

MODELAGEM COM AHP E BOCR PARA A SELEÇÃO DE PRESTADORES DE SERVIÇOS LOGÍSTICOS

Claudemir Leif Tramarico

UNESP – Campus de Guaratinguetá
claudemir.leif@terra.com.br

Valério Antonio Pamplona Salomon

UNESP – Campus de Guaratinguetá
salomon@feg.unesp.br

Fernando Augusto Silva Marins

UNESP – Campus de Guaratinguetá
fmarins@feg.unesp.br

Jorge Muniz Jr.

UNESP – Campus de Guaratinguetá
jorgemuniz@feg.unesp.br

Resumo

A seleção de fornecedores é um problema complexo devido à diversidade de critérios quantitativos ou qualitativos que podem ser considerados. Este artigo descreve a modelagem do problema de seleção de PSL - Prestadores de Serviços Logísticos em uma indústria química e a sua solução, por meio de métodos de tomada de decisão com múltiplos critérios. Na definição da estrutura multicriterial do modelo, utilizou-se numa primeira etapa, o procedimento BOCR - Benefícios, Oportunidades, Custos e Riscos e aplicou-se, numa segunda etapa, o AHP - *Analytic Hierarchy Process* em ambiente *online*, considerando a possibilidade de tomada de decisão em grupo. Desta forma, numa aplicação real evidenciou-se a importância de se adotar um processo estruturado para a seleção de PSL, baseado em um procedimento consistente e independente das características do ambiente. Neste sentido, o Modelo BOCR pode ser combinado com diferentes métodos multicritérios, tais como AHP.

Palavras-Chave: Seleção de prestadores de serviços logísticos, AHP, BOCR, Indústria química.

Abstract

Supplier selection is a complex problem due to the diversity of qualitative or quantitative criteria that can be considered. This paper describes the modeling of the problem of selecting PSL - Logistic Service Providers in a chemical industry and its solution by means of methods of decision making with multiple criteria. In defining the structure of the multicriteria model was used as a first step, the procedure BOCR - Benefits, Opportunities, Costs and Risks and applied in a second step, the AHP - Analytic Hierarchy Process in an online environment, considering the possibility of making group decision. Thus, by a real application it was showed the importance of adopting a structured process for the selection of PSL, a procedure based on consistent and independent of the characteristics of the environment. In this sense, Model BOCR can be combined with various multicriteria methods, such as AHP method.

Keywords: Logistic service providers selection, AHP, BOCR, Chemical industry.

1 Introdução

O Problema de Seleção de Fornecedores (*Supplier Selection Problem* ou *Vendor Selection Problem*) tem sido amplamente estudado. A grande maioria dos estudos conhecidos refere-se à escolha do melhor fornecedor baseado em critérios e tomada de decisões técnicas, que são os elementos considerados importantes nesse tipo de problema. Dickson (1966), que foi um dos primeiros pesquisadores neste campo de estudo, identificou 23 critérios diferentes para seleção de fornecedores com base em um questionário enviado aos gestores de empresas Americanas. Estes critérios incluíam a qualidade, o desempenho, instalações de produção, preço, e capacidades técnicas. Moore e Fearon (1973) apresentaram uma revisão focada na indústria e incluía modelos de seleção.

Weber, Current, e Benton (1991) classificaram a literatura sobre seleção de fornecedores a partir da revisão de 74 artigos. Eles identificaram preço, entrega, qualidade, instalações e capacidade, localização geográfica, e capacidade tecnológica. Choi e Hartley (1996), em pesquisa realizada na indústria automobilística dos EUA identificaram 26 critérios usados por fabricantes de automóveis. Este tipo de problema envolve critérios qualitativos e quantitativos.

A literatura (FIGUEIRA, GRECO e EHRGOTT, 2005) apresenta vários métodos para a tomada de decisão com múltiplos critérios, ou *Multiple Criteria Decision Making* - MCDM, tais como: *Analytic Hierarchy Process* (AHP), *Elimination et Choix Traduisant la Réalité* (ELECTRE) e *Technique of Preference by Similarity to the Ideal Solution* (TOPSIS), entre outros.

A tomada de decisão, muitas vezes baseada nas preferências pessoais e, outras vezes em custos, é uma das tarefas do dia-a-dia dos gestores, e, geralmente, consome pouco tempo quando baseada em um processo sistemático, com elementos e etapas claramente definidos. Segundo Selvaraj e Spring (2007), a definição de requisitos de serviço é difícil, e os critérios para a seleção de Prestadores de Serviços Logísticos (PSL) vão muito além das considerações de custos, incluindo também: qualidade, confiabilidade, flexibilidade, capacidade de resposta às solicitações e estabilidade financeira.

Russo e Schoemaker (1990), para os quais a maior parte dos tomadores de decisão comete os mesmos tipos de erros, comentam as dez armadilhas mais perigosas para a decisão, quais sejam:

- Colher informações e chegar a conclusões sem analisar (precipitação);
- Partir para resolver o problema errado (cegueira);
- Deixar de definir de maneira consistente o problema (falta de controle);
- Deixar de colher informações importantes (excesso de confiança);
- Basear-se de modo indevido em regras práticas (atalhos míopes);
- Acreditar que é possível ter em mente todas as informações disponíveis improvisando em vez de seguir um procedimento sistemático ao fazer a escolha final (atirar na linha da cintura);
- Acreditar, que com tantas pessoas inteligentes envolvidas, as boas escolhas seguirão automaticamente (fracasso em grupo);
- Distorcer a evidência dos fatos passados (enganar-se);
- Assumir que a experiência irá expor automaticamente suas lições (falta de acompanhamento);
- Não elaborar uma abordagem organizada para compreender sua própria tomada de decisão (falta de processo de decisão).

O *Analytic Hierarchy Process* (AHP) foi desenvolvido na década de 1970 por Thomas Saaty para resolver problemas complexos que envolvem MCDM. Conforme Gomes, Araya e Carignano (2003), o AHP é um método de escolha da melhor alternativa de decisão considerando múltiplos critérios que podem ser quantitativos ou qualitativos. Ele tem sido empregado em situações de definições de prioridade, avaliação de recurso, avaliação de custos

e benefícios entre outras. Vaidya e Kumar (2006) identificaram mais de 150 artigos utilizando o método de uma maneira combinada com aplicações gerais.

Aqui, propõe-se adotar o AHP em conjunto com o modelo BOCR – Benefícios, Oportunidades, Custos e Riscos na modelagem e solução de um problema de seleção de prestadores de serviços logísticos numa indústria química. Esta escolha se justifica pelo fato do BOCR permitir uma análise flexível e potencialmente mais rica em oposição a uma mera análise de custos e benefícios, embora muitos dos aspectos que definem os fatores e suas relações possam ser difíceis de especificar e quantificar (SAATY e OZDEMIR, 2005).

Quanto aos procedimentos metodológicos, utilizou-se um método de pesquisa de natureza aplicada, com abordagem quantitativa, objetivos descritivo-explicativos e procedimentos técnicos da modelagem matemática (BERTRAND e FRANSOO, 2002).

O artigo está estruturado como se segue. Na seção 2 está o referencial teórico, na seção seguinte descreve-se a aplicação do AHP combinado com o BOCR para o problema de seleção de prestadores de serviços logísticos em uma indústria química. Na seção 4, são apresentadas as conclusões do trabalho, seguidas das principais referências.

2 Referencial Teórico

Sobre as decisões para uso do serviço logístico terceirizado e as práticas para sua seleção, a pergunta mais freqüente relativa ao tema é: Quais as razões que levam as empresas a usarem os serviços de prestadores?

Respostas ligadas a esse questionamento vêm sendo discutidas há algum tempo, por exemplo, McGinnis, Kochunny e Ackerman (1995) apresentaram as seguintes, que permanecem válidas:

- Para prevenção e redução de problemas na operação, com custos menores;
- Troca dos custos fixos por custos variáveis no balanço;
- Maior flexibilidade nas operações;
- Melhoria geral da qualidade dos serviços;
- A Logística não está incluída no *core business* da empresa.

