

Aplicabilidades da análise multicritério às problemáticas de decisão no transporte rodoviário de produtos perigosos: uma perspectiva teórica

[Applicability of multicriteria analysis to decision problems in road transport of dangerous goods: a theoretical perspective]

Marne Lieggio Junior*, Sérgio Ronaldo Granemann, Osmar Ambrósio de Souza

Universidade de Brasília (UNB), Brazil, Universidade de Brasília (UNB), Brazil, Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Brazil

Submitted 28 Sep 2011; received in revised form 2 Dec 2011; accepted 26 Jan 2012

Resumo

O objetivo deste trabalho é analisar a aplicação das ferramentas de AMD nos processos de tomada de decisão envolvendo as atividades do transporte rodoviário de produtos perigosos. O quadro teórico de referência aborda: a Teoria de Apoio Multicritério à Decisão, incluindo a classificação dos problemas multicriteriais e etapas elementares do processo de decisão; os riscos no transporte rodoviário de produtos perigosos e a necessidade de tomada de decisões precisas; e a inter-relação entre os tipos de problemas de decisão nesse tipo de transporte e as ferramentas de apoio multicritério. A metodologia utilizada na confecção do trabalho teve caráter exploratório, alicerçando-se em revisão bibliográfica e nas práticas operacionais de mercado. Os resultados da pesquisa mostraram que, embora as ferramentas disponíveis para a análise multicriterial sejam importantes como apoios aos processos de tomada de decisão, não existe uma ação dita melhor, mas sim uma solução de compromisso que depende fortemente dos perfis e personalidades dos atores; das circunstâncias subjacentes ao processo de tomada de decisão; da forma como o problema é apresentado; da informação existente no momento da necessidade da tomada de decisão e do método usado para suportar o problema.

Palavras-Chave: transporte rodoviário; produtos perigosos; tomada de decisão; multicritério; riscos.

Abstract

The aim of this study is to analyze the application of tools from AMD in the process of decision making involving the activities of road transport of dangerous goods. The theoretical frame of reference covers: Theory of Multicriteria Decision Aid, including the classification of multicriteria problems and elementary steps of the decision process, the risks in road transport of dangerous goods and the need for making accurate decisions, and the interrelationship between types of decision problems in this type of transport tools and multicriteria. The methodology used in making the work was exploratory in nature, basing themselves on literature and operational practices of the market. The survey results showed that, while the tools available for analyzing multicriteria are important to support the processes of decision making, there is not a action dictates best, but a compromise solution that depends heavily on profiles and personalities of the actors, the circumstances underlying the process of decision-making on how the problem is presented, the information available at the time of need decision-making and the method used to support the problem.

Key words: road transport; dangerous goods; decision making; multicriteria; risks.

* Corresponding Author. Email: marnejr@gmail.com.

Recommended Citation

Lieggio Junior, M., Granemann, S. R. and Souza, O. A. (2012) Aplicabilidades da análise multicritério às problemáticas de decisão no transporte rodoviário de produtos perigosos: uma perspectiva teórica. *Journal of Transport Literature*, vol. 6, n. 2, pp. 197-217.

■ JTL|RELIT is a fully electronic, peer-reviewed, open access, international journal focused on emerging transport markets and published by BPTS - Brazilian Transport Planning Society. Website www.transport-literature.org. ISSN 2238-1031.

This paper is downloadable at www.transport-literature.org/open-access.

1. Introdução

O crescimento do transporte rodoviário de produtos perigosos - TRPP acompanha o ritmo de desenvolvimento da indústria química e de refino de petróleo e derivados (ABIQUIM, 2011; SINDICOM, 2011).

Na atual conjuntura do setor de prestação de serviços do TRPP, as empresas movimentam-se de forma cada vez mais intensa no sentido de ampliar suas próprias fronteiras em detrimento dos concorrentes. Por outro lado, a cadeia logística de produtos perigosos é fortemente regulada, para se obter níveis adequados de segurança em todos os seus elos e para todos os atores.

Dentre os vários processos de decisão presentes no TRPP, podem ser citados, por exemplo: a escolha da melhor programação horária para carga e descarga em função do trajeto e das imposições legais de trânsito; o roteamento da unidade de transporte em função de critérios de segurança; a escolha do prestador de serviços de TRPP; a avaliação e classificação de empresas de TRPP; a decisão pelo prestador de serviços de manutenção de frota de uma empresa de TRPP; a seleção do fornecedor de equipamentos de atendimento emergencial; e discernimento dos fornecedores adequados de bens e serviços utilizados nessa atividade de transporte.

