



GESTÃO INTEGRADA DE COMPRAS: UM MODELO DE PROCESSO DE SELEÇÃO DE FORNECEDORES BASEADO EM LÓGICA *FUZZY*

Ana Cláudia Brasil Lopes

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: João Nazareno Nonato Quaresma

Belém
Dezembro de 2020

**GESTÃO INTEGRADA DE COMPRAS: UM MODELO DE PROCESSO DE
SELEÇÃO DE FORNECEDORES BASEADO EM LÓGICA FUZZY**

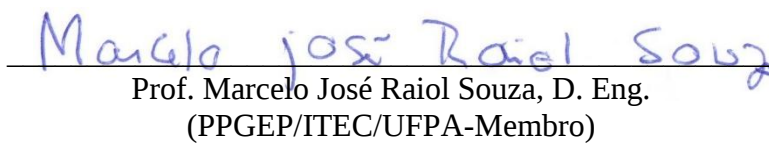
Ana Cláudia Brasil Lopes

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE 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. João Nazareno Nonato Quaresma, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Orientador)



Prof. Marcelo José Raiol Souza, D. Eng.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Membro)



Prof. Sandro Breval Santiago, Dr.
(FES/UFAM-Membro)

BELÉM, PA - BRASIL
DEZEMBRO DE 2020

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

Lopes, Ana Cláudia Brasil, 1982 -
Gestão integrada de compras: um modelo de processo de
seleção de fornecedores baseado em lógica *fuzzy* / Ana
Cláudia Brasil Lopes - 2020.

Orientador: João Nazareno Nonato Quaresma

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade
Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Processos, 2020.

1. Resíduos sólidos 2. Adsorção 3. Efluentes líquidos I.
Título

CDD 670.42

*Dedico este trabalho ao meu pai Pedro
Barbosa Lopes, meu maior mestre, aos
meus familiares e amigos que me
apoiam e me incentivaram nessa longa
caminhada.*

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos são para Deus primeiramente pela sabedoria a mim concebida, ao meu pai Pedro Babosa Lopes, pessoa que sempre me apoiou, aos meus familiares, amigos, meu orientador João Nazareno Nonato Quaresma por me acompanhar na elaboração desta dissertação, desempenhando seu papel de forma muito eficiente.

Aos professores do PPGEF que passaram conhecimentos que jamais serão abandonados ao longo da trajetória profissional e intelectual, em especial ao professor Manoel Henrique Reis Nascimento por toda ajuda e incentivo durante a realização deste estudo e aos colegas da turma.

Muito obrigada.

*“O passado serve para evidenciar as nossas
falhas e dar-nos indicações para o
progresso do futuro.”*

(Henry Ford)

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

GESTÃO INTEGRADA DE COMPRAS: UM MODELO DE PROCESSO DE SELEÇÃO DE FORNECEDORES BASEADO EM LÓGICA *FUZZY*

Ana Cláudia Brasil Lopes

Dezembro/2020

Orientador: João Nazareno Nonato Quaresma

Área de Concentração: Engenharia de Processos

A busca por vantagem competitiva por meio de interligações dos processos organizacionais possibilita redução de tempo e despesas para as empresas. Diante disso, este estudo teve como fim principal propor estratégias que permitam encontrar boas práticas para essas ações, cujo objetivo principal foi apresentar um modelo de processo de seleção de fornecedores baseado em lógica *fuzzy* para melhoria das atividades. Nesse contexto, abordou-se a gestão integrada de compras, a seleção de fornecedores, a lógica *fuzzy*, suas variáveis de pertinência e o uso de regras estabelecidas para o atendimento dos procedimentos de compras de uma fundação de apoio a projetos de Pesquisa, Extensão e P&D. Por fim, tem-se como resultado a avaliação final dos fornecedores, através do método de inferência *fuzzy* desenvolvido no *software* Matlab®, no ambiente *Fuzzy Logic Toolbox*, no modelo Mamdani, levando em consideração os critérios sociais e econômicos para uma possível compra de um produto eletrônico muito relevante na instituição, permitindo que essa ferramenta se tornasse prática e aplicável às necessidades do setor. Após dados alcançados, concluiu-se que o modelo mostrou-se muito eficiente, apresentando uma diferença mínima de um fornecedor para o outro, onde o primeiro colocado obteve uma pontuação de 2.06 a mais em relação ao quarto selecionado, visto como a maior distância em comparação aos demais classificados, sendo importante a continuidade do relacionamento com os mesmos em futuras aquisições, deve-se também adotar o uso de ferramentas para recuperação dos que não apresentaram bons resultados, além do desenvolvimento de novos fornecedores.

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

INTEGRATED PURCHASE MANAGEMENT: A PROCESS MODEL FOR SUPPLIER SELECTION BASED ON FUZZY LOGIC

Ana Cláudia Brasil Lopes

December/2020

Advisor: João Nazareno Nonato Quaresma

Research Area: Process Engineering

The search for competitive advantage through the interconnection of organizational processes allows companies to reduce their time and expenses. Therefore, this study had as main objective to propose strategies that allow to find good practices for these actions, whose main objective was to present a model for the selection process of suppliers based on fuzzy logic to improve activities. In this context, integrated purchasing management, supplier selection, fuzzy logic, its pertinence variables and the use of rules established to meet the procurement procedures of a foundation to support Research, Extension and R&D. Finally, the result is a final assessment of suppliers, using the fuzzy inference method developed in the Matlab® software, in the Fuzzy Logic Toolbox environment, in the Mamdani model, taking into account the social and economic criteria for a possible purchase of a very relevant electronic product in the institution, allowing this tool to become practical and applicable to the needs of the sector. After data obtained, it was concluded that the model proved to be very efficient, presenting a minimum difference from one supplier to the other, where the first place obtained a score of 2.06 more in relation to the selected room, seen as the longest distance in compared to the other classifieds, and it is important to continue the relationship with them in future acquisitions, one must also adopt the use of tools to recover those that did not show good results, in addition to the development of new suppliers.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - MOTIVAÇÃO.....	1
1.2 - OBJETIVOS.....	3
1.2.1 - Objetivo geral.....	3
1.2.2 - Objetivos específicos.....	3
1.3 - CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO.....	3
1.4 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	4
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA.....	5
2.1 - GESTÃO INTEGRADA DE COMPRAS.....	5
2.1.1 - Setor de compras.....	6
2.2 - PROCESSO DE SELEÇÃO DE FORNECEDORES.....	7
2.2.1 - Critérios de seleção de fornecedores.....	8
2.3 - MÉTODOS DE APOIO À SELEÇÃO DE FORNECEDORES.....	12
2.4 - LÓGICA <i>FUZZY</i>	16
2.4.1 - Variáveis linguísticas.....	17
2.4.2 - Funções de pertinência.....	17
2.4.3 - Conjunto <i>fuzzy</i>	18
2.4.4 - Sistema <i>fuzzy</i>	20
CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
3.1 - METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	24
3.1.1 - Seleção dos critérios para avaliação de fornecedores.....	25
3.1.2 - Análise do modelo <i>fuzzy</i> proposto.....	26
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4.1 - APLICANDO OS RESULTADOS.....	40
4.1.1 - Avaliação dos fornecedores selecionados.....	43
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	47
5.1 - CONCLUSÕES.....	47
5.2 - SUGESTÕES.....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Processo de seleção de fornecedores.....	9
Figura 2.2	Métodos de apoio à seleção de fornecedores.....	15
Figura 2.3	Funções de pertinência para variável.....	18
Figura 2.4	Número <i>fuzzy</i> triangular.....	19
Figura 2.5	Número <i>fuzzy</i> trapezoidal.....	19
Figura 2.6	Sistema de inferência <i>fuzzy</i>	21
Figura 3.1	Sistema de inferência <i>fuzzy</i> – Critérios Sociais.....	27
Figura 3.2	Sistema de inferência <i>fuzzy</i> – Critérios Econômicos.....	27
Figura 3.3	Variável de entrada “Relacionamento com o fornecedor” do sistema de inferência <i>fuzzy</i>	29
Figura 3.4	Variável de entrada “Perfil do fornecedor” do sistema de inferência <i>fuzzy</i>	29
Figura 3.5	Variável de entrada “Flexibilidade” do sistema de inferência <i>fuzzy</i>	30
Figura 3.6	Variável de saída “Seleção” do sistema de inferência <i>fuzzy</i> – Critérios Sociais.....	32
Figura 3.7	Variável de entrada “Custo” do sistema de inferência <i>fuzzy</i>	33
Figura 3.8	Variável de entrada “Qualidade” do sistema de inferência <i>fuzzy</i>	33
Figura 3.9	Variável de entrada “Entrega” do sistema de inferência <i>fuzzy</i>	34
Figura 3.10	Variável de saída “Seleção” do sistema de inferência <i>fuzzy</i> – Critérios Econômicos.....	36
Figura 4.1	Funções de pertinência das variáveis de entrada do sistema de inferência <i>fuzzy</i> - Critérios Sociais.....	41
Figura 4.2	Funções de pertinência das variáveis de entrada do sistema de inferência <i>fuzzy</i> - Critérios Econômicos.....	42
Figura 4.3	Gráfico de superfície em 3D das variáveis de entrada e saída do sistema de inferência <i>fuzzy</i>	43
Figura 4.4	Desempenho dos fornecedores selecionados nos critérios avaliados.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Considerações sobre o setor de compras.....	7
Tabela 2.2	Critérios para seleção de fornecedores.....	11
Tabela 2.3	Métodos multicritério – Abordagem simples.....	13
Tabela 2.4	Métodos multicritério – Abordagem combinada.....	14
Tabela 2.5	Termos e valores linguísticos.....	17
Tabela 3.1	Critérios sociais utilizados pela empresa para avaliação de fornecedores.....	25
Tabela 3.2	Critérios econômicos utilizados pela empresa para avaliação de fornecedores.....	26
Tabela 3.3	Variáveis e termos linguísticos.....	28
Tabela 3.4	Funções de pertinência da variável de entrada “Relacionamento com o fornecedor”.....	30
Tabela 3.5	Funções de pertinência da variável de entrada “Perfil do fornecedor”.....	31
Tabela 3.6	Funções de pertinência da variável de entrada “Flexibilidade”.....	31
Tabela 3.7	Funções de pertinência da variável de saída “Seleção” – Critérios Sociais.....	32
Tabela 3.8	Funções de pertinência da variável de entrada “Custo”.....	34
Tabela 3.9	Funções de pertinência da variável de entrada “Qualidade”.....	35
Tabela 3.10	Funções de pertinência da variável de entrada “Entrega”.....	35
Tabela 3.11	Funções de pertinência da variável de saída “Seleção” – Critérios Econômicos.....	36
Tabela 3.12	Regras de inferência <i>fuzzy</i> – Critérios Sociais.....	37
Tabela 3.13	Regras de inferência <i>fuzzy</i> – Critérios Econômicos.....	38
Tabela 4.1	Pontuação dos fornecedores – Critérios Sociais e Econômicos.....	44
Tabela 4.2	Resultado das pontuações finais dos fornecedores – Critérios Sociais e Econômicos.....	44
Tabela 4.3	Pontuação final e colocação dos fornecedores selecionados – Critérios Sociais e Econômicos.....	45

NOMENCLATURA

AHP	ANALYTIC HIERARCHY PROCESS
ANP	ANALYTIC NETWORK PROCESS
CBR	CASE-BASED REASONING
DEA	DATA ENVELOPMENT ANALYSIS
FUZZY-QFD	FUZZY QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT
FST	FUZZY SET THEORY
GA	GENETIC ALGORITHM
GST	GREY SET THEORY
TOPSIS	TECHNIQUE FOR ORDER PREFERENCE BY SIMILARITY TO IDEAL SOLUTION

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - MOTIVAÇÃO

No mundo corporativo moderno muito se fala sobre a integração dos setores como forma evolutiva para o sucesso dos negócios, mas para acompanhar este avanço, é inerente a interação da instituição perante os fatores empresariais, exigindo um controle maior da organização.

Para a permanência das empresas, a criação de estratégias vem sendo um elemento importante, pois surgem novas práticas que modificam os mecanismos de mercado exigindo um esforço maior para se adaptar a essas mudanças e ficar à frente de seus concorrentes. Por isso, as empresas vêm buscando garantia em seus negócios para gerar lucros e diminuir despesas.

Dessa forma, é essencial encontrar alternativas que contribuam para isso, pois a gestão integrada vem ganhando a cada dia grande visibilidade no processo administrativo, principalmente em grandes indústrias, por permitir ao gestor enxergar a organização como um todo.

A distribuição das operações de uma instituição por meio de um sistema é considerada gestão integrada, por promover a comunicação, confirmando que as diretrizes sejam seguidas para alcançar metas e resolver problemas em todos os níveis e setores (MOREIRA e LOPES, 2016).

Para SOUZA *et al.* (2018), essa integração vem sendo fundamental na área de abastecimento, pois a gestão de compras é essencial para as empresas desde a produção até as entregas ao consumidor final, sendo de suma importância que esteja integrada por meio de sistema para definir uma série de estratégias, viabilizando a aquisição de suprimentos e insumos necessários para manutenção e funcionamento da organização.

Com a gestão moderna da área de compras, o processo de seleção de fornecedores vem sendo considerado uma atividade estratégica, pois requer uma extensa avaliação de muitos critérios, não dependendo apenas de um principal, mas de outros aspectos também significativos, como os fatores ambientais, sociais e econômicos, importantes para as empresas (BAI e SARKIS, 2010).

De acordo com ANDRADE *et al.* (2019), seleção de fornecedores é um processo para encontrar empresas aptas a fornecer bens e serviços por meio de vários critérios, causando um impacto direto no desempenho da empresa.

Segundo SILVA *et al.* (2016), no processo de tomada de decisão os critérios de seleção dos fornecedores são considerados elementos chave, pois auxilia o tomador na avaliação sistematicamente de um conjunto de alternativas em relação a diversos métodos. Por isso, as organizações têm desenvolvido ferramentas de seleção que contemplam os principais critérios, de maneira compreensível para os tomadores, com transparência para os fornecedores (LIMA JUNIOR *et al.*, 2013a).

Conforme MAGALHÃES (2014), a gestão da informação possui premissas para a tomada de decisão nas empresas, tornando possível para a administração de compras o desenvolvimento de procedimentos baseados em lógica *fuzzy* que possam avaliar critérios considerados bem consistentes no propósito de ajuda aos gestores no processo de gerenciamento e escolha de fornecedores.

CINTRA (2012), afirma que a teoria *fuzzy* é uma forma de lógica multivalorada, sendo uma proposição que atribui sempre os valores-verdade, verdadeiro (1) ou falso (0) e, pode ser utilizada como sistema de apoio na tomada de decisão, pois propõe trabalhar com a imprecisão do pensamento humano, identificando resultados que proporcionam melhoria na escolha de diversos critérios (CHERRI *et al.*, 2011).

Nesse contexto, é importante o entendimento sobre as condições da gestão integrada de compras, pois é a atividade responsável por realizar negociações com foco na redução de custos, mas mantendo a qualidade dos materiais adquiridos. Diante do exposto, o presente estudo objetiva apresentar um modelo de processo de seleção de fornecedores baseado em lógica *fuzzy* para a tomada de decisão na gestão de compras.

Portanto, esse trabalho justifica-se do ponto de vista organizacional e científico, por idealizar uma proposta de modelo metodológico com base nas premissas extraídas do universo literário e de informações particulares sobre os métodos de gestão de compras no processo de seleção de fornecedores, podendo ser aplicado em qualquer instituição, cujos resultados permitam visualizar de modo mais sistemático a forma desse tipo de gerenciamento que vem sendo desenvolvido nas indústrias e outras organizações, proporcionando o uso de técnicas de melhoria em suas atividades.

1.2 - OBJETIVOS

1.2.1 - Objetivo geral

Esse trabalho tem como objetivo apresentar um modelo de processo de seleção de fornecedores baseado em lógica *fuzzy* para a tomada de decisão na gestão de compras.

1.2.2 - Objetivos específicos

- Abordar sobre a gestão integrada de compras e o processo de seleção de fornecedores;
- Identificar os critérios estratégicos para a escolha de fornecedor;
- Demonstrar os métodos de apoio à tomada de decisão que consideram o uso de mais de um critério para avaliação de fornecedores, comparando suas abordagens;
- Mostrar um modelo de processo para auxiliar na seleção de fornecedores com diferentes critérios de decisão utilizando lógica *fuzzy*.

1.3 - CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO

O estudo pode contribuir para uma base de conhecimento da teoria e da prática do tema da pesquisa, produzindo os seguintes resultados:

- a) aplicação de um método de suporte à seleção de fornecedores;
- b) definição do uso de critérios de decisão para seleção de fornecedores no ambiente organizacional;
- c) produção de um modelo de processo de seleção de fornecedores utilizando lógica *fuzzy*;
- d) identificação do conhecimento sobre a abordagem dos modelos de decisão de seleção de fornecedores que utilizam como ferramenta de suporte os sistemas *fuzzy*.

1.4 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esse estudo é composto por cinco capítulos, iniciando pelo capítulo 1 que expõe a motivação, os objetivos, as contribuições da dissertação e a forma de organização do trabalho com informações relacionadas ao processo de seleção de fornecedores baseado em lógica *fuzzy*.

O capítulo 2 mostra uma revisão da literatura sobre a gestão integrada de compras, onde são abordados os aspectos relacionados ao setor, relata ainda, o processo de seleção de fornecedores, seus critérios e métodos utilizando lógica *fuzzy* para a melhoria na tomada de decisão.

O capítulo 3 trata dos materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa, tipo de estudo, procedimento, instrumento e análise de dados.

O capítulo 4 exhibe os resultados e discussão obtidos no decorrer da pesquisa realizada.

O capítulo 5 apresenta as conclusões e sugestões para trabalhos posteriores relacionados ao tema em questão.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - GESTÃO INTEGRADA DE COMPRAS

Atualmente, os setores de negócio numa organização estão integrados entre si, facilitando sua administração e dividindo interesses em comum. SOUZA e DIAS (2015), afirmam que essa forma de conduzir as atividades institucionais fez com que a gestão de compras mudasse nas últimas décadas, deixando de ser considerada uma atividade operacional, passando a ser vista como parte fundamental no processo de crescimento da empresa, desenvolvendo estratégias de sistema de informação para a realização de aquisições e contratações, dando suporte à tomada de decisão e adotando indicadores de desempenho para a diminuição de custo, visando a otimização de resultados (AMATO NETO, 2014).