Atualmente a terceirização dos serviços logísticos faz parte da estratégia da cadeia de suprimentos das empresas. Os principais pontos a serem considerados são:

- Posicionamento da empresa – Diz respeito à estratégia de crescimento nos próximos anos em termos de grupo de produtos, região geográfica, etc.;
- Comportamento do mercado - Diz respeito ao comportamento do mercado nos próximos anos em termos de novas necessidades dos clientes, lançamentos de produtos, região de demanda, etc.;
- Posicionamento da cadeia de suprimentos - Diz respeito aos pontos fortes e fracos da cadeia de suprimentos.

Apesar das vantagens comumente atribuídas à terceirização logística, é mais comum que as organizações terceirizem parte desta função, devido aos riscos associados que podem expor a empresa a possíveis perdas de vantagem competitiva (BOLUMOLE, 2003).

A maioria dos estudos de terceirização logística tem focado na redução de custos, e poucos trabalhos relataram os benefícios do serviço e do efeito da decisão de terceirização em diferentes níveis de percepção sobre o desempenho de serviços logísticos (HSIAO *et al.*, 2010). Muitas vezes a análise de custos explica as condições em que acordos com terceiros parecem preferíveis, embora serviços logísticos terceirizados não sejam apenas um meio de relação custo / eficácia, mas uma ferramenta estratégica para a criação de vantagem competitiva por meio de serviços e flexibilidade (LARSEN, 2000).

Hilletofth e Hilmola (2010) afirmam que a terceirização da armazenagem, distribuição, tecnologia da informação e dos serviços de despacho aduaneiro pode ter impacto sobre alguns aspectos gerenciais e estratégicos, mas exerce um papel importante na Gestão da Cadeia de Suprimentos, ou *Supply Chain Management* (SCM).

Lambert e Cooper (2000) afirmam que o SCM é a integração dos processos-chave de negócios, buscando um equilíbrio entre oferta e demanda entre todos os elos que compõem a cadeia de Suprimentos. Segundo Ballou, Gilbert e Mukherjee (2000) o termo SCM é emergente e enfatiza as interações entre *marketing*, logística e produção.

Existem vários significados para SCM na literatura, tais como: rede de empresas interagindo para entregar produtos ou serviços ao cliente final juntando os fluxos de materiais até a entrega final, ou ainda, redes de produção e distribuição que adquirem matérias primas e transformam em intermediários e produtos acabados e distribuídos aos clientes.

Segundo Selviaridis e Spring (2007), a decisão de fazer ou comprar é afetada pela avaliação de custos e serviços, gerando um *trade-off* que é determinante na decisão entre as alternativas. Os custos associados às atividades logísticas internas e os investimentos em bens de capital também apresentam um *trade-off* quando comparados às taxas do prestador de serviços, no entanto, a variável custo não é a mais importante nesse processo.

O processo de compras tem como principal objetivo suprir a organização com um fluxo seguro de materiais e serviços para atender as suas necessidades, para isto deve selecionar os melhores fornecedores do mercado que buscarão benefício mútuo numa parceria ganha-ganha (*win – win*) (BAILY *et al.*, 2008).

Sustentabilidade ambiental é um tema presente na terceirização logística e, neste sentido, existem algumas iniciativas dos PSL, tais como, o uso de painéis solares em armazéns, o uso de iluminação mais eficiente, sensores de movimento nas instalações e uso de moinhos de vento em centros de distribuição para geração de energia.

Existem ainda outras iniciativas operacionais, tais como, a qualificação dos operadores de frotas baseada em seus equipamentos e desempenho, a promoção de iniciativas de consolidação de mercadorias dentro das empresas, o compartilhamento de veículos entre vários clientes e a redução do tempo ocioso de veículos.

A avaliação e a seleção de fornecedores baseada na sustentabilidade ambiental também são encontradas na literatura e apresentam o mesmo comportamento da avaliação tradicional, isto é, são baseadas em critérios como, por exemplo, o oferecimento de logística reversa. O custo também é um critério considerado como base para avaliação e ao final, o fornecedor avaliado deverá atender a exigência de custo básico e todos os outros aspectos (LIEB e LIEB, 2010).

Existe alguma dificuldade para encontrar uma uniformização para a terminologia PSL entre os pesquisadores. O conceito implica a utilização de empresas externas para realizar funções logísticas que têm sido tradicionalmente realizadas dentro das organizações, funções desempenhadas por terceiros podem abranger todo o processo de logística ou atividades selecionadas dentro desse processo (LIEB, MILLIEN e WASSENHOVE, 1993).

Segundo Berglund *et al.*, (1999), as principais atividades executadas por PSL são a gestão da execução de transporte e armazenagem. Além disto, outras atividades podem ser incluídas como, por exemplo, a gestão de estoques, atividades de informação relacionadas ao monitoramento e rastreamento de veículos, atividades de montagem secundária de produtos. A definição ampla de PSL sugere a inclusão de qualquer forma de terceirização das atividades logísticas anteriormente executadas pela própria empresa, no entanto, também existem definições mais restritivas, que ligam o mesmo conceito a algumas características funcionais, e ou interorganizacional (MARASCO, 2008).

Uma decisão-chave na gestão de logística, além da seleção do PSL, é a seleção do modal de transporte *inbound* e *outbound* da empresa. Segundo Meixell e Norbis (2008), ao mesmo tempo em que a complexidade do modal de transporte tem aumentado historicamente, este processo era feito em dois passos, primeiramente a escolha do modal e posteriormente a seleção do PSL.

Atualmente estas duas decisões são tomadas simultaneamente, e os gerentes, normalmente, consideram vários critérios, como o custo e o tempo de trânsito como critérios principais. Esta não é uma decisão trivial, pois existem muitos critérios e alguns não são facilmente quantificáveis. Além disso, as importâncias relativas destes critérios podem variar

de indústria para indústria e até mesmo dentro de uma mesma empresa com unidades de negócios múltiplas.

Além das questões de custo, a escolha do modal de transporte está ligada ao nível de serviço. Segundo Sterling e Lambert (1993), a abordagem para atendimento ao cliente deve ser analisada junto com o seu desempenho. A qualidade dos serviços logísticos prestados se baseia em medir as expectativas e a percepção de resultados tais como confiabilidade, garantia e segurança (SAURA *et al.*, 2008).

O aumento da importância da decisão de seleção de PSL tem forçado as empresas a repensarem as suas estratégias de contratação e avaliação. Estudos realizados relatam que muitas organizações despendem muito mais tempo na avaliação de parceiros da SCM do que na estratégia de seleção dos fornecedores e prestadores de serviços (BAYAZIT, 2006).

Segundo Jayaram e Tan (2010), os critérios de seleção de PSL baseiam-se nos custos das operações, sendo assim, esses critérios devem ser pensados com antecedência e utilizados de forma consistente, devendo-se, ainda, proceder ainda à medição contínua das operações ou processos. A seleção de fornecedores considera múltiplos fatores que incluem estratégicos, operacionais, medidas tangíveis e intangíveis (SARKIS e TALLURI, 2002).

A seleção de fornecedores passa por (BOER, LABRO e MORLACCHI, 2001):

- A formulação do problema, com as opções de comprar ou fazer;
- Identificar se há muitos ou poucos fornecedores,
- Substituir ou não os fornecedores atuais;
- Formulação dos critérios;
- A definição de auditoria para todos os fornecedores;
- A qualificação, na qual se define a aprovação dos fornecedores pelo licitante;
- A análise e alocação da ordem de compra.

O processo de seleção de PSL começa com uma rigorosa pesquisa para coletar dados a respeito dos serviços necessários, disponibilidade no mercado e âmbito do trabalho (QURESHI, KUMAR e KUMAR, 2008).

De acordo com, Bayazit (2006), Isiklar, Alptekin e Buyukozkan (2007), Jharkharia e Shankar (2007), Jayaram e Tan (2010), Liu e Wang (2009), Perçin (2006), Qureshi, Kumar e Kumar (2008), os critérios mais representativos e comuns citados na seleção de PSL são, confiabilidade na entrega, conformidade em qualidade, estabilidade financeira, desempenho operacional, flexibilidade na operação, localização geográfica, capacidade técnica, habilidade gerencial e custos, os quais são comentados a seguir.

