



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CAMPUS AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CAROLAYNE DE PAULA FERREIRA MOTA

SELEÇÃO DE FORNECEDOR PARA INDÚSTRIA TÊXTIL: modelo multicritério
utilizando o método SMARTER

Caruaru
2024

CAROLAYNE DE PAULA FERREIRA MOTA

SELEÇÃO DE FORNECEDOR PARA INDÚSTRIA TÊXTIL: modelo multicritério
utilizando o método SMARTER

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia de Produção do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de monografia, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Decisão multicritério.

Orientador (a): Jônatas Araújo de Almeida

Caruaru

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Mota, Carolayne de Paula Ferreira .

SELEÇÃO DE FORNECEDOR PARA INDÚSTRIA TÊXTIL: modelo multicritério utilizando o método SMARTER / Carolayne de Paula Ferreira Mota. - Caruaru, 2024.

42 p : il., tab.

Orientador(a): Jônatas Araújo de Almeida

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Engenharia de Produção, 2024. Inclui referências.

1. Seleção de fornecedor. 2. Multicritério. 3. SMARTER. I. de Almeida, Jônatas Araújo. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

CAROLAYNE DE PAULA FERREIRA MOTA

SELEÇÃO DE FORNECEDOR PARA INDÚSTRIA TÊXTIL: modelo multicritério
utilizando o método SMARTER

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Engenharia de Produção do Campus
Agreste da Universidade Federal de
Pernambuco – UFPE, na modalidade de
monografia, como requisito parcial para a
obtenção do grau de bacharel em
Engenharia de Produção.

Aprovada em: 19/09/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jônatas Araújo de Almeida (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Prof. MSc. Cristiano Rodrigues Ferreira Costa (Examinador Externo)
Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT

Prof^a. Dr^a. Marina Dantas De Oliveira Duarte (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Dedico esse trabalho as minhas avós, *in memoriam*.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por me abençoar colocando pessoas incríveis durante a minha jornada, mas também, por dar forças para enfrentar os desafios.

A minha família, em especial aos meus pais Charles Mota e Cristiane Mota, e meu irmão Cássio Mota pelo apoio incondicional durante toda a minha vida, por todo acolhimento e incentivo para realizar os meus sonhos.

Ao meu orientador, Profº Dr. Jônatas de Almeida por toda dedicação, incentivo, suporte, parceria e ensinamentos durante todos esses anos de graduação.

Agradeço também a todos os integrantes do grupo de pesquisa *Modelling and Alignment of Portfolio and Strategy* (MAPS) que me apoiaram de forma direta e indiretamente, mas em especial Arsênio Neto, Maria Eduarda Xavier e Laura Marciel por todo suporte.

Aos amigos que fiz durante a jornada da graduação que dividiram os bons momentos e os momentos de dificuldade, deixando-os mais leves, e aos professores que contribuíram para a minha formação.

Decisões perfeitas são alvos a serem perseguidos de uma distância segura. Se hipoteticamente houvesse um modelo perfeito, certamente seria inadequado para apoiar decisões humanas, e a existência de alguém capaz de usar tal modelo só poderia ser explicada pela fé (Jônatas de Almeida).

RESUMO

O mercado está cada vez mais dinâmico e competitivo, de maneira que as organizações precisam gerenciar bem a cadeia de suprimentos para ter sucesso nos seus processos e se manter competitiva. Além disso, a seleção inadequada de um fornecedor pode trazer resultados negativos para as empresas, como perdas de receita e de participação de mercado. Levando isso em consideração, o presente estudo visa propor um modelo de decisão multicritério utilizando o método *Simple Multi-attribute Rating Technique Exploiting Ranks* (SMARTER) para seleção de fornecedor. A aplicação do modelo foi realizada em uma empresa de pequeno porte do segmento têxtil infantil do Agreste pernambucano. Foram considerado cinco potenciais fornecedores locais, avaliados nos critérios custo, qualidade, credibilidade e distância. O resultado obtido do valor global do fornecedor selecionado foi 0,81. A análise de sensibilidade realizada por meio da simulação Monte Carlo gerou 1.000.000 casos e em cerca de 99,63% dos casos esse fornecedor se manteve como melhor escolha. Logo, o resultado encontrado possui boa robustez e refletiu as preferências do decisor.

Palavras-chave: seleção de fornecedor; multicritério; SMARTER.

ABSTRACT

The market is increasingly dynamic and competitive, thus organizations need to manage their supply chain well to be successful in their processes and remain competitive. In addition, inadequate supplier selection can have negative results for companies, such as loss of revenue and market share. Taking this into account, this study aims to propose a multi-criteria decision model using the Simple Multi-attribute Rating Technique Exploiting Ranks (SMARTER) method for supplier selection. The model was applied to a small company in the children's textile segment in Pernambuco. Five potential local suppliers were considered, evaluated according to the criteria of cost, quality, credibility and distance. The result obtained for the overall value of the selected supplier was 0.81. The sensitivity analysis performed through Monte Carlo simulation generated 1,000,000 cases and in approximately 99.63% of the cases this supplier remained the best choice. Therefore, the result found has good robustness and reflected the preferences of the decision maker.

Keywords: supplier selection; multicriteria; SMARTER.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Modelo

26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Descrição do critério qualidade	29
Tabela 2 –	Desempenho do fornecedor no critério credibilidade	30
Tabela 3 –	Matriz de consequências	31
Tabela 4 –	Matriz valor	32
Tabela 5 –	Peso dos critérios	32
Tabela 6 –	Valor global dos fornecedores	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
ANN	<i>Artificial Neural Network</i>
APL	<i>Arranjo Produtivo Local</i>
CSCMP	<i>Council of Supply Chain Management Professionals</i>
ELECTRE	<i>Elimination et Choix Traduisant la Réalité</i>
FITradeoff	<i>Flexible and Interactive Tradeoff</i>
FMCDM	<i>Fuzzy multi-criteria decision-making</i>
MACBETH	<i>Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique</i>
MAUT	<i>Multi-Attribute Utility Theory</i>
MCDM	<i>Multiple Criteria Decision Making</i>
PROMETHEE	<i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation</i>
ROC	<i>Rank Order Centroid</i>
RS	<i>Rank Sum</i>
RR	<i>Rank Reciprocal</i>
SC	<i>Supply Chain</i>
SCM	<i>Supply Chain Management</i>
SMARTER	<i>Simple Multi-attribute Rating Technique Exploiting Ranks</i>
SMARTS	<i>Simple Multi-attribute Rating Technique using Swings</i>
TOPSIS	<i>Technique for order preference by similarity to ideal solutions</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

i	Índice Fornecedor
j	Índice Critério
z	Posição do critério no processo de ordenação dos critérios
n	Quantidade total de critérios do problema
$v_j(x_{ij})$	Valor intracritério normalizado do fornecedor i para o critério j
$v(x_i)$	Valor global do fornecedor i
x_{ij}	Desempenho do fornecedor i no critério j
w_j	Peso do critério j
C_i	Credibilidade do fornecedor i
A_i	Quantidade de avaliações do fornecedor i
M_i	Média de avaliações do fornecedor i

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	JUSTIFICATIVA DE PESQUISA	15
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	Objetivo geral	16
1.2.2	Objetivos específicos	16
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2	REFERENCIALTEÓRICO	18
2.1	CADEIA DE SUPRIMENTOS.....	18
2.2	DECISÃO MULTICRITÉRIO	19
2.3	SELEÇÃO DE FORNECEDOR COM MODELOS MULTICRITÉRIO	22
3	MODELO DE SELEÇÃO DE FORNECEDOR COM MÉTODO SMARTER	25
4	APLICAÇÃO DO MODELO A UMA INDÚSTRIA TÊXTIL DO AGRESTE DE PERNAMBUCO	29
4.1.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	33
5	CONCLUSÕES	36
	REFERÊNCIAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

Devido à necessidade de se sobressair no mercado cada vez mais competitivo, investir na qualidade dos produtos e serviços é cada vez mais essencial para as organizações, assim como oferecer preços competitivos e boa experiência ao cliente. Logo, as indústrias visam aumentar a eficiência, aliviar gargalos operacionais e atender às crescentes demandas dos consumidores. Tendo isso em vista, é importante ressaltar que tais aspectos podem ser atingidos ao manter uma boa cadeia de suprimentos.

