Modelo de seleção de fornecedores de polvilho azedo utilizando o MACBETH

Vinícius Carijo dos Santos
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia
Av. Eng. Luiz Edmundo Cariijo Coube, 14-01. CEP 17033-360 - Bauru – SP
vinicius.carrijo@unesp.br

Regiane Máximo Siqueira
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia
Av. Eng. Luiz Edmundo Cariijo Coube, 14-01. CEP 17033-360 - Bauru - SP
regiane.maximo@unesp.br

RESUMO

A busca por melhores resultados na ponta da cadeia de suprimento faz com que empresas de qualquer porte avaliem e selecionem seus fornecedores. A produção artesanal de polvilho azedo fez com que a avaliação dos fornecedores desse produto tornasse-se altamente qualitativa, desta maneira o método MACBETH é de grande valia para seleção de fornecedor desta importante matéria-prima utilizada na produção de biscoitos de polvilho. Sendo assim, este trabalho buscou desenvolver um modelo multicritério para a seleção de fornecedor de polvilho azedo em uma fábrica de biscoito de polvilhos. Para isso foi utilizado o software M-MACBETH®. O trabalho foi desenvolvido a partir da contextualização do problema, estruturação do modelo, avaliação com incorporação dos resultados de questionários abertos e estruturados. Dentre os critérios estabelecidos, o de maior importância foi o custo de aquisição direta (30,88). Os resultados foram validados pelos decisores e foi estabelecido um limiar de 50 pontos para futuras escolhas.

PALAVRAS CHAVE. Seleção de fornecedores, Biscoito de polvilho, MACBETH.

Tópicos (ADM - Apoio à Decisão Multicritério), (AD&GP – PO na Administração e Gestão da Produção).

ABSTRACT

The search for better results at the end of the supply chain causes companies of any size to evaluate and select their suppliers. The artisanal production of sour starch made the evaluation of the suppliers of this product highly qualitative, thus the MACBETH method is of great value in choosing the supplier of this important material used in the production of manioc starch biscuit. Therefore, this work sought to develop a multicriteria model for the selection of sour powder supplier in a manioc starch biscuit factory. For this, the M-MACBETH® software was used. The work was developed from the contextualization of the problem, structuring of the model, evaluation with incorporation of the results of open and structured questionnaires. Among the established criteria, the most important was the direct acquisition cost (30.88). The results were validated by the decision makers and a threshold of 50 points was established for future choices.

KEYWORDS. Supplier selection. Manioc starch biscuit. MACBETH.

Paper topics (MDA – Multicriteria Decision Aid), (AD&PM - PO in Administration and Production Management).

1. Introdução

O aumento de competitividade entre as organizações pressiona as empresas de qualquer porte a utilizar as melhores práticas de gerenciamento da cadeia de suprimentos. A busca de melhores resultados na ponta da cadeia de produção faz com que as indústrias avaliem e selecionem seu fornecedor a fim de obter a maior qualidade no menor custo possível. À medida que as empresas de manufatura cada vez mais repassam componentes e serviços e focam em suas competências centrais torna-se maior a expectativa de um desempenho adequado de seus fornecedores, quando o fornecimento não acontece na qualidade adequada, no prazo certo, a preço competitivo a empresa cliente tem apenas três alternativas: passar a produzir a matéria-prima; mudar para um fornecedor mais capacitado; ou ajudar o fornecedor atual a melhorar sua capacidade [PIRES 2016].

Segundo [Cuba e Mazzuko 2015] inúmeros procedimentos relacionados à seleção de fornecedores por um único critério vêm sendo desenvolvidos, porém, praticamente todos são desestruturados, sem dúvidas, o preço proposto é um critério essencial na escolha de um fornecedor, mas existem outros fatores relevantes e dignos de integração para que a decisão não seja distorcida. Em trabalho publicado por Mukherjee [2017] que revisa o estado da arte de métodos de seleção de fornecedores apresenta os seguintes critérios: Custo; Qualidade; Serviço; Distribuição; Reputação; Ambiente; Desempenho logístico; Estrutura comercial; Produção; Tecnologia; Capacidade de resposta; Perfil do fornecedor; Fator de risco; Confiabilidade; Tempo de entrega; Flexibilidade; Disposição do fornecedor; P&D. Destes, os mais citados são: Preço líquido (61); Distribuição (44); e Qualidade (40) [MUKHERJEE, 2017].

Para Mukherjee [2017] a qualidade de um fornecedor é particularmente relacionada a sua classificação (suprimentos consumíveis, materiais e componentes de produção, maquinário, propriedade intelectual, terceirizados e serviços), com base nessa classificação as características que podem indicar que um fornecedor possui qualidade são: entrega no prazo; capacidades técnicas; qualidade consistente; preço baixo razoável; bom histórico de desempenho; capacidade de manter a flexibilidade do volume para suportar variações repentinas na demanda; pré-venda e suporte pós-venda; capacidade de fornecer aos compradores facilidades de rastreamento; certificações industrias como ISO e TUV; e proatividade para desenvolver uma relação saudável com seus compradores.

