

**ANÁLISE MULTICRITÉRIO APLICADA A TOMADA DE DECISÃO
ESTRATÉGICA DE ESCOLHA ENTRE MODAIS DE TRANSPORTE – UM
ESTUDO DE CASO DA INDÚSTRIA DE ELETRÔNICOS DE MANAUS**

Daniel S. Amaral

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Sistemas Logísticos
daamaral@usp.br

Klaus D. Holzhey

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Sistemas Logísticos
klaus.holzhey@usp.br

Gilberto Montibeller

London School of Economics
Departamento of Management
g.montibeller@lse.ac.uk

Hugo Yoshizaki

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Sistemas Logísticos
hugo@usp.br

RESUMO:

O presente estudo tem como objetivo, analisar a escolha de diferentes alternativas modais no transporte entre a Zona Franca de Manaus - ZFM e a região sudeste do Brasil, mais especificamente o estado de São Paulo, onde se concentra o maior pólo de consumo da produção da ZFM. Essa análise foi feita a partir do emprego da metodologia multi-critérios (MCDA) e baseou-se em estudo de caso de empresa do segmento eletrônico (linha marrom) com produção em Manaus.

Palavras-Chaves: Estudo de caso; Zona Franca de Manaus; Alternativas modais de transporte – Métodos de Apoio à Decisão Multicritério;

ABSTRACT:

This study aims to analyze the choice of different modal alternatives in transportation between the Free Trade Zone of MANAUS and the Brazilian-southeast, especially the state of Sao Paulo, which concentrates the largest center of consumption of what is produced in Manaus. This analysis was made using multi-criteria methodology (MCDA) and was based on the real case-study of a Brown product line company with production basis in Manaus.

Keywords: Case study; Manaus free tax zone; Transportation modals alternatives – Multi-criteria decision support method;

1. INTRODUÇÃO:

A Zona Franca de Manaus (ZFM), situada no extremo norte do Brasil, foi instituída pelo Decreto-Lei no 288, de 28 de fevereiro de 1967, com o objetivo de estabelecer um pólo de desenvolvimento industrial, comercial e agropecuário na região. Para compensar as desvantagens locacionais da Amazônia, o mencionado decreto-lei definia a ZFM também como área de livre comércio de importação e exportação, além de contar com uma série de incentivos fiscais especiais.

A produção industrial da ZFM está fortemente concentrada na Indústria de eletrônicos, que tem correspondido a aproximadamente 32% do faturamento local [1]. As inúmeras vantagens oferecidas pela legislação da ZFM resultaram na transferência para Manaus de praticamente toda a indústria do setor de bens de consumo desse segmento. Do total da produção de eletrônicos na ZFM, aproximadamente 55% destina-se ao Sudeste [2].

Dessa forma, considerando as distâncias de seus principais fornecedores quanto para os mercados de consumo final (4.800 km distância rodoviária entre Manaus e São Paulo), associado às dificuldades de infraestrutura, logística e condições de acesso a região, faz com que a escolha pela melhor alternativa modal, represente um dos mais importantes fatores de sucesso para as empresas estabelecidas na ZFM.

O presente artigo busca estudar o caso específico da escolha de modal através da metodologia MCDA (Multi-Criteria Decision Analysis), confrontando os resultados com a decisão atualmente adotada por uma indústria de eletrônicos instalada na ZFM.

O artigo está dividido em 6 partes, sendo a parte 1 uma introdução, seguida de revisão breve da literatura sobre o problema na parte 2. Nas partes 3 e 4 são explorados a metodologia utilizada e sua aplicação, respectivamente. Na parte 5 é feita a análise dos resultados, e na parte 6 as conclusões e considerações finais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Atualmente, o processo de transportes de produtos entre as fábricas e os clientes e consumidores envolve uma quantidade grande de fatores relevantes. Este processo, que em tempos anteriores considerava apenas custo e prazo de entrega, passou a ser analisado por diversos fatores adicionais, muitas vezes sem valor monetário definido, tornando a escolha por um modal de transportes mais complexa.

Segundo BEUTHE e BOUFFIOUX (2003), o aumento da demanda de transportes, principalmente rodoviários, está causando congestionamentos, poluição ambiental e atrasos, e como consequência a busca por modais alternativos. Em sua análise, BEUTHE e BOUFFIOUX (2003) utilizaram o modelo UTA Utilities Additives para analisar preferências a partir de atributos próprios de cada modal de transporte.

DANIELLIS et al. (2005) utilizaram a metodologia ACA Adaptive Conjoint Analysis para definir preferências para atributos de transporte. Em sua análise, identificaram que os atributos de qualidade são atualmente mais relevantes que os atributos de custo, e que a definição de modal de transportes deveria considerar estes fatores qualitativos com maior peso.

BRUCKER et al. (2004) utilizaram dois diferentes métodos multicritérios, para definir o que chamaram de Evaluation of Intelligent Transport System (ITS), para tanto, compararam os resultados de AHP e PROMETHEE. Em seu estudo, BRUCKER et al (2004) argumentam que a utilização de metodologia MCA (Multi-Criteria Analysis) pode trazer benefícios, principalmente para o cenário que considera uma quantidade crescente de critérios de decisão não monetários.

