



**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DAS CADEIAS DE SUPRIMENTO
VERDE USANDO MODELO DE INFERÊNCIA *FUZZY***

Glacimar Silva de Moraes

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos – Mestrado Profissional, PPGEP/ITEC, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Processos.

Orientador: Kleber Bittencourt Oliveira

Belém

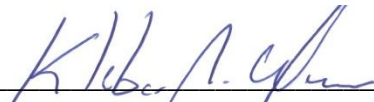
Janeiro de 2019

**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DAS CADEIAS DE SUPRIMENTO
VERDE USANDO MODELO DE INFERÊNCIA FUZZY**

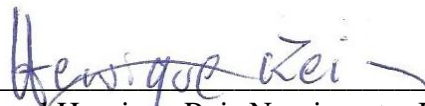
Glacimar Silva de Moraes

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE
PÓSGRADUAÇÃO EM ENGENHARIA PROCESSOS – MESTRADO
PROFISSIONAL (PPGEP/ITEC) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO
GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA DE PROCESSOS.

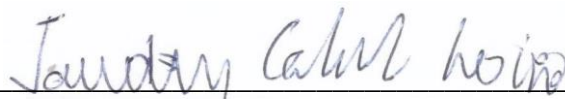
Examinada por:



Prof. Kleber Bittencourt Oliveira, D.Eng.
(PPGEP/ITEC/UFPA - Orientador)



Prof. Manoel Henrique Reis Nascimento, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA - Membro)



Prof. Jandecy Cabral Leite, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA - Membro)



Prof. David Barbosa de Alencar, Dr.
(FAMETRO - Membro)

BELÉM, PA - BRASIL

JANEIRO DE 2019

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA**

Moraes, Glacimar Silva, 1973-
Avaliação da sustentabilidade das cadeias de suprimento
usando a escala likert e a lógica *fuzzy* / Glacimar Silva
Moraes - 2019.

Orientador: Kleber Bittencourt Oliveira

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal
do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Processos, 2019.

1. Cadeia de Suprimento Verdes 2. Gestão 3. Desempenho
Organizacional I. Título

CDD 670.42

*Este trabalho é dedicado aos meus filhos
Gabriel, Ester e Débora.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por tudo para a completude desta dissertação.

Aos meus queridos pais Raimunda Silva de Moraes e Lauro de Moraes Brasil e, aos irmãos Hugo, Laurismar, Laura e Larice pelo companheirismo em toda caminhada.

Aos meus familiares, esposa e filhos por terem compreendido minha ausência nos momentos mais difíceis e ao total apoio para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Tenente Coronel da Força Área Brasileira, pastor e poeta Marivaldo de Souza França e família pelas orações para realização deste trabalho.

Ao ITEGAM pela parceria com o Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos – Mestrado Profissional, PPGEP/ITEC, da Universidade Federal do Pará.

Ao Curso de Mestrado em Engenharia de Processos do ITEGAM/UFPA e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos – Mestrado Profissional, PPGEP/ITEC, da Universidade Federal do Pará.

Ao professor Dr. Jandecy Cabral Leite pelo incentivo para realização deste intento.

Ao professor Dr. Kleber B. Oliveira pela orientação para o desenvolvimento desta dissertação.

*“Porto seguro é mergulhar na única fonte
inesgotável de sabedoria que deságua no
conhecimento de Deus.”*

(Glacimar Silva de Moraes)

Resumo da Dissertação apresentada ao PPGEP/UFPA como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Processos (M. Eng.)

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DAS CADEIAS DE SUPRIMENTO VERDE USANDO MODELO DE INFERÊNCIA *FUZZY*

Glacimar Silva de Moraes

Janeiro/2019

Orientador: Kleber Bittencourt Oliveira

Área de Concentração: Engenharia de Processos

Este trabalho avalia o Índice de Sustentabilidade das cadeias de suprimento, considerando práticas e desempenho organizacional. Para este fim, foram identificadas as quatro partes componentes das cadeias de suprimento no intuito de avaliar o Índice de Sustentabilidade de cada parte componente, bem como a Cadeia como um todo. Foram usados a Escala Likert e a Lógica Fuzzy no contexto da avaliação. O modelo foi aplicado a um estudo de caso em uma empresa da cidade de Manaus. Os resultados obtidos foram aceitáveis em relação à realidade da empresa “ALFA”, assim como foram indicadas recomendações para melhorar o Índice de Sustentabilidade da empresa. Foram comparados os resultados obtidos pelo tabulador Excel e pela lógica *fuzzy*. O Índice de sustentabilidade da cadeia segundo o Sistema *Fuzzy* foi de 53,5, reafirmando que pelo tabulador Excel foi de 55,53, o que dá uma diferença de apenas 3,5%, demonstrando a validade de ambos os sistemas desenvolvidos para determinar o Índice de Sustentabilidade da cadeia de suprimentos. Assim, ambos os procedimentos analisados podem calcular de maneira efetiva o Índice de Sustentabilidade da Cadeia de Suprimento de qualquer uma empresa.

Abstract of Dissertation presented to PPGE/UFPA as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Process Engineering (M. Eng.)

EVALUATION OF SUSTAINABILITY OF GREEN SUPPLY CHAINS USING FUZZY INFERENCE MODEL

Glacimar Silva de Moraes

January/2019

Advisor: Kleber Bittencourt Oliveira

Research Area: Process Engineering

This work evaluates the Sustainability Index of supply chains, considering practices and organizational performance. To this end, the four component parts of the supply chains were identified in order to evaluate the Sustainability Index of each component part, as well as the Chain as a whole. The Likert Scale and the Fuzzy Logic were used in the evaluation context. The model was applied to a case study in a company in the city of Manaus. The results obtained were acceptable in relation to the reality of the company "ALFA", as well as recommendations were suggested to improve the company's Sustainability Index. The results obtained by the Excel tab and fuzzy logic were compared. The Chain Sustainability Index according to the Fuzzy System was 53.5, reaffirming that the Excel tab was 55.53, giving a difference of only 3.5%, demonstrating the validity of both systems developed to determine the Sustainability Index of the supply chain. Thus, both procedures analyzed allowed us to effectively calculate the Supply Chain Sustainability Index of any one company.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - MOTIVAÇÃO.....	1
1.2 - IDENTIFICAÇÃO E JUSTIFICATIVA DA PROPOSTA DE ESTUDO.....	3
1.3 - PROBLEMA E HIPÓTESE DA PESQUISA.....	4
1.4 - OBJETIVOS.....	4
1.4.1 - Objetivo geral.....	4
1.4.2 - Objetivos específicos.....	4
1.5 - CONTRIBUIÇÃO E RELEVÂNCIA DO ESTUDO.....	4
1.6 - DELIMITAÇÃO A PESQUISA.....	5
1.7 - ESTRUTURA DO TRABALHO.....	5
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA.....	7
2.1 - GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS.....	7
2.2 - CADEIAS DE SUPRIMENTO VERDESOU SUSTENTÁVEIS.....	9
2.3 - GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTO VERDE.....	13
2.3.1 - Partes componentes da cadeia de suprimento sustentável.....	15
2.4 - UTILIZAÇÃO DE INTELIGÊNCIA COMPUTACIONALNO GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTO VERDE.....	17
2.4.1 - A lógica <i>fuzzy</i> e a cadeia de suprimento.....	19
2.4.2 - Seleção de indicadores e funções de pertinência <i>fuzzy</i>.....	20
2.4.3 - Método de inferência <i>fuzzy</i>.....	22
2.5 - TAMANHO DA AMOSTRA E TÉCNICA DE AMOSTRAGEM.....	23
2.6 - UTILIZAÇÃO DA ESCALA LIKERT NA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DAS CADEIAS DE SUPRIMENTO.....	26
2.7 - CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	29
CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
3.1 - INTRODUÇÃO.....	30
3.2 - OBTENÇÃO DE DADOS.....	30
3.3 - DESENVOLVIMENTO DOS MODELOS PARA AVALIAR O ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DA CADEIA DE SUPRIMENTO.....	31
3.3.1 - Descrição do modelo em excel para avaliar o índice de sustentabilidade da cadeia de suprimento (ISCS) na empresa “ALFA”.....	33

3.4 - PROCEDIMENTO MATEMÁTICO BASEADO NA LÓGICA FUZZY PARA AVALIAR O ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DA CADEIA DE SUPRIMENTO.....	38
3.5 - CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	44
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.1 - CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA ALFA DE MANAUS.....	45
4.2 - RESULTADOS GERAIS DO MODELO EXCEL.....	45
4.3 - AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DA CADEIA DE SUPRIMENTOS ATRAVÉS DA LÓGICA FUZZY.....	52
4.4 - MEDIDAS SUGERIDAS PARA AUMENTAR O ÍNDICE DESUSTENTABILIDADE DA CADEIA DE SUPRIMENTO DA EMPRESA..	57
4.5 - CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	59
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	60
5.1 - CONCLUSÕES.....	60
5.2 - SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
ANEXO I - REGRAS FUZZY ESTABELECIDAS PARA O SISTEMA DE INFERÊNCIA PARA AVALIAR O ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DA CADEIA DE SUPRIMENTO.....	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Estrutura para avaliar o índice de sustentabilidade da cadeia de suprimento.....	15
Figura 2.2	Procedimento geral do sistema difuso para avaliar o ISCS.....	19
Figura 2.3	Funções de Pertinência Fuzzy Triangulares e Trapezoidais.....	21
Figura 2.4	Função triangular.....	22
Figura 3.1	Fluxograma da metodologia aplicada.....	30
Figura 3.2	Sistema Fuzzy para avaliação do ISCS.....	39
Figura 3.3	Função de pertinência triangular da variável de entrada logística de entrada.....	39
Figura 3.4	Função de pertinência triangular da variável de entrada logística interna.....	40
Figura 3.5	Função de pertinência triangular da variável de entrada logística de saída.....	41
Figura 3.6	Função de pertinência triangular da variável de entrada logística reversa.....	41
Figura 3.7	Função de pertinência triangular da variável de saída índice de sustentabilidade da cadeia de suprimento.....	42
Figura 3.8	Regras para avaliar a sustentabilidade da cadeia de suprimentos no editor de regras do MATLAB.....	43
Figura 4.1	Regras criadas no editor de regras de Lógica Fuzzy do MATLAB.....	53
Figura 4.2	Resultados do processo de inferência difusa.....	55
Figura 4.3	Resultados do Sistema de Inferência Fuzzy em forma de superfície.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Valores de Z_{α} em função do nível de confiança desejado.....	25
Tabela 3.1	Critérios usados para avaliar as propriedades que conformam o índice de sustentabilidade da cadeia de suprimentos.....	32
Tabela 3.2	Formulário de determinação do Índice de Sustentabilidade da Logística de Entrada (ISLE).....	33
Tabela 3.3	Formulário de determinação do Índice de Sustentabilidade da Logística Interna (ISLI).....	34
Tabela 3.4	Formulário de determinação do Índice de Sustentabilidade da Logística de Saída (ISLS).....	35
Tabela 3.5	Formulário de determinação do Índice de Sustentabilidade da Logística Reversa (ISLR).....	36
Tabela 3.6	Funções de pertinência do sistema.....	38
Tabela 3.7	Algumas das regras estabelecidas.....	43
Tabela 4.1	Índice de Sustentabilidade da Logística de Entrada (ISLE).....	48
Tabela 4.2	Índice de Sustentabilidade da Logística Interna (ISLI).....	49
Tabela 4.3	Índice de Sustentabilidade da Logística de Saída (ISLS).....	50
Tabela 4.4	Índice de Sustentabilidade da Logística Reversa (ISLR).....	51
Tabela 4.5	Índice de Sustentabilidade da Cadeia de Suprimento da Empresa “ALFA” de Manaus.....	52
Tabela 4.6	Algumas das regras <i>if- then</i> estabelecidas.....	54
Tabela 4.7	Comparação entre os resultados segundo o tabulador Excel e segundo o sistema de inferência <i>fuzzy</i>	56

NOMENCLATURA

SCM	<i>SUPPLY CHAIN MANAGEMENT</i>
GrSCM	GREEN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT (GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTO VERDE)
EMS	SISTEMA DE GERENCIAMENTO AMBIENTAL
ISCS	ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DA CADEIA DE SUPRIMENTO
TSK	SISTEMAS DE INFERÊNCIA FUZZY TAKAGI SUGENO
SD	STRONGLY DISAGREE (DISCORDO TOTALMENTE)
SA	STRONGLY AGREE (CONCORDO TOTALMENTE)
NBR	NORMA BRASILEIRA
ISLE	ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DA LOGÍSTICA DE ENTRADA
ISLI	ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DA LOGÍSTICA INTERNA
ISLS	ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DA LOGÍSTICA DE SAÍDA
ISLR	ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DA LOGÍSTICA REVERSA
DEA	DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (ANÁLISE POR ENVOLTÓRIA DE DADOS)
DMUs	DECISION MAKING UNITS (UNIDADES DE TOMADA DE DECISÃO)

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - MOTIVAÇÃO

A transação de mercadorias, serviços, informações e finanças eficientes e efetivas exige uma adequada gestão da cadeia de suprimentos. Nos últimos anos os aspetos relacionados com o meio ambiente e a sustentabilidade são cada vez mais discutidos e analisados e as cadeias de suprimentos no que se refere a essas considerações. Assim, a avaliação do Grau ou Índice de Sustentabilidade das Cadeias de Suprimento é uma tarefa de grande importância, não só econômica, mas também ambiental.

A vida cotidiana é cercada por uma enorme demanda de bens e serviços. Portanto, a cadeia de suprimentos é o processo de desenvolver esforços de forma unificada para satisfazer essas necessidades. A fabricação e entrega de produtos e serviços pelas empresas passam por diferentes caminhos, que podem ser ambientais ou não.

De acordo com MENTZER *et al.* (2001), a cadeia de suprimentos é "um conjunto de três ou mais entidades (organizações ou indivíduos) diretamente envolvidos nos fluxos de produtos, serviços, finanças e/ou informações a partir de uma fonte para um cliente".

Conforme ELLRAM e COOPER (2014) e LAMBERT e COOPER (2000): "*Supply Chain Management (SCM)* é a integração de processos empresariais que estabelece ligação por meio de fornecedores originais que fornecem produtos, serviços e informações que agregam valor para clientes e outras partes interessadas".

Segundo MIN e MENTZER (2004) para investigar o que não tem sido observado referente à Gestão da Cadeia de Suprimentos, são necessárias Escalas confiáveis e válidas de cada uma de suas propriedades.

As indústrias de manufatura começaram a adotar o conceito verde no gerenciamento da cadeia de suprimentos recentemente para se concentrar em questões ambientais. Mas, as indústrias ainda lutam para identificar barreiras que dificultam a implementação do gerenciamento da cadeia de suprimento verde. De acordo com GOVINDAN *et al.* (2014) existem um total de 47 barreiras, que eles identificaram tanto

por meio da literatura detalhada e discussão com especialistas industriais como por meio de uma pesquisa baseada em questionários de vários setores industriais.

A eficiência de uma empresa não só deve ser medida pelos ganhos, mas também usando critérios diferentes para determinar o nível de ajuste para missão, metas e, sobretudo, fatores ecológicos. A resposta parece trivial, mas é complicado porque ninguém pode responder a esta pergunta sem entender o conceito de cadeia de suprimentos, suas propriedades e a forma de gestar e avaliar a mesma.

Isso significa que vale a pena medir o desempenho da cadeia de suprimentos usando variáveis ambientalmente amigáveis. Mas, a maioria das empresas considera essa abordagem como onerosa e improdutivo. Além disso, identificar e avaliar os principais indicadores de desempenho verde é uma tarefa muito desafiadora para a maioria dos gerentes.

Portanto, este estudo pretende abordar a lacuna relacionada à análise do desempenho da cadeia de suprimento verde, adaptando diferentes antecedentes relacionados com as variáveis e os paradigmas da cadeia de suprimento verde, derivadas de estudos anteriores na área.

A este respeito, as empresas devem atender às questões ambientais. De acordo com MUTINGI *et al.* (2014), como as questões ambientais estão rapidamente se tornando um dos tópicos mais importantes no gerenciamento da cadeia de suprimentos, os gerentes consideram melhorias no desempenho ambiental ou "verde", uma prioridade básica competitiva além de menor custo, curto prazo, e de alta qualidade. As preocupações ecológicas cada vez maiores no mercado e os movimentos verdes que se seguiram forçaram aos julgadores a gerenciar o desempenho organizacional da perspectiva ecológica ou ambiental (PINTO *et al.*, 2016). As atividades comerciais podem ter um impacto no ambiente natural por meio de uma ou mais das seguintes formas (MUTINGI *et al.*, 2014):

- Emissões para o ar, por exemplo, gases de efeito estufa, poeira e partículas, emissões de metal para o ar, substâncias que destroem o ozônio;
- Emissões para a água, por exemplo, águas residuais, emissões de metais para a água;
- Emissão para terra, por exemplo, pesticidas e fertilizantes, emissões metálicas para terra, resíduos radioativos, etc;
- Uso de recursos, por exemplo, uso e captação de água, minerais, silvicultura, etc.

Devido à crescente preocupação global em meio ambiente ou ecossistema de diferentes repartições e clientes, países em diferentes cantos do mundo estão emitindo legislações favoráveis ao meio ambiente, de modo a garantir um ecossistema equilibrado; pelo fato de que o sistema de produção e distribuição existente está se tornando uma causa cada vez mais significativa de poluição ambiental. Como resultado, a situação atual traz para a atividade da cadeia de suprimentos a preocupação com o meio ambiente (FAHIMNIA *et al.*, 2015).

Assim, este trabalho aborda o desenvolvimento e análise do desempenho das cadeias de suprimentos verdes frente ao procedimento aplicado a um estudo de caso da empresa “ALFA” da cidade de Manaus.

1.2 - IDENTIFICAÇÃO E JUSTIFICATIVA DA PROPOSTA DE ESTUDO

A cadeia de suprimentos e o gerenciamento de operações amadureceram de um campo que abordou somente questões operacionais e econômicas para um que considera de forma abrangente as questões ambientais e sociais mais amplas que enfrentam as organizações de hoje. Este campo emergente vem crescendo há pelo menos 20 anos e está em sua terceira década de investigação. Correspondendo a uma tendência global, o conceito de gestão da cadeia de suprimentos verde e sustentável recebeu mais atenção na última década e criou clusters emergentes de pesquisa nessa área.

Uma série de revisões da literatura sobre o gerenciamento verde e sustentável da cadeia de suprimentos foi concluída nos últimos anos. Algumas dessas revisões foram bem abrangentes (SRIVASTAVA, 2007; SEURING e MÜLLER, 2008), enquanto outras se concentraram em aspectos específicos, como a avaliação de desempenho (TATICCHI *et al.*, 2015), seleção de fornecedores em cadeias de suprimentos verdes (IGARASHI *et al.*, 2013) ou modelos analíticos para o gerenciamento da cadeia de suprimento verde (BRANDENBURG *et al.*, 2014). Essas avaliações identificaram várias questões atuais abordadas na literatura de pesquisa emergente. Elas foram relativamente simples em suas análises, fornecendo estatísticas sumárias agregadas do número de artigos e áreas tópicas (BRANDENBURG *et al.*, 2014).

Cada estudo forneceu informações sobre a temática, mas a análise adicional desta literatura usando ferramentas que possam conceder informações com aplicação de métodos estatísticos e matemáticos a fim de analisar e levantar indicadores para dinâmica científica e tecnológica mais rigorosa que podem fornecer intuições mais

detalhadas, ainda não são compreendidas ou avaliadas. Como as questões "verdes" continuam a se tornar uma preocupação global, é importante avaliar o desempenho organizacional a partir de perspectivas de paradigmas verdes. O objetivo deste estudo é avaliar a prática da cadeia de suprimento verde e o desempenho organizacional. Para alcançar os objetivos deste estudo serão estabelecidas propriedades para apresentar um modelo matemático e uma ferramenta usando inteligência computacional para avaliar o desempenho das cadeias de suprimentos verdes.

1.3 - PROBLEMA E HIPÓTESE DA PESQUISA

Quais são as partes componentes e propriedades das cadeias de suprimentos verdes e como avaliar seu respectivo desempenho?

1.4 - OBJETIVOS

1.4.1 - Objetivo geral

Apresentar um modelo matemático para avaliar o índice de sustentabilidade das cadeias de suprimento utilizando um sistema de inferência Lógica *Fuzzy*.

1.4.2 - Objetivos específicos

- Identificar e avaliar a relação entre as diferentes partes que compõem a cadeia de suprimento verde e suas dimensões ambientais;
- Apresentar um modelo matemático para avaliar a sustentabilidade das cadeias de suprimento mediante a Escala Likert e a Lógica *Fuzzy*.
- Aplicar o modelo na Empresa ALFA da cidade de Manaus;
- Propor recomendações para melhorar o desempenho da cadeia de suprimento.

1.5 - CONTRIBUIÇÃO E RELEVÂNCIA DO ESTUDO

Partindo do pressuposto que a escassez de informação no contexto da avaliação do Índice de Sustentabilidade das Cadeias de Suprimento na literatura e das dificuldades

encontradas no dia a dia pelos profissionais da área, em lidar com as Cadeias de Suprimento, a apresentação da avaliação das mesmas passa a ser um aspecto fundamental, quando se discute a competitividade. Assim, pela importância apresentada na área das Cadeias de Suprimento na competitividade das empresas e na preservação do meio ambiente, dessa forma nasceu o interesse para estudar, analisar e propor soluções durante esta pesquisa, uma vez que o objetivo e a pergunta da pesquisa estão fortemente relacionados à avaliação e a sustentabilidade das cadeias de suprimento.