DIAS e COSTA (2012), relatam que para um bom desempenho de uma organização é necessário realizar o gerenciamento correto do processo de compra que pode ser por meio de sistema que define uma série de estratégias e viabiliza a aquisição de suprimentos e insumos importantes para o funcionamento da empresa.

A finalidade do processo de integração da gestão de compras é a busca por vantagem competitiva e, a ligação dos elos é de suma importância, pois faz parte da estrutura da cadeia e suas interligações, possibilitando redução de tempo e despesas, além de bom relacionamento com fornecedores para garantir qualidade e menor custo (SOUSA e ALMEIDA, 2015).

BALLOU (2006), diz que devido ao avanço tecnológico acelerado, a gestão de compras vem criando diversas oportunidades para as organizações, através da inovação, tornando cada vez maior a participação dos fornecedores no desenvolvimento e na fabricação de seus produtos, aumentando a importância de uma efetiva seleção dessas empresas.

Ao longo do tempo, foi possível assistir constantes alterações nas características e no papel da gestão de compras através de uma maior colaboração entre as empresas, tornando mais envolvido e integrado o processo de compra e seleção de fornecedores (BRÁS, 2017).

Para BHASIN (2012), o processo de avaliação de fornecedores pode ser complexo e avaliado por vários critérios, principalmente pelas diferentes especialidades, sendo uma atividade muito importante na gestão de compras, pois tem a finalidade de alcançar vários objetivos, como qualidade, quantidade, prazo de entrega e preço.

Segundo LIMA JUNIOR *et al.* (2013a), para selecionar os fornecedores de acordo com o seu desempenho, é importante a análise das organizações nos múltiplos métodos, verificando qual o mais adequado para a situação específica. Mas, o principal objetivo da seleção de fornecedores, independente do método aplicado, é avaliar a redução do valor total da compra, evitando riscos e garantindo lucros para a empresa.

Diante disso, é indispensável e necessário a utilização de novas técnicas e ferramentas de gestão que possibilitam a otimização dos processos de seleção de fornecedores para melhoria na empresa, permitindo ao mesmo tempo aprimorar o ambiente organizacional (ARRAES, 2017).

2.1.1 - Setor de compras

Conforme SOUZA e DIAS (2015), o setor de compras é o setor que apresenta grande complexidade, pois envolve um conjunto de fatores e técnicas que influenciam diretamente nos resultados da empresa, por isso, é importante proporcionar estratégias bem elaboradas, como a análise de mercado, permitindo obter uma melhor percepção sobre o poder de barganha nas negociações para gerar lucros (MONTEIRO e TINOCO, 2015).

Segundo NACK e BONFADINI (2013), o setor de compras possui um importante papel na organização e, com o passar do tempo apresentou uma visível evolução em suas funções.

Essa atividade é responsável por suprir a empresa de bens e serviços com segurança, dentro do padrão especificado, realizando negociações com fornecedores, tendo a missão de sempre que possível reduzir custos e manter a qualidade dos materiais adquiridos, tendo em vista garantir o funcionamento e desempenho melhor de sua produção (SOUZA e DIAS, 2015).

As atividades de compras estão sendo valorizadas cada vez mais pelas organizações, por estarem focadas em estratégias de competitividade que interferem diretamente em suas áreas produtivas e financeiras, consideradas aliadas por contribuírem para o ganho da instituição. Um dos fatores relevantes para esse crescimento é a seleção

de fornecedores, por isso vem ganhando importância no setor, pela análise de diversos critérios na hora de adquirir um material ou contratar um serviço (TEIXEIRA e BARBOSA, 2015).

Conforme SOUZA e DIAS (2015), a atividade de compras quando bem estruturada, pode gerar vantagem estratégica para empresa. A Tabela 2.1 mostra algumas considerações sobre o setor.

Tabela 2.1 - Considerações sobre o setor de compras.

Compras	É a aquisição de um bem ou um direito pelo qual se paga um preço estipulado.
O ato de comprar	É um conjunto de ações que as organizações devem realizar para comprar todos os produtos e serviços necessários para a sua produção e/ou seu funcionamento.
O setor de compras	É o departamento encarregado pelo ato de comprar. Responsável por escolher os fornecedores, negociar preços e condições de compras, estabelecer contratos e ordens de compras, executar todos os procedimentos para o recebimento dos bens e serviços comprados e, pagar os produtos comprados, quando esses não são delegados ao setor financeiro da empresa.

Fonte: Adaptado de SOUZA e DIAS (2015).

Portanto, o setor de compras é o departamento considerado como um ponto forte para as organizações, pois tem influência diretamente no desempenho através de sua estrutura e agilidade, que gera ganhos que convergem em lucro e produtividade pela parcela significativa de gasto de seu faturamento em suprimentos, materiais e serviços, tornando um elemento central para a gestão de uma empresa (NACK e BONFADINI, 2013).

2.2 - PROCESSO DE SELEÇÃO DE FORNECEDORES

Seleção de fornecedores é uma atividade da gestão de compras de maior relevância, pois conduz a situações de tomada de decisão, onde os resultados influenciam diretamente nos custos da organização (LIMA JUNIOR e CARPINETTI, 2015).

Esse processo surge a partir da decisão gerencial no momento da contratação de fornecimento de produtos ou serviços necessários para a operação da empresa (VIANA e ALENCAR, 2012). A avaliação periódica do desempenho dos fornecedores é muito importante para a organização para poder constatar se eles estão atendendo às obrigações

contratuais e identificar aqueles com desempenho abaixo do esperado (CARVALHO *et al.*, 2014).

O primeiro passo do processo normalmente envolve o reconhecimento do dever de avaliação e seleção de um fornecedor para um bem ou serviço e precisa iniciar antes da necessidade de compra, identificando os pontos críticos envolvidos (LIMA JUNIOR *et al.*, 2013a).

Para LIMA JUNIOR e CARPINETTI (2015), a seleção de fornecedores é complexa e importante, exige uma abordagem transparente por meio de utilização de métodos que apoiam multicritério no momento da decisão, como modelos baseados em programação matemática, estatística e inteligência artificial.

De acordo com SILVA *et al.* (2016), esses métodos surgiram para facilitar e tornar o processo de escolha mais eficiente, com o objetivo de englobar critérios na hora da decisão, como a abordagem *fuzzy*, que é indicada especialmente em modelagens consideradas complexas e envolve variáveis tanto qualitativas quanto quantitativas, onde simulam elementos do pensamento humano, seu processo decisório é pautado em variáveis linguísticas, podendo apresentar informações vagas e inconsistentes (GALO *et al.*, 2016).

LIMA JUNIOR e CARPINETTI (2015), afirmam que para o desenvolvimento da aplicação de critérios e métodos para a escolha de fornecedores é preciso basear-se nas particularidades da empresa e estratégia de fornecimento, não sendo fácil converter suas necessidades, que são muitas vezes expressas como conceitos qualitativos em critérios úteis, que devem ser requisitos específicos, podendo ser avaliados quantitativamente (ANDRADE *et al.*, 2019).

Segundo VIANA e ALENCAR (2012), a complexidade do processo de seleção de fornecedores é maior quando são considerados aspectos relacionados às peculiaridades dos produtos, sendo que o conjunto adequado de métodos deve apresentar as características de cada operação, incluindo ou excluindo critérios sem causar incerteza nos resultados (LIMA JUNIOR *et al.*, 2016).

2.2.1 - Critérios de seleção de fornecedores

A avaliação dos critérios para o processo de seleção de fornecedores pode ser considerada uma tarefa complicada devido a sua natureza e quantidade de produto a ser adquirido ou serviço contratado. Os fatores qualitativos para a escolha acabam

dificultando a sua estimativa por causa do caráter subjetivo elevado, principalmente, por ser comum a existência de aspectos conflitantes, como qualidade e preço que precisam ser equilibrados (VIANA e ALENCAR, 2012).

Para LIMA JUNIOR e CARPINETTI (2015), os critérios a serem usados na seleção de fornecedores devem ser precisos e coincidir com os objetivos e metas da empresa, além de possuírem nomes específicos, precisam ser também comparáveis e universais, diante de várias condições de operação.

De acordo com PARK *et al.* (2010), o processo de seleção de fornecedores pode ser estruturado em 4 etapas principais consideradas inter-relacionadas, conforme mostra a Figura 2.1.

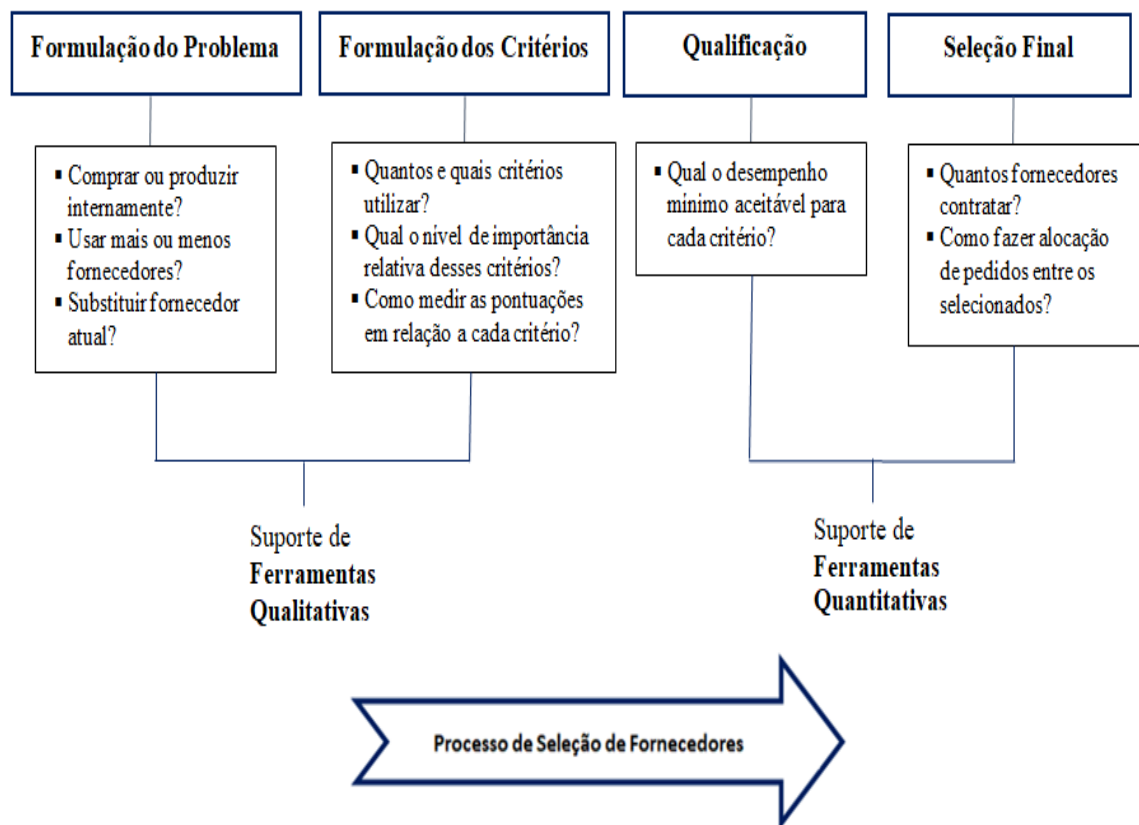


Figura 2.1 - Processo de seleção de fornecedores.
Fonte: Adaptado de LIMA JUNIOR e CARPINETTI (2015).

É possível observar na Figura 2.1 que a primeira etapa do processo de seleção de fornecedores consiste na formulação do problema para definir o objetivo da avaliação de parceiros estratégicos que forneçam produtos existentes ou novos (LIMA JUNIOR *et al.*, 2013a).

A segunda etapa corresponde à formulação dos critérios que serão adotados, os autores afirmam ainda, que a terceira etapa do processo condiz à qualificação, definindo os fornecedores já existentes que participam da avaliação, a quarta etapa é a seleção final, onde proporciona a decisão sobre quais fornecedores serão escolhidos (LIMA JUNIOR e CARPINETTI, 2015).

Pode-se ainda, acrescentar na seleção de fornecedores uma quinta etapa, chamada de *feedback*, focada em monitoramento e análise das informações resultante das outras etapas para melhorar o processo (WU e BARNES, 2011).

IGARASHI *et al.* (2013), apresentam outro modelo de seleção de fornecedores com cinco etapas também, considerando critérios ambientais como maior contribuição no processo de seleção de fornecedores.

LIMA JUNIOR *et al.* (2016), consideram primordial, antes de qualquer processo de seleção de fornecedores, que o responsável pela compra entenda quais são os requisitos mais importantes para a aquisição, seja por nível de satisfação em adquirir o produto, ou o atendimento dos objetivos organizacionais, pois esses requisitos dependem muito do tipo de compra que será realizada, de acordo com suas necessidades.

VIANA e ALENCAR (2012), adotaram um modelo baseado em multicritério, como: preço, qualidade, capacidade tecnológica, produção, serviço ao cliente e outros, visto como um conjunto de métodos dispostos a apoiar as empresas a terem decisões acertadas mesmo sob a intervenção de vários critérios (LONGARAY *et al.*, 2017).

Segundo LIMA JUNIOR *et al.* (2013a), a confiança é considerada para as organizações como um dos critérios mais eficazes na seleção de fornecedores e mais importante para a economia global.

Com a tecnologia crescendo e adotando sistemas de informação organizacional, é possível que as empresas criem bancos de dados sobre operações passadas com fornecedores registrados, podendo compilar em medidas de desempenho quantitativas, sendo combinadas com a avaliação qualitativa para apoiar de maneira ampla a tomada de decisão de gestores (RODRIGUES *et al.*, 2020).

Os diversos modelos propostos têm o intuito de englobar o máximo de possíveis critérios, reduzindo a subjetividade da decisão, existindo um grande número de ferramentas que tratam esse tipo de problema (VIANA e ALENCAR, 2012).

LIMA JUNIOR e CARPINETTI (2015), identificam de forma geral na literatura, a utilização dos seguintes critérios para o processo de seleção de fornecedores, apresentados na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Critérios para seleção de fornecedores.

Critérios	Proposto por
Capacidade Técnica, Compromisso com a qualidade, Custo/Preço, Entrega, Comunicação, Conformidade, Localização Geográfica, Poder Financeiro, Relacionamento e Resposta à mudança.	KANNAN e TAN (2002).
Capacidade Técnica, Compromisso com a qualidade, Confiabilidade de entrega, Custo/Preço, Comunicação, Flexibilidade, Garantia, Reputação e Resposta à mudança.	KATSIKEAS <i>et al.</i> (2004).
Capacidade Técnica, Compromisso com a qualidade, Entrega, Comunicação, Conformidade, Localização Geográfica, Poder Financeiro, Reputação e Resposta à mudança.	CHAN e KUMAR (2007).
Capacidade Técnica, Confiabilidade de entrega, Custo/Preço, Entrega, Comunicação, Conformidade, Poder Financeiro, Reputação e Resposta à mudança.	KIRYTOPOULOS <i>et al.</i> (2008).
Compromisso com a qualidade, Confiabilidade de entrega, Relacionamento e Reputação.	GUNERI <i>et al.</i> (2009).
Capacidade Técnica, Garantia e Conformidade.	SHEN e YU (2009).
Confiabilidade de entrega, Custo/Preço, Desempenho do produto, Entrega, Comunicação, Fatores ambientais, Garantia, Relacionamento e Resposta à mudança.	ORDOOBADI (2009).
Custo/Preço, Entrega, Conformidade e Relacionamento.	BORAN <i>et al.</i> (2009).
Capacidade Técnica, Confiabilidade de entrega, Desempenho do produto, Poder Financeiro, Relacionamento e Reputação.	AMIN e RAZMI (2009).
Capacidade Técnica, Compromisso com a qualidade, Custo/Preço, Entrega, Conformidade, Localização Geográfica, Poder Financeiro e Resposta à mudança.	KU <i>et al.</i> (2010).
Capacidade Técnica, Custo/Preço, Desempenho do produto, Entrega, Comunicação, Garantia, Conformidade, Localização Geográfica, Relacionamento e Reputação.	WANG (2010).
Capacidade Técnica, Compromisso com a qualidade, Custo/Preço, Desempenho do produto, Entrega, Comunicação, Garantia, Conformidade, Localização Geográfica, Relacionamento e Reputação.	LIN <i>et al.</i> (2011).
Capacidade Técnica, Compromisso com a qualidade, Custo/Preço, Desempenho do produto, Fatores ambientais, Fatores sociais, Conformidade e Poder Financeiro.	BÜYÜKÖZKAN e ÇİFÇİ (2011).
Capacidade Técnica, Compromisso com a qualidade, Custo/Preço, Entrega, Fatores ambientais, Flexibilidade, Conformidade, Localização Geográfica e Poder Financeiro.	AMINDOUST <i>et al.</i> (2012).
Compromisso com a qualidade, Custo/Preço, Entrega, Flexibilidade, Conformidade e Poder Financeiro.	PRAJOGO <i>et al.</i> (2012).
Capacidade Técnica, Compromisso com a qualidade, Custo/Preço, Comunicação, Fatores ambientais, Flexibilidade e Conformidade.	GARCÍA <i>et al.</i> (2013).

Fonte: Adaptado de LIMA JUNIOR e CARPINETTI (2015).

De acordo com ANDRADE *et al.* (2019), converter suas necessidades em critérios úteis pode não ser uma tarefa fácil, devido às necessidades serem muitas vezes expostas como conceitos qualitativos gerais, podendo ser requisitos específicos e avaliados quantitativamente.

2.3 - MÉTODOS DE APOIO À SELEÇÃO DE FORNECEDORES

Para WU e BARNES (2011), várias pesquisas acadêmicas indicam a utilização de diversos métodos quantitativos capazes de auxiliar os gestores em situações complexas e de incertezas na qualificação e escolha final de fornecedores, por isso, quanto mais estruturada a etapa de definição estiver, mais disponibilizará de técnicas e modelos de apoio à tomada de decisão (PACHECO e GOLDMAN, 2019).