3. METODOLOGIA

Para o estudo proposto foi considerada a metodologia SMART Simple Multi-Attribute Rating Technique, GOODWIN e WRIGHT (2010). A escolha desta metodologia se

baseou em sua simplicidade de entendimento e aplicação, e à disponibilidade de software computacional de auxílio à aplicação sem custo (VISA versão U6).

O SMART tem como objetivo, auxiliar os tomadores de decisões (DM) na enumeração e avaliação de todos os aspectos relevantes para tomada de decisão, bem como o relacionamento entre os diferentes atributos das alternativas e suas importâncias relativas. Desta forma, pode-se avaliar alternativas com características diferentes de maneira coerente e tomar a decisão que mais favorece os valores identificados pelos DM. O SMART consiste em 8 estágios conforme detalharemos abaixo. É importante, ainda ressaltar que o método pode ser modificado e/ou adaptado para diversas situações. Um breve resumo do processo adotado e suas etapas estão descritos a seguir.

A identificação dos DM (1ª etapa) é em geral o primeiro passo a ser adotado depois que é colocado um problema de decisão. Todo trabalho desenvolvido nesse momento, bem como a qualidade da decisão tomada dependem dessa etapa. É importante considerar que, em alguns casos, o DM como pessoa é apenas um representante de um grupo de tomadores de decisão. Em outras palavras, por exemplo, o comprador que decide a compra de um item para uma empresa, nem sempre é o DM a ser considerado solitariamente nessa etapa. A decisão de compra, neste caso, é sempre feita em conjunto com departamentos técnicos, de qualidade, financeiro, etc. Estes devem ser considerados, nessa etapa do processo, como DM, já que seus valores definirão a cadeia de valores da decisão e que determinarão, por consequência, o desempenho das diferentes alternativas.

O segundo passo a ser adotado, segundo a metodologia SMART, é a identificação das alternativas (2ª etapa), dentre as quais uma ou mais (em alguns casos nenhuma) será escolhida ao final do processo. É importante ressaltar que, devido ao processo de avaliação de cada alternativa que será desempenhado posteriormente, nenhuma delas deve ser descartada. Isso se justifica no sentido de que um descarte neste momento poderia levar a eliminação de opção viável, reduzindo a qualidade da decisão posteriormente. Vale ressaltar que, a identificação de alternativas não é necessariamente a segunda etapa, podendo ser deixada para depois da quinta etapa. KEENEY (1994) sugere inversão destas etapas, fundamentando que o processo de identificação de atributos e determinação de pesos poderia ser influenciado por alternativas previamente preferidas.

A identificação dos atributos relevantes (3ª etapa) é a etapa que inicia o processo de criação de valores para tomada de decisão. Neste momento, identificam-se quais são os valores que os tomadores de decisão consideram no processo decisório, construindo uma árvore de valores para o problema. A partir desta etapa são percebidas as maiores diferenças entre as decisões tomadas de forma natural (entende-se como natural o processo de decisão feito sem estruturação e/ou com estruturação muito simples, ainda sem auxílio de metodologias desenvolvidas) e aquelas que são construídas com auxílio de uma metodologia estruturada. Em um processo de decisão natural é comum o decisor se deparar com uma quantidade grande de alternativas, e por não conseguir avaliar/comparar todas simultaneamente, adotar critérios simplistas de eliminação. Estes critérios acabam por delimitar o espaço avaliado e descartar algumas boas alternativas prematuramente, facilitando a decisão em detrimento da qualidade da mesma.

Para garantir que a árvore de valor construída nessa etapa seja adequada à avaliação do problema, é necessário, segundo KEENEY e RAIFFA (1976), atentar às cinco características:

- a) Ser completa: Todos os atributos relevantes na tomada de decisão foram considerados na árvore de valores;
- b) Ser operacional: Todos os atributos no nível mais baixo são possíveis de serem avaliados. Em uma situação onde um dos atributos não pode ser avaliado, é necessário identificar dois ou mais atributos que o tornem avaliável, decompondo aquele atributo em novos atributos mais adequados;
- c) Ser suficientemente decomposta: Todos os atributos podem ser avaliados

individualmente, sem necessidade de avaliação simultânea com outros atributos. Caso seja identificado que algum atributo não atende a essa característica, a árvore de valores deve ser revista a fim de corrigir essa falha;

- d) Ausência de redundâncias: Todos os atributos representam exclusivamente alguma característica no modelo. Se houver redundância, corre-se o risco de considerar o peso final de um determinado atributo com peso desproporcional no modelo final, prejudicando a comparação de alternativas;
- e) Tamanho mínimo: As árvores de valores devem ser completas, mas sempre no menor tamanho possível, para torná-las mais simples de serem entendidas, avaliadas e utilizadas. Em muitos casos, percebe-se que alguns atributos são tão próximos entre si que podem ser desconsiderados sem alterar a qualidade da decisão. Neste caso, estes atributos podem ser eliminados.

A medição e avaliação do desempenho de cada atributo (4ª etapa) consistem em medir para as diferentes alternativas o grau de satisfação dos valores identificados pelos DM. Essa medição é feita apenas para os atributos do nível mais baixo da árvore, já que os superiores a estes são calculados a partir deles. Em alguns casos, essa avaliação é feita de forma comparativa.

O processo de avaliação de atributos em alternativas deve ser feito com muito cuidado, sendo altamente recomendado que se faça checagem de validade a cada finalização de avaliação de um atributo para todas alternativas. Nesta checagem, deve-se verificar a consistência do posicionamento relativo das alternativas e também das avaliações numéricas em si, avaliando se a percepção dos DM foi efetivamente registrada pelo modelo.