No entanto, de acordo com Ribeiro Pereira (2003), o ser humano tem uma capacidade cognitiva limitada, ou seja, apresenta limitação para compreender todos os sistemas a seu redor e processar todas as informações que recebe. Seriam três as fontes de restrição cognitiva: (i) capacidade limitada do processamento do cérebro humano; (ii) desconhecimento de todas as alternativas possíveis de resolver o problema; e (iii) influência dos aspectos emocionais e afetivos.

Nessa perspectiva, para o apoio aos vários agentes decisores, adquire relevância a teoria de apoio multicritério à decisão – AMD, que, na lição de Gomes *et al.* (2009), é um conjunto de procedimentos e métodos de análise que procuram assegurar a coerência, a eficácia e a eficiência das decisões tomadas em função das informações disponíveis, antevendo cenários possíveis. Para tal, essa teoria pode usar ferramentas matemáticas ou não; é uma teoria que trata, entre outros, de escolhas entre alternativas.

Ressalta-se que, de acordo com Gomes *et al.* (2009), o AMD propõe-se a ter visão prescritiva (ou prescritivista) e construtiva (ou construtivista) dos problemas. Essa visão seria uma fusão da visão descritivista, que é a visão do mundo como este se apresenta, não emitindo julgamento sobre a realidade descrita com visão normativa.

Na visão prescritiva, fazem-se modelos que são apresentados ao decisor e este decide se os aceita ou não. A visão construtivista consiste em construir modelos utilizando o processo decisório e a estruturação avança de forma interativa de modo coerente com os objetivos e valores do decisor.

Assim, o objetivo deste artigo é explorar e analisar a aplicação da AMD nas atividades do transporte rodoviário de produtos perigosos que envolvam processos de tomada decisão mais acurados.

Os resultados da pesquisa mostrarão que o AMD é um processo vasto e complexo. Há diversos tipos de decisões e numerosas maneiras de lidar com cada tipo. Também, há ainda várias ferramentas. A melhor decisão dependerá, em regra, da participação dos diversos atores e do entendimento de suas circunstâncias.

Para tanto, este artigo foi dividido em seis seções, incluindo esta introdução. Na seção 2, é apresentada uma visão geral do entendimento da Teoria de Apoio Multicritério à Decisão, incluindo desde os conceitos principais às ferramentas mais usuais. Na seção 3, discorre-se acerca do TRPP, seus riscos e necessidade de tomada de decisão acurada. A seção 4 abarca a metodologia de pesquisa utilizada na produção do presente artigo. A seção 5 aplaca a inter-relação entre os tipos de problemáticas no TRPP e as ferramentas de AMD; e, finalmente, são descritas as conclusões e recomendações finais.

2. Análise da teoria de Apoio Multicritério à Decisão

A teoria de AMD é discernida pela visão de seus conceitos elementares, classificação das problemáticas multicriteriais; etapas elementares de um processo de decisão multicriterial; e principais métodos de apoio multicriterial à decisão.

2.1 Principais conceitos de um modelo de decisão multicritério

Dentre os conceitos elementares necessários, abordam-se: o que é o AMD; ação, valores, atores, objetivos, critérios e alternativas; e agregação das preferências.

O AMD

Roy (1985) apregoa que, embora seja responsabilidade de um agente claramente identificado, a tomada de decisão pode ser um reflexo da interação de suas preferências com as de outros indivíduos. É o desenrolar dessas confrontações e interações de preferências, sob o efeito de regras e pressões próprias de um sistema que constitui o que é chamado de processo da decisão. A atividade de dedução e modelagem é o que constitui o apoio à decisão.

2.1.1.1 Ação, valores, atores, objetivos, critérios e alternativas

Uma *ação* “a” é uma representação de uma eventual contribuição para a decisão final, susceptível, dentro do enquadramento decisional considerado, de ser encarada de forma autônoma e de servir de ponto de aplicação ao apoio decisional. Dependendo dos casos, ela é caracterizada por um programa, um plano ou uma variante (ROY, 1985).

