LVI SBPO SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL
DE 04 ATÉ 07 NOVEMBRO 2024
FORTALEZA | CEARÁ

UM NOVO MODELO PARA SEGMENTACÃO DE FORNECEDORES: A MATRIZ KRALJIC PROBABILÍSTICA

Renata Pelissari
Universidade Presbiteriano Mackenzie
R. da Consolação, 930, São Paulo - SP
renata.infante@mackenzie.br

Betania Campello
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
R. Pedro Zaccaria, 1300, Limeira - SP
betaniac@unicamp.br

Maria Celia de Oliveira
Universidade Presbiteriana Mackenzie
R. da Consolação, 930, São Paulo - SP
mariacelia.oliveira@mackenzie.br

RESUMO

A gestão de relacionamento com fornecedores apresenta desafios significativos, incluindo o processo de segmentação de fornecedores. Esse processo diz respeito à alocação de fornecedores em grupos distintos para que estratégias diferentes — e adequadas — possam ser implementadas para cada grupo. Este estudo introduz uma extensão probabilística da matriz Kraljic utilizando o método SMAA-FFS-H para incorporar uma estrutura hierárquica de critérios nas dimensões dessa matriz. A aplicação deste método também permite obter uma segmentação probabilística dos fornecedores nos quadrantes de Kraljic. A estrutura é aplicada a um estudo de caso real na indústria de transporte de soja.

PALAVRAS CHAVE. Análise de decisão multicritério. Matriz Kraljic. Cadeia de suprimentos.

ADM; AD&GP; POI

ABSTRACT

Supplier relationship management presents significant challenges, including the process of supplier segmentation. This process involves categorizing suppliers into distinct groups to enable the implementation of appropriate and differentiated strategies for each group. This study introduces a probabilistic extension of the Kraljic matrix using the SMAA-FFS-H method, which incorporates a hierarchical structure of criteria into the dimensions of the Kraljic matrix. The application of this method also allows for the probabilistic segmentation of suppliers within the Kraljic quadrants. The framework is applied to a real case study in the soybean transportation industry.

KEYWORDS. Multicriteria Decision Analysis. Kraljic Matrix. Supply Chain.

ADM; AD&GP; POI

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193408
https://proceedings.science/p/193408?lang=pt-br

1. Introdução

A gestão de relacionamento com fornecedores é uma das atividades mais críticas de uma organização, pois a relação que a empresa tem com seus fornecedores pode afetar a qualidade de seus produtos, a satisfação do cliente e o desempenho organizacional como um todo [Lambert e Schwieterman, 2012; Lima Junior et al., 2013]. A gestão de relacionamento com fornecedores é um processo que geralmente engloba três etapas: a seleção dos fornecedores, a segmentação dos fornecedores e o desenvolvimento dos fornecedores segundo suas segmentações.

A segmentação de fornecedores é necessária quando gerenciar todos os fornecedores individualmente se torna uma tarefa difícil, seja porque a empresa tem muitos fornecedores ou porque os fornecedores diferem em termos de importância, risco e impacto no lucro, por exemplo. Uma vez que se tem a segmentação dos fornecedores, um programa de desenvolvimento desses fornecedores pode ser implementado para adaptar as estratégias de compra e reduzir riscos [Gelderman e Van Weele, 2003; Sako, 2004; Caniëls e Gelderman, 2005; Wouters et al., 2007; Chung et al., 2010]. Isso indica que a segmentação de fornecedores é uma tarefa inicial importante e necessária para conduzir um programa eficaz de desenvolvimento de fornecedores.

Diferentes técnicas foram propostas na literatura para a segmentação de fornecedores, sendo a matriz Kraljic [Kraljic, 1983; Rezaei e Lajimi, 2019; Shiralkar et al., 2022] uma das principais. Na matriz Kraljic, há duas dimensões, Impacto no Lucro e Risco de Suprimento, que são usadas para obter quatro segmentos de itens comprados denominados: estratégico, gargalo, alavancagem e não crítico. Com base nessa classificação, estratégias específicas são definidas para cada fornecedor.

A matriz Kraljic, no entanto, apresenta um aspecto negativo, qual seja: esta metodologia não considera a incerteza no comportamento do fornecedor [Shiralkar et al., 2022]. Quando se trata de gestão de suprimentos, lidar com incerteza e ambiguidade surge como um dos requisitos mais importantes Wu et al. [2016]. Outro ponto negativo da matriz Kraljic é ser baseada em apenas duas dimensões, não permitindo levar em considerações informações mais detalhadas.

Para superar esses aspectos negativos, propomos um modelo de segmentação de fornecedores baseado na matriz Kraljic e no método de análise de decisão multicritério SMAA–FFS–H Pelissari et al. [2021]. O modelo proposto (1) considera uma estrutura hierárquica de critérios, o que possibilita analisar vários indicadores dentro de cada uma das dimensões Impacto no Lucro e Risco de Suprimento, (2) permite o uso de dados incertos e probabilísticos como informações de entrada e (3) fornece uma segmentação probabilística como resultado. O resultado obtido com o modelo proposto é denominado Matriz Kraljic Probabilística.

Para ilustrar o modelo proposto, este estudo fornece uma aplicação prática para a segmentação de fornecedores no agronegócio, especificamente no transporte de soja.