Para isso, a escolha de um bom fornecedor é fundamental para ocasionar impactos positivos na organização. O problema de seleção de fornecedores se destaca como um dos desafios mais significativos nas estratégias de aquisição (CHIBANI et al., 2014).

Empresas da área têxtil tem o desafio maior de se sobressair no mercado, por se tratar de um segmento muito dinâmico com rápida obsolescência da moda, principalmente com o surgimento do modelo de negócio denominado *Fast fashion*, que consiste na produção de peças de vestuário em grande quantidade o mais rápido possível para conseguir responder às demandas das tendências atuais.

No cenário mundial o Brasil se encontra na 13ª posição como maior produtor mundial de têxteis, com produção de mais de US\$10,5 bilhões em 2021 (UNIDO, 2024). No segmento têxtil, Pernambuco se tornou conhecido nacionalmente por meio do polo de confecções de roupas no agreste pernambucano, que teve origem em meados de 1950 (MILANÊS, 2024). O Arranjo Produtivo Local (APL) de confecções do Agreste inicialmente foi fundado pelas cidades de Caruaru, Santa Cruz do Capibaribe e Toritama, no entanto, ao decorrer dos anos outras cidades foram sendo incorporadas, atualmente treze municípios fazem parte do APL (LIMA, 2018; ADEPE, 2023).

A indústria têxtil é fundamental na articulação e desenvolvimentos econômicos regionais com as demandas globais, operando não apenas como produtora de bens, mas também, como um eixo de inovação e design (COMPANS, 1999). Diante disso, é vital que as empresas que constituem o APL de confecções do Agreste selecionem os fornecedores de modo que resulte benefícios tanto para a organização quanto para a região local, contribuindo, por consequência, para o desenvolvimento do Brasil nesse segmento.

Para realizar a escolha adequada de um fornecedor vários aspectos podem ser considerados. Logo, a seleção de fornecedor se enquadra como um característico problema de decisão multicritério, pois requer que os indivíduos façam julgamentos e *tradeoffs* entre objetivos conflitantes. Perante o exposto, o trabalho propõe um modelo de decisão multicritério de seleção de fornecedor de tecido, da região local, que atenda os objetivos do decisor.

1.1 JUSTIFICATIVA DE PESQUISA

A crescente competição entre as empresas está impulsionando a necessidade de uma gestão eficiente da cadeia de suprimentos, na qual a implementação de estratégias adequadas se torna crucial para superar as flutuações do mercado (IVANOV et al., 2016). A seleção apropriada de fornecedores ajuda a reduzir os riscos de compra, maximizar a satisfação do consumidor e estabelecer relacionamentos lucrativos entre compradores e fornecedores (LI, 1997).

Escolher o fornecedor errado, por outro lado, pode causar problemas que podem afetar toda a empresa ou cadeia de suprimentos, especialmente no caso de tarefas críticas de aquisição (HUMPHREYS, 2007). Além disso, a decisão incorreta de selecionar um fornecedor pode trazer resultados negativos para as empresas, como perdas de receita e de participação de mercado (YOUSEFI et al., 2019). Portanto, realizar uma análise correta ao selecionar os potenciais fornecedores traz melhoria no desempenho das organizações que por consequência fortalece a estratégia competitiva.

Na indústria, a seleção de fornecedores tem um papel fundamental para apoiar o processo de aquisição de matérias-primas. Há dois conceitos fundamentais em relação ao processo de seleção de fornecedores. O primeiro abrange a determinação dos critérios adequados necessários para a avaliação do fornecedor, e o segundo é a seleção de um procedimento para usar esses critérios e obter um resultado (CHEN; CHAO, 2012).

A importância dos critérios não é constante, mas varia conforme o cenário do problema de decisão (NAVARRO et al., 2020). Portanto, uma ponderação de todos os critérios estudados deve ser considerada ao selecionar os melhores fornecedores em qualquer situação dada (ATHAWALE et al., 2009). Logo, selecionar o fornecedor

apropriado é um processo desafiador e sua complexidade aumenta com o número de critérios de seleção e fornecedores (LIU et al., 2005).

Para lidar com esse contexto de múltiplos critérios para serem alcançados, modelos de *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM) foram desenvolvidos para abordar o problema de tomar decisões usando critérios conflitantes. Esses métodos permitem que os tomadores de decisão baseiem suas escolhas em vários critérios (KASIRIAN; YUSUFF, 2013), mas não tentem obter uma solução ótima. Em vez disso, os métodos realizam procedimentos para selecionar a melhor opção que respeite a vários critérios (TRANTAPHYLLOU, 2000).

Conforme tudo que foi discutido, a seleção de fornecedor é extremamente importante para o desenvolvimento e sucesso da empresa. Além disso, devido aos pontos mencionados, é fundamental que empresas do setor têxtil realizem uma seleção criteriosa dos fornecedores. Para realizar essa seleção de forma estruturada é preciso uma metodologia que auxilie o processo de tomada de decisão e que forneça uma recomendação que atenda a vários critérios. Portanto, é de muita importância modelos que apoiem os gestores no processo de decisão multicritério de seleção de fornecedores.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O trabalho tem como objetivo propor e aplicar um modelo multicritério para seleção de fornecedor utilizando método *Simple Multi-attribute Rating Technique Exploiting Ranks* (SMARTER) em uma empresa do setor têxtil de Pernambuco.

1.2.2 Objetivos específicos

- Apresentar uma fundamentação teórica associada a seleção de fornecedores com enfoque em métodos de apoio a decisão multicritério;
- Identificar um problema real de seleção de fornecedores no contexto do APL de confecções de Pernambuco;
- Propor um modelo multicritério de seleção de fornecedor utilizando o método *Simple Multi-attribute Rating Technique Exploiting Ranks* (SMARTER);

- Aplicar o modelo proposto em uma empresa do setor têxtil de Pernambuco;
- Analisar os impactos da imprecisão do modelo por meio da análise de sensibilidade;
- Analisar os resultados e propor recomendações.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho é estruturado em cinco seções. A Seção 1 apresentou uma contextualização geral sobre o tema de seleção de fornecedor, a justificativa do trabalho e o objetivo geral e objetivos específicos. Na Seção 2 é apresentada a fundamentação teórica do estudo, na qual são abordados conceitos relacionados à cadeia de suprimentos, decisão multicritério e outros modelos multicritério de seleção de fornecedor.

O modelo proposto para seleção de fornecedor na indústria têxtil utilizando o método SMARTER é discorrido na Seção 3. Nessa seção é explicado com detalhe cada etapa que compõe o modelo. Em seguida, na Seção 4 é apresentado o desenvolvimento da aplicação do modelo em uma empresa têxtil do Agreste de Pernambuco os resultados encontrados e uma discussão sobre eles. Por fim, na Seção 5 são apresentadas as conclusões, contribuições do estudo e sugestão para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Essa seção explica e discute alguns conceitos de cadeia de suprimentos e seu gerenciamento, discute também conceitos de decisão multicritério e, por fim, apresenta outros modelos multicritério utilizados para seleção de fornecedores.

2.1 CADEIA DE SUPRIMENTOS

O *Council of Supply Chain Management Professionals* (CSCMP) define que cadeias de suprimentos (*Supply Chain* – SC) inicia com as matérias-primas não processadas e finaliza com os produtos acabados sendo consumidos pelo cliente final, os elos da SC são os clientes, os fornecedores de produtos e serviços e há, conseqüentemente, uma conexão entre muitas empresas na SC (CSCMP, 2024).

Cadeias de suprimentos é definida, segundo Pires et al. (2001), como uma rede de organizações autônomas, ou semiautônomas, que são responsáveis pela obtenção, produção e liberação de um produto e/ou serviço ao cliente final.

Gestão da cadeia de suprimentos (*Supply Chain Management* – SCM) é definida como a gestão dos relacionamentos e fluxos entre a sequência de operações e processos que produzem valor nos produtos e serviços ao consumidor final, além disso, existe a preocupação com a gestão dos fluxos de informação assim como a gestão do fluxo de produto e serviço (SLACK et al, 2018).

A gestão da cadeia de suprimentos engloba o planejamento e o gerenciamento de todas as atividades envolvidas no fornecimento, aquisição e todas as atividades de gerenciamento de logística. Além disso, abrange a coordenação e colaboração com parceiros, ou seja, há integração do gerenciamento de oferta e demanda dentro e entre as empresas (CSCMP, 2024).