Sendo assim, se torna evidente a necessidade de avaliar e selecionar os fornecedores para obter resultados esperados com o fornecimento, e, por essa decisão envolver a medição de diversos fatores que possuem diferente importância, o problema de seleção de fornecedores pode ser considerado um problema de decisão multicritério. Na visão de [Mavi 2015] há uma demanda contínua de modelos de avaliação robustos que incorporem efetivamente vários critérios de fornecedores, com sua necessidade de compensar vários critérios que demonstram imprecisão, a seleção de fornecedores pode ser considerado um problema de decisão multicritério.Desta maneira, a questão de pesquisa que o presente trabalho busca responder é: Como conduzir a seleção de fornecedores de maneira estruturada e abrangente em uma indústria de biscoito de polvilho? Considerando que a empresa em estudo utiliza o polvilho azedo como fonte de matéria-prima principal no seu processo de produção de biscoitos, o objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo de decisão multicritério para a seleção de fornecedor de polvilho azedo em uma fábrica de biscoito de polvilhos a partir do método MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique) ou (Medição da atratividade por uma técnica de avaliação baseada em categorias).

2. Referencial Teórico

2.1. Tomada de Decisão

A maioria dos problemas de decisão não tem somente um objetivo, a regra envolve objetivos múltiplos e conflituosos, a comparação e as trocas entre objetivos de natureza e de mensuração muito diferentes torna a tarefa complexa [EHRLICH 1996]. O problema do decisor

consiste em avaliar os múltiplos objetivos, de forma integrada. Objetivos esses apresentados por variáveis, muitas vezes em unidades de medida diferentes [ALMEIDA 2013]. Desta maneira, os métodos de decisão multicritério (MCDM) são de grande valia para problemas que envolvem vários objetivos como a seleção de fornecedores, onde muitas vezes o processo de decisão deve captar vários tradeoffs como a troca entre custo e qualidade.

Um tomador de decisão precisa mensurar o tradeoff de critérios tangíveis e intangíveis para selecionar os melhores fornecedores, para esse fim, vários métodos são utilizados, os mais comumente aplicados são o processo de hierarquia analítica (AHP) e o processo de rede analítica (ANP) por sua simplicidade e consistência computacional [MUKHERJEE 2017]. Geralmente, o processo de tomada de decisão envolve resumidamente as seguintes etapas: definição do problema; identificação da necessidade; definição de metas; seleção das alternativas; identificação dos critérios adequados; seleção da ferramenta de tomada de decisão adequada; avaliação de todas as alternativas com base nos critérios; e, validação do resultado [MUKHERJEE 2017].

A condução de um estudo de apoio a decisão multicritério pode ser complexo, e algumas ferramentas podem apoiar o desenvolvimento deste estudo. Marttunen et al. [2017] conduziu uma revisão sistemática de literatura contendo 333 artigos que abordaram a aplicação combinada de métodos de estruturação de problema (*Problem structuring methods* – PSMs) e métodos de apoio a decisão multicritério (MDA). Ao final da revisão detalhada os autores apresentaram um levantamento de quais ferramentas possuem nível de suporte mais elevado. Marttunen et al. [2017] defendem que na fase de identificação das partes interessadas a análise de stakeholder pode ser utilizada, já na fase de identificação de critérios e atributos as ferramentas que mais apoiam a estruturação do modelo de cognitivo são os mapas cognitivos, análise de SWOT (Strength, Weakness, Opportunity, Threat) e DPSIR (Driver-Pressure-State-Impact-Response). No desenvolvimento de alternativas de decisão os fatores de SWOT podem ser utilizados para construção das opções de seleção, assim como a análise de cenários pode produzir cenários alternativos diversos, já na identificação de incertezas no ambiente externo, pode-se utilizar os fatores externos da SWOT (oportunidades e ameaças) para identificação das incertezas, outro meio é utilizar a análise de cenários conduzindo a construção de possíveis futuros alternativos que podem influenciar a decisão [MARTTUNEN et al., 2017].

2.2. Seleção de fornecedores

A seleção de fornecedores não é um simples processo administrativo, é um resultado específico de um problema de otimização baseado em vários critérios, a seleção criteriosa de fornecedores pode permitir a minimização do custo de aquisição, melhoria da qualidade e a confiabilidade do fornecimento, e, assim aumentar a margem de lucro da empresa, minimizando o risco da cadeia de suprimentos [MUKHERJEE 2017].

Atualmente, uma das ferramentas mais ajustadas para a escolha de fornecedores é a análise multicritério, pois utiliza de um modelo de avaliação estruturada na pontuação ponderada de parâmetros, em que o decisor está munido da atribuição dos pesos às diversas variáveis, utilizando o modelo, o gestor consegue racionalizar a escolha de acordo com as preferências com base em alguns fatores, tais como preço, prazo de entrega, requisitos e garantias de qualidade, quantidade desejada, entre outros [CUBA e MAZZUKO 2015].

Em trabalho publicado por [Bertahome e Brandalise 2017] foi aplicado o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) no software SuperDecision® para escolha de fornecedor de farinha de trigo em uma padaria e confeitaria localizada no estado do Rio de Janeiro, os resultados contribuíram signitificamente para a análise e tomada de decisão na seleção do fornecedor da principal matéria-prima. Em revisão realizada por [Lima Junior et al. 2013] foi levantando que no Brasil vêm sendo desenvolvidos estudos em seleção de fornecedores dos mais diversos fins (escolha final de fornecedores, avaliação contínua dos fornecedores selecionados,

seleção de fornecedores em projetos) e que estes adotam métodos MCDM da escola francesa (ELECTRE I e IV) e da escola americana (AHP, ANP, MACBETH).