Portanto, a relevância se apresenta pelo fato da escassez na literatura, quanto à definição, organização e avaliação das partes componentes das Cadeias de Suprimento Sustentáveis, e a realização desta pesquisa oferece a possibilidade de ir mais além e identificar novas partes componentes ao mesmo tempo em que, propicia um modelo para avaliar o Índice de Sustentabilidade das Cadeias de Suprimento. A relevância desta pesquisa é a contribuição científica oferecida à academia, com práticas de organização e a apresentação de um modelo que, auxilie na avaliação do desempenho das cadeias de suprimento do ponto de vista da sustentabilidade respaldada pela pesquisa bibliométrica e bibliográfica com conceitos e teorias capazes de dar suporte ao desenvolvimento, possibilitando uma forma diferente de avaliar a Sustentabilidade das Cadeias de Suprimento utilizando a Escala Likert e a Lógica *Fuzzy*.

A presente pesquisa é relevante diante da necessidade de se mensurar e identificar os níveis de componentes e propriedades das cadeias de suprimentos verdes e como avaliar seu respectivo desempenho para propor possíveis soluções que possam minimizar os impactos causados nessa implementação, sendo essa uma contribuição para a academia e também para a indústria.

1.6 – DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O campo das cadeias de suprimento verdes é muito abrangente e vasto, para delimitar a pesquisa, o estudo em questão aborda apenas análises da implementação, bem como avaliação da gestão e seus impactos em uma repartição ou empresa por meio da realização de um estudo de caso, utilizando a abordagem de um modelo matemático.

1.7 - ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em 5 capítulos conforme apresentado abaixo:

No capítulo 1, são apresentados, de forma sucinta, os elementos que motivaram realização deste trabalho: objetivos, a justificativa, contribuição e relevância, delimitação e escopo da pesquisa.

No capítulo 2, apresentam-se os conceitos de cadeias de suprimentos verdes, assuntos relacionados aos fundamentos de suas respectivas propriedades e ferramentas que envolvem a temática. Neste capítulo são apresentados os fundamentos teóricos para realização desta dissertação.

No capítulo 3, apresentam-se a descrição dos materiais e métodos aplicados ao estudo investigado destacando a condução da pesquisa, quanto à abordagem metodológica, fundamentos da estatística, bem como, características e definições do modelo matemático para avaliar o desempenho sustentável das cadeias de suprimento.

No capítulo 4, apresentam-se os resultados obtidos e discussões.

No capítulo 5, apresentam-se a conclusão e sugestões de trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

A gestão da cadeia de suprimentos (em inglês) *Supply Chain Management* (SCM) é o gerenciamento de uma rede interligada de negócios envolvidos na provisão final de pacotes, produtos e serviços requeridos por clientes finais (HUGOS, 2018). A gestão da cadeia de suprimentos abrange todo o movimento e armazenamento de matéria prima, trabalho em processo de inventário, e produtos acabados do ponto de origem até o ponto de consumo (cadeia de suprimentos).

As origens do gerenciamento da cadeia de suprimentos não são exatamente conhecidas, mas há uma referência geral à sua introdução por consultores no início dos anos 80. Nas décadas passadas, elas receberam uma atenção considerável, inicialmente dentro da comunidade empresarial. Desde o início da década de 1990, a pesquisa acadêmica começou a seguir as cadeias de suprimentos e tentou-se estabelecer alguma estrutura teórica (JACOBS *et al.*, 2014; STADTLER, 2015; CHRISTOPHER, 2016).

Parte do motivo de que seja difícil identificar os inícios do gerenciamento da cadeia de suprimentos se deve aos seus antecedentes. Estes incluem pesquisa de canais na década de 1960 sobre o gerenciamento de operações interorganizacionais, pesquisa de integração de sistemas nessa mesma década e compartilhamento de informações na década de 1980. A integração é indiscutivelmente a "grande idéia" no SCM, decorrente dos insights de FORRESTER (1958), ele diz que era necessário entender os fenômenos do sistema, não apenas a entidade individual. Este autor é comumente citado para introduzir ideias-chave sobre dinâmicas industriais, distribuição física e transporte no final da década de 1950 e início dos anos 1960 (WERNER, 2017; KULL *et al.*, 2018).

A gestão da cadeia de suprimentos se tornou um problema na década de 1990 devido a que poucas empresas continuaram integradas verticalmente. As empresas tornaram-se mais especializadas e buscaram fornecedores que pudessem fornecer materiais de baixo custo e qualidade, em vez de possuir sua própria fonte de abastecimento. Então se tornou crítico para as empresas gerenciarem toda a rede de suprimentos para otimizar a performance geral. Essas organizações perceberam que

sempre que uma empresa lida com outra empresa que executa a próxima fase da cadeia de suprimentos, ambos podem se beneficiar do sucesso do outro.

Uma cadeia de suprimento direto é constituída por uma empresa, um fornecedor e um cliente envolvidos nos fluxos de produtos, serviços, finanças e/ou informações. Uma cadeia de fornecimento alargada inclui fornecedores do fornecedor imediato e clientes do cliente imediato, todos envolvidos nos fluxos de produtos, serviços, finanças e/ou informações. Uma cadeia de fornecimento final inclui todas as organizações envolvidas em todos os fluxos de produtos, serviços, finanças e informações do fornecedor final para o cliente final.

Uma grande variedade de termos relacionados ao conceito da cadeia de suprimentos também surgiu nas últimas décadas. Estes incluem o abastecimento de rede, o gerenciamento do encanamento da oferta, o gerenciamento da cadeia de demanda, o gerenciamento da cadeia de valor e o gerenciamento de fluxo de valor. Eles podem ser encontrados em discussões entre acadêmicos, consultores ou administração de empresas (CROOM *et al.*, 2000; SEURING e MÜLLER, 2008; BAG *et al.*, 2017). Destes, a literatura de compras/suprimentos e logística/transporte foi a que mais prevaleceu com os negócios e, em muitos termos, o gerenciamento da cadeia de suprimentos aumentou em reconhecimento.

Os gerentes se envolvem cada vez mais com o gerenciamento da cadeia de suprimentos, atraídos pela demanda crescente dos clientes e da maneira oposta pela necessidade de crescimento e rentabilidade da empresa. Muitos afirmam que para ter um crescimento lucrativo, tem que tratar o gerenciamento da cadeia de suprimentos como uma variável estratégica (HUGOS, 2018).

Esses gerentes experientes reconhecem duas coisas importantes. Primeiro, eles pensam sobre a cadeia de suprimentos como um todo, ou seja, todos os elementos envolvidos na gestão do fluxo de produtos, serviços e informações dos fornecedores aos clientes. Em segundo lugar, eles procuram resultados tangíveis focados no crescimento da receita, na utilização de ativos e no custo (WERNER, 2017).

Rejeitando a visão tradicional de uma empresa e suas partes componentes como entidades funcionais distintas, esses gerentes percebem que a verdadeira medida de sucesso é a forma como as atividades se coordenam em toda a cadeia de suprimentos para criar valor para os clientes, ao mesmo tempo em que aumenta a rentabilidade de cada elemento na cadeia. Eles também refletem uma abordagem holística, visualizando a cadeia de suprimentos de ponta a ponta e orquestrando esforços para que toda a

melhoria alcançada na receita, nos custos e na utilização de ativos seja maior que a soma de suas partes (BRINDLEY, 2017).

Em geral, o gerenciamento da cadeia de suprimentos é um tema que trata da integração e da corporação das empresas em determinadas atividades da cadeia de valor, de modo a otimizar o valor para os clientes através de um esforço integrado. Além disso, também é possível inferir que, ao contrário da maioria dos campos científicos, o tema é muito jovem e ainda está em concepção. Além disso, no que diz respeito à medida do desempenho da cadeia de suprimentos, como a maioria dos seus conceitos está em estudo.

TAN (2001), apresenta uma revisão do desenvolvimento da literatura no campo da gestão da cadeia de suprimentos, discutindo o surgimento do gerenciamento da cadeia de suprimentos como uma abordagem holística e estratégica, desenvolvida a partir da unificação do trabalho no campo de transporte/logística e campo de compras. Ele afirma ainda que o gerenciamento da cadeia de suprimentos é uma terminologia comumente aceita que inclui todas as atividades de criação de valor ao longo da cadeia de suprimentos.

2.2 - CADEIAS DE SUPRIMENTO VERDESOU SUSTENTÁVEIS

O interesse acadêmico e corporativo na gestão sustentável da cadeia de suprimentos aumentou consideravelmente nos últimos anos. Isso pode ser visto pela quantidade de artigos publicados e, em particular, por edições especiais de revistas. Segundo SEURING e MÜLLER (2008) têm que se estabelecer duas estratégias distintas: (1) gerenciamento de fornecedores de riscos e desempenho, e (2) gerenciamento de cadeia de suprimentos para produtos sustentáveis. Nessa perspectiva, a pesquisa ainda é dominada por questões ambientais / ecológicas.

Nas últimas décadas, tem-se desenvolvido práticas de gestão da cadeia de suprimentos verdes e sustentáveis, tentando integrar as preocupações ambientais nas organizações, reduzindo consequências negativas não intencionais no meio ambiente de processos de produção e consumo. Paralelamente a isso, o discurso da economia circular foi propagado na literatura e na prática da ecologia industrial (ALVAREZ e RUIZ-PUENTE, 2017; GEISSDOERFER *et al.*, 2017; MURRAY *et al.*, 2017).

O gerenciamento da cadeia de suprimento verde (GrSCM por suas siglas em inglês) tem suas raízes na literatura tanto na gestão do meio ambiente quanto de gestão

da cadeia de suprimentos. Adicionar o componente "verde" ao gerenciamento da cadeia de suprimentos envolve abordar a influência e as relações entre o gerenciamento da cadeia de suprimentos e o ambiente natural (SRIVASTAVA, 2007).

A definição e o escopo do GrSCM na literatura variaram desde compra verde até cadeias de suprimentos verdes integradas que fluem de fornecedor para fabricante para cliente, e até logística reversa(ZHU e SARKIS, 2004).

O design verde tem sido amplamente utilizado na literatura para designar produtos de design com certas considerações ambientais. É a consideração sistemática de problemas de design associados à segurança e à saúde ambiental durante todo o ciclo de vida do produto durante o novo desenvolvimento de produção e processo (FIKSEL e FIKSEL, 1996). Seu escopo engloba muitas questões, incluindo gerenciamento de risco ambiental, segurança de produtos, saúde e segurança ocupacional, prevenção de poluição, conservação de recursos e gerenciamento de resíduos.

A economia circular impulsiona as fronteiras da sustentabilidade ambiental, enfatizando a idéia de transformar os produtos de forma a que existam relações viáveis entre sistemas ecológicos e crescimento econômico. Portanto, a economia circular não está apenas preocupada com a redução do uso do meio ambiente como uma pia para resíduos, mas sim com a criação de sistemas de produção autossustentáveis em que os materiais são usados outras vezes. A integração dos princípios da economia circular no gerenciamento sustentável da cadeia de suprimentos pode fornecer vantagens claras de um ponto de vista ambiental. Os desafios emergentes da gestão da cadeia de suprimentos e a dinâmica do mercado também são destacados e discutidos por alguns autores(PAULIUK, 2018).

As operações ecológicas referem-se a todos os aspectos relacionados à fabricação / manufatura, uso, manuseio, logística e gerenciamento de resíduos do produto, uma vez que o projeto foi finalizado. A manufatura verde visa reduzir a carga ecológica usando materiais e tecnologias adequados, enquanto a remanufatura refere-se a um processo industrial no qual os produtos desgastados são restaurados para uma nova condição (LUND, 1984).

A interação entre sustentabilidade e cadeias de suprimentos é o próximo passo crítico dos exames recentes de operações e meio ambiente (CORBETT e KLEINDORFER, 2003) e operações e sustentabilidade (KLEINDORFER *et al.*, 2005). Embora tenham sido feitas contribuições importantes em relação a operações e políticas ambientais, estratégias, finanças, design de produtos, relações de fornecedores e

gerenciamento de produtos pós-consumo, é fundamental avançar para as questões sistêmicas que existem na interseção de sustentabilidade, gestão ambiental e redes de suprimento.

A sustentabilidade apresenta considerações menos quantificáveis relacionadas ao meio ambiente natural e, em alguns casos, questões sociais o que os éticos de negócio se os campos contábeis se referem como o “Triple BottomLine”(JEURISSEN, 2000). A importância da interação entre consideração econômica com as questões sociais e ambientais como a poluição sonora, o congestionamento e as emissões de dióxido de carbono na logística foram consideradas por QUAK e DE KOSTER (2007) em seus trabalhos sobre a análise da sensibilidade dos retalhistas às políticas de sustentabilidade.

De acordo com WALLER *et al.* (1999), a cadeia de suprimento é a rede integrada de operações do processo no local para fornecer bens ou serviços tangíveis a um cliente. As questões ambientais podem afetar todos os aspectos da cadeia de suprimento desde a localização da fábrica, compra de matérias-primas, design do produto, tecnologias empregadas, processos de fabricação, embalagem, transporte, consumo de energia, segurança do trabalhador, marketing, vendas e disposição final do produto.

De acordo com uma profunda revisão da literatura realizada por HOLT (2005) são identificados dois tipos de suprimento verde. O primeiro, definido como "processo de suprimento de energia ecológica", representa as adaptações baseadas em processos feitas nas atividades de gerenciamento de fornecedores da empresa para incorporar considerações ambientais (incluindo o processo de coleta de informações ambientais sobre os fornecedores e avaliação e classificação do desempenho ambiental dos fornecedores). O segundo tipo de atividade é o que ela denomina "fornecimento verde baseado em produtos". Isso envolve mudanças no produto fornecido (incluindo tentativas de gerenciar subprodutos de insumos fornecidos, como embalagem e cooperação com fornecedores).

As práticas de gestão da cadeia de suprimento verde podem incluir a demonstração de um compromisso estratégico para o meio ambiente, iniciativas de fornecedores para melhoria ambiental, a concepção de produtos que podem ser desmontados, reutilizados ou reciclados, adotando uma abordagem de ciclo de vida para o projeto de produtos, revisando e reavaliando criticamente os produtos existentes, processos e serviços (VAN HOEK, 1999; HUGOS, 2018; TSENG *et al.*, 2018).

Embora o suprimento verde com base em produtos seja tradicionalmente associado às organizações de manufatura, observa-se a necessidade de examinar o comportamento ambiental nas indústrias de serviços (WELFORD, 1995). Tais setores, como os setores públicos ou bancários, estão sob uma pressão cada vez maior para melhorar seu desempenho ambiental, especialmente através de suas cadeias de suprimentos (RUSSELL e TAYLOR-III, 2008; RUSSELL *et al.*, 2018).

Tais práticas incluem gerenciamento de fornecedores, compras mais ecológicas e gerenciamento de resíduos de produtos. Portanto, a distinção feita entre o gerenciamento da cadeia de suprimentos verde baseada em produtos e em processos é igualmente aplicável às organizações em todos os setores (embora os produtos específicos e os processos específicos, obviamente, sejam diferentes dependendo do tipo de bens e serviços fornecidos por cada organização individual).

Portanto, se as empresas são baseadas em produtos ou baseadas em processos, elas exigem implementar estratégias de cadeia de suprimento verdes ambientalmente aceitas. A cadeia de suprimento verde está sendo aceita agora por muitas empresas, como uma questão de gerenciamento de políticas e requer a consideração de toda a cadeia de suprimentos de materiais e energia necessária para produzir um produto ou, de um modo geral, para prestar um serviço ou benefício aos clientes. Por isso, os impactos ambientais devem ser considerados cumulativamente ao longo dos estágios do ciclo de vida da cadeia de suprimentos de um produto ou serviço para evitar a mudança de efeitos ambientais adversos de um estágio do ciclo de vida para outro.

Um dos principais aspectos das cadeias de suprimentos verdes é melhorar simultaneamente os desempenhos econômicos e ambientais ao longo das cadeias, estabelecendo um relacionamento de longo prazo entre comprador e fornecedor. As empresas desenvolveram um conjunto diversificado de iniciativas para a ecologização do SCM, incluindo a triagem de fornecedores para o desempenho ambiental, o treinamento para construir a capacidade de gerenciamento ambiental do fornecedor e o desenvolvimento de sistemas de logística reversa para recuperar produtos e embalagens para reutilização e remanufatura (KUMAR e CHANDRAKAR, 2012).

O GrSCM não só pode gerar benefícios ambientais, mas também benefícios empresariais. As características ambientalmente preferíveis incluem produtos e serviços que economizam energia e água, minimizam a geração de resíduos e liberação de poluentes; produtos feitos de materiais reciclados e que podem ser reutilizados ou reciclados; energia a partir de recursos renováveis, como combustíveis biológicos,

energia solar e eólica; veículos alternativos de combustível; e produtos que utilizam alternativas para produtos químicos perigosos ou tóxicos, materiais radioativos e agentes biológicos perigosos.

2.3 - GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTO VERDE

Nos últimos anos, as empresas programaram várias verificações e programas regulatórios para garantir que os fornecedores possam fornecer materiais e serviços com alta qualidade e também dedicados aos padrões ambientais (AWASTHI *et al.*, 2010; KUO *et al.*, 2010).

Tem dois tipos principais de processos de gerenciamento da cadeia de suprimento verde: o processo de gerenciamento verde baseado no suprimento e o processo de gerenciamento verde baseado nos produtos. Fazer verde o processo de fornecimento significa que as atividades de gerenciamentos de fornecedores das empresas têm que consideraras perspectivas ambientais. Além disso, o fornecimento verde baseado em produtos centra-se nas mudanças no produto fornecido e tenta gerenciar os subprodutos das entradas fornecidas. (RATLEDGE e BROWN, 2011; CEKANAVICIUS *et al.*, 2014). De acordo com PAGELL *et al.* (2004), os líderes do departamento de logística e cadeia de suprimentos devem equilibrar o baixo custo e o processo de inovação, mantendo um bom desempenho ambiental. Por meio da análise da cadeia de suprimentos, as organizações podem verificar se as questões ambientais podem ser incorporadas nos processos de transformação industrial (GREEN *et al.*, 1996).

Ao longo da última década, o gerenciamento das cadeias de suprimentos desempenhou um papel importante para o sucesso das organizações e, posteriormente, o GrSCM emergiu como um componente importante das estratégias ambientais e das cadeias de suprimentos de um grande número de empresas. Embora o termo "ambiente" ou "ecologicamente" tenha um significado ambíguo em vários campos, o termo indica não apenas harmonizar o desempenho ambiental corporativo com as expectativas dos acionistas, mas também desenvolver uma nova fonte crítica de vantagem competitiva em termos de perspectiva de gestão (GUPTA, 1995).

Nos últimos anos, vários estudos tentaram analisar e explorar o GrSCM. Suprimento verde refere-se à forma como as inovações no gerenciamento da cadeia de suprimentos e compras industriais podem ser consideradas no contexto do meio

ambiente, desde compras ecológicas até cadeias de suprimentos integradas que vão de fornecedores, fabricantes, clientes e a cadeia de fornecimento inversa (HOLT e GHOBADIAN, 2009).

Para programar o GrSCM, as organizações devem seguir as práticas do GrSCM que consistem em diretrizes de gerenciamento ambiental da cadeia de suprimento. Muitos estudos tentaram identificar as práticas do GrSCM em organizações que são encaminhadas para sistemas internos, tais como sistemas de gerenciamento ambiental e de qualidade. A gestão ambiental interna é fundamental para melhorar o desempenho ambiental da organização (ZHU *et al.*, 2008).

ZHU e SARKIS (2004) indicam que o gerenciamento de qualidade contribui a implementação do GrSCM. Eles sugerem que, sob rigoroso controle de qualidade, as organizações podem melhorar a sua prática ambiental aprendendo com as experiências de seus programas de gerenciamento de qualidade. Ao receber o certificado para o padrão da ISO 14001 de sistema de gerenciamento ambiental (EMS), as organizações podem criar mecanismos estruturados para melhoria contínua no desempenho ambiental (KITAZAWA e SARKIS, 2000).

Os esforços do GrSCM e da logística incentivaram as empresas a adaptarem a cadeia de suprimentos em cadeia de laço fechado. O gerenciamento da cadeia de suprimentos em circuito fechado significa "o design, controle e operação de um sistema para maximizar a criação de valor ao longo de todo o ciclo de vida de um produto com a recuperação dinâmica do valor de diferentes tipos e volumes de retornos ao longo do tempo" (BEAMON, 1996).

Alguns estudos têm se concentrado em fatores ambientais externos, como clientes e fornecedores. Para melhorar seu próprio desempenho da cadeia de suprimento ambiental, as organizações precisam das interações com o governo, fornecedores, clientes e até concorrentes (CARTER e ELLRAM, 1998; CARTER e LIANE EASTON, 2011). A cooperação com fornecedores e clientes tornou-se extremamente crítica para as organizações fecharem o ciclo da cadeia de suprimentos (ZHU *et al.*, 2008).

