suas variações). Os indicadores levantados são de ecoeficiência e aplicáveis em um canal de logística reversa de uma indústria do ramo alimentício.

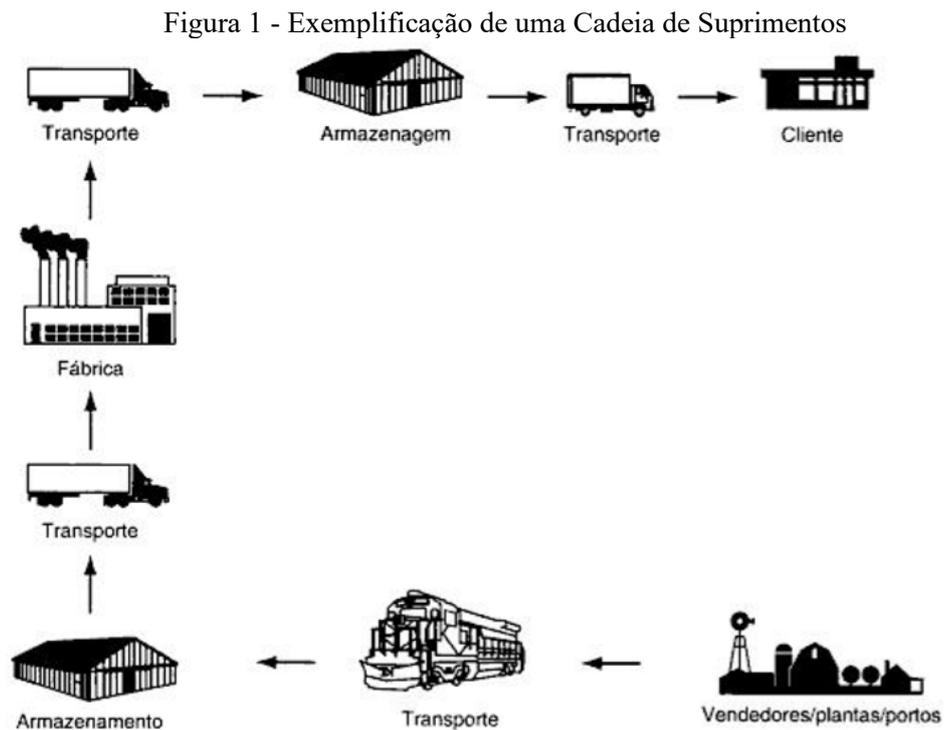
A aplicação prática conta apenas com os dados adquiridos pela empresa com base histórica limitada de 12 meses. Além disso, o estudo foi feito nos processos e atividades executados pela empresa, contemplando assim seus equipamentos, tempo de funcionamento e operação, em uma visão dos dados disponibilizados, não contemplando assim operações específicas como armazenagem, gestão do estoque, entre outros.

Vale ressaltar que a pesquisa proposta é dependente da aplicação prática, de forma que os resultados obtidos são específicos sobre a empresa estudada. Além disso, o comportamento observado é específico sobre um período específico - aquele onde os dados foram utilizados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CADEIA DE SUPRIMENTOS

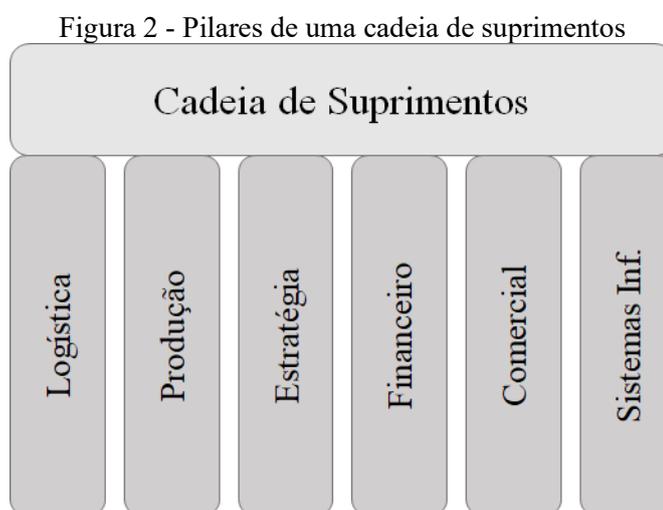
O conceito de cadeia de suprimentos (ou *Supply Chain*) pode ser representado como todas as partes direta, ou indiretamente, compreendidas na realização do pedido de um cliente (CHOPRA, 2011). Dentro desse contexto, portanto, a cadeia de suprimentos é um conjunto de atividades e processos (recebimento, controle de estoque, transporte, etc.) que se repetem de maneira contínua ao longo das transformações de matérias primas, até serem convertidas em produtos acabados, suprimindo a necessidade do consumidor (BALLOU, 2006). Para exemplificar os conceitos apresentados, pode-se representar uma cadeia de suprimentos como ilustrado abaixo:



(Fonte: Ballou, 2006, p. 30)

A cadeia de suprimentos, portanto, deve abordar todos os esforços relativos à produção e destinação de um produto solicitado pelo mercado, desde o primeiro fornecedor, até o último envolvido na entrega final (COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

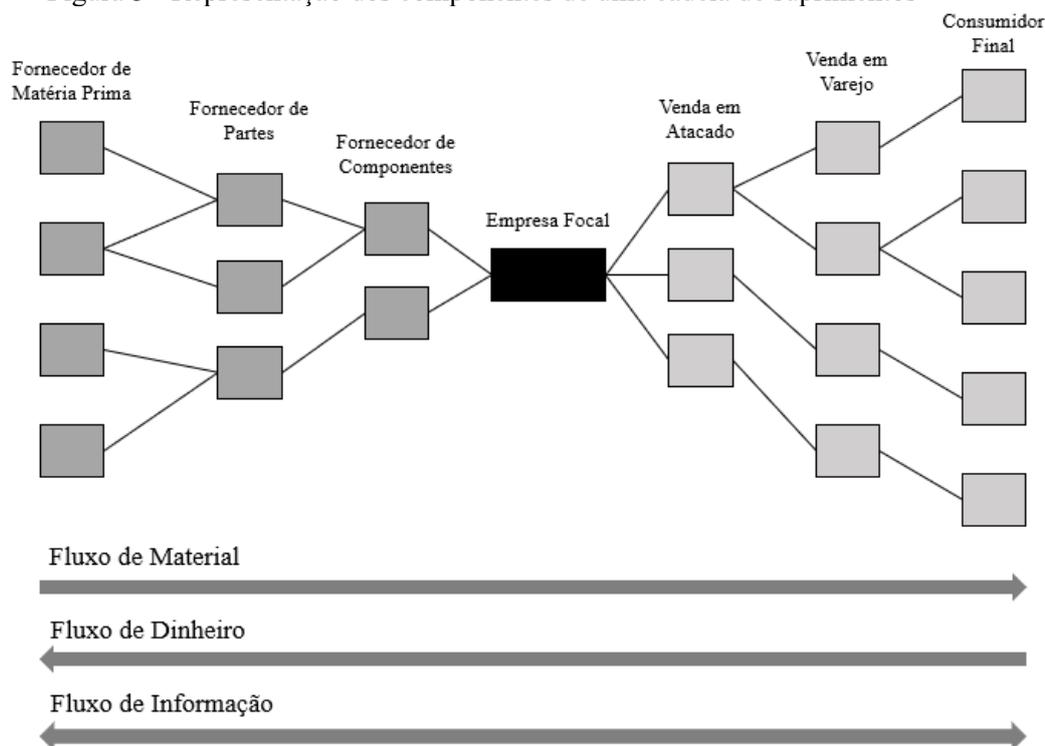
PROFESSIONALS, 2013). Porém, para Cooper; Lambert e Pagh (1997), a definição por vezes é confundida na literatura com a de logística empresarial, por ser uma área que faz uma conexão direta entre os elos de uma cadeia e que fica diretamente responsável pelo fluxo de material entre ela. É sabido que existem outras áreas fundamentais para atender o pedido de um cliente, ou seja, a cadeia de suprimentos não abrange somente operações logísticas e de produção, como também setores de planejamento estratégico, financeiro, comercial/marketing e sistemas de informação (BALLOU, 2004).



(Fonte: Autor)

Talamini, Pedrozo e Silva (2005), porém, apresentam um complemento na definição da cadeia de suprimentos, em que a mesma só pode ser apresentada junto com a definição de sua empresa focal, sendo ela o ponto de referência para definição de fornecedores e consumidores. A empresa focal é, portanto, aquela que lida diretamente, ou indiretamente, com todos os fornecedores (de produtos ou serviços) responsáveis pela entrega do produto final ao cliente (LAMBERT E COOPER, 2000). Agregando as definições, Pires (2007) classifica os componentes de uma cadeia de suprimentos como primários, sendo estes os que agregam valor ao produto final de forma direta, e os de apoio, que participam como suporte aos componentes primários. O autor ainda reforça que tal definição é fundamental para delimitar onde termina e começa uma cadeia de suprimentos.

Figura 3 - Representação dos componentes de uma cadeia de suprimentos



(Fonte: Adaptado de Lambert e Cooper, 2000)

Com estruturas e definições cada vez mais sólidas, com o passar dos anos foi-se buscando a necessidade de buscar o gerenciamento de uma cadeia de suprimentos. Segundo Lummus e Voturka (1999) existem três principais razões para o aprofundamento no gerenciamento da cadeia de suprimentos: (i) o primeiro é a verticalização de empresas, as quais tornam-se mais especializadas em seu negócio e, conseqüentemente, com a necessidade de mais fornecedores; (ii) o crescimento da competição, seja em âmbito territorial ou global; e, por fim, (iii) o entendimento da dependência de outros elos da cadeia, para garantir um máximo desempenho.

As definições do Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos, ou Supply Chain Management (SCM) seguem a mesma linha. Novaes (2004), por exemplo, a define como a integração completa, estratégica e versátil ao longo de toda a cadeia de suprimentos.

Dentro das variações existentes da Cadeia de Suprimentos, está a Cadeia de Suprimentos Verde, ou Green Supply Chain Management (GSCM). Govidan (2015) define o termo como uma abordagem direta de cadeias de suprimento para melhorar seu desempenho ambiental nos seus processos e operações sem afetar sua competição no mercado. Ou seja, dentro deste contexto, a GSCM contempla atividades verdes em produção, armazenamento,

consolidação, distribuição, marketing e logística reversa de materiais e produtos (GIOVANNI; VINZI, 2012).

2.2 LOGÍSTICA REVERSA

Ballou (2006) afirma que a logística está presente na humanidade desde a época de sua origem, com o armazenamento de alimentos, até as grandes guerras, preocupando-se com munições e primeiros-socorros. Porém, com o passar dos anos, a definição foi evoluindo até chegar-se hoje no que é chamado de logística empresarial. Atualmente, o termo é dito como as atividades que planejam, implementam e controlam o fluxo de produtos, materiais, informações e pagamentos dentro de uma cadeia de suprimentos (NOVAES, 2007). Além disso, Bowersox (2002) utiliza os processos citados anteriormente como oportunidades de criar estratégias de maximização de lucros.

Por meio da definição feita acima, o fluxo descrito toma uma lógica a partir da extração da matéria prima, até o consumidor final. Porém, Guarnieri (2005) afirma que o fluxo não se encerra no cliente, e sim o que acontece após o consumo do produto. Desta maneira, é possível observar uma definição que se inicia na fábrica, e é encerrada nela mesma - sendo possível agora poder definir logística reversa.

Segundo Giacobbo (2003), por um contexto histórico, a logística reversa surgiu permeando aspectos ambientais, ecológicos e sustentáveis. Porém, é possível afirmar que ela consegue ser definida de forma mais complexa, aderindo fatores de marketing, comercial, planejamento de compras e produtos, tornando-se estratégico seu conhecimento (COTTRILL, 2000). Complementando as duas definições, Rogers e Tibben-Lembke (1999) trazem uma definição semelhante à da logística empresarial, citando a logística reversa como o processo de planejar, implementar e controlar o fluxo de produtos, materiais, informações e pagamentos dentro de uma cadeia de suprimentos, porém agora do cliente, até seu ponto de origem.

Com uma compilação das definições anteriores, Leite (2002) determina logística reversa de uma forma mais abrangente, pela abordagem dos três cenários. O autor define o termo como:

A área da Logística Empresarial que planeja, opera e controla o fluxo, e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, através dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa etc. (LEITE, 2002, p. 2).

Mesmo obtendo uma definição bem consolidada, a logística direta e a reversa ainda podem apresentar uma mesma interpretação para muitos leitores. Visto isso, Andersson (2019) diferencia as duas de acordo com as suas três principais áreas em comum, conforme o quadro abaixo:

Quadro 1 - Diferenças entre Logística Reversa e Direta.

Área	Logística	Logística Reversa
Transporte	Partindo de uma só origem conhecida (centro de distribuição), o transporte leva a respectiva demanda para lugares diferentes também conhecidos. Visto o conhecimento sobre o destino, origem e quantidade transportada, os custos são facilmente monitorados.	Varia de acordo com o reporte dos clientes e a quantidade consumida dentro de um intervalo de tempo. Logo, a origem parte de muitos lugares diferentes, parte deles sem um planejamento prévio, para um único destino. Este cenário faz com que surjam rotas não planejadas e também custos pouco visíveis.
Planejamento	Previsão simples (comparando-a a LR), através de um consumo histórico do respectivo produto, ou até mesmo uma tendência apresentada pelo mercado.	Como citado no tópico anterior, o planejamento varia de acordo com o os problemas apresentados pelos consumidores e a quantidade consumida dentro de um intervalo de tempo. Por serem fatores variáveis, dificulta a projeção de suprimentos, custeio e mão de obra envolvidos.
Vendas	O produto é precificado de acordo com a política adotada pela empresa e, geralmente, segue uma uniformidade. A qualidade e entrega rápida é prioridade.	A qualidade do produto varia constantemente e com isso sua precificação é variada. Diferente da logística direta, a entrega rápida não é prioridade.

(Fonte: Adaptado de Andersson 2018)

Leite (2002) separa a logística reversa em duas vertentes principais: a de pós-venda e pós consumo. O autor explica o pós-consumo como os produtos que estão no fim da sua vida útil, sejam eles provenientes de um consumidor final. O surto pós Segunda Guerra mundial com novas tecnologias, para atender melhor e mais consumidores, vem acompanhado de uma redução na vida útil dos produtos (GUARNIERI, 2006). Com a rápida obsolescência destes produtos tecnológicos (como eletroeletrônicos, eletrodomésticos, motores, entre outros), busca-se uma destinação correta, quando os mesmos não estiverem mais apropriados ao uso. É nessa

vertente em que o viés ecológico torna-se latente, com a ênfase na importância de se destinar, ou reciclar, corretamente o produto (RODRIGUES et al., 2002). Desta maneira, é viável apresentar o ciclo de coleta, processamento, e reutilização, na qual cada tipo de resíduo pode ter após consumido. Para exemplificar, segue abaixo um quadro na qual mostra o ciclo de destinação de cada tipo de resíduo após o seu consumo.

Quadro 2 - Casos de canais de logística reversa pós consumo.

Materiais	Destinação
Alumínio	Com a representação de 2,9% dos resíduos coletados, o alumínio, para ser reaproveitado, deve ser recolhido através de uma cooperativa de catadores. Após isso, fábricas recicladoras transformam lingotes em chapas, as quais podem voltar para utilização de bens de consumo (como latas e automóveis, por exemplo).
Orgânico	Feiras livres, mercados, ou até mesmo indústrias alimentícias, podem gerar resíduos orgânicos a serem reaproveitados. Com a significativa parcela de 51,4% dos resíduos gerados, quando destinados e coletados adequadamente, os resíduos orgânicos são processados em uma central de compostagem, na qual posteriormente serão aproveitados na agricultura ou ração animal.
Papel / Papelão	Sendo 13,1% dos resíduos coletados, o papel tem suas fibras separadas por um hidrapulper, as quais por suas resinas são processadas e tornadas próprias para uma reutilização. O uso pode ser através de embalagens, caderno, entre outros.
Plástico	O plástico, quando coletado, passa por uma triagem, e posteriormente por uma trituração para ser processo em um novo utensílio. Usualmente, essa parcela de 13,5% dos resíduos, é utilizada como paletes, ou até mesmo fios para a indústria têxtil.
Vidro	O vidro possui uma representação de 2,4% dos resíduos coletados. Quando coletado da maneira correta, os resíduos passam por uma limpeza, para serem moídos e refundidos. Após estas etapas eles são enformados novamente (de acordo com o produto desejado) para voltar à cadeia de suprimentos desejada.

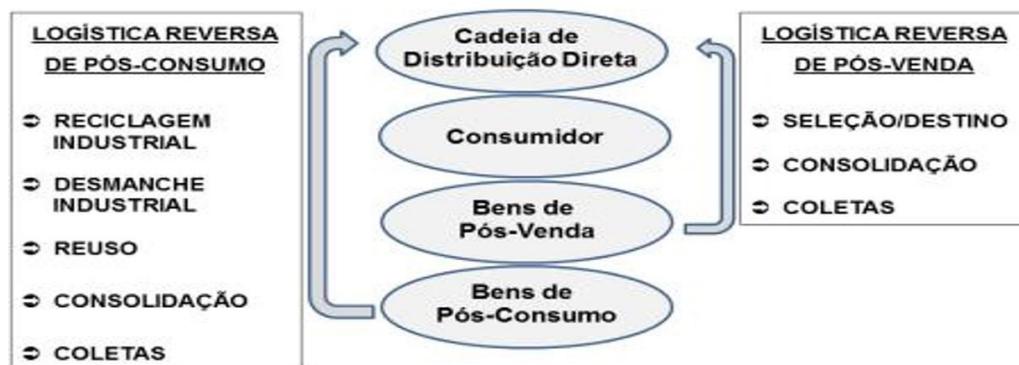
(Fonte: Adaptado de Cempre 2019)

Já sobre a logística de pós-venda, Mueller (2005) aponta a preocupação no nível de atendimento ao consumidor, e o tratamento do produto após o mesmo ter comprado. A partir de agora, o foco está sobre os produtos que não estão no fim da sua vida útil, mas que por algum motivo tiveram que ser retornados - seja ela qualidade, avarias em transporte, erros de entrega ou processamento de pedido (GIACOBO, 2003).

Para obter-se um panorama geral, então, Leite (2002) exemplifica o comportamento geral da logística reversa conforme a figura 4. O autor elenca os principais processos que podem

ser executados sobre as vertentes de pós-venda e pós consumo, bem como a priorização do retorno dos produtos em um canal de logística direta.

Figura 4 - Visualização de um canal de logística reversa



(Fonte: LEITE, 2006, p. 17)

Por estar correlacionado com questões ambientais, por consequência, a Logística Reversa apresenta comportamentos diferentes em países distintos. Nos países mais desenvolvidos, a LR não apresenta dificuldades de ser implementada com eficiência quando comparada com países emergentes (NUNES et al., 2009).