2.3. Método MACBETH

Segundo [Gomes 2007] o pesquisador lusitano Carlos António Bana e Costa, com apoio do colega belga Jean-Claude Vansnick, foram os criadores do método MACBETH. Baseado em julgamentos semânticos sobre a atratividade de várias excitações, o MACBETH (Medição da atratividade por uma técnica de avaliação baseada em categorias) é uma abordagem interativa para ajudar a pessoa que faz julgamentos a quantificar a atratividade de cada estímulo, de tal forma que a escala de medição construída seja uma escala intervalar [BANA E COSTA e VANSNICK 1999].

Considerando a dificuldade do ser humano de avaliar preferências em escalas numéricas, o MACBETH utiliza escalas nominais (escala que apenas existe em nome) para avaliação dos agentes de decisão, posteriormente a escala é transformada em escala numérica para reavaliação [GOMES 2007]. Este caráter qualitativo do MACBETH levou o método a ser aplicado no trabalho, visto que boa parte dos critérios levantados para seleção de fornecedor de polvilho azedo não pôde ser mensurado.

Na abordagem de [Bana e Costa e Vansnick 1990] a estruturação de um problema de decisão pode permitir que se estabeleça uma linguagem de debate e aprendizagem no processo de decisão, descrevendo os impactos plausíveis segundo diversos pontos de vistas que explicitam os sistemas de valores dos agentes de decisão que interferem no processo. Os autores destacam ainda que uma família F de n pontos de vistas fundamentais, F={PV1,...,PVj,...,PVn} cujo a construção é o ponto culminante da fase de estruturação em um estudo de apoio à decisão, após essa construção de cada ponto de vista fundamental PVj local, é realizada a avalição de atratividade entre pares e a agregação dos julgamentos de valores locais em um modelo de avaliação global que leva em conta certas informações de natureza inter-pontos de vista.

A tabela 1 apresenta a escala nominal (qualitativa) e a cardinal (quantitativa) que é utilizada para avaliar as preferências entre os critérios de decisão.

Tabela 1 – Escala para avaliação das atratividades entre os critérios de decisão.

Escala ordinal	Escala nominal
Extrema	Extrema diferença de atratividade
Muito forte	Diferença muito forte de atratividade (de forte a extremo)
Forte	Forte diferença de atratividade
Moderada	Diferença moderada de atratividade (de fraca a forte)
Fraca	Fraca diferença de atratividade
Muito Fraca	Diferença de atratividade muito fraca (de zero a fraca)
Nula	Diferença nula de atratividade

Fonte: Bana e Costa et al. [2010].

Para definir a preferência entre os critérios de decisão questiona-se o decisor mediante a uma comparação por pares, identificando a existência e a intensidade de preferência entre dois critérios, conforme apresentado na tabela 1, essa escala é maleável, possibilitando a escolha de valores intermediários e posteriormente para fins de ponderação a escala ordinal é convertida e escala cardinal (0-100) [GOMES 2007]. O método proposto por [Bana e Costa et al. 2012] utiliza de um modelo de agregação aditiva, onde a pontuação global pode ser definida a partir do modelo apresentado pelas equações (1) e (2).

$$V(x) = \sum_{j=1}^{n} k_j v_j(x_j) \quad (1)$$

com,

$$\sum_{j=1}^{n} k_j = 1, k_j > 0, e \begin{cases} v_j(x_j^+)(j\ neutro) = 100 \\ vj\ (x_j^0)(j\ bom) = 0 \end{cases} \quad para\ j = 1, \ldots, n \tag{2}$$

Em que,

x_j= descritores dos critérios j (j=1,...,n)

$v(x)$ = pontuação geral obtida pelo valor das agregações parciais $v_j(x)$ nos critérios j (j=1,...,n)

k_j = o peso atribuído ao critério j ($j = 1, \ldots, n$).

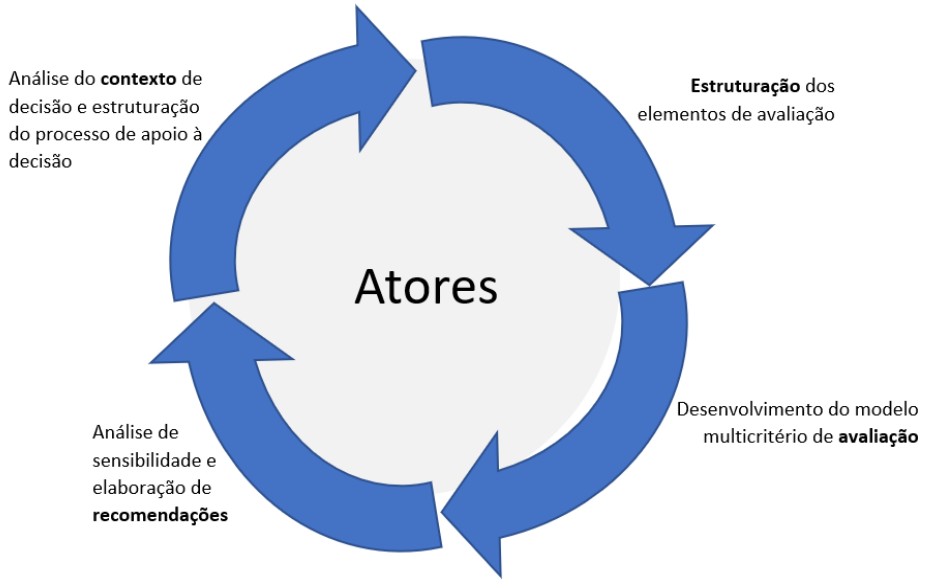
Ao usar o software M-MACBETH quando completa-se a avaliação, uma escala numérica de 0 a 100 é construída ao lado da matriz (escala MACBETH) que é provida a partir das comparações da diferença de atratividade entre duas opções. Além disso, com a tabela preenchida o software testa a consistência da avaliação e sugere alterações quando necessárias, por fim, é possível realizar a análise de sensibilidade para obter solidez aos resultados alcançados [GOMES 2007].