Os critérios identificados na revisão da literatura estão associados com os autores proponentes no Quadro 1 e são descritos na seqüência.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Quadro 1 - Critérios para seleção de PSL

| Critérios para seleção de PSL | Bayazit (2006) | Isiklar, Alptekin e Buyukozkan (2007) | Jharkharia e Shankar (2007) | Jayaram e Tan (2010) | Liu e Wang (2009) | Perçin (2006) | Qureshi, Kumar e Kumar (2008) |
|---|----------------|---------------------------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------|---------------|-------------------------------|
| Acessibilidade | | | | | X | | |
| Adequação cultural | | | | | X | | |
| Cancelamento de serviço | | | | | X | | |
| Capacidade da tecnologia da informação (TI) | | X | X | | | | X |
| Capacidade técnica | X | X | | | X | X | |
| Compartilhamento de informações | | | X | | | | X |
| Compatibilidade | | X | | | | | X |
| Confiabilidade na entrega | X | | X | X | X | X | X |
| Conformidade em qualidade | X | X | | X | X | X | X |
| Conhecimento da indústria | | | X | X | X | | |
| Custos | X | X | | | X | | X |
| Disponibilidade de MO qualificada | X | X | | | X | | |
| Equipamentos logísticos | | | | | X | | |
| Escopo internacional | | | | | X | | |
| Estabilidade financeira | X | X | | X | X | X | X |
| Estrutura organizacional | | | | | | X | |
| Flexibilidade na operação | X | | X | X | | X | X |
| Habilidade gerencial | X | | X | | | X | X |
| Indicadores-chave de desempenho (KPI) | | | | | X | | |
| Localização geográfica | | X | X | | X | X | X |
| Nível de serviço | | X | X | X | | | |
| Participação no Mercado | X | | X | | X | | |
| Desempenho operacional | X | X | X | | X | X | X |
| Políticas de recursos humanos | | | X | | X | | |
| Portfólio de serviços | | | | X | X | | |
| Prazo de entrega | X | | | | | | |
| Previsão de crescimento | | | | | X | | |
| Programa de melhoria contínua | | | | | X | X | |
| Receptividade | | | | | X | | |
| Relacionamento de longo prazo | | | | | | X | X |
| Respostas à reclamações | | | | X | X | X | |
| Sistema de comunicação | | | | X | X | X | |
| Tamanho e qualidade dos ativos | | | X | | | | X |
| Troca eletrônica de dados (EDI) | | | | | X | | |
| Valor agregado ao serviço | | | | | X | | |

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Descrição dos critérios do Quadro 1:

- Acessibilidade: disponibilidade de contato para atendimento urgente;
- Adequação cultural: adequação da cultura empresarial do PSL ao cliente, referente à prestação do serviço;
- Cancelamento do pedido: cancelamento do serviço prestado pelo PSL durante a vigência do contrato;
- Capacidade da tecnologia da informação (TI): critério importante a ser considerado na seleção de PSL. A capacidade de TI pode ser aumentada através da adoção de *software*, por exemplo, ambientes de planejamento de recursos corporativos, as redes de transferência eletrônica de dados, *software* de simulação, os pacotes de roteamento de veículos;
- Capacidade técnica: capacidade de o PSL assumir as atividades que se propõe a realizar sem interrupção no serviço de acordo com o escopo acordado previamente;
- Compartilhamento de informações: o PSL deve ser confiável e possuir a facilidade em trabalhar com o compartilhamento de informações;
- Compatibilidade: permite que o tomador de serviço e o PSL possam trabalhar juntos, compatibilidade da cultura e dos valores é uma das chaves para a parceria de sucesso;
- Confiabilidade na entrega: atribuída ao aumento da satisfação do cliente em tempo útil, fornecer e manter elevado nível de serviço de acordo com os parâmetros previamente estabelecidos;
- Conformidade em qualidade: desempenha um papel importante no fornecimento de diferenciação do produto pela soma dos valores, a qualidade dos sistemas de logística é vista como qualidade de serviço. Serviços desenvolvidos por PSL devem melhorar a qualidade percebida pelos clientes, de modo a satisfazê-los;
- Conhecimento da indústria: conhecimento e experiência da indústria pelo PSL para o serviço que se propõe a prestar;
- Custos: importante critério para a seleção de prestadores de serviços. Neste ultracompetitivo ambiente, o embarcador está procurando mais por menos e exigindo serviços de valor agregado como rastreamento e monitoramento, tempos de entrega curtos, pacotes de serviços, etc.;
- Disponibilidade de mão de obra qualificada: disponibilidade de mão de obra qualificada para o serviço que o PSL se propõe a prestar;
- Equipamentos logísticos: possuir equipamentos logísticos adequados para o serviço a ser prestado;
- Escopo internacional: escopo para prestação de serviços logísticos internacionais;
- Estabilidade financeira: característica mais importante desempenha um papel essencial na gestão. Uma boa estabilidade financeira ajuda a reduzir os riscos logísticos;
- Estrutura operacional: estruturas necessárias para desenvolver as atividades consideradas atividade fim;
- Flexibilidade na operação: a flexibilidade na operação e na entrega caracteriza um critério potencial de um PSL, e isso se tornou uma escolha óbvia por causa da capacidade de atrair clientes com a melhoria do serviço;
- Habilidade gerencial: reflete a qualidade da gestão e influências de outros critérios como porte, serviço e qualidade do ativo imobilizado. A gestão de alta qualidade aumenta a confiança e também ajuda nas decisões estratégicas que produzem efeito em longo prazo;
- Indicadores-chave de desempenho (KPI): medidas usadas por um PSL para avaliar o seu sucesso ou de um serviço em particular;
- Localização geográfica: PSL com elevada dispersão geográfica e maior gama de serviços são características desejáveis;

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

- Nível de serviço: considerado a base flexível para orientação da qualidade dos serviços prestados;
- Participação no mercado: parcela que o PSL possui de participação no mercado de acordo com os serviços oferecidos;
- Desempenho operacional: garante a eficácia e eficiência do PSL, alto desempenho operacional melhora as relações de negócios;
- Políticas de recursos humanos: existência de políticas de recursos humanos na empresa;
- Portfólio de serviços: Opções de serviços apresentados pelo PSL;
- Prazo de entrega: importante critério na avaliação do serviço;
- Previsão de crescimento: previsão de crescimento do PSL;
- Programa de melhoria contínua: processo de avaliação para determinar a melhoria e garantir a satisfação do cliente;
- Receptividade: capacidade que o PSL tem de receber;
- Relacionamento de longo prazo: o relacionamento de longo prazo evolui através da melhoria contínua, desenvolve a confiança e auxilia no compartilhamento dos riscos;
- Respostas às reclamações: os fornecedores têm um plano formal para lidar com reclamações de clientes. As diferenças devem ser resolvidas com o contato adequado do cliente antes da hora da transferência, caso a obrigação acordada não possa ser cumprida como, por exemplo, modo de transporte, a quantidade do produto, embalagem, etc.;
- Sistemas de comunicação: sistema de comunicação existente entre fornecedores, prestadores de serviços que abrangem questões do dia-a-dia e situações de emergência;
- Tamanho e qualidade dos ativos: ajudam no cumprimento eficaz dos serviços;
- Troca eletrônica de dados (EDI): transmissão de dados estruturados entre as organizações por meio eletrônico. É usada para transferir documentos eletrônicos ou dados de negócio de um sistema de computador para outro;
- Valor agregado ao serviço: valor percebido pelo cliente relativo ao serviço prestado pelo PSL.

O AHP é o método científico mais aplicado na solução de problemas multicritério (WALLENUS, *et al.*, 2008). Também é um método bastante utilizado no ambiente corporativo, em parte devido à disponibilidade de *softwares* para facilitar a sua aplicação. Apesar disto este método tem sido alvo de algumas críticas no meio acadêmico, mas boa parte dessas críticas é totalmente indevida e já foi refutada (GARUTI, SALOMON e SPENCER, 2008).