Segundo ZHU e SARKIS (2004), as práticas da GrSCM são divididas em quatro grandes dimensões: gestão ambiental interna, gerenciamento ambiental externo, recuperação de investimentos e design ecológico.

2.3.1 - Partes componentes da cadeia de suprimento sustentável

Segundo HERVANI *et al.* (2005), RAO e HOLT (2005), BAG *et al.* (2017), HERVANI *et al.* (2017) e TATAR (2017) o conceito de *Green Supply Chain Management* trata de iniciativas ambientais em toda a cadeia de suprimentos, a saber:

- a) Logística de entrada (incluindo compras);
- b) Produção ou cadeia de suprimento interna (logística interna);
- c) Logística de saída (incluindo embalagens);
- d) Logística reversa.

Portanto, para avaliar a sustentabilidade de uma cadeia de suprimento é importante avaliar cada uma dessas quatro partes da cadeia do ponto de vista econômico e ambiental. O modelo a utilizar é mostrado na Figura 2.1:

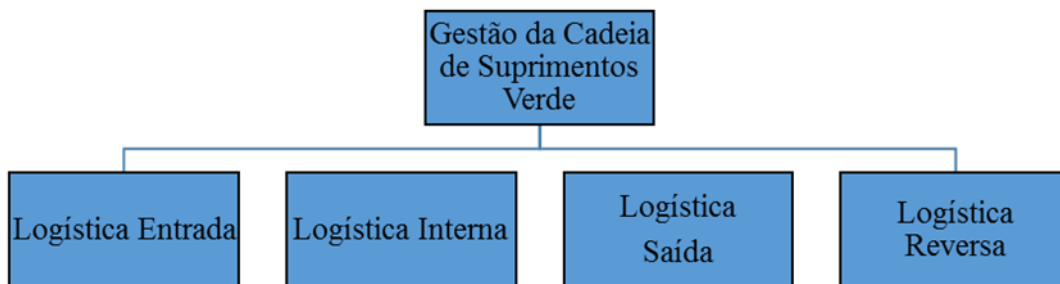


Figura 2.1 - Estrutura para avaliar o índice de sustentabilidade da cadeia de suprimento.

Para avaliar cada uma das partes componentes da cadeia de suprimento verde foi elaborado um questionário com dez ou onze perguntas pertinentes a cada parte e foi usada a Escala Likert para avaliar cada parte.

Segundo NIKBAKSH (2009) e FRANCO *et al.* (2014) e aplicando o método indutivo-dedutivo, podem-se definir os seguintes parâmetros para avaliar cada uma das partes componentes de Cadeia de Suprimento Verde:

– **Logística de Entrada:**

1. Rotulagem ambiental dos produtos;
2. Cooperação de fornecedores em objetivos ambientais;
3. Auditoria ambiental dos fornecedores;
4. Fornecedores certificados pela ISO 14001;
5. Diminuir o gasto de energia dos fornecedores;
6. Diminuir o consumo de combustível;

7. Determinar se tem materiais perigosos que formam parte dos produtos fornecidos;
8. Custo dos produtos;
9. Distância do fornecedor e meio de transporte;
10. Reciclabilidade do produto.

– **Logística Interna:**

1. Comprometimento da alta gerência;
2. Apoio de gestores de nível médio;
3. Cooperação de diferentes áreas funcionais na adoção de melhorias ambientais;
4. Gestão ambiental de qualidade total;
5. Cumprimento a legislações ambientais e programas de auditoria;
6. Certificação ISO 14001;
7. Existência de um Sistema de Gestão Ambiental;
8. Desenvolver produtos que utilizem menos matéria-prima e energia;
9. Desenvolver produtos que suas matérias-primas e componentes sejam reutilizados, reciclados e recuperados;
10. Desenvolver produtos que evitem ou reduzem o uso de materiais perigosos e/ou seu processo de fabricação;
11. Redução de inventário.

– **Logística de Saída:**

1. Uso de embalagens recicláveis;
2. Cooperação com os clientes para produção limpa;
3. Armazenagem adequada dos produtos;
4. Ter a mínima quantidade de produtos armazenados;
5. Uso do transporte adequado;
6. Menor custo de combustível possível;
7. Diminuir possíveis acidentes ambientais;
8. Melhorar a utilização da capacidade de armazenagem;
9. Existência de canais claros de distribuição;
10. Planejamento de rota adequado;
11. Processamento de pedidos.

– **Logística Reversa:**

1. Recuperação do investimento;
2. Venda do excesso de estoque e de materiais;
3. Venda de sucatas e materiais usados;
4. Venda de equipamentos em excesso;
5. Incentivar aos usuários finais para a reciclagem;
6. Adicionar rotas de coletas e de entregas;
7. Ter uma política de devolução de produtos e embalagens;
8. Analisar possibilidade de reuso;
9. Conscientização ambiental dos consumidores;
10. Reciclagem de produtos.

2.4 - UTILIZAÇÃO DE INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL NO GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTO VERDE

Os autores GANGA *et al.* (2011) apresentam e discutem uma proposta baseada na teoria dos conjuntos *Fuzzy* para prever o desempenho de uma cadeia de suprimentos modelada de acordo com os relacionamentos causais entre medidas de desempenho propostas pelo modelo de referência das operações na cadeia logística, de distribuição, fornecimento, suprimentos ou abastecimento SCOR (versão 8.0).

Segundo os autores, o uso de sistemas de medição de desempenho para gerenciar o desempenho de cadeias de suprimentos apresenta algumas limitações tais como a dificuldade de interpretação de resultados de natureza qualitativa, assim como, a complexidade de um sistema tradicional de medição de desempenho para lidar adequadamente com os relacionamentos causais entre métricas de desempenho de diferentes processos de negócios ao longo da cadeia de suprimentos. Por outro lado, a Lógica *Fuzzy*, uma técnica apropriada para lidar com situações de incerteza e subjetividade, configura-se como uma alternativa interessante.

Utilizando uma abordagem de pesquisa quantitativa descritiva, os autores assumem a hipótese de que um modelo de predição quantitativo poderia ser construído para explicar (no mínimo em parte) o comportamento de processos operacionais. Os resultados do modelo mostraram-se bastante consistentes à metodologia SCOR mark, proposta pelo *Supply Chain Council*. Análises estatísticas dos resultados, baseados no Método de Superfície de Resposta, também confirmaram a relevância dos

relacionamentos causais incorporados no modelo. Em geral, os resultados reforçam que a proposição da adoção de um modelo de predição baseado em Lógica *Fuzzy* e nas métricas do SCOR parece ser uma abordagem possível para auxiliar os gerentes no processo de tomada de decisão do gerenciamento do desempenho em cadeias de suprimentos (GANGA *et al.*, 2011).

Segundo LIN (2013), o GrSCM tornou-se uma abordagem pró-ativa para melhorar o desempenho ambiental. Sob as pressões e os regulamentos das partes interessadas, as empresas precisam melhorar a prática do GrSCM, que são influenciadas por práticas como compras ecológicas, design verde, recuperação de produtos e colaboração com clientes e fornecedores. À medida que as empresas proativas adotassem a GrSCM, seu desempenho econômico e desempenho ambiental serão melhorados.

Dessa forma, os autores examinam os fatores influentes entre oito critérios de três principais práticas de GrSCM, nomeadas práticas, desempenhos e pressões externas. Para lidar com a imprecisão das percepções do ser humano, este estudo usa a teoria de conjuntos *Fuzzy* e ensaios e métodos de julgamento e análise de laboratório para formar um modelo estrutural para descobrir as relações de causa e efeito entre os critérios. Os resultados e as implicações gerenciais são discutidos.

O desempenho ambiental de uma organização é afetado pelo desempenho ambiental de seus fornecedores e a seleção de fornecedores verdes é uma decisão estratégica para ser mais competitiva no mercado global de hoje. O problema de seleção de fornecedores envolve vários critérios quantitativos e qualitativos. No processo de seleção de fornecedores, se os fornecedores tiverem capacidade limitada ou outras restrições, é necessário determinar o melhor fornecedor e a quantidade de pedidos de cada fornecedor (KANNAN *et al.*, 2013). Estes próprios autores, apresentaram uma abordagem integrada, da teoria dos conjuntos *Fuzzy* e a programação multi objetivo, para a classificação e seleção dos melhores fornecedores verdes de acordo com critérios econômicos e ambientais e, em seguida, alocar as quantidades de ordem otimizadas entre eles.

Nos últimos anos, com o aumento da conscientização em proteção ambiental e desenvolvimento sustentável nas empresas, a questão verde tornou-se cada vez mais crítica no gerenciamento da cadeia de suprimentos. KUO *et al.* (2010) desenvolvem um modelo de seleção de fornecedores verdes que integra as redes neurais artificiais (ANN) e dois métodos de análise de decisão de atributos múltiplos (MADA): análise de

envoltória de dados (DEA) e processo de rede analítica (ANP); eles chamaram ao método de método híbrido ANN e MADA. O método híbrido ANN e MADA considera a praticidade nos critérios tradicionais de seleção de fornecedores e regulamentos ambientais. Também superam as desvantagens tradicionais da DEA, as restrições de precisão de dados e unidades de decisão (DMUs).

2.4.1 - A lógica *fuzzy* e a cadeia de suprimento

A avaliação da cadeia de fornecimento é uma atividade complexa devido à ampla taxonomia de variáveis (quantitativas ou qualitativas; financeiras ou não financeiras e outras). Esse cenário resulta em um processo vago e subjetivo para avaliar o desempenho. Consequentemente, a lógica difusa pode ser uma abordagem viável para medir o desempenho da cadeia de suprimentos (GANGA *et al.*, 2011).

O ambiente de imprecisão para avaliar o GrSCM de uma empresa é devido ao excesso ou falta de informação para a tomada de decisão, causando dificuldade na definição, avaliação e controle dos objetivos e metas para definir as taxas de cumprimento associadas com a medição do GrSCM (BRANDENBURG *et al.*, 2014).

Em resposta a estes desafios de avaliação da Cadeia de Suprimentos gestão de negócios têm se apresentado em teorias, abordagens e metodologias (flexibilidade, resiliência, e assim por diante) usando ferramentas como a lógica *Fuzzy* para soluções confiáveis, que se adaptam facilmente às mudanças e imprecisão dos parâmetros (HAQ e BODDU, 2017; SOLEIMANI *et al.*, 2017).

Na Figura 2.2 mostra-se o procedimento geral do sistema *Fuzzy* o qual pode ser aplicado para avaliar o Índice de Sustentabilidade da Cadeia de Suprimento (ISCS) das empresas.

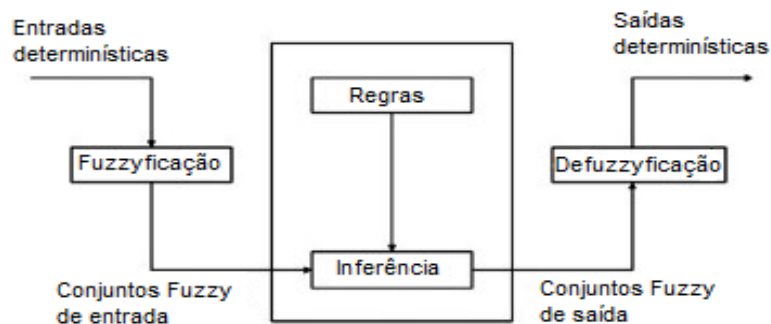


Figura 2.2 - Procedimento geral do sistema difuso para avaliar o ISCS.

Fonte: Adaptado de DOS SANTOS *et al.* (2012).

O módulo de Fuzzyficação é o responsável pelo processo de transformar variáveis de entrada em valores nebulosos, que são descritos por graus de associação e suas funções difusas associadas. O módulo de Fuzzyficação é o que modela matematicamente a informação das variáveis de entrada por meio de conjuntos *Fuzzy*. O procedimento de Fuzzyficação resulta em um conjunto de valores difusos. Essa codificação é baseada no conhecimento do especialista (NOGUEIRA, 2013).

O módulo de inferência é o módulo responsável pela definição dos conceitos lógicos que serão utilizados para estabelecer a relação *Fuzzy* que modela a base de regras. Têm dois tipos de controladores *Fuzzy*, os controladores do tipo SUGENO e do tipo MAMDANI. A escolha do controlador *Fuzzy* é muito importante e deve ser analisada conforme as características de cada um, e de acordo com os dados que serão inseridos.

O módulo de defuzzyficação é o módulo que converte um conjunto *Fuzzy* para um valor escalar, gerando uma transformação de informações qualitativas em informações quantitativas. No módulo de defuzzyficação, os resultados difusos da inferência são transformados em valores de saída, onde é realizada uma interpretação dessas informações (WANG *et al.*, 2017).

2.4.2 - Seleção de indicadores e funções de pertinência *fuzzy*

Um número *Fuzzy* (neste caso, um indicador do índice de sustentabilidade da cadeia de suprimentos) é um subconjunto difuso de referência do real, que tem uma função de pertinência normal e convexa. Ele pode ser representado pelos segmentos formados através da atribuição de valor a serem determinados, para a função de pertinência (triangular, trapezoidal, de Gauss, de Bell generalizada, sigmoide, gama, e outros) (JIANG *et al.*, 2017).

As funções de pertinência *Fuzzy* triangulares e trapezoidais (Figura 2.3) são caracterizadas pela facilidade de ajuste, uma vez que permitem executar de forma confiável muitas situações organizacionais (NOOR e AB HAMID, 2014).

Os conjuntos *Fuzzy* em forma triangular são convencionalmente utilizados em modelos de engenharia. A forma trapezoidal é utilizada muitas vezes para mapear funções de pertinência nos domínios extremos, enquanto a forma triangular atua nas regiões intermediárias destes mesmos domínios.

Sua singularidade para modelar o comportamento de indicadores de desempenho em ambientes de incerteza reside no fato de que eles são determinados por três grandezas: uma abaixo da qual é inaceitável obter os resultados (a para ambas funções); outra em que não é possível obter valores mais elevados (c para a triangular e d para atrapezoidal) e; finalmente, uma que representa o mais alto nível desatificação ou presunção (b para a forma triangular e o segmento bc para a trapezoidal).

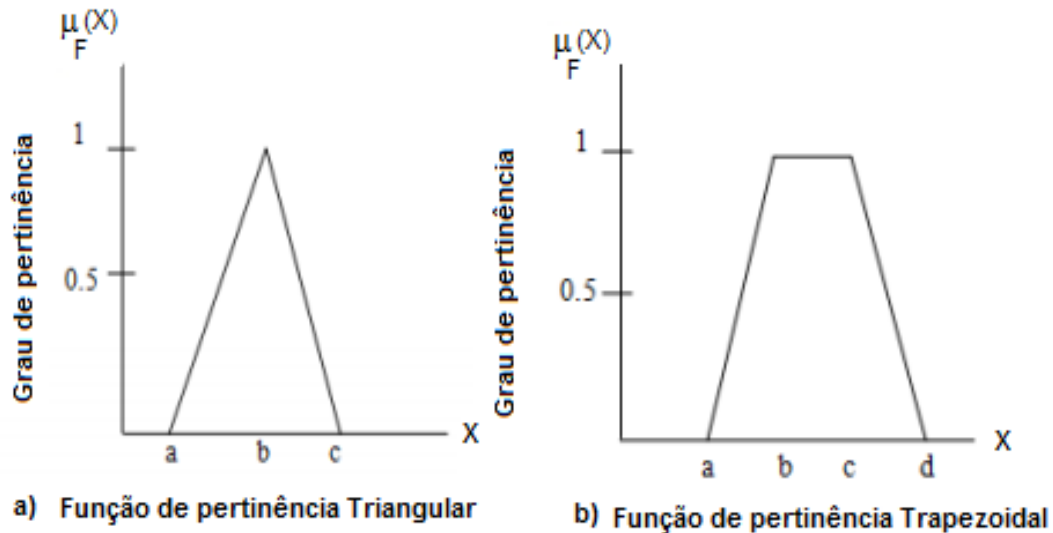


Figura 2.3 - Funções de Pertinência Fuzzy Triangulares e Trapezoidais.
 Fonte: Adaptada de NOOR e AB HAMID (2014).

Entre as funções mais utilizadas estão às funções de associação triangular. Essa função é a mais aplicada, devido à sua simplicidade e sua efetividade nos resultados, bem como muitas outras vantagens (PEDRYCZ, 1994). As funções de pertinência triangulares são caracterizadas por uma terna (a, b, c), onde a, b e c determinam o intervalo dentro do qual a função de pertinência assume. O gráfico de um número *Fuzzy* triangular tem a forma de um triângulo, tendo como base o intervalo [a,c], tendo como único vértice fora da base, o ponto (b,1) (Figura 2.4). Deste modo, os números reais a, b e c definem o número *Fuzzy* triangular, sendo demonstrada conforme fórmula (BARROS; SOUZA; AMENDOLA, 2005):

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & a < x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & b < x \leq c \\ 0 & x > c \end{cases} \quad (2.1)$$

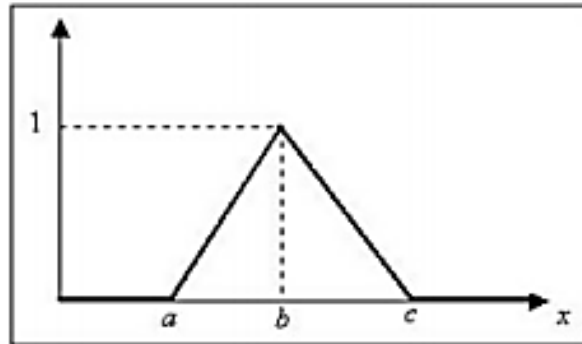


Figura 2.4 - Função triangular.

2.4.3 - Método de inferência *fuzzy*

Existem dois métodos principais de inferência *Fuzzy*: O método Mamdani e o método Takagi-Sugeno (RANE *et al.*, 2017). Estes métodos permitem obter conclusões (um valor *Fuzzy*) a partir de um conjunto de regras se-então (*if-then*); a partir de um conjunto de valores de entrada para o sistema. O método Mamdani foi introduzido por Mamdani e Assilian (MAMDANI; ASSILIAN, 1975) e o método Takagi -Sugeno foi proposto por Takagi e Sugeno (TAKAGI e SUGENO, 1985).

Os Sistemas TakagiSugeno (TSK) são computacionalmente eficientes, trabalham bem com técnicas lineares, com otimização e técnicas adaptativas, garantem a continuidade da superfície de saída e são adequados para análises matemáticas.

Os Sistemas Mamdani são intuitivos, lidam bem com as entradas de dados segundo o pensamento humano e têm ampla aceitação.

O método de inferência difuso do tipo Mamdani é o método mais comumente usado.

A principal diferença entre esses métodos é o consequente das regras *Fuzzy*. Os sistemas Mamdani utilizam o tipo de regras *Fuzzy* conhecido como consistentes tanto na entrada como na saída e o TSK utiliza funções lineares das variáveis de saída ou valores constantes. Nesta pesquisa é utilizado o tipo de sistema de inferência Mamdani com valores contínuos das saídas (SALEH *et al.*, 2017).

A escolha de funções triangulares e trapezoidais é a mais comum, pois a idéia de se definir regiões de pertinências total, média e nula é mais intuitiva do que a especificação do valor médio e de dispersão, conceitos esses ligados às funções gaussianas (BENINI e MENEGUETTE JUNIOR, 2009).

Existem vários métodos de defuzzyficação, sendo os mais comuns: centróide, centro dos máximos, e média dos máximos (MALAMAN e AMORIM, 2017).

- Centróide: é escolhido o centro geométrico do conjunto final, ou seja, é a média dos pontos de centróide ponderado pelas áreas.
- Centro dos máximos: sugere tomar como valor de saída o ponto central dos máximos. É a média ponderada, porém, são considerados somente os valores de maior pertinência.
- Média dos Máximos: o valor final é resultado do valor médio dos valores centrais ativados pelas regras.

Se recomenda utilizar o método de defuzzyficação de Centroid por sua precisão e por ser também um dos mais usados comumente (YOO e CHOI, 2017).

2.5 - TAMANHO DA AMOSTRA E TÉCNICA DE AMOSTRAGEM

A ferramenta de amostragem utilizada nesta pesquisa é a forma técnica de amostragem intencional probabilística. Os métodos que envolvem julgamento são algumas vezes referidos como seleção intencional, seleção de julgamento ou seleção não probabilística (MALTERUD *et al.*, 2016). Dentro deste tipo de amostragem, os itens para a amostra são selecionados deliberadamente pelo pesquisador para usar as técnicas de amostragem aleatória.

Muitos autores afirmam que uma decisão transcendental em qualquer pesquisa é a seleção adequada do tamanho da amostra (MEEKER *et al.*, 2017; MONTGOMERY, 2017). A determinação do tamanho da amostra pode ser considerada uma ferramenta disponível para o pesquisador para avaliar os requisitos de viabilidade e de recursos do seu projeto (MARRUGAT *et al.*, 1998). No entanto, a utilização de pressupostos plausíveis deve prevalecer sobre outros interesses como as oportunidades econômicas, a disponibilidade de recursos ou outros. Não é ético realizar um estudo com uma amostra que não fornece poder estatístico suficiente porque, do ponto de vista da metodologia científica, o projeto não é adequado. Os autores KERLINGER *et al.* (2002) e SANDOVAL (2009) afirmam que, para os pesquisadores que conduziram as grandes investigações em que o custo da recolha de dados é alto, a determinação do tamanho da amostra é crítica, porque o interesse é para obter a melhor informação com o menor custo.