O conceito de redes de suprimentos se difere de cadeias de suprimentos, logo, redes de suprimentos são constituídas por todas as operações que estão interconectadas com o propósito de fornecer produtos e serviços até o consumidor final (SLACK et al., 2018). Portanto, em grandes redes de suprimento, podem existir inúmeras cadeias de suprimento de operações vinculadas, passando por uma única operação.

Segundo Slack et al. (2018) a rede de suprimento busca atender as exigências do consumidor final fornecendo produtos e serviços apropriados por meio de suas cadeias de suprimento, conseqüentemente a rede de suprimento tem como objetivo

atender os níveis apropriados de cinco objetivos de desempenho das operações, sendo eles:

- a) **Qualidade:** O desempenho em qualidade de todas as operações que a cadeia forneceu, resulta na qualidade do produto ou serviço quando chega ao cliente. Diante disso a consequência que os erros em cada estágio da cadeia podem resultar no aumento do seu efeito sobre o serviço ao cliente final;
- b) **Velocidade:** Há dois significados para velocidade em uma cadeia de suprimentos. O primeiro refere-se ao quão rápido é o tempo transcorrido entre a solicitação de um produto ou serviço pelo cliente e o seu recebimento. O segundo é o tempo transcorrido dos bens e serviços se movimentarem ao longo da cadeia;
- c) **Confiabilidade:** Em um contexto de cadeia de suprimentos, a confiabilidade se assemelha à velocidade, no sentido de garantir uma entrega pontual mantendo excesso de recursos dentro da cadeia;
- d) **Flexibilidade:** Em um contexto de cadeia de suprimentos, a flexibilidade é a capacidade da cadeia de suprimentos de lidar com mudanças e distúrbios;
- e) **Custo:** Os custos envolvidos em cada operação para transformar seus recursos de entrada em recursos de saída.

2.2 DECISÃO MULTICRITÉRIO

Assim como na vida e em teorias acadêmicas, a decisão é normalmente entendida como sinônimo de escolha (BRUNSSON, 2007). A tomada de decisão se caracteriza quando se escolhe fazer ou não fazer algo, ou quando se escolhe fazer de determinada forma (ROY, 1996).

As decisões podem ser avaliadas de diferentes formas, tanto com a análise de um único objetivo quanto com o intuito de analisar diversos objetivos. Logo, para problemas que se deseja analisar diversos objetivos pode-se utilizar a abordagem de decisão multicritério. Segundo De Almeida (2013) o problema de decisão multicritério é definida no cenário em que há no mínimo duas alternativas e vários objetivos, sendo eles conflitantes entre si ou não.

O processo de decisão é envolvido por alguns atores que podem influenciar diretamente e indiretamente a decisão de acordo com Roy (1996) e De Almeida (2013) são eles:

- a) Decisor: determina suas preferências acerca das consequências envolvidas no problema decisório, envolvendo seu julgamento de valor, além disso, é responsável por tomar a decisão;
- b) Cliente: é alguém próximo ao decisor e que pode representá-lo quando ele não estiver disponível, logo, pode atuar tomando a decisão;
- c) Especialista: fornece informações factuais associadas às performances das alternativas;
- d) *Stakeholders*: parte interessada na resolução do problema por ser afetada, de forma que eles tentam de alguma maneira influenciar o decisor;
- e) Analista: é responsável por fornecer suporte sobre a metodologia utilizada para realizar o processo decisório. Ademais, o analista geralmente é visto como especialista ao se envolver no entendimento do problema e na aquisição de informações relevantes, dessa forma exercendo um papel de facilitador.

Uma alternativa é definida como uma ação à disposição para ser tomada pelo decisor, a fim de refletir e alcançar os diversos objetivos, o decisor estabelece critérios, também chamados de atributos, nos quais são analisados os desempenhos das alternativas (TRANTAPHYLLOU, 2000). A construção e determinação das alternativas, objetivos e critérios são explorados por Keeney (1992).

Os critérios podem ser naturais, por possuir significado comum para todos os atores, como por exemplo o custo, construídos quando não é possível exprimir o desempenho do critério de forma natural, sendo necessário criar uma escala de avaliação qualitativa, como por exemplo, o nível de satisfação do cliente em relação aos serviços oferecidos pela empresa e *proxy*, quando não é possível expressar o desempenho do critério da forma comum nem construída sendo preciso medir de maneira indireta de modo que seja possível associar ao objetivo que se deseja medir (DE ALMEIDA, 2013; RAIFFA; KEENEY, 1975).

Em problemas de decisão multicritério é preciso identificar em qual problemática ele se enquadra. Problemática é a forma de classificar o problema de decisão, logo consiste na maneira que o decisor deseja ter uma posição comparativa sobre as alternativas. Portanto, segundo Roy (1996) há as seguintes problemáticas:

- a) Problemática de escolha: retrata o problema em termos de escolha de uma “melhor” alternativa, desse modo, o objetivo é escolher uma alternativa em um conjunto de alternativas;

- b) Problemática de classificação: possui o propósito de destinar as alternativas em classes e categorias pré-definidas;
- c) Problemática de ordenação: objetiva ordenar as alternativas, ou seja, obter um *ranking*;
- d) Problemática de descrição: possui o intuito de descrever o problema, as alternativas e suas consequências para melhor entender qual decisão tomar.

Além disso, Belton e Stewart (2002) descreveram a problemática de portfólio que é um problema particular da problemática de escolha, cujo objetivo é escolher de um conjunto de alternativas um subconjunto que respeite as restrições do problema.

Uma temática importante na área de decisão multicritério é a classificação da racionalidade do decisor. A racionalidade é a forma que o decisor observa se há compensação no problema. Logo, a racionalidade é dividida em dois grupos, compensatório e não compensatório. Essa classificação é importante ao definir qual método utilizar para resolver o problema de decisão, pois a racionalidade tem influência direta na seleção de qual método aplicar porque em cada classificação métodos distintos são usados.

Em métodos compensatórios se considera a condição que é possível compensar um menor desempenho de uma alternativa em determinado critério pelo melhor desempenho em outro critério, ou seja, que pode haver um *trade-offs* entre os critérios. Por outro lado, nos métodos não compensatórios, não existem *trade-offs* entre os critérios (DE ALMEIDA, 2013).

Alguns exemplos de métodos compensatórios são o modelo aditivo determinístico e *Multi-Attribute Utility Theory* (MAUT) que foram propostos por Keeney e Raiffa (1976), o modelo aditivo com veto proposto por De Almeida (2011a, 2011b), *Flexible and Interactive Tradeoff* (FITradeoff) proposto por De Almeida et al. (2016), *Simple Multi-attribute Rating Technique using Swings* (SMARTS) e *Simple Multi-attribute Rating Technique Exploiting Ranks* (SMARTER) proposto por Edwards e Barron (1995).

Os métodos SMARTS e SMARTER se diferem na obtenção dos valores dos pesos dos critérios, ambos realizam o processo de ordenação pela primeira parte do *swing*. No entanto, na segunda parte do *swing* no SMARTS o decisor informa o peso dos critérios e no SMARTER é aplicado o *rank order centroid* (ROC) para obter os pesos dos critérios a partir da ordenação.

Exemplos de métodos não compensatórios são as famílias *Elimination et Choix Traduisant la Réalité* (ELECTRE) (ROY, 1968, 1973, 1991; ROY; HUGONNARD,

1982; YU; ROY, 1992) e *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation* (PROMETHEE) (BRANS; VINCKE, 1985; BRANS; MARESCHAL, 1992).

Para o decisor expressar a importância relativa dos critérios, pesos são elencados em métodos não compensatórios. Porém, em métodos compensatórios é necessário mais do que apenas ideia de importância relativa do critério, sendo preciso incorporar informações de escala, logo são nomeados como constantes de escala. No entanto, para efeito de simplificação linguística, as constantes de escala podem ser chamadas de pesos, desde que o significado real do parâmetro considerado respeite a definição de constante de escala.