O presente artigo está organizado da seguinte forma. Na Seção 2, apresentamos uma revisão da literatura, incluindo a apresentação da matriz Kraljic e do método SMAA-FFS-H. Na Seção 3,

2. Revisão da literatura

Nesta seção, introduzimos a matriz Kraljic e o método SMAA–FFS–H, que são a base do modelo proposto.

2.1. Matriz Kraljic

A matriz Kraljic visa segmentar itens/serviços de suprimento com base em duas dimensões: (i) impacto no lucro e (ii) risco de suprimento. O impacto no lucro de um determinado item de suprimento pode ser definido em termos de volume comprado, porcentagem do custo total de compras ou impacto na qualidade do produto ou crescimento do negócio [Garzon et al., 2019; Shiralkar et al., 2022]. O risco de suprimento pode ser avaliado em termos de disponibilidade, demanda

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193408
https://proceedings.science/p/193408?lang=pt-br

competitiva, oportunidades de fazer ou comprar e riscos de armazenamento [Garzon et al., 2019; Kull e Talluri, 2008].

Com base nessas duas dimensões, que são consideradas os eixos da matriz Kraljic, os fornecedores analisados são classificados em quatro quadrantes: estratégico, gargalo, alavancagem e não-crítico. Esse processo de segmentação é feito através de uma análise cruzada, na qual itens/serviços com alto impacto no lucro e alto risco de suprimento são considerados estratégicos; itens/serviços com baixo impacto no lucro e alto risco de suprimento são colocados no quadrante de gargalo; itens/serviços com alto impacto no lucro e baixo risco de suprimento são considerados de alavancagem; e finalmente, itens/serviços com baixo impacto no lucro e baixo risco de suprimento são classificados como não críticos. A matriz Kraljic é ilustrada na Figura 1.

Cada quadrante da matriz Kraljic leva a abordagens distintas de desenvolvimento de fornecedores. Os fornecedores de alavancagem detêm uma participação considerável nos negócios (alto impacto estratégico), enquanto o risco é baixo, inexistente ou já mitigado por alguma estratégia específica. Neste caso, o processo de suprimento é maduro e bem estabelecido. Os fornecedores categorizados no quadrante estratégico têm alto impacto nos negócios e alto risco e, portanto, são necessárias práticas de gestão específicas para desenvolver relacionamentos de longo prazo. A gestão bem-sucedida desta categoria de fornecedores é a chave para o futuro da empresa. Os fornecedores de gargalo têm impacto muito baixo nos negócios, mas alto risco de suprimento. Eles têm uma grande probabilidade de enfrentar problemas como interrupções e atrasos. As principais estratégias que podem ser usadas para esses tipos de fornecedores são a limitação de danos ou substituição. Os fornecedores não-críticos são o oposto dos fornecedores de gargalo. Esta é a categoria menos importante, pois esses fornecedores têm baixo impacto nos negócios e baixo risco de suprimento. Uma estratégia que pode ser usada para esses tipos de fornecedores é tornar o processo de compra mais eficiente.

Alguns autores como [Gelderman e Van Weele, 2003; Caniëls e Gelderman, 2005] propuseram recomendações estratégicas padrão, seja para manter o item em uma determinada posição na matriz ou movê-lo para outra.

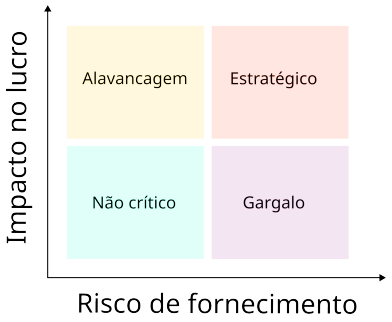


Figura 1: Matriz Kraljic [Kraljic, 1983]

2.2. O método SMAA–FFS–H

Métodos de Apoio à Decisão Multicritério (no inglês *Multicriteria Decision Making Methods* - MCDM) podem ser bastante úteis para a segmentação de fornecedores [Shiralkar et al., 2022]. Em oposição à matriz Kraljic, os métodos MCDM permitem a inclusão de mais critérios na análise, o que torna o processo de segmentação de fornecedores mais inclusivo e eficaz. Muitos estudos aplicaram métodos MCDM para segmentação de fornecedores, seja de forma independente ou em conjunto com a matriz Kraljic [Ferreira et al., 2015; Bai et al., 2017; Silva e Figueiredo, 2018; Ghanbarizadeh et al., 2019; Bianchini et al., 2019; Rezaei et al., 2022]. Um ponto importante ao

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193408
https://proceedings.science/p/193408?lang=pt-br

aplicar métodos MCDM diz respeito à definição dos pesos que representam a importância relativa dos critérios. Assim, ao utilizar MCDM na segmentação de fornecedores, deve-se ter cuidado com intervenções manuais para atribuir pesos aos critérios, o que pode levar a decisões enviesadas [Shiralkar et al., 2022].

O método SMAA–FFS–H surge como uma boa possibilidade para ser aplicado no contexto da segmentação de fornecedores. SMAA–FFS–H é um método MCDM para classificação ordinal proposto em Pelissari et al. [2021]. Este método é baseado na integração do SMAA (*Stochastic Multicritieria Acceptability Analysis*) e da teoria Fuzzy com o método FlowSort-H. Este último é uma extensão do método FlowSort para critérios organizados hierarquicamente com base no Processo de Hierarquia Multicritério (MCHP). Devido ao SMAA e à teoria Fuzzy, o SMAA–FFS–H é capaz de modelar dados imperfeitos e lidar com a elicitação indireta dos pesos dos critérios.