Os *valores* ou *utilidades* são abstrações que ajudam a organizar e conduzir preferências (KEENEY, 1992). Em regra, são expressos como exposição de estados desejados, intenções positivas ou direções de preferências. São definidos também como dimensões de valores ou atributos. Alguns autores os caracterizam como objetivos, devendo estes ser entendidos como dimensão de valor (WINTERFELDT e EDWARDS, 1986).

Os agentes no processo de tomada de decisão são, em regra, o *decisor* ou *tomador de decisão*, e o *analista da decisão* (GOMES, 2009). O *decisor* é o indivíduo ou grupo de indivíduos que tem o poder final e a responsabilidade das consequências da sua decisão. Dados seu juízo de valor e pontos de vista, caberá a esse agente tomar a decisão com base nas recomendações apresentadas. É para o decisor que o modelo de apoio à decisão é desenhado.

Durante um processo de decisão, o decisor pode assumir o papel de desenvolver a atividade de apoio à decisão. No entanto, o decisor não tem um olhar crítico sobre seus problemas e preferências. Por isso, normalmente entra um segundo ator, o *homem de estudo* ou o *analista*.

Seu papel é, dentre outros, moldar o problema com base em seu conhecimento nas ferramentas e no AMD. Pode existir um terceiro ator no processo decisório: o *solicitante* ou *demandante*, que pode encomendar um estudo no caso de não haver qualquer contato possível entre o decisor e o homem de estudo (ROY, 1985).

Para Keeney (1992), há que se distinguem dois tipos de objetivos: *objetivos fundamentais* e *objetivos intermediários*. Um *objetivo fundamental* caracteriza, em termos qualitativos, a razão essencial para o interesse na situação de decisão. Este tipo de objetivo proporciona a orientação para a ação e o fundamento para qualquer modelagem quantitativa ou análise que pode seguir a articulação qualitativa de valores. Tais objetivos permitem, ainda, melhorar a tomada de decisão por meio da descoberta de objetivos inicialmente imperceptíveis e promover a criatividade (GOODWIN e WRIGHT, 1991). Já os *objetivos intermediários* são também de interesse no contexto de decisão, devido ao fato de terem implicações para o nível do grau em que outro objetivo (mais fundamental) pode ser alcançado (KEENEY, 1992).

Os *critérios* ou *atributos* são os caminhos que norteiam as escolhas de alternativas, dadas as preferências do decisor. Essas preferências geram um conjunto de regras que possibilita escolher uma alternativa entre um par destas. O conjunto de regras assim formado estabelece os critérios da decisão. Para Gomes *et al.* (2009), uma família de critérios deve obedecer aos axiomas de exaustividade, coesão e não-redundância.

As *alternativas* podem ser diferenciadas de duas formas: reais *versus* fictícias e realistas *versus* irrealistas. As alternativas reais são aquelas resultantes de um projeto existente, que são suscetíveis de serem postas em ação, ao contrário das fictícias que são oriundas de um projeto idealizado, construído na imaginação. Por outro lado, uma alternativa pode ser realista, quando ela é executável, ou, do contrário, irrealista, quando ela não pode ser executada e tem objetivos incompatíveis (ROY, 1985).

2.1.1.2 Agregação das preferências

Para Ribeiro Pereira (2003), a agregação de preferências pode ser feita usando diversos métodos, muitas vezes divididos segundo a escola de proveniência: escola americana ou escola francesa. Em regra, a agregação de preferências é feita recorrendo a funções de valor, verificando-se, em linhas gerais, os seguintes aspectos: (i) verificação de condições de

existência e separabilidade; (ii) construção de funções individuais por atributo ou critério, por meio da bissecção sucessiva da escala de valor, tendo em consideração a verificação de independência preferencial entre as condições; (iii) construção de uma função multiatributo ou multicritério, por meio do cálculo de parâmetros com base em julgamentos de indiferença; e (iv) aplicação da função para obter uma ordem total das alternativas, que pode ser, por exemplo, aditiva ou multiplicativa.