A determinação de pesos para cada atributo (5ª etapa) visa identificar, dentro da escala de valores dos tomadores de decisão, a correlação entre os diferentes atributos. Em outras palavras, a determinação de pesos visa identificar quanto o ganho em um atributo compensa a perda de outro, tornando a comparação entre diferentes alternativas viável. Assim como no item anterior, é importante ressaltar que essa atribuição de pesos deve ser feita de forma independente das possíveis alternativas, para que os pesos dos atributos não sejam manipulados em razão de escolhas pré-estabelecidas pelos decisores. Uma forma bastante efetiva de determinação de pesos é chamada de swing weight, e consiste em determinar a ordem de importância dos atributos, adotando peso 100 para o atributo mais importante. Na sequência, determina-se a importância equivalente do segundo atributo na sequência, em relação ao primeiro, repetindo-se para todos os atributos. Finalizada essa etapa, calcula-se o peso ponderado de cada atributo no problema, obtendo assim o peso que cada um deles deverá ter atribuído a seus desempenhos.

O desempenho ponderado calculado para cada alternativa (6ª etapa) é a etapa matemática do processo decisório, onde se obtém um desempenho final para cada uma das alternativas consideradas. Esta avaliação é neutra e considera todos os valores apresentados durante o processo percorrido nos passos anteriores, o que confere ao modelo uma escala única de comparação entre as diferentes alternativas. Obtém-se assim uma lista classificada de alternativas de acordo com o desempenho de cada uma delas segundo os valores estabelecidos anteriormente.

A decisão provisória pela alternativa (7ª etapa) mais bem colocada na lista ordenada de alternativas é considerada. Apesar de ter sido utilizada uma metodologia de análise consistente e criação de escala valores única para todas alternativas, a decisão pela alternativa mais atraente não se dá diretamente pela primeira, sem antes avaliar as outras. Há casos em que pode haver empates técnicos, e outros em que a análise de sensibilidade identifica alternativas mais promissoras.

A análise de sensibilidade da decisão (8ª etapa) visa identificar nas alternativas com desempenho próximo ao desempenho da primeira, o que poderia levar a uma inversão de posições. Devido à forma estruturada de avaliação dos valores dos DM, pode-se identificar em quais atributos uma avaliação perdeu em relação a outra, sendo possível a partir de então

construir novas alternativas mais promissoras e/ou mais adequadas. Outra possibilidade é a de identificar os pontos fracos de cada alternativa e propor a sua melhora, e com isso melhorar o desempenho global de todas alternativas. Esse processo pode ser aplicado inclusive à alternativa mais bem colocada.

Vale ressaltar que no modelo SMART, a ordem das etapas, da forma como apresentada, pode ser alterada sem prejuízo para o trabalho final. A ordem básica das etapas 1, 3, 5, 6, 7 e 8 deve ser sempre mantida, sendo que as etapas 2 e 4 podem ser colocadas em qualquer posição posterior à original delas, porém antes da etapa 6, considerando ainda que deve prevalecer a ordem da etapa 2 antes da 4. Há analistas que preferem construir modelos de decisão alterando estas duas etapas inserindo-as depois da etapa 5 (ordem final: 1, 3, 5, 2, 4, 6, 7 e 8) sob o pretexto de que o modelo final não é influenciado pelas alternativas previamente identificadas.

Também utilizado no presente trabalho o Método MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique), como forma de apoio na avaliação qualitativa de alguns atributos de avaliação mais subjetivos. O MACBETH é um método de abordagem interativa que permite quantificar julgamentos de valor, conforme COSTA e VANSNICK (1997). No presente trabalho utilizou-se um software com mesmo nome para representar o julgamento dos DM. A classificação das alternativas foi realizada através de uma comparação par a par de alternativas, ponderando-as segundo o julgamento dos DM. Para distinguir a diferença de atratividade entre as alternativas, o software utiliza uma escala de sete categorias (de zero a seis), onde zero indica atratividade nula ou indiferença entre as alternativas, e seis indica uma diferença de atratividade extrema.

As alternativas são agregadas em uma escala única através de uma soma ponderada. Para isso é necessário atribuir pesos aos vários critérios utilizando o software MACBETH versão 2.3, através de comparação par a par, realizada de forma indireta através de alternativas fictícias que representam cada critério, possuindo o melhor valor possível para o critério que representa e pior valor para os demais critérios. É ainda introduzida uma outra alternativa à análise correspondendo a um critério artificial, com pior nota em todos os critérios, de forma a impedir que um dos critérios tenha valor nulo.

O software realiza verificações de consistência nos julgamentos do DM, na medida em que as comparações são realizadas e fornece intervalos nos quais os pesos podem variar sem que o modelo se torne inconsistente. Importante destacar que o Macbeth foi utilizado como apoio ao VISA, apenas para permitir estabelecer uma pontuação (ponderada) entre os atributos de avaliação mais subjetiva como informação, flexibilidade, danos e avarias e emissões de CO₂ (figura 03) abaixo.