A aplicação do SMAA–FFS–H deve seguir quatro fases principais, descritas abaixo.

- **Fase 1 - Estruturação do problema:** Nesta fase, o problema de decisão é configurado, abrangendo a definição das alternativas a serem avaliadas, a definição dos critérios de avaliação e as categorias nas quais as alternativas serão classificadas.

- **Fase 2 - Definição dos dados de entrada:** Na fase 2, as avaliações de desempenho das alternativas e os perfis limitantes das categorias devem ser definidos em relação aos critérios de nível elementar. Se forem consideradas k categorias, $k + 1$ perfis limitantes precisam ser definidos para cada critério elementar (critério de menor nível na hierarquia de critérios).

- **Fase 3 - Modelagem:** Esta fase inclui um processo de simulação e o cálculo de índices que são os resultados do SMAA–FFS–H. O processo de elicitação dos pesos dos critérios é conduzido utilizando os algoritmos apresentados em Tervonen e Lahdelma [2007]. Uma vez concluído o processo de simulação, o índice de aceitabilidade da categoria é calculado para todos os pares de alternativas e categorias. O índice de aceitabilidade da categoria representa a probabilidade de uma alternativa ser atribuída à uma categoria.

- **Fase 4 - Exploração:** A fase de exploração abrange a tomada de uma decisão final e a elaboração de planos de melhoria. Com base na análise dos índices de aceitabilidade da categoria, o decisor pode tomar sua decisão de diferentes maneiras. Se o índice de aceitabilidade da categoria for igual a 0, a alternativa não será atribuída a essa categoria; se for 1, a alternativa será atribuída a essa categoria, qualquer que seja a combinação dos valores dos parâmetros. Quando a alternativa obtém probabilidades não nulas para múltiplas categorias, existem diferentes opções para conduzir a análise: (a) o decisor pode decidir que a informação atual não é precisa o suficiente para atribuir de forma confiável as alternativas às categorias. Nesse caso, a solução pode ser coletar informações mais precisas sobre a avaliação das alternativas, pesos dos critérios, perfis limitantes, limites ou todos os mencionados; (b) o decisor pode aceitar o resultado de que algumas alternativas são classificadas em múltiplas categorias; (c) o decisor pode classificar as alternativas com base nas distribuições de seus índices de aceitabilidade de categoria. Outra ação possível é atribuir uma alternativa a uma categoria cuja probabilidade exceda um determinado limite, por exemplo, 50% ou outro valor entre 50% e 100%. Categorias com probabilidades próximas de zero podem ser excluídas (aplicando outro limite).

3. O modelo proposto para segmentação de fornecedores

Nesta seção, apresentamos o modelo proposto para a segmentação de fornecedores, que se baseia na matriz Kraljic e no método SMAA–FFS–H. A ideia é utilizar a Matriz Kraljic para

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193408
https://proceedings.science/p/193408?lang=pt-br

a segmentação de fornecedores em vez de segmentar os itens a serem adquiridos. Para isso, assumimos múltiplos critérios em cada uma das dimensões de Kraljic. Dessa forma, somos capazes de considerar várias características dos fornecedores que são importantes para conduzir a análise de segmentação. A saída do modelo é uma atribuição probabilística de fornecedores nos quatro quadrantes de Kraljic.

O modelo é apresentado na Figura 2 e suas etapas são detalhadas no que segue.