Basicamente, uma aplicação do método AHP deve seguir três passos:

- a) Estruturação do problema na forma de uma hierarquia;
- b) Estabelecimento de pesos para os critérios e de valores de desempenho ou de preferência para as alternativas, geralmente, com comparações fornecidas por especialistas (SALOMON e SHIMIZU, 2006);
- c) Revisão e síntese dos resultados.

A Figura 1 apresenta o fluxo de aplicação do Método AHP.

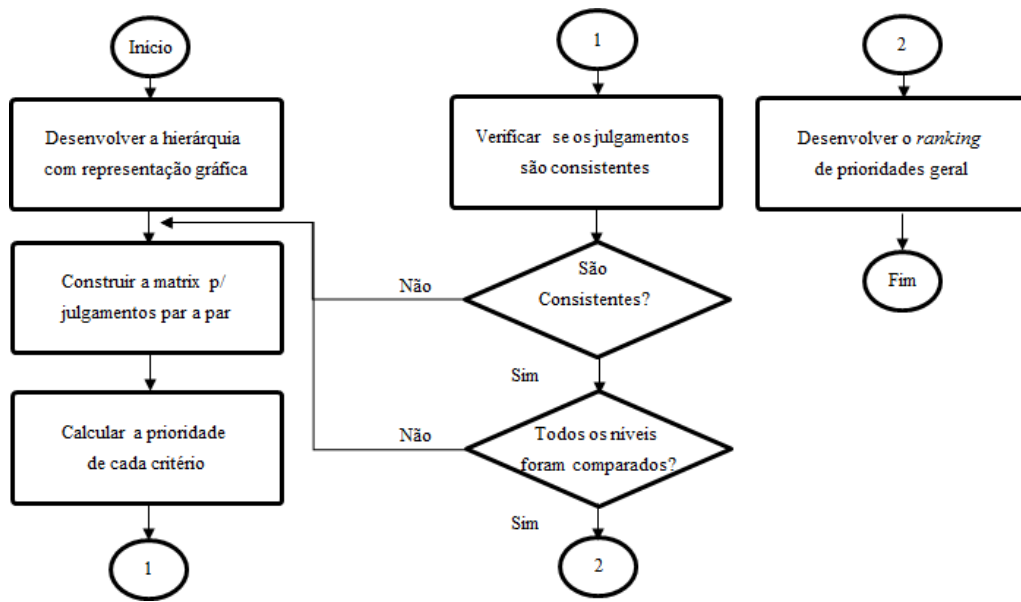


Figura 1 - Fluxo de aplicação do AHP
 Fonte: HO *et al.* (2006), adaptado de HO (2008)

A Figura 2 apresenta uma estrutura hierárquica genérica. Observa-se no primeiro nível hierárquico, o objetivo da tomada de decisão, por exemplo, **selecionar uma alternativa**. No segundo nível estão os **critérios**. No último nível hierárquico estão as **alternativas**. Dependendo do problema, a estrutura hierárquica pode conter mais de três níveis, com **subcritérios** ou com o agrupamento de alternativas.

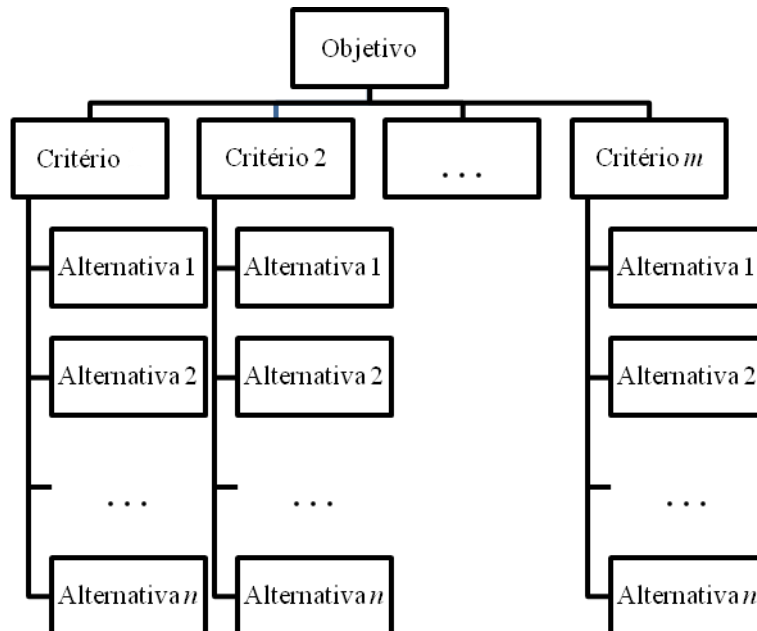


Figura 2 - Estrutura hierárquica genérica

A Figura 2 pode ser utilizada para representar a solução de um problema multicritério por outros métodos, além do AHP, como o *Elimination et Choix Traduisant la Réalité* (ELECTRE) ou *Technique of Preference by Similarity to the Ideal Solution* (TOPSIS), por exemplo. Observa-se que todas as alternativas são avaliadas de acordo com todos os critérios. Outra característica importante da estrutura hierárquica é que os critérios são independentes uns dos outros; as alternativas também não possuem dependência entre si.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Após o estabelecimento da estrutura hierárquica, o próximo passo na aplicação do AHP é a atribuição de pesos ou valores de importância para os critérios. Este passo é geralmente executado por comparações entre os critérios, dois a dois, inseridas em uma matriz de comparações, **A**.

O vetor de pesos dos critérios é obtido pela normalização do autovetor direito, **w**, da matriz de comparações. Nas aplicações do AHP, as comparações são baseadas na Escala Fundamental de Números Absolutos (SAATY, 2010), uma escala linear de 1 a 9, apresentada no Tabela 1.

Tabela 1 - Escala Fundamental de Números Absolutos

| Intensidade de importância | Definição |
|----------------------------|---|
| 1 | Igual |
| 2 | Fraca |
| 3 | Moderada |
| 4 | Um pouco mais do que moderada |
| 5 | Forte |
| 6 | Um pouco mais do que forte |
| 7 | Muito forte |
| 8 | Fortíssima |
| 9 | Extrema |
| 1,1 a 1,9 | Quando os elementos comparados forem próximos, pode-se adicionar decimais a 1 |

Fonte: Adaptado de Saaty (2010)

Além do uso da Escala Fundamental, nas aplicações do AHP, considera-se a reciprocidade nas comparações, ou seja, $a_{ij} = 1/a_{ji}$. Mas como, geralmente, as matrizes de comparações são preenchidas por completo, ainda assim podem ocorrer comparações redundantes. Por exemplo, a comparação entre os Critérios 1 e 3 pode ser obtida com a multiplicação da comparação entre os Critérios 1 e 2 pela comparação entre os Critérios 2 e 3. Essa multiplicação também é conhecida como Relação de Transitividade (GOMES, GOMES e ALMEIDA, 2012).

Uma matriz de comparações que satisfaça todas as possíveis relações de transitividade é uma matriz 100% consistente. O autovalor de uma matriz de comparações consistente será $\lambda_{\max} = n$. O índice de consistência, $\mu = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$, é uma “medida da consistência ou da confiabilidade da informação fornecida para o preenchimento de uma matriz de comparações” (SAATY, 1977). É desejável que o índice de consistência esteja próximo de zero. Se não, os julgamentos podem ser revistos para melhorar a consistência.

Após o estabelecimento do vetor de pesos dos critérios, devem ser estabelecidos valores de desempenho ou preferência para cada alternativa de acordo com cada critério. Caso existam valores numéricos como, por exemplo, o preço, estes vetores podem ser utilizados. Entretanto, os valores devem ser normalizados, ou seja, sua soma deve ser igual a 1. Caso não se disponha de valores numéricos, então o mesmo procedimento para a obtenção dos pesos dos critérios pode ser adotado. Assim, novas matrizes de comparações podem ser necessárias.