No Brasil, por se apresentar como país emergente, a situação passou a ser contornada, através de iniciativas as quais exigem de uma Logística Reversa bem estruturada. Segundo Bouzon et al. (2016), a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), criada em 2010 pelo governo brasileiro, traz vantagens que vão de um marketing verde, responsabilizar os geradores de resíduos, até mesmo um próprio retorno econômico. A PNRS deveria ser implementada nos municípios brasileiros até 2014.

Contudo, em 2018 o Brasil gerou mais de 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos. Destas, 59,9% foram encaminhadas para um local de destinação adequado (Aterros sanitários), enquanto 23% e 17,5% foram destinados, respectivamente, para lixões e aterros controlados (ABRELPE, 2019). Dentre os muitos motivos pelos quais ainda podem inserir-se neste cenário, é interessante apontar a infraestrutura logística para o transporte de destinação correta destes resíduos, bem como o fato de ainda possuir 26,9% dos países sem uma coleta seletiva (DA ROCHA E DIB, 2002).

2.3 INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

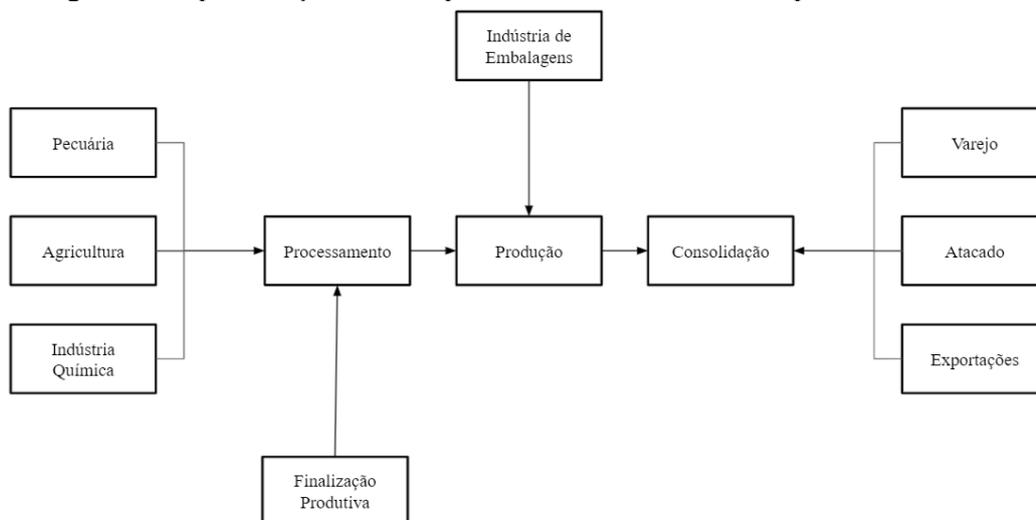
Presente no dia-a-dia populacional, a indústria de alimentos é um setor de bem de consumo representativo. Martins, Ruffoni e Rodrigues (1998) classificam o segmento da seguinte forma:

O setor de alimentos, encontra-se no grupo de indústrias tradicionais. Este grupo é formado por empresas que se caracterizam pela elaboração de produtos com menor conteúdo tecnológico, destinados ao consumo final, apresentando, então, uma grande dependência da capacidade de compra da população. (MARTINS, RUFFONI E RODRIGUES, 1998, p. 4).

Evangelista (1987) traz a definição sobre a visão da industrialização de alimentos, sendo essa a junção de processos físicos, químicos e biológicos para adquirir produtos adequados para o consumo humano. Outra abordagem feita sobre a definição do tema pode ser da transformação de recursos naturais em produtos industrializados que servem para atender as necessidades humanas (ABEA,2000).

A indústria alimentícia abrange uma vasta variedade de produtos, sejam esses alimentos ou bebidas, e relaciona-se com diferentes elos de uma cadeia de suprimentos. Segundo Viana (2018), o setor possui forte relação com agricultura, pecuária e outros setores produtivos, tendo em vista que estes ramos participam como fornecedores das principais matérias primas utilizadas. A Figura 5 abaixo esboça uma cadeia produtiva de alimentos com seus fornecedores.

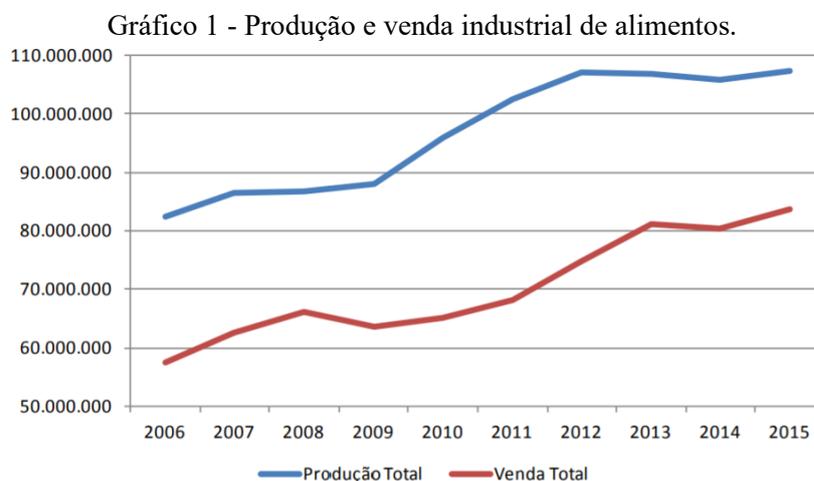
Figura 5 - Representação dos componentes de uma cadeia de suprimentos.



(Fonte: Adaptado de Viana, 2018)

No Brasil o setor industrial de alimentos e bebidas é o maior do país: representa 10,6% do PIB brasileiro e gera 1,68 milhão de empregos formais e diretos. Além disso, o país é o segundo maior exportador de alimentos industrializados, com um alcance em 190 países (ABIA, 2018). Segundo dados do Banco Central (2020), o setor corresponde a 10,6% do PIB brasileiro e é o maior gerador de empregos, com 1,68 milhões de postos de trabalho alocados em 37,7 mil empresas do setor (ABIA, 2021).

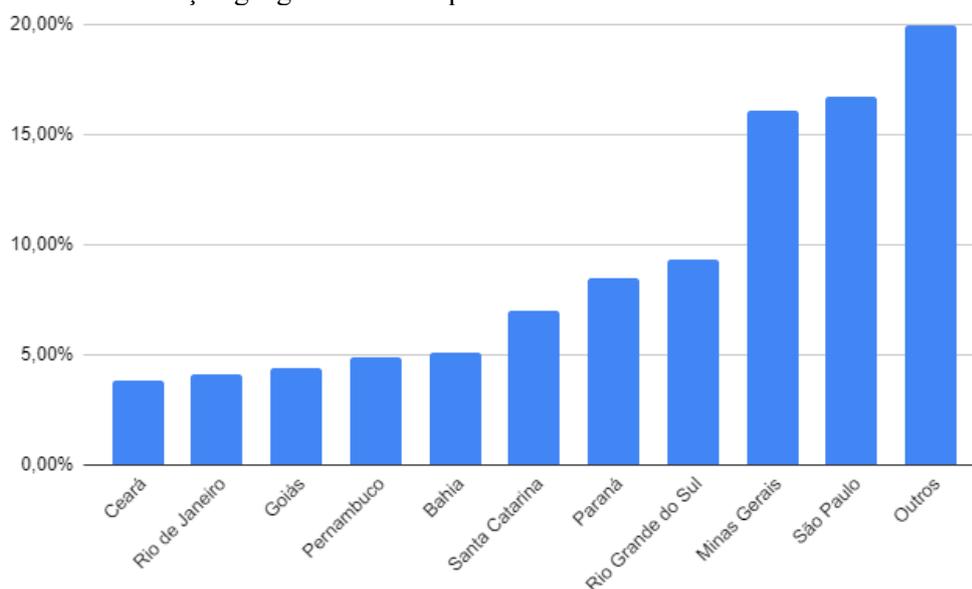
Pela ótica de produção, o Brasil apresenta tendência de crescimento. Segundo os últimos dados disponibilizados pelo IBGE (2018), o setor apresentou aumento de produção entre os anos de 2006 e 2015. O Gráfico 1 abaixo apresenta o comportamento citado com o volume produzido em toneladas em cada ano.



(Fonte: Adaptado de IBGE, 2018)

Ainda dentro do contexto nacional, cada estado possui uma representatividade diferente na produção do segmento. Viana (2018) relaciona a distribuição geográfica das indústrias alimentícias com a distribuição populacional, já que a mesma possui uma forte ligação com o mercado consumidor local. Desta maneira, o autor apresenta São Paulo como o estado com maior concentração do setor alimentício, seguido por Minas Gerais e Bahia. Os demais indicadores podem ser observados abaixo no Gráfico 2 apresentado.

Gráfico 2 - Distribuição geográfica das empresas brasileiras da indústria de alimentos.



(Fonte: Adaptado de Viana, 2018)

No contexto internacional, as indústrias de alimentos possuem uma grande parcela de importância no quesito de produção e geração de empregos (BDO, 2017). Porém, dados da Euromonitor Internacional (2018) mostram que países representativos no segmento como China e Estados Unidos apresentam estagnação no crescimento, resultando na busca pela fusão empresarial e inovação.

Desta maneira, atualmente a indústria de alimentos enfrenta desafios tecnológicos que vão além do tornar o produto mais saboroso - na competição de mercados, aspectos como diferenciação nas embalagens, praticidade de preparo e comodidade fazem a diferença no posicionamento de um produto ou marca no mercado (INVENTTA, 2011). Assim, Abreu (2012) afirma que, conseqüentemente, os produtos alimentícios industrializados vêm se tornando cada vez mais diversificados, pelo foco não apenas na competição empresarial, como também pelo alto investimento em pesquisa e desenvolvimento alimentício.

Ainda no contexto de inovação, as indústrias passaram a levantar a questão ambiental e assim a adequação dos seus meios de produção e produtos com órgãos ambientais e exigências do consumidor (FONSECA, 2017). Dentro deste contexto, Ribeiro (2006) afirma que a gestão ambiental industrial é baseada em quatro pilares: prevenção à degradação, recuperação de danos causados, reciclagem de materiais e monitoramento de ações e indicadores implementados.

2.4 ECOEFICIÊNCIA

Atualmente é inegável o impacto ambiental que grandes empresas, mesmo com alternativas para contornar a situação, geram ao meio ambiente em que estão inseridas. A fim de amenizar este fato, as companhias buscam um modo de manter o seu lucro, um negócio ainda mais rentável, porém com a amenização da resposta ao ambiente. Segundo Leal Junior (2010), a ecoeficiência surge justamente para convergir os pontos citados, de modo a medir um desempenho econômico sem que necessariamente tenha-se um detrimento de questões ecológicas.

O Conselho Empresarial Mundial para Desenvolvimento Sustentável (WBCSD, 2010) define ecoeficiência como a entrega de bens de consumo, ou serviço, perante uma exigência do consumidor, mas que também priorize as necessidades humanas enquanto qualidade de vida, bem como reduzam o uso de recursos naturais e o impacto na natureza. Além disso, a ecoeficiência pode ser interpretada como uma filosofia de gestão, na qual empresas buscam estratégias de melhorias ambientais que gerem simultaneamente um crescimento ou benefício econômico (SALGADO, 2007). Ao encontro, Huppés e Ishikawa (2005) definem o termo como uma meta em se criar um valor, no momento em que se reduz o impacto no meio ambiente.

Segundo Leal Júnior e Guimarães (2012), para que ocorra uma melhora em um nível de ecoeficiência podem-se tomar ações mais simples, até as mais complexas. Elas podem ser desde ações como trocar o tipo de lâmpada que se usa em uma linha de produção, até a modelagem de um canal de distribuição de produto pós consumo. Ambas exigem graus diferentes de preparo, estudo e aplicação para serem efetivas.

Inserida na Logística Reversa, a ecoeficiência torna-se importante quando, atualmente, é reconhecido que um gerenciamento sustentável de uma cadeia de suprimentos impacta diretamente em aspectos estratégicos de uma companhia, como tomadas de decisão, por exemplo (Prajapati et al., 2019). Ou seja, além de agradar o mercado consumidor que vem se

tornando cada vez mais exigente, é benéfico a empresas prestar atenção em fatores como uso de energia, eficiência tecnológica, consumo de matéria prima e práticas de coleta de resíduos (TROCHU, 2020).

Logística Reversa e Ecoeficiência, quando pesquisados juntos, aparecem em bases de dados de publicações a partir de 2005. Porém, nos últimos anos passaram a ter mais representatividade com 50% de suas publicações sendo feitas a partir de 2016. Para exemplificar, segue abaixo um quadro contendo os 5 artigos da busca que foram mais citados - sendo o primeiro, o mais citado, e assim sucessivamente.

Quadro 3 - Artigos mais citados sobre os temas “Logística Reversa” e “Ecoeficiência”.

Título	Autores	Objetivo e resultados principais
<i>A methodology for assessing eco-efficiency in logistics networks</i>	Quariguasi Frota Neto, J., Walther, G., Bloemhof, J., van Nunen, J.A.E.E., Spengler, T. (2009)	Com o crescimento do estudo sobre logística verde, o artigo propõe apresentar o ponto de equilíbrio entre lucratividade e impactos ambientais. A partir dele, é possível responder, de forma simplificada, questões que surgem a partir dos <i>trade-offs</i> os quais surgem com a relação ambiental e comercial.
<i>Vehicle routing for the eco-efficient collection of household plastic waste</i>	Bing, X., de Keizer, M., Bloemhof-Ruwaard, J.M., van der Vorst, J.G.A.J. (2014)	O plástico é um dos tipos de resíduos mais gerados, e coletado da mesma maneira que os outros. O objetivo do estudo foi redesenhar rotas de coleta de plástico a partir de indicadores de ecoeficiência estabelecidos. Além de beneficiar as vertentes econômica e ambiental, o artigo apresentou também uma ferramenta que dá suporte às tomadas de decisão e projeta impactos de mudanças futuras.
<i>Economic and environmental assessment of recycling and reuse of electronic waste: Multiple case studies in Brazil and Switzerland</i>	de Oliveira Neto, G.C., de Jesus Cardoso Correia, A., Schroeder, A.M. (2017)	A grande quantidade de lixo eletrônico produzido no mundo abre novas oportunidades em relação à ecoeficiência. O artigo abordou as vantagens econômicas e ambientais com a implementação de um canal de logística reversa de produtos eletroeletrônicos em empresas do ramo. Além disso, o estudo apresentou o uso de ferramentas de ecoeficiência no âmbito organizacional.

<i>Ecodesign Practices in a Furniture Industrial Cluster of Southern Brazil: From Incipient Practices to Improvement</i>	Sellitto, M.A., Luchese, J., Bauer, J.M., Saueressig, G.G., Viegas, C.V. (2017)	Estudo realizado em uma empresa do setor moveleiro no sul do Brasil. O artigo explana os aspectos de design ecológico em parte de sua cadeia de suprimento através da análise de controle, processo produtivo, durabilidade de produtos, distribuição, uso de espaço, entre outros.
<i>Integrated logistics network design in hybrid manufacturing/ remanufacturing system under low-carbon restriction</i>	Wang, Y., Lu, T., Zhang, C. (2013)	Artigo que trata sobre a estruturação de um canal de logística (reversa ou direta) em um sistema de manufatura e remanufatura. A integração do canal, no entanto, é realizada seguindo critérios de três indicadores pré estabelecidos: custo econômico, consumo de energia e geração de resíduos.

(Fonte: Autor)

2.4.1 Indicadores de Ecoeficiência

Para obter conhecimento enquanto a efetividade de qual processo ou projeto está sendo executado, são utilizados indicadores de desempenho sobre eles. Um indicador pode ser definido como um parâmetro que fornece informações sobre determinada ação, processo ou atividade que está sendo executada, a partir de fatores que possuem valor ao avaliador (OECD, 2001).

A partir deste entendimento, é possível correlacionar os indicadores a um sistema. Segundo Rocha (2016), um indicador pode mostrar para uma companhia cenários de um sistema, justamente por conseguir agrupar informações e dados que juntos, conseguem dar um veredito quanto ao desempenho, rentabilidade e sustentabilidade do ponto analisado em questão.

No presente estudo, a efetividade dos aspectos de ecoeficiência sobre a empresa é dada através de indicadores. Segundo Lima (2014), a partir da medição e tratamento de dados de indicadores de ecoeficiência, é possível medir seu progresso no que diz respeito aos aspectos econômicos ou ambientais.

Antes de aplicar indicadores propostos, WBCSD (2010) afirma que, para que ocorra uma aplicação da ecoeficiência, é necessário que três conceitos sejam aplicados, o que garante um nivelamento quanto ao objetivo chave da usabilidade dos indicadores na empresa em que os estiver utilizando. São eles:

- Redução do consumo de recursos: Minimizando o uso de matéria prima, recursos naturais (como água, e as diversas energias) e priorizando a reutilização dos mesmos quando possível ou utilizando daqueles mais duráveis (WBCSD, 2010);
- Redução do impacto na natureza: Aborda uma redução na emissão de poluentes, descargas de efluentes, redução do uso de substâncias tóxicas, eliminação de resíduos, bem como a priorização na utilização de fontes renováveis (WBCSD, 2010);
- Melhoria do valor do produto ou serviço: Frente que tem um enfoque maior na qualidade daquilo que está sendo oferecido aos clientes, utilizando técnicas que oferecem serviços diferenciados (WBCSD, 2010).

Para quantificar a ecoeficiência, é possível utilizar o indicador da Equação 1, realizado pela WBCSD. A equação é apropriada pois, a partir de seu aumento, o valor do produto também está aumentando, a influência ambiental está sendo reduzida, ou até mesmo ambos os cenários (SALGADO, 2007).

$$\text{Ecoeficiência} = \frac{\text{Valor do Produto ou Serviço}}{\text{Influências Ambientais}} \quad (1)$$

Não há valores exatos que são listados para que sejam colocados na Equação 1. Leal Júnior (2010) forneceu uma lista dos fatores que poderiam ser utilizados para determinar o indicador, conforme o Quadro 4.