O valor atribuído ao peso é derivado da informação subjetiva preferencial e para obtê-la há custo cognitivo e de tempo. Logo, pode ser complexo para o decisor elencar o valor dos pesos de acordo com seu julgamento de valor, de tal forma que o tomador de decisão pode ser incapaz ou não desejar fornecer essa informação precisamente (MOTA; DE ALMEIDA, 2020).

Para lidar com esse problema o uso de *surrogate weights* é utilizado na literatura para obter os pesos de modo que o decisor não precise fazer muito esforço, de maneira que é preciso o mínimo de informação possível, como a ordem dos critérios, para obter o valor do peso. Alguns *surrogate weights* são *rank reciprocal* (RR), *rank sum* (RS) e *rank order centroid* (ROC) que foram propostos por Barron e Barrett (1996). Alguns exemplos de aplicações na problemática de escolha são Ribeiro et al. (2020) e Kasim et al. (2011).

2.3 SELEÇÃO DE FORNECEDOR COM MODELOS MULTICRITÉRIO

Seleção de fornecedores vem sendo abordado como um problema de decisão multicritério que possui como objetivo principal encontrar fornecedores adequados que sejam capazes de oferecer à organização compradora produtos e serviços com a qualidade pretendida, preços justos, no tempo correto e na quantidade estabelecida (HA; KRISHNAN, 2008; BORAN et al., 2009).

A seleção de fornecedores é presente em diversas áreas e segmentos de mercado. Logo, a aplicação de metodologias multicritério perpassa várias esferas, Santos e Souza (2021) utilizaram o método *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique* (MACBETH) para seleção de fornecedor de polvilho azedo em uma fábrica de biscoito de polvilhos, nesse trabalho os critérios estabelecidos nas

características de qualidade foram teor de padronização, teor de pureza, teor de acidez e processo de produção, já nas características financeiras os critérios estabelecidos foram custo de aquisição direto do produto e distância do fornecedor. Silva (2016), aplicou o método FITradeoff para seleção de fornecedor em uma organização do setor avícola, nesse estudo os critérios foram credibilidade, flexibilidade, preço e qualidade.

Outro campo que é necessário ter atenção na seleção do fornecedor é no transporte marítimo. Para garantir uma boa condição de uso dos navios é necessário passar por pesquisas e inspeções e para isso é preciso obter consistentemente suprimentos marítimos adequados e com a quantidade regular de uso a bordo. Os suprimentos marítimos podem ser categorizados em peças, estoques, bunkers e lubrificadores. Esses aspectos são levados em consideração no modelo proposto por HSU et al. (2016), que explora esse problema utilizando os critérios termos de oferta, capacidade de fornecimento, controle de risco, qualidade, imagem e desempenho de serviço utilizando o método *fuzzy multi-criteria decision-making* (FMCDM) com adaptações.

A seleção de fornecedores é um processo crítico no setor de saúde, no qual a escolha do fornecedor certo é vital para atingir os níveis de desempenho desejados (Saha et al 2024). Venkatesh et al. (2015) explora a aplicação do método fuzzy hierarchical TOPSIS (*technique for order preference by similarity to ideal solutions*) no processo de seleção de fornecedores na indústria de fabricação de bolsas de sangue. A abordagem deles envolveu a criação de uma estrutura para identificação de critérios com base em uma fusão de revisão de literatura e insights de especialistas, no total foram 6 dimensões e 17 critérios utilizados no trabalho.

Fashoto et al. (2016) desenvolveram um modelo de suporte à decisão adaptado para avaliar fornecedores em serviços de saúde institucionais terciários. Este modelo combinou o processo de *analytic hierarchy process* (AHP) com uma *artificial neural network* (ANN) para aumentar a precisão.

A seleção de fornecedor pode ocorrer de forma geral para organização, assim como pode ter a seleção de fornecedor para um projeto em específico desenvolvido pela empresa. A seleção de fornecedores em projeto é um fator decisivo para o seu sucesso, pois esses fornecedores estão presentes em todo o ciclo de vida do projeto, Alencar et al. (2007) apresenta uma sistemática para seleção de fornecedores para projetos do setor privado, utilizando modelagem de apoio de decisão multicritério, no ambiente da construção civil.

É importante ressaltar que os critérios utilizados nos trabalhos citados foram estruturados conforme o problema de decisão enfrentado, logo, para cada problema de decisão de seleção de fornecedor os critérios devem ser modelados considerando a especificidade do problema.

3 MODELO DE SELEÇÃO DE FORNECEDOR COM MÉTODO SMARTER

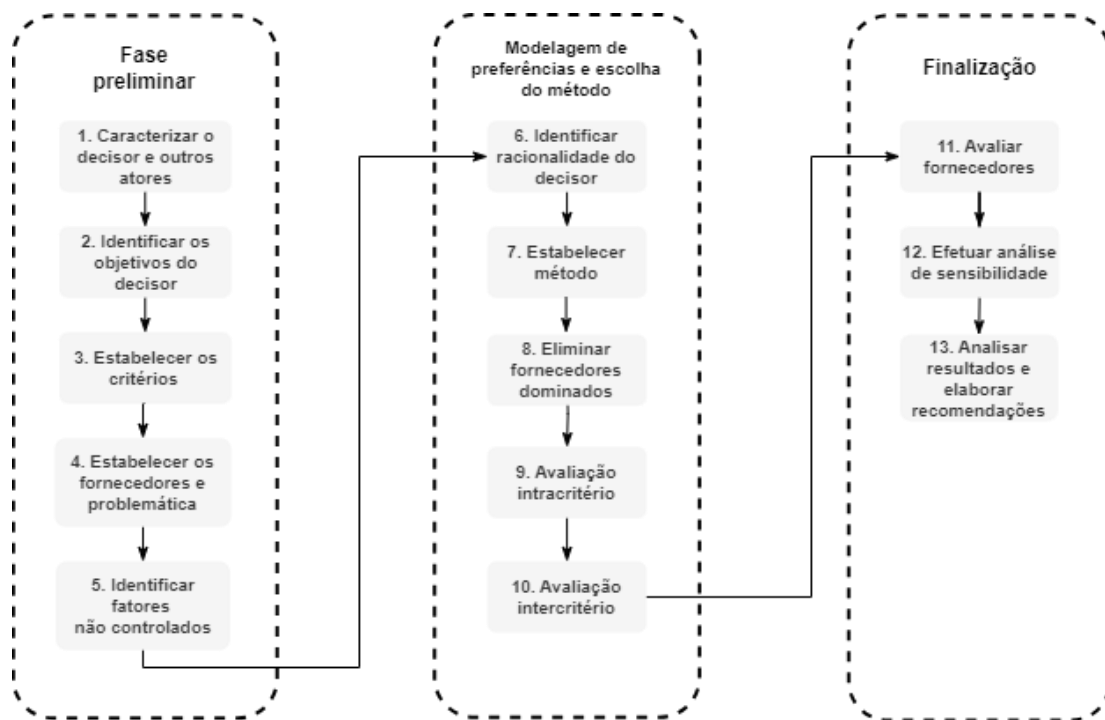
A seleção adequada de um fornecedor pode impactar a qualidade dos produtos e serviços oferecidos, mas também, os custos envolvidos na produção (KANNAN; TAN, 2002). Portanto, é necessária atenção ao selecionar o fornecedor sendo recomendada uma metodologia que inclua as necessidades da organização. O modelo para seleção de fornecedor proposto neste trabalho é uma adaptação do *framework* apresentado por De Almeida (2013) para resolução de problemas de decisão multicritério. O *framework* foi adaptado para incorporar as etapas que compõe o método SMARTER. O modelo é representado conforme a Figura 1, no qual possui três fases. A primeira é a “Fase preliminar”, ela é constituída por cinco etapas. A Etapa um da “Fase preliminar” é caracterizar o decisor e outros atores. O decisor é a pessoa responsável por tomar a decisão, no geral, o decisor é um indivíduo que possui autoridade e capacidade de implementar ou articular a implementação da decisão, em um contexto empresarial se destaca os gerentes e executivos.

Por outro lado, no processo decisório há outros atores que podem influenciar a decisão, são eles os *stakeholders*, especialistas, assessor e analista, contudo eles não interagem na integração ou construção de preferências conjuntas, mas estão envolvidos no processo de coleta de informações. Nesse problema alguns especialistas podem dar suporte, como os especialistas de qualidade e produção.