O conjunto de vetores de desempenho das alternativas forma a Matriz de Decisão, **D**. Da multiplicação da matriz de decisão pelo vetor de pesos dos critérios, obtém-se o vetor de decisão, **x**. A alternativa que possuir o maior componente no vetor de decisão é a alternativa que deve ser selecionada.

Conforme já apresentado, no AHP todas as alternativas são comparadas duas a duas, inseridas em uma matriz de comparações **A**. Os julgamentos podem ser realizados por um único julgador ou podem ser realizados em grupo. Quando *N experts* estão envolvidos e

trabalham em conjunto, costumam justificar suas decisões em um debate fundamentado. Quando o consenso é alcançado o julgamento do grupo é atribuído. Quando o consenso não ocorre, N matrizes de julgamento são fornecidas por cada *expert*. A matriz a ser utilizada é sintetizada a partir da média geométrica destas matrizes (BASAK e SAATY, 1993).

Na decisão em grupo o índice de consistência também deverá ser mantido baixo. Se, por exemplo, houver uma matriz composta por cinco elementos A, B, C, D, E, o número máximo de comparações par a par seria de dez julgamentos; se as prioridades $A > B > C > D > E$ com os julgamentos realizados forem consideradas consistentes, o índice de consistência se aproximaria de zero, caso contrário, os julgamentos precisariam ser refeitos.

Quando se utiliza o AHP, existe a possibilidade do uso do *ratings*, ou medida absoluta, isto é, enquanto na aplicação do AHP compara-se cada alternativa com muitas alternativas, pelos *ratings* compara-se cada alternativa com uma alternativa ideal.

Para a definição da alternativa ideal, é preciso criar níveis de intensidade ou graus de variação da qualidade sobre um critério, por exemplo, excelente, acima da média, média, abaixo da média e pobre. Em seguida, pode-se compará-los para estabelecer prioridades e normalizar as prioridades dividindo pelo maior valor entre eles, de modo que, se excelente tiver um valor de 1, os outros serão proporcionalmente menores (SAATY, 2006).

O uso de *ratings* na seleção de fornecedores foi aplicado por Salomon, Marins e Duduch (2009) a fim de evitar que fatores subjetivos influenciassem a decisão como, por exemplo, a tradição do fornecedor.

Uma hierarquia ou uma rede é a conceituação lógica de um problema. Quando se têm conexões e certa complexidade, uma estrutura em rede é mais adequada. É arriscado usar hierarquia em situações que tenham decisões complexas, pois alguma influência poderá ser perdida; neste caso pode-se utilizar uma estrutura na forma do modelo BOCR – Benefícios, Oportunidades, Custos e Riscos (SAATY e SHIH, 2009).

O Modelo BOCR considera quatro tipos de méritos propostos para representar os diferentes *clusters*, que definem as interações com relação à hierarquia de controle estabelecida. Ela tem sido utilizada em muitos problemas de tomada de decisão, sendo que o *B* se opõe ao *C*, enquanto que *O* se opõe ao *R*. O *B* indica as alternativas que produzem o maior benefício, o *O* indica oportunidades, enquanto *C* e *R* indicam, respectivamente, as alternativas com mais custos e mais riscos (SAATY e OZDEMIR, 2005).

3 Aplicação do AHP e BOCR num problema de seleção de prestadores logísticos

Aqui descreve-se a aplicação do AHP combinado com o BOCR para resolver um problema de seleção de PSL em indústria química.

A empresa é uma multinacional presente em 170 países com produção em 40, cuja unidade localizada em São Paulo conta com cerca de 4.000 colaboradores. Participa entre as 10 empresas do setor químico e petroquímico. A unidade de Logística e Compras possui cinco áreas distintas, e a área pesquisada foi a de Compras de Serviços Logísticos, que está organizada em compras de serviços doméstico e internacional.

A área escolhida foi o mercado doméstico que possui quatro compradores que participaram como *experts* na pesquisa. A escolha do setor de Compras de Serviços Logísticos Mercado Doméstico se deve ao fato de que representa 80% dos custos do modal rodoviário com uso de 100% de PSL. É uma área sensível na seleção de PSL e não dispõe de um processo estruturado padrão. As informações gerais estão no Quadro 2.

Quadro 2- Área de Compras de Serviços Logísticos para o Mercado Doméstico

| |
|---|
| Cargos de Comprador Sênior |
| Representam 100 % dos compradores da área |

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

| |
|--|
| Os 4 compradores foram entrevistados |
| Há 40 contratos de PSL gerenciados pela área |

Considerando os serviços logísticos utilizados pela empresa, o modal rodoviário é o mais representativo, pois 80% dos valores pagos no ano de 2010 referem-se a esse modal, incluindo os serviços de frete para os produtos acabados embalados e graneis líquidos. Para 2011 planejou-se utilizar 83% do total para mesmo modal. O detalhamento pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 - Serviços logísticos por tipo

| Serviços logísticos | 2010 | 2011 |
|---------------------|------|------|
| Aeroviário | 2% | 2% |
| Armazenagem | 17% | 13% |
| Ferrovário | 1% | 2% |
| Rodoviário | 80% | 83% |

Na definição dos Critérios para seleção de PSL, foram consideraram-se todos os 35 critérios identificados na literatura apresentados no Quadro 1. A classificação BOCR baseou-se nas respostas dos *experts* da área de serviços logísticos para as seguintes questões:

1. O que dá mais benefícios e / ou oportunidades?
2. O que provoca a maioria dos custos e riscos?

Os resultados estão na Figura 3. A hierarquia dos benefícios apresentou a grande maioria das escolhas com 14 subcritérios. Para uma análise mais completa optou-se por classificá-la como B_E , que são benefícios que consideram estrutura, e B_T , que são os benefícios que consideram tecnologia. O resultado de B_E apresentou uma composição importante na classificação de 9 subcritérios. Para B_T , apresentou uma classificação de 5 subcritérios. Para O , C e R também se pode verificar a classificação de 5, 3 e 5 subcritérios, respectivamente, na Figura 3.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

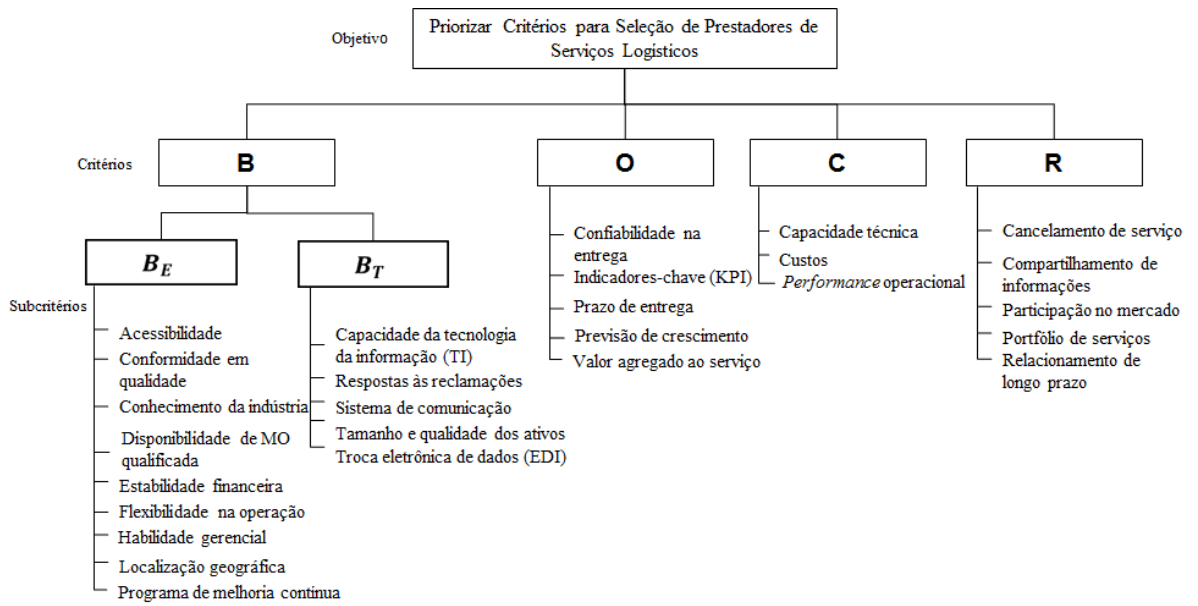


Figura 3 - Estrutura para seleção de PSL

A estrutura para seleção de PSL foi validada pelo grupo de *experts*. Foi também identificada a limitação do método em função da escolha de apenas um critério e um subcritério sem repetição. Os entrevistados deixaram de escolher oito subcritérios que, na opinião do grupo, apresentaram uma importância ou relevância menor, e que podem ser observados no Quadro 3.