Quadro 4 - Influências ambientais e valores de Serviço

Aspectos	Atributos	Indicadores	Unidade
Valor do Serviço	Valor Monetário	Valor monetário do volume de carga	US\$
		Receita Líquida do terminal portuário	US\$
	Serviço Produzido	Número de contêineres movimentados	TEUs
		Volume movimentado	m ³
		Quantidade movimentada	t
Influência Ambiental	Consumo de Energia	Consumo total de energia	MJ
		Consumo de energia elétrica	MJ
		Consumo de energia renovável	MJ
	Segurança	Número de acidentes nas movimentações de carga	qtd

		Custo total com acidentes	US\$
Emissão de Gases de Efeito Estufa		Emissão de gás carbônico	kg
		Emissão de vapor de água	kg
		Emissão de gás metano	kg
		Emissão de clorofluorcarboneto	kg
Poluição Atmosférica		Emissão de hidrocarbonetos	kg
		Emissão de aldeídos	kg
		Emissão de monóxido de carbono	kg/ppb
		Emissão de óxido nitroso	kg
		Emissão de gases acidificantes	kg
		Emissão de materiais particulados	kg
Poluição da Água e do Solo		Quantidade descartada de óleo pelos equipamentos de movimentação	l
		Descarte de lubrificantes	l
		Vazamento de produtos químicos	l
		Geração de resíduos sólidos	t
		Descarte de água de lastro	l
		Salinidade da água	ppm
		Hidrocarbonetos em sedimentos	Adimensional
		Não atendimentos a normas referentes a resíduos sólidos	%
		Sedimentos com metais pesados	Adimensional
		Geração de esgoto (águas cinzas)	l
Poluição Sonora		Intensidade total de ruído emitido pelos equipamentos de movimentação	Db
		Intensidade total de ruído emitido pelos veículos que chegam ao porto	Db
		Intensidade de ruído de equipamentos de movimentação	Db
Poluição Térmica		Quantidade de calor liberado	MJ
		Volume de efluentes superaquecidos	m ³
Poluição Visual		Espaço ocupado pelos portos nas cidades	km ²

		Área total disponível	km ²
	Consumo de Água	Consumo de água em operação	l
		Volume de água reutilizado	l
	Consumo de Material	Quantidade descartada provenientes de peças de reposição	kg
		Consumo de aço, plástico, madeira, papel na operação	kg

(Fonte: Adaptado de Leal Júnior, 2010)

Por meio dos conhecimentos explanados, o trabalho se propõe em aplicar os principais indicadores de ecoeficiência em um canal de logística reversa para então entender seu desempenho e, conseqüentemente, o impacto ambiental que a empresa possui sobre a cadeia na qual atua.

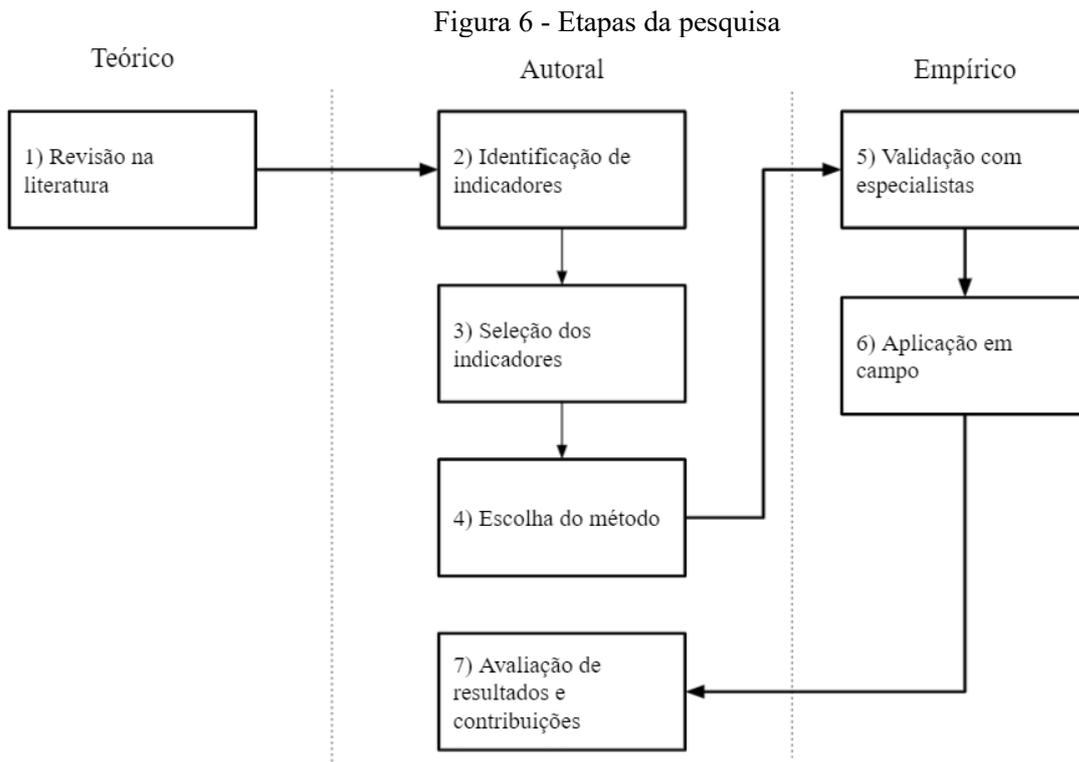
3 MÉTODO

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Segundo a classificação da Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), o presente trabalho se enquadra nas áreas de Logística, Pesquisa Operacional e Engenharia da Sustentabilidade, essas com Logística Reversa, Processos Decisórios e Produção mais Limpa e Ecoeficiência como sub tópico sucessivamente. A pesquisa é de natureza aplicada, por trazer conhecimentos para aplicações práticas e qualitativa, por não poder ser traduzida totalmente em números nas suas análises. (GIL,1994). Além disso, Gil (1994) também classifica o propósito do trabalho como exploratório, pelo aprofundamento do tema abordado e aplicado em um estudo de campo, com uma proposição prática do problema em um cenário real.

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

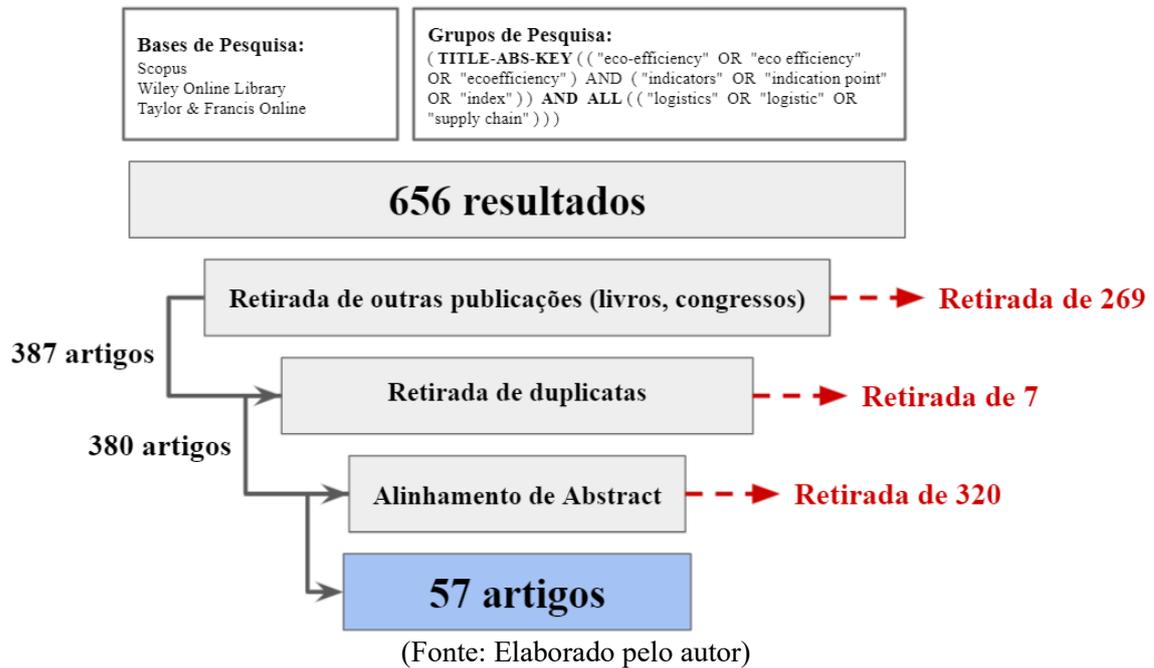
O método de pesquisa utilizado na presente pesquisa, e demonstrado na Figura 6, apresenta três vertentes principais. A primeira, uma frente teórica, aprofunda-se mais nos assuntos abordados e lista indicadores necessários para a pesquisa. A segunda é construída pelo autor, conforme aquilo levantado na teoria. E por fim, uma frente empírica, para aplicação e validação das etapas anteriores.



(Fonte: Elaborado pelo autor)

Assim, o presente trabalho inicia-se com uma revisão na literatura (etapa 1 - Figura 6), a fim de fazer um levantamento de indicadores de ecoeficiência que podem ser utilizados no canal de logística reversa de uma empresa do ramo alimentício. A pesquisa baseou-se no conjunto de artigos de origem da base de dados *Scopus*, *Wiley Online Library* e *Taylor & Francis Online*. Assim, realizou-se a investigação na literatura a partir de três frentes: logística, indicadores, e ecoeficiência, cada qual com suas variações. Os materiais selecionados passaram por uma triagem, representada abaixo, ao ponto de chegar em um grupo de artigos nos quais foram identificados os indicadores de ecoeficiência citados (etapa 2 - Figura 6). Tais indicadores citados foram listados e os mais citados são os utilizados nos passos seguintes da metodologia (etapa 3 - Figura 6).

Figura 7 - Triagem de artigos



A partir dos indicadores levantados, foi realizada uma classificação em cima daqueles mais citados, desta vez, de acordo com o parecer de especialistas das áreas envolvidas. Por se tratar de um problema com múltiplas alternativas, e aplicado com 6 profissionais de diferentes segmentos e tempo de atuação, o método foi escolhido pela sua aplicação simples e que possibilita a visão de toda a escolha durante o processo. Além disso, o método não dá apenas uma resposta correta, mas sim uma ponderação a partir das alternativas disponíveis, não tornando nenhuma excludente no processo (etapa 4 - Figura 6).

No Quadro 5 é possível observar o (s) campo (s) de atuação de cada especialista, que por questões de confidencialidade, não tem aqui sua identidade revelada. Desta maneira, a ferramenta escolhida foi aplicada com os especialistas mencionados (etapa 5 - Figura 6).

Quadro 5 - Especialistas

Especialista	A	B	C	D	E	F
Atuação em indústria de bens de consumo	X	X	X	X	X	X
Atuação em indústria alimentícia	X		X			X
Atuação na área de logística				X		
Atuação na área de meio ambiente, saúde e segurança	X				X	X

(Fonte: Autor)

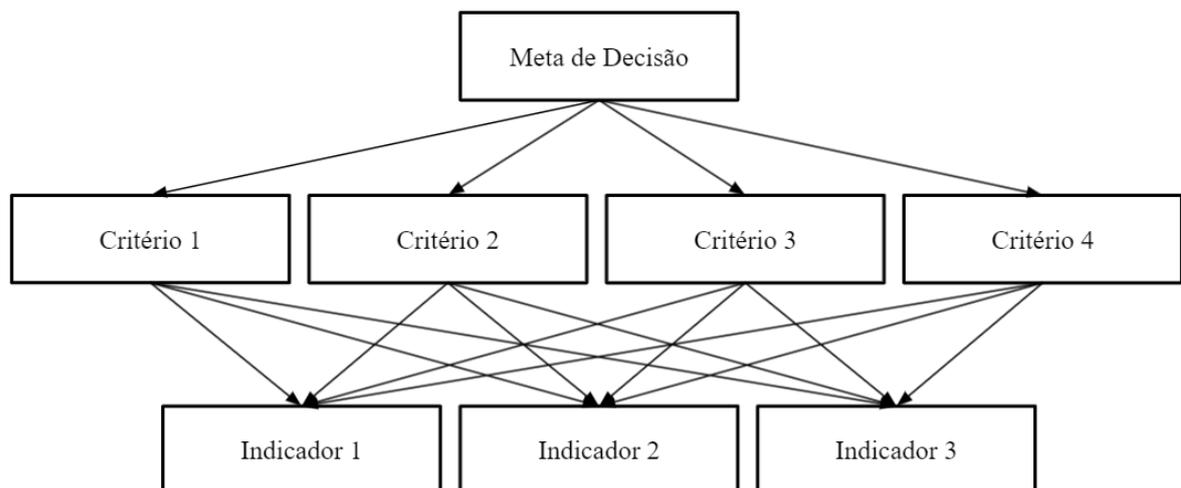
3.2.1 AHP

A escolha pelos especialistas foi realizada pela aplicação da metodologia AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Criado por Saaty (1991), o método é baseado na comparação e convergência entre relações de critérios e alternativas pré-definidas, até que se tenha uma priorização de qual seria a melhor decisão. Pelo método, chama-se de alternativa as opções de escolha que serão classificadas quanto à prioridade, e critério aquilo que se usa como parâmetro para tal classificação.

Para a aplicação deste método, é necessário que tanto os critérios quanto as alternativas possam ser estruturadas de forma hierárquica, sendo, assim, o primeiro nível da hierarquia corresponde ao propósito geral do problema, o segundo, aos critérios e o terceiro, às alternativas.

A aplicação inicia-se então com a construção da estrutura hierárquica, como mostrada na Figura 8, em que se compara paritariamente cada critério e cada alternativa. Tais comparações são feitas através de pesos, feitos de forma subjetiva em uma escala de 1 a 9, como apresentado na Quadro 6.

Figura 8 - Estrutura hierárquica geral do método AHP



(Fonte: Adaptado de Gartner 2001)

Quadro 6 - Comparação paritária para o julgamento dos elementos A e B

Julgamento	Valores
A é igualmente preferível a B	1

A é igual a moderadamente preferível sobre B	2
A é moderadamente preferível sobre B	3
A é moderada a fortemente preferível sobre B	4
A é fortemente preferível sobre B	5
A é fortemente a muito fortemente preferível sobre B	6
A é muito fortemente preferível sobre B	7
A é muito forte a extremamente preferível sobre B	8
A é extremamente preferível sobre B	9

(Fonte: Adaptado de Saaty 1991)

A comparação mencionada é feita através de uma matriz, como representada na Figura 9. A diagonal principal traz sempre o valor 1 (um) e a oposição de seus elementos. Por exemplo, o elemento $a_{1,2}$ sendo igual a 3, então o elemento $a_{2,1}$ será igual à $1/3$, como demonstrado no Quadro 7.

Quadro 7 - Exemplo matriz de comparação paritária

Comparação Alternativas	Indicador 1	Indicador 2	Indicador 3
Indicador 1	1	3	5
Indicador 2	1/3	1	3
Indicador 3	1/5	1/3	1

(Fonte: Adaptado de Saaty 1991)

Após feita a comparação paritária, as matrizes são normalizadas. Ou seja, a soma de cada linha foi dividida pela sua coluna correspondente, obtendo-se assim uma nova matriz. Por esta matriz derivada, é calculado o autovetor. Tal valor é obtido através da média aritmética de cada linha, ou seja, a soma de cada linha, dividida pelo seu número de componentes.

Desta maneira é possível encontrar o *maximum eigenvalue*, sendo esse representado por λ_{max} . O valor é encontrado a partir do autovetor, que é multiplicado pela sua transposta da matriz de comparação - ou seja, autovetor da linha 1 é multiplicado pelos elementos da coluna 1, o da linha 2 pela coluna 2, e assim sucessivamente. Obtém-se então uma nova matriz, onde somam-se suas linhas, e multiplica-se pelo resultado do autovetor. Os valores obtidos são então somados e divididos pela ordem da matriz.

Uma vez feita a comparação paritária, é necessário verificar se os julgamentos são consistentes. O *AHP* calcula uma razão de consistência CR, comparando o índice de consistência CI da matriz, com o índice de consistência da matriz tabelada IR.

A razão de consistência é descrita então por $CR = CI / IR$ sendo IR definido pela ordem da matriz, como apresentado no Quadro 8 abaixo, e CI pela equação (2) a seguir.

$$C. I. = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} \quad (2)$$

Quadro 8 - Índice de consistência pela ordem da matriz

Ordem da Matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

(Fonte: Adaptado de Saaty 2012)

Para garantir a consistência lógica, espera-se que a razão de consistência seja abaixo de 0,1, como definido por Saaty (2012). Caso não seja obtida, o método recomenda que seja refeita a comparação paritária, até ser obtido um índice coerente.

O cálculo das alternativas é feito de maneira semelhante, porém desta vez comparando-se alternativa com alternativa, sendo essa comparação com relação a cada critério definido na estrutura hierárquica. Assim, chega-se a uma matriz de prioridade final entre alternativas e critérios onde será a última utilizada para obter-se a prioridade final. Por fim, somam-se os pesos de cada alternativa, sendo obtido o peso final de cada alternativa, ou seja, sua prioridade.

Com o método feito, é possível validar os indicadores aos especialistas para, após confirmado, aplicá-los em campo (etapa 6 - Figura 6). Por fim, tendo a aplicação realizada, serão identificados pontos críticos na empresa estudada, baseando-se no comportamento dos indicadores (etapa 7 - Figura 6).

4 RESULTADOS

Esta seção traz o resultado obtido através da metodologia proposta no tópico 3. Esse tópico é organizado da seguinte forma: primeiramente a apresentação dos artigos selecionados, bem como seus indicadores mais citados, seguido pela a aplicação e resultado da AHP com especialistas da área.

4.1 CONJUNTO DE INDICADORES

Como citado no Tópico 3.2.1, os artigos foram selecionados a partir de uma revisão na literatura em três bases diferentes. Desta forma, os indicadores de ecoeficiência citados foram listados a partir dos artigos selecionados na triagem. A tabela apresentada no Apêndice A apresenta os artigos e seus autores, bem como os indicadores trabalhados e a metodologia utilizada no estudo para aplicá-los.

Após a listagem dos indicadores, os mesmos foram contabilizados. Desta forma, foi possível saber aqueles mais citados, como apresentado no Quadro 9, para serem abordados na aplicação do AHP.

Os indicadores selecionados foram os que possuíam maior número de citação que a média total de citações. Sendo a média 11,6, os indicadores aplicados no modelo de decisão são Emissão de Dióxido de Carbono, Consumo de Energia, Consumo de Água, Emissão de Óxido Nitroso, Produção de Resíduos Sólidos, Emissão de Metano.

Quadro 9 - Lista de indicadores citados

Indicador	Quantidade de Artigos
Emissão de Gás Carbônico	43
Consumo de Energia	41
Consumo de Água	41
Emissão de Óxido de Nitrogênio	26
Produção de Resíduos Sólidos	21
Emissão de Metano	17
Emissão de Clorofluorcarboneto	13
Emissão de Dióxido de Enxofre	10

Emissão de Poluentes em Água	7
Emissão de Ozônio	1
Emissão de Foto Oxidantes	1
Emissão de Ácido Diclorofenoxiacético	1
Emissão de Efluentes em Água	1
Produção de Resíduos Tóxicos	1
Reciclagem de Resíduos Sólidos	1

(Fonte: Autor)

4.1.1 Aplicação com especialistas

Como citado no Tópico 3.2.1, o método de priorização dos indicadores foi realizado pela aplicação da AHP com especialistas da área. O primeiro passo é a construção da árvore hierárquica, deve-se ter definido a meta de decisão, os critérios e alternativas. Sendo o objetivo a priorização dos indicadores de ecoeficiência encontrados, e as alternativas os próprios indicadores, é necessário definir quais os critérios serão utilizados. Para o presente trabalho, os critérios foram pensados quanto ao seu impacto sustentável, social, econômico e organizacional, como explicado no Quadro 10.