3. Procedimentos Metodológicos

Para a coleta de dados foram aplicados questionários estruturados conforme o protocolo de método MACBETH descrito no tópico de resultados (Seção 4.2, 4.3 e 4.4), construindo a árvore de valor e definindo os pontos de vista que interferem no processo de decisão, e conduzindo a avaliação do modelo.

Para atender os objetivos propostos no trabalho foi utilizado o MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique) com auxílio de questionários abertos e estruturados para obtenção dos julgamentos qualitativos e quantitativos. O método MACBETH é considerado um método construtivista, de acordo com [Gomes 2007] o foco principal é a interação entre os agentes e o analista de decisão. Com o enfoque construtivista a estruturação do problema avança de forma interativa entre o analista de decisão e os agentes de decisão [GOMES 2007]. A realização do estudo envolveu uma série de etapas interdependentes e sequenciais que baseadas nas fases propostas por [Bana e Costa et al., 2012] e são apresentadas na figura 1.

Figura 1 – Fases do processo de apoio a tomada de decisão



Fonte: Bana E Costa et al. [2012].

Etapa 1 - Contexto de decisão: Nesta primeira fase são definidos os stakeholders e são realizadas as primeiras entrevistas não-estruturadas a fim de delimitar quais os fatores que influenciaram no passado a troca de fornecedores de polvilho azedo.

Etapa 2 – Estruturação do modelo: Nesta fase são determinados os pontos de vistas fundamentais (critérios) e validados junto aos especialistas, também são definidos os descritores dos níveis de performances qualitativos e quantitativos.

Etapa 3 – Avaliação: Questionários estruturados foram desenvolvidos e aplicados para definição das escalas de valores para avaliação em cada nível de performance para cada critério, posteriormente é realizada a ordenação decrescente do critério para então desenvolver a ponderação dos pesos dos mesmos.

Etapa 4 – Análise de resultados: Por fim, por meio da tabela de pontuações globais e análise de sensibilidade os resultados são analisados a fim de balizar o modelo de seleção de fornecedores da empresa.

Foi utilizado o software M-MACBETH® para o desenvolvimento do modelo de decisão e análise dos resultados.

4. Resultados

4.1. Contexto de decisão

O modelo de apoio a decisão abordado no trabalho auxilia na seleção de fornecedores para suprimento de polvilho azedo para uma pequena indústria de biscoitos de polvilho. A empresa está localizada no noroeste do Paraná e trabalha com produtos semiartesanais de alta qualidade e alto valor agregado.

O polvilho é o principal matéria-prima dos biscoitos de polvilho, na composição dos produtos da fábrica analisada, onde são utilizados polvilho azedo e polvilho doce (fécula). A decisão de analisar o suprimento de polvilho azedo se deve pelo fato de que em produtos de elevada qualidade o impacto do polvilho azedo no sabor do produto é maior, e o mesmo é ainda mais fortemente relacionado a qualidade (responsável pelo sabor azedo) pelo rendimento industrial (acidez é responsável pela expansão do produto) e representa um custo direto de aquisição superior ao da fécula. Para o prosseguimento da pesquisa foi delimitado um dos autores como facilitador, o time de especialistas é composto pelos dois proprietários da empresa, o proprietário (58 anos) e a proprietária (51 anos) possuem ensino médio completo e 15 anos de experiência em produção de biscoito de polvilhos, além disso, já utilizaram e conhecem os processos de produção dos 7 fornecedores avaliados nesse trabalho.

4.2. Entrevistas iniciais

Nessa primeira rodada foi questionado quais os fatores que levaram a substituição de fornecedores de polvilho azedo ao longo do histórico da empresa. Os participantes responderam que já experimentaram todas as alternativas de polvilho azedo industrial disponível e que a principal motivação inicial seria a redução de custo, porém, em um segundo momento a preocupação passou a ser com a qualidade da matéria-prima. A disponibilidade do produto facilitou o processo de análise entre os 7 fornecedores, a fábrica está localizada estrategicamente em um raio máximo de 100 quilômetros desses fornecedores.