De acordo com LIMA JUNIOR e CARPINETTI (2015), um requisito de escolha da técnica usada para o desenvolvimento de fornecedores é lidar com a dinâmica do sistema de desempenho, pois o interesse em avaliar a utilização desses métodos considerados critérios, são importantes no relacionamento entre clientes e seus fornecedores (GUARNIERI, 2015).

Segundo ANDRADE *et al.* (2019), é possível identificar algumas técnicas de apoio à seleção de fornecedores que podem auxiliar os tomadores na decisão, esses modelos são classificados como:

- **Métodos matemáticos:** capazes de considerar imprecisão, riscos e subjetividade, por isso apresentam melhor desempenho em situações de certeza;
- **Métodos estatísticos:** podem determinar probabilidades de ocorrência de alguns eventos, estão voltados para situações de incertezas aleatórias;
- **Métodos de inteligência artificial:** capazes de lidar com fenômenos de incerteza, dessa forma, apresentam melhor desempenho (ANDRADE *et al.*, 2019).

Os métodos de programação matemática mais utilizados nas organizações são: AHP (*Analytic Hierarchy Process*), ANP (*Analytic Network Process*), DEA (*Data Envelopment Analysis*), entre outros. Nas abordagens baseadas em estatística e inteligência artificial, destacam-se: *Fuzzy Set Theory* (FST), *Case-Based Reasoning* (CBR), *Grey Set Theory* (GST), *Genetic algorithm* (GA) e outras mais (ANDRADE *et al.*, 2019).

A utilização desses modelos considerados multicritério (por ser um conjunto de métodos), é muito importante nas empresas para apoiar escolhas certas, mesmo que

inúmeros critérios influenciem, pois não visa uma verdade única por uma ação selecionada, mas o apoio ao processo de maneira que a decisão satisfatória como solução, esteja de acordo com as regras definidas pelos tomadores (LONGARAY *et al.*, 2017).

Os métodos multicritério propõem metodologias que apoiam a seleção de fornecedores na gestão de compras, mas que podem ser utilizados em vários casos, na tomada de decisão em diversas áreas organizacionais, suas modelagens podem ser de abordagens simples e combinada (LIMA JUNIOR e CARPINETTI, 2015).

Na Tabela 2.3 são apresentadas essas técnicas de abordagem simples.

Tabela 2.3 - Métodos multicritério – Abordagem simples.

Abordagem Simples		
Técnica(s) usada	Escopo	Proposto por
AHP	Seleção de fornecedores usando avaliações comparativas pareadas / Seleção de fornecedores em uma empresa de telecomunicações / Seleção de fornecedores com foco na redução colaborativa de emissão de CO ₂ .	HUDYMÁCOVÁ <i>et al.</i> (2010) / TAM e TUMMALA (2001) / THEIßEN e SPINLER (2014).
Algoritmo genético	Seleção de fornecedores e dimensionamento do tamanho dos lotes de aquisição / Seleção de fornecedores com regras compensatórias e não compensatórias.	LIAO e RITTSCHER (2007).
Inferência <i>fuzzy</i>	Seleção de fornecedores baseada em aspectos sociais, econômicos e ambientais.	AMINDOUST <i>et al.</i> (2012) / LIMA JUNIOR <i>et al.</i> (2013b).
TOPSIS	Seleção de fornecedores de serviços de tecnologia da informação / Seleção de fornecedores em uma indústria de manufatura.	HSU e HSU (2008) / VIMAL <i>et al.</i> (2012).

Fonte: Adaptado de LIMA JUNIOR e CARPINETTI (2015).

A Tabela 2.4 mostra as técnicas consideradas abordagem combinada.

Tabela 2.4 - Métodos multicritério – Abordagem combinada.

Abordagem Combinada		
Técnica(s) usada	Escopo	Proposto por
DEA e Redes Neurais Artificiais	Seleção e avaliação de fornecedores em cenários com informação incompleta.	ÇELEBI e BAYRAKTAR (2008).
<i>Fuzzy 2-Tuple</i>	Seleção de fornecedores usando uma hierarquia abordagem de computação linguística.	WANG (2010).
<i>Fuzzy-AHP</i>	Seleção de fornecedores em uma companhia de máquinas de lavar roupas.	KILINCCI e ONAL (2011).
<i>Fuzzy c-means</i> e rough set theory	Seleção, avaliação e desenvolvimento de fornecedores.	OMURCA (2013).
<i>Fuzzy-DEMATEL</i> e <i>Fuzzy-TOPSIS</i>	Seleção e avaliação de fornecedores “verdes” (green suppliers).	BÜYÜKÖZKAN e ÇIFCI (2012).
<i>Fuzzy Neural Network</i>	Seleção e avaliação de fornecedores em cenários com informação incompleta ambientes de produção just-in-time.	AKSOY e ÖZTÜRK (2011).
<i>Fuzzy-QFD</i>	Seleção de fornecedores considerando as relações de dependência entre os critérios.	DURŞUN e KARSAK (2013).
<i>Fuzzy-TOPSIS</i>	Seleção de fornecedores usando números fuzzy trapezoidais / Seleção de fornecedores de serviços logísticos / Seleção de fornecedores usando uma hierarquia de critérios e subcritérios / Seleção de fornecedores baseada no desempenho ambiental dos fornecedores / Seleção de fornecedores considerando fatores tangíveis.	CHEN <i>et al.</i> (2006) / BOTTANI e RIZZI (2006) / SHAHANAGHI e YAZDIAN (2009) / AWASTHI <i>et al.</i> (2010) / LIAO e KAO (2011).
<i>Fuzzy-TOPSIS</i> e <i>Fuzzy –ANP</i>	Seleção de fornecedores de longo prazo em uma companhia de telecomunicações.	ÖNÜT <i>et al.</i> (2009).
Programação multiobjetivo fuzzy	Seleção de fornecedores considerando as restrições dos tomadores de decisão.	ARIKAN (2013).
<i>TOPSIS</i> e <i>ANP</i>	Seleção de fornecedores em uma indústria eletrônica.	LIN <i>et al.</i> (2011).

Fonte: Adaptado de LIMA JUNIOR e CARPINETTI (2015).

Conforme foi possível observar nas Tabelas 2.3 e 2.4 esses métodos podem ser de abordagens simples (com técnicas que auxiliam os gestores em situações de complexidade e incerteza) ou, combinada (onde são utilizadas duas ou mais técnicas no apoio à tomada de decisão), capazes de tratar as peculiaridades de diferentes situações no processo de seleção de fornecedores (LIMA JUNIOR *et al.*, 2013a).

Na Figura 2.2 são apresentados alguns métodos de abordagens simples e combinada que mais se destacam nas organizações no apoio à tomada de decisão no processo de seleção de fornecedores.

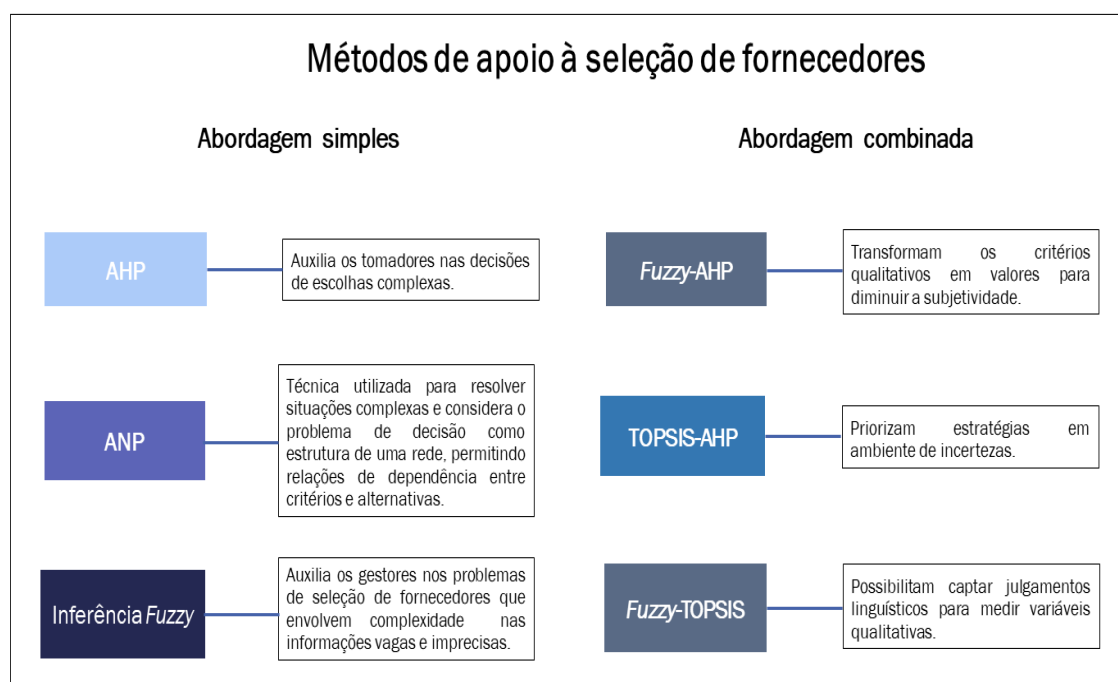


Figura 2.2 - Métodos de apoio à seleção de fornecedores.

Fonte: Adaptado de LIMA JUNIOR *et al.* (2013a).

Após análise e comparação dos diversos métodos de apoio à tomada de decisão na gestão de compras abordados na pesquisa, notou-se que a técnica mais adequada para a empresa estudada é o modelo de inferência *fuzzy*, por ser capaz de tratar diferentes escolhas envolvidas no processo de seleção de fornecedores em ambientes caracterizados por ausência de informação por está associada diretamente à crescente adoção de critérios qualitativos, sendo mais adequado para lidar com imprecisão e subjetividade (LIMA JUNIOR e CARPINETTI, 2015). Serão abordados na próxima seção o conceito e definição da lógica *fuzzy* para na sequência mostrar o método proposto no estudo.

2.4 - LÓGICA FUZZY

Lógica *fuzzy*, podendo ser chamada também de lógica difusa ou lógica nebulosa, é considerada uma extensão da lógica booleana, que admite apenas os valores “falso” [0.0] ou “verdadeiro” [1.0], no caso da teoria *fuzzy* é admitido o intervalo [0.0] e [1.0], que propõem trabalhar com a imprecisão de níveis intermediários entre esses valores, sendo muito usada por tomadores de decisão em conceitos estatísticos na geração de inferência no processo de avaliação de critérios qualitativos (BARACHO e MAGALHÃES, 2013).

Desenvolvida por Zadeh em 1965, após publicar o artigo *Fuzzy Sets*, onde redescobriu a ideia de *fuzzificação*, a lógica *fuzzy* é muito usada na área de tomada de decisão, por ter como objetivo, lidar com a presente incerteza e a imprecisão em alguns dados relacionados ao problema que modela modos de raciocínio aproximados ao invés de precisos (GALO *et al.*, 2016).

De acordo com CHEGOSKI *et al.* (2017), a lógica *fuzzy* foi introduzida primeiramente em 1930 pelo polonês filósofo e lógico Jan Lukasiewicz, por meio de estudo de termos como alto e baixo, velho e quente, propôs a utilização de um intervalo de valores [0,1], indicando uma possibilidade de ser verdadeira ou falsa. Em 1937, o filósofo Max Black definiu o primeiro conjunto *fuzzy* descrevendo algumas ideias básicas de operações (RIGNEL *et al.*, 2011).

Segundo TEIXEIRA e BARBOSA (2015), a abordagem *fuzzy* é um dos métodos bastante utilizado para resolver esse tipo de problema de critérios de avaliação de fornecedores, por ser considerada uma estruturada ferramenta necessária no processo de decisão por lidar com a subjetividade.

Os valores de classificação por critério através de variáveis linguísticas da lógica *fuzzy* se adequa às necessidades de uma ferramenta que define graus de classificação como “qualidade excelente” ou “comprometimento total” que permite o mapeamento dos valores de maneira compreensível, capturando sua intuição, ao mesmo tempo em que não se distancia da formalização do problema (CARVALHO *et al.*, 2014).

FERNEDA e DIAS (2013), destacam que a lógica *fuzzy* tem como objetivo capturar e operar a incerteza e as verdades parciais dos fenômenos da natureza com a diversidade de maneira rigorosa e sistemática. Pois esta teoria tem como aspecto, tratar da informação vaga, combinando conceitos da lógica clássica e conjuntos com graus de pertinência (CHEGOSKI *et al.*, 2017).

2.4.1 - Variáveis linguísticas

Os nomes de conjuntos *fuzzy*, considerados “valores” são variáveis linguísticas, cuja principal função é fornecer uma aproximação de fenômenos complexos de maneira sistemática, como por exemplo, “tamanho”, que pode ser definido como uma variável linguística e seus valores (termos) podem ser representados como baixo, médio e alto (RIGNEL *et al.*, 2011).

Para UYGUN e DEDE (2016), uma variável é usada para expressar o modo impreciso (linguístico) de um problema, podendo ser utilizada para tomada de decisão, pois muitas vezes os critérios de avaliação abrangem vários fatores complexos, conforme mostra a Tabela 2.5.

Tabela 2.5 - Termos e valores linguísticos.

Termos Linguísticos	Valores Linguísticos
Baixo	(1,0 3,0 5,0)
Médio	(3,0 5,0 7,0)
Alto	(5,0 7,0 9,0)

Fonte: Adaptado de UYGUN e DEDE (2016).

Segundo RIGNEL *et al.* (2011), os valores de uma variável linguística podem ser sentenças para uma linguagem específica, criada a partir de termos próprios (baixo, médio, alto).

2.4.2 - Funções de pertinência

RIGNEL *et al.* (2011), afirmam que dependendo do contexto inserido, as funções de pertinência são de diferentes formas, como pode ser considerada a variável linguística “tamanho”, constituída dos seguintes termos: $T(\text{tamanho}) = \{\text{baixo, médio, alto}\}$, que pode corresponder conjuntos *fuzzy* b, m e a, definidos por suas funções de pertinência, conforme mostra a Figura 2.3.

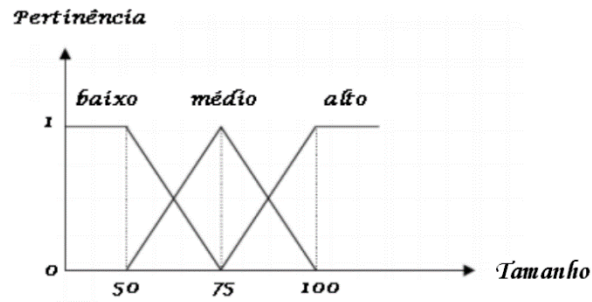


Figura 2.3 - Funções de pertinência para variável.
Fonte: Adaptado de RIGNEL *et al.* (2011).

É muito importante essa utilização de variáveis linguísticas para a tomada de decisão na modelagem do problema, pois manifesta o modo impreciso do julgamento humano, transformando em variáveis quantitativas (UYGUN e DEDE, 2016).

2.4.3 - Conjunto *fuzzy*

Segundo ROSTAMZADEH *et al.* (2015), a elaboração da teoria do conjunto *fuzzy* foi baseada na suposição de que não se resume apenas em números o elemento principal do julgamento humano, mas também em rótulos e termos linguísticos, pois é expresso pela lógica difusa um conceito de verdade parcial, podendo determinar valores entre o limite totalmente verdadeiro (1) e totalmente falso (0) (BARACHO e MAGALHÃES, 2013).

De acordo com BARACHO e MAGALHÃES (2013), idade como variável linguística com os termos (jovem, média, velho), pode ser considerada como conjunto *fuzzy*, sendo possível afirmar que um indivíduo de 22 anos é jovem e ao mesmo tempo tem idade média.

Conforme GALO *et al.* (2016), um conjunto A em X caracterizado por uma função de pertinência $\mu_A(x)$ associado a cada ponto x em X em um valor real no intervalo $[0,1]$ representando o grau de inclusão de x em A . $A(X)$ é uma função bivalente, por resultar somente um ou zero, vai depender se o elemento x pertencer ao conjunto A (LIMA JUNIOR *et al.*, 2013a). A função bivalente pode ser descrita pela Eq. (2.1).

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{se } x \in A \\ 0 & \text{se } x \notin A \end{cases} \quad (2.1)$$

Podendo ainda, corresponder por números *fuzzy* triangulares (GALO *et al.*, 2016). Na função de pertinência essas variáveis representam todo $x_i \in X$, obtida pela Eq. (2.2).

$$\mu(x_i) = \begin{cases} 0, & \text{if } x_i \leq a \\ \frac{x_i - a}{m - a}, & \text{if } x_i \in [a, m] \\ \frac{b - x_i}{b - n}, & \text{if } x_i \in [n, b] \\ 0, & \text{if } x_i \geq b \end{cases} \quad (2.2)$$

O número *fuzzy* triangular da função apresentada na Eq. (2.2) pode ser observado na Figura 2.4.

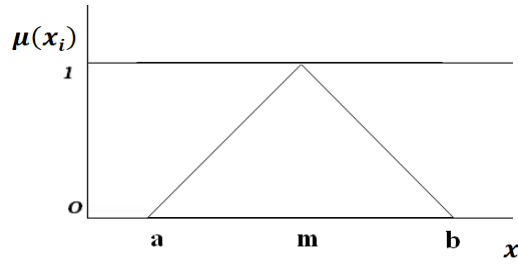


Figura 2.4 - Número *fuzzy* triangular.
Fonte: GALO *et al.* (2016).

Funções de pertinência trapezoidais são as variáveis representadas por números *fuzzy* trapezoidais (GALO *et al.*, 2016). A função de pertinência que representa todo $x_i \in X$ pode ser vista na Eq. (2.3).

$$\mu(x_i) = \begin{cases} 0, & \text{if } x_i \leq a \\ \frac{x_i - a}{m - a}, & \text{if } x_i \in [a, m] \\ 1, & \text{if } x_i \in [m, n] \\ \frac{b - x_i}{b - n}, & \text{if } x_i \in [n, b] \\ 0, & \text{if } x_i \geq b \end{cases} \quad (2.3)$$

A Figura 2.5 representa o número *fuzzy* trapezoidal da função apresentada na Eq. (2.3).