Quadro 10 - Lista de critérios utilizados

Crítérios	Justificativa
Impacto ambiental	Refere-se ao benefício que o acompanhamento do indicador trará ao meio ambiente. De acordo com De Andrade Freire (2020), indústrias causam danos ao meio em que está pela utilização de recursos não renováveis e a liberação de gases poluentes na atmosfera.
Impacto social	Refere-se ao benefício sobre a sociedade através do controle de tais indicadores. A responsabilidade social empresarial é hoje uma realidade, e visa o compromisso das empresas em colaborar não só com o desenvolvimento econômico sustentável, mas também a atenção e cuidado aos colaboradores, seus familiares, e a população local, visando sua qualidade de vida (KREITLON, 2004).
Impacto econômico	Refere-se ao impacto dos indicadores sobre custos diretos ou indiretos na cadeia de suprimentos da companhia. Indicadores, mesmo não sendo financeiros, podem auxiliar na identificação e proposição de redução de custos (PALADINI, 2002).
Operacionalização para medição	Refere-se à facilidade de acompanhamento dos indicadores. Desde sua implementação na rotina, até a necessidade de materiais e/ou

	equipamentos específicos. As inovações tecnológicas vêm exigindo que as empresas aprimorem seus controles de indicadores (MUNARETTO; CORRÊA, 2016).
Benefício à estratégia	Refere-se ao impacto que a medição do indicador traz à estratégia da companhia. Segundo Valente (2014), o alinhamento dos indicadores medidos com a visão, missão e valores da empresa é crucial para sua implementação e uso.

(Fonte: Autor)

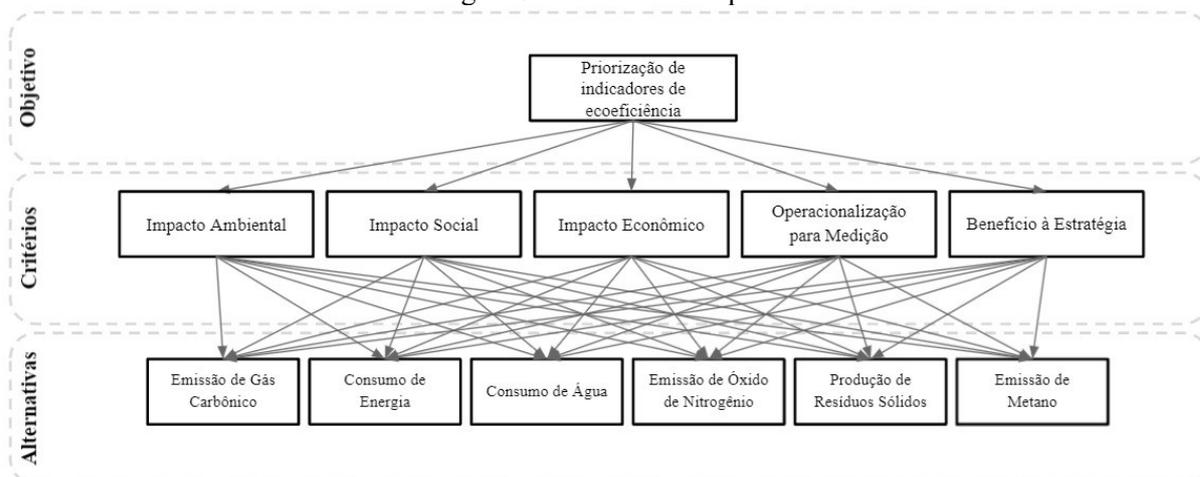
Junto com os indicadores selecionados, como apresentados no Quadro 11 como as alternativas, foi possível construir a árvore hierárquica apresentada na Figura 9. Desta maneira, a estruturação da *AHP* foi concluída para ser enviada aos especialistas.

Quadro 11 - Lista de alternativas utilizadas

Alternativas
Emissão de Gás Carbônico
Consumo de Energia
Consumo de Água
Emissão de Óxido de Nitrogênio
Produção de Resíduos Sólidos
Emissão de Metano

(Fonte: Autor)

Figura 9 - Árvore hierárquica



(Fonte: Autor)

Definida a árvore hierárquica, foi possível aplicar o método com os especialistas citados. Cada especialista realizou a comparação paritária entre critérios e entre alternativas com relação a critérios, para após isso a consistência lógica ser garantida por meio do cálculo do índice de consistência (IC) e o índice de consistência randômico (IR) - O software Excel foi utilizado a aplicação e realização dos cálculos do método *AHP*. Pela comparação feita, foi possível obter o vetor de decisão de acordo com a visão de cada especialista. Os resultados são apresentados abaixo no Quadro 12.

Quadro 12 - Vetor decisão de cada especialista

	Vetor decisão					
	Emissão de Gás Carbônico	Consumo de Energia	Consumo de Água	Emissão de Óxido de Nitrogênio	Produção de Resíduos Sólidos	Emissão de Metano
Especialista A	11,37%	24,91%	35,09%	5,40%	18,22%	5,02%
Especialista B	19,93%	12,84%	18,22%	18,95%	9,89%	20,18%
Especialista C	8,60%	19,79%	21,68%	17,73%	21,05%	11,15%
Especialista D	13,35%	11,80%	39,86%	8,50%	16,14%	10,34%
Especialista E	22,42%	5,61%	5,61%	23,58%	19,24%	23,54%
Especialista F	17,24%	21,77%	15,13%	7,99%	16,99%	20,87%

(Fonte: Autor)

Com esta etapa feita, foi necessário consolidar as respostas dos seis especialistas em uma só. Para isso foi realizada uma média ponderada para cada indicador. A ponderação foi feita a partir da média de anos de atuação de cada um em seus respectivos setores ou áreas de atuação. O cálculo da média pode ser observado no Apêndice B da pesquisa.

Desta maneira, o Vetor Decisão utilizado foi definido, conforme Quadro 13. A partir dele o índice de ecoeficiência pode ser calculado e aplicado na empresa estudada.

Quadro 13 - Vetor decisão após média ponderada

Indicador	Vetor Decisão
Emissão de Gás Carbônico	14,82%
Consumo de Energia	19,52%
Consumo de Água	23,65%
Emissão de Óxido de Nitrogênio	11,01%
Produção de Resíduos Sólidos	17,36%
Emissão de Metano	13,63%

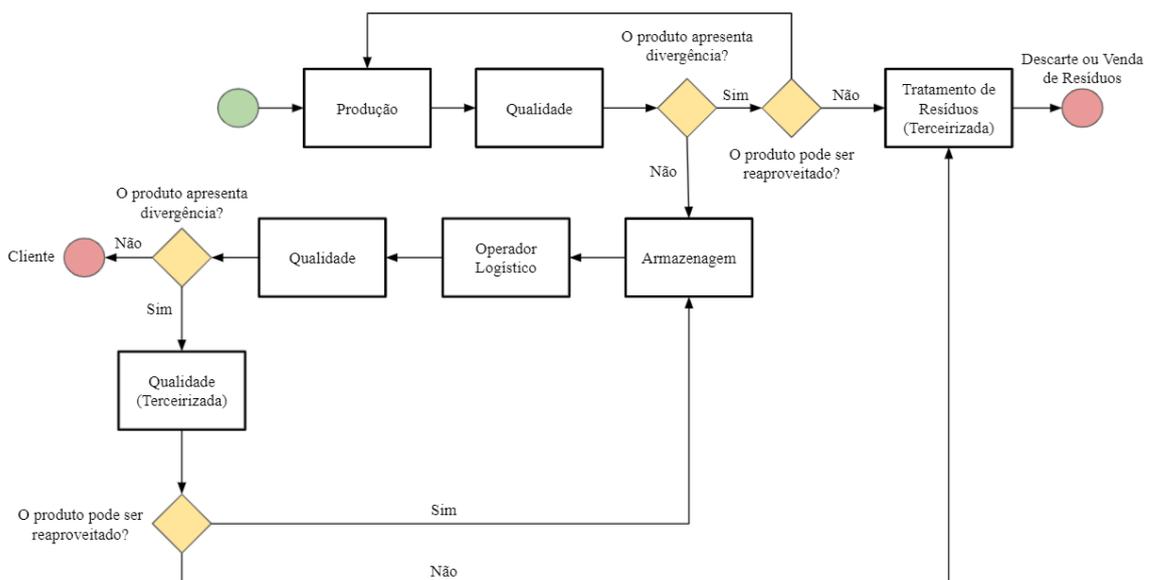
(Fonte: Autor)

4.2 ESTUDO DE CAMPO

4.2.1 A empresa

A empresa utilizada na aplicação do estudo é uma indústria do ramo alimentício especializada em condimentos. Presente no mercado há mais de 100 anos e em 200 países, a empresa hoje possui mais de 10 linhas de produtos, incluindo vegetais, molhos e temperos. Na Figura 10, é possível observar sua cadeia de suprimentos. A cadeia é descrita a partir da indústria como ponto focal.

Figura 10 - Cadeia de suprimentos da empresa estudada



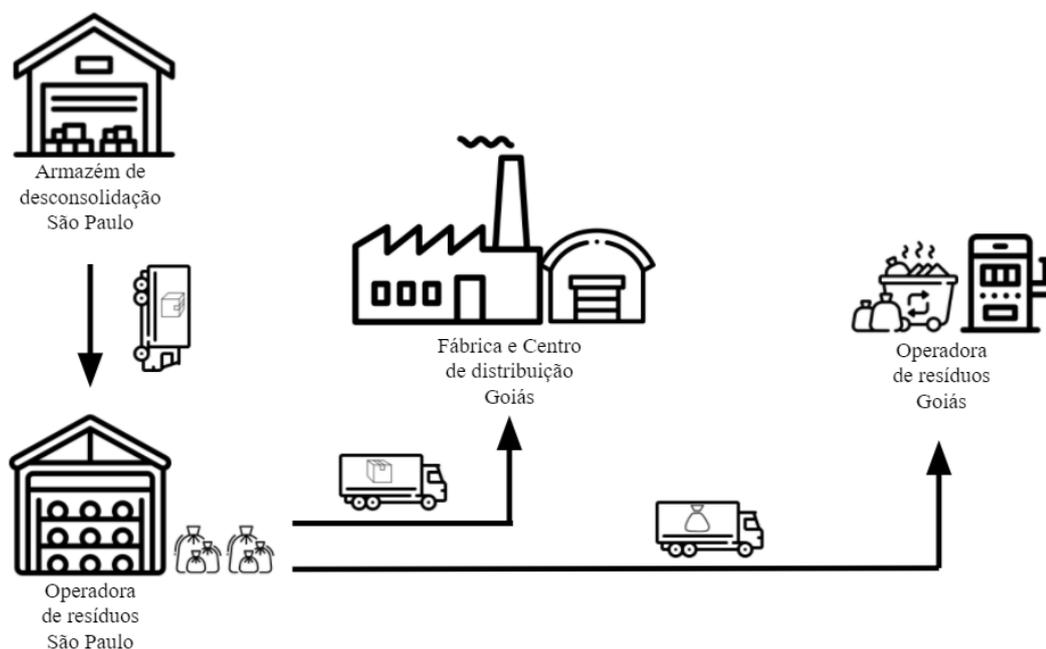
(Fonte: Autor)

O processo inicia com o recebimento da matéria prima que passará pela produção dos produtos. Após isso, o setor de qualidade atua para verificar se há alguma inconformidade. Caso exista, o produto é verificado para ver a possibilidade de ser reaproveitado - se existe, ele volta para a linha produtiva, caso contrário ele é tratado como resíduo e descartado no local adequado ou vendido (caso reciclável).

O produto que não apresenta divergência vai para o centro de distribuição e depois para o armazém de desconsolidação. No armazém o produto passa por outro setor de qualidade. Se não apresentar inconformidade, ele segue para o consumidor final. Caso apresente, o produto é direcionado para uma empresa terceirizada que verifica se o mesmo pode ser reaproveitado ou não - se possível, o produto retorna ao armazém, caso contrário, ele retorna até a fábrica para ser descartado ou vendido, tal como no processo citado anteriormente.

Como a presente pesquisa possui como foco a análise da cadeia reversa da companhia, a mesma é especificada na Figura 11. A representação começa a partir da divergência identificada no armazém de desconsolidação, no estado de São Paulo.

Figura 11 - Cadeia de suprimentos reversa da empresa estudada



(Fonte: Autor)

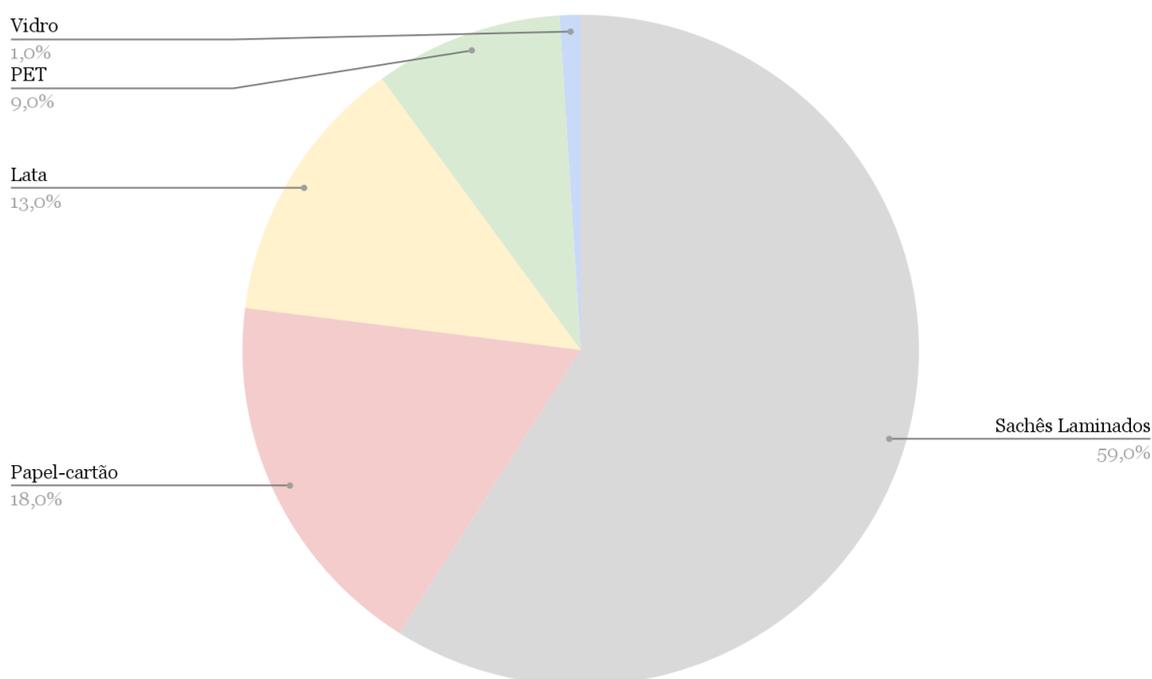
São apresentadas, em média, 361 toneladas de produtos com inconformidade. Esses são destinados em 21 carretas para uma operadora de resíduos terceirizada, também localizada no estado de São Paulo. Após a possibilidade de reaproveitamento ser verificada, em média 80%

dos produtos são reaproveitados e destinados ao centro de distribuição em Goiás. Os outros 20%, em média 72,2 toneladas, são tratados como resíduos sólidos e destinados para a operadora de resíduos sólidos terceirizada também em Goiás - essa por meio de 5 carretas.

Nesta última etapa, os resíduos sólidos são separados manualmente entre embalagens e resíduos orgânicos. As embalagens que não podem ser recicladas são acumuladas e, após um volume considerável, compactadas por meio de uma caçamba compactadora industrial e destinadas ao aterro sanitário municipal. Já as que podem ser recicladas, são lavadas com uma lavadora industrial de alta pressão e comercializadas.

Todos os resíduos orgânicos são direcionados para a estação de tratamento de efluentes. Por fim, a proporção de cada tipo de embalagem pode ser observada no Gráfico 3, sendo a de sachês laminados a única que não apresenta possibilidade de reciclagem.

Gráfico 3 - Proporção de embalagens dos resíduos sólidos.



(Fonte: Autor)

4.2.2 Aplicação do estudo

Os indicadores foram aplicados então no canal de logística reversa da empresa citada no tópico anterior em um intervalo de 1 mês. Os indicadores de Emissão de Gás Carbônico e

Óxido de Nitrogênio foram calculados a partir da frota utilizada. Como a liberação de metano em veículos de carga pesada é desprezível, o indicador não pode ser calculado no estudo.

Os indicadores de Consumo de Energia e Água foram calculados a partir das duas máquinas utilizadas na cadeia em seu funcionamento: a compactadora industrial com 3 horas semanais e o jato industrial de alta pressão com 12 horas. E por fim, a Produção de Resíduos Sólidos foi calculada a partir da quantidade total gerada no intervalo especificado.

O Quadro 14 apresenta a fórmula utilizada para o cálculo de cada indicador ambiental do trabalho. Em seguida, o Quadro 15 apresenta o resultado da aplicação.

Quadro 14 - Fórmula utilizada para cálculo de cada indicador

Indicador Ambiental	Fórmula
Emissão de Gás Carbônico	<i>Número Total de Veículos da Categoria × (Fator de Emissão do Poluente/1000) × Distância Percorrida</i>
Consumo de Energia	<i>Potência x Tempo Funcionamento</i>
Consumo de Água	<i>Vazão x Tempo Funcionamento</i>
Emissão de Óxido de Nitrogênio	<i>Número Total de Veículos da Categoria × (Fator de Emissão do Poluente/1000) × Distância Percorrida</i>
Produção de Resíduos Sólidos	<i>Valor Total</i>

(Fonte: Autor)

Quadro 15 - Resultado dos indicadores ambientais

Indicador Ambiental	Resultado	Unidade
Emissão de Gás Carbônico	9.122,75	T/mês
Consumo de Energia	733	kW/mês
Consumo de Água	576.000	L/mês
Emissão de Óxido de Nitrogênio	8,20	T/mês
Produção de Resíduos Sólidos	361	T
Emissão de Metano	0,00	T/mês

(Fonte: Autor)

Para medir a ecoeficiência em cada processo, os indicadores foram divididos pela quantidade de resíduos total transportada, nos casos das emissões de gases, e quantidade de resíduos processados, nos casos do consumo de água e energia. Desta maneira, o indicador de ecoeficiência segue equação (3) e seus resultados podem ser observados no Quadro 16.

$$ecoeficiência = \frac{\text{Quantidade de Resíduo Transportado ou Processado}}{\text{Indicador Ambiental}} \quad (3)$$

Quadro 16 - Resultado da ecoeficiência sobre cada indicador.

Indicador de Ecoeficiência	Resultado Ecoeficiência	Unidade
Emissão de Gás Carbônico	0,04	T / T
Consumo de Energia	0,10	T/ kW
Consumo de Água	0,000125	T /L
Emissão de Óxido de Nitrogênio	44,01	T / T
Produção de Resíduos Sólidos	0,80	T / T

(Fonte: Autor)

O estudo compara indicadores com unidades diferentes, desta maneira é necessário normalizá-los para que eles sejam comparados. A normalização foi realizada a partir da conversão do indicador de ecoeficiência para uma escala de 0 a 1. Ela foi feita pelos melhores e piores cenários de cada fonte de emissão e consumo da cadeia estudada em uma série histórica de 10 meses. O Quadro 17 abaixo apresenta o valor de cada cenário.