2.2 *Classificação dos problemas multicritério de acordo com o tipo de problemática*

Segundo Roy (1985) e Gomes *et al.* (2009), os problemas multicritério podem ser classificados segundo o tipo de problemática, a saber:

- (a) Problemática tipo α ($P\alpha$): tem como objetivo esclarecer a decisão pela escolha de um subconjunto tão restrito quanto possível, tendo em vista a escolha final de uma única ação. Esse conjunto terá as “melhores ações” ou as “ações satisfatórias”. O resultado pretendido é, portanto, uma escolha ou um procedimento de seleção.
- (b) Problemática tipo β ($P\beta$): tem como objetivo esclarecer a decisão por uma triagem resultante da alocação de cada ação a uma categoria (ou classe). As diferentes categorias são definidas *a priori* com base em normas aplicáveis ao conjunto de ações. O resultado pretendido é, pois, uma triagem ou um procedimento de classificação.
- (c) Problemática tipo γ ($P\gamma$): tem como objetivo esclarecer a decisão por um arranjo obtido pelo reagrupamento de todas ou parte (as mais satisfatórias) das ações em classes de equivalência. Essas classes são ordenadas de modo completo ou parcial, conforme as preferências. O resultado pretendido é, pois, um arranjo ou um procedimento de ordenação.
- (d) Problemática tipo δ ($P\delta$): tem como objetivo esclarecer a decisão por uma descrição, em linguagem apropriada, das ações e de suas consequências. O resultado pretendido é, pois, uma descrição ou um procedimento cognitivo.

Ressalta-se que as problemáticas definidas não são independentes umas das outras. Em particular, na visão de Gomes *et al.* (2009), a ordenação das alternativas ($P\gamma$) pode servir de base para resolver, por exemplo, um problema ($P\alpha$) ou ($P\beta$).

2.3 *Etapas elementares de um processo de decisão multicritério*

Para Belton e Stewart (2002), o processo de AMD, em regra, passa por três fases: identificação e estruturação do problema, construção do modelo e desenvolvimento de planos de ação. A primeira fase de identificação e estruturação do problema é quando se traz à mesa o problema e suas complexidades. Antes de começar a análise de um problema, é necessário que todos os agentes de decisão (decisor, analista e facilitadores, se esses existirem) se interajam para que haja um encaminhamento do consenso no entendimento do problema, quais decisões devem ser tomadas e os critérios que levarão a tais decisões.

Na segunda fase, espera-se que o pensamento dos agentes já seja mais convergente. O modelo é formalmente desenvolvido, levando em consideração as preferências, julgamentos e valores dos decisores. O modelo é a forma transparente e sistemática de comparar as alternativas, levando em consideração os parâmetros definidos. É possível que, nesse momento, decida-se retornar à primeira fase, caso haja opções mais criativas para o problema inicial.

A partir das alternativas geradas pelo modelo, será então desenvolvido o plano de ação para solucionar da melhor forma possível o problema. Isto porque os modelos de AMD não se propõem a resolver o problema, e sim a encontrar alternativas para solucionar os problemas. Assim, os decisores devem ter consciência do plano de ação para implementar essas alternativas.

2.4 *Principais métodos de apoio multicritério à decisão*

Várias classificações têm sido propostas, contudo a maioria dos autores baseia-se na classificação baseada na escola de origem. Na visão da escola americana, os métodos mais amplamente divulgados são a MAUT – Teoria da Utilidade Multiatributo (FISHBURN, 1970; KEENEY E RAIFA, 1976) e o método AHP – Análise Hierárquica de Processos (SAATY, 1980).

Os métodos da escola americana, em geral, têm como objetivo principal agregar valor às preferências dos decisores em cada critério, suportando, de uma forma quantitativa, a decisão final do decisor, baseada nas seguintes assunções: existência de uma função U , aditividade, relação de preferência transitiva e completa (VINCKE, 1992).

Os métodos associados à escola francesa, denominados métodos não compensatórios, têm como objetivo construir uma relação de ordenação que permita a relação de incomparabilidade entre as ações de decisão. O processo de estabelecimento das relações de ordenação permite o suporte ao decisor ou decisores para concluir se uma decisão é “boa”.

Do ponto de vista da escola francesa, os métodos mais amplamente divulgados são os ELECTRE – *EL*imination and (*Et*) *Choice Translating Reality* (ROY, 1989; ROY E BOUYSSOU, 1993) e os métodos PROMETHEE - *P*reference *R*anking *O*rganisation *METH*od of *E*nrichment *E*valuation) (BRANS *et al.*, 1984; LE TÉNO E MARESCHAL, 1998).