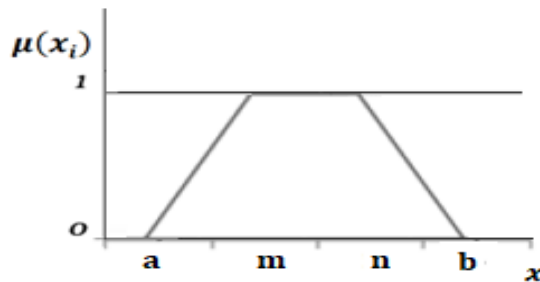


Figura 2.5 - Número *fuzzy* trapezoidal.
Fonte: GALO *et al.* (2016).

Para GALO *et al.* (2016), um conjunto *fuzzy* é normal, se e somente se, existir ao menos um elemento com $\mu A(x)=1$. Pode também ser convexo, se e somente se, $\forall x_1$ e $x_2 \in X$ e $\forall \lambda \in [0,1]$, $fA(x)[\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2] \geq \min[fA(x_1), fA(x_2)]$ e, obter por meio das operações: $A \cap B = \min(\mu A(x), \mu B(x))$, $\forall x \in X$ e $A \cup B = \max(\mu A(x), \mu B(x))$, $\forall x \in X$, a interseção e a união entre dois conjuntos *fuzzy* A e B (LIMA JUNIOR *et al.*, 2013a).

De acordo com LIMA JUNIOR *et al.* (2013a), as operações algébricas com números *fuzzy* dos conjuntos, seja $A=(a_1, b_1, c_1)$ e $B=(a_2, b_2, c_2)$, para $a_1 \geq 0$, $b_1 \geq 0$, $c_1 \geq 0$ e $a_2 \geq 0$, $b_2 \geq 0$, $c_2 \geq 0$, de adição, subtração, multiplicação e divisão podem ser observadas nas Eq. (2.4) a Eq. (2.7).

$$A + B = (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2) \quad (2.4)$$

$$A \times B = (a_1 \times a_2, b_1 \times b_2, c_1 \times c_2) \quad (2.5)$$

$$A - B = (a_1 - a_2, b_1 - b_2, c_1 - c_2) \quad (2.6)$$

$$A \div B = (a_1 \div a_2, b_1 \div b_2, c_1 \div c_2) \quad (2.7)$$

GALO *et al.* (2016), relatam ainda, que a teoria dos conjuntos *fuzzy* pode oferecer para o mapeamento das relações um caminho natural entre um conjunto e seus subconjuntos.

AFFUL-DADZIE *et al.* (2016), afirmam que para se criar base de regras para a teoria dos conjuntos *fuzzy*, utiliza-se regras matemáticas, sendo necessário um raciocínio coerente para ir ao encontro do que se pretende obter. De modo geral uma regra linguística é:

SE premissa **ENTÃO** consequência.

2.4.4 - Sistema *fuzzy*

Os sistemas *fuzzy* vêm sendo cada vez mais incorporados nos negócios, devido sua capacidade de tratar informações qualitativas, sua entrada é convertida em variável, seguida pela estrutura de inferência que avalia a base de regras que são definidas (GALO *et al.*, 2016).

Dessa forma, o sistema *fuzzy* é baseado em regras e composto por conjunto, sua técnica de inferência faz uso da lógica difusa para realização dos cálculos, existindo dois métodos de raciocínio: o método direto e de modelagem *fuzzy* (FRANÇA, 2015).

Segundo LIMA JUNIOR *et al.* (2016), a primeira vez que foi proposto o sistema de inferência *fuzzy*, foi em 1975, por Mamdani e Assilian, chamado de método direto, usado no processo de decisão, sofrendo algumas modificações desde sua versão original. Em 1983, Takagi e Sugeno propuseram o método de modelagem *fuzzy* simplificado para tomada de decisão (FRANÇA, 2015).

Conforme CHEGOSKI *et al.* (2017), na inferência *fuzzy* esses dois modelos são os que mais se destacam no apoio à tomada de decisão.

O método Mamdani transforma as variáveis de entrada em conjuntos nebulosos gerados na saída, em grandezas numéricas proporcionais. No caso do método Takagi-Sugeno processa os dados *fuzzy* de entrada junto com as regras para inferir as contribuições na saída (ANDRADE e JACQUES, 2008).

Na Figura 2.6 é possível observar a estrutura do sistema de inferência *fuzzy*, constituída por cinco elementos principais: interface de *fuzzificação*, base de regras, base de dados, estrutura de inferência e interface de *defuzzificação* (LIMA JUNIOR *et al.*, 2016).

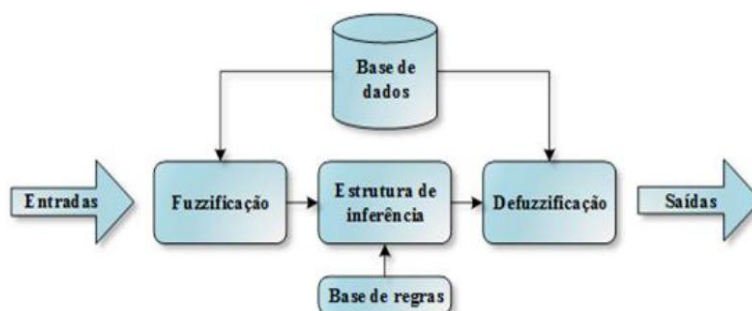


Figura 2.6 - Sistema de inferência *fuzzy*.
Fonte: GALO *et al.* (2016).

Fuzzificação: nessa etapa as variáveis linguísticas são definidas de maneira subjetiva, além das funções de pertinência. A análise do problema é englobada, bem como as definições das variáveis, funções de pertinência e criação de regiões. Diversos tipos de espaço podem ser gerados para cada variável nas definições das funções de pertinência, como triangular, trapezoidal, gaussiana e sino generalizada (CHEGOSKI *et al.*, 2017).

Base de regras: utilização de operadores de métodos de inferência e possuem estrutura geralmente formada de duas partes principais: SE <antecedente> ENTÃO <consequente> (do inglês *if-then*) que descrevem as especificidades do problema (GALO *et al.*, 2016).

Base de dados: o número de variáveis de entrada é definido pela base de informações, seus tipos, valores para os termos linguísticos, operadores *fuzzy*, sendo feito o mapeamento das variáveis linguísticas em conjuntos *fuzzy* (GALO *et al.*, 2016).

Inferência: etapa em que as regras são definidas e encaixadas de forma paralela, onde a definição das proposições, análise das regras e criação da região resultante são englobadas. A ferramenta chave da lógica *fuzzy* é a proposta do relacionamento entre as variáveis da lógica e regiões *fuzzy* (CHEGOSKI *et al.*, 2017).

Defuzzificação: os valores *fuzzy* são convertidos nessa etapa em números reais tendo um conjunto de saída matematicamente definido e, corresponde à ligação funcional entre as regiões nebulosa e o valor esperado (GALO *et al.*, 2016).

LIMA JUNIOR *et al.* (2016), relatam que para generalizar essas operações de agregação de conjuntos *fuzzy* são utilizados operadores t-norma que baseiam-se na conexão lógica “E” (do inglês AND), no momento do processamento da parte antecedente das regras de inferência, cada uma delas possui conectores “E” que representam o relacionamento entre os termos linguísticos das variáveis de entrada, definindo uma operação de união.

Para GALO *et al.* (2016), os operadores mais usados nesse caso, são o “*minimum*” e o “produto algébrico”, representados respectivamente nas Eq. (2.8) e (2.9).

$$\mu_A(x) \text{ AND } \mu_B(y) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(y)\} \quad (2.8)$$

$$\mu_A(x) \text{ AND } \mu_B(y) = \mu_A(x) \cdot \mu_B(y) \quad (2.9)$$

GALO *et al.* (2016), afirmam ainda, que é possível utilizar outros operadores na implicação, tais como, “min” e “max-min” apresentados pelas Eq. (2.10) a (2.12).

$$= \min(\mu_A(x), \mu_B(y)) \quad (2.10)$$

$$= \max(\min(\mu_A(x), \mu_B(y))) \quad (2.11)$$

$$= \max(\min(\mu_A(x, y), \mu_B(y, z))) \quad (2.12)$$

O passo seguinte, é feito para agregar as saídas das regras $\mu_{li}(x)$ em um único conjunto *fuzzy* através de um operador de agregação “max”, apresentado pela Eq. (2.13) que pode ser utilizado nessa situação (GALO *et al.*, 2016).

$$= \max(\mu_{I1}(x), \mu_{I2}(x) \dots \mu_{In}(x)) \quad (2.13)$$

A interface de *defuzzificação* finaliza a geração de saída final do sistema, onde o valor *fuzzy* é convertido, devido a agregação das regras ativadas para um valor *crisp*, ou seja, valores exatos (LIMA JUNIOR *et al.*, 2016).

FRANÇA (2015), diz que entre os métodos mais comuns de *defuzzificação* que se tem, destacam-se: o centro dos máximos, média dos máximos e o centro de gravidade (centroid).

Por ter maior comprometimento com a solução, o método do centro de gravidade é mais usado na *defuzzificação*, pois durante o cálculo do valor *crisp* de saída, é considerado todos os valores de pertinência, até os baixos (GALO *et al.*, 2016). A Eq. (2.14) descreve o cálculo de tal método.

$$CDA = \frac{\sum_{k=1}^n \mu_A(x_k) x_k}{\sum_{k=1}^n \mu_A(x_k)} \quad (2.14)$$

De acordo com LIMA JUNIOR *et al.* (2016), o método mais utilizado é o Mamdani, por ser baseado em uma estrutura simples com operações lógicas, sendo assim, este modelo será usado na pesquisa, por ser mais adequado na avaliação dos diversos critérios de seleção de fornecedores, pela subjetividade do problema.

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Com o intuito de apoiar a tomada de decisão na gestão de compras, diante da dificuldade em identificar os fornecedores mediante os critérios de seleção em determinadas situações, verificou-se a necessidade de apresentar um modelo de seleção de fornecedores utilizando o método de inferência *fuzzy*, baseado nos estudos de LIMA JUNIOR *et al.* (2013a) e GALO *et al.* (2016), definindo critérios de avaliação no qual evidencia elementos sociais e econômicos consideráveis, pois a escolha desses parceiros pode ocasionar uma relevante mudança, como melhoria na qualidade dos produtos e redução dos custos, tornando o processo mais eficiente para a organização.

A presente pesquisa é considerada como exploratória e classificada em sua natureza como qualitativa, sob dois aspectos, pesquisa bibliográfica com o propósito de identificar as abordagens dos autores para o problema no processo de seleção de fornecedores, seguido do estudo de caso através de dados simulados, apresentando um modelo proposto para o suporte à decisão na gestão de compras que garanta o atendimento das necessidades da empresa no que diz respeito às questões sociais e econômicas no sentido de redução de custos, qualidade dos produtos e confiança, sendo avaliado por especialistas na área.

O método foi aplicado em uma fundação de apoio a projetos de Pesquisa, Extensão e P&D, localizada na Zona Centro-Sul da cidade de Manaus, no Amazonas, é vinculada a um Instituto Federal para fins de coordenação administrativa. Um aspecto importante que pode ser destacado, referente à organização é a valorização de seus profissionais, na busca de ferramentas e modelos de gestão que possam otimizar os processos no atendimento aos projetos.

Para atingir o objetivo, delimitou-se a pesquisa no setor de compras, observando diferentes critérios a serem adotados pelos profissionais da instituição para melhoria no processo.

Por meio de reunião e entrevista com os especialistas na área de compras, análise de documentos da empresa e através das referências bibliográficas pesquisadas, realizou-se a coleta de dados, com a finalidade de consolidar o fundamento teórico e prático sobre

a gestão integrada de compras na tomada de decisão do processo de seleção de fornecedores, identificando as principais dificuldades encontradas.

Através das reuniões na empresa, ficou definido que oito principais fornecedores fariam parte do estudo para a compra de um produto eletrônico, a escolha do material fundamentou-se por se tratar de um equipamento muito solicitado pela fundação no atendimento aos projetos.

Na qualificação dos fornecedores o modelo proposto considerou duas etapas de decisão compostas por aspectos sociais e econômicos para a garantia no atendimento das necessidades da organização com a intenção de orientar o processo de seleção de fornecedores, através de técnicas que lidam com o modo qualitativo e quantitativo sem promover uma abordagem prescritiva por meio de levantamento de critérios.

Para a implementação computacional, utilizou-se o ambiente *Fuzzy Logic Toolbox* do *software* Matlab® versão 9.0 (R2016a), com informações preliminares que contribuíram na interação com os fornecedores, o uso dessa ferramenta teve o propósito de fornecer uma ampla visão do funcionamento do modelo.

3.1.1 - Seleção dos critérios para avaliação de fornecedores

A definição de métodos para esse caso foi realizada através de reunião e entrevista com os especialistas de compras da empresa pesquisada e, por meio de análise, a partir da simulação dos dados. Para o modelo proposto, considerou-se 6 critérios de decisão, garantindo o atendimento das necessidades da organização no que diz respeito às questões sociais e econômicas, conforme mostram as Tabelas 3.1 e 3.2.

Tabela 3.1 - Critérios sociais utilizados pela empresa para avaliação de fornecedores.

Critério Social	Definição
Relacionamento com o fornecedor	Avalia a colaboração e a confiança entre comprador e fornecedor.
Perfil do fornecedor	Compreende a capacidade técnica, posição de mercado e poder financeiro.
Flexibilidade	Consiste na habilidade de se adaptar a circunstâncias inesperadas.

Tabela 3.2 - Critérios econômicos utilizados pela empresa para avaliação de fornecedores.

Critério Econômico	Definição
Custo	Considera preço, custo de transporte, custo de processamento de pedidos e custo de armazenagem.
Qualidade	Medida de desempenho decorrente de uma avaliação ampla da gestão da qualidade na empresa fornecedora (habilidade no processo produtivo, o compromisso com a qualidade, garantia, etc.).
Entrega	Refere-se ao prazo, à confiabilidade e à conformidade de entrega.

A importância e o desempenho dos 6 critérios escolhidos foram avaliados com base no julgamento dos especialistas, a respeito dos oito fornecedores selecionados, sendo utilizados como variáveis e suas funções de pertinência que segundo GANGA *et al.* (2011), os valores são representados de forma qualitativa, dando característica à variável através de meios linguísticos e por uma função de pertinência considerada quantitativa, dando intensidade aos valores linguísticos.

3.1.2 - Análise do modelo *fuzzy* proposto

Após análise dos dados simulados e reunião com os profissionais na área para elaboração do modelo proposto, considerou-se 6 critérios para garantir o atendimento das necessidades da organização no que diz respeito às questões sociais e econômicas fundamentais, sendo utilizados como variáveis e termos linguísticos para a decisão da compra.

Nesse caso, o sistema recebeu uma pontuação para determinar o valor de cada um dos critérios, considerada como variável de entrada. Nas Figuras 3.1 e 3.2 é possível visualizar os sistemas de inferência *fuzzy* implementados para a demanda, representando a função de pertinência aplicada para obter os valores vistos como parâmetros para avaliação dos fornecedores.

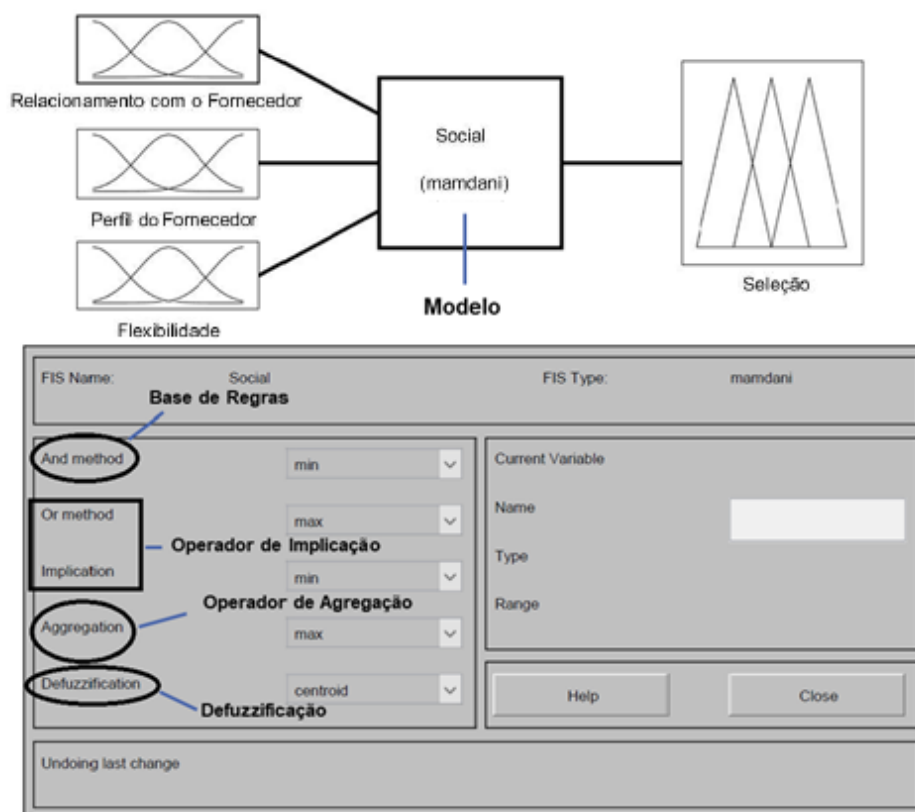


Figura 3.1 - Sistema de inferência *fuzzy* – Critérios Sociais.