Na Etapa dois, são identificados os objetivos do decisor com o intuito de expressar os valores dele. Na Etapa três, são estabelecidos os critérios que representam os objetivos mapeados. A estrutura do espaço de ações, no qual os fornecedores avaliados e a problemática são estabelecidos é referente a Etapa quatro.

A identificação dos fatores não controlados, Etapa cinco, fundamenta-se em avaliar e identificar fatores pertinentes que o decisor não possui controle. Alguns fatores não controláveis nesse contexto são o aumento do preço dos fornecedores que pode acontecer por diversos fatores como aumento do preço da matéria prima utilizada por eles, economia do país e dinâmicas de oferta e demanda do mercado. Além disso, há outros fatores não controláveis relacionados aos fornecedores, como o aumento do custo do frete e atraso na entrega do material.

Figura 1 – Modelo



Fonte: Adaptado por De Almeida (2013).

A segunda Fase é a “Modelagem de preferências e escolha do método”, ela é constituída por cinco etapas. Na Etapa seis é identificada a racionalidade do decisor, que pode ser compensatória ou não compensatória. Se configura como racionalidade compensatória quando há compensação de um menor desempenho de um fornecedor em um determinado critério pelo melhor desempenho em outro critério. Por outro lado, se configura como racionalidade não compensatória quando não há essa compensação de desempenho dos fornecedores entre os critérios.

Em seguida, na Etapa sete é estabelecido o método para resolução do problema de decisão multicritério. Nesse modelo devido a problemática ser de escolha, o decisor possui racionalidade compensatória e apenas fornecer informações parciais sobre as constantes de escala, que são mencionadas como pesos no trabalho para simplificação, o método estabelecido foi o *Simple Multi-attribute Rating Technique Exploiting Ranks* (SMARTER), proposto por Edwards e Barron (1994). É importante ressaltar que o método SMARTER possui nove etapas, no entanto, algumas etapas do processo de estruturação do problema já estão incluídas no *framework* da Figura 1.

Na Etapa oito é efetuada a eliminação dos fornecedores dominados. A relação de dominância se qualifica quando o desempenho de um fornecedor nos critérios é igual e menor em pelo menos um critério em comparação com outro fornecedor. Para

concluir a fase de “Modelagem de preferências e escolha do método” são realizadas as avaliações intracritério e intercritério, Etapa nove e dez, respectivamente. Na avaliação intracritério é efetuado o procedimento de normalização por meio da transformação de escala, de acordo com a Equação 1.

$$v_j(x_{ij}) = \frac{x_{ij} - \text{Pior } x_j}{\text{Melhor } x_j - \text{Pior } x_j} \quad (1)$$

Onde, x_{ij} é o desempenho do fornecedor i no critério j , $\text{Pior } x_j$ é o pior desempenho do critério j , $\text{Melhor } x_j$ é o melhor desempenho do critério j e $v_j(x_{ij})$ é o valor intracritério normalizado entre $0 \leq v_j(x_{ij}) \leq 1$, cujo zero expressa o pior desempenho e um representa o melhor.

Na avaliação intercritério é realizado o processo de obter os pesos dos critérios. Logo, para adquirir os pesos primeiramente é preciso realizar a primeira parte do *Swing* para a ordenação dos critérios. O *Swing* consiste em inserir na matriz de avaliação um fornecedor hipotético com pior desempenho em todos os critérios e questiona-se ao decisor: "Se você fosse obrigado a escolher esse fornecedor, mas pudesse escolher um dos critérios para passar do pior desempenho para a melhor desempenho, qual critério você escolheria?", esse critério terá a primeira posição na ordenação. Em seguida, é realizada outra pergunta semelhante à anterior, no entanto, retirando o critério que já foi escolhido para outro critério ser apontado. O processo é continuado da mesma forma até que todos os critérios tenham sido avaliados e a ordenação seja concluída.

Após conseguir a ordem de importância dos critérios por meio do *Swing* é possível obter o valor dos pesos dos critérios a partir do *Ranking Ordering Centroid* (ROC) de acordo com a Equação 2.

$$w_j = \frac{1}{n} \sum_{z=j}^n \frac{1}{z} \quad \text{para todo } j = 1, \dots, n. \quad (2)$$

Onde, w_j é o peso do critério j em análise, n é a quantidade total de critérios do problema e z é a posição do critério no processo de ordenação dos critérios.

A terceira fase é a “Finalização”, ela é constituída por três etapas. Na etapa onze, avaliar os fornecedores, é realizada a agregação aditiva para adquirir o valor global de cada fornecedor, a Equação 3 exibe a fórmula para esse processo. Onde, $v(x_i)$ representa o valor global do fornecedor i .

$$v(x_i) = \sum_{j=1}^n w_j v_j(x_{ij}) \quad (3)$$

Após conseguir o valor global dos fornecedores, se inicia a análise de sensibilidade, Etapa doze. Essa análise é realizada para verificar a robustez dos resultados encontrados, para efetuar a análise utiliza-se a técnica Monte Carlo. A técnica Monte Carlo é empregada em sistemas complexos, em que pode modificar as prováveis variáveis em conjunto e explorar seu resultado sintético através da amostragem de valores de entrada repetidamente em suas determinadas distribuições de probabilidade (CHEN et al., 2011).

Para concluir é efetuada a Etapa treze, analisar resultados e elaborar recomendações, os resultados encontrados na etapa anterior serão examinados e avaliados para traduzir o que foi obtido e elaborar a recomendação para o decisor.

4 APLICAÇÃO DO MODELO A UMA INDÚSTRIA TÊXTIL DO AGRESTE DE PERNAMBUCO

A aplicação do modelo proposto foi realizada em uma empresa de pequeno porte localizada no Agreste de Pernambuco na cidade de Caruaru. A empresa atua no setor de confecção de roupas infantis.

A aplicação do modelo inicia na “Fase preliminar” na qual a Etapa um é caracterizado o decisor, o próprio gestor da empresa, mas também atua como especialista para avaliar a qualidade dos tecidos fornecidos pelos fornecedores. Os demais colaboradores da organização atuam como Stakeholders e esse problema de decisão teve apoio de um analista para suporte metodológico. Na Etapa dois, são identificados os objetivos do decisor que é selecionar um fornecedor que atenda aos padrões de qualidade, possua bom preço, pontualidade na entrega e não seja muito distante da organização. Em seguida, Etapa três, os critérios estabelecidos pelo decisor para seleção do fornecedor, foram:

- a) Custo: valor monetário de aquisição do tecido, logo, foi selecionado um tipo específico de malha que possui alta relevância para empresa por ser utilizada pela maioria das roupas fabricadas. Portanto, o custo é composto pelo custo unitário da aquisição da malha e os custos referentes ao deslocamento até a localização do fornecedor, uma vez que a empresa utiliza veículo próprio para buscar o tecido no fornecedor. É um critério quantitativo de minimização;
- b) Qualidade: foi realizada a avaliação do especialista de cada fornecedor conforme a tabela 1, esse critério é qualitativo de maximização;

Tabela 1 – Descrição do critério qualidade

Valor	Descrição
1	Muito baixa: O fornecedor nunca fornece a malha sem possuir muitos defeitos no tecido como fios puxados, rasgos e manchas.
2	Baixa: O fornecedor raramente fornece a malha sem possuir muitos defeitos no tecido como fios puxados, rasgos e manchas.
3	Média: O fornecedor às vezes fornece a malha sem possuir defeitos no tecido como fios puxados, rasgos e manchas.
4	Alta: O fornecedor muitas vezes fornece a malha sem possuir defeitos no tecido como fios puxados, rasgos e manchas.
5	Muito alta: O fornecedor sempre fornece a malha sem possuir defeitos no tecido como fios puxados, rasgos e manchas.

Fonte: A autora (2024).