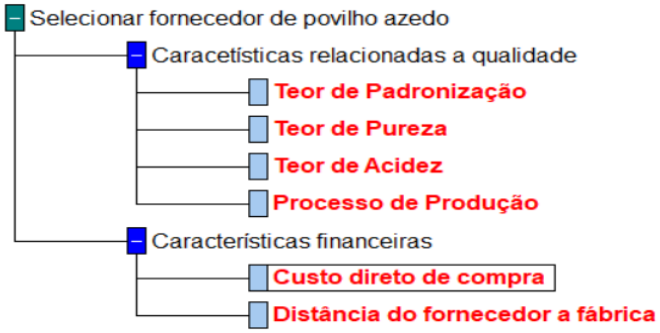
Desta maneira, foram levantados como fatores que influenciaram na decisão de substituição: custo de aquisição do produto; teor de acidez; capacidade de expansão; pureza; padronização; distância ao fornecedor; e se o processo de produção do polvilho era artesanal com escala industrial ou puramente industrial. O último fator foi apontado pois alguns fornecedores apresentam qualidade superior (teor de acidez e expansão elevado) pelo processo de secagem solar ser realizado, enquanto indústrias com o processo de secagem realizado por meio de secadores industriais produzem produtos com teor de acidez reduzido, resultando em menor rendimento e qualidade do produto.

4.3. Estruturação do modelo

Em um segundo momento foi sugerido pelo facilitador se o tempo de fornecimento influenciaram na decisão. O fator foi declinado pelos decisores, pois eles comentaram que pela produção em baixa escala e por ser uma comodity o produto está sempre disponível na quantidade necessária, não havendo histórico de falta de suprimento no momento e quantidades demandadas. Para finalizar o processo de definição dos pontos de vista fundamentais foi questionado se algum dos fatores poderia ser agrupado em classe ou unidos em um único critério. Os participantes destacaram que a capacidade de expansão do polvilho é ditada pelo teor de acidez e o mesmo pode ser agrupado em único critério.

A partir das informações levantadas foi possível construir a árvore de decisão no software M-MACBETH® como demonstrado na figura 2, onde as características de qualidade apresentam os critérios Teor de Padronização, Teor de Pureza, Teor de Acidez e Processo de Produção, e, as características financeiras são ditadas pelo custo de aquisição direto do produto e a distância do fornecedor a fábrica (sendo utilizada de medida para o custo de transporte).

Figura 2 - Árvore de decisão para a seleção de fornecedor de polvilho Azedo



Fonte: Elaborada pelos autores [2021].

Em seguida foi realizado uma segunda rodada de entrevista no qual foi respondidos as seguintes questões: a) quais critérios podem ser quantificáveis? b) nos critérios qualitativos é possível avaliar as performances dos fornecedores em diferentes níveis? A tabela 2 apresenta exemplo dos 5 níveis de performance que foram desenvolvidos para o critério teor de padronização.

Tabela 2 – Descrição dos níveis de performance dos critérios (pontos de vistas) para teor de padronização

Nível de impacto	**Descrição**
N1 (A) – Padronização excelente	Produto adquiridos provenientes de **diferentes lotes** e **diferentes épocas do ano** possuem **características idênticas (acidez, expansão, pureza).**
N2 (B) – Padronização boa	Produto adquiridos provenientes de **diferentes lotes** e **diferentes épocas do ano** possuem **características similares (acidez, expansão, pureza).**
N3 (C) – Padronização satisfatória	Produto adquiridos provenientes de **mesmos lotes** e nas **mesmas épocas do ano** possuem **características similares (acidez, expansão, pureza)**.
N4 (D) – Padronização nula	Produto adquiridos provenientes de **diferentes lotes** e **épocas diferentes do ano** possuem **características diferentes (acidez, expansão, pureza**).
N5 (E) – Ausência total de padrão	Produto adquiridos provenientes de **mesmos lotes** e nas **mesmas épocas do ano** possuem **características diferentes (acidez, expansão, pureza).**

Fonte: Elaborado pelos autores [2021].

Nessa fase, obtivemos como resposta que os dois últimos critérios são facilmente quantificáveis, o custo direto de compra por saco de 25 quilogramas pode ser obtido através de cotação (o custo obtido nos orçamentos variou de R$ 70,00 a R$ 110,00) e os níveis de performance podem ser apresentados por uma escala normalizada, a distância ao fornecedor foi obtida por meio da localização do mesmo, os resultados variaram de 20 a 100 quilômetros e foram quantificados utilizando o Google Maps®. Já para os outros 4 critérios as escalas qualitativas de performance foram desenvolvidas conforme exemplo apresentado na tabela 2, vale lembrar que a partir de ensaios laboratoriais poderiam ser levantados o teor de acidez e de pureza dos produtos, porém, pela elevada variabilidade desses resultados em diferentes lotes e diferentes épocas do ano optou-se por desenvolver níveis qualitativos de performance.

4.4. Avaliação do modelo

Foram construídos descritores pelos especialistas, os mesmos foram incentivados a pensar em níveis de avaliação de cada critério. Para a construção dos níveis foram designados como nível de impacto bom (atratividade inquestionável) e neutro (nem satisfatório nem insatisfatório) o estabelecimento dos mesmos é importante pois no modelo MACBETH se fixa os scores em 100 para bom e 0 para neutro, após essa definição foram construídos os outros 3 descritores, um impacto muito atrativo, um impacto pior do que bom, e um pouco atrativo, pior que neutro. Foram construídos descritores a partir do consenso dos participantes para todos os critérios, a tabela 3 apresenta os descritores para os critérios e seus níveis de desempenho em azul são descritos os níveis de desempenho neutros (que recebem escala MACBETH 0) e em verde são apresentados os níveis bons (recebem escala MACBETH 100).