Em consonância com Vincke (1992), os *métodos interativos* ou *de agregação* são aqueles baseados em aproximações de desagregação-agregação, alternando fases de cálculos (comportando fases sucessivas de compromisso), com fases de diálogo (fontes de informação extra nas preferências dos decisores). A maior parte dos métodos desenvolvidos é do foro da programação matemática multiobjetivo, e alguns desses métodos podem ser aplicados a problemas mais genéricos.

Os métodos *contínuos*, também denominados *métodos de otimização multiobjetivo* ou *métodos interativos*, compreendem basicamente métodos de programação matemática com mais do que uma função objetivo (STEUER *et al.*, 1996).

A Tabela 1 apresenta os modelos analisados na investigação bibliográfica e trata dos *métodos multicritério* elementares ou *de eliminação sequencial* mais usuais.

Tabela 1: Principais métodos multicritério elementares.

Denominação	Descrição
Método aditivo	A análise global de alternativas é realizada por meio de pesos, de forma aditiva e sua evolução por meio do critério. Dentro de um conjunto de alternativas, são escolhidas as melhores. É necessária a criação de relações de preferência e atribuição de pesos por parte do decisor.

Denominação	Descrição
Método Borda	Também conhecido como método da soma das classificações, é um método aditivo.
Método Condorcet	Também conhecido como método regra da maioria, é uma extensão do método anterior.
Método lexicográfico	Baseado na lógica de que, em alguns sistemas de decisão, um critério particular parece ser predominante. Parte do pressuposto que o decisor é capaz de ordenar os critérios por ordem de importância. O procedimento consiste em comparar todas as alternativas, uma a uma, com esse critério dito predominante e, proceder assim até ter apenas uma alternativa. Converte para um único critério de síntese. No caso de desempenhos iguais neste critério mais importante, a comparação é feita para o segundo critério mais importante, e assim sucessivamente, até ordenar todas as alternativas.
Método conjuntivo	É definido um mínimo aceitável para todos os critérios. A alternativa é rejeitada se não passar esse valor para todos os critérios; é um método de filtragem.

Fonte: Adaptado de Gomes *et al.* (2009) e Ribeiro Pereira (2003).

3. Transporte rodoviário de produtos perigosos

De acordo com a ANTT (2011), UNECE (2011) e até corroborado por Costa e Ribeiro (2011), é considerado produto perigoso, para fins de transporte, toda substância ou artigo encontrado na natureza ou produzido por qualquer processo que, por suas características físico-químicas, represente risco para a saúde das pessoas, para a segurança pública ou para o meio ambiente.

Além dos riscos à saúde humana, à gestão do tráfego, à infraestrutura viária e à segurança pública, os acidentes no transporte rodoviário de produtos perigosos podem causar efeitos danosos para a comunidade e a biota local, o que faz com que se acentue a necessidade de controle de riscos durante o transporte desse tipo de produto.

Assaz frisar que a legislação do TRPP interconecta-se com a legislação ambiental, positivando as responsabilidades do embarcador e do transportador, em que se destaca, por exemplo, o *princípio do pagador-poluidor* e o *princípio da co-responsabilidade*, ambos assentados na Lei nº 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (LIEGGIO JÚNIOR, 2008).

A título de ilustração, de acordo com os dados da Cetesb (2009), dos 451 atendimentos emergenciais em 2008, 233 deveram-se ao modo de transporte rodoviário, isto é, 51,7% do total das ocorrências. E a análise de um espectro mais amplo de dados da Cetesb, em um período de 31 anos, entre 1978 e 2008, também permite concluir que o modo rodoviário foi preponderante nos casos de atendimentos emergenciais no Estado de São Paulo, sendo responsável por 41,17% de todas as ocorrências realizadas.

Nas atividades que envolvem o TRPP, estão presentes vários processos de decisão envolvendo multicritérios, desde a escolha do prestador do serviço de transporte até a seleção da melhor rota em função de riscos de acidentes.

Contudo, na investigação bibliográfica realizada, não foi encontrada uma indicação objetiva que inter-relacione os vários tipos de problemáticas das atividades do TRPP com as ferramentas multicriteriais mais usuais para embasar os processos de tomada de decisão dos agentes responsáveis. E, diante do arcabouço legal e dos riscos inerentes à atividade de transporte desse tipo de carga, torna-se patente a responsabilidade do embarcador e do

transportador, que podem sofrer sanções desde pecuniárias até a restrição de liberdade, justificando, pois, a disseminação do uso de ferramentas de AMD entre os vários agentes decisores nessa atividade econômica.