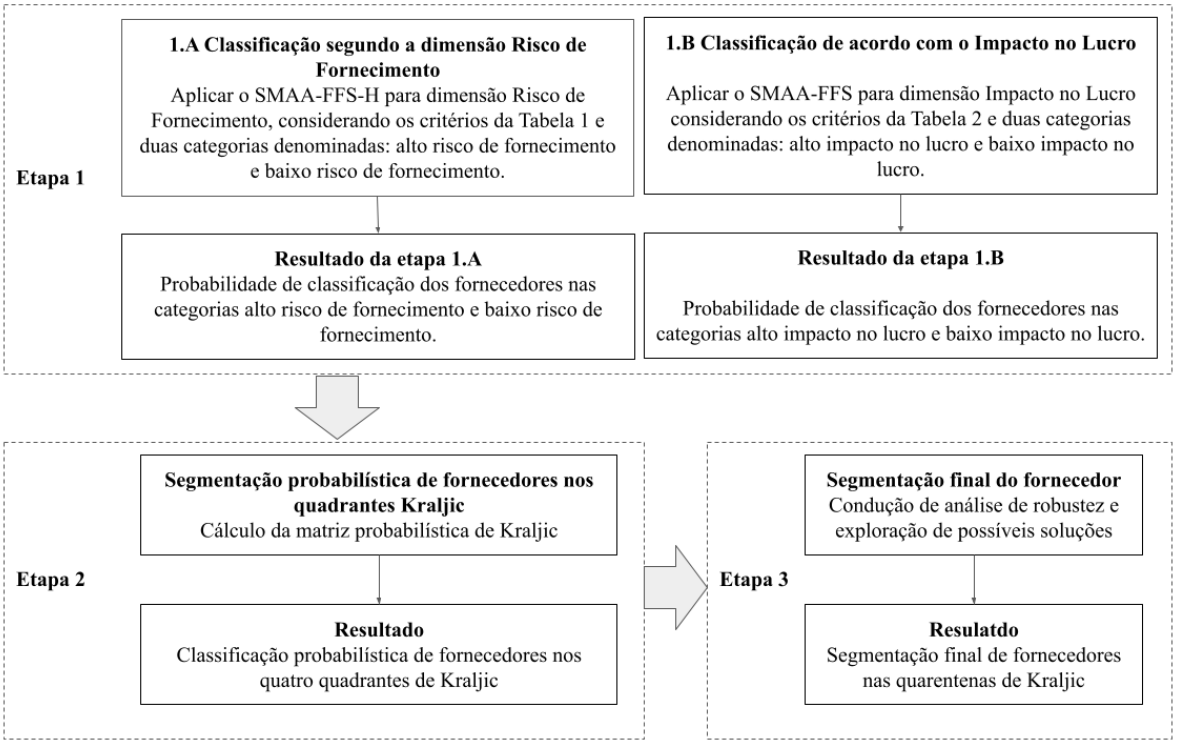


Figura 2: Modelo proposto para segmentação de fornecedores

Etapa 1 - Classificação probabilística de fornecedores de acordo com as dimensões de Kraljic.

Nesta etapa, o SMAA-FFS-H é aplicado duas vezes para classificar os fornecedores de acordo com as dimensões de Risco de Fornecimento e Impacto no Lucro. Neste contexto, denotamos os fornecedores como $a_1, \ldots, a_n$.

Com base na literatura, adotamos 3 critérios em relação ao Impacto no Lucro [Garzon et al., 2019] ($g_1,\ g_2,\ g_3$) e 5 critérios ($g_1, \ldots,\ g_5$, cada um deles com subcritérios) para o Risco de Fornecimento [Kull e Talluri, 2008]. A descrição dos critérios adotados e seus subcritérios são apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Para a dimensão Impacto no Lucro, definimos as categorias “Alto impacto no lucro” e “Baixo impacto no lucro”, denotadas por K^1_{PI} e K^2_{PI}. Para a dimensão Risco de Fornecimento, definimos as categorias "Alto risco de fornecimento"e "Baixo risco de fornecimento", denotadas por K^1_{SR} e K^2_{SR}.

As saídas da Etapa 1 são as classificações probabilísticas dos fornecedores de acordo com as dimensões de Kraljic para cada dimensão. Denotamos as as classificações probabilísticas–

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193408
https://proceedings.science/p/193408?lang=pt-br

Tabela 1: Critérios considerados na dimensão Impacto no Lucro com base em Garzon et al. [2019].

Critérios	**Descrição**
Volume comprado	Medido em termos de veículos de transporte. Este critério avalia a capacidade do fornecedor de prover consistentemente um volume substancial de produtos necessário para atender às exigências operacionais.
Percentual do total de custos com compra	Custo de compra do fornecedor / Custo total de compras. Este critério quantifica a importância financeira da contribuição de um fornecedor para os custos gerais incorridos pela organização.
Impacto no crescimento do negócio	Este critério examina o potencial do fornecedor para contribuir para o desenvolvimento e expansão de longo prazo da organização.

Tabela 2: Critérios e subcritérios considerados na dimensão Risco de Fornecimento baseados em Kull e Talluri [2008].

Criterios	**Sub-Criterios**	**Descrição**
Falha de entrega	Capacidade	O fornecedor está se aproximando ou atingiu sua capacidade total.
	Disponibilidade de Material	A fonte de matéria-prima do fornecedor não é confiável.
	Tempo de Ciclo	Tempo de ciclo não confiável
	Desastres Naturais/Políticos	O fornecedor está localizado em uma área propensa a perturbações naturais/políticas.
	Logística	A infraestrutura logística do fornecedor não é confiável.
Falha de custo	Gestão de Custos	O fornecedor possui baixa capacidade de gestão de custos.
	Financeiro	O fornecedor possui saúde financeira precária.
	Força de mercado	O fornecedor não possui poder de mercado para ditar o preço/não tem capacidade de influenciar o preço.
	Moeda	A moeda utilizada pelo fornecedor é volátil.
Falha de Qualidade	Sistema da Qualidade	O sistema de qualidade do fornecedor está abaixo do padrão.
	Padrões Legais	O fornecedor não tem conhecimento ou preocupação com os padrões legais e ambientais.
Falha de Flexibilização	P&D	O fornecedor carece de métodos ou possui métodos inadequados para o desenvolvimento de novos produtos e serviços.
	Flexibilidade	Os processos do fornecedor não permitem mudanças significativas de volume.
Falha de Confiança	Informação	Os sistemas de informação do fornecedor estão desatualizados ou são pouco confiáveis.
	Gestão	O fornecedor carece de uma visão ou expertise de gestão clara.
	Características de Mercado	O mercado no qual o fornecedor opera é volátil.
	Tipo de produtos	O fornecedor pode não ser capaz de lidar com a complexidade ou sensibilidade deste produto.
	Relacionamento	A comunicação com este fornecedor é difícil; o relacionamento é desafiador de gerenciar.

ou índices de aceitabilidade de categoria–do fornecedor a_i em relação às categorias "Alto impacto no lucro"e "Baixo impacto no lucro"por $C^1_{PI}(a_i)$ e $C^2_{PI}(a_i)$, respectivamente. Da mesma forma, as probabilidades de o fornecedor a_i ser classificado em "Alto risco de fornecimento"e "Baixo risco de fornecimento"são denotadas por $C^1_{SR}(a_i)$ e $C^2_{SR}(a_i)$, respectivamente.