Quadro 3 - Subcritérios que não foram escolhidos pelos *experts* com os motivos alegados

| Crítério | Motivo |
|------------------------------|---|
| Adequação cultural | Não foi considerada pelos entrevistados |
| Compatibilidade | Foi considerado mais relevante o critério conhecimento da indústria |
| Equipamentos logísticos | Optou-se pelo tamanho e qualidade dos ativos |
| Estrutura organizacional | Foi considerado mais importante o critério localização geográfica |
| Nível de serviço | Optou-se pelo critério confiabilidade na entrega |
| Política de recursos humanos | Foi considerado mais importante o critério disponibilidade de mão de obra |
| Receptividade | Foi considerado mais importante o critério sistema de comunicação |

Na sequência aplicou-se o AHP a partir do *Web-Based Software Comparison Suite* na versão 4.11.002.7178 desenvolvido pela empresa *Expert Choice*, por meio do qual pode ser definindo como um ambiente de modelagem de processos para tomada de decisão. O *software* baseia-se na derivação de prioridades através de julgamentos em pares de elementos, ou a partir de medições diretas, ou ainda *ratings*. Permite que os julgamentos possam ser efetuados por vários *experts* e ao final o sistema apresenta uma classificação das decisões.

A primeira atividade desenvolvida foi a criação do projeto no ambiente *online*, utilizou-se a função *Project Management* do *software*. Na modelagem considerou-se a estrutura BOCR

que foi definida pelos *experts* conforme a Figura 3, e estabeleceram-se os objetivos e as alternativas.

Ainda na modelagem foram selecionados os métodos de medição: objetivos e Critérios BOCR com entrada direta e 25% da prioridade, 27 subcritérios com comparação em pares e, para as 3 alternativas PSL 1, PSL 2 e PSL 3, o uso da escala de *ratings*.

A escala de *ratings* aqui utilizada contribuiu na redução do número total de julgamentos e está na Tabela 3.

Tabela 3 - Escala de *ratings*

| Nível | Desempenho |
|-----------------------------|------------|
| Excelente | 1,00 |
| Entre excelente e muito bom | 0,75 |
| Muito bom | 0,49 |
| Entre muito bom e bom | 0,25 |
| Bom | 0,10 |
| Pobre | 0,06 |

Fonte: Adaptado de Salomon, Marins e Duduch (2009)

Os participantes foram cadastrados no projeto com atribuição do papel de jogadores e posteriormente receberam um *e-mail* contendo o convite para a participação no processo de avaliação e *link* do endereço <https://core.expertchoice.com/> do *website*.

Antes de iniciar a sessão de julgamentos os *experts* receberam orientações referentes ao *Comparion Suite* e ao AHP como, por exemplo, o conceito de taxa de consistência, que é requerida durante o processo de julgamento. Também foi efetuada a validação do modelo construído; em seguida, efetuaram-se os julgamentos a partir da experiência dos participantes, e verificou-se a consistência na medida do desenvolvimento; houve necessidade de refazer alguns julgamentos, pois a consistência apresentou-se inadequada.

A seguir pode-se observar um exemplo de comparação realizado para Custos (C). O *Expert B* a partir da comparação dos subcritérios Capacidade Técnica e Custos julgou o subcritério Custos como mais importante comparado com Capacidade Técnica; como pode ser observado no gráfico de barras da Figura 4.

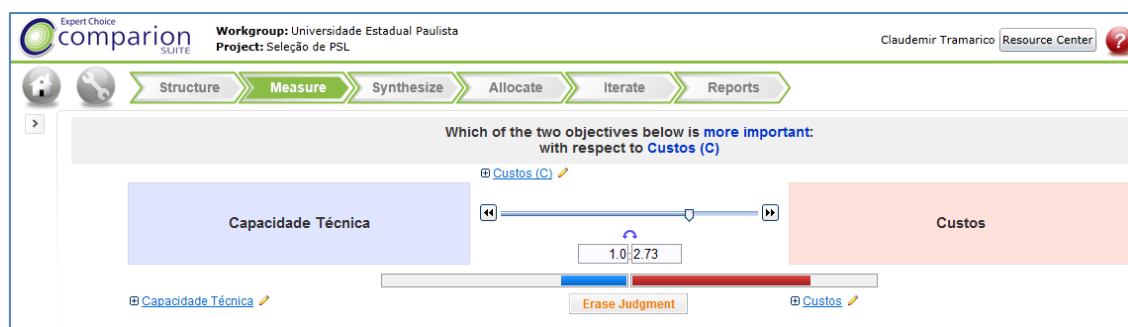


Figura 4 - Exemplo de julgamento online

Fonte: *Comparion Suite*

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Após a finalização de todos os julgamentos, as prioridades locais e globais foram calculadas considerando 25 % para BOCR. Os resultados encontrados podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4 - Prioridade local e global com 25% para BOCR

| Estrutura | Prioridade Local | Prioridade Global |
|---|------------------|-------------------|
| Priorizar Critérios para Seleção de PSL | 100% | 100% |
| Benefício (B) | 25,00% | 25,00% |
| Benefício Estrutura (BE) | 50,00% | 12,50% |
| Acessibilidade | 6,44% | 0,80% |
| Conformidade em qualidade | 9,73% | 1,22% |
| Conhecimento da indústria | 7,85% | 0,98% |
| Disponibilidade de MO qualificada | 10,04% | 1,25% |
| Estabilidade financeira | 12,41% | 1,55% |
| Flexibilidade na operação | 13,55% | 1,69% |
| Habilidade gerencial | 13,31% | 1,66% |
| Localização geográfica | 11,44% | 1,43% |
| Programa de melhoria contínua | 15,23% | 1,90% |
| Benefício Tecnologia (BT) | 50,00% | 12,50% |
| Capacidade da tecnologia da informação (TI) | 17,18% | 2,15% |
| Troca eletrônica de dados (EDI) | 17,14% | 2,14% |
| Respostas às reclamações | 21,49% | 2,69% |
| Sistema de comunicação | 21,22% | 2,65% |
| Tamanho e qualidade dos ativos | 22,96% | 2,87% |
| Oportunidade (O) | 25,00% | 25,00% |
| Confiabilidade na entrega | 22,99% | 5,75% |
| Indicadores-chave de <i>performance</i> (KPI) | 14,47% | 3,62% |
| Prazo de entrega | 21,49% | 5,37% |
| Previsão de crescimento | 15,71% | 3,93% |
| Valor agregado ao serviço | 25,34% | 6,33% |
| Custos (C) | 25,00% | 25,00% |
| Capacidade técnica | 25,87% | 6,47% |
| Custos | 39,86% | 9,97% |
| <i>Performance</i> operacional | 34,26% | 8,57 |
| Riscos (R) | 25,00% | 25,00% |
| Cancelamento do serviço | 25,26% | 6,31% |
| Compartilhamento de informações | 17,12% | 4,28% |
| Participação no mercado | 20,44% | 5,11% |
| Portfólio de serviços | 17,56% | 4,39% |
| Relacionamento de longo prazo | 19,62% | 4,90% |

A matriz de decisão apresentada na Tabela 5 foi obtida com a agregação dos julgamentos. O PSL 1 representou o maior Custo, e foi também o PSL que apresentou a maior Oportunidade, isto é: Oportunidades de melhoria na confiabilidade de entrega, no KPI, no tempo de entrega, na previsão de crescimento e no serviço de valor agregado.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Tabela 5 - Matriz de decisão

| PSL | B | O | C | R |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 35% | 43% | 20% | 28% |
| 2 | 35% | 27% | 21% | 38% |
| 3 | 30% | 30% | 39% | 34% |

Como resultado tem-se o vetor prioridade (PV1), apresentado na Tabela 6. O PSL 2 representa 33,8%, o PSL 1, 33,2%, e PSL 3, 33,0%. Estabeleceu-se um forte equilíbrio entre os PSL 1, 2 e 3. Nesta avaliação foi considerado 25% de prioridade para todos os critérios (BOCR).