O tamanho "certo" da amostra, para uma aplicação especial depende de muitos fatores, incluindo os seguintes:

As considerações de custo (por exemplo, máximo do orçamento, o desejo de minimizar o custo):

- Preocupações administrativas (por exemplo, a complexidade do projeto, prazos de pesquisa);
- Nível mínimo aceitável de precisão;
- Nível de Confiança;
- Variabilidade dentro da população ou subpopulação (por exemplo, estrato, cluster) de interesse;
- Método de amostragem.

Esses fatores estão inter-relacionados e interagem de formas complexas. Embora as considerações de todas as variações estejam além do escopo desta pesquisa, tem-se uma abrangente situação que normalmente ocorre com amostras aleatórias simples, como encontrar o menor tamanho de amostra necessário que fornece a precisão.

A fim de provar que um processo tem melhoria, deve-se medir a capacidade do processo, antes e após das melhorias implementadas. Isto permite quantificar o processo de melhoria (por exemplo, redução de defeitos ou aumento da produtividade) e traduzir em efeitos estimados do resultado financeiro, que os líderes de negócios possam compreender e apreciar.

A determinação do tamanho da amostra é uma questão importante, porque as amostras grandes provocam gastos de tempo, recursos e dinheiro, à medida que as amostras pequenas podem levar a resultados imprecisos. Em alguns casos, pode-se determinar facilmente o tamanho mínimo necessário, para estimar um parâmetro do processo, tal como a média da população (MCNEISH e STAPLETON, 2016).

Um tamanho de amostra muito grande representa um desperdício de recursos, tanto materiais como humanos (GALLEGO, 2004). Além disso, a qualidade do estudo, levando em consideração um tamanho muito grande da amostra, pode ser afetada num sentido negativo (FERNÁNDEZ, 1996), por outra parte, um tamanho muito pequeno não possibilita tirar conclusões válidas da experiência realizada.

Embora a maioria dos pesquisadores tente simplificar os conceitos e os procedimentos envolvidos na pesquisa, o processo de determinar o tamanho da amostra

para estudos de investigação não são triviais, nem simples; na realidade é um dos problemas mais difíceis (KERLINGER *et al.*, 2002).

Segundo NAMAQFOROOSH (2000), o tamanho da amostra para uma população finita pode se determinar pela seguinte Eq. (2.2):

$$n = \frac{N\sigma^2 Z_{\alpha}^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2 Z_{\alpha}^2} \quad (2.2)$$

Onde:

n = Tamanho da amostra;

N = Tamanho da população;

σ = Desvio padrão da população que, geralmente quando não se tem seu valor, pode se usar um valor constante de 0,5;

Z_{α} = Valor obtido mediante níveis de confiança. É um valor constante que, se não se tem seu valor, setoma em relação aos 95% de confiança e equivale a 1,96 (como mais usual) ou em relação aos 99% de confiança equivale a 2,58, valor que fica a critério do pesquisador.

Os valores de Z_{α} mais utilizados e seus níveis de confiança são mostrados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Valores de Z_{α} em função do nível de confiança desejado.

Valor de Z_{α}	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2,24	2,58
Nível de confiança	75%	80%	85%	90%	95%	97,5%	99%

Portanto, se pretende obter um nível de confiança dos 95% necessita-se colocar na expressão $Z_{\alpha}=1.96$.

e = Limite aceitável de erro amostral que, geralmente quando não se tem seu valor, pode utilizar-se um valor que varia entre o 1% (0,01) e 9% (0,09), valor que fica a critério do pesquisador.

Conforme TORRES *et al.*(2006), o tamanho da amostra pode ser calculado pela Eq. (2.3):

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{d^2(N-1) + Z_{\alpha}^2 \times p \times q} \quad (2.3)$$

Onde:

n = tamanho da amostra;

N = tamanho da população;

Z_{α}^2 = valor que depende do nível de confiança desejado;

p = probabilidade de sucesso ou proporção esperada;

q = probabilidade de fracasso;

d = precisão (Erro máximo admissível em termos de proporção);

Se a proporção esperada é desconhecida tem então que se utilizar o critério conservador ($p = q = 0.5$), o qual maximiza o tamanho da mostra da seguinte maneira;

$Z_{\alpha}^2 = 1.962$ (devido a que a confiança desejada é dos 95%);

p = proporção esperada (neste caso 50% = 0.5);

$q = 1 - p$ (neste caso $1 - 0.5 = 0.5$);

d = precisão (neste caso é recomendável um 3%).

Aplicando a fórmula anterior para o caso do público alvo da empresa se obteve um valor de aproximadamente 47 pessoas, mas como era possível entrevistar a toda a população se decidiu entrevistar aos 50 funcionários.

2.6 - UTILIZAÇÃO DA ESCALA LIKERT NA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DAS CADEIAS DE SUPRIMENTO

Para avaliar os fatores de desempenho de cada parte que compõe a cadeia de suprimento verde pode ser utilizada a Escala Likert, onde cada fator recebe uma pontuação de 1 a 5 (JOSHI *et al.*, 2015).

O tratamento analítico e a interpretação com a Escala Likert dependem amplamente de vários fatores, entre eles se a Escala Likert é simétrica ou assimétrica. Se a posição de neutralidade (neutra/não sei) situa-se exatamente entre dois extremos de discordo totalmente SD (do inglês Strongly Disagree) para concordo totalmente SA (do Inglês Strongly Agree), ela fornece independência a um participante para escolher qualquer resposta de forma equilibrada e simétrica em qualquer direção. Essa construção é conhecida como Escala simétrica.

Por outro lado, a Escala Likert assimétrica oferece menos escolhas em um lado da neutralidade (média) em comparação ao outro lado. Escala assimétrica, em alguns casos, também indica escolhas (forçadas) nas quais não há valor percebido de indiferença / neutralidade do pesquisador (MALHOTRA, 2006; TSANG, 2012).

Existem também Escalas de sete pontos e de dez pontos. Elas são a variação da Escala de 5 pontos em que as opções adjacentes são menos radicalmente diferentes (ou mais gradualmente diferentes) umas das outras quando são comparadas com uma Escala de 5 pontos (NORMAN, 2010).

Esse espaço de maior possibilidade de escolhas (passo a passo) oferece mais independência a um participante para escolher o "exato" (que ele prefere mais), em vez de escolher uma opção "próxima" ou "aproximada" (BOONE e BOONE, 2012).

A Escala de Likert é um método unidimensional, onde devem ser seguidas algumas etapas básicas para seu desenvolvimento (LIMA, 2017):

1. Definir o foco: a primeira etapa é definir o objeto a ser medido;
2. Gerar a base da Escala (direcionadores e subfatores): pode ser criada pelo pesquisador, baseada na compreensão íntima do objeto estudado ou desenvolvida, com base em pesquisas já realizadas sobre o assunto;
3. Avaliar a Escala: a etapa seguinte é fazer uma avaliação dos direcionadores e subfatores que caracterizam a Escala;
4. Verificar as inter-relações entre direcionadores: a etapa seguinte é computar as inter-relações existentes entre todos os artigos, baseado nas avaliações feitas na etapa anterior;
5. Administrar a Escala: esta é a etapa onde a Escala de Likert se encontra pronta para ser utilizada.

A Escala Likert pode ser avaliada pela seguinte Eq. (2.4):

$$Y = \sum_{i=1}^n Z_i \cdot W_i \quad (2.4)$$

Em que:

Y = avaliação final do direcionador

Z_i = avaliação dada ao subfator i ;

W_i = peso atribuído ao subfator i ;

n = número de fatores constituintes do direcionador;

O procedimento geral da Escala de Likert é o seguinte: são coletadas várias informações sobre determinado item. Estes itens são apresentados e averiguados por experientes que julgam e indicam se concordam totalmente, concordam parcialmente, nem concordam nem discordam, discordam parcialmente e discordam totalmente. "Aos vários graus de concordância/discordância são atribuídos números, para indicar a direção da atitude do respondente. Geralmente, os números utilizados variam de 1 a 5. O conjunto de números utilizados não faz diferença em função das conclusões a que se quer chegar, o importante é que se atribua corretamente os números às respostas de afirmações positivas e negativas" (LIDDELL e KRUSCHKE, 2017).

Quanto ao propósito do projeto frente ao uso de uma metodologia de pesquisa é apoiar o seu desenvolvimento e analisar as questões de pesquisa de um estudo (SEVERINO, 2017). Em relação a isso, com o respaldo de literaturas e abordagens aplicadas às pesquisas realizadas em áreas afins, o projeto de pesquisa viável que melhor se adequar a situação em estudo é determinada. Portanto, a metodologia de pesquisa implantada para realizar este estudo, de modo a responder às questões de pesquisa desenvolvidas no trabalho foi uma abordagem de pesquisa qualitativa e quantitativa, ou seja, uma abordagem mista (DRESCH e MIGUEL, 2015).

Assim, abordagens de pesquisa descritiva e explicativa foram implantadas. Além da pesquisa utilizou-se alguma estatística descritiva (ou seja, medida de tendência central como: média; e medidas de propagação: desvio padrão), juntamente com diferentes ferramentas inferenciais foram usadas para elaborar as relações e interações entre variáveis.

A seguinte definição foi escolhida como meio de entendimento comum para esta pesquisa com relação aos seguintes termos. Gestão da cadeia de suprimentos: “*Supply Chain Management* (SCM) é a integração de processos de negócios do usuário final por meio de fornecedores originais que fornecem produtos, serviços, e informações que agregam valor para os clientes e demais partes interessadas” (COOPER et al. 2000, LAMBERT et al. 2000).

Medição de desempenho: também definida como “o processo de avaliar como as organizações são bem administradas e, como os valores são entregues para clientes e outras partes interessadas” (MOULLIN, 2007). Verde: filosofia organizacional para atingir os objetivos de lucro corporativo e participação de mercado, reduzir os riscos e impactos ambientais, melhorando a eficiência ecológica dessas organizações e seus parceiros (ZHU et al., 2004; RAO e HOLT, 2005). Práticas de gestão da cadeia de suprimentos verde: de acordo com VAN HOEK (1999) e como citado no trabalho de HOLT (2005); incluem a

demonstração de um compromisso estratégico com o meio ambiente, iniciativas de fornecedores para melhoria ambiental, projetando produtos que possam ser desmontados, reutilizados ou reciclados, adotando uma abordagem de ciclo de vida para o projeto de produtos, rever criticamente e reavaliar produtos, processos e serviços existentes. A ferramenta utilizada para analisar a cadeia de suprimento verde foi a Lógica *Fuzzy* e o software utilizado foi o MATLAB e o EXCEL, além também da Escala Likert.

2.7 - CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Segundo a revisão da literatura pesquisada, a sustentabilidade da cadeia de suprimentos está integrada pela sustentabilidade de suas partes componentes que são: Logística de entrada, logística interna, logística de saída e logística reversa. A sustentabilidade destas partes pode ser avaliada através de diferentes indicadores que confirmam essas partes. Para este fim, podem ser usadas diferentes ferramentas matemáticas, dentre elas a escala Likert e a lógica fuzzy.

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta inicialmente uma visão abrangente da pesquisa desenvolvida e, na sequência as principais etapas pormenorizadas e procedimentos técnicos adotados. A referida metodologia utilizada se divide em um fluxograma apresentado na Figura 3.1.

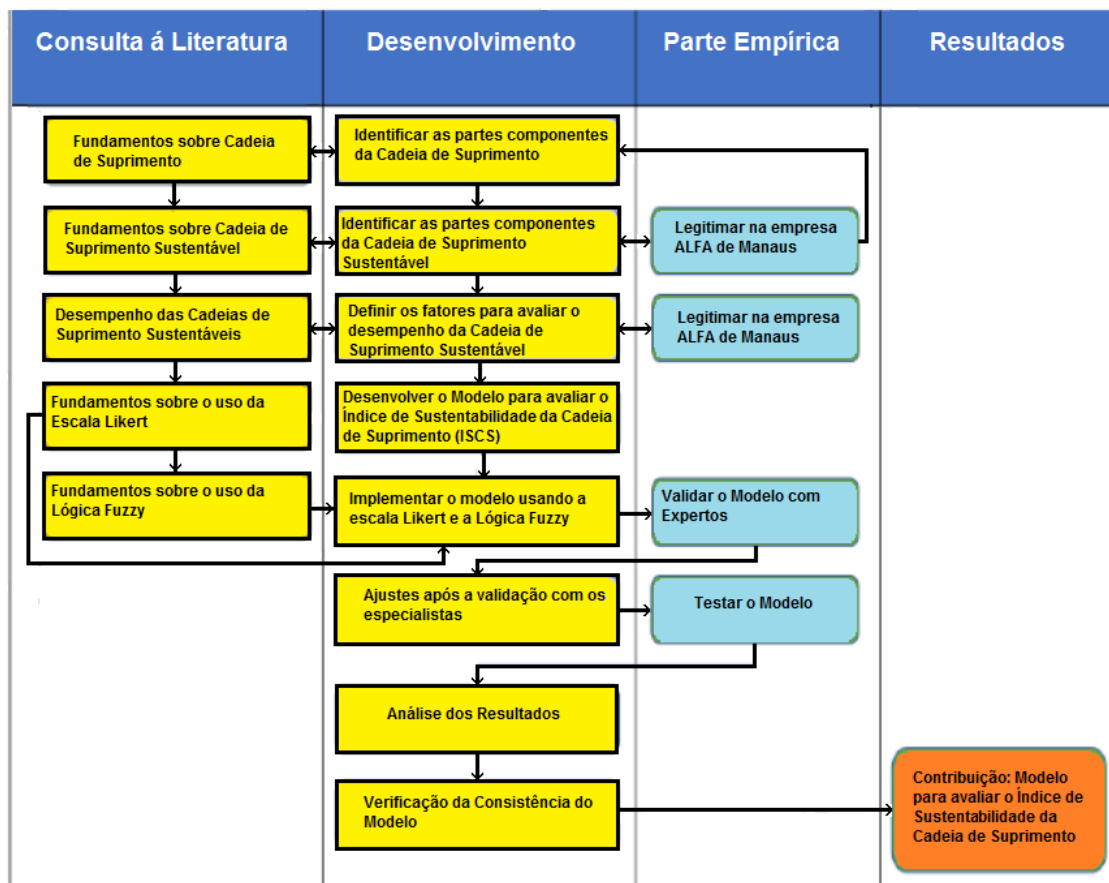


Figura 3.1 - Fluxograma da metodologia aplicada.

3.2 - OBTENÇÃO DE DADOS

No que se refere à obtenção dos dados a fim de abordar os objetivos e as questões estabelecidas adiante, o estudo empregou dados primários e secundários

coletados por meio do instrumentalismo de diferentes metodologias e fontes, isto é, questionário e entrevista.

Em relação a essa questão, a pesquisa implantou dados primários coletados por meio de questionário e entrevistas. De acordo com o estudo de caso, a empresa de estudo foi à empresa “ALFA” de Manaus, a população alvo foi de 50 funcionários, especificamente funcionários designados em posição gerencial (gerentes) e acima, ou seja, responsáveis de abastecimento e diretores de instalações, gerentes de parceiros de negócios, gerentes de compras, gerentes de relações com fornecedores, gerentes de Logística e gerentes de Operação e Manutenção e gerentes de suprimentos, fato devido a que essas pessoas envolvidas com o gerenciamento total da cadeia são os responsáveis por monitorar grande parte das atividades da cadeia de suprimentos da empresa. Além disso, foram consultadas outras fontes de dados secundárias, tais como: relatórios, documentos de conferências e estudos anteriores realizados em tópicos relacionados ao estudo.

3.3 - DESENVOLVIMENTO DOS MODELOS PARA AVALIAR O ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DA CADEIA DE SUPRIMENTO

O Índice de Sustentabilidade da Cadeia de Suprimento da empresa estudada foi obtido a partir das respostas dos profissionais da empresa que estão envolvidos com a cadeia de suprimento, diretores e gestores com uma adequada formação e experiência. As análises dos dados foram provenientes da coleta do diagnóstico aplicado a esses profissionais. A partir da definição das partes componentes representadas fisicamente na Figura 1 do capítulo anterior; foram usados dois procedimentos para avaliar o índice de sustentabilidade da cadeia de suprimento:

1. Foram elaborados 4 questionários no tabulador Excel conforme com as quatro partes componentes da cadeia de suprimento verde definidas pela literatura e pela interação com diferentes profissionais da indústria. Cada parte componente era avaliada por dez ou onze perguntas e, além disso, a cada pergunta era atribuído um peso estabelecendo a importância de cada pergunta. Para ambos os casos, a avaliação da pergunta e seu peso era atribuído um valor, usando uma Escala de 1 a 5 onde 1 tenha pouca prioridade ou pouco valor e 5 a máxima prioridade ou valor seguindo o padrão da Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Critérios usados para avaliar as propriedades que conformam o índice de sustentabilidade da cadeia de suprimentos.

Critério	Valor
Discordo totalmente	1
Discordo parcialmente	2
Nem concordo nem discordo	3
Concordo parcialmente	4
Concordo totalmente	5

Cada um dos 50 funcionários entrevistados preencheu os quatro questionários. O número total de perguntas foi de 42 que se obtiveram pela soma da multiplicação das quatro partes componentes versus as perguntas de cada parte, calculando-se assim o índice de sustentabilidade da cadeia de suprimento. Para cada um dos parâmetros, o funcionário também tinha que dar um valor de peso entre 1 e 5. O índice de sustentabilidade da cadeia se expressa em %.

Cada parte componente possui 10 ou 11 propriedades, quando se avalia pela pontuação máxima de 5 pontos terá um valor total máximo de 50 ou 55 pontos, qualquer valor obtido será dividido por esse valor máximo e multiplicado por 100, para se apurar a porcentagem daquela análise, veja o exemplo: Uma empresa na pesquisa que obtenha 30 pontos da parte componente Logística de entrada (da análise das propriedades), terá um índice de logística de entrada de 60%, que resulta de dividir o valor de 30 por 50 pontos máximos e multiplicado por 100 sendo $\{(30/50) \times 100\}$ dessa forma 60% atingindo o respectivo percentual.

2. Foi elaborado um Sistema de Inferência Fuzzy para avaliar o índice de sustentabilidade da Cadeia de Suprimento, também baseado nas quatro partes componentes como variáveis de entrada e o índice de sustentabilidade como variável de saída. Foram usadas funções de pertinência triangulares e foram estabelecidas um total de 81 regras estabelecidas segundo o critério dos especialistas da empresa “ALFA” de Manaus. As etapas relacionadas ao desenvolvimento do modelo, sua implementação e avaliação são explicadas nos epígrafes seguintes. Os resultados por ambos os métodos foram comparados obtendo-se uma margem de erro muito pequeno. Estes resultados são apresentados em detalhe no próximo capítulo.

O resultado da análise ensejará sempre a busca pelas oportunidades de melhorias dos processos e, dependerá das necessidades e prioridades de cada empresa em aprimorar o nível de sustentabilidade da cadeia de suprimentos.

3.3.1 - Descrição do modelo em excel para avaliar o índice de sustentabilidade da cadeia de suprimento (ISCS) na empresa “ALFA”

A seguir se apresentam as perguntas realizadas em cada questionário para avaliar as diferentes partes componentes da cadeia de suprimento segundo o tabulador Excel.

Dessa forma, são destacadas em sequência quatro tabelas designando a Logística de Entrada, Logística Interna, Logística de Saída e Logística Reversa com informações da empresa pesquisada que devem ser preenchidas pelos funcionários.

Na Tabela 3.2 mostra-se o formulário de determinação do Índice de Sustentabilidade da Logística de Entrada da empresa “ALFA” da cidade de Manaus. É importante destacar que com os resultados das tabelas preenchidas pelos funcionários se confecciona então as tabelas resultantes para a empresa.

Tabela 3.2 - Formulário de determinação do Índice de Sustentabilidade da Logística de Entrada (ISLE).

Parte Componente	AVALIAÇÃO										
	Valor segundo a Escala Likert					Peso					VP
Logística de Entrada	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1. Os produtos ou matéria primas recebidos tem rotulagem ambiental											
2. Existe cooperação de fornecedores em objetivos ambientais											
3. Existe auditoria ambiental dos fornecedores											
4. Os fornecedores estão certificados pela ISSO 14001											
5. Existem medidas para diminuir o gasto de energia dos fornecedores											
6. Existem medidas para diminuir o consumo de combustível dos fornecedores											
7. Não existem materiais perigosos que formam parte dos produtos fornecidos											
8. Os produtos usados no processo são											

baratos														
9. O fornecedor fica a pouca distância e o meio de transporte é adequado														
10. O produto ou matéria prima recebido é reciclável														
SOMA														
Índice de Sustentabilidade da Logística de Entrada (ISLE)														

Sendo:

$$ISLE = \frac{VP}{VP_{m\acute{a}x}} * 100 \quad (3.1)$$

Onde:

$VP = \text{Valor Ponderado}$

$VP_{m\acute{a}x} = \text{Valor Ponderado M\acute{a}ximo}$

Na Tabela 3.3 mostra-se o formulário de determinação do Índice de Sustentabilidade da Logística Interna da empresa “ALFA” da cidade de Manaus.