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193408
https://proceedings.science/p/193408?lang=pt-br

Etapa 2 - Segmentação probabilística dos fornecedores nos quadrantes de Kraljic. Nesta etapa, aplicamos a análise cruzada adotada na matriz Kraljic utilizando as classificações probabilísticas obtidas na Etapa 1. Para isso, a partir da hipótese de independência entre as dimensões Kraljic, multiplicamos as probabilidades obtidas na Etapa 1 para obter a segmentação probabilística dos fornecedores nos quadrantes de Kraljic. Assim, as probabilidades de um fornecedor a_i ser alocado em cada quadrante de Kraljic são dadas por:

$$P_{\text{estratégico}}(a_i) = C^1_{PI}(a_i) \times C^1_{SR}(a_i) \quad (1)$$

$$P_{\text{gargalo}}(a_i) = C^2_{PI}(a_i) \times C^1_{SR}(a_i) \quad (2)$$

$$P_{\text{alavancagem}}(a_i) = C^1_{PI}(a_i) \times C^2_{SR}(a_i) \quad (3)$$

$$P_{\text{não-crítico}}(a_i) = C^2_{PI}(a_i) \times C^2_{SR}(a_i) \quad (4)$$

Etapa 3 - Segmentação final dos fornecedores nos quadrantes de Kraljic. Uma vez que o resultado obtido na Etapa 2 é probabilístico, para chegar a uma decisão final, o decisor deve analisar as probabilidades de cada quadrante. Isso pode ser feito de forma semelhante à análise do índice de aceitabilidade de categoria no SMAA-FFS-H. Por exemplo, se a probabilidade em qualquer quadrante for igual a 0, o fornecedor não será classificado nesse quadrante; se a probabilidade for 1, o fornecedor será classificado nesse quadrante, independentemente da combinação dos valores dos parâmetros.

Quando um fornecedor obtém probabilidades não nulas para múltiplos quadrantes, existem diferentes opções para alcançar a segmentação final. Por exemplo, o decisor pode decidir que as informações atuais não são precisas o suficiente para segmentar os fornecedores de forma confiável. Nesse caso, a solução pode ser coletar informações mais precisas sobre a avaliação dos fornecedores, pesos dos critérios, perfis limitantes ou todos os mencionados anteriormente. Outra possibilidade é o decisor aceitar que alguns fornecedores sejam segmentados em múltiplos quadrantes. Nesse caso, uma nova estratégia de gerenciamento deve ser proposta e implementada para esses fornecedores, já que os indicados pelos quadrantes podem não ser adequados. Outra possibilidade é realizar a segmentação definindo um limite, por exemplo, 50%. Nesse caso, a segmentação levará aos mesmos planos de ação adotados na matriz Kraljic, com a diferença de que o decisor tem um indicador de quão segura pode ser sua gestão de fornecedores. Essas informações sobre segurança na decisão - ou, em outras palavras, robustez - podem levar à implementação de estratégias de gerenciamento complementares. Portanto, a matriz Kraljic probabilística proposta dá a possibilidade de conduzir uma análise de robustez do processo de segmentação de fornecedores.

4. Um estudo de caso: segmentação de fornecedores de transporte de grãos - soja

A aplicação do modelo proposto neste estudo considerou a seleção de fornecedores de transporte de soja em uma cooperativa brasileira com um armazém localizado no estado do Paraná. A cooperativa produziu 6,32 milhões de toneladas de soja em 2020, das quais 1,52 milhões de toneladas foram exportadas, enquanto o restante da produção foi destinado a atender a demanda do mercado interno por produtos como biodiesel e óleo de soja.

A seleção de fornecedores de grãos é uma atividade importante, tanto pelo volume a ser transportado quanto pela perda existente em cada modo de transporte. Este estudo considerou os seguintes modos:

Para coletar os dados, foram consideradas as informações disponíveis nos relatórios da cooperativa e no site da empresa. Na atribuição de valores aos critérios, foram consultados gerentes especialistas na área de logística de soja.

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193408
https://proceedings.science/p/193408?lang=pt-br

Tipo de transporte	Indicação
Rodoviário	Adequado para transportar soja para exportação para os portos de Paranaguá e Santos, bem como para o transporte de seus produtos processados. Parte da frota é de propriedade da cooperativa, mas uma quantidade significativa é contratada de terceiros para esta atividade.
Ferroviário	Adequado para o transporte de soja a granel para os portos de Paranaguá e Santos.
Hidroviário	Adequado para a exportação de grãos para diversos destinos, incluindo China, EUA e União Europeia, utilizando transporte hidroviário.
Aéreo	Raramente utilizado, principalmente para entregas urgentes a clientes importantes.

Tabela 3: Modos de Transporte para Abastecimento de Soja: Descrições e Adequação para Diferentes Mercados

4.1. Etapa 1 - Classificação probabilística de fornecedores em cada dimensão da matriz Kraljic

Para realizar a segmentação dos fornecedores de transporte de soja, começamos estruturando o problema de decisão. No presente estudo de caso, são considerados seis fornecedores e os critérios e sub-critérios definidos nas Tabelas 2 e 1. As categorias são as mesmas definidas na Seção 3. Após estruturar o problema, é necessário definir os dados de entrada. Esta fase começa com a atribuição de valores de desempenho para os fornecedores em relação a cada critério elementar. Os valores de desempenho dos fornecedores em relação à dimensão Impacto no Lucro são apresentados na Tabela 4, enquanto os valores de desempenho em relação à dimensão Risco de Fornecimento podem ser encontrados na Tabela 5.