Quadro 17 - Valores utilizados para normalização dos indicadores.

Indicador de Ecoeficiência	Pior Cenário	Melhor Cenário	Unidade
Emissão de Gás Carbônico	0,041	0,040	T / T
Consumo de Energia	0,12	0,106	T/ kW
Consumo de Água	0,00018	0,00009	T /L
Emissão de Óxido de Nitrogênio	45,5	44	T / T
Produção de Resíduos Sólidos	0,8	0,4	T / T

(Fonte: Autor)

Com os cenários levantados, foi realizada a normalização. Os resultados normalizados puderam ser então multiplicados pelos seus respectivos pesos na AHP e então somados. O Quadro 18 apresenta a multiplicação de cada indicador e sua soma final.

Quadro 18 - Vetor decisão após média ponderada

Indicador	Peso AHP	Resultado Normalizado	Aplicação Final
Emissão de Gás Carbônico	14,82%	0,97	0,14
Consumo de Energia	19,52%	0,82	0,16
Consumo de Água	23,65%	0,69	0,16
Emissão de Óxido de Nitrogênio	11,01%	0,97	0,11
Produção de Resíduos Sólidos	17,36%	0,50	0,09
Emissão de Metano	13,63%	0,00	0,00
		Soma	0,66

(Fonte: Autor)

Desta maneira, em uma escala de 0 a 1, o indicador possui um aproveitamento de 0,66. Nas seções seguintes, o resultado é discutido e analisado no cenário da empresa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

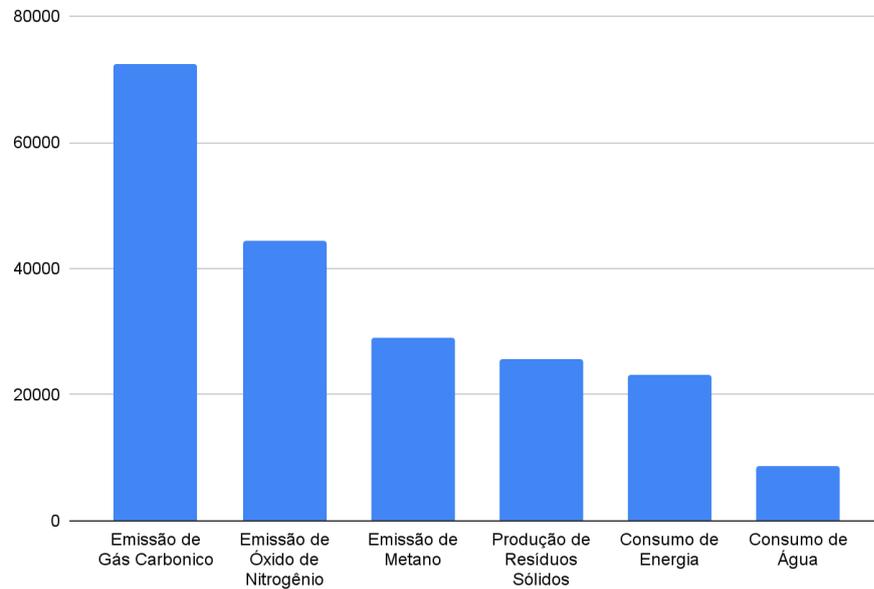
De acordo com o estudo realizado na empresa em questão, em seu canal de logística reversa citado, foi possível realizar a análise de pontos que tangem a ecoeficiência e sua avaliação por meio de indicadores. O tópico está separado em dois subtópicos: Análise do Estudo e Oportunidades para Empresa.

5.1 ANÁLISE DO ESTUDO

O estudo foi iniciado a partir da seleção dos indicadores de ecoeficiência mais representativos na literatura para aplicá-los na empresa citada. Eles foram levantados a partir de uma revisão na literatura, validados com especialistas e aplicados para medir o desempenho ecoeficiente no canal de logística reversa do ramo alimentício.

Para a primeira etapa do estudo, a revisão na literatura para seleção dos indicadores, é interessante comparar os indicadores selecionados pelo modelo de pesquisa citado (palavras chaves em suas respectivas bases de pesquisa), com um modelo de pesquisa mais amplo. O primeiro modelo de pesquisa é apresentado no Tópico 3.2. Já para o comparativo, os indicadores foram pesquisados na base Scopus, pelas seguintes palavras chaves: *Carbon Dioxide Emission*, *Nitrogen Oxide Emission*, *Methane Emission*, *Industrial Solid Residues Production*, *Industrial Energy Consumption* e *Industrial Water Consumption*. O Gráfico 4 apresenta a quantidade absoluta de artigos e *journals* encontrados referentes ao tema de cada indicador, através da pesquisa dos mesmos pela sua palavra chave na base Scopus.

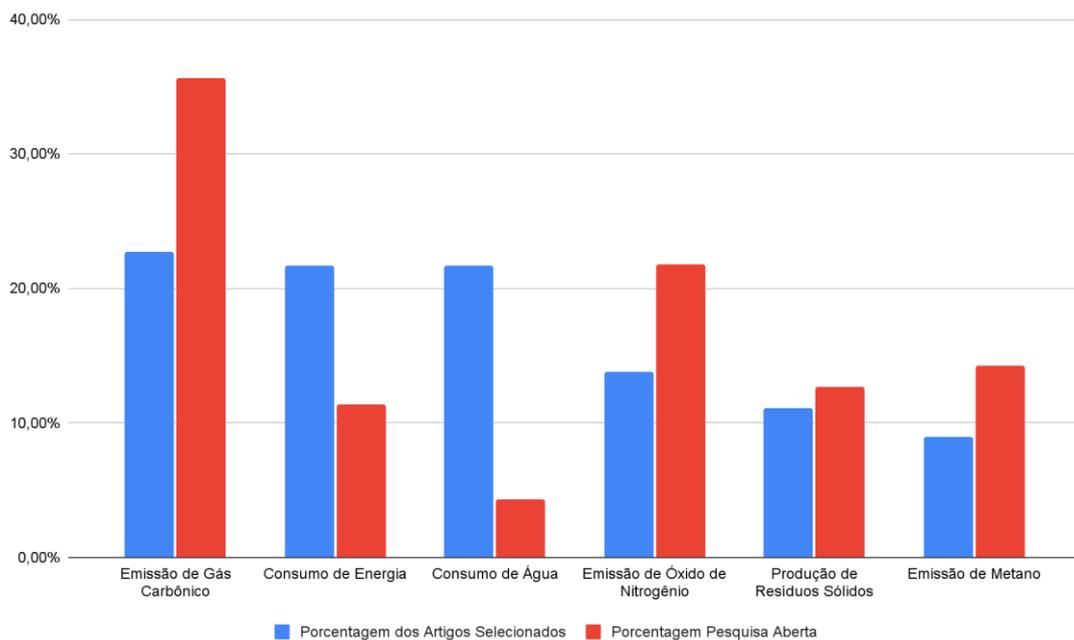
Gráfico 4 - Número absoluto de artigos e journals referente ao tema de cada indicador.



(Fonte: Autor)

O interessante, porém, é quando comparamos a proporção dos resultados da pesquisa aberta, com o resultado da revisão na literatura feita para levantar os indicadores. O Gráfico 5 apresenta o comparativo entre as duas pesquisas.

Gráfico 5 - Número absoluto de artigos e journals referente ao tema de cada indicador.

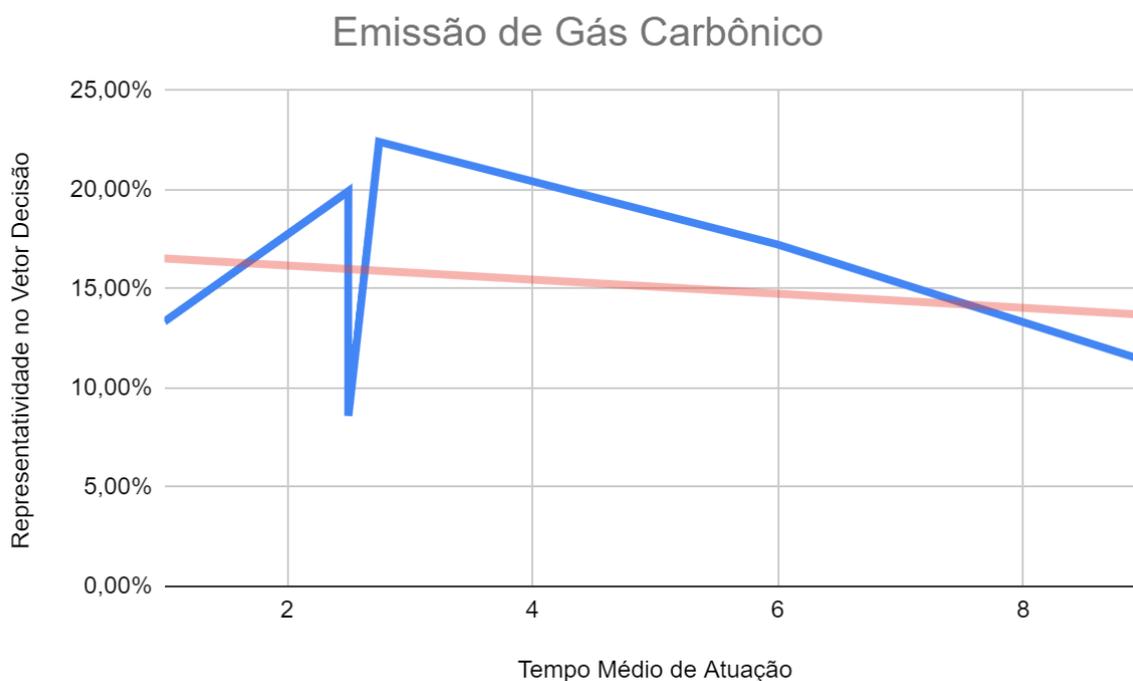


(Fonte: Autor)

Observa-se pelo gráfico, então, uma oportunidade perante alguns temas. Quando analisados os temas referentes aos indicadores de Consumo de Água e Consumo de Energia no setor industrial, a literatura não aborda tanto os temas de maneira isolada, comparando com os mesmos em conjunto com outros indicadores de ecoeficiência. Agora no que se refere aos indicadores de emissão dos gases Carbônico, Óxido de Nitrogênio e Metano, a literatura possui uma abordagem mais ampla de maneira isolada para cada gás.

Feita a escolha dos indicadores, eles foram validados pelos especialistas citados anteriormente. Nesta etapa do estudo, é válido observar a relação entre o tempo médio de atuação nas áreas trabalhadas com a percepção do especialista sobre três indicadores. O Gráfico 6 abaixo apresenta sobre o Gás Carbônico.

Gráfico 6 - Importância do indicador Emissão de Gás Carbônico a partir do tempo médio de atuação.



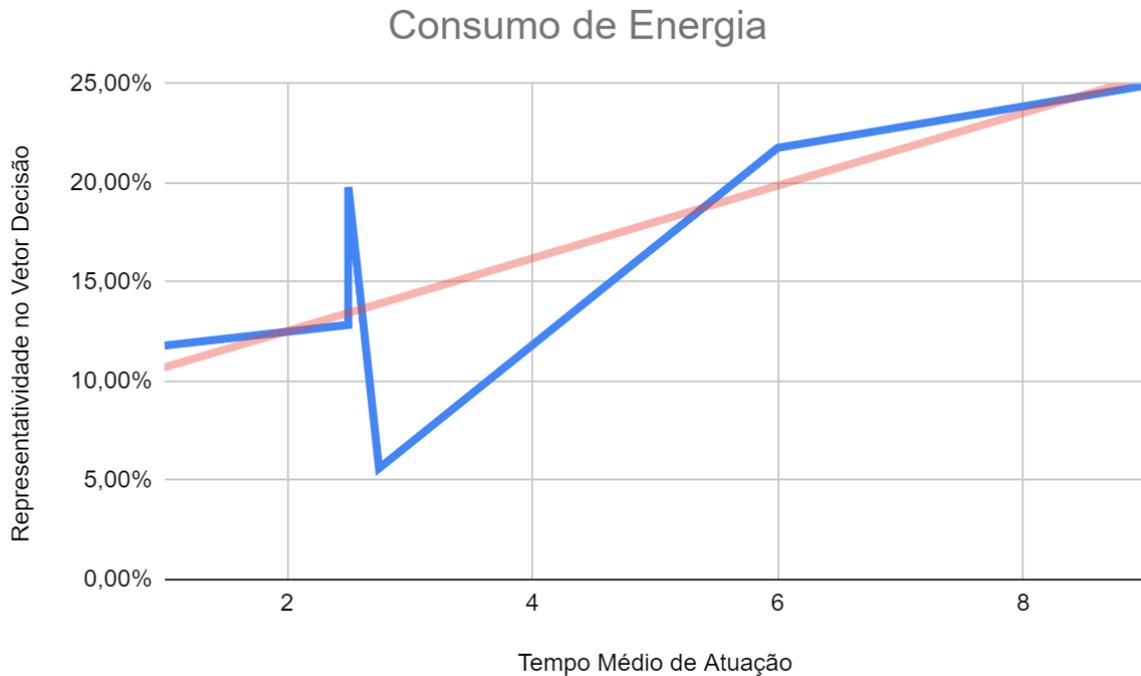
(Fonte: Autor)

O gráfico apresenta uma tendência decrescente segundo a percepção dos especialistas. É possível afirmar um comportamento esperado quando olhamos o número publicados pela academia na época em que o especialista mais antigo estava no início de carreira - segundo a base *Scopus*, de 2012 até 2020 o tema teve um acréscimo de 68% de publicações.

Outro comportamento interessante a ser observado, é a percepção quanto a importância do indicador de Consumo de Energia. O Gráfico 7 indica uma tendência positiva sobre o tema,

possibilitando afirmar que, sobre os profissionais deste estudo, quanto mais tempo de atuação nos setores, maior a classificação de importância do indicador de Consumo de Energia.

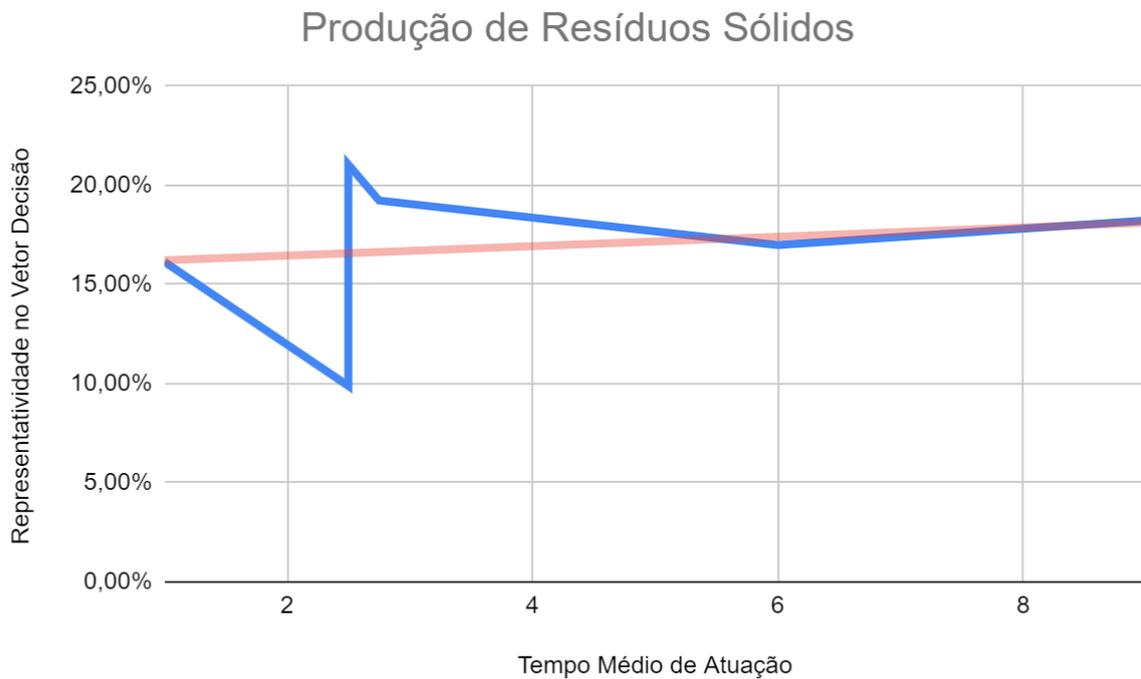
Gráfico 7 - Importância do indicador Consumo de Energia a partir do tempo médio de atuação



(Fonte: Autor)

A terceira e última percepção interessante de ser analisada é a de Produção de Resíduos Sólidos. O Gráfico 8 apresenta a classificação dos especialistas em relação ao tempo. Nele é possível notar que há uma pequena tendência positiva, porém quase nula, sobre o comportamento. Desta forma, é possível afirmar que os especialistas do estudo dão ao indicador de Produção de Resíduos Sólidos o mesmo grau de importância quando comparado com os outros indicadores.

Gráfico 8 - Importância do indicador Produção de Resíduos Sólidos a partir do tempo médio de atuação.



(Fonte: Autor)

Ainda sobre a percepção dos especialistas sobre os indicadores, é interessante analisar a diferença de priorização dos mesmos, com aqueles mais citados pela literatura. Enquanto o indicador mais citado foi o de Emissão de Gás Carbônico, este apareceu pelos especialistas como o quarto no grau de importância. Já o de Produção de Resíduos Sólidos, penúltimo selecionado pela triagem dos indicadores, foi o terceiro de maior importância para os especialistas.

Após coletar a classificação dos especialistas, ponderar e normalizar o vetor decisão, foi possível aplicá-lo no canal de logística reversa estudado. Por ser uma aplicação empírica, o estudo não traz a possibilidade, no momento, de comparar o indicador geral com outras empresas. Entretanto, é válida a análise de cada indicador que o compõem, de maneira isolada, com a literatura, já que estes refletem o índice da ecoeficiência apresentado.

Os indicadores referentes à emissão de gases possuem uma abordagem mais ampla na literatura. Leal (2012), por exemplo, coloca em seu estudo a análise de todos os gases responsáveis pelo efeito estufa emitidos pela indústria, não especificando somente um. Além dessa abordagem, é interessante ressaltar as formas como o indicador mais citado, a emissão de gás carbônico, é contemplada além da emissão por frotas utilizadas em cadeias de suprimento. Rebolledo-Leiva (2019) aborda o tópico pela metodologia de *Carbon Footprint*, ou seja, a

quantidade de dióxido de carbono equivalente emitido por processos, pessoas, serviços, transportes ou atividades em uma cadeia de suprimentos.

Outro ponto que vale ressaltar foi a limitação da medição do indicador de emissão de metano no estudo. O fato aconteceu devido ao maquinário e frota utilizados na cadeia de logística reserva - o primeiro por utilizar apenas de energia elétrica e o segundo por uma emissão desprezível. Desta maneira, se aplicado em um canal logístico convencional, com produção industrial, a emissão seria relevante para estudo como por exemplo, na aplicação na produção de suínos abordado por Ounsaneha (2018).