Tabela 3 – Descrição dos níveis de performance dos pontos de vistas. Em azul são descritos os níveis de desempenho neutros (0) e em verde são apresentados os níveis bons (100).

Critérios	**Descrição do critério**	**Níveis de impactos para cada um dos Pontos de Vistas (PV's)**				
		Muito boa	**Boa**	**Satisfatória**	**Neutra**	**Fraca**
PV1	Teor de padronização - Mesmo processos industriais carregam traços de processos artesanais, produzindo produtos despadronizados até mesmo no mesmo lote	N1	N2	N3	N4	N5
PV2	Teor de pureza indica a ausência ou presença mínima de outras substâncias no amido	N1	N2	N3	N4	N5
PV3	Teor de acidez é responsável pelo sabor azedo característico do produto e pela capacidade de expansão do polvilho	N1	N2	N3	N4	N5
PV4	Processo de produção com secagem solar natural resultam em produtos de maior qualidade	N1	N2	N3	N4	N5
PV5	Custo de aquisição de um saco de polvilho (25 Kg/saco)	70	80	90	100	110
PV6	Distância (km)	20	40	60	80	100

Fonte: Elaborado pelos autores [2021].

Após a construção dos descritores as 7 alternativas de fornecedores foram avaliadas para cada um dos 6 critérios (pontos de vista), lembrando que o custo direto de aquisição foi obtido a

partir de levantamento atualizado com os fornecedores e as distâncias entre o fornecedor e a fábrica foram obtidas por meio do Google Maps®. Para avaliar cada fornecedor em relação aos 4 critérios qualitativos foram utilizados os cinco níveis de performance descritivos. A figura 3 apresenta os resultados da avaliação para os seis critérios dos 7 fornecedores vale lembrar que para fornecedores que realizam a entrega sem custos a distância foi considerada 0.

Figura 3 - Performances dos 7 fornecedores

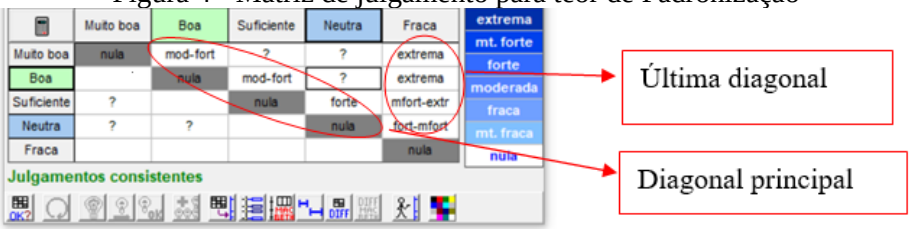
Opções	Padrão	Pureza	Acidez	Processo	CD	Distância
Forn. 1	Boa	Suficiente	Muito boa	Boa	80	0
Forn. 2	Suficiente	Muito boa	Boa	Suficiente	100	36.9
Forn. 3	Boa	Muito boa	Boa	Suficiente	100	51.2
Forn. 4	Neutra	Boa	Neutra	Neutra	90	0
Forn. 5	Neutra	Muito boa	Neutra	Suficiente	70	20.2
Forn. 6	Neutra	Boa	Neutra	Neutra	90	85.3
Forn. 7	Suficiente	Suficiente	Boa	Boa	90	20.2

Fonte: Elaborada pelos autores [2021].

Foram construídas as escalas de valor para todos os critérios, para isso foram utilizadas a diferença de atratividade de sete categorias: neutra (N); muito fraca (MF); fraca (F); moderada (M); forte (FO); muito forte (MFO); extrema (E), foram realizados questionamentos “quando x é mais atrativo que y que diferença de atratividade você sente?”. Para avaliação da diferença de atratividade para o critério de padronização por exemplo foram realizados questionamentos como: “Passar de produtos despadronizados provenientes do mesmo lote para produtos altamente padronizados provenientes de diferentes lotes e épocas do ano, é de que importância para a seleção do fornecedor?”. Os julgamentos foram realizados pela comparação par a par de cada nível de desempenho dos descritores.

Os julgamentos foram realizados entre cada par correspondendo a última coluna e a diagonal da matriz de comparação conforme apresentado na figura 4. Os demais julgamentos são preenchidos por transitividade.

Figura 4 - Matriz de julgamento para teor de Padronização



Fonte: Elaborada pelos autores [2021].

Como não ocorreram inconsistência entre os julgamentos não foi necessário ajustar os julgamentos pelas sugestões do software. Quando os julgamentos entre os dois especialistas são divergentes são inseridas as duas categorias de atratividade, na figura 4 entre a classificação muito boa e boa o julgamento foi apresentado como moderado e forte por conta desta discrepância.

A última etapa da construção do modelo envolveu a definição da importância/peso dos critérios. Inicialmente foi realizado a ordenação decrescente de atratividade dos pontos de vistas fundamentais, os especialistas supunham a avaliação de uma alternativa de fornecedor neutro para todos os critérios para então escolher o critério que mais impactaria na melhora desse fornecedor caso os outros fossem mantidos, isso gerou a ordenação decrescente de atratividade para os critérios. Em seguida para definir a atratividade de cada critério foi questionado: o quanto mais atrativo é passar de neutro para bom no critério “x” em vez de passar de neutro para bom no critério “y”? para responder poderiam selecionar cada uma das MACBETH. Novamente foram

realizados os julgamentos referentes a última coluna e diagonal principal da matriz de decisões e os demais foram preenchidos por transitividade, os julgamentos podem ser observados na figura 5.