Tabela 6 - Vetor prioridade

| PSL | PV1 |
|-----|-------|
| 1 | 33,2% |
| 2 | 33,8% |
| 3 | 33,0% |

Como o País está se destacando no cenário mundial pós-crise de 2009, seria mais adequado um aumento da prioridade em 15 %, ou seja, o Critério Oportunidade passou para 40%. Baseando-se nesta decisão, os demais critérios passaram a representar 20% e uma análise de sensibilidade foi efetuada.

Com a mudança de 25% para 40 % no Critério Oportunidade, como se pode observar no gráfico da Figura 5, o PSL 1 passou para 36,1%, seguido pelo PSL 2 com 32,7% e PSL 3, com 31,2%.

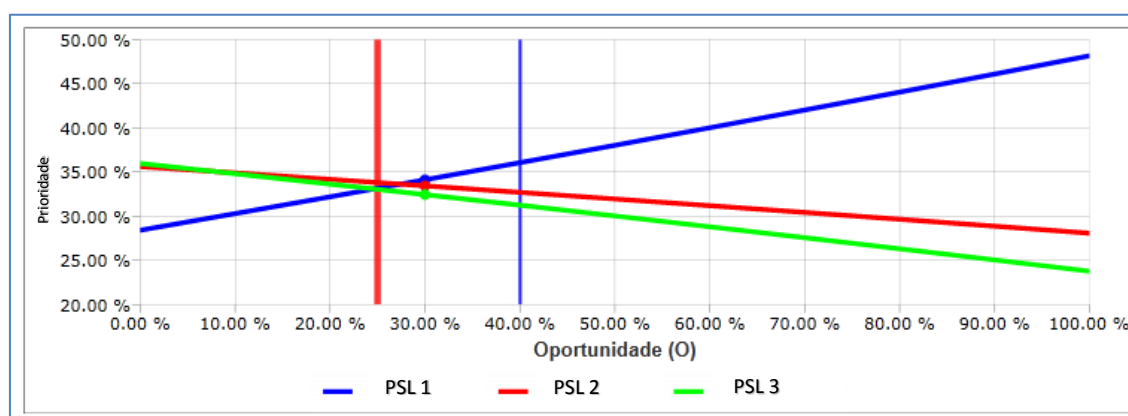


Figura 5 - Gráfico análise de sensibilidade
Fonte: *Comparion Suite*

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Os novos resultados para as prioridades locais e globais podem ser observados na Tabela 7.

Tabela 7 - Prioridade local e global com 40% para Oportunidade

| Estrutura | Prioridade Local | Prioridade Global |
|---|------------------|-------------------|
| Priorizar Critérios para Seleção de PSL | 100% | 100% |
| Benefício (B) | 20,00% | 20,00% |
| Benefício Estrutura (BE) | 50,00% | 10,00% |
| Acessibilidade | 6,44% | 0,64% |
| Conformidade em qualidade | 9,73% | 0,78% |
| Conhecimento da indústria | 7,85% | 0,78% |
| Disponibilidade de MO qualificada | 10,04% | 1,00% |
| Estabilidade financeira | 12,41% | 1,24% |
| Flexibilidade na operação | 13,55% | 1,35% |
| Habilidade gerencial | 13,31% | 1,33% |
| Localização geográfica | 11,44% | 1,14% |
| Programa de melhoria contínua | 15,23% | 1,52% |
| Benefício Tecnologia (BT) | 50,00% | 10,00% |
| Capacidade da tecnologia da informação (TI) | 17,18% | 1,72% |
| Troca eletrônica de dados (EDI) | 17,14% | 1,71% |
| Respostas às reclamações | 21,49% | 2,15% |
| Sistema de comunicação | 21,22% | 2,12% |
| Tamanho e qualidade dos ativos | 22,96% | 2,29% |
| Oportunidade (O) | 40,00% | 40,00% |
| Confiabilidade na entrega | 22,99% | 9,22% |
| Indicadores-chave de desempenho (KPI) | 14,47% | 5,80% |
| Prazo de entrega | 21,49% | 8,62% |
| Previsão de crescimento | 15,71% | 6,30% |
| Valor agregado ao serviço | 25,34% | 10,16% |
| Custos (C) | 20,00% | 20,00% |
| Capacidade técnica | 25,87% | 5,17% |
| Custos | 39,86% | 7,96% |
| Desempenho operacional | 34,26% | 6,87% |
| Riscos (R) | 20,00% | 20,00% |
| Cancelamento do serviço | 25,26% | 5,04% |
| Compartilhamento de informações | 17,12% | 3,42% |
| Participação no mercado | 20,44% | 4,08% |
| Portfólio de serviços | 17,56% | 3,51% |
| Relacionamento de longo prazo | 19,62% | 3,92% |

Com o novo vetor prioridade (PV2), o PSL 1 obteve o resultado de 36,1%, seguido pelo PSL 2, com 32,7% e fornecedor 3, com 31,2%. Na comparação dos resultados na Tabela 8, o PSL 1 ganhou 3 pontos percentuais de vantagem sobre os outros, assim, com base nesta, ele é indicado como a melhor solução entre as alternativas.

Tabela 8 – Comparação vetor prioridade

| PSL | PV1 | PV2 |
|-----|-------|-------|
| 1 | 33,2% | 36,1% |
| 2 | 33,8% | 32,7% |
| 3 | 33,0% | 31,2% |

Os resultados foram apresentados aos *experts* da empresa objeto de estudo que os validaram como consistentes e aplicáveis na prática.

4 Considerações Finais

A decisão de terceirizar as atividades logísticas muitas vezes levam os gerentes a refletir sobre o uso de PSL, responsável pela execução dos principais processos ou atividades logísticas anteriormente executadas internamente. Essa é uma decisão importante e faz parte da estratégia da cadeia de suprimentos, na qual se define possuir muitos ou poucos fornecedores e se definem também os critérios para sua seleção.

A proposta deste artigo foi apresentar uma solução para o problema seleção de prestadores de serviços logísticos por meio de uma aplicação do método MCDM. Na primeira etapa utilizou-se o Modelo BOCR a partir de critérios identificados na literatura que resultaram nas escolhas baseadas em duas questões: o que dá mais benefícios e / ou oportunidades? O que provoca a maioria dos custos e riscos? Essa fase foi limitada pela escolha de apenas um critério por parte dos julgadores para o BOCR, o resultado possibilitou a definição da estrutura.

Na segunda etapa aplicou-se o Método AHP, amplamente utilizado em aplicações da cadeia de suprimentos. Foi efetuada a modelagem da estrutura no *Web-Based Software Comparion Suite* contendo os critérios, subcritérios e alternativas. Foram também selecionados os métodos de medição incluindo a escala *ratings* que contribuiu na redução do número de julgamentos realizados.

Os *experts* foram convidados, os julgamentos foram efetuados pelo grupo. Na avaliação inicial o vetor prioridade 1 apresentou forte equilíbrio para os três prestadores de serviços logísticos, foram considerados 25% para o cálculo das prioridades locais e globais BOCR. Posteriormente considerou-se aumento de 15% para Oportunidade, resultando em 40% para o mesmo Critério. Em função desta ação o vetor prioridade 2 apresentou resultado favorável ao PSL 1 como melhor solução.

O uso do *Web-Based Software Comparion Suite* contribuiu significativamente no desenvolvimento da pesquisa, o *software* é de fácil utilização, porém, se fez necessário apresentar o Método AHP previamente ao grupo de *experts*, como, por exemplo, o conceito de taxa de consistência requerida durante o processo de julgamento.