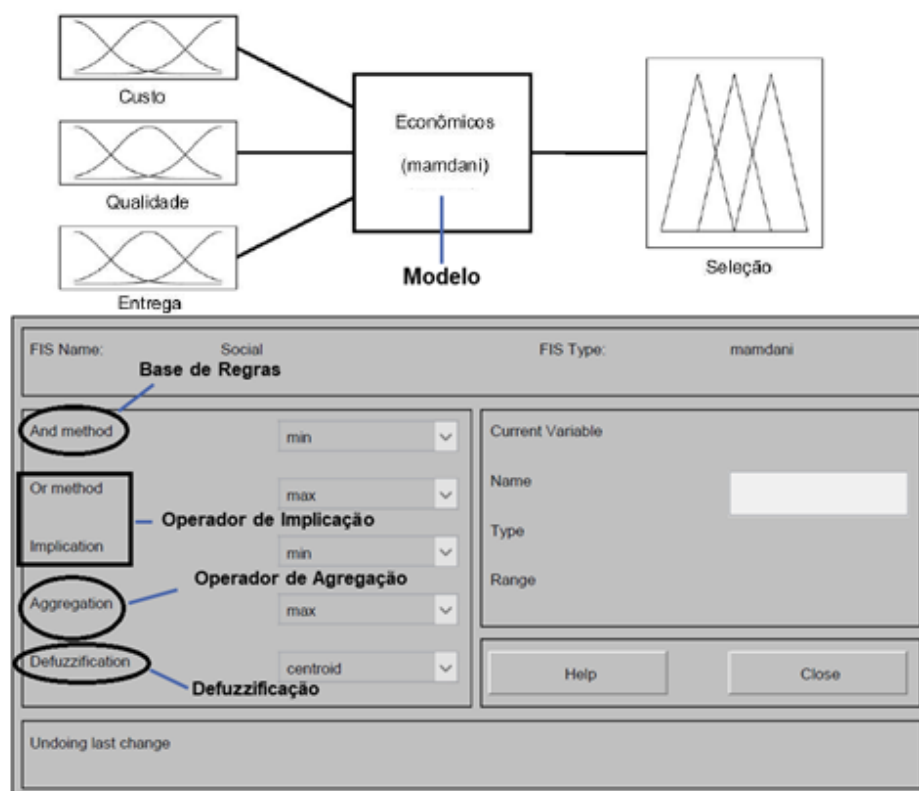


Figura 3.2 - Sistema de inferência *fuzzy* – Critérios Econômicos.

As Figuras 3.1 e 3.2 mostram os métodos definidos nos sistemas de inferência, utilizando o modelo Mamdani, por ser mais adequado para avaliação de fornecedores pela subjetividade, na base de regras usou-se o método “E” (AND), o operador de implicação foi o “mínimo”, para o operador de agregação foi escolhido o “máximo”, na *defuzzificação* optou-se pelo operador centro de gravidade (centroid).

As variáveis de entrada e saída dos sistemas são correspondidas em termos linguísticos e representam o modo de imprecisão, sendo apresentadas na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Variáveis e termos linguísticos.

Variáveis linguísticas de entrada	Termos linguísticos
Relacionamento com o fornecedor (RF)	Ruim Regular Bom
Perfil do fornecedor (PF)	Ruim Regular Bom
Flexibilidade (F)	Ruim Regular Bom
Custo (C)	Baixo Médio Alto
Qualidade (Q)	Ruim Médio Bom
Entrega (E)	Demorado Regular Rápido
Variável linguística de Saída	Termos linguísticos
Seleção	Não Selecionar (NS) Selecionar (S)

Os valores das variáveis linguísticas foram definidos para cada entrada e saída, medidos em uma escala de 0 a 10, utilizando números triangulares e trapezoidais.

Cada fornecedor pode pertencer à classe linguística “Não Selecionar” (NS) ou “Selecionar” (S), considerada como variável de saída.

A definição das funções dos critérios sociais das variáveis de entrada “Relacionamento com o fornecedor”, “Perfil do fornecedor” e “Flexibilidade”, podem ser observadas graficamente nas Figuras 3.3 a 3.5.

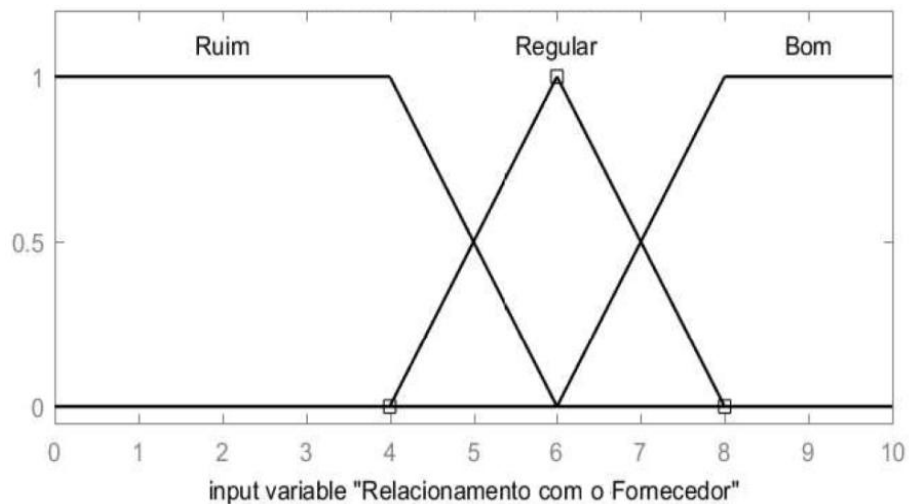


Figura 3.3 - Variável de entrada “Relacionamento com o fornecedor” do sistema de inferência *fuzzy*.

É possível observar na Figura 3.3 a variável de entrada “Relacionamento com o fornecedor”, considerada muito relevante, pois envolve questões como o atendimento, conformidade dos produtos ou serviços, disponibilidade, entre outras. Suas funções de pertinência foram distribuídas com os termos linguísticos “Ruim”, “Regular” e “Bom”, medidas numa escala de 0 a 10 tendo como base os estudos de GALO *et al.* (2016), além das consultas com os especialistas na área.

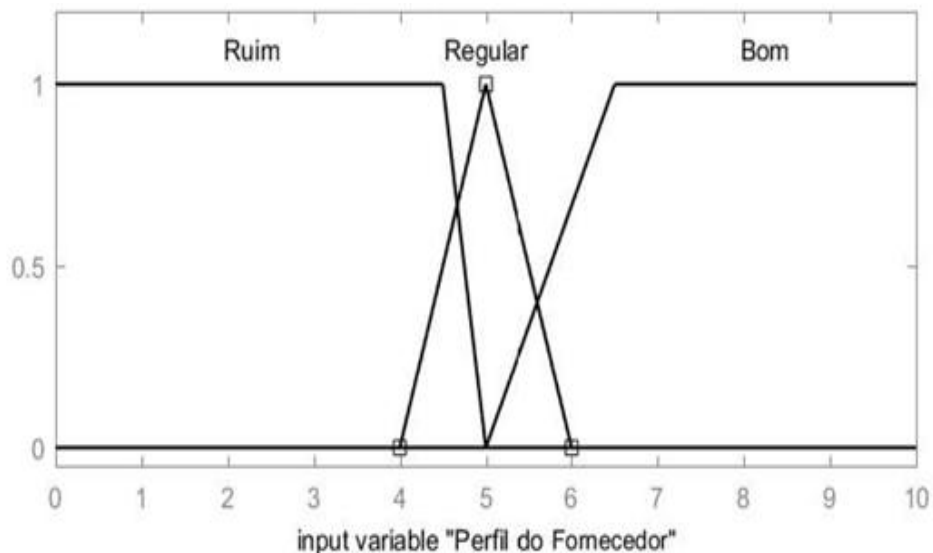


Figura 3.4 - Variável de entrada “Perfil do fornecedor” do sistema de inferência *fuzzy*.

Na definição da variável de entrada “Perfil do fornecedor”, apresentada na Figura 3.4 suas funções de pertinência também foram distribuídas com os termos linguísticos “Ruim”, “Regular” e “Bom”, medidas numa escala de 0 a 10, tendo como base os estudos

de GALO *et al.* (2016), além de consultas com os especialistas na área, sendo uma variável relevante por englobar questões como o potencial, interesses e informações da empresa.

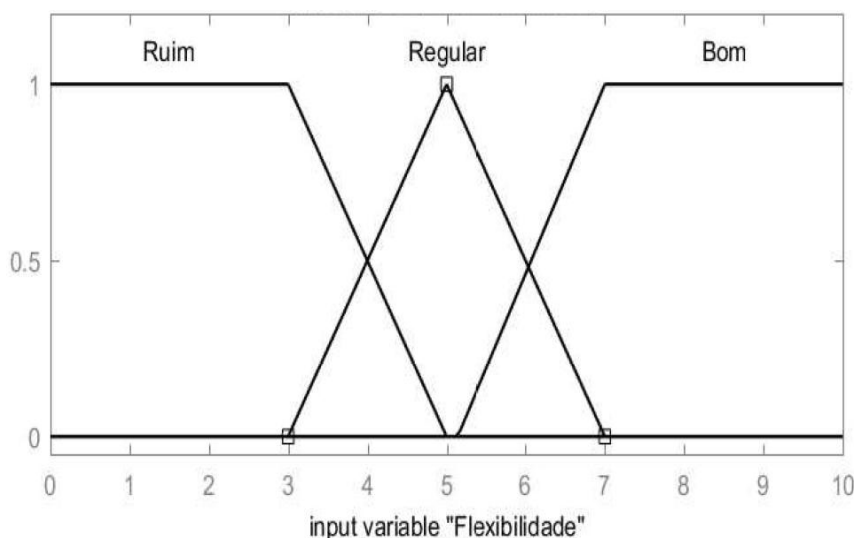


Figura 3.5 - Variável de entrada “Flexibilidade” do sistema de inferência *fuzzy*.

Na Figura 3.5 é apresentado a variável de entrada “Flexibilidade”, os termos linguísticos de suas funções de pertinência são “Ruim”, “Regular” e “Bom”, medidas numa escala de 0 a 10, com base nas reuniões com os especialistas na área e os estudos de GALO *et al.* (2016). Considera-se uma variável importante, pois envolve questões como adaptação a situações inesperadas, condições de comercialização, capacidade de mudanças de produtos ou serviços, entre outras.

As funções de pertinência do sistema de inferência *fuzzy* das variáveis de entrada dos critérios sociais podem ser observadas nas Tabelas 3.4 a 3.6.

Tabela 3.4 - Funções de pertinência da variável de entrada “Relacionamento com o fornecedor”.

Conjunto Fuzzy	Tipo	Parâmetro
Ruim	Trapezoidal	[0, 0, 4, 6]
Regular	Triangular	[4, 6, 8]
Bom	Trapezoidal	[6, 8, 10, 10]

Na tabela 3.4 a variável de entrada “Relacionamento com o fornecedor” possui três funções de pertinência, que são: “Ruim” com parâmetro [0, 0, 4, 6], “Regular” parâmetro [4, 6, 8] e “Bom”, apresentando parâmetro [6, 8, 10, 10]. Esses valores foram definidos conforme as informações dos especialistas na área, adotando os tipos de

fuzzificação trapezoidal e triangular pela simplificação e por representarem as funções de acordo com o contexto, além de serem mais adequados e objetivos para alcançar resultados otimizados na tomada de decisão.

Tabela 3.5 - Funções de pertinência da variável de entrada “Perfil do fornecedor”.

Conjunto Fuzzy	Tipo	Parâmetro
Ruim	Trapezoidal	[0, 0, 4.5, 5]
Regular	Triangular	[4, 5, 6]
Bom	Trapezoidal	[5, 6, 10, 10]

As funções de pertinência da variável de entrada “Perfil do fornecedor” são três, classificadas como “Ruim” com parâmetro [0, 0, 4.5, 5], “Regular” tendo como parâmetro [4, 5, 6] e “Bom” parâmetro [5, 6, 10, 10], conforme mostra a Tabela 3.5. A definição de seus valores foi baseada nas informações dos especialistas na área, sua *fuzzificação* foi do tipo trapezoidal e triangular por ser considerado mais simples e adequado para obter resultados otimizados na tomada de decisão.

Tabela 3.6 - Funções de pertinência da variável de entrada “Flexibilidade”.

Conjunto Fuzzy	Tipo	Parâmetro
Ruim	Trapezoidal	[0, 0, 3, 5]
Regular	Triangular	[3, 5, 7]
Bom	Trapezoidal	[5, 7, 10, 10]

A variável de entrada “Flexibilidade” apresentada na Tabela 3.6 possui três funções de pertinência, que são: “Ruim” obtendo parâmetro [0, 0, 3, 5], “Regular” com parâmetro [3, 5, 7] e “Bom” tendo como parâmetro [5, 7, 10, 10]. De acordo com as informações dos especialistas na área, adotou-se os tipos de *fuzzificação* trapezoidal e triangular pela simplificação e por representarem as funções de acordo com o contexto, além de serem mais adequados e objetivos para alcançar resultados otimizados na tomada de decisão.

Observa-se graficamente na Figura 3.6 a variável de saída “Seleção” do sistema de inferência *fuzzy* dos critérios sociais, suas funções de pertinência são apresentadas na Tabela 3.7.

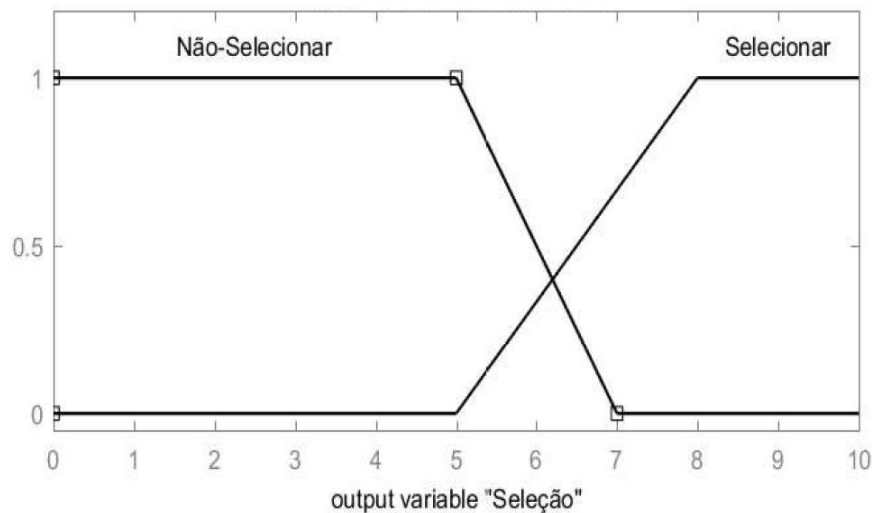


Figura 3.6 - Variável de saída “Seleção” do sistema de inferência *fuzzy* – Critérios Sociais.

Na Figura 3.6 as estratégias que determinam a variável de saída “Seleção” do sistema de inferência *fuzzy* dos critérios sociais são apresentadas, suas funções de pertinência são classificadas com os termos linguísticos “Não Selecionar” e “Selecionar”, medidas numa escala de 0 a 10, com base nos estudos de GALO *et al.* (2016), além de consultas com os especialistas na área.

Tabela 3.7 - Funções de pertinência da variável de saída “Seleção” – Critérios Sociais.

Conjunto <i>Fuzzy</i>	Tipo	Parâmetro
Não Selecionar	Trapezoidal	[0, 0, 5, 7]
Selecionar	Trapezoidal	[5, 8, 10, 10]

A variável de saída “Seleção” do sistema de inferência *fuzzy* dos critérios sociais, apresentada na Tabela 3.7 possui duas funções de pertinência, que são: “Não Selecionar” com parâmetro [0, 0, 5, 7] e “Selecionar” tendo como parâmetro [5, 8, 10, 10], o tipo de *fuzzificação* foi trapezoidal, pois de acordo com os especialistas na área esse método é simples e representa as funções conforme o contexto, além de ser mais adequado e objetivo para alcançar resultados otimizados para tomada de decisão.

As Figuras 3.7 a 3.9 apresentam graficamente as funções dos critérios econômicos das variáveis de entrada “Custo”, “Qualidade” e “Entrega”.

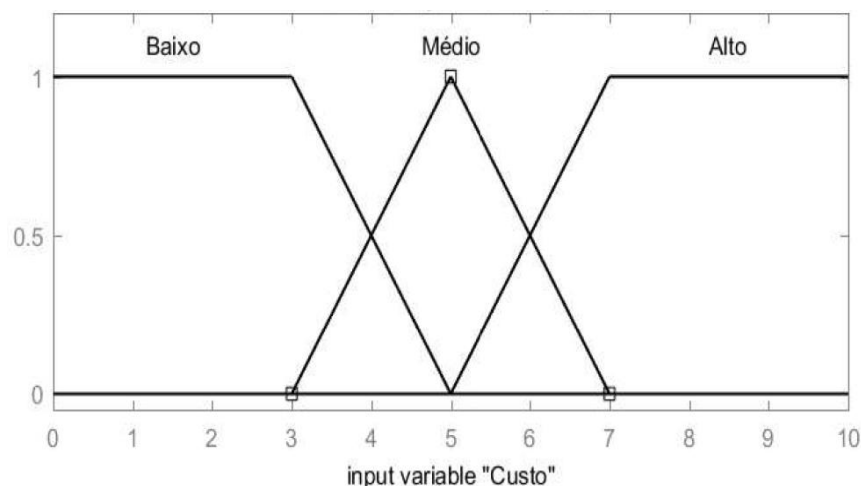


Figura 3.7 - Variável de entrada “Custo” do sistema de inferência *fuzzy*.

Na variável de entrada “Custo” apresentada na Figura 3.7 definiu-se suas funções de pertinência com os termos linguísticos “Baixo”, “Médio” e “Alto”, medidas numa escala de 0 a 10, tendo como base os estudos de GALO *et al.* (2016), além das consultas com os especialistas na área. A relevância dessa variável é vista como alta e suas estratégias devem considerar questões como preço, valores da produção, serviços, transportes, entre outras.

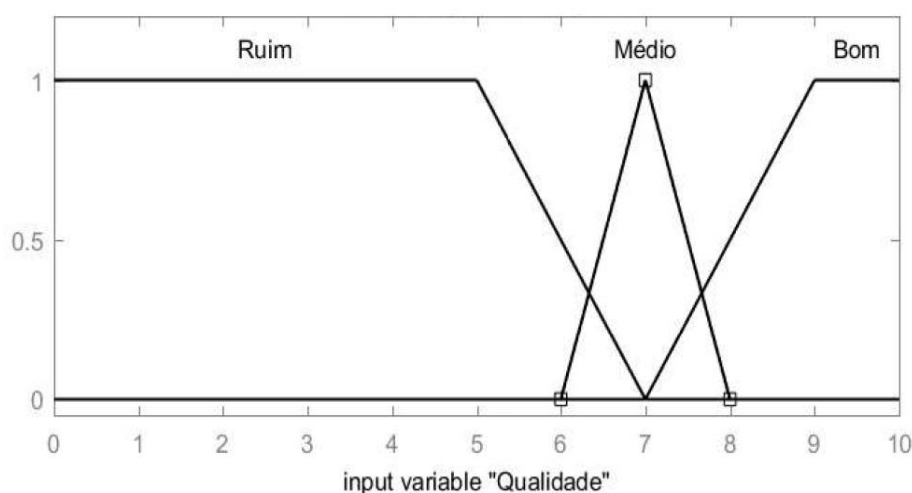


Figura 3.8 - Variável de entrada “Qualidade” do sistema de inferência *fuzzy*.