4. APLICAÇÃO

A análise proposta pelo presente trabalho foi feita através de entrevista presencial com os gerente e diretor de logística de uma empresa do segmento de eletrônicos, com fábrica instalada em Manaus. Embora essa empresa não seja a líder de mercado, é uma das mais antigas empresas atuantes nesse segmento e possui consolidada participação de mercado buscando alcançar os extratos C e D da economia. Por essa razão, custo foi apontado, inicialmente, como um dos mais importantes fatores na tomada de decisão. Desta entrevista, obteve-se as informações necessárias para elaboração da árvore de valores do processo decisório da escolha do modal de transportes em análise.

Ao final da entrevista, percebeu-se que o transporte representa o elemento mais importante do custo logístico na Indústria de Eletrônicos, além disso, tem papel estratégico na prestação do serviço ao cliente, ou seja, na percepção de valor do produto final. Do ponto de vista de custos, os entrevistados mencionaram que os custos de transporte representam aproximadamente 40% das despesas logísticas, situando-se, aproximadamente, entre 2% e 5% do faturamento bruto. Dessa forma, por ambas razões acima, a decisão sobre modais de transporte a utilizar, desempenha fundamental e estratégica função empresarial.

A entrevista foi conduzida de forma a inicialmente comentar o método SMART, sua aplicação e objetivos, destacando nesse momento as principais vantagens da metodologia, como por exemplo, dispor de uma ferramenta estruturada de apoio às decisões, garantir uma análise baseada nos objetivos fundamentais da empresa e nos objetivos meios, conduzidos pelo departamento de logística, não permitir que valores importantes da avaliação sejam desconsiderados, e por fim, evitar que conclusões apressadas, balizadas apenas pelos valores tradicionais ou mais fortes, acabem direcionando a tomada de decisão para uma alternativa que não represente a solução ideal. Igualmente foi explicitada a função do MACBETH como sendo uma metodologia sócio-técnica, onde se constrói uma ferramenta de avaliação qualitativa a partir das preferências dos decisores.

Em seguida, a entrevista dividiu-se em quatro partes. A primeira foi dedicada a perguntas e respostas a um questionário que buscava orientar a construção de uma adequada árvore de valores. Na primeira parte do questionário, foram feitas perguntas sobre a empresa e seus objetivos fundamentais, estratégicos e genéricos KENNEY (1994). Trazer esse grupo de perguntas no início da entrevista ajudou a resgatar o foco dos DM para os objetivos fundamentais da empresa, e ajudou o facilitador (analista) a direcionar as discussões, auxiliando em algumas divergências surgidas entre os DM ao longo do trabalho. O segundo grupo de perguntas, concentrou-se nas principais características da cadeia de suprimentos, meios de transportes utilizados, participação de cada modal, localização das plantas, condições particulares de seus clientes, volumes e valores. O terceiro grupo buscou conhecer os objetivos meio KENNEY (1994) do departamento de logística, explorando uma metodologia estruturada para tomada de decisão na seleção de alternativas de transporte, assim como se esta decisão é centralizada, descentralizada ou terceirizada (operador logístico, por exemplo). Um quarto e final grupo de perguntas buscou explorar as alternativas para o modal shift, verificando se os entrevistados já haviam considerado alternativas de mudança de modal, se havia custos ou investimentos relacionados a essa mudança e quais as principais barreiras para a mudança de modal.

Os principais atributos ratificados pelos DM da empresa analisada, foram:

- CUSTOS: divididos nos seguintes sub grupos a) Custo total de transporte, incluindo *stuffing e stripping*, analisados por m³, a fim de permitir uma avaliação linear entre as diversas alternativas; b) Custo de mudar de transporte, relacionado a custos financeiros decorrentes de um maior prazo para recebimento de seus clientes, quando da utilização de modais com diferentes *transit-times*; c) Custo de Seguro, com diferentes prêmios de seguro para diferentes alternativas modais. Sobre-taxas (*overcharges*) características a modais específicos, não foram consideradas em razão do caráter essencialmente eventual dessas ocorrências. De qualquer forma, os entrevistados reconheceram que determinados modais podem, em razão de suas peculiaridades, oferecer melhores condições de forma a mitigar eventuais custos adicionais na cadeia logística.

- BENEFÍCIOS INTRÍNSECOS: Nesse grupo foram considerados aqueles atributos de nível de serviço particulares a um *long haul service*, sendo divididos nos seguintes sub grupos: a) Confiabilidade – variabilidade do atendimento, ou seja, a assertividade do serviço em relação ao *schedule*, consideramos os valores mínimos aceitáveis e ideais relacionados pela empresa em sua atuação no mercado; b) Capacidade – considerado o tamanho médio dos lotes despachados para seus clientes; c) Transit-time – considerando o tempo médio de transporte para o destino estabelecido, esse item mostrou-se sensível às condições de mercado, ou seja, se o mercado tem vendas aquecidas e alta demanda de produtos, os requisitos de *transit-time* passam a ter maior valor (importância relativa), e conseqüentemente seus índices são fixados numa escala menor (em dias), se todavia, há estoques próximos dos mercados consumidores ou as vendas não estão aquecidas, há uma percepção de menor valor (importância relativa) a esse atributo, assim como seus índices fixados numa escala mais dilatada (em dias); d) Segurança, esse atributo ainda sub divide-se em d.1) Roubo – avaliado numa escala de risco de ocorrência, e d.2) Avarias – avaliado a partir de índices limites entre

ideal, aceitável e crítico (% de avarias sobre o valor total das cargas transportadas); e) Flexibilidade – avaliado a partir da capacidade de atendimento além dos volumes contratados, ou seja, quanto de demandas não programadas podem ser atendidas em igual condição (preços, nível de serviço e externalidades); f) Frequência – estipulando a oferta do serviço de transporte, como por exemplo saídas diárias, semanais e/ou quinzenais; g) Informação – estabelecendo parâmetros para os *outputs* básicos do serviço de transporte *versus* o nível tecnológico requerido.