Tabela 3.3 - Formulário de determinação do Índice de Sustentabilidade da Logística Interna (ISLI).

Parte Componente	AVALIAÇÃO										
	Valor segundo a Escala Likert					Peso					VP
Logística Interna	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1. A alta gerência tem comprometimento com uma produção sustentável;											
2. Existe apoio de gestores de nível médio;											
3. Tem cooperação de diferentes áreas funcionais na adoção de melhorias ambientais;											
4. A empresa possui gestão de qualidade total;											
5. Se cumprem as legislações ambientais e os programas de auditoria ambientais;											
6. A empresa tem certificação ISO 14001;											
7. Existe um Sistema de Gestão Ambiental;											
8. Se desenvolvem produtos que utilizem menos matéria-prima e energia;											
9. Se desenvolvem produtos que suas matérias-primas e componentes são reutilizados, reciclados e recuperados;											
10. Se desenvolvem produtos que evitem ou											

reduzem o uso de materiais perigosos e/ou seu processo de fabricação;																				
11. Se reduz o inventario.																				
SOMA																				
Índice de Sustentabilidade da Logística Interna (ISLI).																				

Sendo:

$$ISLI = \frac{VP}{VP_{m\acute{a}x}} * 100 \quad (3.2)$$

Onde:

$VP = Valor\ Ponderado$

$VP_{m\acute{a}x} = Valor\ Ponderado\ M\acute{a}ximo$

Na Tabela 3.4 mostra-se o formulário de determinação do Índice de Sustentabilidade da Logística de Saída da empresa “ALFA” da cidade de Manaus.

Tabela 3.4 - Formulário de determinação do Índice de Sustentabilidade da Logística de Saída (ISLS).

Parte Componente	AVALIAÇÃO										
	Valor segundo a Escala Likert					Peso					VP
Logística de Saída	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1. São usados embalagens recicláveis											
2. Existe cooperação com os clientes para produção limpa											
3. A Armazenagem dos produtos é adequada											
4. A quantidade de produtos armazenados é mínima											
5. O uso do transporte é adequado											
6. O custo de combustível é o menor possível											
7. Se garante diminuir possíveis acidentes ambientais											
8. A capacidade de armazenagem é utilizada otimamente											
9. Existem canais claros de distribuição											
10. O planejamento de rota é adequado											
11. Existe processamento de pedidos											
SOMA											
Índice de Sustentabilidade da Logística de Saída (ISLS).											

Sendo:

$$ISLS = \frac{VP}{VP_{m\acute{a}x}} * 100 \quad (3.3)$$

Onde:

$VP = \text{Valor Ponderado}$

$VP_{m\acute{a}x} = \text{Valor Ponderado M\acute{a}ximo}$

Finalmente, na Tabela 3.5 mostra-se o formul\ario de determina\c3o do \u00cdndice de Sustentabilidade da Log\u00edstica Reversa da empresa "ALFA" da cidade de Manaus.

Cada um dos funcion\u00e1rios teve que entregar as quatro tabelas anteriores preenchidas, avaliando assim cada um deles o \u00cdndice de sustentabilidade de cada parte componente da cadeia de suprimento.

Tabela 3.5 - Formul\ario de determina\c3o do \u00cdndice de Sustentabilidade da Log\u00edstica Reversa (ISLR).

Parte Componente	AVALIA\c3O										
	Valor segundo a Escala Likert					Peso					VP
Log\u00edstica Reversa	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1. Existe recupera\c3o do investimento											
2. Se vende o excesso de estoque e de materiais;											
3. Se vendem as sucatas e materiais usados;											
4. Se vendem os equipamentos em excesso;											
5. Se incentiva aos usu\u00e1rios finais para a reciclagem;											
6. Se adicionam rotas de coletas e de entregas;											
7. Existe uma pol\u00edtica de devolu\c3o de produtos e embalagens;											
8. Se analisa a possibilidade de reuso;											
9. Se procura a conscientiza\c3o ambiental dos consumidores;											
10. Existe reciclagem de produtos.											
SOMA											
\u00cdndice de Sustentabilidade da Log\u00edstica Reversa (ISLR).											

Sendo:

$$ISLR = \frac{VP}{VP_{m\acute{a}x}} * 100 \quad (3.4)$$

Onde:

$VP = Valor Ponderado$

$VP_{m\acute{a}x} = Valor Ponderado M\acute{a}ximo$

Todas as tabelas anteriores foram apresentadas como exemplos para mostrar como foram calculados os diferentes \u00edndices ou graus. No cap\u00edtulo seguinte se mostram os resultados da aplica\u00e7\u00e3o do modelo na empresa “ALFA” de Manaus.

A maior pontua\u00e7\u00e3o poss\u00edvel ser\u00e1 a multiplica\u00e7\u00e3o do maior n\u00famero utilizado (por exemplo, 5) pelo n\u00famero de assertivas favor\u00e1veis, e a menor pontua\u00e7\u00e3o ser\u00e1 a multiplica\u00e7\u00e3o do menor n\u00famero utilizado (por exemplo, 1) pelo n\u00famero de assertivas desfavor\u00e1veis.

Considerando os aspectos anteriores e o desenvolvimento desta pesquisa, foi estabelecida a seguinte equa\u00e7\u00e3o matem\u00e1tica, para avaliar a sustentabilidade da cadeia de suprimento:

$$ISCS = \sum_{i=1}^{10} \left[\left(\frac{Z_i}{100} \right) \cdot W_i \right] \quad (3.5)$$

Em que:

$ISCS = \u00cdndice de Sustentabilidade da Cadeia de Suprimento;$

$W_i = \text{Peso atribuído a cada Parte Componente};$

$i = \text{cada uma das propriedades analisadas};$

$Z_i = \text{Valor atingido em \% pela propriedade baseada na soma de todos os valores outorgados a cada par\u00e2metro da correspondente propriedade da Escala Likert de 1 a 5 e dividido entre o valor m\u00e1ximo poss\u00edvel a atingir e expresso em \% ou seja:}$

$$Z_i = \sum_{j=1}^{10} \left[\left(\frac{P_j \cdot L_j}{50} \right) \cdot 100 \right] \quad (3.6)$$

Em que:

P_j = Cada um dos parâmetros que avaliam a propriedade Z_i (sempre vai ter o valor 1 na expressão anterior)

L_j = Valor outorgado ao Parâmetro P_j na Escala Likert de 1 a 5.

3.4 - PROCEDIMENTO MATEMÁTICO BASEADO NA LÓGICA FUZZY PARA AVALIAR O ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DA CADEIA DE SUPRIMENTO

Outro dos modelos adotados para avaliar o índice de sustentabilidade da cadeia de suprimento se baseou no uso da simulação computacional, particularmente a lógica *fuzzy*. Para a análise foram selecionadas quatro variáveis de entrada que são a Logística de Entrada, a Logística Interna, a Logística de Saída e a Logística Reversa e como variável de saída o Índice de Sustentabilidade da Cadeia de Suprimento. Na tabela 3.6 mostram-se as variáveis já mencionadas com seus valores numéricos e o valor linguístico.

Tabela 3.6 - Funções de pertinência do sistema.

Variáveis	Intervalo Numérico	Valor Linguístico
Entrada		
Logística de entrada	[0 - 100]	Ruim, Regular, Boa
Logística interna		
Logística de saída		
Logística reversa		
Saída		
Índice de Sustentabilidade da cadeia	[0 - 100]	Baixo, Médio, Alto

Na Figura 3.2 mostra-se o Sistema de Inferência *Fuzzy* desenvolvido com as quatro variáveis de entrada e a variável de saída.

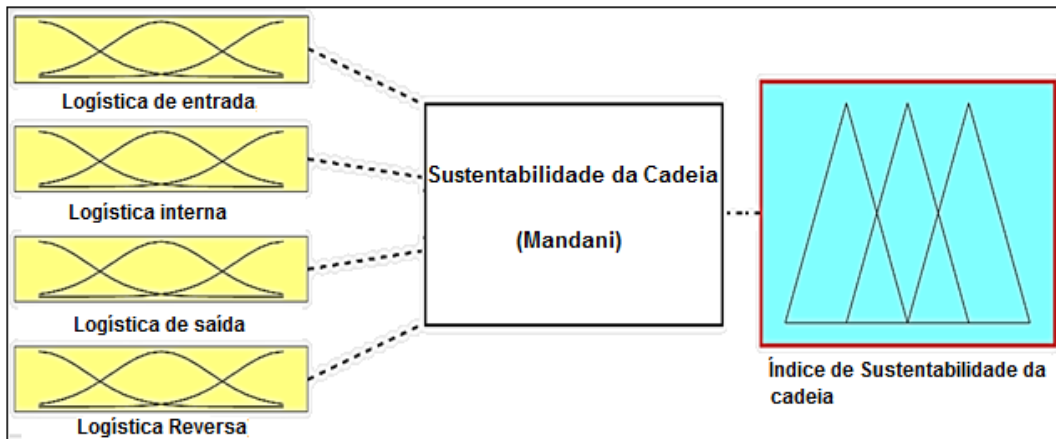


Figura 3.2 - Sistema Fuzzy para avaliação do ISCS.

Para a definição dos subconjuntos *Fuzzy* das variáveis de entrada para calcular ISCS, todas as funções foram consideradas triangulares. Quanto a descrição das variáveis, o tipo de função de pertinência e as regras, elas dependem do conhecimento do especialista em sustentabilidade da cadeia e na inferência *fuzzy*. As variáveis do sistema proposto então são:

- a) Logística de Entrada: ela leva em conta aspectos tais como Rotulagem Ambiental dos Produtos, saber se os fornecedores cooperam em objetivos ambientais e se tem auditoria ambiental e estão certificados pela ISSO 14001. Avalia também o gasto de energia dos fornecedores, o consumo de combustível, o custo do produto e se tem materiais perigosos que formam parte dos produtos fornecidos. Analisa ainda se a distância do fornecedor e o meio ambiente de transporte são adequados e se o produto é reciclável. A fuzzyficação dessa variável é triangular, conforme Figura 3.3.

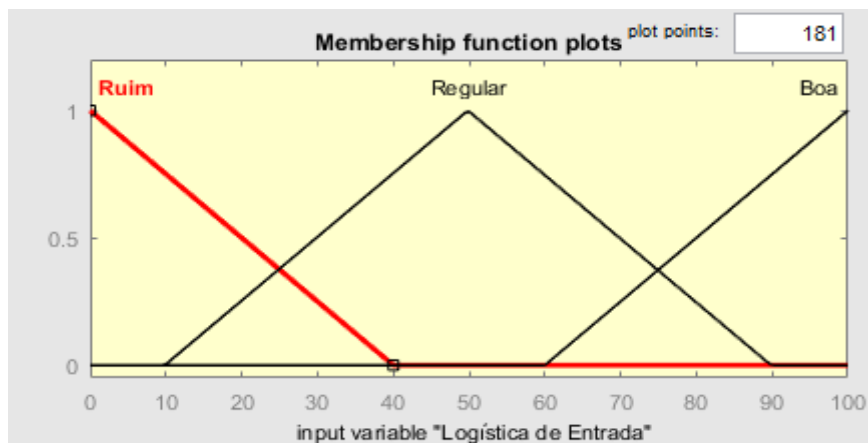


Figura 3.3 - Função de pertinência triangular da variável de entrada logística de entrada.

b) Logística Interna: essa variável considera se a alta experiência está comprometida com as questões ambientais, se os gestores de nível médio apóiam questões ambientais e se existe cooperação das diferentes áreas funcionais na adoção de melhorias ambientais. Analisa também se existe gestão ambiental de qualidade total, se a empresa tem certificação ISO 14001, se cumpre a legislação ambiental, se existe um sistema de Gestão Ambiental. Ainda, avalia se se desenvolvem produtos que utilizem menos matéria-prima e energia e que suas matérias-primas e componentes são reutilizados, reciclados e recuperados. A fuzzyficação dessa variável é triangular, conforme Figura 3.4.

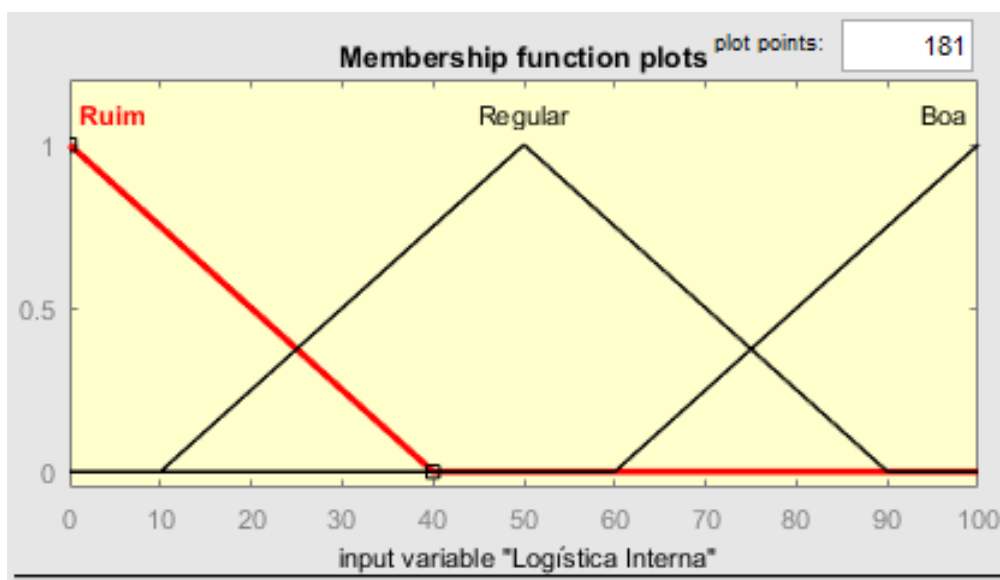


Figura 3.4 - Função de pertinência triangular da variável de entrada logística interna.

c) Logística de Saída: analisa o uso de embalagens recicláveis, a cooperação com os clientes para produção limpa, a armazenagem adequada dos produtos, o uso do transporte adequado com o menor custo de combustível possível, diminuir possíveis acidentes ambientais, existência de canais claros de distribuição, processamento de pedidos e planejamento de rota adequados. A fuzzyficação dessa variável também é triangular, conforme Figura 3.5.

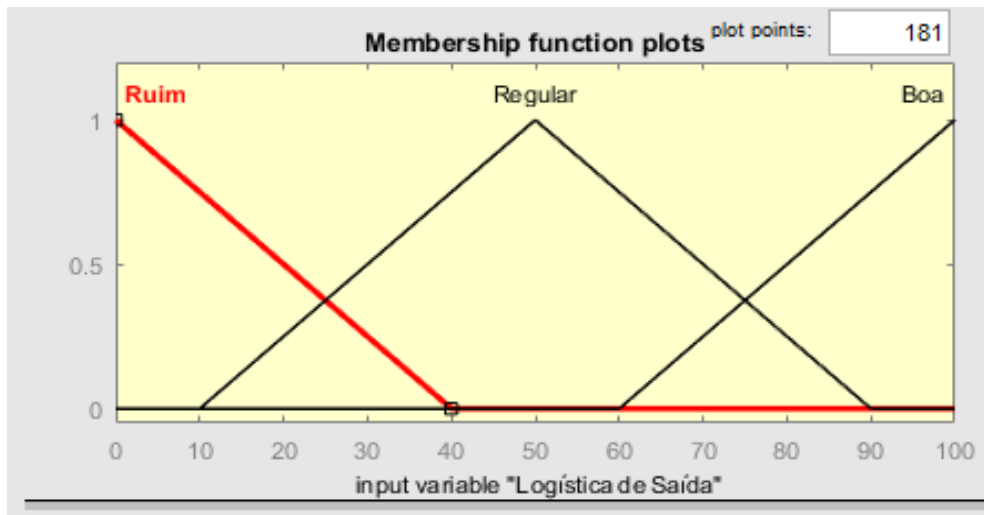


Figura 3.5 - Função de pertinência triangular da variável de entrada logística de saída.

- d) Logística Reversa: Esta é uma das variáveis de entrada mais importante para avaliar a sustentabilidade da cadeia de suprimento. Ela tem a ver com a recuperação do investimento, com a venda do excesso de estoque e de materiais, com a venda de sucatas e materiais usados, além da venda de equipamentos em excesso. Tema ver também com incentivar aos usuários finais para a reciclagem, adicionar rotas de coletas e de entregas, ter uma política de devolução de produtos e embalagens, analisar possibilidade de recuo, a reciclagem de produtos e a conscientização ambiental dos consumidores. A fuzzyficação dessa variável também é triangular, conforme Figura 3.6.

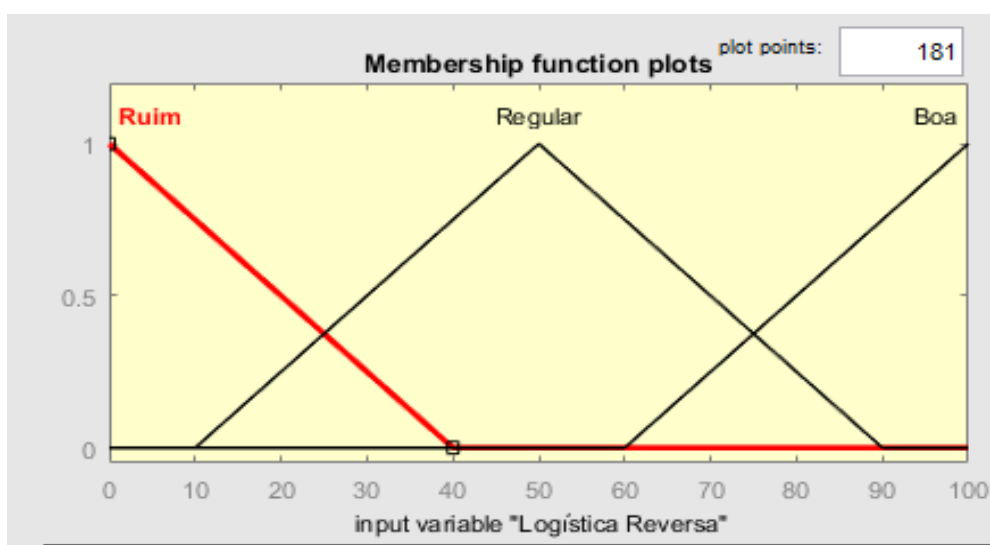


Figura 3.6 - Função de pertinência triangular da variável de entrada logística reversa.

A avaliação de todas as variáveis anteriores permite obter valores linguísticos da variável de saída Índice de Sustentabilidade da cadeia que depois são defuzzificados e convertidos em valores numéricos. A Figura 3.7 mostra a fuzzyficação desta variável de saída. Neste caso também foram usadas funções triangulares

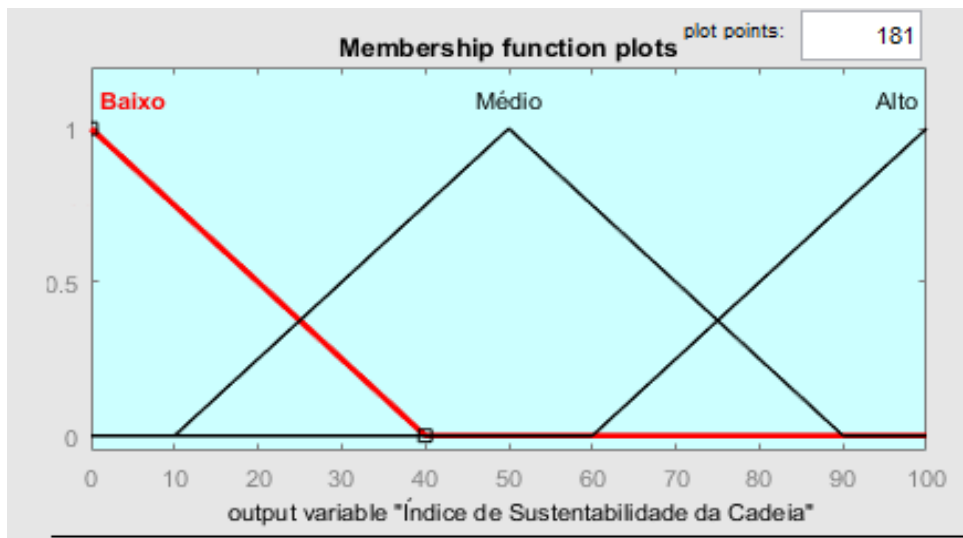


Figura 3.7 - Função de pertinência triangular da variável de saída índice de sustentabilidade da cadeia de suprimento.

Na Figura 3.8 mostra-se o exemplo às regras criadas no editor de regras de Lógica *Fuzzy* do MATLAB. Foram criadas 81 regras if-then que aparecem no anexo 1. Na Tabela 3.7 se mostram a maneira de exemplo também algumas das regras estabelecidas.