Observa-se na Figura 3.8 a variável de entrada “Qualidade” considerada também de alta relevância, pois envolve questões como habilidade, nível de satisfação, capacidade produtiva, garantia, compromisso e outras. Suas funções de pertinência foram distribuídas com os termos linguísticos “Ruim”, “Médio” e “Bom”, medidas numa escala de 0 a 10,

tendo como base as consultas com os especialistas na área e os estudos de GALO *et al.* (2016).

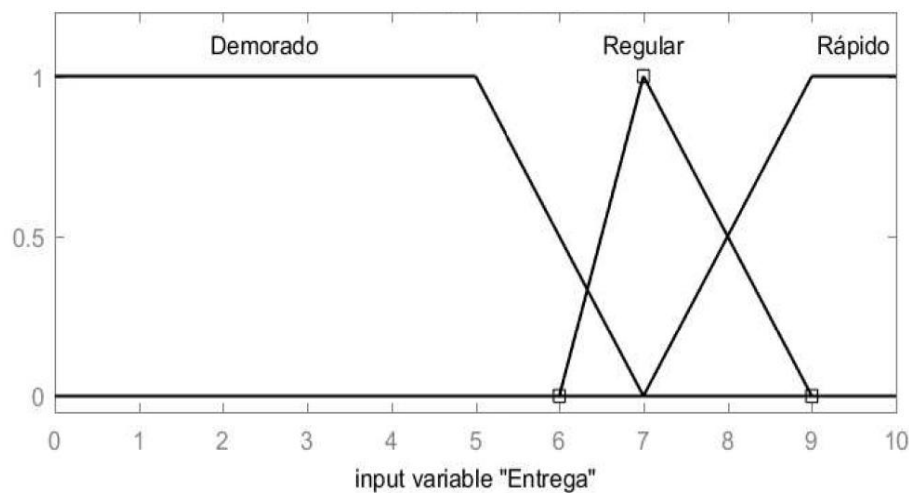


Figura 3.9 - Variável de entrada “Entrega” do sistema de inferência *fuzzy*.

A variável de entrada “Entrega”, é apresentada na Figura 3.9 e mostra suas funções de pertinência distribuídas com os termos linguísticos “Demorado”, “Regular” e “Rápido” medidas numa escala de 0 a 10, tendo como base os estudos de GALO *et al.* (2016), além das consultas com os especialistas na área. Considera-se uma variável de alta relevância por englobar questões como confiabilidade, conformidade na entrega, transporte, prazo e outras.

Nas Tabelas 3.8 a 3.10 são classificadas as funções de pertinência do sistema de inferência *fuzzy* dos critérios econômicos.

Tabela 3.8 - Funções de pertinência da variável de entrada “Custo”.

Conjunto <i>Fuzzy</i>	Tipo	Parâmetro
Baixo	Trapezoidal	[0, 0, 3, 5]
Médio	Triangular	[3, 5, 7]
Alto	Trapezoidal	[5, 7, 10, 10]

A Tabela 3.8 mostra a variável de entrada “Custo” suas funções de pertinência foram definidas como “Baixo” com parâmetro [0, 0, 3, 5], “Médio” parâmetro [3, 5, 7] e “Alto” tendo como parâmetro [5, 7, 10, 10]. Seus valores foram classificados de acordo com as informações dos especialistas na área, adotando os tipos de *fuzzificação* trapezoidal e triangular pela simplificação e por representarem as funções conforme o contexto, além de serem mais adequados e objetivos na tomada de decisão no alcance de resultados otimizados.

Tabela 3.9 - Funções de pertinência da variável de entrada “Qualidade”.

Conjunto Fuzzy	Tipo	Parâmetro
Ruim	Trapezoidal	[0, 0, 5, 7]
Médio	Triangular	[6, 7, 8]
Bom	Trapezoidal	[7, 9, 10, 10]

A variável de entrada “Qualidade” apresentada na Tabela 3.9 possui três funções de pertinência, que são: “Ruim” obtendo parâmetro [0, 0, 5, 7], “Médio” com parâmetro [6, 7, 8] e “Bom” tendo como parâmetro [7, 9, 10, 10]. Com base nas informações dos especialistas na área, adotou-se os tipos de *fuzzificação* trapezoidal e triangular pela simplificação e por representarem as funções de acordo com o contexto, além de serem mais adequados e objetivos na tomada de decisão para obter resultados otimizados.

Tabela 3.10 - Funções de pertinência da variável de entrada “Entrega”.

Conjunto Fuzzy	Tipo	Parâmetro
Demorado	Trapezoidal	[0, 0, 5, 7]
Regular	Triangular	[6, 7, 9]
Rápido	Trapezoidal	[7, 9, 10, 10]

A variável de entrada “Entrega” apresentada na Tabela 3.10 possui três funções de pertinência, que são: “Demorado” obtendo parâmetro [0, 0, 5, 7], “Regular” com parâmetro [6, 7, 9] e “Rápido” tendo como parâmetro [7, 9, 10, 10]. De acordo com as informações dos especialistas na área, adotou-se os tipos de *fuzzificação* trapezoidal e triangular pela simplificação e por representarem as funções de acordo com o contexto, além de serem mais adequados e objetivos para alcançar resultados otimizados para tomada de decisão.

A variável de saída “Seleção” é representada graficamente na Figura 3.10 e suas funções de pertinência são demonstradas na Tabela 3.11 do sistema de inferência *fuzzy* dos critérios econômicos.

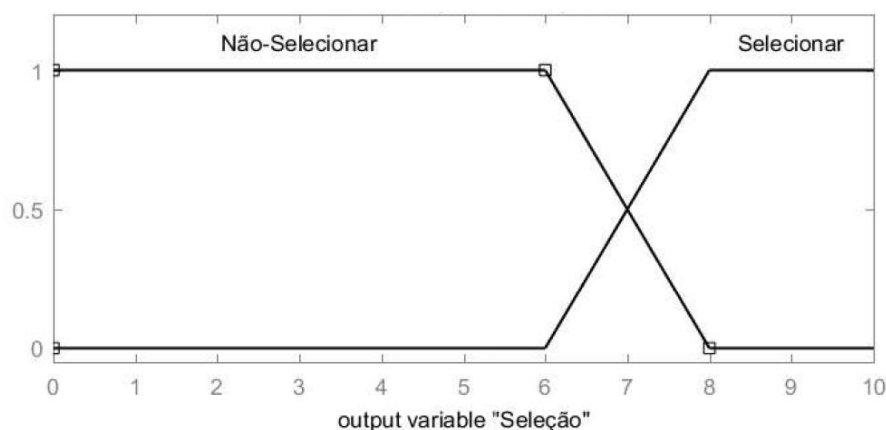


Figura 3.10 - Variável de saída “Seleção” do sistema de inferência *fuzzy* – Critérios Econômicos.

A variável de saída “Seleção” do sistema de inferência *fuzzy* para os critérios econômicos pode ser observada na Figura 3.10 e suas funções de pertinência foram classificadas com os termos linguísticos “Não Selecionar” e “Selecionar” em uma escala de 0 a 10, com base nos estudos de GALO *et al.* (2016), além de consultas com especialistas na área.

Tabela 3.11 - Funções de pertinência da variável de saída “Seleção” – Critérios Econômicos.

Conjunto <i>Fuzzy</i>	Tipo	Parâmetro
Não Selecionar	Trapezoidal	[0, 0, 6, 8]
Selecionar	Trapezoidal	[6, 8, 10, 10]

A Tabela 3.11 mostra a variável de saída “Seleção” do sistema de inferência *fuzzy* dos critérios econômicos, suas funções de pertinência foram descritas como “Não Selecionar” com parâmetro [0, 0, 6, 8] e “Selecionar” tendo como parâmetro [6, 8, 10, 10], adotou-se o tipo de *fuzzificação* trapezoidal por ser mais simples e adequado para o contexto, de acordo com os especialistas na área, facilitando a obtenção de resultados otimizados na tomada de decisão.

O número de funções de pertinência de cada variável linguística de entrada apresentada, multiplicado, resulta no número de regras *fuzzy* que irá compor a base de regras do modelo proposto. Desta forma, este cálculo gerou um total de 27 regras para cada sistema, sendo (3 x 3 x 3) para os critérios sociais e (3 x 3 x 3) para os critérios econômicos, tornando viável a implementação do modelo. Essas regras foram formatadas através da estrutura *if-then* (se-então). É possível visualizar na Tabela 3.12 a realização da parametrização da base de regras da inferência *fuzzy* dos critérios sociais.

Tabela 3.12 - Regras de inferência *fuzzy* – Critérios Sociais.

SE				ENTÃO
Regra	RF	PF	F	Seleção
1	Ruim	Ruim	Ruim	Não Selecionar
2	Ruim	Ruim	Regular	Não Selecionar
3	Ruim	Regular	Ruim	Não Selecionar
4	Regular	Ruim	Ruim	Não Selecionar
5	Regular	Regular	Ruim	Não Selecionar
6	Regular	Ruim	Regular	Não Selecionar
7	Ruim	Regular	Regular	Não Selecionar
8	Bom	Ruim	Ruim	Não Selecionar
9	Ruim	Bom	Ruim	Não Selecionar
10	Ruim	Ruim	Bom	Não Selecionar
11	Regular	Regular	Regular	Não Selecionar
12	Regular	Regular	Bom	Selecionar
13	Regular	Bom	Regular	Selecionar
14	Regular	Bom	Ruim	Não Selecionar
15	Bom	Regular	Regular	Selecionar
16	Regular	Regular	Ruim	Não Selecionar
17	Regular	Ruim	Bom	Não Selecionar
18	Bom	Ruim	Regular	Não Selecionar
19	Ruim	Bom	Regular	Não Selecionar
20	Bom	Bom	Bom	Selecionar
21	Bom	Bom	Regular	Selecionar
22	Bom	Bom	Ruim	Não Selecionar
23	Ruim	Regular	Bom	Não Selecionar
24	Regular	Bom	Bom	Selecionar
25	Ruim	Bom	Bom	Não Selecionar
26	Bom	Ruim	Bom	Não Selecionar
27	Bom	Regular	Bom	Selecionar

Na Tabela 3.13 pode ser observada a realização da parametrização da base de regras da inferência *fuzzy* dos critérios econômicos.

Tabela 3.13 - Regras de inferência *fuzzy* – Critérios Econômicos.

Regra	SE			ENTÃO
	Custo	Qualidade	Entrega	Seleção
1	Baixo	Ruim	Rápido	Não Selecionar
2	Baixo	Ruim	Regular	Não Selecionar
3	Baixo	Ruim	Demorado	Não Selecionar
4	Baixo	Médio	Rápido	Selecionar
5	Baixo	Médio	Regular	Selecionar
6	Baixo	Médio	Demorado	Não Selecionar
7	Baixo	Bom	Rápido	Selecionar
8	Baixo	Bom	Regular	Selecionar
9	Baixo	Bom	Demorado	Não Selecionar
10	Médio	Ruim	Rápido	Não Selecionar
11	Médio	Ruim	Regular	Não Selecionar
12	Médio	Ruim	Demorado	Não Selecionar
13	Médio	Médio	Rápido	Selecionar
14	Médio	Médio	Regular	Selecionar
15	Médio	Médio	Demorado	Não Selecionar
16	Médio	Bom	Rápido	Selecionar
17	Médio	Bom	Regular	Selecionar
18	Médio	Bom	Demorado	Não Selecionar
19	Alto	Ruim	Rápido	Não Selecionar
20	Alto	Ruim	Regular	Não Selecionar
21	Alto	Ruim	Demorado	Não Selecionar
22	Alto	Médio	Rápido	Não Selecionar
23	Alto	Médio	Regular	Não Selecionar
24	Alto	Médio	Demorado	Não Selecionar
25	Alto	Bom	Rápido	Não Selecionar
26	Alto	Bom	Regular	Não Selecionar
27	Alto	Bom	Demorado	Não Selecionar

Os dados foram simulados conforme os atributos apresentados pelos oito fornecedores selecionados. Nos sistemas de inferência os valores de entrada foram inseridos como variáveis *fuzzy* para o cálculo final das pontuações, sendo avaliado de acordo com a base de regras, usando o método “E” (AND), o operador “mínimo”, o operador de implicação também foi o “mínimo”, o operador de agregação escolhido foi o “máximo”, para a *defuzzificação*, optou-se pelo operador centro de gravidade, chamado também de centroid.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - APLICANDO OS RESULTADOS

O estudo procurou propor um modelo de seleção de fornecedores, objetivando uma melhoria no processo de compra. Após aplicação, os dados apresentados mostraram-se satisfatórios para os especialistas na área, por possibilitar a variação dos valores de entrada e a avaliação das saídas, permitindo uma correta e eficiente análise no apoio à tomada de decisão.

Foram desenvolvidos dois sistemas para análise, através do *software* Matlab® versão 9.0 (R2016a), utilizando a ferramenta *Fuzzy Logic Toolbox*, levando em consideração os critérios sociais e econômicos para uma possível compra de um produto eletrônico muito relevante na empresa pesquisada, sendo inseridas as variáveis de entrada para a simulação do processo do sistema *fuzzy*, onde o resultado serviu de referência na avaliação dos fornecedores.

Após definição das variáveis de entrada, o modelo de inferência utilizado para calcular o valor numérico da variável de saída, foi o Mamdani e, para a *defuzzificação*, adotou-se o método do centro de gravidade (centroid), por garantir uma superfície de controle suave e contínua que calcula o centro de massa do valor (*crisp*) por sua pertinência, que segundo CHERRI *al.* (2011), a contribuição de cada regra ativada é combinada e sua saída é o conjunto que divide a área em duas partes, considerando todos os valores de pertinência.

Observa-se na Figura 4.1 a estimativa dos valores das funções de pertinência das variáveis de entrada do sistema de inferência *fuzzy* para os critérios sociais, a partir das 27 regras estabelecidas.

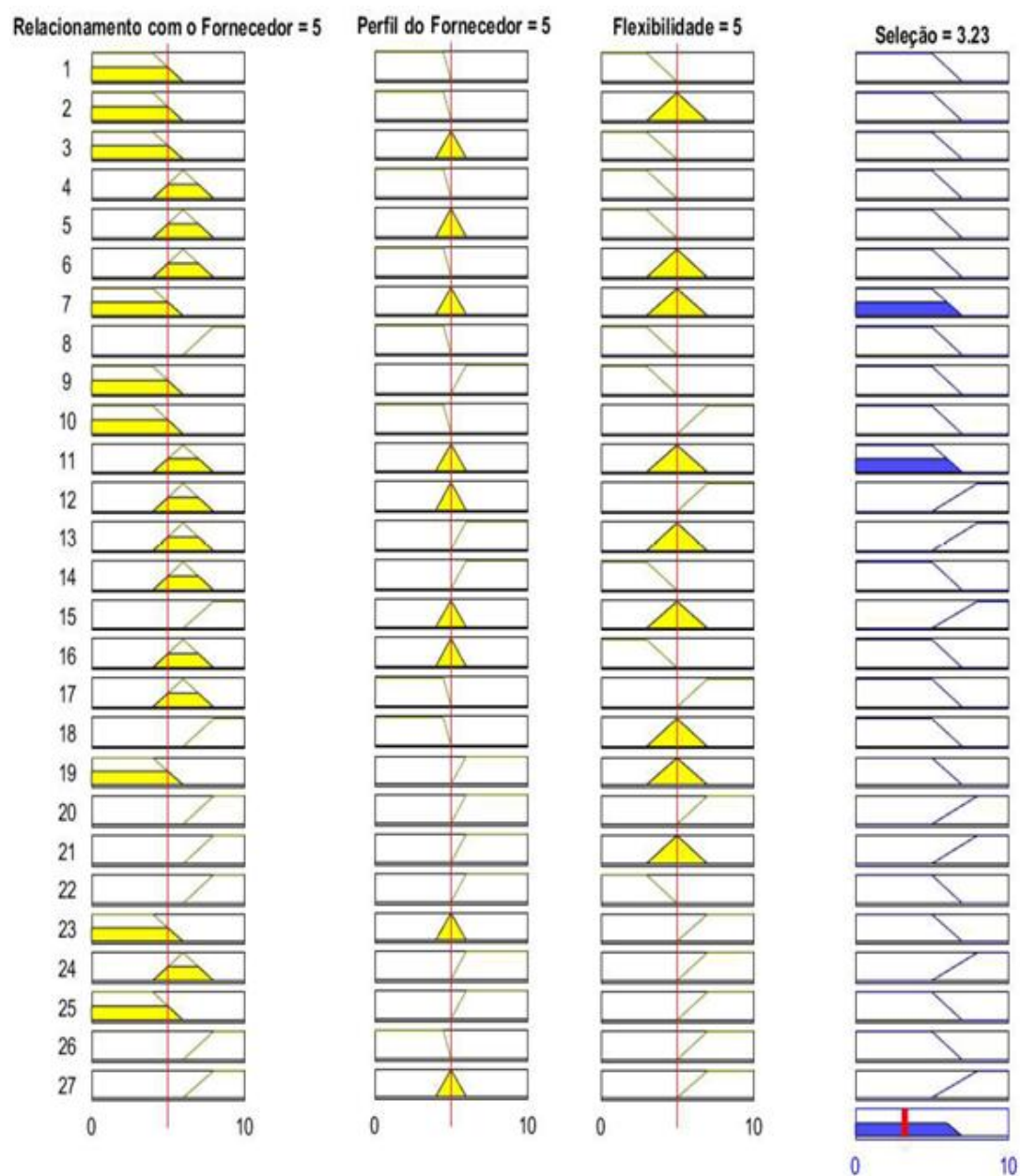


Figura 4.1 - Funções de pertinência das variáveis de entrada do sistema de inferência *fuzzy* - Critérios Sociais.

A Figura 4.2 apresenta a estimativa dos valores das funções de pertinência das variáveis de entrada do sistema de inferência *fuzzy* para os critérios econômicos, a partir das 27 regras estabelecidas.