4. Metodologia de pesquisa

A proposta metodológica para a confecção deste trabalho baseou-se no bloco de diagramas apresentado na Figura 1.

Estabeleceram-se três etapas, a saber:

- (a) *delimitação da área de estudo*: aplicabilidades da análise multicritério à decisão nas atividades envolvendo o TRPP;
- (b) *revisão bibliográfica*: de caráter exploratório, consistindo na perquirição da Teoria do Apoio Multicritério à Decisão e sua necessidade frente aos riscos intrínsecos presentes no TRPP; e
- (c) *inter-relação entre os tipos de problemáticas do TRPP e as ferramentas mais usuais*: verificação de quais ferramentas se ajustam melhor às necessidades dos processos de tomadas de decisão nesse tipo de transporte.

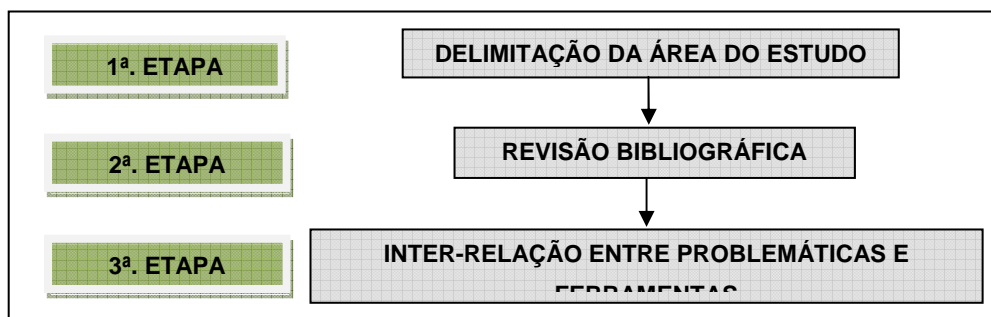


Figura 2: Esquema metodológico empregado na confecção do artigo.

5. Inter-relação entre os tipos de problemática no TRPP e as ferramentas de AMD

De acordo com Lieggio Júnior, Granemann e Souza (2011), os processos de tomada de decisão no TRPP envolvem tanto as áreas administrativas quanto operacionais. E vários atores estão presentes em seus respectivos ambientes (macro: governos federal e os estaduais; meso: instituições responsáveis pela fabricação dos produtos perigosos e pela operação do transporte; micro: prefeituras locais, associações comunitárias, órgãos governamentais de apoio local em caso de acidentes, como Polícia Rodoviária Federal ou Estadual, de meio ambiente, Corpo de Bombeiros, Defesa Civil e hospitais, assim como as bases operacionais do administrador rodoviário).

Considerando-se apenas uma visão geral da cadeia logística de produtos perigosos, pode-se verificar que os processos de tomada de decisão organizacional estão presentes em várias fases: gerenciamento de pedidos; processamento de pedidos; gerenciamento de estoques; roteirização; operações e distribuição; transporte e expedição; monitoramento de entregas; e suprimento (BALLOU, 2006).

No estágio de operação ou produção do transporte, há tomadas de decisões que se baseiam em multicritérios, tais como: escolha da melhor programação horária para carga e descarga em função do trajeto e das imposições legais de trânsito; o roteamento da unidade de transporte em função de critérios de segurança; a escolha do prestador de serviços de TRPP; a avaliação e classificação de empresas de TRPP; a decisão pelo prestador de serviços de manutenção de frota de uma empresa de TRPP; entre outros.

A Tabela 2 apresenta a inter-relação entre as ferramentas de AMD mais usuais e os tipos de problemática envolvendo as atividades no TRPP.

Tabela 2: Inter-relação entre as ferramentas de AMD mais usuais e os tipos de problemática envolvendo o TRPP.