Inicialmente o grupo Benefícios Intrínsecos, foi definido como sendo o conjunto de atributos que qualificam o produto logística e que acabam, por consequência, atribuindo características ao produto final (por isso a denominação intrínseco, por fazer parte do próprio produto). Nesse sentido, o exercício foi exaustivo, buscando identificar o real significado de nível de serviço ou qualidade do serviço e como ele se manifesta, dessa forma identificando melhor o contexto de decisão a ser tomada. Durante o processo de definição desses atributos de qualidade, o cliente considerava inicialmente o fator custo como o mais importante fator de decisão, uma vez que a empresa tem como objetivo ser competitiva em preços, entretanto, reconheceu que se não houver um padrão mínimo aceitável na entrega, ou seja, na logística, a empresa colocará em risco vendas futuras.

- EXTERNALIDADES: Dividido em a) Emissões de CO₂, utilizando-se os fatores de emissão por modal divulgados por IPCC 2007 [3] e aplicando-se MacBeth para definir escalada de valores; b) Acidentes - avaliado a partir de índices limites entre ideal, aceitável e crítico (% de ocorrências sobre o total transportado). Este atributos consideraram que origens e destinos das cargas seriam os mesmos para quaisquer alternativas.

A segunda parte destinou-se à construção de uma estrutura hierárquica para os principais objetivos, atribuindo-lhes uma relação de valor, consolidando uma árvore de valores e que orientaria, apenas ao final, a identificação das melhores alternativas. Nessa ocasião, os respondentes foram solicitados a “rankear” os objetivos (atributos) construídos a partir de uma árvore de valor. Foi sugerido fazê-lo em dois momentos: no primeiro, foram solicitados a atribuir valores aos principais atributos das sub-classes de Benefícios Intrínsecos {confiabilidade, capacidade, transit-time, segurança (roubo e avaria), flexibilidade, frequência e informação}, identificando como ‘100’ aquele atributo, dentre os demais, com maior importância, e relacionando de forma escalar todos os demais com relação a esse MONTIBELLER (2007), e assim procedendo com os demais atributos (Custos e Externalidades). Posteriormente os pesos foram normalizados $\sum = 1$ a fim de minimizar ao máximo as ambiguidades nessa construção, foi utilizado o máximo de informações estatísticas disponíveis internas e externas a empresa. Finalizado esse processo, foi feita um exercício de verificação e validação dos pesos relativos dos atributos. Este exercício consiste em comparar pares de atributos e sua relativa importância, perguntando aos DM se a correspondente diferença de pesos representava a realidade. Esse exercício é importante no sentido de garantir que no processo de construção da árvore, não sejam dados pesos individualmente para os atributos, que não representem posteriormente a distância real na percepção de valor dos mesmos.

O atributo *transit-time* está diretamente ligado à política de vendas da empresa e ao contexto de mercado: no caso de transferência (entre CDs do próprio embarcador) haverá maior tolerância não só ao *transit-time* mas também a confiabilidade, entretanto, se a condição for venda direta (embarque direto para seu cliente final), *transit-time* e confiabilidade, passam a ter maior relevância. No presente estudo de caso a empresa analisada possui 80% de suas vendas na modalidade “direta” e 20% como transferência.

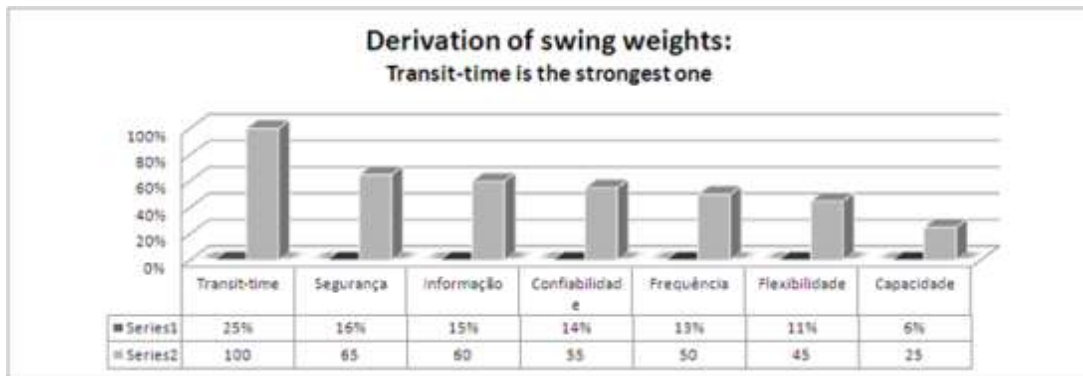


Figura 1: Exercício realizado com o cliente para atribuir pesos aos diferentes atributos. (Series2: Pesos originais / Series1: Pesos normalizados)

Como resultado final do exercício detalhado acima, foi obtida a árvore de valores representada na figura 2. Esta árvore foi desenvolvida com auxílio do programa “VISA versão U6”, sendo que as avaliações de atributos e leitura de resultados foram obtidas nesse ambiente.