Pela mesma perspectiva de análise, os indicadores de consumo de energia e água também possuem abordagens variadas. Onat (2019), por exemplo, contempla em seu estudo o comparativo entre a utilização de veículos elétricos, ou não, em cadeias de suprimento americanas. Em contrapartida, Qiu (2017) aborda o comportamento dos indicadores comparando o cenário de indústrias chinesas em época de grande movimentação turística. Os estudos trazem consigo as diversas formas e locais que indicadores de ecoeficiência podem ser aplicados, analisados e melhorados.

5.2 OPORTUNIDADES PARA A EMPRESA

Pelos resultados obtidos na aplicação do indicador na empresa estudada, foi possível observar oportunidades e boas práticas ambientais para a empresa aplicar, com a finalidade de diminuir seus impactos. Elas foram levantadas com base nas fontes de emissão e consumo citadas.

Para a emissão do gás carbônico e do óxido de nitrogênio, as oportunidades encontram-se na frota utilizada e na quantidade de resíduos sólidos gerados. Bartholomeu (2016) aborda três práticas na redução de emissão de gases que são válidas para a empresa. A primeira aborda o conceito de “*eco-driving*”, sendo este pautado na manutenção preventiva dos veículos e no treinamento de motoristas. Em seguida a abordagem é pelo sistema de gestão, tais como a roteirização feita, capacidade da frota e renovação da mesma. Por fim, o autor traz a implementação de novas tecnologias nos veículos e acessórios, que influenciam no peso da carga, aerodinâmica e influência no motor.

Sobre a produção de resíduos sólidos gerados, a oportunidade é sobre dois processos logísticos: o *picking* realizado no armazém e o cuidado do produto em transporte. O primeiro

garante que os produtos corretos sejam entregues e não exista necessidade de retorno. Segundo Gravito (2020), uma vez que o *picking* não é planejado de maneira estratégica no negócio, além de atrasar a etapa seguinte na cadeia de suprimentos, a possibilidade de falha para selecionar o produto correto torna-se maior. Já o cuidado do produto em transporte interfere na qualidade com que o produto chega ao consumidor - analisar e avaliar os riscos durante o trajeto são atividades que garantem condições primárias ao produto, como controle da temperatura e umidade do veículo (MATTOS, 2017).

Lemes (2009) traz para o contexto de melhoria no consumo de energia a partir da fonte de energia utilizada. O autor traz a fonte de energia solar como uma alternativa, essa não implementada na totalidade da empresa, que garante uma eficiência energética sem impacto ambiental representativo.

No aspecto do consumo de água, a empresa estudada segue todas as normas e leis estabelecidas sobre o cuidado da mesma em uma ETE (estação de tratamento de efluentes). Uma alternativa encontrada seria a implementação de um sistema de reutilização de água que, além da vantagem econômica em seu consumo e custos com tratamento de efluentes, garante seu total aproveitamento disponível (PASSOS, 2007).

Outra oportunidade encontrada para diminuir o consumo de água e energia é pelo repasse dos resíduos sólidos diretamente ao fabricante da embalagem, sem necessitar passar pelo processo de descarte ou reciclagem com os outros. Segundo Pinheiro (2012), as embalagens de papel cartão (a segunda em maior volume conforme a Figura 13) podem ser utilizadas diretamente como isolante térmicos de galpões ou até mesmo principal componente de telhados ecológicos. Desta forma a empresa responsável pela fabricação das embalagens fornecidas as coletaria e processaria. Assim, menos volume ocasionaria consequentemente na menor utilização dos equipamentos que consomem energia e água.

As ideias citadas anteriormente são apresentadas no Quadro 20. Nela, cada iniciativa é alocada de acordo com sua fonte de emissão ou consumo.

Quadro 19 - Oportunidades de práticas sobre cada indicador.

Indicador	Oportunidade
Emissão de Gás Carbônico	<ul style="list-style-type: none"> - Manutenção preventiva da frota; - Treinamento de motoristas; - Roteirização eficiente; - Capacidade de frota eficiente; - Renovação da frota; - Implementação de tecnologias.
Consumo de Energia	<ul style="list-style-type: none"> - Implantação de energia solar; - Destinação de resíduos direto ao fabricante.
Consumo de Água	<ul style="list-style-type: none"> - Implantação de sistema de reaproveitamento de água; - Destinação de resíduos direto ao fabricante.
Emissão de Óxido de Nitrogênio	<ul style="list-style-type: none"> - Manutenção preventiva da frota; - Treinamento de motoristas; - Roteirização eficiente; - Capacidade de frota eficiente; - Renovação da frota; - Implementação de tecnologias.
Produção de Resíduos Sólidos	<ul style="list-style-type: none"> - Planejamento de <i>picking</i>; - Avaliação de riscos de rota.

(Fonte: Autor)

6 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Esta seção é separada em dois tópicos. O primeiro se refere às conclusões pelo trabalho desenvolvido e o segundo traz sugestões para trabalhos futuros.

6.1 CONCLUSÕES FINAIS

O trabalho realizado teve uma abordagem literária e empírica. O primeiro viés abrangeu uma revisão na literatura e mapeou os principais indicadores de ecoeficiência em um canal de logística reversa. Já a segunda abordagem, foi a validação de especialistas e aplicação dos mesmos indicadores em uma empresa do ramo alimentício. Com o resgate dos objetivos específicos do Tópico 1.1.2, pode-se afirmar que o estudo cumpriu com o que havia sido proposto.

Desta maneira, a pesquisa permitiu, dentre tantos indicadores de ecoeficiência, conhecer quais os mais citados na literatura. Isso permite que, quando aplicados pela primeira vez, empresas tenham uma priorização de quais indicadores de ecoeficiência aplicar primeiramente em seu canal logístico. Além disso, no que se refere à academia, permite que pesquisadores abordem mais aqueles que não são tão citados quanto os aplicados no estudo.

Além disso, com a aplicação do *AHP*, o estudo possibilitou coletar a percepção de especialistas dos segmentos especificados, sobre os indicadores levantados. Essas visões empresariais trazem um complemento para a academia por se tratar de uma colocação totalmente prática, e não acadêmica.

O estudo também permitiu ter um índice geral de ecoeficiência em uma indústria. A análise sobre o indicador é válida a partir da relevância que o tema possui nos dias atuais e em como, de fato, o impacto ambiental é alto quando se analisa os números obtidos. Isso possibilita para a empresa uma priorização de planos de ação, e atuação mais assertiva sobre o desempenho analisado, possibilitando uma melhoria na consequência que as atividades de seu canal de logística reversa exerce sobre o ambiente.

Espera-se que com o trabalho desenvolvido, além de enfatizar a importância sobre o tema na academia, empresas encontrem e apliquem os indicadores em seus canais de logística reversa e acompanhem seu desempenho ecoeficiente. Por fim, realizar o presente trabalho foi

enriquecedor por abordar um tema tão relevante, com ferramentas diferentes, com uma validação acadêmica, mas também empírica.

6.2 LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A pesquisa obteve limitações que valem serem ressaltadas. A primeira refere-se ao histórico dos dados aplicados. Dados de um período maior de tempo possibilitariam aplicar e acompanhar o indicador sazonalmente, complementando o estudo com mais testes e hipóteses. Além disso, um período maior da aplicação empírica possibilitaria colocar em prática as sugestões citadas no Tópico 5.2. Desta maneira, seria viável acompanhar o comportamento do índice de ecoeficiência e sua melhoria, ou não, a partir das mudanças sugeridas.

De forma a estender o trabalho em mais contribuições acadêmicas, sugere-se a aplicação do modelo desenvolvido não apenas no canal de logística reserva de uma empresa, como em todo o seu canal logístico também. Isso fará com que sejam abordados mais indicadores, bem como novas fontes de consumo e emissão dos mesmos.

O método utilizado para aplicação de peso aos indicadores pode ser diferente. Além do método *AHP*, existem outros métodos multicritérios para tomada de decisão (*MCDM*) que contemplam o objetivo, como por exemplo o *MAUT* ou o *Electre I*.

Além disso, o estudo pode ser abordado também a partir da perspectiva de outros indicadores de ecoeficiência. Isso possibilitará para a academia e a empresa em questão a análise sobre outras atuações no canal estudado.

Recomenda-se, também, a aplicação em empresas de outros setores, não apenas a indústria alimentícia, mas diversas outras possuem impacto ambiental significativo onde ter indicadores de ecoeficiência para acompanhamento torna-se válida.

Por fim, recomenda-se a aplicação do mesmo índice de ecoeficiência em duas empresas diferentes, comparando o desempenho delas sobre a mesma perspectiva. A estratégia fica em quais empresas escolher - por exemplo, comparar empresas com mais e menos tempo de mercado, empresas maiores e menores, ou empresas de setores diferentes e ver qual possui um impacto ambiental maior ou menor.

7 REFERÊNCIAS

ABDELLA, G. M., Kucukvar, M., Ismail, R., Abdelsalam, A. G., Onat, N. C., & Dawoud, O. (2021). **A mixed model-based Johnson's relative weights for eco-efficiency assessment: The case for global food consumption.** *Environmental Impact Assessment Review*, 89 (April 2020), 106588.

ABDELLA, G. M., Kucukvar, M., Kutty, A. A., Abdelsalam, A. G., Sen, B., Bulak, M. E., & Onat, N. C. (2021). **A novel approach for developing composite eco-efficiency indicators: The case for US food consumption.** *Journal of Cleaner Production*, 299, 126931.

ABEA. **Associação Brasileira de Engenheiros de Alimentos.** Editorial. Disponível em: <<http://www.geocites.com/eureka/gold/5301>> [Acesso em 13 jul. 2021].

ABREU, Andreia de. **A importância da inovação tecnológica na indústria de alimentos: um estudo de caso numa empresa de grande porte.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP, 32., 2012, Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: ABEPRO, 2012.

ABRELPE, 2018, **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil**, Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais.

ALI, S. A., Alharthi, M., Hussain, H. I., Rasul, F., Hanif, I., Haider, J., Ullah, S., ur Rahman, S., & Abbas, Q. (2021). **A clean technological innovation and eco-efficiency enhancement: A multi-index assessment of sustainable economic and environmental management.** *Technological Forecasting and Social Change*, 166(May 2020), 120573.

ALIZADEH, S., Zafari-koloukhi, H., Rostami, F., Rouhbakhsh, M., & Avami, A. (2020). **The eco-efficiency assessment of wastewater treatment plants in the city of Mashhad using emergy and life cycle analyses.** *Journal of Cleaner Production*, 249, 119327.

ANG, F., Van Passel, S., & Mathijs, E. (2011). **An aggregate resource efficiency perspective on sustainability: A Sustainable Value application to the EU-15 countries.** *Ecological Economics*, 71(1), 99–110.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTAÇÃO. **Números do setor – Faturamento.** Disponível em <<https://www.abia.org.br/vsn/anexos/faturamento2016.pdf>> [Acesso em 03 Ago. 2021].

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial.** 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

BDO United Kingdom. **The food and drink report 2017.** Disponível em <<http://www.bdo.co.uk/getmedia/1c77e27b-69eb-40ff-987f-9f1a597ddb7e/BDO-Food-and-Drink--Report-2017-May.aspx>> [Acesso em 03 Ago. 2021].

BESNÉ, A. G., Luna, D., Cobos, A., Lameiras, D., Ortiz-Moreno, H., & Güereca, L. P. (2018). **A methodological framework of eco-efficiency based on fuzzy logic and Life Cycle Assessment applied to a Mexican SME.** *Environmental Impact Assessment Review*, 68(October 2017), 38–48.

BING, X., de Keizer, M., Bloemhof-Ruwaard, J. M., & van der Vorst, J. G. A. J. (2014). **Vehicle routing for the eco-efficient collection of household plastic waste.** *Waste Management*, 34(4), 719–729.

CHARMONDUSIT, K., Phatarachaisakul, S., & Prasertpong, P. (2014). **The quantitative eco-efficiency measurement for small and medium enterprise: A case study of wooden toy industry.** *Clean Technologies and Environmental Policy*, 16(5), 935–945.

CRAMER, J. (2000). **Early warning: Integrating eco-efficiency aspects into the product development process.** *Environmental Quality Management*, 10(2), 1–10.

CZENRY, A., & Letmathe, P. (2017). **Eco-efficiency: GHG reduction related environmental and economic performance.** The case of the companies participating in the EU Emissions Trading Scheme.

DA ROCHA, A., Dib, L.A., 2002. **The entry of Wal-Mart in Brazil and the competitive responses of multinational and domestic firms.** Int. J. Retail Distrib. Manag. 30 (1), 61–73.

DE ANDRADE FREIRE, Vitória et al. **Diagnóstico dos danos ambientais, riscos e perigos presentes no lixão de Massaranduba–PB.** Research, Society and Development, v. 9, n. 3, 2020.

DE GIOVANNI, Pietro; VINZI, Vincenzo Esposito. **Covariance versus component-based estimations of performance in green supply chain management.** International Journal of Production Economics, v. 135, n. 2, p. 907-916, 2012.

DE OLIVEIRA JÚNIOR, Geraldo Gomes et al. **Estimativa da emissão de CO2 equivalente em operações mecanizadas na cultura do cafeeiro.** Embrapa Meio Ambiente-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2020.

DONAIRE, Dênis. **Gestão ambiental na Empresa.** 2ed. São Paulo. Atlas: 2008.

EGILMEZ, G., Gumus, S., Kucukvar, M., & Tatari, O. (2016). **A fuzzy data envelopment analysis framework for dealing with uncertainty impacts of input-output life cycle assessment models on eco-efficiency assessment.** Journal of Cleaner Production, 129, 622–636.

EUROMONITOR INTERNATIONAL. **Food shopping reinvented: alternative business models in food and nutrition.** London: Euromonitor International, 2018.

EUROMONITOR INTERNATIONAL. **Packaged food in Brazil: Country Report Dec. 2017.** London: Euromonitor International, 2017.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos.** São Paulo: Livraria Atheneu, 1987. 652 p.

FENG, M., Yu, W., Wang, | Xingyu, Chee, |, Wong, Y., Xu, M., & Xiao, Z. (2018). **Green supply chain management and financial performance: The mediating roles of operational and environmental performance.**

FIGGE, F., Thorpe, A. S., Givry, P., Canning, L., & Franklin-Johnson, E. (2018). **Longevity and Circularity as Indicators of Eco-Efficient Resource Use in the Circular Economy.** *Ecological Economics*, 150(May), 297–306.

FONSECA, José Carlos Jesus da et al. **Análise de ecoeficiência do consumo de água e energia na indústria de laticínios no licenciamento ambiental no estado da Bahia.** 2017.

GABRIEL, Lucelia Costa Silva; DA SILVA CARVALHO, Lisandra Maria. **Aproveitamento de Resíduos Orgânicos na Produção Alimentícia: Percepção dos Consumidores de Zé Doca.** *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 3, p. 33030-33044, 2021.

GARCÍA-SANTIAGO, X., Franco-Uría, A., Antelo, L. T., Vázquez, J. A., Pérez-Martín, R., Moreira, M. T., & Feijoo, G. (2021). **Eco-efficiency of a marine biorefinery for valorization of cartilaginous fish biomass.** *Journal of Industrial Ecology*, 25(3), 789–801.

GIACOBO, Fabiano; ESTRADA, Rolando; CERETTA, Paulo Sergio. Logística reversa: a satisfação do cliente no pós-venda. **Revista Eletrônica de Administração**, v. 9, n. 5, 2003.

GODOY-DURÁN, Á., Galdeano- Gómez, E., Pérez-Mesa, J. C., & Piedra-Muñoz, L. (2017). **Assessing eco-efficiency and the determinants of horticultural family-farming in southeast Spain.** *Journal of Environmental Management*, 204, 594–604.

GOMES, ALEXANDRE MIRANDA; ALVES, BRUNO VALERIO; BOUZON, MARINA. **Análise de barreiras para a logística reversa do poliestireno expandido: uma investigação em uma empresa recicladora de EPS no Brasil.** *Anais do 18º Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente*, 2016.

GOVINDAN, Kannan; KHODAVERDI, Roohollah; VAFADARNIKJOO, Amin. **Intuitionistic fuzzy based DEMATEL method for developing green practices and performances in a green supply chain.** Expert Systems with Applications, v. 42, n. 20, p. 7207-7220, 2015b.

GUARNIEL, Patrícia. **Logística Reversa: em busca do equilíbrio econômico e ambiental/Patrícia Guarnieri.** – 1 ed. – Recife: Ed. Clube de Autores, 2011.

GUARNIERI, P. **A caracterização da logística reversa no ambiente empresarial em suas áreas de atuação: pós-venda e pós-consumo agregando valor econômico e legal.** 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa industrial anual – PIA Produto.** Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pia-produto/tabelas/brasil/2015>> [Acesso em 06 Jul. 2019].

INVENTTA. **Indústrias de alimentos superam desafios com a inovação aberta.** 2011. Disponível em: <<http://bgi.inventta.net/radar-inovacao/cases/industrias-de-alimentos-superam-desafios-com-a-inovacao-aberta/>> [Acesso em: 03 Ago. 2021].

HALKOS, G. E., Tzeremes, N. G., & Kourtzidis, S. A. (2015). **Regional sustainability efficiency index in Europe: an additive two-stage DEA approach.** Operational Research, 15(1), 1–23.

HENRI, J. F., & Journeault, M. (2009). **Eco-efficiency and organizational practices: An exploratory study of manufacturing firms.** Environment and Planning C: Government and Policy, 27(5), 894–921.

JAN, P., Dux, D., Lips, M., Alig, M., & Dumondel, M. (2012). **On the link between economic and environmental performance of Swiss dairy farms of the alpine area.** International Journal of Life Cycle Assessment, 17(6), 706–719.

KONSTANTAS, A., Stamford, L., & Azapagic, A. (2020). **A framework for evaluating life cycle eco-efficiency and an application in the confectionary and frozen-desserts sectors.** *Sustainable Production and Consumption*, 21, 192–203.

KREITLON, Maria Priscilla. A ética nas relações entre empresas e sociedade: fundamentos teóricos da responsabilidade social empresarial. Encontro anual da Anpad, v. 28, 2004.

LEAL JUNIOR, I. C. **Método de escolha modal para transporte de produtos perigosos com base em medidas de ecoeficiência.** 2010. 202f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 2010.

LEAL, I. C., de Almada Garcia, P. A., & de Almeida D'Agosto, M. (2012). **A data envelopment analysis approach to choose transport modes based on eco-efficiency.** *Environment, Development and Sustainability*, 14(5), 767–781.

LEITE, Paulo R. A Logística e a Distribuição Reversas. **Revista Distribuição**, Ano X, No. 111, Fev/2002.

LEME, R. D., Nunes, A. O., Message Costa, L. B., & Silva, D. A. L. (2018). **Creating value with less impact: Lean, green and eco-efficiency in a metalworking industry towards a cleaner production.** *Journal of Cleaner Production*, 196, 517–534.