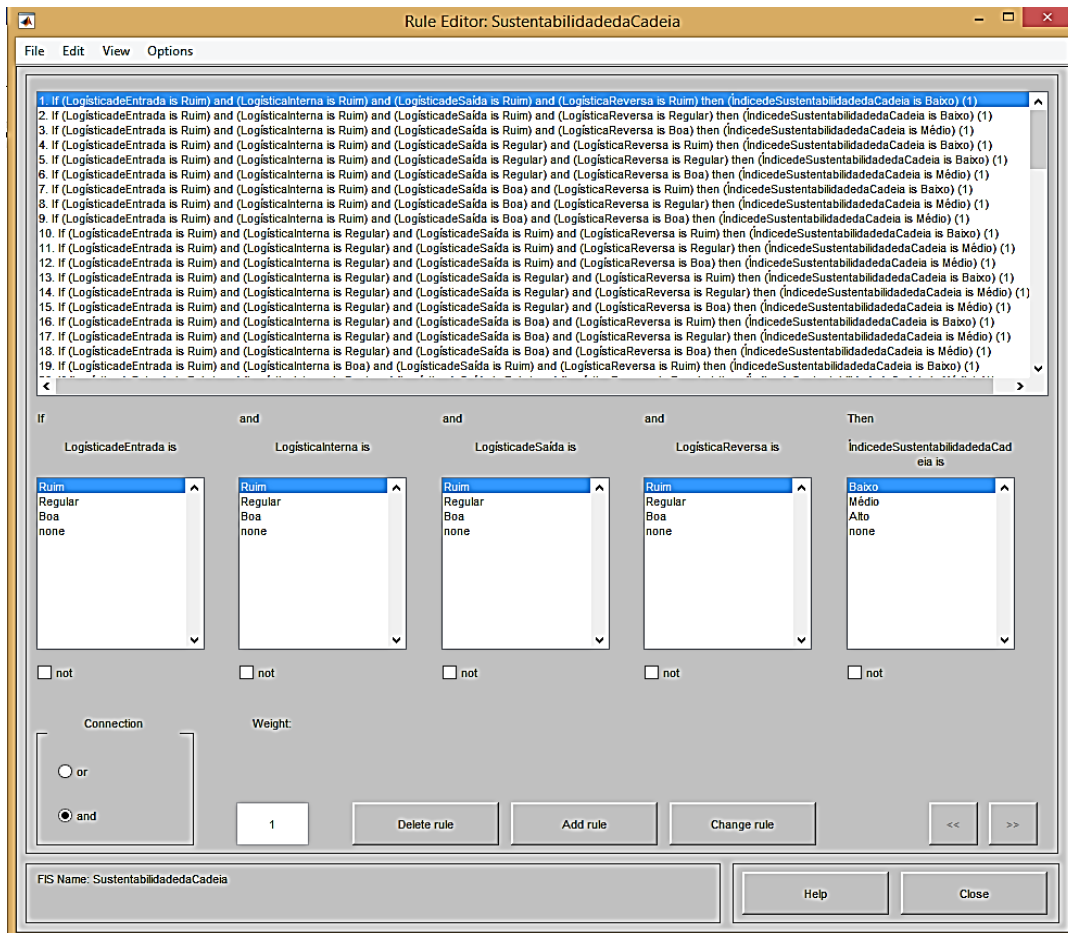


Figura 3.8 - Regras para avaliar a sustentabilidade da cadeia de suprimentos no editor de regras do MATLAB.

Tabela 3.7 - Algumas das regras estabelecidas.

Nº	Logística de Entrada	Logística Interna	Logística de Saída	Logística Reversa	Índice de Sustentabilidade da Cadeia
1	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Ruim	então Índice de Sustentabilidade da Cadeia é Baixo
2	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Regular	então Índice de Sustentabilidade da Cadeia é Baixo
3	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Boa	então Índice de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
4	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Ruim	então Índice de Sustentabilidade da Cadeia é Baixo
5	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Regular	então Índice de Sustentabilidade da Cadeia é Baixo

.
.
.
79	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Ruim	então Índice de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
80	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Regular	então Índice de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
81	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Boa	então Índice de Sustentabilidade da Cadeia é Alto

As regras difusas utilizadas foram do tipo *if-then* e formas estabelecidas conforme aos critérios desta dissertação.

No capítulo IV apresentam-se os resultados da aplicação deste modelo.

3.5 - CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Ambos os procedimentos analisados permitem calcular de uma maneira efetiva o Índice de Sustentabilidade de qualquer uma Cadeia de Suprimento de qualquer empresa, sendo, portanto, necessário enviar os questionários desenvolvidos neste capítulo, para que os gestores preencham conforme a Escala Likert de 1 a 5. Ao responder, os gestores avaliaram cada uma das propriedades das partes componentes da Cadeia de Suprimento. Depois, com o uso do tabulador Excel ou mediante o procedimento desenvolvido no MATLAB, pode-se calcular o Índice de Sustentabilidade da Cadeia de Suprimento. Este modelo desenvolvido não tem precedentes na literatura.

No caso da Lógica *Fuzzy*, é muito importante ao momento de desenvolver que as regras sejam consultadas aos especialistas da Cadeia de Suprimento de todas as áreas.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA ALFA DE MANAUS

A cidade de Manaus possui mais de 500 empresas de vários países diferentes e diversos segmentos de atuação tais como: segmento de duas rodas, eletroeletrônico; termoplásticos; eletrodomésticos; metalúrgico; químico; etc. Decidiu-se então desenvolver a pesquisa numa empresa que produz acessórios para o segmento de duas rodas de médio porte para que os dados tivessem significância estatística, e o procedimento pudesse ser aplicado a outras empresas. Esta empresa possui mais de 500 funcionários, entre eles muitos que se dedicam à logística. A empresa se considera bem estruturada e competitiva. Por um problema de sigilo a empresa será denominada nesta pesquisa como empresa “ALFA” de Manaus. A Indústria Alfa possui participação no mercado nacional e internacional do setor de duas rodas e tem mais de 30 anos no mercado, resultando em um aumento da confiabilidade frente aos investidores. A empresa “ALFA” investe em programas educativos e culturais na comunidade instalada, como, também, respeita as questões da sustentabilidade, que fortalece a credibilidade com os clientes e moradores locais.

Entretanto, sempre é necessário identificar melhorias ou novas oportunidades para reduzir o impacto ambiental nas indústrias, como a questão dos resíduos, que influenciam diretamente nos custos.

4.2 - RESULTADOS GERAIS DO MODELO EXCEL

Conforme os dados da empresa “ALFA” e a revisão da literatura foram possíveis identificar as partes componentes para avaliar o Índice de Sustentabilidade da Cadeia de Suprimentos, dessa forma foram redesenhados por meio de interações com profissionais de negócios de outras diferentes empresas, a fim de obter a maior padronização possível dos componentes da Cadeia de Suprimentos, considerando também a sustentabilidade dela, os quais foram abordados no modelo matemático.

Para que os dados tivessem significância estatística, foi analisado qual era o tamanho da amostra ideal, conforme foi descrito no Capítulo 2, que define a magnitude,

isto é o tamanho da amostra "adequada" para uma determinada aplicação. O tamanho da amostra depende de muitos fatores, tais como: custos; aspectos administrativos; nível de precisão; nível de confiabilidade; variabilidade dentro da população ou subpopulação de interesse; e método de amostragem. Aplicando a Eq. (2.2), para um nível de confiança de 95%, uma população de 50 funcionários e uma margem de erro de 5%, foi obtida que o tamanho da amostra devia ser de 45 indivíduos, mas se decidiu entrevistar os 50 para um 100% da população.

Cada parte componente da Cadeia de Suprimento sustentável foi avaliada por 10 ou 11 propriedades pertinentes, que refletem o comportamento da respectiva atividade estudada, amparado pela Escala de Likert de 1 a 5, com 1 indicando pouca ou nenhuma adesão e 5 para aderências completas. Cada parte componente pode atingir um máximo de 250 ou de 275 pontos, dependendo do número de perguntas do questionário, resultantes de 10 ou 11 propriedades de cada parte x 5 pontos e do peso de cada propriedade versus 5 pontos máximo que dá o total de 250 ou 275. Os valores atingidos são divididos entre esse valor máximo e apresentado em %.

Na Tabela 4.1 apresenta-se o Índice de Sustentabilidade da Logística de Entrada que foi obtido dividindo a soma do valor ponderado pelo valor ponderado máximo que pode ser atingido e pelo número de pessoas entrevistadas e multiplicado por 100 para que este esteja em %. Neste caso, o valor ponderado máximo que pode ser atingido é 250 (número de perguntas versus avaliação máxima, versus peso máximo, ou seja, $10 \cdot 5 \cdot 5 = 250$), o número de pessoas entrevistadas (n) foi de 50, então o Índice de Sustentabilidade da Logística de Entrada (ISLE) para a empresa ALFA de Manaus é :

$$ISLE = \frac{VP}{VP_{m\acute{a}x} \cdot n} * 100 = \frac{6774,94}{250 \cdot 50} * 100 = 54,2 \quad (4.1)$$

Na Tabela 4.2 apresenta-se o Índice de Sustentabilidade da Logística Interna que foi obtido seguindo o mesmo procedimento. Neste caso, o valor ponderado máximo que pode ser atingido é 275 (número de perguntas versus avaliação máxima, versus peso máximo, ou seja, $11 \cdot 5 \cdot 5 = 275$), as pessoas entrevistadas também foram 50 o valor ponderado segundo esse funcionário é 147, então o Índice de Sustentabilidade da Logística Interna (ISLI) é:

$$ISLI = \frac{VP}{VP_{m\acute{a}x} \cdot n} * 100 = \frac{7143}{275 \cdot 50} * 100 = 51,95 \quad (4.2)$$

Na Tabela 4.3 apresenta-se o Índice de Sustentabilidade da Logística de Saída que foi obtido pelo mesmo procedimento. Neste caso, o valor ponderado máximo que pode ser atingido é 275 (número de perguntas versus avaliação máxima, versus peso máximo, ou seja, $11*5*5=275$), o número de pessoas entrevistadas continua sendo 50, então o Índice de Sustentabilidade da Logística de Saída (ISLS) é:

$$ISLS = \frac{VP}{VP_{m\acute{a}x} * n} * 100 = \frac{7328}{275 * 50} * 100 = 53,30 \quad (4.3)$$

Na Tabela 4.4 apresenta-se o Índice de Sustentabilidade da Logística Reversa que foi obtido pelo mesmo procedimento que os índices anteriores. Neste caso, o valor ponderado máximo que pode ser atingido é 250 (número de perguntas versus avaliação máxima, versus peso máximo, ou seja, $10*5*5=250$), então o Índice de Sustentabilidade da Logística Reversa (ISLR) é:

$$ISLR = \frac{VP}{VP_{m\acute{a}x} * n} * 100 = \frac{7910}{250 * 50} * 100 = 63,28 \quad (4.4)$$

Na Tabela 4.5, apresentam-se os resultados obtidos de cada propriedade e do índice de Sustentabilidade da Cadeia de Suprimento para a empresa “ALFA” de Manaus conforme as expressões 3.5 e 3.6. Assim, desta Tabela 4.5 percebe-se que o Índice de Sustentabilidade da Logística de entrada da empresa “ALFA” foi algo baixo, pelo que se deve fazer uma análise aos provedores a fim de melhorar este índice.

Tabela 4.1 - Índice de Sustentabilidade da Logística de Entrada (ISLE).

Número de Funcionários entrevistados: 50	AVALIAÇÃO										
Valor máximo possível: 250	Valor segundo a Escala Likert					Peso					VP
Logística de entrada	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1. Os produtos ou matéria primas recebidos tem rotulagem ambiental	16	21	7	5	1		14	16	7	13	351,52
2. Existe cooperação de fornecedores em objetivos ambientais	12	18	10	5	5		7	11	16	16	469,86
3. Existe auditoria ambiental dos fornecedores	12	16	9	11	2	8	8	14	10	10	390,00
4. Os fornecedores estão certificados pela ISSO 14001			16	17	17			21	19	10	759,78
5. Existem medidas para diminuir o gasto de energia dos fornecedores			17	15	18		8	15	11	16	743,7
6. Existem medidas para diminuir o consumo de combustível dos fornecedores		6	20	10	14			13	18	19	749,84
7. Não existem materiais perigosos que formam parte dos produtos fornecidos		4	11	17	18			12	14	24	843,76
8. Os produtos usados no processo são baratos			17	18	15			2	23	25	883,08
9. O fornecedor fica a pouca distância e o meio de transporte é adequado			18	19	13			14	16	20	803,4
10. O produto ou matéria prima recebido é reciclável			17	16	17			17	21	12	780
SOMA	40	65	142	133	120	8	37	135	155	165	6774,94
Índice de sustentabilidade da Logística de Entrada											54,20

Tabela 4.2 - Índice de Sustentabilidade da Logística Interna (ISLI).

Número de Funcionários entrevistados: 50	AVALIAÇÃO										
Valor máximo possível: 275	Valor segundo a Escala Likert					Peso					VP
Logística Interna	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1. A alta gerência tem comprometimento com uma produção sustentável	3	4	16	14	13		2	18	22	8	669,6
2. Existe apoio de gestores de nível médio;	2	1	13	16	18	2	2	10	18	18	780,1
3. Tem cooperação de diferentes áreas funcionais na adoção de melhorias ambientais;	1	2	13	14	20	2	2	8	20	18	800
4. A empresa possui gestão de qualidade total;	5	2	14	14	15		6	18	17	9	651,6
5. Se cumprem as legislações ambientais e os programas de auditoria ambientais;	7	16	11	6	10	1	3	16	15	15	554,8
6. A empresa tem certificação ISO 14001;	7	8	15	9	11	2	8	19	10	11	540,6
7. Existe um Sistema de Gestão Ambiental	11	16	18	3	2	5	6	11	15	13	416,5
8. Se desenvolvem produtos que utilizem menos matéria-prima e energia;	1	1	12	18	18		4	12	15	19	800
9. Se desenvolvem produtos que suas matérias-primas e componentes são reutilizados, reciclados e recuperados;	10	19	11	5	5	5	5	15	10	15	441
10. Se desenvolvem produtos que evitem ou reduzem o uso de materiais perigosos e/ou seu processo de fabricação.	5	5	9	15	16	1	3	11	15	20	728
11. Se reduz o inventario	2	1	12	18	17	1	1	17	16	15	760,4
SOMA	51	71	128	118	132	19	40	137	151	153	7143
Índice de sustentabilidade da Logística Interna											51,95

Tabela 4.3 - Índice de Sustentabilidade da Logística de Saída (ISLS).

Número de Funcionários entrevistados: 50	AVALIAÇÃO										
Valor máximo possível: 275	Valor segundo a Escala Likert					Peso					VP
Logística de saída	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1. São usados embalagens recicláveis	4	6	12	16	12	3	4	15	16	12	633,6
2. Existe cooperação com os clientes para produção limpa	6	6	10	14	14	2	2	16	12	18	668,2
3. A Armazenagem dos produtos é adequada			6	20	24		2	10	18	20	898,2
4. A quantidade de produtos armazenados é mínima			12	18	20			8	19	23	894,4
5. O uso do transporte é adequado	15	18	7	5	5			17	20	13	458,6
6. O custo de combustível é o menor possível	15	16	10	5	4			19	19	12	451,6
7. Se garante diminuir possíveis acidentes ambientais		1	9	22	18	2	4	14	15	15	774,2
8. A capacidade de armazenagem é utilizada otimamente			10	20	20				25	25	945
9. Existem canais claros de distribuição	15	14	12	5	4		1	15	16	18	478,4
10. O planejamento de rota é adequado	20	18	12				5	10	16	19	366,2
11. Existe processamento de pedidos			17	17	16	1	1	16	20	12	760,2
SOMA	75	79	117	142	137	8	19	140	196	187	7328
Índice de Sustentabilidade da Logística de Saída											53,30

Tabela 4.4 - Índice de Sustentabilidade da Logística Reversa (ISLR).

Número de Funcionários entrevistados: 50	AVALIAÇÃO										
Valor máximo possível: 250	Valor segundo a Escala Likert					Peso					VP
Logística reversa	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1. Existe recuperação do investimento		3	4	21	22			10	20	20	890
2. Se vende o excesso de estoque e de materiais;		1	1	25	23			16	17	17	884
3. Se vendem as sucatas e materiais usados;	2	1	5	19	23	1	1	3	20	25	911
4. Se vendem os equipamentos em excesso.	1	1	9	17	22	1	1	8	20	20	861
5. Se incentiva aos usuários finais para a reciclagem	2	1	8	16	23		5	12	13	20	820
6. Se adicionam rotas de coletas e de entregas	8	12	20	5	5	1	3	15	18	13	518
7. Existe uma política de devolução de produtos e embalagens	7	11	8	12	12		2	17	21	10	609
8. Se analisa a possibilidade de reuso	2	3	20	12	13	2	2	16	14	16	688
9. Se procura a conscientização ambiental dos consumidores	1	1	7	21	20			6	24	20	890
10. Existe reciclagem de produtos	3	2	10	18	17			6	22	22	838
SOMA	26	36	92	166	180	5	14	109	189	183	7910
Índice de Sustentabilidade da Logística Reversa											63,28

Pode-se notar também que o Índice de Sustentabilidade da Logística Interna da empresa “ALFA” foi ainda mais baixo que o da Logística de Entrada, pelo que se deve fazer uma análise de todo o processo interno da empresa no intuito de melhorar este índice, sendo talvez necessário desenvolver uma análise do ciclo de vida dos produtos.

Tabela 4.5 - Índice de Sustentabilidade da Cadeia de Suprimento da Empresa “ALFA” de Manaus.

Índice de Sustentabilidade da cadeia de suprimento	
Número de Funcionários entrevistados 50	
Valor máximo possível 1050	
Índice de sustentabilidade da Logística de entrada	54,20
Índice de sustentabilidade da Logística Interna	51,95
Índice de sustentabilidade da Logística de saída	53,30
Índice de sustentabilidade da Logística reversa	63,28
Índice de Sustentabilidade da Cadeia de Suprimento	55,53

Pode-se notar ainda que o Índice de Sustentabilidade da Logística de Saída da empresa “ALFA” também fica perto de 50%, pelo que também se deve fazer uma análise de todo o processo da Logística de Saída da empresa no intuito de melhorar este índice.

Embora o índice de Logística Reversa atingido seja do 63,8%, este é um dos valores mais altos dos diferentes índices, o que dá uma referência de que a empresa está se preocupando com as questões ambientais em detrimento ao que precisa ser feito. Para a empresa “ALFA” o Índice geral de Sustentabilidade da Cadeia de Suprimento atingiu um valor de 54,19 %.

4.3 - AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DA CADEIA DE SUPRIMENTOS ATRAVÉS DA LÓGICA FUZZY

Para avaliar o Índice de Sustentabilidade da Cadeia de Suprimento foi usado o modelo descrito na Figura 3.2. Usaram-se como variáveis de entrada as seguintes:

- Logística de entrada;
- Logística Interna;

- Logística de saída;
- Logística reversa.

E como variável de saída o Índice de Sustentabilidade da Cadeia de Suprimento.

Foram criadas 81 regras para o Sistema de Inferência *Fuzzy* para avaliar o Índice de Sustentabilidade da Cadeia de Suprimento.

Na Figura 4.1 mostra-se o exemplo às regras criadas no editor de regras de Lógica *Fuzzy* do MATLAB. Na Tabela 4.6 se mostram também algumas das regras estabelecidas. Foram selecionadas funções de pertinência triangular.

Foi utilizado o método de defuzzyficação de Centróide por ser também um dos mais usados comumente.