A Construção da árvore de valores em conjunto com o cliente buscou os seguintes objetivos:

- Fornecer uma visão realista;
- Representar bem as preferências dos DM;
- Ter uma abordagem construtiva;
- Permitir reflexões e novos aprendizados.

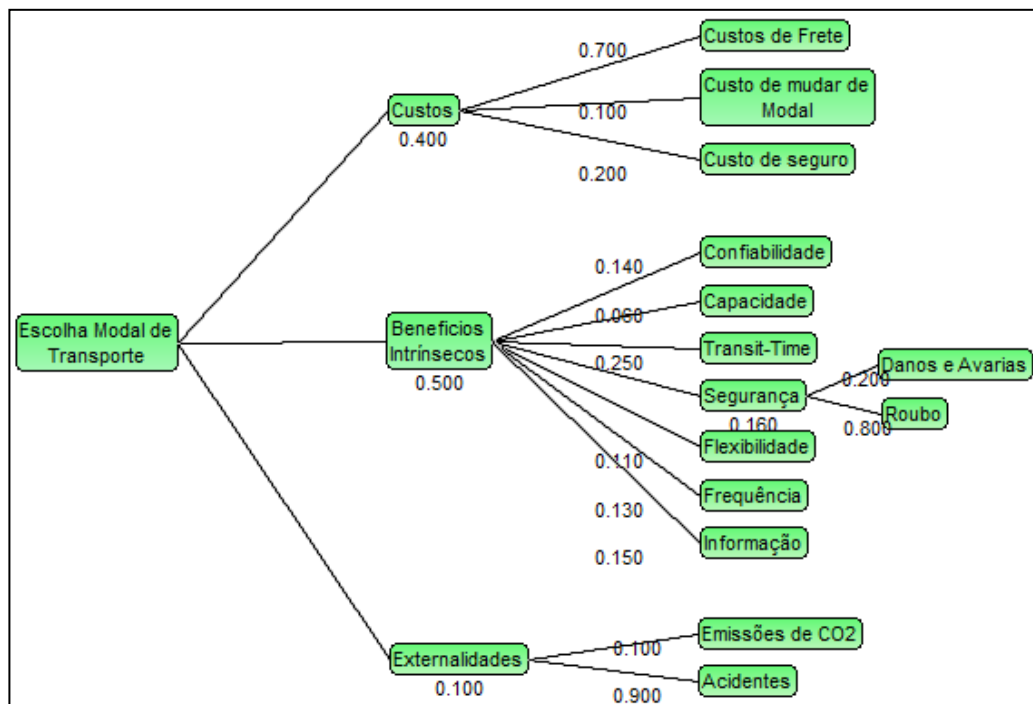


Figura 2: árvore de decisão construída para o problema, utilizando VISA versão U6

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados colhidos através da ferramenta MacBeth para aqueles atributos de maior subjetividade foram agregados à árvore de valor construída e analisados em conjunto com todos os demais atributos relacionados pelos DM, conforme se pode observar na figura 3.

A seguir, será apresentada a análise dos resultados obtidos com a aplicação do

método no problema proposto. A figura 4 a) mostra o resultado comparativo das alternativas avaliadas. A figura 4 b) mostra a comparação em cada um dos atributos imediatamente inferiores.

Numa análise preliminar, a conclusão é de que a cabotagem representa a melhor escolha no problema apresentado. Entretanto, conforme mencionado anteriormente é necessário fazer algumas análises complementares para confirmar essa preferência.

Primeiramente, comparamos as diferentes alternativas em níveis de atributos imediatamente inferiores ao nível máximo, neste caso: custos, benefícios e externalidades. A figura 4 b) apresenta essa comparação. Verificamos que o modal aéreo, apesar de ter uma boa avaliação de externalidades e benefícios, torna-se inviável devido ao seu alto custo. Verificamos também que a cabotagem prevalece sobre o rodoviário próprio em externalidades e custos, porém a desvantagem em benefícios é pequena, colocando essa alternativa em vantagem na avaliação geral. Por fim, verificamos que as alternativas de rodoviário e rodo rápido são dominadas pela cabotagem e rodoviário próprio.



Figura 3: Atributos qualitativos ponderados através do MacBeth versão 2.3

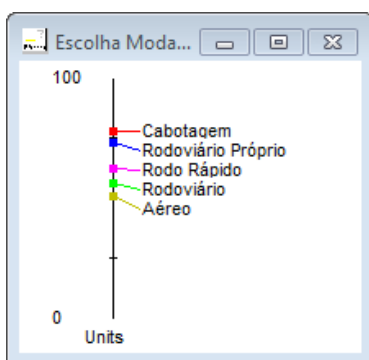


Figura 4 a)

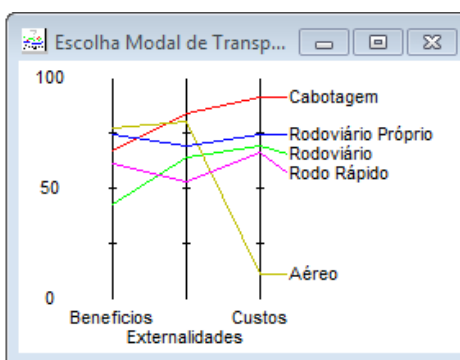


Figura 4 b)

Fig 4 a) Apresentação final das Alternativas após aplicação do método;

Fig 4 b) Principais alternativas modais em relação ao principais atributos analisados.