LIU, W., Zhan, J., Li, Z., Jia, S., Zhang, F., & Li, Y. (2018). **Eco-efficiency evaluation of regional circular economy: A case study in Zengcheng, Guangzhou.** *Sustainability (Switzerland)*, 10(2).

LIU, X., Guo, P., & Guo, S. (2019). **Assessing the eco-efficiency of a circular economy system in China's coal mining areas: Emergy and data envelopment analysis.** *Journal of Cleaner Production*, 206, 1101–1109.

LONCA, G., Muggéo, R., Imbeault-Tétréault, H., Bernard, S., & Margni, M. (2018). **Does material circularity rhyme with environmental efficiency? Case studies on used tires.**

LU, C. H., & Pang, Y. (2017). **An anatomy of China's eco-efficiency gains: the role of FDI***. *Asia-Pacific Journal of Accounting and Economics*, 24(1–2), 106–126.

LUMMUS, R.R.; VOTURKA, R.J., **Defining supply chain management: a historical perspective and practical guidelines**. *Industrial Management & Data Systems*, 99/1, 1999.

MAHDILOO, M., Saen, R. F., & Lee, K. H. (2015). **Technical, environmental and eco-efficiency measurement for supplier selection: An extension and application of data envelopment analysis**. *International Journal of Production Economics*, 168, 279–289.

MAJEWSKI, E., Komerska, A., Kwiatkowski, J., Malak-Rawlikowska, A., Was, A., Sulewski, P., Goła, M., Pogodzinska, K., Lecoeur, J. L., Tocco, B., Török, Á., Donati, M., & Vittersø, G. (2020). **Are short food supply chains more environmentally sustainable than long chains? a life cycle assessment (LCA) of the eco-efficiency of food chains in selected EU countries**. *Energies*, 13(18).

MANGILI, P. V., & Prata, D. M. (2020). **Preliminary design of sustainable industrial process alternatives based on eco-efficiency approaches: The maleic anhydride case study**. *Chemical Engineering Science*, 212, 115313.

MARIMIN, Darmawan, M. A., Widhiarti, R. P., & Teniwut, Y. K. (2018). **Green productivity improvement and sustainability assessment of the motorcycle tire production process: A case study**. *Journal of Cleaner Production*, 191, 273–282.

MCCREERY, A. C. (2013). **Transportation ecoefficiency: Quantitative measurement of urban transportation systems with readily available data**. *Environment and Planning A*, 45(8), 1995–2011.

MICHELSEN, O., Fet, A. M., & Dahlsrud, A. (2006). **Eco-efficiency in extended supply chains: A case study of furniture production**. *Journal of Environmental Management*, 79(3), 290–297.

MU, W., Kanellopoulos, A., van Middelaar, C. E., Stilmant, D., & Bloemhof, J. M. (2018). **Assessing the impact of uncertainty on benchmarking the eco-efficiency of dairy farming using fuzzy data envelopment analysis.** *Journal of Cleaner Production*, 189, 709–717.

MUNARETTO, L. F. CORRÊA, H. L. **Indicadores de Desempenho Organizacional: Uso e Finalidades nas Cooperativas de Eletrificação do Brasil.** *Revista Contabilidade Vista e Revista*, v. 27, n. 1, jan./abr. 2016.

NIERO, M., Hauschild, M. Z., Hoffmeyer, S. B., & Olsen, S. I. (2017). **Combining Eco-Efficiency and Eco-Effectiveness for Continuous Loop Beverage Packaging Systems: Lessons from the Carlsberg Circular Community.** *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 742–753.

NUNES, K.R.A., Mahler, C.F., Valle, R., 2009. **Reverse logistics in the Brazilian construction industry.** *J. Environ. Manag.* 90 (12), 3717–3720.

OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. **OECD environmental indicators: Towards sustainable development.** Paris: OECD/GD, 2001.

ONAT, N. C., Kucukvar, M., & Afshar, S. (2019). **Eco-efficiency of electric vehicles in the United States: A life cycle assessment based principal component analysis.** *Journal of Cleaner Production*, 212, 515–526.

ONU. **United nations, department of economic and social affairs.** The United Nations, Population Division, Population Estimates and Projections Section, 2012.

OUNSANEHA, W., Janthaphat, P., Suksaroj, T. T., & Rattanapan, C. (2018). **Joint benchmarking and eco-efficiency for the sustainable performance of swine production in Thailand.** *International Journal of GEOMATE*, 15(49), 137–142.

QIU, X., Fang, Y., Yang, X., & Zhu, F. (2017). **Tourism eco-efficiency measurement, characteristics, and its influence factors in China.** *Sustainability (Switzerland)*, 9(9), 1–19.

PALADINI, João Silvestre dos Santos. **Priorização de indicadores de desempenho empresarial baseados na satisfação do cliente.** 2002.

PASSOS, Joana Baleeiro. **Reúso de água: uma proposta de redução do consumo de águas em curtumes.** 2007.

PINHEIRO, Elisângela Silva. **Caixinhas de Tetrapak e Suas Utilidades.** Revista Educar Mais, n. 1, 2012.

PIRES, Nara et al. **Modelo para a logística reversa dos bens de pós-consumo em um ambiente de cadeia de suprimentos.** 2007.

QUARIGUASI-FROTA-NETO, J., & Bloemhof, J. (2011). **An Analysis of the Eco-Efficiency of Remanufactured Personal Computers and Mobile Phones.**

QUINTANO, C., Mazzocchi, P., & Rocca, A. (2020). **Examining eco-efficiency in the port sector via non-radial data envelopment analysis and the response based procedure for detecting unit segments.** Journal of Cleaner Production, 259, 120979.

REBOLLEDO-LEIVA, R., Angulo-Meza, L., Iriarte, A., González-Araya, M. C., & Vásquez-Ibarra, L. (2019). **Comparing two CF+DEA methods for assessing eco-efficiency from theoretical and practical points of view.** Science of the Total Environment, 659, 1266–1282.

REN, W., Zhang, Z., Wang, Y., Xue, B., & Chen, X. (2020). **Measuring regional eco-efficiency in China (2003–2016): A “full world” perspective and network data envelopment analysis.** International Journal of Environmental Research and Public Health.

REN, Y., Fang, C., & Li, G. (2020). **Spatiotemporal characteristics and influential factors of eco-efficiency in Chinese prefecture-level cities: A spatial panel econometric analysis.** Journal of Cleaner Production, 260, 120787.

RIBEIRO, Maisa de Sousa. **Contabilidade Ambiental**. 1ª edição, São Paulo. Editora Saraiva 2006.

ROCHA, Dimas Ailton. **Modelo de eco-eficiência de embalagens nos canais logísticos**. 2016. 213 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

RODRIGUES, Déborah Francisco et al. **Logística reversa—conceitos e componentes do sistema**. Anais do XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, p. 23-25, 2002.

ROSANO PEÑA, C., Serrano, A. L. M., de Britto, P. A. P., Franco, V. R., Guarnieri, P., & Thomé, K. M. (2018). **Environmental preservation costs and eco-efficiency in Amazonian agriculture: Application of hyperbolic distance functions**. Journal of Cleaner Production, 197, 699–707.

SALGADO, Vivian Gullo (2007). **Indicadores de ecoeficiência e o transporte de gás natural**. Rio de Janeiro: Interciência.

SCHMIDT, M., & Schwegler, R. (2008). **A recursive ecological indicator system for the supply chain of a company**. Journal of Cleaner Production, 16(15), 1658–1664.

SILVA, João Vitor Borges da. **Ecoeficiência da agropecuária amazônica: custos de oportunidade e fatores condicionantes**. 2021.

TALAMINI, Edson; PEDROZO, Eugenio Avila; SILVA, Andrea Lago da. Gestão da cadeia de suprimentos e a segurança do alimento: uma pesquisa exploratória na cadeia exportadora de carne suína. **Gestão & Produção**, v. 12, p. 107-120, 2005.

TATARI, O., & Kucukvar, M. (2012). **Eco-Efficiency of Construction Materials: Data Envelopment Analysis**. Journal of Construction Engineering and Management, 138(6), 733–741.

TORRES-RUIZ, A., & Ravindran, A. R. (2019). **Use of interval data envelopment analysis, goal programming and dynamic eco-efficiency assessment for sustainable supplier management.** *Computers and Industrial Engineering*, 131(February 2017), 211–226.

TOVAR, B., & Tichavska, M. (2019). **Environmental cost and eco-efficiency from vessel emissions under diverse SO_x regulatory frameworks: A special focus on passenger port hubs.** *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 69(January), 1–12.

VALENTE, S. A. **Indicadores de desempenho como ferramenta de alinhamento estratégico – A experiência do Senac Paraná.** *Revista Ibero-Americana de Estratégia – RIAE*, Paraná, v. 13, n. 4, out./dez. 2014.

VIANA, Fernando Luiz E. **Indústria de alimentos.** 2018.

VIEIRA, Anderson Tavares et al. **Resíduos Sólidos: Coleta Seletiva e Logística Reversa em Fortaleza, Ceará.** *Educação Ambiental em Ação*, v. 17, n. 67, 2019.

VILLANUEVA PÁRRAGA, Diego. **Análisis energético y de emisiones de dióxido de carbono equivalentes del municipio de Sagunto entre los años 2010 y 2019. Definición y evaluación de las propuestas a implementar para el cumplimiento del Pacto de los Alcaldes para el Clima y la Energía.** 2021.

WANG, C. N., Hsu, H. P., Wang, Y. H., & Nguyen, T. T. (2020). **Eco-efficiency assessment for some European countries using slacks-based measure data envelopment analysis.** *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(5).

WANG, G., & Côté, R. (2011). **Integrating eco-efficiency and eco-effectiveness into the design of sustainable industrial systems in China.** *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 18(1), 65–77.

WANG, X., & Xiao, Z. (2017). **Regional eco-efficiency prediction with Support Vector Spatial Dynamic MIDAS.** *Journal of Cleaner Production*, 161, 165–177.

WANG, Y., Li, P., Zhu, Z., & Liu, Z. (2019). The evaluation of eco-efficiency of the industrial coupling symbiosis network of the eco-industrial park in oil and gas resource cities. *Energy Science and Engineering*, 7(3), 899–911.

WBCSD. *Measuring Eco-Efficiency: A Guide to Reporting Company Performance*. **World Business Council for Sustainable Development**, Geneva, Switzerland, 2010.

YADEGARIDEHKORDI, E., Hourmand, M., Nilashi, M., Alsolami, E., Samad, S., Mahmoud, M., Alarood, A. A., Zainol, A., Majeed, H. D., & Shuib, L. (2020). **Assessment of sustainability indicators for green building manufacturing using fuzzy multi-criteria decision making approach**. *Journal of Cleaner Production*, 277, 122905.

ZHAO, R., Liu, Y., Zhang, Z., Guo, S., Tseng, M. L., & Wu, K. J. (2018). **Enhancing eco-efficiency of agro-products' closed-loop supply chain under the belt and road initiatives: A system dynamics approach**. *Sustainability (Switzerland)*, 10(3).

ZHAO, Z., Bai, Y., Wang, G., Chen, J., Yu, J., & Liu, W. (2018). **Land eco-efficiency for new-type urbanization in the Beijing-Tianjin-Hebei Region**. *Technological Forecasting and Social Change*, 137(October), 19–26.

ZHENG, D., Hao, S., Sun, C., & Lyu, L. (2019). **Spatial correlation and convergence analysis of eco-efficiency in China**. *Sustainability (Switzerland)*, 11(9).

ZHENG, J., & Peng, X. (2019). **Does an ecological industry chain improve the eco-efficiency of an industrial cluster? Based on empirical study of an energy-intensive industrial cluster in China**. *Sustainability (Switzerland)*, 11(6).

ZHOU, Y., Kong, Y., Wang, H., & Luo, F. (2020). **The impact of population urbanization lag on eco-efficiency: A panel quantile approach**. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118664.

ZHU, C., Zhu, N., & Shan, W. U. H. (2021). **Eco-Efficiency of Industrial Investment and Its Influencing Factors in China Based on a New SeUo-SBM-DEA Model and Tobit Regression.** *Mathematical Problems in Engineering*, 2021, 1–16.

APÊNDICE A - ARTIGOS REVISADOS PARA SELEÇÃO DE INDICADORES

Título	Autores	Indicadores	Metodologia
<i>Vehicle routing for the eco-efficient collection of household plastic waste</i>	Bing, Xiaoyun de Keizer, Marlies Bloemhof-Ruwaard, Jacqueline M. van der Vorst, Jack G.A.J. (2014)	Emissão de Gás Carbônico	<i>Tabu search Algorithm</i>
<i>A fuzzy data envelopment analysis framework for dealing with uncertainty impacts of input-output life cycle assessment models on eco-efficiency assessment</i>	Egilmez, Gokhan Gumus, Serkan Kucukvar, Murat Tatari, Omer (2016)	Consumo de Energia Consumo de Água Emissão de Gás Carbônico	Lógica Fuzzy
<i>Spatiotemporal characteristics and influential factors of eco-efficiency in Chinese prefecture-level cities: A spatial panel econometric analysis</i>	Ren, Yufei Fang, Chuanglin Li, Guangdong (2020)	Consumo de Energia Consumo de Água Emissão de Dióxido de Enxofre	<i>Super epsilon- based measure model (S- EBM)</i>
<i>Eco-efficiency of electric vehicles in the United States: A life cycle assessment based principal component analysis</i>	Onat, Nuri C. Kucukvar, Murat Afshar, Shiva (2019)	Consumo de Energia Consumo de Água Emissão de Gás Carbônico	<i>ANOVA and Tukey/HSD</i>

<i>Tourism Eco-Efficiency Measurement, Characteristics, and Its Influence Factors in China</i>	Qiu, Xiaoping Fang, Yiping Yang, Xueting Zhu, Fubiao (2017)	Consumo de Energia Emissão de Gás Carbônico	<i>Footprint Method</i>
<i>Assessing the impact of uncertainty on benchmarking the eco-efficiency of dairy farming using fuzzy data envelopment analysis</i>	Mu, W. Kanellopoulos, A. van Middelaar, C. E. Stilmant, D. Bloemhof, J. M. (2018)	Consumo de Energia Emissão de Gás Carbônico	Lógica Fuzzy
<i>An Analysis of the Eco-Efficiency of Remanufactured Personal Computers and Mobile Phones</i>	Quariguasi-Frota-Neto, João Bloemhof, Jacqueline (2011)	Consumo de Energia	<i>LCA Approach</i>
<i>An aggregate resource efficiency perspective on sustainability: A Sustainable Value application to the EU-15 countries</i>	Ang, Frederic Van Passel, Steven Mathijs, Erik (2011)	Emissão de Gás Carbônico Emissão de Dióxido de Enxofre Produção de Resíduos Sólidos	<i>Sustainable Value Method</i>
<i>Regional eco-efficiency prediction with Support Vector Spatial Dynamic MIDAS</i>	Wang, Xianning Xiao, Zhi (2017)	Consumo de Energia Emissão de Dióxido de Enxofre Emissão Poluentes em Água Produção de Resíduos Sólidos	<i>Spatial Dynamic MIDAS</i>
<i>Eco-efficiency: GHG reduction related environmental and economic performance. The case of the companies participating in the EU Emissions Trading Scheme</i>	Czerny, Albert Letmathe, Peter (2017)	Emissão de Gás Carbônico Emissão de Metano Emissão de Óxido de Nitrogênio	Teste de Hipóteses
<i>Technical, environmental and eco-efficiency measurement for supplier selection: An extension and application of data envelopment analysis</i>	Mahdiloo, Mahdi Saen, Reza Farzipoor Lee, Ki Hoon (2015)	Emissão de Gás Carbônico Consumo de Energia	<i>DEA Method</i>

<i>Comparing two CF+DEA methods for assessing eco-efficiency from theoretical and practical points of view</i>	Rebolledo-Leiva, Ricardo Angulo-Meza, Lidia Iriarte, Alfredo González-Araya, Marcela C. Vásquez-Ibarra, Leonardo (2019)	Emissão de Gás Carbônico	<i>DEA Method Footprint Method</i>
<i>Preliminary design of sustainable industrial process alternatives based on eco-efficiency approaches: The maleic anhydride case study</i>	Mangili, Patrick V. Prata, Diego M. (2020)	Emissão de Gás Carbônico Consumo de Energia Consumo de Água	Simulação Computacional
<i>The impact of population urbanization lag on eco-efficiency: A panel quantile approach</i>	Zhou, Yang Kong, Ying Wang, Hankun Luo, Fangyong (2020)	Consumo de Energia Consumo de Água	<i>Slacks Based Measure (SBM)</i>
<i>A data envelopment analysis approach to choose transport modes based on eco-efficiency</i>	Leal, Ilton Curty de Almada Garcia, Pauli Adriano de Almeida D'Agosto, Márcio (2012)	Consumo de Energia Energia Reutilizável Consumo de Água Água Reutilizável Emissão de Gás Carbônico Emissão de Metano Emissão de Clorofluorcarboneto Emissão de Óxido de Nitrogênio	<i>DEA Method</i>
<i>On the link between economic and environmental performance of Swiss dairy farms of the alpine area</i>	Jan, Pierrick Dux, Dunja Lips, Markus Alig, Martina Dumondel, Michel (2012)	Energia Reutilizável	<i>DEA Method</i>
<i>Does an ecological industry chain improve the eco-efficiency of an industrial cluster? Based on empirical study of an energy-intensive industrial cluster in China</i>	Zheng, Jiliang Peng, Xiaoting (2019)	Consumo de Energia Emissão de Gás Carbônico Emissão de Óxido de Nitrogênio Emissão Poluentes em Água	<i>Two-Dimensional Three-Layer Matrix Analysis</i>

<p><i>Assessing the eco-efficiency of a circular economy system in China's coal mining areas: Energy and data envelopment analysis</i></p>	<p>Liu, Xiuli Guo, Pibin Guo, Shufeng (2019)</p>	<p>Consumo de Energia Consumo de Água Emissão de Gás Carbônico Emissão de Óxido de Nitrogênio</p>	<p><i>DEA Method</i></p>
<p><i>Eco-efficiency in extended supply chains: A case study of furniture production</i></p>	<p>Michelsen, Ottar Fet, Annik Magerholm Dahlsrud, Alexander (2006)</p>	<p>Consumo de Energia Consumo de Água Emissão de Gás Carbônico Emissão de Metano Emissão de Clorofluorcarboneto Emissão de Óxido de Nitrogênio</p>	<p><i>DEA Method</i></p>
<p><i>Eco-efficiency evaluation of regional circular economy: A case study in Zengcheng, Guangzhou</i></p>	<p>Liu, Wei Zhan, Jinyan Li, Zhihui Jia, Siqi Zhang, Fan Li, Yifan (2018)</p>	<p>Consumo de Energia Consumo de Água Emissão de Gás Carbônico Emissão de Metano Emissão de Clorofluorcarboneto Emissão de Óxido de Nitrogênio Produção de Resíduos Sólidos</p>	<p><i>Emergy Analysis and Input-output Method</i></p>
<p><i>Environmental cost and eco-efficiency from vessel emissions under diverse SOx regulatory frameworks: A special focus on passenger port hubs</i></p>	<p>Tovar, Beatriz Tichavska, Miluše (2019)</p>	<p>Emissão de Gás Carbônico Emissão de Dióxido de Enxofre</p>	<p><i>Footprint Method</i></p>
<p><i>Enhancing eco-efficiency of agro-products' closed-loop supply chain under the belt and road initiatives: A system dynamics approach</i></p>	<p>Zhao, Rui Liu, Yiyun Zhang, Zhenyan Guo, Sidai Tseng, Ming Lang Wu, Kuo Jui (2018)</p>	<p>Consumo de Energia Emissão de Gás Carbônico Produção de Resíduos Sólidos</p>	<p>Teste de Hipóteses</p>