Ferramenta de AMD	Descrição e Tipo de Problemática	Exemplo de processo de decisão
AHP	<p>Decomposição do problema de decisão em níveis hierárquicos, facilitando a sua compreensão e avaliação. Agregação por comparação de pares de alternativas (A com B, A com C, B com C). Avaliação de preferências feita por uma escala de semântica, com valores de 1 (igualmente preferível) a 9 (extremamente preferível), sendo 2, 4, 6, 8 valores intermediários de preferências. A atribuição de pesos é feita construindo-se uma matriz de autovalores das importâncias de cada critério. Verifica a consistência da matriz por meio de um valor de consistência, se esse valor $> 0,1$, então há inconsistência e os valores devem ser revistos. É um método compensatório: o bom desempenho de uma alternativa em um critério compensa o mau desempenho em outro critério.</p>	Escolha dos serviços de uma empresa de TRPP.
ELECTRE	<p>Comparação de alternativas por meio de pesos intrínsecos combinados com valores limiares. O objetivo é restringir e reduzir o conjunto de alternativas, eliminando as alternativas dominadas por outras.</p>	Escolha dos serviços de uma empresa especializada em atendimento emergencial no TRPP.

Ferramenta de AMD	Descrição e Tipo de Problemática	Exemplo de processo de decisão
ELECTRE I	Associado à problemática $P\alpha$ (escolha de um subconjunto restrito das ações consideradas como melhores). Baseado em relações ordinais. É um método de seleção.	Seleção de fornecedora de combustíveis para a frota da empresa de TRPP.
ELECTRE II	É uma extensão do ELECTRE I, associado à problemática $P\gamma$ (ordenação das ações da pior para a melhor). Estabelece relações de ordem do tipo “forte” e “fraca”.	Ordenação de motoristas especializados a serem contratados a trabalhar no TRPP.
ELECTRE III	A ordenação, por meio de uma relação de valor, é expressa por um grau de credibilidade (<i>thresholds</i>). Ao contrário dos anteriores, que consideravam verdadeiros critérios, esta evolução considera pseudo-critérios. Associado à problemática $P\gamma$.	Ordenação de empresas fornecedoras de frota para o TRPP.
ELECTRE IV	Extensão do ELECTRE III, considera pseudo-critérios. Associado à problemática $P\gamma$. Não utiliza pesos nos critérios. Duas relações são criadas: uma forte e uma fraca, com base em	Ordenação de empresas especializadas em descontaminação da frota de TRPP.

Ferramenta de AMD	Descrição e Tipo de Problemática	Exemplo de processo de decisão
	consideração de senso comum compatíveis com a falta de informação relativa a cada critério.	
ELECTRE IS	Semelhante ao ELECTRE I, acrescentando-se a introdução do limiar de indiferença. Associado à problemática $P\alpha$.	Escolha de empresa de manutenção da frota do TRPP.
ELECTRE TRI	Extensão do ELECTRE III, usando técnicas conjuntivas e disjuntivas para afetar as alternativas a diferentes categorias. Associado à problemática $P\beta$. É um método de classificação.	Classificação dos serviços prestados por empresas de TRPP.
PROMETHEE I	São métodos de ordenação. São calculados pesos intrínsecos. Tem os mesmos fundamentos do ELECTRE III, envolvendo conceitos e parâmetros (físicos ou econômicos), facilmente entendidos pelo decisor. Associado à problemática $P\gamma$.	Ordenação de fornecedoras de softwares de roteamento.

Ferramenta de AMD	Descrição e Tipo de Problemática	Exemplo de processo de decisão
PROMETHEE II	Extensão do PROMETHE, permite escalas por intervalo. Associado à problemática $P \gamma$.	Ordenação de fornecedoras de solução de seguro.
Compromise Programming	Mede as distâncias.	Escolha da programação horária para carga/descarga em função de restrições legais.
EXPROM-2	É uma extensão do PROMETHEE II, baseado na distância.	Seleção de roteamento da unidade de transporte em função de critérios de segurança.
MACBETH	É um método de comparação que usa escalas ordinais por intervalo. As comparações de preferências são realizadas usando seis referências semânticas introduzidas em uma matriz que garante a consistência das mesmas.	Seleção de fornecedoras de Equipamentos de Proteção Individual – EPIs para uso no TRPP.
MELCHIOR	Baseado nos mesmos conceitos dos métodos ELECTRE, é uma extensão do ELECTRE IV.	Ordenação dos principais fornecedores de processos de certificação de equipamentos.