A figura 5 (análise de sensibilidade) mostra três gráficos de avaliação de valor em função dos pesos de cada um dos atributos. Verificamos através destes gráficos que a cabotagem domina todos outros modais em termos de externalidades. Em termos de custos, cabotagem somente perde a preferência quando o peso dos custos na escolha é reduzido a níveis menores de 15%. De acordo com a entrevista realizada, essa situação não se confirma no modelo devido à relevância dos custos no contexto de operação e estratégia de mercado. Por fim, considerando benefícios, a cabotagem perderia a preferência se esse atributo tivesse um peso superior a 65%. Nesta condição, o modal rodoviário próprio assumiria a preferência.

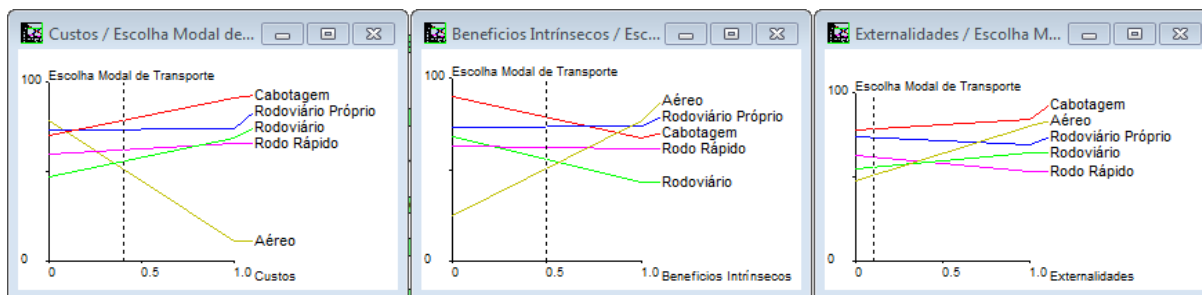


Figura 5: valor das alternativas em relação ao peso atribuído a cada um dos valores (custos, benefícios, externalidades). Software utilizado: VISA versão U6

Percebe-se, portanto que o modal cabotagem é uma preferência bastante consistente pela análise do modelo. Entretanto, é importante verificar quais fatores poderiam alterar o resultado. Neste contexto, a análise de sensibilidade foi realizada comparando os modais cabotagem e rodoviário próprio apenas. Os outros modais foram excluídos da análise por se mostrarem dominados, ou seja, uma alteração para que se tornassem atrativos deveria ser feita em vários e/ou todos seus atributos.

A figura 6 mostra os perfis que foram analisados para comparação das alternativas, conforme descrito acima. O primeiro perfil, que considera os custos, mostra que há uma grande diferença de avaliação no atributo custo de seguro. Do segundo perfil, identificamos que capacidade, flexibilidade e segurança são atributos em que rodoviário próprio é inferior à cabotagem. Por fim em externalidades cabotagem é superior que rodoviário próprio nos dois atributos medidos.

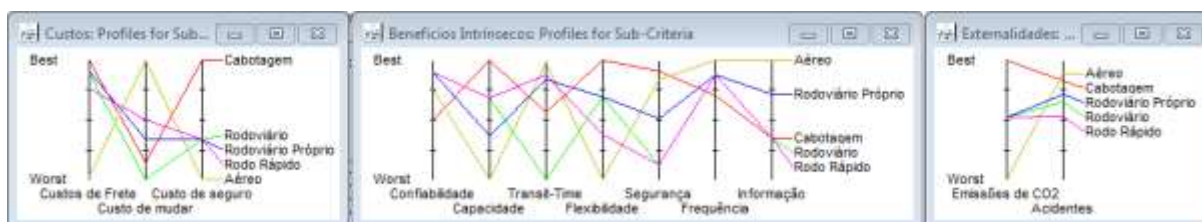


Figura 6: Perfis dos atributos para as diferentes alternativas. Software utilizado: VISA versão U6

Percebe-se, portanto que capacidade e flexibilidade poderiam melhorar a avaliação do rodoviário próprio. Entretanto, ambos atributos são limitados na prática devido a necessidade de investimentos em ativos com aumento de frota própria. Vale ressaltar que, se aumentada a frota própria da empresa, os custos serão afetados e nova análise deverá ser feita. Desta forma, a melhoria destes dois atributos não foi considerada viável.

Por outro lado, o custo de seguro e a segurança estão igualmente correlacionados ao mesmo tipo de ação: mitigação das ocorrências de roubos. Neste sentido, sabe-se que existem iniciativas no mercado de eletrônicos no desenvolvimento de tecnologias de rastreamento dos próprios produtos, cuja à expectativa é reduzir as ocorrências de roubos e furtos de cargas, e por conseguinte, os prêmios de seguro associados. Em simulação à parte, identificou-se que uma redução do prêmio de seguro rodoviário, atualmente em 0,78% para 0,40% (escala de valor do atributo) seria suficiente para tornar a alternativa 'rodoviário próprio' equivalente à cabotagem no modelo atual.

Por fim, em termos de externalidades, a emissão de CO₂ é um fator em que a cabotagem é superior que as demais, e que não há perspectiva tecnológica atualmente para inverter essa predominância. Em termos de acidentes, igualmente há uma predominância da cabotagem sobre o rodoviário próprio. Apesar de haver programas de redução de acidentes que podem melhorar o desempenho do rodoviário próprio neste atributo, todavia não são esperados grandes avanços.