	Volume adquirido	Porcentagem dos custos totais adquiridos	Impacto no crescimento dos negócios
Fornecedor 1	5.2	85	Muito alto
Fornecedor 2	150.000	3.38	Muito alto
Fornecedor 3	120.000	3.04	Alto
Fornecedor 4	120.000	3.04	Alto
Fornecedor 5	100.000	2.53	Médio
Fornecedor 6	100.000	2.53	Médio

Tabela 4: Desempenho do fornecedor quanto aos critérios da dimensão Impacto no Lucro.

Para caracterizar as categorias nas quais os fornecedores são classificados, devem ser definidos perfis de referência limitantes relacionados a cada critério elementar. No caso de duas categorias, são necessários três perfis limitantes para cada critério elementar. Ao aplicar o método para a dimensão Impacto no Lucro, os perfis limitantes em relação aos critérios Volume de Compra e Percentual dos Custos Totais de Compra são definidos como valores numéricos: 4.770.000, 2.385.000, 0 e 100, 3.04, 0. Por outro lado, os perfis limitantes em relação ao critério Impacto no Crescimento dos Negócios são definidos por variáveis linguísticas: muito alto, médio e muito baixo. Ao aplicar o método para a dimensão Risco de Fornecimento, os mesmos perfis limitantes são assumidos para todos os critérios: concordo plenamente, neutro e discordo plenamente.

A função de preferência escolhida foi do Tipo 1 [Brans et al., 1986] para as duas dimensões.

No método SMAA-FFS-H, os parâmetros do modelo especificados por termos linguísticos passam por uma transformação em números triangulares fuzzy. A semântica fuzzy triangular utilizada neste estudo para avaliação de desempenho dos fornecedores é apresentada na Tabela 6. Além disso, perfis de referência definidos por termos linguísticos também poderiam ser transformados em números triangulares fuzzy.

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193408
https://proceedings.science/p/193408?lang=pt-br

Sub-Critério	**Forn. 1**	**Forn. 2**	**Forn. 3**	**Forn. 4**	**Forn. 5**	**Forn. 6**
Capacidade	Concordo	Neutro	Neutro	Concordo	Concordo plenamente	Discordo fortemente
Disponibilidade de Material	Concordo	Discordo	Discordo	Neutro	Neutro	Discordo fortemente
Tempo de Ciclo	Neutro	Neutro	Neutro	Concordo	Concordo	Neutro
Desastres Naturais/Políticos	Discordo	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Discordo fortemente
Logística	Discordo fortemente	Discordo	Discordo	Neutro	Neutro	Discordo fortemente
Gestão de Custos	Discordo	Discordo	Discordo	Discordo	Neutro	Discordo fortemente
Financeiro	Discordo fortemente	Discordo	Discordo	Neutro	Concordo	Discordo fortemente
Força de Mercado	Discordo fortemente	Discordo fortemente	Discordo fortemente	Discordo fortemente	Discordo fortemente	Discordo fortemente
Moeda	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Discordo fortemente
Sistema de Qualidade	Discordo fortemente	Neutro	Neutro	Concordo	Concordo	Discordo
Normas Legais	Discordo fortemente	Discordo	Discordo	Discordo	Neutro	Discordo fortemente
P&D	Discordo fortemente	Concordo plenamente	Concordo plenamente	Concordo plenamente	Concordo plenamente	Neutro
Flexibilidade	Neutro	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo	Concordo
Informação	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo	Concordo	Discordo
Gestão	Discordo fortemente	Neutro	Concordo	Concordo	Concordo plenamente	Discordo
Características de Mercado	Discordo fortemente	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro	Discordo fortemente
Tipo de Produto	Discordo	Concordo	Concordo plenamente	Concordo plenamente	Concordo plenamente	Concordo plenamente
Relacionamento	Discordo	Neutro	Neutro	Concordo	Concordo	Neutro

Tabela 5: Desempenho do Fornecedor em relação aos critérios da dimensão Risco de Fornecimento.

Tabela 6: Representação triangular fuzzy da avaliação de desempenho dos fornecedores.

Variável linguística	Semântica triangular fuzzy
Muito alto	(5; 0.25; 0)
Alto	(4; 0.25; 0.25)
Médio	(3; 0.25; 0.25)
Baixo	(2; 0.25; 0.25)
Muito baixo	(1; 0; 0.25)

Em seguida, precisamos definir as informações de preferência relacionadas aos pesos dos critérios. Neste caso, incorporamos tanto informações de preferência determinísticas como ordinais. Para a dimensão Impacto no Lucro, o decisor forneceu as seguintes informações de preferência: Impacto no Crescimento dos Negócios é o critério mais influente, seguido pelo Percentual dos Custos Totais de Compra e, finalmente, Volume de Compra. Portanto, pesos ordinais são utilizados para os critérios de primeiro nível, assumindo a seguinte ordem de preferência: $g_3 \succ g_2 \succ g_3$.

Em relação à dimensão Risco de Fornecimento, o decisor considerou apropriado adotar os pesos determinísticos para critérios elementares da seguinte forma: Capacidade de Fornecimento (0,35), Performance (0,30), Estrutura de Custo (0,20), Relacionamento (0,10) e Comunicação (0,05).