- c) Distância: é um critério quantitativo de minimização, a mensuração é a quantidade de km que separa o fornecedor e a empresa, uma vez que a empresa buscará os tecidos com recursos próprios. Além disso, é importante destacar que o decisor desejava um fornecedor local para estabelecer parceria com uma empresa do APL;
- d) Credibilidade: é um critério qualitativo de maximização que busca refletir a confiança que o fornecedor cumprirá com o fornecimento do tecido dentro do prazo e qualidade acordados. Para mensuração, foram utilizadas as avaliações do Google. Todavia, alguns fornecedores contam com um número insuficiente de opiniões para oferecer uma estimativa assertiva e confiável. Logo, foi realizado um cálculo para normalizar essas avaliações e torná-las mais próximas da realidade. Portanto, foi definido o mínimo de dez avaliações para que o índice de credibilidade seja totalmente considerado. No cenário de ausência de avaliações, o fornecedor receberá o valor de 3,5 no desempenho do critério credibilidade, porque para o tomador de decisão esse valor representa uma classificação neutra na escala de avaliação. Quando houver um número A_i de avaliações, tal que $0 \leq A_i \leq 10$ utiliza a equação 4 para mensurar o desempenho do critério credibilidade, caso tenha mais de dez avaliações é utilizada a própria média de avaliações do Google.

$$C_i = \frac{A_i \cdot M_i + 3,5 \cdot (10 - A_i)}{10} \quad (4)$$

Onde, C_i é a credibilidade do fornecedor i , A_i é a quantidade de avaliações do fornecedor i e M_i é a média de avaliações do fornecedor i . A tabela 2 apresenta os dados do Google de cada fornecedor.

Tabela 2 – Desempenho do fornecedor no critério credibilidade

Fornecedor	Quantidade de avaliações	Média de avaliação	Pontuação normalizada
F1	0	0	3,5
F2	8	4,3	4,14
F3	0	0	3,5
F4	34	4,6	4,6
F5	4	5	4,1

Fonte: A autora (2024).

Na Etapa quatro, foram estabelecidos os fornecedores pelo decisor, sendo no total cinco analisados, a tabela 3 apresenta a matriz de consequências com os fornecedores e seus respectivos desempenhos em cada critério.

Tabela 3 – Matriz de consequências

	Custo	Credibilidade	Qualidade	Distância
F1	107,33	3,5	5	116,5
F2	87,33	4,14	3	116,5
F3	85,07	3,5	3	120,4
F4	89,87	4,6	4	115,7
F5	98,88	4,1	4	115,5

Fonte: A autora (2024).

Também foi definida a problemática de escolha, pois o decisor desejava selecionar um fornecedor para aquisição da matéria prima, ou seja, os tecidos. Por fim, para finalizar a “Fase preliminar” foram identificados fatores não controlados, Etapa cinco. Os fatores não controlados levantados nessa aplicação foram a variação do preço da matéria prima que pode ocorrer por vários motivos, desde a variação da matéria prima utilizada pelos fornecedores a dinâmica do mercado com as tendencias de modas. Ademais, alguns fatores não controláveis afetam a credibilidade do fornecedor como a indisponibilidade de coletar o produto quando solicitado e feedbacks negativos de outras empresas. Há também fatores não controlados pela empresa que afetam a qualidade dos produtos providos pelos fornecedores que impactam no produto final. Outro aspecto inerente ao processo de elicitação dos pesos utilizando *surrogate weights* é a incerteza que os valores dos pesos vão realmente se aproximar dos pesos verdadeiros. Portanto, para fins de simplificação dos fatores não controlados, todos os parâmetros do modelo, exceto os pesos, foram considerados determinísticos. A segunda Fase, “Modelagem de preferências e escolha do método”, inicia com a identificação da racionalidade do decisor, Etapa seis, diante disso a racionalidade do decisor, gestor da empresa, foi identificada como compensatória. Consecutivamente foi estabelecido o método SMARTER dado que o decisor tem racionalidade compensatória, não seria capaz de fornecer informação total sobre o peso dos critérios e teria pouco tempo para modelagem do problema de decisão. Em consequente foi realizada a análise para identificar se havia fornecedores dominados, Etapa oito, todavia, nenhum fornecedor é dominado no problema. Consecutivamente foi realizada a avaliação intracritério, Etapa nove, no qual foi realizado o procedimento de normalização por meio da transformação de escala, de

acordo com a Equação 1. A tabela 4 apresenta a matriz valor que contém o desempenho normalizado, de acordo com a Equação 1, dos fornecedores em cada critério. O pior desempenho é expresso pelo valor zero e o melhor desempenho é representado pelo valor um.

Tabela 4 – Matriz valor

	Custo	Credibilidade	Qualidade	Distância
F1	0	0	1	0,80
F2	0,90	0,58	0	0,80
F3	1	0	0	0
F4	0,78	1	0,50	0,96
F5	0,38	0,55	0,50	1

Fonte: A autora (2024).

A avaliação intercritério, Etapa dez, começa com a primeira parte do *Swing* para obter a ordenação dos critérios. Para isso, foi gerado um fornecedor hipotético contendo o pior desempenho em todos os critérios, então foi questionado ao decisor caso ele fosse obrigado a escolher esse fornecedor, no entanto, pudesse escolher um dos critérios para melhorar o desempenho qual critério ele escolheria. O critério escolhido teve a primeira posição na ordenação e esse processo continuou até obter a ordem dos critérios.

O resultado obtido foi a seguinte ordenação: custo > credibilidade > qualidade > distância. Após obter a ordem de importância dos critérios por meio da primeira parte do *Swing* houve a aplicação da Equação 2 para adquirir o valor dos pesos dos critérios, a tabela 5 apresenta os critérios com seu respectivo peso.

Tabela 5 – Peso dos critérios

Custo	Credibilidade	Qualidade	Distância
0,52	0,27	0,15	0,06

Fonte: A autora (2024).

Em seguida iniciou a fase de “Finalização” com a avaliação dos fornecedores, Etapa onze, no qual houve a agregação aditiva para cada fornecedor de acordo com a equação 3, que resultou no valor global apresentado na tabela 6.

Tabela 6 – Valor global dos fornecedores

Fornecedor	Valor Global
F1	0,20
F2	0,68
F3	0,52
F4	0,81
F5	0,48

Fonte: A autora (2024).

Após obter o valor global dos fornecedores foi realizada a análise de sensibilidade, Etapa doze, para verificar a robustez do resultado encontrado. Logo, houve a comparação, em 1.000.000 de casos, entre o resultado obtido com os pesos ROC e com os “pesos verdadeiros simulados”. Os “pesos verdadeiros simulados” são os pesos que o decisor conseguiria elicitar de forma precisa, eles seriam obtidos com o SMARTS, mas o decisor preferiu simplificar o processo com o uso do SMARTER.

Para estabelecer os “pesos verdadeiros simulados” foi gerado de forma randômica o peso, em um intervalo entre 0 e 1, conforme a distribuição uniforme, sem associar os pesos aos critérios. Depois de gerar os pesos cada um deles é dividido pela soma de todos os pesos gerados, normalizando-os a fim de que a soma de todos seja igual a um. Em seguida, os pesos normalizados são ordenados e atribuídos do maior para o menor aos critérios na ordem definida pelo decisor na primeira etapa do *Swing*. Por fim é realizada a Etapa treze, na qual os resultados foram analisados e foi elaborada a recomendação para o decisor.

4.1 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O resultado obtido com a aplicação do modelo é que o Fornecedor 4, que possui maior valor global, deve ser o selecionado. Ao avaliar o desempenho do Fornecedor 4 nos critérios é possível identificar o seu destaque em ser recomendado como escolha. No critério custo, o qual recebeu o mais alto valor na atribuição dos pesos a partir do procedimento de *Swing*, o Fornecedor 4 reflete o terceiro melhor desempenho neste critério, pois possui uma diferença de R\$4,80 em relação ao melhor desempenho – o Fornecedor 3.

Em relação ao critério Credibilidade, segundo critério mais importante, o Fornecedor 4 dispõe do melhor desempenho, sendo sua pontuação de 4,6. Além disso, o Fornecedor 4 é o único que possui mais de dez avaliações no Google. Quanto ao critério qualidade, o fornecedor selecionado possui o segundo melhor desempenho –

atingindo valor 4 na categoria. Ele apenas foi superado nesse critério pelo Fornecedor 1, que pontuou desempenho máximo, porém obteve os piores resultados nos critérios custo e credibilidade.

Já no critério Distância, o de menor importância, o Fornecedor 4 dispõe do segundo melhor desempenho possuindo apenas 0,2km a mais que o Fornecedor 5. Em resumo, o fornecedor selecionado desempenhou métricas satisfatórias na maior parte dos critérios, mesmo que apenas tenha obtido a máxima pontuação em um critério.