6. CONCLUSÕES

O presente estudo de caso propôs uma solução para o problema clássico de seleção de alternativas modais de transporte, utilizando o modelo multicritério de decisão, com base em funções de valor atribuídas a treze diferentes atributos com propriedades relevantes na escolha, classificados em três grupos (Custos, Benefícios Intrínsecos e Externalidades). Os resultados revelaram de forma clara, que a abordagem multi-critérios pode ser empregada para que a seleção de fornecedores esteja alinhada aos objetivos fundamentais da organização. Utilizando-se esta metodologia, obtém-se resultados superiores em valor às escolhas baseadas em apenas um ou em poucos atributos de forma não estruturada.

Após a construção da árvore de valores, a calibração dos pesos dos atributos e aplicação do modelo proposto para escolha de modal no transporte entre a Zona Franca de Manaus e a região sudeste do Brasil, aplicado a uma empresa do segmento de eletrônicos, concluiu-se que o modal mais apropriado é a cabotagem. Entretanto a empresa estudada adota o segundo modal mais adequado, ou seja, o rodoviário próprio.

Ao fazer a análise de sensibilidade percebeu-se que há um fator de grande impacto negativo no modal rodoviário próprio e que pode ser alterado: a segurança. Desta análise concluiu-se que uma melhora relevante da segurança poderia inverter rapidamente as preferências, colocando o rodoviário próprio em posição de destaque.

Desta forma, a conclusão é de que, se houver uma perspectiva de melhoria da segurança e conseqüente redução dos custos de seguro, a recomendação seria de manter o modal atualmente adotado, entretanto, uma análise complementar dos custos associados à manutenção desses ativos sob controle da própria empresa, deveria ser melhor dimensionado e considerado no modelo.

Mesmo nas empresas fortemente orientadas a custos, como o caso analisado, quando realizamos um exercício de criação de uma árvore de valores, percebemos uma clara disposição a atribuir maior importância (valor) ao nível de serviço do prestador do que mesmo aos custos de transporte pura e simplesmente.

O estudo de caso apresentado é um problema real de uma empresa brasileira do segmento de eletrônicos, estabelecida na Zona Franca de Manaus e que movimentava grandes volumes de carga anualmente no trajeto estudado. Para esta empresa as decisões sobre escolha de modais têm caráter não apenas tático, mas principalmente estratégico, razão pela qual é fundamental a escolha de um método mais abrangente de avaliação das alternativas, que contemple múltiplos e às vezes conflituosos objetivos estratégicos e principalmente pelos efeitos de longo prazo que essas decisões estratégicas produzem à organização (MONTIBELLER (2011)). O modelo aplicado nesse estudo de caso considerou diversos fatores e, além disso, ponderou alternativas não somente entre modais, mas alternativas em um mesmo modal. Entretanto, a metodologia abordada nesse artigo pode ser aplicada a diversos outros segmentos de indústria não só na escolha de modais de transportes, mas também na escolha de alternativas entre fornecedores em um mesmo modal, ou ainda em qualquer decisão de caráter estratégico que envolva múltiplos fatores de escolha. Importante destacar que a metodologia permite a atribuição de valores aos diferentes atributos, a partir de critérios particulares de cada organização de forma customizada.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ballou, H. R; (1999), *Business Logistics Management*, 4th edition, Prentice Hall.

Beuthe, M; Bouffieux, Ch; (2003), A multi-criteria analysis of stated preferences among freight transport alternatives, *ERSA 2003 Congress*.

Brucker, D. K; Verbeke, A; Macharis, C; (2004), The Applicability of Multicriteria Analysis to the Evaluation of Intelligent Transport Systems (ITS), *Research in Transportation Economics*, volume 8, 151-179.

Costa, C.A.B; Vansnick, J. C; (1997), Applications of the MACBETH Approach in the Framework of an Additive Aggregation Model, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, vol 6 107-114.

Danielis, R; Marcucci, E; Rotaris, L; (2005), Logistics managers' stated preferences for freight service attributes, *Transportation Research part E*.

Goodwin, P; Wright, G; (2010), *Decision Analysis for Management Judgment*, 4th edition, Wiley.

Keeney, L. R; (1994), *Value-Focused Thinking – A Path to Creative Decisionmaking*, Harvard University Press.

Keeney, L. R.; Raiffa, H. (1976), *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*, John Wiley & Sons

Montibeller, G; Franco, L. A; (2011), Raising the bar: Strategic multi-criteria decision analysis, *Journal of the Operational Research Society* (2011) 62, 855 –867.

Montibeller, G; Gummer, H; Tumidei, D; (2007), Combining Scenario Planning and Multi-Criteria Decision Analysis in Practice, *Operational Research Group, Department of Management - London School of Economics and Political Science, England, UK - Working Paper LSEOR 07.92; ISBN: 978-0-85328-047-7*.

Novaes, G. A; (2001), *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição – Estratégia, Operação e Avaliação*, Campus.

Outras Referências citadas nesse artigo:

[1] Indicadores de Desempenho do Pólo Industrial de Manaus (2011), COISE/CGPPRO/SAP, Superintendência da Zona Franca de Manaus.

[2] Pesquisa junto as principais empresas de eletrônicos do Pólo Industrial de Manaus.

[3] IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007), Fourth Assessment Report (AR4), Valencia, Spain, 12-17 November 2007.