<p><i>Joint benchmarking and eco-efficiency for the sustainable performance of swine production in Thailand</i></p>	<p>Ounsaneha, Weerawat Janthaphat, Punthila Suksaroj, Thunwadee Tachapattaworakul Rattanapan, Cheerawit (2018)</p>	<p>Consumo de Energia Consumo de Água Emissão de Gás Carbônico Emissão de Metano Emissão de Clorofluorcarboneto Emissão de Óxido de Nitrogênio Produção de Resíduos Sólidos</p>	<p><i>DEA Method</i></p>
<p><i>An anatomy of China's eco-efficiency gains: the role of FDI</i></p>	<p>Lu, Chia Hui Pang, Yu (2017)</p>	<p>Emissão de Gás Carbônico Emissão de Dióxido de Enxofre</p>	<p><i>Pollution Halo Hypothesis</i></p>
<p><i>Spatial correlation and convergence analysis of eco-efficiency in China</i></p>	<p>Zheng, Defeng Hao, Shuai Sun, Caizhi Lyu, Leting (2019)</p>	<p>Consumo de Água Emissão de Gás Carbônico Emissão de Metano Emissão de Clorofluorcarboneto Emissão de Óxido de Nitrogênio</p>	<p><i>Slacks Based Measure (SBM)</i></p>
<p><i>Integrating eco-efficiency and eco-effectiveness into the design of sustainable industrial systems in China</i></p>	<p>Wang, Guiming Côté, Raymond (2011)</p>	<p>Consumo de Energia Consumo de Água Emissão de Gás Carbônico Emissão de Metano Emissão de Clorofluorcarboneto Emissão de Óxido de Nitrogênio</p>	<p><i>WBCSD Manual</i></p>
<p><i>Eco-efficiency assessment for some European countries using slacks-based measure data envelopment analysis</i></p>	<p>Wang, Chia Nan Hsu, Hsien Pin Wang, Yen Hui Nguyen, Tri Tung (2020)</p>	<p>Consumo de Energia Emissão de Gás Carbônico</p>	<p><i>Slacks Based Measure (SBM)</i></p>

<p><i>Are short food supply chains more environmentally sustainable than long chains? a life cycle assessment (LCA) of the eco-efficiency of food chains in selected EU countries</i></p>	<p>Majewski, Edward Komerska, Anna Kwiatkowski, Jerzy Malak-Rawlikowska, Agata Was, Adam Sulewski, Piotr Goła, Marlena Pogodzinska, Kinga Lecoeur, Jean Loup Tocco, Barbara Török, Áron Donati, Michele Vittersø, Gunnar (2020)</p>	<p>Emissão de Gás Carbônico Emissão de Dióxido de Enxofre Emissão de Ozônio</p>	<p><i>LCA Approach</i></p>
<p><i>Transportation ecoefficiency: Quantitative measurement of urban transportation systems with readily available data</i></p>	<p>Mccreery, Anna C. (2013)</p>	<p>Emissão de Gás Carbônico Emissão de Metano Emissão de Clorofluorcarboneto Emissão de Óxido de Nitrogênio Emissão Poluentes em Água</p>	<p><i>TE Proxy</i></p>
<p><i>A methodological framework of eco-efficiency based on fuzzy logic and Life Cycle Assessment applied to a Mexican SME</i></p>	<p>Besné, Alfredo García Luna, David Cobos, Abraham Lameiras, David Ortiz-Moreno, Hugo Güereca, Leonor Patricia (2018)</p>	<p>Emissão de Gás Carbônico Emissão de Dióxido de Enxofre Emissão de Foto Oxidantes Emissão Poluentes em Água</p>	<p><i>Lógica Fuzzy</i></p>
<p><i>A mixed model-based Johnson's relative weights for eco-efficiency assessment: The case for global food consumption</i></p>	<p>Abdella, Galal M. Kucukvar, Murat Ismail, Radwa Abdelsalam, Abdelsalam G. Onat, Nuri Cihat Dawoud, Osama (2021)</p>	<p>Consumo de Energia Consumo de Água Emissão de Gás Carbônico Emissão de Metano Emissão de Clorofluorcarboneto Emissão de Óxido de Nitrogênio</p>	<p><i>Linear Mixed Models (LMMs)</i></p>

<p><i>Measuring regional eco-efficiency in China (2003–2016): A “full world” perspective and network data envelopment analysis</i></p>	<p>Ren, Weizhen Zhang, Zilong Wang, Yueju Xue, Bing Chen, Xingpeng (2020)</p>	<p>Consumo de Energia Consumo de Água Emissão de Gás Carbônico Emissão de Óxido de Nitrogênio Emissão Poluentes em Água Produção de Resíduos Sólidos</p>	<p><i>DEA Method</i></p>
<p><i>The quantitative eco-efficiency measurement for small and medium enterprise: A case study of wooden toy industry</i></p>	<p>Charmondusit, K. Phatarachaisakul, S. Praserpong, P. (2014)</p>	<p>Consumo de Energia Consumo de Água Produção de Resíduos Sólidos</p>	<p><i>WBCSD Manual</i></p>
<p><i>Use of interval data envelopment analysis, goal programming and dynamic eco-efficiency assessment for sustainable supplier management</i></p>	<p>Torres-Ruiz, Aineth Ravindran, A. Ravi (2019)</p>	<p>Consumo de Energia Consumo de Água Emissão de Gás Carbônico Emissão de Óxido de Nitrogênio Produção de Resíduos Sólidos</p>	<p><i>DEA Method</i></p>
<p><i>Eco-Efficiency of Construction Materials: Data Envelopment Analysis</i></p>	<p>Tatari, Omer Kucukvar, Murat (2012)</p>	<p>Consumo de Água Emissão de Gás Carbônico Emissão de Óxido de Nitrogênio Emissão de Benzeno Emissão de Ácido Diclorofenoxiacético</p>	<p><i>DEA Method</i></p>
<p><i>Assessing eco-efficiency and the determinants of horticultural family-farming in southeast Spain</i></p>	<p>Godoy-Durán, Ángeles Galdeano- Gómez, Emilio Pérez-Mesa, Juan C. Piedra-Muñoz, Laura (2017)</p>	<p>Consumo de Água Emissão de Óxido de Nitrogênio Produção de Resíduos Sólidos Terra de Pastagem</p>	<p><i>DEA Method</i></p>
<p><i>The evaluation of eco-efficiency of the industrial coupling symbiosis network of the eco-industrial park in oil and gas resource cities</i></p>	<p>Wang, Yanqiu Li, Pengtai Zhu, Zhiwei Liu, Zhenbin (2019)</p>	<p>Consumo de Energia Consumo de Água Emissão de Dióxido de Enxofre Emissão de Óxido de Nitrogênio</p>	<p><i>WBCSD Manual</i></p>

		Produção de Resíduos Sólidos	
<i>Eco-efficiency and organizational practices: An exploratory study of manufacturing firms</i>	Henri, Jean François Journeault, Marc (2009)	Consumo de Energia Consumo de Água Emissão de Gás Carbônico Emissão de Óxido de Nitrogênio Produção de Resíduos Sólidos	<i>Pesquisa Explanatória</i>
<i>The eco-efficiency assessment of wastewater treatment plants in the city of Mashhad using energy and life cycle analyses</i>	Alizadeh, Sadegh Zafari-koloukhi, Hamid Rostami, Fatemeh Rouhbakhsh, Masoud Avami, Akram (2020)	Consumo de Energia Consumo de Água Emissão de Efluentes	<i>LCA Approach</i>
<i>Combining Eco-Efficiency and Eco-Effectiveness for Continuous Loop Beverage Packaging Systems: Lessons from the Carlsberg Circular Community</i>	Niero, Monia Hauschild, Michael Z Hoffmeyer, Simon B Olsen, Stig I (2017)	Consumo de Energia Consumo de Água Emissão de Gás Carbônico	<i>LCA Approach</i>
<i>Examining eco-efficiency in the port sector via non-radial data envelopment analysis and the response based procedure for detecting unit segments</i>	Quintano, Claudio Mazzocchi, Paolo Rocca, Antonella (2020)	Consumo de Energia Emissão de Gás Carbônico Emissão de Óxido de Nitrogênio	<i>DEA Method</i>
<i>A clean technological innovation and eco-efficiency enhancement: A multi-index assessment of sustainable economic and environmental management</i>	Ali, Syed Ahtsham Alharthi, Majed Hussain, Hafezali Iqbal Rasul, Farhat Hanif, Imran Haider, Jahanzaib Ullah, Saad ur Rahman, Saeed Abbas, Qaiser (2021)	Emissão de Gás Carbônico Emissão de Metano Emissão de Clorofluorcarboneto Emissão de Óxido de Nitrogênio	<i>DEA Method</i>

<p><i>A novel approach for developing composite eco-efficiency indicators: The case for US food consumption</i></p>	<p>Abdella, Galal M. Kucukvar, Murat Kutty, Adeeb A. Abdelsalam, Abdelsalam G. Sen, Burak Bulak, Muhammet Enis Onat, Nuri Cihat (2021)</p>	<p>Consumo de Água Emissão de Gás Carbônico Emissão de Metano Emissão de Dióxido de Enxofre</p>	<p><i>PMLE Regression Analysis</i></p>
<p><i>Early warning: Integrating eco-efficiency aspects into the product development process</i></p>	<p>Cramer, Jacqueline (2020)</p>	<p>Consumo de Energia Consumo de Água Emissão de Gás Carbônico Emissão de Metano</p>	<p><i>LCA Approach</i></p>
<p><i>Land eco-efficiency for new-type urbanization in the Beijing-Tianjin-Hebei Region</i></p>	<p>Zhao, Zhe Bai, Yuping Wang, Guofeng Chen, Jiancheng Yu, Jiangli Liu, Wei (2018)</p>	<p>Consumo de Água Consumo de Energia Emissão de Dióxido de Enxofre Emissão Poluentes em Água Produção de Resíduos Sólidos</p>	<p><i>DEA Method</i></p>
<p><i>Creating value with less impact: Lean, green and eco-efficiency in a metalworking industry towards a cleaner production</i></p>	<p>Leme, Roberto Donizeti Nunes, Andréa Oliveira Message Costa, Luana Bonome Silva, Diogo Aparecido Lopes (2018)</p>	<p>Consumo de Energia Emissão de Gás Carbônico</p>	<p><i>Single Minute Exchange of Die (SMED) and Footprint Method</i></p>
<p><i>Green supply chain management and financial performance: The mediating roles of operational and environmental performance</i></p>	<p>Feng, Mengying Yu, Wantao Wang, Xingyu Chee, Wong, Yew Xu, Maozeng Xiao, Zhi (2018)</p>	<p>Consumo de Água Produção de Resíduos Sólidos Produção de Resíduos Tóxicos</p>	<p><i>Structural Equation Modeling (SEM)</i></p>

<p><i>Green productivity improvement and sustainability assessment of the motorcycle tire production process: A case study</i></p>	<p>Marimin Darmawan, Muhammad Arif Widhiarti, Rum Puspita Teniwut, Yuliana Kaneu (2018)</p>	<p>Consumo Energia Consumo Água Emissão de Gás Carbônico Emissão de Metano Emissão de Clorofluorcarboneto Emissão de Óxido de Nitrogênio Produção de Resíduos Sólidos</p>	<p><i>Lógica Fuzzy</i></p>
<p><i>Longevity and Circularity as Indicators of Eco-Efficient Resource Use in the Circular Economy</i></p>	<p>Figge, Frank Thorpe, Andrea Stevenson Givry, Philippe Canning, Louise Franklin-Johnson, Elizabeth (2018)</p>	<p>Reciclagem de Resíduos Sólidos</p>	<p><i>Circularity Metric</i></p>
<p><i>Does material circularity rhyme with environmental efficiency? Case studies on used tires</i></p>	<p>Lonca, Geoffrey Muggéo, Romain Imbeault-Tétreault, Hugues Bernard, Sophie Margni, Manuele (2018)</p>	<p>Consumo Energia Consumo Água Emissão de Gás Carbônico Emissão de Metano Emissão de Clorofluorcarboneto Emissão de Óxido de Nitrogênio Produção de Resíduos Sólidos</p>	<p><i>LCA Approach</i></p>
<p><i>Assessment of sustainability indicators for green building manufacturing using fuzzy multi-criteria decision making approach</i></p>	<p>Yadegaridehkordi, Elaheh Hourmand, Mehdi Nilashi, Mehrbakhsh Alsolami, Eesa Samad, Sarminah Mahmoud, Marwan Alarood, Ala Abdulsalam Zainol, Azida Majeed, Hamsa D. Shuib, Liyana (2020)</p>	<p>Consumo Energia Consumo Água Emissão de Gás Carbônico Emissão de Metano Emissão de Óxido de Nitrogênio Produção de Resíduos Sólidos</p>	<p><i>Lógica Fuzzy</i></p>

<p><i>Regional sustainability efficiency index in Europe: an additive two-stage DEA approach</i></p>	<p>Halkos, George E. Tzeremes, Nickolaos G. Kourtzidis, Stavros A. (2015)</p>	<p>Consumo Energia Consumo Água Emissão de Gás Carbônico Emissão de Óxido de Nitrogênio Produção de Resíduos Sólidos</p>	<p><i>DEA Method</i></p>
<p><i>Responsiveness of Industry to Eco-Efficiency Improvements in the Product Chain: The Case Of Akzo Nobel</i></p>	<p>Cramer, Jacqueline (2000)</p>	<p>Emissão de Gás Carbônico Emissão de Metano Emissão de Clorofluorcarboneto Emissão de Óxido de Nitrogênio</p>	<p><i>LCA Approach</i></p>
<p><i>Eco-efficiency of a marine biorefinery for valorization of cartilaginous fish biomass</i></p>	<p>García-Santiago, Xela Franco-Uría, Amaya Antelo, Luis T Vázquez, José A Pérez-Martín, Ricardo Moreira, M Teresa Feijoo, Gumersindo (2021)</p>	<p>Consumo de Água Consumo de Energia Emissão Poluentes em Água</p>	<p><i>LCA Approach</i></p>
<p><i>Eco-Efficiency of Industrial Investment and Its Influencing Factors in China Based on a New SeUo-SBM-DEA Model and Tobit Regression</i></p>	<p>Zhu, Chuanjin Zhu, Nan Shan, Wasi Ul Hassan (2021)</p>	<p>Consumo Energia Consumo Água Produção de Resíduos Sólidos</p>	<p><i>DEA Method</i></p>
<p><i>A web-based Toolbox to support the systemic eco-efficiency assessment in water use systems</i></p>	<p>Arampatzis, G. Angelis-Dimakis, A. Blind, M. Assimacopoulos, D. (2016)</p>	<p>Consumo de Energia Consumo de Água Emissão de Gás Carbônico Emissão de Metano Emissão de Clorofluorcarboneto Emissão de Óxido de Nitrogênio Produção de Resíduos Sólidos</p>	<p><i>LCA Approach</i></p>

<i>Assessing the Eco-efficiency of End-of-Pipe Technologies with the Environmental Cost Efficiency Indicator A Case Study of Solid Waste Management</i>	Hellweg, Stefanie Doka, Gabor Finnveden, Göran Hungerbühler, Konrad (2005)	Consumo de Energia Produção de Resíduos Sólidos	<i>LCA Approach</i>
---	---	---	---------------------

APÊNDICE B – MÉDIA PONDERADA DOS VETORES DECISÃO

Especialista	Tempo de Atuação (Anos)					
	A	B	C	D	E	F
Atuação em indústria de bens de consumo	9	2,5	2,5	1	2	6
Atuação em indústria alimentícia	9		2,5			6
Atuação na área de logística				1		
Atuação na área de meio ambiente, saúde e segurança	9				3,5	6
Média	9	2,5	2,5	1	2,75	6

Especialistas	Peso	Emissão de Gás Carbônico	Vetor Multiplicado
Especialista A	100,00%	11,37%	11,37%
Especialista B	27,78%	19,93%	5,54%
Especialista C	27,78%	8,60%	2,39%
Especialista D	11,11%	13,35%	1,48%
Especialista E	30,56%	22,42%	6,85%
Especialista F	66,67%	17,24%	11,49%
Soma	263,89%	Média Ponderada	14,82%
Especialistas	Peso	Consumo de Energia	Vetor Multiplicado
Especialista A	100,00%	24,91%	24,91%
Especialista B	27,78%	12,84%	3,57%
Especialista C	27,78%	19,79%	5,50%
Especialista D	11,11%	11,80%	1,31%
Especialista E	30,56%	5,61%	1,71%
Especialista F	66,67%	21,77%	14,51%
Soma	263,89%	Média Ponderada	19,52%
Especialistas	Peso	Consumo de Água	Vetor Multiplicado
Especialista A	100,00%	35,09%	35,09%

Especialista B	27,78%	18,22%	5,06%
Especialista C	27,78%	21,68%	6,02%
Especialista D	11,11%	39,86%	4,43%
Especialista E	30,56%	5,61%	1,71%
Especialista F	66,67%	15,13%	10,09%
Soma	263,89%	Média Ponderada	23,65%
Especialistas	Peso	Emissão de Óxido de Nitrogênio	Vetor Multiplicado
Especialista A	100,00%	5,40%	5,40%
Especialista B	27,78%	18,95%	5,26%
Especialista C	27,78%	17,73%	4,93%
Especialista D	11,11%	8,50%	0,94%
Especialista E	30,56%	23,58%	7,21%
Especialista F	66,67%	7,99%	5,33%
Soma	263,89%	Média Ponderada	11,01%
Especialistas	Peso	Produção de Resíduos Sólidos	Vetor Multiplicado
Especialista A	100,00%	18,22%	18,22%
Especialista B	27,78%	9,89%	2,75%
Especialista C	27,78%	21,05%	5,85%
Especialista D	11,11%	16,14%	1,79%
Especialista E	30,56%	19,24%	5,88%
Especialista F	66,67%	16,99%	11,33%
Soma	263,89%	Média Ponderada	17,36%
Especialistas	Peso	Emissão de Metano	Vetor Multiplicado
Especialista A	100,00%	5,02%	5,02%
Especialista B	27,78%	20,18%	5,61%
Especialista C	27,78%	11,15%	3,10%
Especialista D	11,11%	10,34%	1,15%

Especialista E	30,56%	23,54%	7,19%
Especialista F	66,67%	20,87%	13,91%
Soma	263,89%	Média Ponderada	13,63%