Figura 5 - Ponderação da importância dos critérios



	[CD]	[Padrão]	[Acidez]	[Processo]	[Pureza]	[Distância]	[tudo inf.]	Escala atual
[CD]	nula	mod-fort	mod-fort	forte	mt. forte	mfort-extr	positiva	30,88
[Padrão]		nula	moderada	moderada	forte	fort-mfort	positiva	25,00
[Acidez]			nula	mod-fort	forte	forte	positiva	20,59
[Processo]				nula	forte	forte	positiva	16,18
[Pureza]					nula	moderada	positiva	5,88
[Distância]						nula	positiva	1,47
[tudo inf.]							nula	0,00

Fonte: Elaborada pelos autores [2021].

Semelhantemente ao trabalho de Bertahome e Brandalise [2017] os critérios de maior importância foram o custo de aquisição direta (30,88) seguido pelo critério de padronização (25,00), teor de acidez, processo de produção, já os dois últimos critérios (teor de pureza e distância do fornecedor) apresentaram pesos relativamente baixos.

No trabalho conduzido por Bertahome e Brandalise [2017] na seleção de fornecedor de farinha de trigo em uma padaria e confeitaria o critério de maior importância foi a qualidade e em seguida apresenta-se o preço de aquisição, no presente trabalho os critérios com maior peso na decisão foram, respectivamente, custo de aquisição e padronização da matéria-prima resultado similar ao trabalho correlato.

4.5. Análise dos resultados

Com todas as informações inseridas no modelo foi possível verificar qual dos fornecedores obteve maior pontuação global e as respectivas pontuações para os demais critérios conforme pode ser observado na figura 6.

Figura 6 – pontuações individuais e globais para os fornecedores avaliados



Opções	Global	Padrão	Pureza	Acidez	Processo	CD	Distância
[tudo sup.]	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Forn. 1	96,08	100,00	50,00	142,86	100,00	66,67	133,33
Forn. 7	65,75	57,14	50,00	100,00	100,00	33,33	99,67
Forn. 3	64,36	100,00	150,00	100,00	57,14	0,00	48,00
Forn. 2	54,00	57,14	150,00	100,00	57,14	0,00	71,84
Forn. 5	50,41	0,00	150,00	0,00	57,14	100,00	99,67
Forn. 4	18,13	0,00	100,00	0,00	0,00	33,33	133,33
Forn. 6	16,04	0,00	100,00	0,00	0,00	33,33	-8,83
[tudo inf.]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pesos :		0,2500	0,0588	0,2059	0,1618	0,3088	0,0147

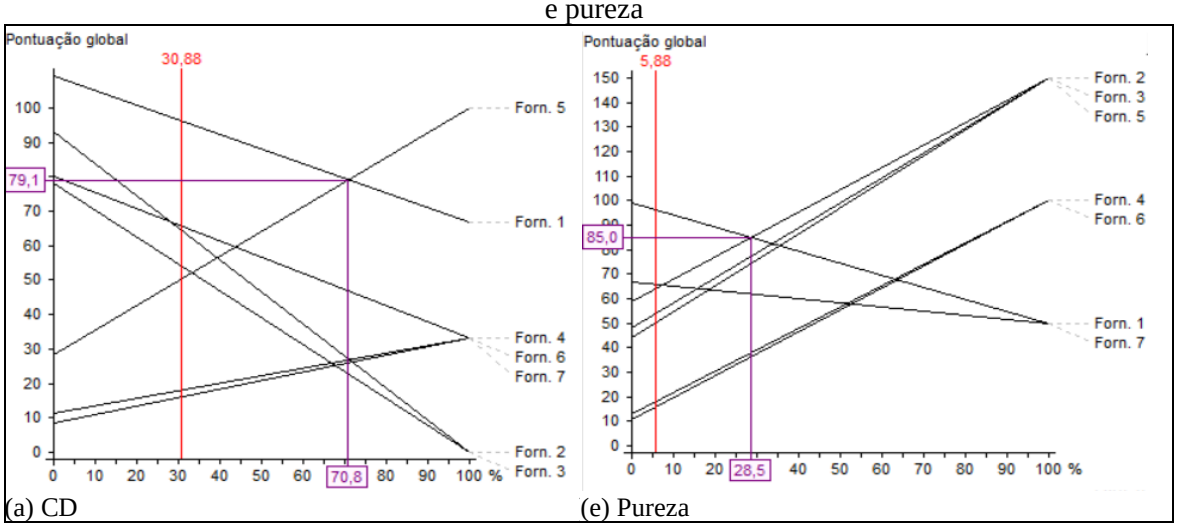
Fonte: Elaborada pelos autores [2021].

Como pode ser observado na figura 6 o fornecedor 1 apresentou maior pontuação global, próximo ao resultado superior (Bom-100) os melhores resultados da alternativa foram para teor de acidez e distância obtendo os melhores níveis de performance, os piores resultados do fornecedor 1 foram para teor de pureza e custo direto de aquisição, demonstrando que apesar do valor elevado os outros critérios compensaram esse fator negativo.