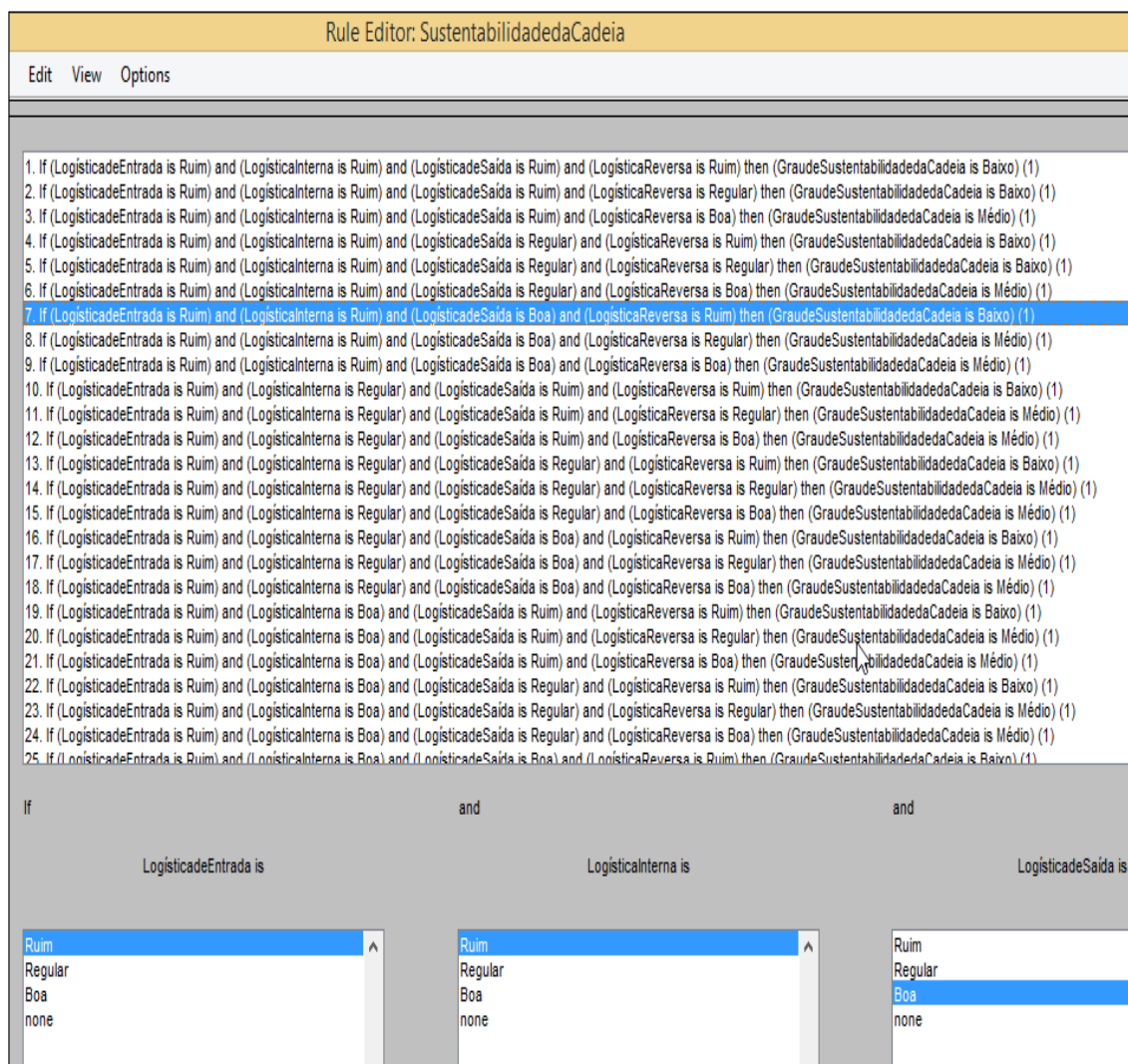


Figura 4.1 - Regras criadas no editor de regras de Lógica Fuzzy do MATLAB.

Tabela 4.6 - Algumas das regras *if- then* estabelecidas.

Nº	Logística de Entrada	Logística Interna	Logística de Saída	Logística Reversa	Índice de Sustentabilidade da Cadeia
1	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Ruim	então Índice de Sustentabilidade da Cadeia é Baixo
2	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Regular	então Índice de Sustentabilidade da Cadeia é Baixo
3	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Boa	então Índice de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
4	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Ruim	então Índice de Sustentabilidade da Cadeia é Baixo
5	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Regular	então Índice de Sustentabilidade da Cadeia é Baixo
.
.
.
79	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Ruim	então Índice de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
80	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Regular	então Índice de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
81	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Boa	então Índice de Sustentabilidade da Cadeia é Alto

Para elaboração das regras desta Tabela 4.6 foram utilizados critérios desenvolvidos por diferentes especialistas da área da Cadeia de Suprimento, pertencentes a diferentes indústrias do Polo Industrial de Manaus.

Na Figura 4.2 se mostram os resultados do processo de inferência difusa. Na Tabela 4.7 mostra-se a diferença entre os resultados do índice de sustentabilidade da cadeia de suprimentos da empresa ALFA pelo modelo Excel usando a escala Likert e pelo sistema de inferência *fuzzy*.

Os dados dispostos no visualizador de regras permitem a interpretação adequada do processo de inferência *fuzzy*. Também é possível mudar o valor de cada uma das

variáveis de entrada para obter um novo valor da variável de saída, neste caso um valor do índice de sustentabilidade da cadeia de suprimento. Ou seja, se se subministrarem diferentes valores das variáveis de entrada se pode obter facilmente o valor da variável de saída.

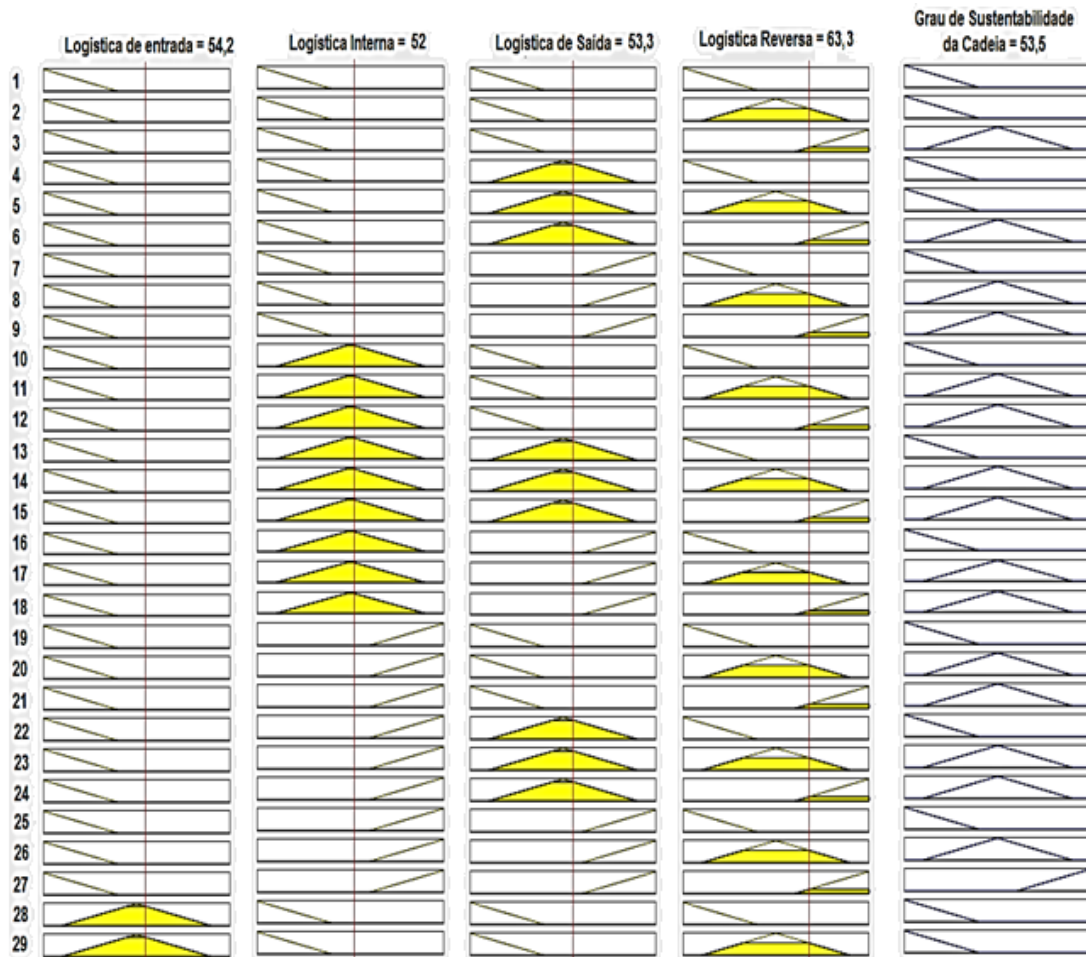


Figura 4.2 - Resultados do processo de inferência difusa.

Ao se adotar os valores das variáveis de entrada correspondentes aos valores obtidos dessas variáveis pelo tabulador Excel (54,20% para a logística de entrada, 51,95% para a logística interna, 53,30 para a logística de saída e 63,28 para a logística reversa), se obteve um índice de sustentabilidade da cadeia de suprimentos da empresa ALFA segundo o sistema de inferência *fuzzy* de 55,53, o qual é um índice baixo.

Na Figura 4.3 apresentam-se estes mesmos resultados em forma de superfície. O Sistema de Inferência *Fuzzy* desenvolvido permitindo mover as linhas vermelhas verticais, para obter o Índice de Sustentabilidade da Cadeia de suprimento para qualquer um valor das quatro variáveis de entrada.

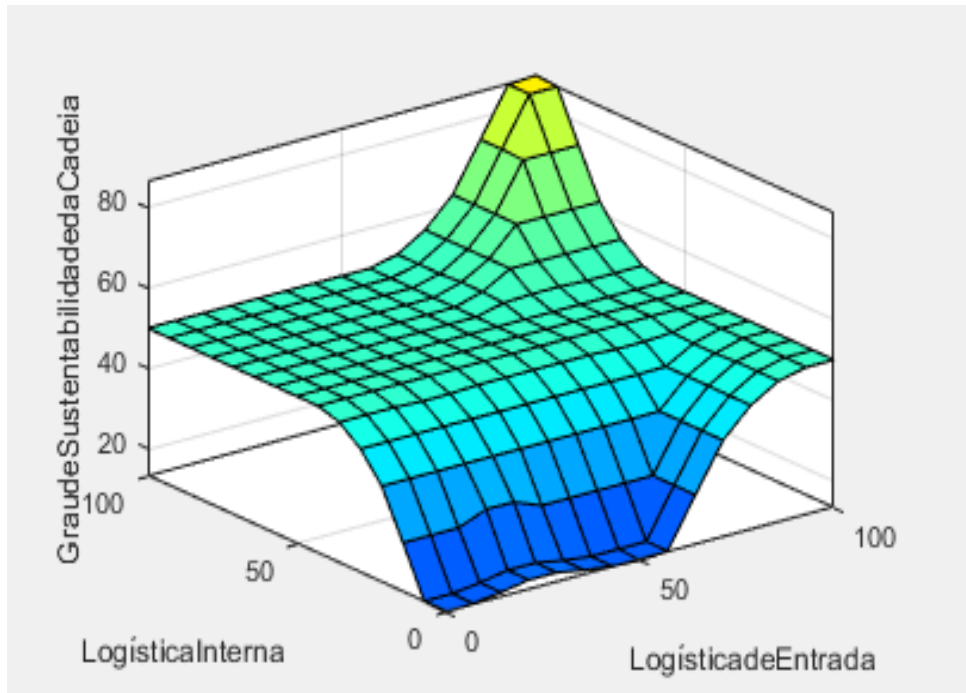


Figura 4.3 - Resultados do Sistema de Inferência Fuzzy em forma de superfície.

Na Tabela 4.7 se mostra uma comparação do resultado obtido do índice de sustentabilidade da cadeia de suprimentos da empresa ALFA da cidade de Manaus pelo tabulador Excel e pelo sistema de inferência *fuzzy*.

Tabela 4.7 - Comparação entre os resultados segundo o tabulador Excel e segundo o sistema de inferência *fuzzy*.

Parâmetro	Resultado segundo o tabulador Excel	Resultado segundo o sistema de inferência fuzzy	% de diferencia
Índice de Sustentabilidade da Cadeia de Suprimentos da empresa ALFA em %	55,53	53,5	3,65

Pode-se observar que para os valores das diferentes partes determinados pelo tabulador Excel o Índice de sustentabilidade da cadeia segundo o Sistema *Fuzzy* é de 53,5, reafirmando que pelo tabulador Excel foi de 55,53, o que dá uma diferencia de apenas 3,65 %, demonstrando a validade dos ambos os sistemas desenvolvidos para determinar o Índice de Sustentabilidade da cadeia de suprimentos.

4.4 - MEDIDAS SUGERIDAS PARA AUMENTAR O ÍNDICE DESUSTENTABILIDADE DA CADEIA DE SUPRIMENTO DA EMPRESA

Depois de ter calculado o Índice de Sustentabilidade da Cadeia de Suprimento da empresa “ALFA” da cidade de Manaus foi possível identificar os principais problemas de sustentabilidade dentro da cadeia. Eles foram os seguintes:

Logística de entrada:

1. Os produtos ou matéria primas recebidos não sempre tem rotulagem ambiental;
2. Não existe uma cooperação adequada de fornecedores em objetivos ambientais;
3. Não existe auditoria ambiental dos fornecedores.

Logística interna:

1. Apenas se cumprem as legislações ambientais e os programas de auditoria ambientais;
2. A empresa não tem certificação ISO 14001;
3. Não existe um Sistema de Gestão Ambiental bem definido;
4. Não se desenvolvem produtos que suas matérias-primas e componentes são reutilizados, reciclados e recuperados.

Logística de saída:

1. O uso do transporte não sempre é adequado;
2. O custo de combustível não sempre é o menor possível;
3. Não existem canais claros de distribuição;
4. O planejamento de rota não é adequado.

Logística reversa:

1. Não existem rotas de coletas e de entregas pré-estabelecidas;
2. Não existe uma política clara de devolução de produtos e embalagens;
3. Não sempre se analisa a possibilidade de reuso.

Baseado nos problemas identificados é possível recomendar uma série de medidas para aumentar este índice, estas medidas são detalhadas a seguir:

Logística de entrada:

1. Garantir que todas as matérias primas e produtos usados no processo de produção tenham rotulagem ambiental;
2. Desenvolver auditorias ambientais dos fornecedores e estabelecer reuniões para tratar aspectos ambientais;
3. Garantir que os fornecedores estejam certificados pela ISO 14001;
4. Diminuir o consumo de combustível para levar os produtos e matérias primas à empresa;
5. Procurar fornecedores que fiquem perto da empresa e que os meios de transporte sejam baratos.

Logística interna:

1. Desenvolver na empresa um sistema de gestão ambiental de qualidade total;
2. Garantir a cooperação de diferentes áreas funcionais da empresa na adoção de melhorias ambientais;
3. Garantir o cumprimento das legislações ambientais durante o processo de produção;
4. Implantar a ISO 14001 e assegurar a existência de um Sistema de Gestão Ambiental;
5. Garantir que os produtos da empresa utilizem menos matéria-prima e energia;
6. Reduzir o inventário da empresa.

Logística de saída

1. Usar embalagens recicláveis para os produtos da empresa;
2. Garantir um adequado planejamento de rota;
3. Garantir um uso ótimo do transporte.

Logística reversa

1. Garantir a venda de sucatas e materiais usados;
2. Incentivar aos usuários finais para a reciclagem;
3. Adicionar rotas de coletas e de entregas;
4. Desenvolver na empresa uma política de devolução de produtos e embalagens;
5. Garantir que os produtos da empresa tenham a possibilidade de ser reciclados.

4.5 - CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Ambos os procedimentos analisados permitiram calcular de uma maneira efetiva o Índice de Sustentabilidade da cadeia de suprimentos da empresa ALFA da cidade de Manaus. Demonstrou-se que os resultados obtidos pelos dois procedimentos são bastante parecidos o que avalia a veracidade e confiabilidade destes procedimentos. Os principais problemas da empresa estão focalizados na logística interna e na logística de saída como se analisou no epigrafe anterior. O Índice de Sustentabilidade da Cadeia de Suprimentos da empresa ALFA se considera baixo já que o seu valor apenas é de um 55%. Todo o procedimento pode ser aplicado em qualquer uma Cadeia de Suprimento de qualquer empresa.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1 - CONCLUSÕES

A realização desta pesquisa contribuiu para estabelecer algumas questões importantes e possibilitou novos rumos por meio da revisão bibliográfica, pesquisa bibliométrica e interação com profissionais da área da Cadeia de Suprimento. Foram definidos os fundamentos da Cadeia de suprimento e da Cadeia de Suprimento Sustentável (que resultou na identificação das partes componentes por meio de pesquisa e validação com os profissionais da indústria), firmando os objetivos específicos, bem como demais etapas de desenvolvimento desta pesquisa.

A pesquisa gerou um aprofundamento sobre a Cadeia de Suprimento Sustentável o que possibilitou a identificação preliminar das quatro partes componentes, sendo estabelecida por exame por parte do pesquisador, conforme apontadas na literatura; a saber: Logística de Entrada, Logística Interna, Logística de Saída e Logística Reversa.

Por meio da pesquisa bibliográfica e do exame preliminar, foi possível identificar as partes componentes da Cadeia de Suprimento Sustentável, que foram submetidas e legitimadas pelos profissionais da indústria “ALFA” da cidade de Manaus, por meio de uma pesquisa empírica. Apresenta-se também uma equação matemática, sintetizando o modo de cálculo que complementa a forma de estruturação do modelo. Apresenta-se também um modelo físico das partes componentes da Cadeia de Suprimento Sustentável, uma nova forma de organizá-la por meio das partes componentes.

Foi construído, testado e validado um tabulador Excel com as 4 partes componentes de cadeia de Suprimento, contendo cada uma delas entre 10 e 11 propriedades perfazendo 42 questões avaliadas por meio da Escala *Likert* de 1 a 5. O modelo foi testado e validado na prática.

Desta forma, apresenta-se um modelo para avaliar o desempenho da Logística Interna e suas partes componentes, usando o software Excel.

Para comparar os resultados também foi desenvolvido um Sistema de Inferência Difuso com 81 regras estabelecidas com os critérios de especialistas da empresa, onde se constatou similaridade dos resultados. O Índice de sustentabilidade da cadeia

segundo o Sistema *Fuzzy* é de 53,5, enquanto que pelo tabulador Excel foi de 54,19, o que dá um erro de apenas 1,27%, demonstrando a validade dos ambos os sistemas desenvolvidos para determinar o Índice de Sustentabilidade da cadeia de suprimentos, conforme descrito no capítulo anterior.

A aplicação do modelo de inferência *fuzzy* é muito eficiente e muito fácil de usar pelos especialistas no que tange a avaliação da sustentabilidade das cadeias de suprimento e que permite a tomada de decisão com relação às diferentes partes que compõem a cadeia de suprimento verde. Sem dúvidas este estudo tem um caráter científico com uma contribuição relevante na avaliação da sustentabilidade das diferentes partes da cadeia, permitindo uma maior competitividade e um menor impacto ao meio ambiente da empresa.

Pode-se afirmar então que o objetivo geral da pesquisa que era apresentar um modelo matemático para avaliar o índice de sustentabilidade das cadeias de suprimento utilizando a Escala Likert e a Lógica Fuzzy foi integralmente alcançado como propósito. Este modelo, propicia a empresa “ALFA” por meio de um diagnóstico, identificar os problemas na Sustentabilidade da Cadeia de Suprimento, possibilitando intervenção imediata e pontual para implementação de um plano de ação com tomada de decisão, considerando as medidas sugeridas e desta forma ajudar a empresa nessa perspectiva, visando às melhorias na sustentabilidade da cadeia de suprimentos.

5.2 - SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Do desenvolvimento desta pesquisa podem se recomendar os seguintes aspectos para trabalhos futuros:

- Avaliar novamente o Índice de Sustentabilidade da Cadeia de Suprimentos da Empresa depois de implantar as medidas sugeridas;
- Aplicar o procedimento desenvolvido a outras empresas do PIM;
- Incorporar outras ferramentas matemáticas como as Redes Neurais e os Modelos de Equações Estruturais para avaliar o Índice de Sustentabilidade da Cadeia de Suprimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, R.; RUIZ-PUENTE, C. Development of the tool symbiosys to support the transition towards a circular economy based on industrial symbiosis strategies. **Waste and Biomass Valorization**, v. 8, n. 5, p. 1521-1530, 2017. ISSN 1877-2641.

AWASTHI, A.; CHAUHAN, S. S.; GOYAL, S. K. A fuzzy multicriteria approach for evaluating environmental performance of suppliers. **International Journal of Production Economics**, v. 126, n. 2, p. 370-378, 2010. ISSN 0925-5273.

BAG, S.; ANAND, N.; PANDEY, K. K. Green Supply Chain Management Model for Sustainable Manufacturing Practices. In: (Ed.). **Green Supply Chain Management for Sustainable Business Practice**: IGI Global, 2017. p.153-189.

BEAMON, B. M. Performance measures in supply chain management. Proceedings of the 1996 Conference on Agile and Intelligent Manufacturing Systems, 1996, NY: Rensselaer Polytechnic Institute.

BENINI, L. C.; MENEGUETTE JUNIOR, M. Uma abordagem para modelagem de dados com o uso de sistemas neuro-Fuzzy: aplicações geoespaciais. **XXXII CNMAC**, v. 43, 2009.

BOONE, H. N.; BOONE, D. A. Analyzing likert data. **Journal of extension**, v. 50, n. 2, p. 1-5, 2012.

BRANDENBURG, M. et al. Quantitative models for sustainable supply chain management: Developments and directions. **European Journal of Operational Research**, v. 233, n. 2, p. 299-312, 2014. ISSN 0377-2217.

BRINDLEY, C. **Supply chain risk**. Taylor & Francis, 2017. ISBN 1351896903.

CARTER, C. R.; ELLRAM, L. M. Reverse logistics: a review of the literature and framework for future investigation. **Journal of business logistics**, v. 19, n. 1, p. 85, 1998. ISSN 0735-3766.

CARTER, C. R.; LIANE EASTON, P. Sustainable supply chain management: evolution and future directions. **International journal of physical distribution & logistics management**, v. 41, n. 1, p. 46-62, 2011. ISSN 0960-0035.

CEKANAVICIUS, L.; BAZYTÉ, R.; DICMONAITÉ, A. Green business: challenges and practices. **Ekonomika**, v. 93, n. 1, p. 74, 2014. ISSN 1392-1258.

CHRISTOPHER, M. **Logistics & supply chain management**. Pearson UK, 2016. ISBN 1292083824.

COOPER, C.; LAMBERT, M.; PAGH, D. Supply chain management: more than just a new name for logistics. **International Journal of Logistics Management**, 2000.

CORBETT, C. J.; KLEINDORFER, P. R. Environmental management and operations management: introduction to the third special issue. **Production and Operations Management**, v. 12, n. 3, p. 287-289, 2003. ISSN 1937-5956.