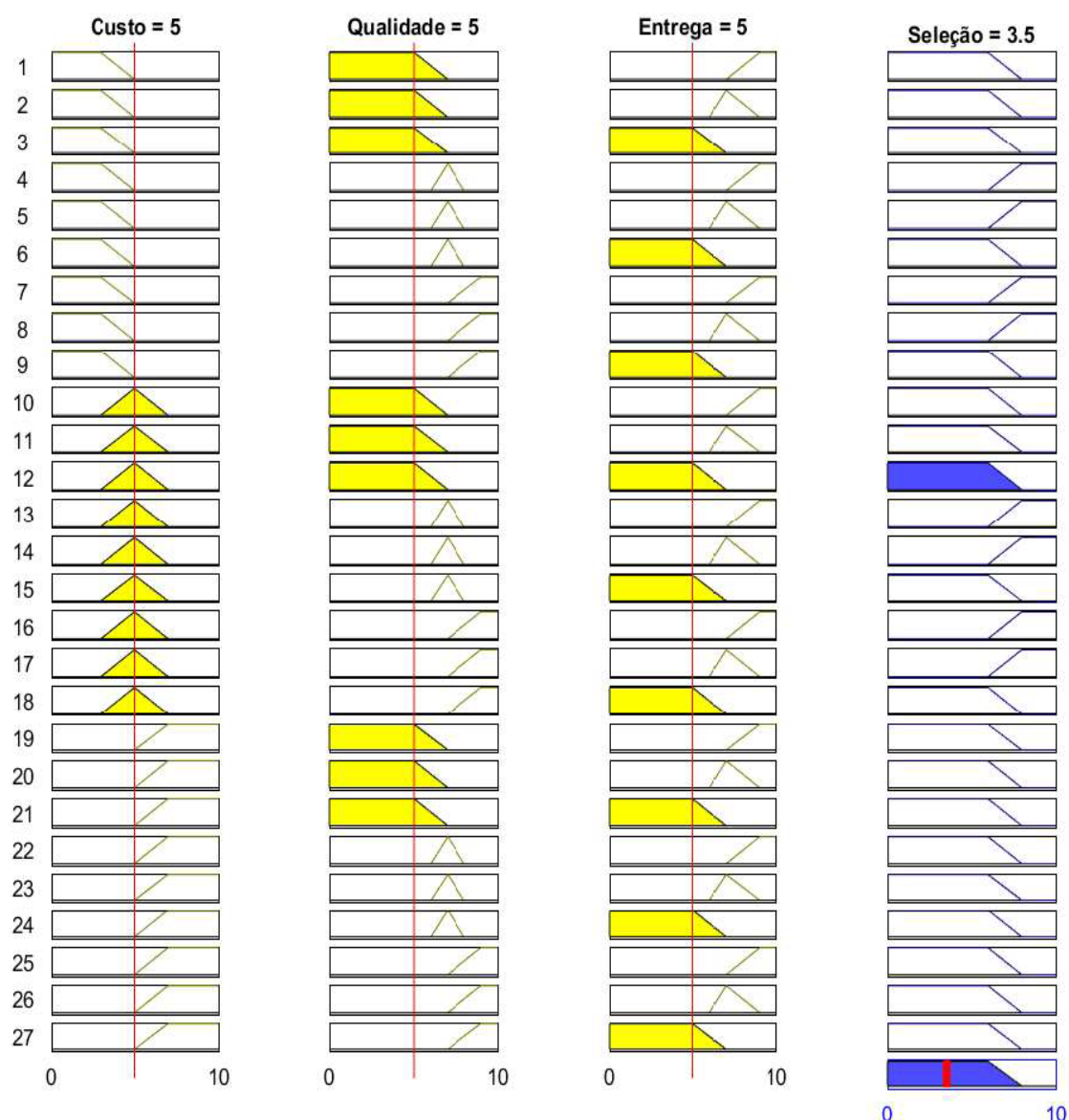


Figura 4.2 - Funções de pertinência das variáveis de entrada do sistema de inferência *fuzzy* - Critérios Econômicos.

De acordo com os dados apresentados nas Figuras 4.1 e 4.2 é possível verificar o processo de inferência *fuzzy* para as pontuações das entradas, analisando o desempenho dos fornecedores, cada linha representa uma regra de decisão dos sistemas. As três primeiras colunas à esquerda são referentes às variáveis de entrada e seus termos linguísticos, a quarta coluna exibe a variável de saída. Os conjuntos *fuzzy* estimulados pelas pontuações correspondem à parte amarela e deve ser levada em consideração na hora da avaliação, a coluna destacada em azul refere-se aos conjuntos *fuzzy* que são gerados quando cada regra é ativada, após *defuzzificação* o valor é mostrado.

O vetor das variáveis de entrada dos dois sistemas implementados é 10, para cada uma delas, sendo que os selecionados poderiam atingir uma pontuação mínima, que é 5, apresentada nos modelos, servindo como parâmetro no momento da avaliação.

Foram ativadas as regras 7 e 11 dos critérios sociais e 12 dos critérios econômicos, agregando a saída indicada no final da última coluna, apontando os valores 3.23 e 3.5, correspondentes à *defuzzificação*, que devem ser vistos na hora da análise para avaliar a pontuação dos fornecedores.

Após as regras serem ativadas, os dados podem ser simulados em 3D, conforme apresentado na Figura 4.3.

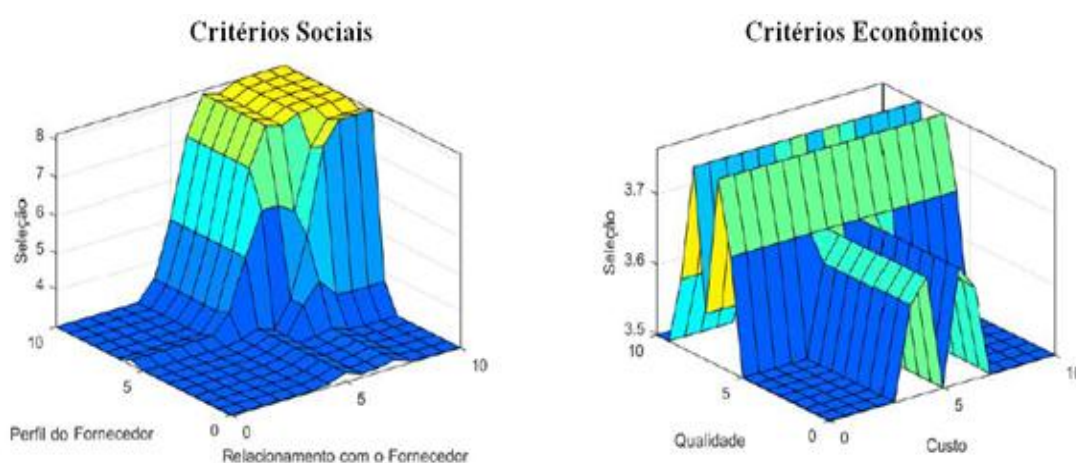


Figura 4.3 - Gráfico de superfície em 3D das variáveis de entrada e saída do sistema de inferência *fuzzy*.

O gráfico permite mostrar a visualização da superfície do mapeamento das variáveis de entrada e saída dos sistemas para os critérios sociais e econômicos. As variáveis de entrada são analisadas em combinações de pares diferentes na parte horizontal e a variável de saída pode ser vista na parte vertical.

4.1.1 - Avaliação dos fornecedores selecionados

A elaboração do modelo de seleção de fornecedores teve como base os requisitos definidos pelos especialistas da empresa estudada. Após informações obtidas, foram gerados nos dois sistemas os valores estabelecidos para cada critério como referência na avaliação dos fornecedores. Na Tabela 4.1 os valores dessas pontuações são apresentados.

Tabela 4.1 - Pontuação dos fornecedores – Critérios Sociais e Econômicos.

Fornecedor	Sociais			Econômicos		
	RF	PF	F	C	Q	E
F_1	6.37	5.53	6.3	7.06	6.43	5.5
F_2	7.2	8.06	7.54	6.06	6.4	6.37
F_3	3.85	4.31	4.08	4.83	3.02	6.83
F_4	8.21	7.21	9.05	5.96	5.91	4.79
F_5	7.6	8.36	8.21	5.29	6.82	8.87
F_6	4.77	5	5.23	4.71	7.48	7.12
F_7	8.97	8.59	6.3	5.13	7.07	6.87
F_8	7.67	7.44	7.14	4.62	8.31	7.62

As pontuações foram estimadas para cada um dos oito fornecedores escolhidos, sendo inseridos nos sistemas de inferência *fuzzy* os valores de entrada para o cálculo das pontuações finais de cada um dos atributos. Utilizou-se o método “E” (AND), o operador “mínimo” de implicação e o operador “máximo” de agregação, para a *defuzzificação*, foi escolhido o operador centro de gravidade ou centroid.

Os resultados para as inferências dos critérios sociais e econômicos podem ser observados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Resultado das pontuações finais dos fornecedores – Critérios Sociais e Econômicos.

Fornecedor	Sociais		Econômicos	
	Desempenho	Seleção	Desempenho	Seleção
F_1	5.51	S	3.76	NS
F_2	7.94	S	5	S
F_3	3.21	NS	3.58	NS
F_4	8.17	S	3.72	NS
F_5	8.06	S	7.04	S
F_6	3.62	NS	8.27	S
F_7	7.97	S	7.77	S
F_8	8.08	S	8.33	S

Analisando os resultados das pontuações de saída dos dois sistemas para os critérios sociais e econômicos, bem como o desempenho de cada um, nota-se que os fornecedores F_2, F_5, F_7 e F_8 , estão aptos para serem selecionados pela empresa compradora e, deve manter o relacionamento com os mesmos, sendo considerados parceiros potenciais no desenvolvimento de novas aquisições.

Para a identificação das melhores alternativas, foi feito a ordenação dos fornecedores, sendo classificado o peso para cada critério. Nesse caso, atribuiu-se peso 2 para os critérios sociais e peso 3 para os critérios econômicos, calculando os valores finais por meio de média ponderada.

Dessa forma, na Tabela 4.3 é possível obter os resultados apresentados.

Tabela 4.3 - Pontuação final e colocação dos fornecedores selecionados – Critérios Sociais e Econômicos.

Fornecedor	Sociais	Econômicos	Desempenho	Colocação
F_2	7.94	5	6.17	4º
F_5	8.06	7.04	7.44	3º
F_7	7.97	7.77	7.85	2º
F_8	8.08	8.33	8.23	1º

Portanto, após os resultados mostrados na Tabela 4.3, observou-se que a ordem final dos fornecedores obtida foi, $F_2 < F_5 < F_7 < F_8$, mas é importante destacar que os valores exibidos foram muito próximos, apresentando uma distância mínima de um fornecedor para o outro, sendo que o primeiro colocado obteve uma diferença de 0.38 do segundo, a distância do terceiro foi de 0.79, com relação ao quarto colocado, a diferença foi de 2.06 em comparação ao primeiro, classificada como a maior distância em comparação aos demais fornecedores. Por isso, nesse caso, para o desempenho do melhor fornecedor, é válido que a empresa selecione a alternativa que se destaque em um determinado critério que o especialista avalie como mais importante.

Este comportamento é visto de forma positiva, pois a diferença é mínima entre um fornecedor e outro, o que resulta na continuidade do relacionamento com estes, no desenvolvimento de novas aquisições.

O desempenho dos quatro melhores fornecedores é apresentado graficamente na Figura 4.4 para os critérios avaliados, destacando o fornecedor F_8 como o primeiro colocado.

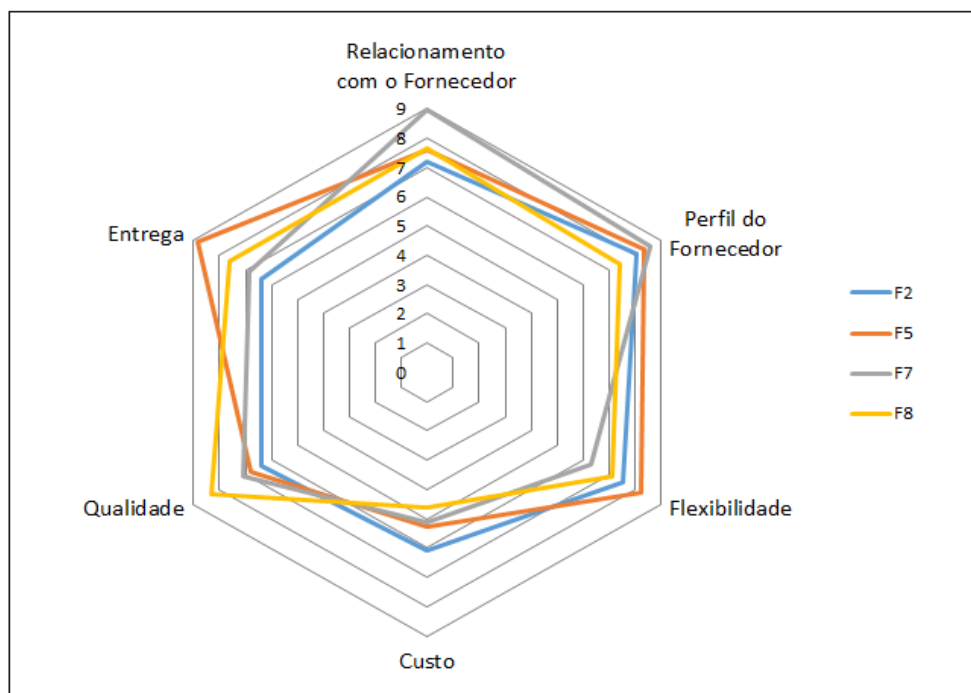


Figura 4.4 - Desempenho dos fornecedores selecionados nos critérios avaliados.

De acordo com os resultados obtidos, notou-se que metade dos fornecedores avaliados não atingiram um bom desempenho, por apresentaram custos altos, a qualidade do produto ser inferior, até mesmo, por não manter um bom relacionamento com a empresa compradora.

Com base nessas informações, é válido o desenvolvimento de técnicas de análise das atividades críticas para serem utilizadas no momento da avaliação de cada fornecedor, deve-se também adotar o uso de ferramentas para recuperação dos que não apresentaram bons resultados, além do desenvolvimento de novos fornecedores.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1 - CONCLUSÕES

Em um cenário globalizado e dinâmico é importante o uso de ferramentas que apresentam o domínio das técnicas de gestão e a criação de novas estratégias como fator que contribui imensamente no aperfeiçoamento profissional no apoio à tomada de decisão. Como a implantação de sistemas integrados que exibem de forma clara como todos os processos estão interligados e são interdependentes, aumentando a eficácia das atividades de cada setor e, conseqüentemente, dos resultados positivos da organização.

Contudo, atendendo ao principal objetivo do trabalho, procurou-se relacionar os fatores críticos para o sucesso na implementação de um modelo de sistema, através do uso da metodologia baseada em logica *fuzzy*, para a realização das aquisições solicitadas, considerando o contexto no qual a empresa está inserida, que é o Terceiro Setor, por se tratar de uma instituição sem fins lucrativos que apoia projetos de Pesquisa, Extensão e P&D, administrando verbas governamentais e privadas.

A gestão de compras é considerada muitas vezes uma atividade crítica para a organização. Diante disso, visando aumentar o poder de competitividade no mercado, a integração de suas atividades e a busca por melhoria em seus procedimentos vem crescendo cada vez mais, independente do ramo da empresa.

Dessa forma, o estudo teve o intuito de propor o uso da inferência *fuzzy* no processo de seleção de fornecedores, pois tem se mostrado uma etapa fundamental para as organizações, garantindo a sua competitividade, considerando diferentes critérios sociais e econômicos que causam impactos nas aquisições dos produtos e contratação de serviços diversos na busca por menores custos e alto nível de satisfação.

Para tal meta, foi necessária a identificação de todas as etapas do processo de compra para a criação de uma base de dados, servindo de parâmetros decisórios, gerando um modelo de inferência para realizar a avaliação dos fornecedores selecionados para aquisição de um produto eletrônico muito solicitado na instituição.

O uso das informações levantadas com o apoio dos especialistas da empresa estudada foi de suma importância para obter os valores utilizados nas comparações e simulações feitas no modelo proposto. Esses dados do desempenho dos fornecedores

fazem parte do procedimento interno da instituição, sendo o principal recurso para a classificação nos diversos critérios.

O modelo foi desenvolvido no *software* Matlab® versão 9.0 (R2016a), usando o ambiente *Fuzzy Logic Toolbox*, permitindo que essa ferramenta se tornasse prática e rapidamente aplicável às necessidades do setor de compras, obtendo uma boa interação com o utilizador.

O agrupamento dos dados apresentou alguns resultados diferentes em relação a cada variável analisada, visto como o efeito do conjunto dessas variáveis, que define a capacidade de desenvolver estratégias competitivas para as empresas.

Foram submetidas informações levantadas pelos especialistas, gerando valores para comparação de cada fornecedor selecionado. Após dados alcançados na análise, observou-se que o modelo apresentou dados relevantes para a comparação dos mesmos, onde a diferença foi mínima para cada fornecedor avaliado. Sendo que o primeiro colocado obteve uma diferença de 0.38 do segundo, a distância do terceiro foi de 0.79, com relação ao quarto colocado a diferença foi de 2.06 em comparação ao primeiro, classificada como a maior distância em comparação aos demais fornecedores.

Este comportamento é visto de forma positiva, pois a diferença é mínima entre um fornecedor e outro, o que resulta na continuidade do relacionamento com estes, no desenvolvimento de novas aquisições.

Com base nessas informações, é válido o desenvolvimento de técnicas de análise das atividades críticas para serem utilizadas no momento da avaliação de cada fornecedor, deve-se também adotar o uso de ferramentas para recuperação dos que não apresentaram bons resultados, além do desenvolvimento de novos fornecedores.

A pesquisa demonstrou a aplicação do modelo proposto em um processo de seleção de fornecedores de uma fundação de apoio a projetos diversos, tornando mais competitiva. Os benefícios alcançados pela organização incluem também os especialistas que participaram do estudo que obtiveram vantagens devido ao interesse em realizar boas práticas com o método apresentado.