Os resultados foram apresentados para os decisores, que se mostraram satisfeitos com a classificação já que o produto entregue pelo fornecedor 1 é o que vem sendo utilizado atualmente. Foi constatado também a baixíssima pontuação global para o fornecedor 4 e 6 que

possuem resultados insatisfatórios para a maioria dos critérios, desta maneira, os decisores decidiram estabelecer um limiar mínima de 50 pontos em pontuação global para definir como fornecedor apto a ser selecionado. Para avaliar a interferência da alteração dos pesos dos critérios na pontuação global foi realizada a análise de sensibilidade conforme apresentada na figura 7.

Figura 7 – Análise de Sensibilidade para a seleção de fornecedores para custo direto de aquisição e pureza



(a) CD (e) Pureza

Fonte: Elaborada pelos autores [2021].

A figura 7 demonstra a análise de sensibilidade para cada um dos critérios avaliados na seleção de fornecedores. Para o custo direto de aquisição o fornecedor 5 é mais interessante se o peso para esse critério for superior a 70,8%. Uma situação mais provável ocorre quando se altera-se o peso para teor de pureza, quando esse critério superar 28,5% o fornecedor 1 não é o de maior desempenho sendo ultrapassado pelo fornecedor 2. Para o critério de teor de acidez o fornecedor 1 é sempre vitorioso. Já para os critérios de teor de padronização, tipo de processo de produção e distância, o fornecedor 1 é mais atrativo até que o peso isolado de cada um desses critérios seja de 100%. Desta maneira, considerando as avaliações o fornecedor 1 só seria superado se o peso para teor de pureza fosse quase cinco vezes o peso atual (28,5-5,88) ou o peso custo de aquisição direta fosse maior que o dobro da ponderação atual (70,8-30,88).

5. Conclusões

A partir do modelo desenvolvido os decisores puderam refletir de maneira efetiva sobre diversos critérios que podem interferir na seleção de fornecedor, fato que normalmente não ocorre em pequenas organizações. Os pontos de vistas fundamentais foram definidos a partir da realidade de uma pequena organização, com critérios objetivos e simples de serem abordados, muitos critérios que são importantes para uma grande organização, como por exemplo, certificação de sistemas de gerenciamento da qualidade, não foram apontados pelos decisores, mesmo considerando que a maioria dos fornecedores possuem a certificação ISO 9001.

Algumas limitações relacionadas a ausência de indicadores ou teores quantitativos foram supridas pela utilização de descritores de níveis de performance qualitativos fornecidos pelo método MACBETH. De maneira resumida, pode-se dizer que o modelo foi adaptado a realidade de pequenas e médias organizações. Para aprimorar o modelo alguns critérios qualitativos como teor de acidez médio e teor de pureza podem ser substituídos por critérios quantitativos, pois estes valores demandam uma análise extensa já que produtos produzidos em diferentes épocas do ano produzem resultados diferentes para esses teores. De posse desses resultados, pode-se

conduzir um estudo que avalie a variabilidade de teor de pureza e de acidez ao longo de um ano para que o critério padronização também se torne quantitativo.

Referências

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

BANA E COSTA, C. A.; VANSNICK, J.-C. (1995). Uma nova abordagem ao problema de construção de uma função de valor cardinal: MACBETH. *Investigação operacional*, v. 15, p. 15-35.

BANA E COSTA, C. A.; VANSNICK, J.-C. (1999). The MACBETH approach: Basic ideas, software, and an application. In: *Advances in decision analysis*. Springer, Dordrecht, 1999. p. 131-157.

BANA E COSTA, C. A.; DE CORTE, J-M; VANSNICK, J-C. (2010). MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique). In: *Wiley Encyclopedia of Operations Research and Management Science*.

BANA E COSTA, C. A.; DE CORTE, J.-M.; VANSNICK, J.-C. (2012). MACBETH. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, v. 11, n. 02, p. 359–387.

BERTAHONE, P; BRANDALISE, N. Uso do método Analytic Hierarchy Process (AHP) para escolha de fornecedor de farinha de trigo: Um estudo de caso. In *Anais do XIV SEGET*, p. 1-13, Resende-RJ . AEDB.

CUBA, J. W; MAZZUCO, R. (2015). Seleção de fornecedores por meio da análise multicritério: aplicação do método MACBETH na produção de painéis de vedação vertical externa. 130 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.

EHRLICH, P. J. (1996). Modelos quantitativos de apoio as decisões: II. *Revista de Administração de Empresas*, v. 36, n. 2, p. 44-52.

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

MARTTUNEN, M; LIENERT, J; BELTON, V. (2017). Structuring problems for Multi-Criteria Decision Analysis in practice: A literature review of method combinations. *European Journal of Operational Research*, v. 263, n. 1, p. 1-17.

MAVI, R. K. (2015). Green supplier selection: a fuzzy AHP and fuzzy ARAS approach. *International Journal of Services and Operations Management*, v. 22, n. 2, p. 165-188.

MUKHERJEE, K. (2017). Supplier Selection: An MCDA-Based Approach. Springer.

PIRES, S.R.I. (2016). Gestão da cadeia de suprimentos (*Supply chain management*): conceitos, estratégias, práticas e casos. São Paulo: Atlas.