CROOM, S.; ROMANO, P.; GIANNAKIS, M. Supply chain management: an analytical framework for critical literature review. **European journal of purchasing & supply management**, v. 6, n. 1, p. 67-83, 2000. ISSN 0969-7012.

DOS SANTOS, A. V. N.; FELIX, L. B.; VIEIRA, J. G. V. Estudo da logística de distribuição física de um laticínio utilizando lógica fuzzy. **Production**, v. 22, n. 3, p. 576-583, 2012. ISSN 0103-6513.

DRESCH, A.; MIGUEL, P. A. C. ANÁLISE DOS PRINCIPAIS MÉTODOS DE PESQUISA EMPREGADOS PARA A CONDUÇÃO DE ESTUDOS QUE ABORDAM A INOVAÇÃO NO BRASIL. **Revista GEINTEC-Gestão, Inovação e Tecnologias**, v. 5, n. 4, p. 2480-2494, 2015. ISSN 2237-0722.

ELLRAM, L. M.; COOPER, M. C. Supply chain management: It's all about the journey, not the destination. **Journal of Supply Chain Management**, v. 50, n. 1, p. 8-20, 2014. ISSN 1745-493X.

FAHIMNIA, B.; SARKIS, J.; DAVARZANI, H. Green supply chain management: A review and bibliometric analysis. **International Journal of Production Economics**, v. 162, p. 101-114, 2015. ISSN 0925-5273.

FERNÁNDEZ, P. Determinación del tamaño muestral. **Cad Aten Primaria**, v. 3, p. 138-141, 1996.

FIKSEL, J.; FIKSEL, J. R. **Design for environment: creating eco-efficient products and processes**. McGraw-Hill Professional Publishing, 1996. ISBN 0070209723.

FORRESTER, J. W. Industrial dynamics: a major breakthrough for decision makers. **Harvard business review**, v. 36, n. 4, p. 37-66, 1958.

FRANCO, D. et al. **Green supply chain management: conceitos, práticas e tendências.** . Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba, PR, 34.Curitiba, 2014.

GALLEGO, C. F. Cálculo del tamaño de la muestra. **Matronas profesión**, v. 5, n. 18, p. 5-13, 2004.

GANGA, G. M. D.; CARPINETTI, L. C. R.; POLITANO, P. R. A fuzzy logic approach to supply chain performance management. **Gestão & Produção**, v. 18, n. 4, p. 755-774, 2011. ISSN 0104-530X.

GEISSDOERFER, M. et al. The Circular Economy—A new sustainability paradigm? **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 757-768, 2017. ISSN 0959-6526.

GOVINDAN, K. et al. Barriers analysis for green supply chain management implementation in Indian industries using analytic hierarchy process. **International Journal of Production Economics**, v. 147, p. 555-568, 2014. ISSN 0925-5273.

GREEN, K.; MORTON, B.; NEW, S. Purchasing and environmental management: interactions, policies and opportunities. **Business Strategy and the Environment**, v. 5, n. 3, p. 188-197, 1996. ISSN 0964-4733.

GUPTA, M. C. Environmental management and its impact on the operations function. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 15, n. 8, p. 34-51, 1995. ISSN 0144-3577.

HAQ, A. N.; BODDU, V. Analysis of enablers for the implementation of lean supply chain management using an integrated fuzzy QFD approach. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 28, n. 1, p. 1-12, 2017. ISSN 0956-5515.

HERVANI, A. A.; HELMS, M. M.; SARKIS, J. Performance measurement for green supply chain management. **Benchmarking: An international journal**, v. 12, n. 4, p. 330-353, 2005. ISSN 1463-5771.

HERVANI, A. A.; SARKIS, J.; HELMS, M. M. Environmental goods valuations for social sustainability: A conceptual framework. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 125, p. 137-153, 2017. ISSN 0040-1625.

HOLT, D.; GHOBADIAN, A. An empirical study of green supply chain management practices amongst UK manufacturers. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 20, n. 7, p. 933-956, 2009. ISSN 1741-038X.

HOLT, D. L. **The development and empirical testing of a pressure/response model of green supply chain management amongst a cross-sectoral sample of members of The Chartered Institute of Purchasing and Supply**. 2005. Middlesex University.

HUGOS, M. H. **Essentials of supply chain management**. John Wiley & Sons, 2018. ISBN 1119461103.

IGARASHI, M.; DE BOER, L.; FET, A. M. What is required for greener supplier selection? A literature review and conceptual model development. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 19, n. 4, p. 247-263, 2013. ISSN 1478-4092.

JACOBS, F. R.; CHASE, R. B.; LUMMUS, R. R. **Operations and supply chain management**. McGraw-Hill/Irwin New York, NY, 2014. ISBN 0078024021.

JEURISSEN, R. John Elkington, Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business. **Journal of Business Ethics**, v. 23, n. 2, p. 229-231, 2000. ISSN 0167-4544.

JIANG, W. et al. Ranking Z-numbers with an improved ranking method for generalized fuzzy numbers. **Journal of Intelligent & Fuzzy Systems**, v. 32, n. 3, p. 1931-1943, 2017. ISSN 1064-1246.

JOSHI, A. et al. Likert scale: Explored and explained. **British Journal of Applied Science & Technology**, v. 7, n. 4, p. 396, 2015. ISSN 2231-0843.

KANNAN, D. et al. Integrated fuzzy multi criteria decision making method and multi-objective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain. **Journal of Cleaner Production**, v. 47, p. 355-367, 2013. ISSN 0959-6526.

KERLINGER, F. N. L. et al. **Investigación del comportamiento**. 2002. ISBN 9701030702.

KITAZAWA, S.; SARKIS, J. The relationship between ISO 14001 and continuous source reduction programs. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 20, n. 2, p. 225-248, 2000. ISSN 0144-3577.

KLEINDORFER, P. R.; SINGHAL, K.; WASSENHOVE, L. N. Sustainable operations management. **Production and operations management**, v. 14, n. 4, p. 482-492, 2005. ISSN 1937-5956.

KULL, T. J.; KOTLAR, J.; SPRING, M. Small and Medium Enterprise Research in Supply Chain Management: The Case for Single-Respondent Research Designs. **Journal of Supply Chain Management**, v. 54, n. 1, p. 23-34, 2018. ISSN 1745-493X.

KUMAR, R.; CHANDRAKAR, R. Overview of green supply chain management: operation and environmental impact at different stages of the supply chain. **International Journal of Engineering and Advanced Technology**, v. 1, n. 3, p. 1-6, 2012.

KUO, R. J.; WANG, Y. C.; TIEN, F. C. Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection. **Journal of cleaner production**, v. 18, n. 12, p. 1161-1170, 2010. ISSN 0959-6526.

LAMBERT, D. M.; COOPER, M. C. Issues in supply chain management. **Industrial marketing management**, v. 29, n. 1, p. 65-83, 2000. ISSN 0019-8501.

LIDDELL, T.; KRUSCHKE, J. K. Analyzing ordinal data with metric models: What could possibly go wrong? , 2017.

LIMA, O. P. D. **MODELO PARA AVALIAR O DESEMPENHO DA LOGÍSTICA INTERNA**. 2017. 245 Doutorado (Doutorado). Programa de pós graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal De Santa Catarina, Florianópolis.

LIN, R.-J. Using fuzzy DEMATEL to evaluate the green supply chain management practices. **Journal of Cleaner Production**, v. 40, p. 32-39, 2013. ISSN 0959-6526.

LUND, R. T. Remanufacturing. **Technology review**, v. 87, n. 2, p. 18-&, 1984. ISSN 0040-1692.

MALAMAN, C. S.; AMORIM, A. MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DE VALORES NA AVALIAÇÃO IMOBILIÁRIA: COMPARAÇÃO ENTRE O MODELO DE REGRESSÃO LINEAR E LÓGICA FUZZY. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 23, n. 1, 2017. ISSN 1982-2170.

MALHOTRA, N. K. Questionnaire design and scale development. **The handbook of marketing research: Uses, misuses, and future advances**, p. 176-202, 2006.

MALTERUD, K.; SIERSMA, V. D.; GUASSORA, A. D. Sample size in qualitative interview studies: guided by information power. **Qualitative health research**, v. 26, n. 13, p. 1753-1760, 2016. ISSN 1049-7323.

MARRUGAT, J. et al. Estimación del tamaño de la muestra en la investigación clínica y epidemiológica. **Med Clin (Barc)**, v. 111, n. 7, p. 267-76, 1998.

MCNEISH, D. M.; STAPLETON, L. M. The effect of small sample size on two-level model estimates: A review and illustration. **Educational Psychology Review**, v. 28, n. 2, p. 295-314, 2016. ISSN 1040-726X.

MEEKER, W. Q.; HAHN, G. J.; ESCOBAR, L. A. Sample Size Requirements for Tolerance Intervals, Tolerance Bounds, and Related Demonstration Tests. **Statistical Intervals: A Guide for Practitioners and Researchers**, p. 163-175, 2017. ISSN 1118594843.

MENTZER, J. T. et al. Defining supply chain management. **Journal of Business logistics**, v. 22, n. 2, p. 1-25, 2001. ISSN 2158-1592.

MIN, S.; MENTZER, J. T. Developing and measuring supply chain management concepts. **Journal of business logistics**, v. 25, n. 1, p. 63-99, 2004. ISSN 2158-1592.

MONTGOMERY, D. C. **Design and analysis of experiments**. John wiley & sons, 2017. ISBN 1119113474.

MOULLIN, M. Performance measurement definitions: Linking performance measurement and organisational excellence. **International journal of health care quality assurance**, v. 20, n. 3, p. 181-183, 2007.

MURRAY, A.; SKENE, K.; HAYNES, K. The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. **Journal of Business Ethics**, v. 140, n. 3, p. 369-380, 2017. ISSN 0167-4544.

MUTINGI, M.; MAPFAIRA, H.; MONAGENG, R. Developing performance management systems for the green supply chain. **Journal of Remanufacturing**, v. 4, n. 1, p. 6, 2014. ISSN 2210-4690.

NAMAKFOROOSH, M. N. **Metodología de la investigación**. Editorial Limusa, 2000. ISBN 9681855175.

NIKBAKSH, E. Green supply chain management. In: (Ed.). **Supply chain and logistics in national, international and governmental environment**: Springer, 2009. p.195-220.

NOGUEIRA, M. M. **Aplicando lógica fuzzy no controle de robôs móveis usando dispositivos lógicos programáveis e a linguagem VHDL**. 2013. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista., São Paulo.

NOOR, N. M. M.; AB HAMID, S. H. **Comparison of Triangular and Trapezoidal Membership Functions for Improving Decision Making In Crime Prevention**. DSS, 2014. p.69-79.

NORMAN, G. Likert scales, levels of measurement and the “laws” of statistics. **Advances in health sciences education**, v. 15, n. 5, p. 625-632, 2010. ISSN 1382-4996.

PAGELL, M. et al. Does the competitive environment influence the efficacy of investments in environmental management? **Journal of Supply Chain Management**, v. 40, n. 2, p. 30-39, 2004. ISSN 1745-493X.

PAULIUK, S. Critical appraisal of the circular economy standard BS 8001: 2017 and a dashboard of quantitative system indicators for its implementation in organizations. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 129, p. 81-92, 2018. ISSN 0921-3449.

PEDRYCZ, W. Why triangular membership functions? **Fuzzy sets Systems**, v. 64, n. 1, p. 21-30, 1994. ISSN 0165-0114.

PINTO, M. M. A.; KOVALESKI, J. L.; YOSHINO, R. T. Uma Análise da Evolução da Produção Científica sobre Green Supply Chain Management. **Revista ESPACIOS| Vol. 37 (Nº 06) Año 2016**, 2016.

QUAK, H. J.; DE KOSTER, M. Exploring retailers’ sensitivity to local sustainability policies. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 6, p. 1103-1122, 2007. ISSN 0272-6963.

RANE, S.; RAGHA, L.; KURULE, D. Analysis of Mamdani and Sugeno fuzzy inference system for destroying multiple target at high angle of attack using Simulink. Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA), 2017 International conference of, 2017, IEEE. p.47-52.

RAO, P.; HOLT, D. Do green supply chains lead to competitiveness and economic performance? **International journal of operations & production management**, v. 25, n. 9, p. 898-916, 2005. ISSN 0144-3577.

RATLEDGE, E. C.; BROWN, D. T. Energy, the Environment, and Delaware Jobs: Executive Summary. 2011.

RUSSELL, D. M.; SWANSON, D.; BLINGE, M. Sustainable logistics and supply chain management: a holistic view through the lens of the wicked problem. **World Review of Intermodal Transportation Research**, v. 7, n. 1, p. 36-56, 2018. ISSN 1749-4729.

RUSSELL, R. S.; TAYLOR-III, B. W. **Operations management along the supply chain**. John Wiley & Sons, 2008. ISBN 8126518669.

SALEH, A. et al. A comparison of Mamdani and Sugeno method for optimization prediction of traffic noise levels. Cyber and IT Service Management (CITSM), 2017 5th International Conference on, 2017, IEEE. p.1-4.

SANDOVAL, J. C. Tamaño de muestra en estudios clínicos. **Acta Médica Costarricense ISSN 0001-6012**, v. 52, n. 6, 2009. ISSN 0001-6012.

SEURING, S.; MÜLLER, M. From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. **Journal of cleaner production**, v. 16, n. 15, p. 1699-1710, 2008. ISSN 0959-6526.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. Cortez editora, 2017. ISBN 8524925205.

SOLEIMANI, H. et al. Fuzzy multi-objective sustainable and green closed-loop supply chain network design. **Computers & Industrial Engineering**, v. 109, p. 191-203, 2017. ISSN 0360-8352.

SRIVASTAVA, S. K. Green supply-chain management: a state-of-the-art literature review. **International journal of management reviews**, v. 9, n. 1, p. 53-80, 2007. ISSN 1468-2370.

STADTLER, H. Supply chain management: An overview. In: (Ed.). **Supply chain management and advanced planning**: Springer, 2015. p.3-28.

TAN, K. C. A framework of supply chain management literature. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, v. 7, n. 1, p. 39-48, 2001. ISSN 0969-7012.

TATAR, V. Green supply chain management. **UMTEB-I**, p. 89, 2017.

TATICCHI, P. et al. A review of decision-support tools and performance measurement and sustainable supply chain management. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 21, p. 6473-6494, 2015. ISSN 0020-7543.

TORRES, M.; PAZ, K.; SALAZAR, F. Tamaño de una muestra para una investigación de mercado. **Boletín electrónico**, v. 2, 2006.

TSANG, K. K. The use of midpoint on Likert Scale: The implications for educational research. **Hong Kong Teachers' Centre Journal**, v. 11, n. 1, p. 121-130, 2012.

TSENG, M.-L. et al. A framework for evaluating the performance of sustainable service supply chain management under uncertainty. **International Journal of Production Economics**, v. 195, p. 359-372, 2018. ISSN 0925-5273.

VAN HOEK, R. I. From reversed logistics to green supply chains. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 4, n. 3, p. 129-135, 1999. ISSN 1359-8546.

WALLER, M.; JOHNSON, M. E.; DAVIS, T. Vendor-managed inventory in the retail supply chain. **Journal of business logistics**, v. 20, n. 1, p. 183, 1999. ISSN 0735-3766.

WANG, H.; XU, Z.; PEDRYCZ, W. An overview on the roles of fuzzy set techniques in big data processing: Trends, challenges and opportunities. **Knowledge-Based Systems**, v. 118, p. 15-30, 2017. ISSN 0950-7051.

WELFORD, R. **Environmental strategy and sustainable development: The corporate challenge for the twenty-first century**. Routledge, 1995. ISBN 041510551X.

WERNER, H. **Supply Chain Management: Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling**. Springer-Verlag, 2017. ISBN 3658183845.

YOO, H.; CHOI, B.-J. Design of Vectored Sum Defuzzification Based Fuzzy Logic Systems for Position Control of a Quad-Copter. **Advanced Science Letters**, v. 23, n. 10, p. 9702-9705, 2017. ISSN 1936-6612.

ZHU, Q.; SARKIS, J. Relationships between operational practices and performance among early adopters of green supply chain management practices in Chinese manufacturing enterprises. **Journal of operations management**, v. 22, n. 3, p. 265-289, 2004. ISSN 0272-6963.

ZHU, Q.; SARKIS, J.; LAI, K.-H. Green supply chain management implications for “closing the loop”. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 44, n. 1, p. 1-18, 2008. ISSN 1366-5545.

ANEXO I

REGRAS FUZZY ESTABELECIDAS PARA O SISTEMA DE INFERÊNCIA PARA AVALIAR O ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DA CADEIA DE SUPRIMENTO

Nº	Logística de Entrada	Logística Interna	Logística de Saída	Logística Reversa	Grau de Sustentabilidade da Cadeia
1	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Ruim	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Baixo
2	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Regular	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Baixo
3	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Boa	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
4	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Ruim	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Baixo
5	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Regular	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Baixo
6	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Boa	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Regular
7	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Ruim	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Baixo
8	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Regular	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
9	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Boa	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
10	Se Logística	e Logística Interna é	e Logística de Saída é	e Logística Reversa é	então Grau de Sustentabilidade da

	de Entrada é Ruim	Ruim	Ruim	Ruim	Cadeia é Médio
11	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Regular	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Regular	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
12	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Regular	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Boa	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
13	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Regular	e Logística de Saída é Regular	e Logística de Saída é Ruim	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Baixo
14	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Regular	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Regular	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
15	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Regular	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Boa	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
16	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Regular	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Ruim	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
17	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Regular	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Regular	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
18	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Regular	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Boa	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
19	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Ruim	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Baixo
20	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Regular	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
21	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Boa	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
22	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Ruim	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio

23	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Regular	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
24	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Boa	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
25	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Ruim	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
26	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Regular	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
27	Se Logística de Entrada é Ruim	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Boa	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
28	Se Logística de Entrada é Regular	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Ruim	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Baixo
29	Se Logística de Entrada é Regular	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Regular	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Baixo
30	Se Logística de Entrada é Regular	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Boa	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
31	Se Logística de Entrada é Regular	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Ruim	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Baixo
32	Se Logística de Entrada é Regular	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Regular	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Baixo
33	Se Logística de Entrada é Regular	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Boa	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
34	Se Logística de Entrada é Regular	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Ruim	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
35	Se Logística	e Logística Interna é	e Logística de Saída é	e Logística Reversa é	então Grau de Sustentabilidade da

	de Entrada é Regular	Ruim	Boa	Regular	Cadeia é Médio
36	Se Logística de Entrada é Regular	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Boa	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
37	Se Logística de Entrada é Regular	e Logística Interna é Regular	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Ruim	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Baixo
38	Se Logística de Entrada é Regular	e Logística Interna é Regular	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Regular	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
39	Se Logística de Entrada é Regular	e Logística Interna é Regular	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Boa	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
40	Se Logística de Entrada é Regular	e Logística Interna é Regular	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Ruim	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
41	Se Logística de Entrada é Regular	e Logística Interna é Regular	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Regular	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
42	Se Logística de Entrada é Regular	e Logística Interna é Regular	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Boa	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
43	Se Logística de Entrada é Regular	e Logística Interna é Regular	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Ruim	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
44	Se Logística de Entrada é Regular	e Logística Interna é Regular	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Regular	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
45	Se Logística de Entrada é Regular	e Logística Interna é Regular	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Boa	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
46	Se Logística de Entrada é Regular	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Ruim	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Baixo
47	Se Logística de Entrada é Regular	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Regular	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio

48	Se Logística de Entrada é Regular	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Boa	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
49	Se Logística de Entrada é Regular	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Ruim	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
50	Se Logística de Entrada é Regular	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Regular	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
51	Se Logística de Entrada é Regular	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Boa	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Bom
52	Se Logística de Entrada é Regular	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Ruim	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
53	Se Logística de Entrada é Regular	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Regular	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
54	Se Logística de Entrada é Regular	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Boa	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Alto
55	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Ruim	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Baixo
56	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Regular	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
57	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Boa	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
58	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Ruim	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
59	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Regular	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
60	Se Logística	e Logística Interna é	e Logística de Saída é	e Logística Reversa é	então Grau de Sustentabilidade da

	de Entrada é Boa	Ruim	Regular	Boa	Cadeia é Médio
61	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Ruim	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
62	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Regular	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
63	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Ruim	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Boa	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Alto
64	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Regular	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Ruim	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
65	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Regular	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Regular	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
66	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Regular	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Boa	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Alto
67	Se Logística de Entrada é Boa	E Logística Interna é Regular	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Ruim	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
68	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Regular	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Regular	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
69	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Regular	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Boa	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
70	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Regular	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Ruim	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
71	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Regular	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Regular	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
72	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Regular	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Boa	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Alto

73	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Ruim	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
74	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Regular	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
75	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Ruim	e Logística Reversa é Boa	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
76	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Ruim	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
77	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Regular	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Alto
78	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Regular	e Logística Reversa é Boa	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Alto
79	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Ruim	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
80	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Regular	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Médio
81	Se Logística de Entrada é Boa	e Logística Interna é Boa	e Logística de Saída é Boa	e Logística Reversa é Boa	então Grau de Sustentabilidade da Cadeia é Alto