Evidenciou-se numa aplicação real a importância de se adotar um procedimento consistente para a seleção de PSL, independente das características do ambiente. O Modelo BOCR pode ser combinado com diferentes métodos MCDM que envolvam múltiplos tomadores de decisão com julgamentos conflitantes, tais como AHP apresentado neste artigo. Como proposta para novas pesquisas, pode-se efetuar um estudo comparativo com a utilização dos Métodos AHP e ANP, utilizando-se o índice de compatibilidade na análise entre vetores de decisão dos dois métodos.

REFERÊNCIAS

- Baily, P. *et al.*(2008). Procurement principles and management. 10th ed. Prentice Hall, Harlow.
- Ballou, R.H. & Gilbert, S. M.& Mukherjee, A. (2000). New managerial challenges from supply chain opportunities. *Industrial Marketing Management*, 29, 7–18.
- Basak, I. & Saaty, T. L. (1993). Group decision making using the Analytic Hierarchy Process. *Mathematical and Computer Modelling* , 17, 101-109.
- Bayazit, O. (2006). Use of analytic network process in vendor selection decisions. *Benchmarking: An International Journal*, 13, 566-579.
- Berglund, M. *et al.* (1999). Third-party logistics: is there a future. *The International Journal of Logistics Management*, v. 10, n. 1, p. 59-70.
- Bertrand, J.W.M. & Fransoo, J.C. (2002). Modeling and simulation: operations management research methodology using quantitative modeling. *International Journal of Operations & Production Management*, 22, 241-264.
- Boer, L. & Labro, E. & Morlacchi, P. (2001). A review of methods supporting supplier selection. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 7, 75-89.
- Bolumole, Y.A. (2003). Evaluating the supply chain role of logistics service providers. *International Journal of Logistics Management*, 14, 93-107.
- Choi, T. Y. & Hartley, J. L. (1996). An exploration of supplier selection practices across the supply chain, *Journal of Operations Management*, 14, 333-343.
- Dickson, G. W. (1966). An analysis of vendor selection system and decisions. *Journal of Purchasing*, 2, 28-41.
- Figueira, J. & Greco, S. & Ehrgott, M. (2005). *Multiple criteria decision analysis*, Springer, N. York.
- Garuti, C. & Salomon , V. A. P. & Spencer, I. (2008). A systemic rebuttal to the criticism of using the eigenvector for priority assessment in the analytic hierarchy process for decision making. *Computación y Sistemas*, 12, 192–207.
- Gomes, L. F. A. M. & Gomes, C. F. S. & Almeida, A. T. (2012). *Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério*. 4. ed. Atlas, S. Paulo.
- Gomes, L. F. A. M. & Araya, M. C. G.& Carignano, C. (2003). *Tomada de decisões em cenários complexos*. Pioneira Thomson Learning, São Paulo.
- Hilletofth, P. & Hilmola, O. P. (2010). Role of logistics outsourcing on supply chain strategy and management. *Strategic Outsourcing: An International Journal* 3, 46-61.
- Ho, W. (2008). Integrated analytic hierarchy process and its applications – A literature review. *European Journal of Operational Research*, 186, 211–228.

- Hsiao, H.I. *et al.* (2010). A classification of logistic outsourcing levels and their impact on service performance: Evidence from the food processing industry. *International Journal of Production Economics*, 124, 75–86.
- Isiklar, G. & Alptekin, E. & Buyukozkan, G. (2007). Application of a hybrid intelligent decision support model in logistics outsourcing. *Computers & Operations Research*, 34, 3701 – 3714.
- Jayaram, J. & Tan, K.C. (2010). Supply chain integration with third-party logistics providers, *International Journal of Production Economics*, 125, 262-271.
- Jharkharia , S. & Shankar, R. (2007). Selection of logistics service provider: An analytic network process (ANP) approach, *Omega*, 35, 274-289.
- Lambert , D. M. & Cooper, M. C. (2000). Issues in supply chain management. *Industrial Marketing Management*, 29, 65–83.
- Larsen, T. S. (2000). Third party logistics from an interorganizational point of view. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 30, 112-127.
- Lieb, K.J. & Lieb, R.C. (2010). Environmental sustainability in the third party logistics (3PL) Industry. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 40, 524-533.
- Lieb, R.C. & Millen, R. A. & Wassenhove, L.V. (1993). Third-party logistics services: a comparison of experienced American and European manufacturers. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 6, 35-44.
- Liu, H.T. & Wang , W.K. (2009). An integrated fuzzy approach for provider evaluation and selection in third-party logistics. *Expert Systems with Applications*, 36, 4387–4398.
- MacGinnis, M. A. & Kochunny, C. M. & Ackerman, K. B. (1995). Third party logistics choice. *The International Journal of Logistics Management*, 6, 93-102.
- Marasco, A. (2008). Third-party logistics: A literature review. *International Journal of Production Economics*, 113, 127-147.
- Meixell, M. J. & Norbis, M. (2008). A review of the transportation mode choice and carrier selection literature. *The International Journal of Logistics Management*, 19, 183-211.
- Moore, D. L. & Fearon, H. E. (1973) Computer-assisted decision-making in purchasing. *Journal of Purchasing*, 9, 5-25.
- Qureshi, M. N. & Kumar, D. & Kumar, P. (2008). An integrated model to identify and classify the key criteria and their role in the assessment of 3PL services providers. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 20, 227-249.
- Perçin, S. (2006). An application of the integrated AHP-PGP model in supplier selection. *Measuring Business Excellence*, 10, 34-49.
- Russo, J. E. & Schoemaker, P. J. H. (1990). *Decision traps: Ten barriers to brilliant decision-making and how to overcome them.* Simon & Schuster, New York.

Saaty, T. L. & Ozdemir, M.S. (2003). Negative Priorities in the analytic hierarchy process. *Mathematical and Computer Modelling*, 37, 1063-1075.

Saaty, T. L. & Ozdemir, M.S. (2005). *The encyclicon: A dictionary of decisions with dependence and feedback based on the analytic networking process*. RWS publications, Pittsburg.

Saaty, T. L. & Shih, H. S. (2009). Structures in decision making: On the subjective geometry of hierarchies and networks. *European Journal of Operational Research*, 199, 867–872.

Saaty, T. L. (2010). Who won the Winter 2010 Olympics? A quest into priorities. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 17, 25-36.

Saaty, T. L. (2006). Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierarchy/network processes. *European Journal of Operational Research*. 168, 557–570.

Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15, 234–281.

Salomon, V. A. P. & Marins, F. & Duduch, M. (2009). Tomada de decisões múltipla aplicada à seleção de fornecedores de equipamentos de uma linha de montagem em uma fábrica de autopeças. *Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento*, 1, 208-217.

Salomon, V. A. P. & Shimizu, T. (2006). Utilização de matrizes de julgamentos na análise do controle da produção. *Revista Gestão Industrial*, Ponta Grossa, 2, 69–77.

Sarkis, J. & Talluri, S. (2002). A model for Strategic supplier selection. *The Journal of Supply Chain Management*, 38, 18-28.

Saura, I. G. *et al.* (2008). Logistics service quality: a new way to loyalty. *Industrial Management & Data Systems*, 108, 650-668.

Selviaridis, K. & Spring, M. (2007). Third party logistics: a literature review and research agenda. *The International Journal of Logistics Management*, 18, 125-150.

Sterling, J. U. & Lambert, M. (1993). Customer service research: Past, Present and Future. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 19, 2 – 23.

Vaidya, O. S & Kumar, S. S. (2006). Analytic hierarchy process: an overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169, 1-29.

Wallenius, J. *et al.* (2008). Multiple criteria decision making, multiattribute utility theory: recent accomplishments and what lies ahead. *Management Science*, 54, 1336–134.

Web-based software comparison suite. (2007). Core version: 4.11.002.7178. Expert Choice INC, Arlington VA.

Weber, C. A. & Current, J. R. & Benton, W. C. (1991). Vendor selection criteria and methods. *European Journal of Operational Research*, 50, 2-18.