Portanto, este trabalho pode servir de consulta para novos estudos sobre o tema apresentado através desta pesquisa, que independente do ramo da empresa, o modelo de inferência *fuzzy* pode ser considerado uma ótima ferramenta para a tomada de decisão, aumentando a competitividade do negócio.

5.2 - SUGESTÕES

Apesar da grande abrangência do assunto abordado, esta pesquisa limitou-se na área de compras, propondo sugestões na continuidade da metodologia e técnicas apresentadas para a aplicabilidade do modelo proposto, nos seguintes termos:

- Além das regras geradas pelo sistema de inferência, inclusão de outras, estabelecidas pelos especialistas;
- Crescimento no número de fornecedores avaliados para a comparação dos resultados do modelo, pois este estudo limitou-se apenas a um grupo de oito fornecedores de um determinado produto;
- Ampliação do modelo *fuzzy* proposto para avaliação de fornecedores nos diversos seguimentos de atividade, pois o estudo foi desenvolvido somente para seleção de fornecedores de uma fundação de apoio a projetos de Pesquisa, Extensão e P&D;
- Criação de um aplicativo computacional, visando a utilização prática dos conceitos pesquisados, usando o modelo proposto;
- Formação de ações que possuem base lógica aprofundada no uso de técnicas para estruturar o processo de seleção de fornecedores capazes de ajudar os tomadores de decisão com critérios subjetivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFFUL-DADZIE, A., AFFUL-DADZIE, E., TURKSON, C. A TOPSIS extension framework for re-conceptualizing sustainability measurement. **Kybernetes**, v. 45, n. 1, pp. 70-86, 2016.

AKSOY, A., ÖZTÜRK, N. Supplier selection and performance evaluation in just-intime production environments. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 5, pp. 351-359, 2011.

AMATO NETO, J. (org.). **Gestão estratégica de fornecedores e contratos: uma visão integrada**. São Paulo: Saraiva, 2014.

AMIN, S. H., RAZMI, J. An integrated fuzzy model for supplier management: a case study of ISP selection and evaluation. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 4, pp. 8639-8648, 2009.

AMINDOUST, A. *et al.* Sustainable supplier selection: a ranking model based on fuzzy inference system. **Applied Soft Computing Journal**, v. 12, n. 6, pp. 1668-1677, 2012.

ANDRADE, M., JACQUES, M. A. P. Estudo comparativo de controladores de Mamdani e Sugeno para controle de tráfego em interseções isoladas. **Revista Transportes**, v. 16, n. 2, pp. 24-31, 2008.

ANDRADE, F. G., REYES, B. O. V., COLMENERO, J. C. Métodos de decisão de multicritério para a seleção de fornecedores na gestão de riscos da cadeia de suprimentos: uma revisão sistemática. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 9, 2019, Ponta Grossa. **Anais eletrônicos**. Ponta Grossa: APREPRO, 2019. Disponível em: <http://aprepro.org.br/conbrepro/2019/anais/arquivos/09302019_130921_5d923199d6b4f.pdf>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2020, 15h05min.

ARIKAN, F. A fuzzy solution approach for multi objective supplier selection. **Expert Systems with Applications**, v. 40, n. 3, pp. 947-952, 2013.

ARRAES, J. P. S. A reestruturação do setor de compras da universidade de Brasília: a implantação de uma nova estrutura de compras, visando à melhoria dos processos, à redução das compras diretas e à otimização dos recursos públicos. **Future Studies Research Journal: Trends and Strategies**, v. 9, n. 2, pp. 167-187, 2017.

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, pp. 370-378, 2010.

BAI, C., SARKIS, J. Integrating Sustainability into Supplier Selection with Gray System and Rough Set Methodologies. **International Journal of Production Economics**, v. 124, n. 1, pp. 252-264, 2010.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/Logística empresarial**. Tradução de Raul Rubenich. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BARACHO, R. M. A., MAGALHÃES, A. M. Um modelo para seleção de fornecedores baseado em lógica difusa. In: XIV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 14, 2013, Florianópolis. **Anais eletrônicos**. Florianópolis: ENANCIB, 2013. Disponível em: <<http://enancib.ibict.br/index.php/enancib/xivenancib/paper/viewFile/4221/3344>>. Acesso em: 07 de janeiro de 2020, 22h51min.

BHASIN, S. Performance of Lean in large organisations. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 31, n. 3, pp. 349-357, 2012.

BORAN, F. E. *et al.* A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 8, pp. 11363-11368, 2009.

BOTTANI, E., RIZZI, A. A fuzzy TOPSIS methodology to support outsourcing of logistics services. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 11, n. 4, pp. 294-308, 2006.

BRÁS, S. A. **Seleção de fornecedores: aplicação do método AHP**. 2017. 53f. Dissertação (Mestrado em Gestão) – Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra. Coimbra, 2017.

BÜYÜKÖZKAN, G., ÇİFÇİ, G. A novel fuzzy multi-criteria decision framework for sustainable supplier selection with incomplete information. **Computers in Industry**, v. 62, n. 2, pp. 164-174, 2011.

BÜYÜKÖZKAN, G., ÇİFÇİ, G. A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 3, pp. 3000-3011, 2012.

CARVALHO, R. A., GATTS, C. E. N., AZEVEDO JUNIOR, D. P. Classificação de fornecedores por fuzzy logic. In: XXXIV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 34, 2014, Curitiba. **Anais eletrônicos**. Curitiba: ABEPRO, 2014. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART339.pdf>. Acesso em: 20 de janeiro de 2020, 21h30min.

ÇELEBI, D., BAYRAKTAR, D. An integrated neural network and data envelopment analysis for supplier evaluation under incomplete information. **Expert Systems with Applications**, v. 35, n. 4, pp. 1698-1710, 2008.

CHAN, F. T. S., KUMAR, N. Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach. **Omega**, v. 35, n. 4, pp. 417-431, 2007.

CHEGOSKI, C. S., AOKI, A. R., YAMAKAWA, E. K. Sistema de suporte à decisão fuzzy para seleção de serviços de encomendas em compras on line. **Revista técnico-científica dos Correios**, v. 1, n. 1, pp. 8-17, 2017.

CHEN, C., LIN, C., HUANG, S. A fuzzy approach for supplier evaluation and selection. **International Journal of Production Economics**, v. 102, n. 2, pp. 289-301, 2006.

CHERRI, A. C., ALEM JUNIOR, D. J., SILVA, I. N. Inferência fuzzy para o problema de corte de estoque com sobras aproveitáveis de material. **Revista Pesquisa Operacional**, v. 31, n. 1, pp. 173-195, 2011.

CINTRA, M. E. **Genetic generation of fuzzy Knowledge bases: new perspectives**. 2012. 157f. Tese (Doutorado, Departamento de Ciências Matemáticas e de Computação) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

DIAS, M., COSTA, R. F. **Manual do Comprador**: conceitos, técnicas e práticas indispensáveis em um departamento de compras. 5ª ed. São Paulo: Saraiva, 2012.

DURSUN, M., KARSAK, E. E. A QFD-based fuzzy MCDM approach for supplier selection. **Applied Mathematical Modelling**, v. 37, n. 8, pp. 5864-5875, 2013.

FERNEDA, E., DIAS, G. A. A lógica fuzzy aplicada à recuperação de informação. **InterScientia**, v. 1, n. 1, pp. 51-65, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/114971>>. Acesso em: 23 de março de 2020, 16h45min.

FRANÇA, L. V. G. **Modelo de avaliação de impacto ambiental utilizando a teoria dos conjuntos fuzzy: um estudo de caso para a indústria automobilística**. 2015. 106f.

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus Experimental de Sorocaba. Sorocaba, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/123142>>. Acesso em: 23 de abril de 2020, 14h45min.

GALO, N. R. *et al.* Inferência fuzzy aplicada à seleção de fornecedores verdes. In: XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 36, 2016, João Pessoa. **Anais eletrônicos**. João Pessoa: ABEPRO, 2016. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_226_319_29407.pdf>. Acesso em: 09 de março de 2020, 23h45min.

GANGA, G. M. D., CARPINETTI, L. C. R., POLITANO, P. Gestão do desempenho em cadeias de suprimentos usando lógica fuzzy. **Gestão & Produção**, v. 18, n. 4, pp. 755-774, 2011.

GARCÍA, N. *et al.* Supplier selection model for commodities procurement: optimized assessment using a fuzzy decision support system. **Applied Soft Computing**, v. 13, n. 4, pp. 1939-1951, 2013.

GUARNIERI, P. Síntese dos principais critérios, métodos e subproblemas da seleção de fornecedores multicritério. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 19, n. 1, pp. 1-25, 2015.

GUNERI, A. F., YUCEL, A., AYYILDIZ, G. An integrated fuzzy-lp approach for a supplier selection problem in supply chain management. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 5, pp. 9223-9228, 2009.

HSU, P., HSU, M. Optimizing the information outsourcing practices of primary care medical organizations using entropy and TOPSIS. **Quality & Quantity**, v. 42, n. 2, pp. 181-201, 2008.

HUDYMÁCOVÁ, M. *et al.* Supplier selection based on multi-criterial AHP method. **Acta Montanistica Slovaca**, v. 15, pp. 249-255, 2010.

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, pp. 247-263, 2013.

KANNAN, V. R., TAN, K. C. Supplier selection and assessment: their impact on business performance. **Journal of Supply Chain Management**, v.38, n.4, pp. 11-21, 2012.

KATSIKEAS, C. C., PAPAROIDAMIS, N. G., KATSIKEA, E. Supply source selection criteria: the impact of supplier performance on distributor performance. **Industrial Marketing Management**, v. 33, n. 8, pp. 755-764, 2004.

KILINCCI, O., ONAL, S. A. Fuzzy AHP approach for supplier selection in a washing machine company. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 8, pp. 9656-9664, 2011.

KIRYTOPOULOS, K., LEOPOULOS, V., VOULGARIDOU, D. Supplier selection in pharmaceutical industry. **Benchmarking: An International Journal**, v. 15, n. 4, pp. 494-516, 2008.

KU, C., CHANG, C., HO, H. Global supplier selection using fuzzy analytic hierarchy process and fuzzy goal programming. **Quality and Quantity**, v. 44, n. 4, pp. 623-640, 2010.

LIAO, C., KAO, H. An integrated fuzzy TOPSIS and MCGP approach to supplier selection in supply chain management. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 9, pp. 10803-10811, 2011.

LIAO, Z., RITTSCHER, J. Integration of supplier selection, procurement lot sizing and carrier selection under dynamic demand conditions. **International Journal of Production Economics**, v. 107, n. 2, pp. 502-510, 2007.

LIMA JUNIOR, F. R., CARPINETTI, L. C. R. Uma comparação entre os métodos TOPSIS e Fuzzy-TOPSIS no apoio à tomada de decisão multicritério para seleção de fornecedores. **Gestão & Produção**, v. 22, n. 1, pp. 17-34, 2015.

LIMA JUNIOR, F. R., CARVALHO, G. M. R., CARPINETTI, L. C. R. Uma metodologia baseada no modelo SCOR[®] e em inferência fuzzy para apoiar a avaliação de desempenho de fornecedores. **Gestão & Produção**, v. 23, n. 3, pp. 515-534, 2016.

LIMA JUNIOR, F. R., OSIRO, L., CARPINETTI, L. C. R. Métodos de decisão multicritério para seleção de fornecedores: um panorama do estado da arte. **Gestão & Produção**, v. 20, n. 4, pp. 781-801, 2013a.

LIMA JUNIOR, F. R., OSIRO, L., CARPINETTI, L. C. R. A fuzzy inference and categorization approach for supplier selection using compensatory and non-compensatory decision rules. **Applied Soft Computing**, v. 13, n. 10, pp. 4133-4147, 2013b.

LIN, C., CHEN, C., TING, Y. An ERP model for supplier selection in electronics industry. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 3, pp. 1760-1765, 2011.

LONGARAY, A. A. *et al.* Análise da produção científica brasileira sobre seleção de fornecedores apoiada em métodos multicritério. **Revista GEINTEC**, v. 7, n. 3, pp. 3970-3985, 2017.

MAGALHÃES, A. M. Seleção de fornecedores: um modelo de recuperação da informação baseado em logica fuzzy. **Revista Acesso Livre**, v.1, n.1, pp. 106-127, 2014.

MONTEIRO, A., TINOCO, M. A. C. Proposta de um modelo estratégico de gestão de compras de materiais e serviços em empresa de nutrição animal. **Revista Gestão Industrial**, v.11, n.4, pp. 61-84, 2015.

MOREIRA, J. P. S., LOPES, A. C. Análise da implantação do sistema de gestão integrada (SGI) em uma instituição de ensino superior. In: XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 36, 2016, João Pessoa. **Anais eletrônicos**. João Pessoa: ABEPRO, 2016. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_WIC_227_326_30187.pdf>. Acesso em: 02 de abril de 2020, 11h25min.

NACK, B. C. G. S., BONFADINI, G. J. Gestão de compras na cadeia de suprimentos: analisando os fornecedores de itens classe C (curva ABC). **Revista Estudo & Debate**, v.20, n.2, pp. 147-158, 2013.

OMURCA, S. I. An intelligent supplier evaluation, selection and development system. **Applied Soft Computing**, v. 13, n. 1, pp. 690-697, 2013.

ÖNÜT, S., KARA, S., ISIK, E. Long term supplier selection using a combined fuzzy MCDM approach: a case study for a telecommunication company. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 2, pp. 3887-3895, 2009.

ORDOOBADI, S. M. Development of a supplier selection model using fuzzy logic. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 14, n. 4, pp. 314-327, 2009. PACHECO, M. C. R., GOLDMAN, F. L. Modelos multicriteriais de apoio à decisão: o método AHP como auxílio à seleção de fornecedores em uma confecção. **Brazilian Journal of Business**, v. 1, n. 3, pp. 979–1001, 2019.

PARK, J. *et al.* An integrative framework for supplier relationship management. **Industrial Management & Data System**, v. 110, n. 4, pp. 495-515, 2010.

PRAJOGO, D. *et al.* The relationship between supplier management and firm's operational performance: a multidimensional perspective. **International Journal of Production Economics**, v. 136, n. 1, pp. 123-130, 2012.

RIGNEL, D. G. S., CHENCI, G. P., LUCAS, C. A. Uma introdução a lógica fuzzy. **Revista Eletrônica de Sistemas de Informação e Gestão Tecnológica**, v. 1, n. 1, pp. 17-28, 2011. Disponível em: <<http://periodicos.unifacef.com.br/index.php/resiget/article/view/153/10>>. Acesso em: 10 de abril de 2020, 09h20min.

RODRIGUES, L. V. S. *et al.* Using FITradeoff in a ranking problem for supplier selection under TBL performance evaluation: An application in the textile sector. **Production**, v. 30, n. 1, pp. 1-14, 2020.

ROSTAMZADEH, R. *et al.* Application of fuzzy VIKOR for evaluation of green supply chain management practices. **Ecological Indicators**, v. 49, pp. 188-203, 2015.

SHAHANAGHI, K., YAZDIAN, S. A. Vendor selection using a new fuzzy group TOPSIS approach. **Journal of Uncertain Systems**, v. 3, n. 3, pp. 221-231, 2009.

SHEN, C., YU, K. Enhancing the efficacy of supplier selection decision-making on the initial stage of new product development: a hybrid fuzzy approach considering the strategic and operational factors simultaneously. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 8, pp. 11271-11281, 2009.

SILVA, D. *et al.* Aplicação do método AHP no processo de seleção de fornecedores em uma empresa de Santa Catarina. In: XLVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 48, 2016, Vitória. **Anais eletrônicos**. Vitória: UEM, 2016. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2016/pdf/156038.pdf>>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2020, 14h20min.

SOUSA, G. F., ALMEIDA, M. L. Integração da cadeia de suprimentos: uma análise em uma organização industrial e comercial. In: XII SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIAO, 12, 2015, Resende. **Anais eletrônicos**. Resende: AEBD, 2015. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos15/23522474.pdf>>. Acesso em: 09 de março de 2020, 23h45min.

SOUZA, C. M. V. S., DIAS, A. A. Evolução em gestão de compras no setor público: uma análise dos marcos inovadores da gerência de compras da Compesa. **FACEF Pesquisa: Desenvolvimento e Gestão**, v. 18, n. 2, pp. 167-182, 2015.

SOUZA, A. F., SANTOS FILHO, J. W., SANTANA, D. P. Implementação de um sistema de gestão de compras para a empresa churrascaria Espetão II. In: CONGRESSO DE GESTÃO, NEGÓCIOS E TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO, 2, 2018, Aracaju. **Anais eletrônicos**. Aracaju: UNT, 2018. Disponível em: <<https://eventos.set.edu.br/index.php/congenti/article/view/9649/4331>>. Acesso em: 03 de abril de 2020, 16h20min.

TAM, M. C. Y., TUMMALA, V. N. R. An application of the AHP in vendor selection of a telecommunications system. **Omega**, v. 29, n. 2, pp. 71-182, 2001.

TEIXEIRA, A. C., BARBOSA, D. H. Análise do processo de qualificação, avaliação e seleção de fornecedores: estudo de múltiplos casos. **Revista Produção Industrial & Serviços**, v. 2, n. 2, pp. 1-21, 2015.

THEIßEN, S., SPINLER, S. Strategic analysis of manufacturer-supplier partnerships: An ANP model for collaborative CO2 reduction management. **European Journal of Operational Research**, v. 233, n. 2, pp. 383-397, 2014.

UYGUN, Ö., DEDE, A. Performance evaluation of green supply chain management using integrated fuzzy multi-criteria decision making techniques. **Computers & Industrial Engineering**, v. 102, pp. 502-511, 2016.

VIANA, J. C., ALENCAR, L. H. Metodologias para seleção de fornecedores: uma revisão da literatura. **Production**, v. 22, n. 4, pp. 625-636, 2012.

VIMAL, J., CHATURVEDI, V., DUBEY, A. K. Application of TOPSIS Method for Supplier Selection in Manufacturing Industry. **International Journal of Research in Engineering & Applied Science**, v. 2, n. 5, pp. 25-35, 2012.

WANG, W. A fuzzy linguistic computing approach to supplier evaluation. **Applied Mathematical Modelling**, v. 34, n. 10, pp. 3130-3141, 2010.

WU, C., BARNES, D. A literature review of decision-making models and approaches for partner selection in agile supply chains. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v.17, n.4, pp. 256-274, 2011.