A aplicação forneceu uma recomendação para a empresa que poderá contar com um novo cenário em que a implementação da recomendação poderá aumentar significativamente sua margem de lucro a partir da escolha de um fornecedor que atenda aos padrões de qualidade esperados para garantir a satisfação dos clientes. Além disso, a empresa poderá confiar que o fornecedor selecionado cumprirá com os prazos de entrega e oferecerá um bom suporte pós-venda e que suas instalações não são longe da localização da organização, de modo a garantir entregas mais rápidas e um menor custo adicional referente ao transporte dos produtos. Ademais, a empresa terá total confiança de que contratou o fornecedor mais adequado que possui bom desempenho nos critérios elicitados e representa as preferências do decisor.

Ao realizar a análise de sensibilidade, foram gerados 1.000.000 de casos com o intuito de avaliar a estabilidade dos resultados frente à oscilação dos pesos atribuídos. Como resultado dessa simulação o Fornecedor 4 foi escolhido em 99,63% dos casos, já o Fornecedor 3 foi escolhido em 0,22% dos casos e o Fornecedor 2 foi escolhido em 0,15% dos casos. A partir disso, pode-se constatar uma boa robustez do resultado encontrado.

O Fornecedor 3 se destaca por possuir melhor desempenho no critério custo, entretanto, em todos os outros critérios têm o pior desempenho. Devido a essa razão o Fornecedor 3 não teve uma relevância maior, o que faz ele ter o terceiro maior valor global e aparecendo apenas em 0,22% dos casos como recomendação de escolha na análise de sensibilidade.

O Fornecedor 2 apresenta o segundo melhor desempenho no critério custo e no critério credibilidade, mas também, o terceiro melhor desempenho no critério distância com apenas 1km de diferença do melhor desempenho. Por outro lado, possui o pior desempenho no critério qualidade. Por esses motivos, o Fornecedor 2 não tem maior destaque, o que leva ele ser o segundo maior valor global e apenas aparecer 0,15% dos casos como recomendação de escolha na análise de sensibilidade.

Devido à alta rotatividade e à dificuldade dos fornecedores da região de gerirem seus estoques, é importante levar em consideração uma segunda melhor opção ao Fornecedor 4 caso tenha alguma ocasião de falta de suprimentos no melhor fornecedor. Nesse cenário, é recomendado que o decisor opte pelo Fornecedor 2 ou Fornecedor 3 tanto por possuir o segundo e terceiro maior valor global, respectivamente, quanto por serem opções que mostraram frequências na análise de sensibilidade.

Os Fornecedores 2 e 3 são opções válidas em casos excepcionais que o Fornecedor 4 não possa atender. Essas opções fornecem um resultado coerente com as preferências do decisor, no entanto, não terão a mesma performance que o Fornecedor 4 proporciona devido seu baixo desempenho em alguns critérios.

5 CONCLUSÕES

O trabalho propôs um modelo de decisão multicritério utilizando o método SMARTER para seleção de um fornecedor. O modelo foi aplicado em uma empresa de pequeno porte do ramo de confecções infantis do Agreste pernambucano. Os resultados obtidos a partir da aplicação do modelo mostraram boa robustez e assertividade na solução encontrada.

O estudo conseguiu atingir o seu objetivo geral de propor e aplicar um modelo multicritério para seleção de fornecedor, utilizando método SMARTER em uma empresa do setor têxtil de Pernambuco. Assim como conseguiu identificar os objetivos do decisor e refleti-los em critérios.

Além disso, o objetivo específico de apresentar uma fundamentação teórica associada a seleção de fornecedores com enfoque em métodos de apoio a decisão multicritério foi realizado, bem como, a identificação de um problema real de seleção de fornecedores no contexto do APL de confecções de Pernambuco.

O objetivo específico de analisar os impactos da imprecisão do modelo por meio da análise de sensibilidade foi atingido. Assim como o objetivo específico de analisar o resultado e propor uma recomendação foi realizado com êxito, visto que o resultado atingido foi explorado e analisado na discussão dos resultados, mas também, passada essa informação e análise para o decisor, elaborando assim uma recomendação estruturada de acordo com os dados obtidos.

Conforme a aplicação do modelo e preferências do decisor a recomendação é a seleção do Fornecedor 4 por ter o custo R\$ 89,87, credibilidade 4,6 sendo o único com mais de 10 avaliações, qualidade 4 e uma distância de 115,7km da empresa até o fornecedor. Esse resultado reflete os objetivos que o decisor deseja alcançar, assim como suas preferências.

Uma das principais contribuições do trabalho é a garantia de uma decisão mais assertiva da escolha de um fornecedor, em virtude que sem um modelo para apoiar esse processo, essa decisão seria realizada de forma arbitrária de acordo com a percepção do decisor de maneira não estruturada, ao realizar decisões desse modo não é possível garantir que terá resultado favorável. Tendo isso em vista, o decisor gostou da aplicação do modelo por conseguir tratar o problema de forma estruturada e por abarcar os múltiplos objetivos que desejava alcançar.

Ademais, existe a possibilidade desse modelo ser usado em aplicações futuras pela mesma empresa na seleção de fornecedor de outro tipo de malha, mas também, o modelo pode ser utilizado como base para empresas do mesmo segmento. Empresas que não são do mesmo segmento de mercado, também podem utilizar essa aplicação como base, estudando o modelo e adaptando para seu negócio, para então aplicar em seu ambiente organizacional.

Simultaneamente, a implementação do resultado fornecido com a aplicação do modelo pode aumentar a satisfação do cliente e a reputação da empresa, devido a diminuição do custo para produção das peças e a garantia de boa qualidade do tecido das roupas, levando em conta que esses aspectos podem ser atingidos a partir da escolha de um fornecedor adequado.

A escolha adequada do fornecedor traz benefícios para empresa e, da mesma forma, resulta benefícios também para o fornecedor, ao aumentar suas vendas e promover seu tecido em boas roupas. A escolha de um fornecedor local, como é o caso da aplicação, também é relevante por contribuir para o desenvolvimento econômico da região, promovendo a movimentação de dinheiro na economia local, bem como impulsiona o comércio.

Como sugestão para trabalhos futuros, sugere-se utilizar alguma metodologia de estruturação de problemas para identificar os objetivos do decisor de forma estruturada, mas também, realizar a aplicação do modelo em fornecedores de outros tipos de tecido. Além disso, devido a deficiência da empresa em avaliar a qualidade dos produtos, propor uma forma mensurável numericamente de obter os dados desse critério.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO ECONOMICO DE PERNAMBUCO (ADEPE). APL da Confeção em Pernambuco, 2023. Disponível em: <<https://www.adepe.pe.gov.br/wp-content/uploads/2023/06/APL-DA-CONFECCAO-EM-PERNAMBUCO.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2024.
- ALENCAR, L. H.; DE ALMEIDA, A. T.; DE MIRANDA MOTA, C. M. Systematic proposal for selecting suppliers in project management. **Gestão da produção**, 2007.
- ATHAWALE, V. M.; MUKHERJEE, P.; CHAKRABORTY, S. Supplier selection using multi-criteria decision-making methods. **IUP Journal of Operations Management**, 8(3-4), 41-60, 2009.
- BARRON, F. H.; BARRETT, B. E. Decision quality using ranked attribute weights. **Management Science**, v. 42, n. 11, p. 1515-1523, 1996.
- BELTON, V.; STEWART, T. **Multiple criteria decision analysis: an integrated approach**. Springer Science & Business Media, 2012.
- BORAN, F. E.; GENÇ, S.; KURT, M.; AKAY, D. A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method. **Expert Systems with Applications**, v. 36, p. 11363-11368, 2009.
- BRANS, J. P.; MARESCHAL, B. PROMETHEE V: MCDM problems with segmentation constraints. **Information Systems and Operational Research**, v. 30, n. 2, p. 85-96, 1992.
- BRANS, J. P.; VINCKE, P. Note—A preference ranking organisation method. **Management Science**, v. 31, n. 6, p. 647-656, 1985.
- BRUNSSON, N. The consequences of decision-making. **Oxford University Press**, 2007.
- CHEN, H.; WOOD, M. D.; LINSTEAD, C.; MALTBY, E. Uncertainty analysis in a GIS-based multi-criteria analysis tool for river catchment management. **Environmental Modelling and Software**, v. 26, n. 4, p. 395-405, 2011.
- CHEN, Y. H.; CHAO, R. J. Supplier selection using consistent fuzzy preference relations. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 3, p. 3233-3240, 2012.
- CHIBANI, A.; DELORME, X.; DOLGUI, A.; PIERREVAL, H. Dealing with variations for a supplier selection problem in a flexible supply chain: A dynamic optimization approach. In: **International Conference on Operations Research and Enterprise Systems**, v. 2, p. 322-327, 2014.
- COMPANS, R. O paradigma das global cities nas estratégias de desenvolvimento local. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais (RBEUR)**, n. 1, p. 91-114, 1999.

COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS (CSCMP). CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary, 2024. Disponível em: <https://cscmp.org/CSCMP/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx>. Acesso em: 15 ago. 2024.

DE ALMEIDA, A. T. Multicriteria decision model considering veto information. In: **21st International Conference on Multiple Criteria Decision Making (MCDM 2011)**, Jyväskylä, 2011a.

DE ALMEIDA, A. T. **O conhecimento e o uso de métodos multicritérios de apoio a decisão**. 2. ed. Recife: Editora Universitária, 2011b.

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

DE ALMEIDA, A. T.; DE ALMEIDA, J. A.; COSTA, A. P. C. S.; DE ALMEIDA-FILHO, A. T. A new method for elicitation of criteria weights in additive models: Flexible and interactive tradeoff. **European Journal of Operational Research**, v. 250, p. 179-191, 2016.

EDWARDS, W.; BARRON, F. H. SMARTS and SMARTER: Improved simple methods for multiattribute utility measurement. **Organizational Behavior and Human Decision Processes**, v. 60, p. 306-325, 1995.

FASHOTO, S. G.; AKINNUWESI, B.; OWOLABI, O.; ADELEKAN, D. Decision support model for supplier selection in healthcare service delivery using analytical hierarchy process and artificial neural network. **African Journal of Business Management**, v. 10, n. 9, p. 209-232, 2016.

HA, S. H.; KRISHNAN, R. A hybrid approach to supplier selection for the maintenance of a competitive supply chain. **Expert Systems with Applications**, v. 34, p. 1303-1311, 2008.

HSU, Y.-C.; LU, H.-A.; CHU, C.-W. Evaluating and selecting maritime suppliers. **Maritime Policy and Management**, v. 43, n. 1, p. 39-58, 2016.

HUMPHREYS, P.; HUANG, G.; CADDEN, T.; MCIVOR, R. Integrating design metrics within the early supplier selection process. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 13, n. 1, p. 42-52, 2007.

IVANOV, D.; DOLGUI, A.; SOKOLOV, B.; WERNER, F.; IVANOVA, M. A dynamic model and an algorithm for short-term supply chain scheduling in the smart factory industry 4.0. **International Journal of Production Research**, v. 54, n. 2, p. 386-402, 2016.

KANNAN, G.; TAN, K. C. Supplier selection and assessment: Their impact on business performance. **Journal of Supply Chain Management**, 2002.

KASIM, M. M.; IBRAHIM, H.; BATAINEH, M. S. B. Multi-criteria decision making methods for determining computer preference index. **Journal of Information and Communication Technology**, v. 10, p. 137-148, 2011.

KASIRIAN, M. N.; YUSUFF, R. M. An integration of a hybrid modified TOPSIS with a PGP model for the supplier selection with interdependent criteria. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 4, p. 1037-1054, 2013.

KEENEY, R. L. **Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decision Making**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1992.

LI, C. C.; FUN, Y. P.; HUNG, J. S. A new measure for supplier performance evaluation. **IIE Transactions**, v. 29, p. 753-758, 1997.

LIU, F. H. F.; HAI, H. L. The voting analytic hierarchy process method for selecting suppliers. **International Journal of Production Economics**, v. 97, p. 308-317, 2005.

LIMA, L. N. D. **Modelo multicritério para seleção de investimentos públicos em projetos visando apoiar o APL de confecções no Agreste Central de Pernambuco**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 111 p, 2018.

MILANÊS, R. Conectando mercado e relações pessoais: um estudo do polo de confecções do Agreste de Pernambuco. **Sociologia & Antropologia**, v. 14, n. 2, p. e240008, 2024.

MOTA, C.; ALMEIDA, J. A. Uso de surrogate weights para o problema seleção de portfólio multicritério através dos métodos smarter e promethee-roc: uma análise através de simulação. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2020, João Pessoa. **Anais eletrônicos...** Campinas: Galoá, 2020.

NAVARRO, N.; VALVERDE, P. D. F.; QUESADA, H. J.; MADRIGAL-SÁNCHEZ, J. A supplier selection model for the wood fiber supply industry. **BioResources**, v. 15, n. 1, p. 1959-1977, 2020.

PIRES, S. R. I.; BREMER, C. F.; DE SANTA EULALIA, L. A.; GOULART, C. P. Supply chain and virtual enterprises: Comparisons, migration and a case study. **International Journal of Logistics Research and Applications**, v. 4, n. 3, p. 297-311, 2001.

RAIFFA, H.; KEENEY, R. L. Decision Analysis with Multiple Conflicting Objectives, Preferences and Value Tradeoffs. **I International Institute for Applied Systems Analysis Working Paper**, 1975.

RIBEIRO, A.M.; SADOK, D.; BRITO, M.E.; DE ARAÚJO, Á.; ENDO, P.T.; KELNER, J. Comparative Analysis of Current Transducers for Development of Smart Plug through Rank Order Centroid Method. **IEEE Latin America Transactions** 18(1),9049472, pp. 147-155, 2020.

ROY, B. **Multicriteria Methodology for Decision Aiding**. Boston: Springer, 1996.

ROY, B., Classement et choix en presence de points de vue multiples (La methode ELECTRE). **RIRO**, v. 8, p. 57-75, 1968.

ROY, B. The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods. **Theory and Decision**, v. 31, p. 49-73, 1991.

ROY, B.; BERTIER, P. La methode ELECTRE II, une appliation au media-planing. **NorthHolland Publishing Company**, p. 291-302, 1973.

ROY, B.; HUGONNARD, J. C. Ranking of suburban line extension projects on the Paris metro system by multicriteria method. **Transportation Research Part A**, v. 16, p. 301-312, 1982.

SAHA, A.; DEBNATH, B.K.; CHATTERJEE, P.; PANAIYAPPAN, A.; DAS, S.; ANUSHA, G. Generalized Dombi-based probabilistic hesitant fuzzy consensus reaching model for supplier selection under healthcare supply chain framework. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, 2024.

SANTOS, V. C.; SOUZA, R. M. Modelo de seleção de fornecedores de polvilho azedo utilizando o MACBETH. In: **ANAIS DO SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL**, 2021, João Pessoa. Anais eletrônicos... Campinas, Galoá, 2021. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbpo/sbpo-2021/trabalhos/modelo-de-selecao-de-fornecedores-de-polvilho-azedo-utilizando-o-macbeth?lang=pt-br>> Acesso em: 31 Ago. 2024.

SILVA, J. V. P. **Aplicação do modelo de apoio a decisão multicritério FITradeoff no processo de seleção de fornecedores na cadeia de suprimentos: estudo de caso**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em engenharia de produção) - Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru, p. 50, 2016.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 8 ed. São Paulo: Atlas, 2018.

TRIANTAPHYLLOU, E. **Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study**. New York: Springer, 2000.

UNIDO – UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION. INDSTAT 2 2023, ISIC Revision 3, 2021. Disponível em: <https://stat.unido.org/>. Acesso em: 01 set. 2024.

VENKATESH, V.G.; DUBEY, R.; JOY, P.; THOMAS, M.; VIJEESH, V.; MOOSA, A. Supplier selection in blood bags manufacturing industry using TOPSIS model. **International Journal of Operational Research**, 2015.

YOUSEFI, S.; JAHANGOSHAI REZAEI, M.; SOLIMANPUR, M. Supplier selection and order allocation using two-stage hybrid supply chain model and game-based order price. **Operational Research**, 2019.

YU, W.; ROY, B. ELECTRE TRI - Aspects Méthodologiques et Manuel d'Utilisation.
Cahier du Lamsade, **Document n° 74**. Paris: **Université de Paris Dauphine**, 1992.