4.1.1. Fase 3 - Aplicação do método SMAA-FFS-H

Para aplicar o SMAA-FFS-H às duas dimensões, procedemos conforme as descrito na Seção 3. Como resultado, obtemos os índices de aceitabilidade apresentados na Tabela 7.

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193408
https://proceedings.science/p/193408?lang=pt-br

Tabela 7: Índice de aceitabilidade das categorias em porcentagem (%) para ambas as dimensões: Impacto no Lucro e Risco de Suprimento.

Fornecedor	Impacto no Lucro		Risco de Suprimento	
	Alto	Baixo	Alto	Baixo
	C^1_{PI}	C^2_{PI}	C^1_{SR}	C^1_{SR}
Fornecedor 1	100	0	0	100
Fornecedor 2	100	0	0	100
Fornecedor 3	75	25	0	100
Fornecedor 4	75	25	2	98
Fornecedor 5	75	25	38	62
Fornecedor 6	75	25	0	100

Conforme observado na Tabela 7, os Fornecedores 1 e 2 alcançaram uma probabilidade de 100% de serem classificados na categoria de Alto Impacto no Lucro. Os Fornecedores 3, 4, 5 e 6 também demonstraram uma probabilidade relativamente alta (75%) de pertencer à categoria de Alto Impacto no Lucro, com uma notável probabilidade de 25% de serem categorizados como Baixo Impacto no Lucro.

Em relação à dimensão de Risco de Suprimento, os Fornecedores 1, 2, 3 e 6 exibem uma probabilidade de 100% de serem classificados na categoria de Baixo Risco de Suprimento. O Fornecedor 4 demonstra uma probabilidade de 98% de cair na categoria de Baixo Risco de Suprimento, enquanto o Fornecedor 5 mostra uma probabilidade de 62% de pertencer à mesma categoria. Vale destacar que o Fornecedor 5 é o único fornecedor com uma probabilidade significativa de estar na categoria de Alto Risco de Suprimento, com uma probabilidade de 38%.

4.2. Etapa 2 - Segmentação probabilística dos fornecedores nos quadrantes de Kraljic

Para obter a segmentação probabilística dos fornecedores nos quadrantes de Kraljic, as probabilidades exibidas na Tabela 7 são multiplicadas de acordo com Equações (1)-(4), para cada fornecedor. Os fornecedores 1 e 2 obtiveram 100% de probabilidade de estar na categoria Alavancagem, enquanto os Fornecedores 3 e 6 apresentaram 75% de probabilidade de estar na categoria Alavancagem e 25% na Não crítico. Por fim, os Fornecedores 4 e 5 apresentam probabilidades mais dispersas em comparação com os outros fornecedores. O Fornecedor 4 tem 73,5% de estar na categoria alavancagem, 24,5% na Não crítica, 1,5% na Estratégica e 0,5% na Gargalo. O Fornecedor 5 apresenta 46,5% na Alavancagem, 15,5% na Não crítica, 25,5% na Estratégica e 9,5% na Gargalo. Apesar dessa maior dispersão, ambos os fornecedores também têm uma maior probabilidade de estarem no quadrante Alavancagem. Além disso, é notável que o Fornecedor 5 é o único fornecedor com uma probabilidade significativa de estar no quadrante Estratégico.

A seguir, apresentamos a distribuição dos fornecedores pelos quadrantes da matriz de Kraljic em termos de probabilidade.

- **Categoria 1: Estratégico** – Fornecedor 5 (28.5%) e Fornecedor 4 (1.5%).
- **Categoria 2: Não-crítico** – Fornecedor 4 (24.5%), Fornecedores 3 e 6 (25%) e Fornecedor 5 (15.5%).
- **Categoria 3: Alavancagem** – Fornecedores 1 e 2 (100%), Fornecedores 3 e 6 (75%), Fornecedor 4 (73.5%) e Fornecedor 5 (46.5%).
- **Categoria 4: Gargalo** – Fornecedor 5 (9.5%) e Fornecedor 4 (0.5%).

A partir desses resultados, pode-se ver que a análise probabilística da matriz de Kraljic oferece uma melhor compreensão para os tomadores de decisão, permitindo-lhes reconhecer incertezas na classificação e tomar decisões mais informadas.

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193408
https://proceedings.science/p/193408?lang=pt-br

4.3. Etapa 3 - Segmentação final dos fornecedores nos quadrantes de Kraljic

Esta etapa diz respeito à fase de exploração. Conforme discutido na Seção 3, os Fornecedores 1 e 2 devem ser atribuídos ao quadrante Alavancagem, pois têm 100% de probabilidade de pertencer a esse quadrante.

Neste estudo de caso, assumimos que o decisor determina que, se um fornecedor obtiver uma probabilidade acima de 50% de pertencer a um quadrante, ele será atribuído a esse quadrante. Neste cenário particular, os Fornecedores 3, 6 e 4 são classificados no quadrante Alavancagem. No entanto, é importante notar que o Fornecedor 5 não atende a esse critério, pois não ultrapassou uma probabilidade de 50% em nenhum quadrante. Esse resultado indica a incerteza na análise de tal Fornecedor.

5. Conclusão

Os resultados indicam que a classificação probabilística dos fornecedores de transporte de soja, utilizando as dimensões de Kraljic e o método SMAA-FFS-H, facilita a tomada de decisão informada. A segmentação proposta auxilia a cooperativa na seleção de fornecedores, considerando tanto o impacto no lucro quanto o risco de fornecimento, e promove a adoção de estratégias de transporte mais eficazes para atender às demandas de exportação.

Em conclusão, propomos que o processo de alocação de fornecedores na matriz Kraljic envolve a consideração de probabilidades e diretrizes para determinar o quadrante apropriado. O Fornecedor 5 apresenta um caso único que requer uma análise mais aprofundada e uma tomada de decisão particular pelo tomador de decisão. Além disso, estratégias específicas podem ser implementadas para mover fornecedores de uma categoria para outra, conhecendo os fornecedores que podem ser facilmente movidos devido às suas probabilidades de segmentação.

Agradecimentos

Este trabalho teve o suporte da FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), processos nº 2018/23447 e nº 2020/09838-0, e do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), processo nº 408829/2023-0.

Referências

Bai, C., Rezaei, J., e Sarkis, J. (2017). Multicriteria green supplier segmentation. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 64(4):515 – 528.

Bianchini, A., Benci, A., Pellegrini, M., e Rossi, J. (2019). Supply chain redesign for lead-time reduction through kraljic purchasing portfolio and ahp integration. *Benchmarking*, 26(4):1194 – 1209.

Brans, J., Vincke, P., e Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects: The Promethee method. *European Journal of Operational Research*, 24(2):228–238.

Caniëls, M. C. e Gelderman, C. J. (2005). Purchasing strategies in the kraljic matrix—a power and dependence perspective. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 11(2):141–155. ISSN 1478-4092. The 14th Annual IPSERA Conference.

Chung, W., Talluri, S., e Narasimhan, R. (2010). Flexibility or cost saving? sourcing decisions with two suppliers. *Decision Sciences*, 41(3):623–650.

Ferreira, L. M. D., Arantes, A., e Kharlamov, A. A. (2015). Development of a purchasing portfolio model for the construction industry: An empirical study. *Production Planning and Control*, 26 (5):377 – 392.

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193408
https://proceedings.science/p/193408?lang=pt-br

Garzon, F. S., Enjolras, M., Camargo, M., e Morel, L. (2019). A green procurement methodology based on kraljic matrix for supplier‘s evaluation and selection: a case study from the chemical sector. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 20(3):185–201.

Gelderman, C. J. e Van Weele, A. J. (2003). Handling measurement issues and strategic directions in kraljic's purchasing portfolio model. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 9(5): 207–216. ISSN 1478-4092.

Ghanbarizadeh, A., Heydari, J., Razmi, J., e Bozorgi-Amiri, A. (2019). A purchasing portfolio model for the commercial construction industry: a case study in a mega mall. *Production Planning and Control*, 30(15):1283 – 1304.

Kraljic, P. (1983). Purchasing must become supply management. *Harvard Business Review*, 61(5).

Kull, T. J. e Talluri, S. (2008). A supply risk reduction model using integrated multicriteria decision making. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 55(3):409–419.

Lambert, D. e Schwieterman, M. (2012). Supplier relationship management as a macro business process. *Supply Chain Management*, 17(3):337–352.

Lima Junior, F. R., Osiro, L., e Carpinetti, L. C. R. (2013). Métodos de decisão multicritério para seleção de fornecedores: um panorama do estado da arte. *Gestão Produção*, 20(4):781–801.

Pelissari, R., José Abackerli, A., Ben Amor, S., Célia Oliveira, M., e Infante, K. M. (2021). Multiple criteria hierarchy process for sorting problems under uncertainty applied to the evaluation of the operational maturity of research institutions. *Omega*, 103:102381.

Rezaei, J., Kadziński, M., Vana, C., e Tavasszy, L. (2022). Embedding carbon impact assessment in multi-criteria supplier segmentation using electre tri-rc. *Annals of Operations Research*, 312 (2):1445 – 1467.

Rezaei, J. e Lajimi, H. F. (2019). Segmenting supplies and suppliers: bringing together the purchasing portfolio matrix and the supplier potential matrix. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 22(4):419–436.

Sako, M. (2004). Supplier development at Honda, Nissan and Toyota: comparative case studies of organizational capability enhancement. *Industrial and Corporate Change*, 13(2):281–308.

Shiralkar, K., Bongale, A., e Kumar, S. (2022). Issues with decision making methods for supplier segmentation in supplier relationship management: A literature review. *Materials Today: Proceedings*, 50:1786–1792. 2nd International Conference on Functional Material, Manufacturing and Performances (ICFMMP-2021).

Silva, M. e Figueiredo, P. S. (2018). Supplier selection: A proposed framework for decision making. *International Journal of Procurement Management*, 11(2):233 – 249.

Tervonen, T. e Lahdelma, R. (2007). Implementing stochastic multicriteria acceptability analysis. *European Journal of Operational Research*, 178(2):500–513.

Wouters, M., van Jarwaarde, E., e Groen, B. (2007). Supplier development and cost management in southeast asia—results from a field study. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 13 (4):228–244.

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193408
https://proceedings.science/p/193408?lang=pt-br

Wu, L., Yue, X., Jin, A., e Yen, D. C. (2016). Smart supply chain management: A review and implications for future research. *International Journal of Logistics Management*, 27(2):395 – 417.

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193408
https://proceedings.science/p/193408?lang=pt-br