Ferramenta de AMD	Descrição e Tipo de Problemática	Exemplo de processo de decisão
ORESTE	É um método lexicográfico. Define-se uma pré-ordem completa. Baseado nos mesmos conceitos do ELECTRE. Associado à problemática $P\gamma$. Define relações de importância nos critérios. Assume pré-ordem completa.	Ordenação dos principais critérios para avaliação de impactos ambientais decorrentes de acidente no TRPP.
PROFTAN	O PROFTAN é usado para implementar problemas de ordenação nominal. Implementa o ELECTRE III usando programação difusa.	Ordenação de empresas especialistas na execução de Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional no TRPP.
PROMCALC & GAIA	Software que implementa o método PROMETHEE.	Ordenação de empresas especialistas na elaboração de Programa de Gerenciamento de Riscos de Acidentes no TRPP.
QUALIFEX	Baseado nos mesmos conceitos do ELECTRE. Associado à problemática $P\gamma$. Define relações de importância nos critérios. Consiste em explorar o conjunto de pesos compatíveis com	Ordenação de empresas especialistas na elaboração de Programa de Qualidade de Serviços no TRPP.

Ferramenta de AMD	Descrição e Tipo de Problemática	Exemplo de processo de decisão
	a relação de importância nos critérios. Assume pré-ordem completa.	
REGIME	Baseado nos mesmos conceitos do ELECTRE. Associado à problemática $P\gamma$.	Ordenação de empresas especialistas na elaboração de Programa de Qualidade Ambiental.
TOPSIS	Técnica para ordenar por similaridades à solução ideal.	Ordenação de soluções para redução de impactos ambientais no TRPP.
UTA – <i>Utilité Additive Method</i>	Método interativo e aditivo. Consiste em encontrar uma função utilidade ótima por meio de programação linear e depois realizar uma análise de sensibilidade. Estima o valor das funções em cada critério usando regressão ordinal.	Seleção de empresas de TRPP.
UTA II	Extensão do UTA.	Seleção de empresas de TRPP.

Fonte: Adaptado de Gomes *et al.* (2009) e Ribeiro Pereira (2003).

Em regra, aos métodos percorridos estão associadas algumas imprecisões, ambiguidades e variações. Na tentativa de minimizá-las, autores como Kim *et al.* (2000), entre outros, têm aplicado conceitos da teoria *fuzzy* ou *lógica difusa* a métodos multicritério existentes, como, por exemplo, aos métodos AHP, ELECTRE e PROMETHEE.

Conclusões e Recomendações Finais

O presente trabalho procurou analisar a aplicação das ferramentas de AMD nos processos de tomada de decisão envolvendo as atividades do transporte rodoviário de produtos perigosos.

Os resultados da pesquisa exploratória mostraram que é possível estabelecer uma inter-relação entre as ferramentas mais usuais de AMD e as diversas problemáticas de tomada de decisão nas atividades do TRPP, conforme o prognóstico do pensamento de diversos autores do tema.

Além disso, verificou-se que o AMD é um processo vasto e complexo. Há diversos tipos de decisões, numerosas maneiras de lidar com cada tipo e várias ferramentas. A melhor decisão dependerá, em regra, da participação dos diversos atores e do entendimento de suas circunstâncias.

Não há uma ação dita melhor, contudo uma solução de compromisso que depende fortemente dos perfis e personalidades dos atores; das circunstâncias subjacentes ao processo de tomada de decisão; da forma como o problema é apresentado; da informação existente no momento da tomada de decisão e do método usado para suportar o problema.

Um olhar crítico sobre o referencial teórico perquirido permite vislumbrar como aplicação imediata no setor de TRPP, por exemplo, o uso conjugado de distintas ferramentas de AMD para a categorização dos serviços prestados pelas empresas de transporte rodoviário de produtos perigosos quanto a risco de acidentes, em que se devem obter, em uma primeira etapa, os pesos de requisitos desejáveis associados a esse tipo de risco, e, em uma segunda etapa, a categorização de tais serviços.

Para a realização de estudos futuros, sugere-se a comparação de duas ou mais ferramentas distintas para a seleção de uma empresa de TRPP de combustíveis líquidos, em que ocorre o maior número de atendimentos emergenciais, verificando se os resultados convergem e a comparabilidade da facilidade de aplicação e manuseio.

Referências

- Abiquim (2011). Disponível em: < <http://www.abiquim.org.br> > Acesso em: 05 mai. 2011.
- ANTT (2011). Disponível em: < <http://www.antt.gov.br> > Acesso em: 28 mai. 2011.
- Ballou, R. H. (2006). *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos / Logística Empresarial*. Bookman. Porto Alegre.
- Belton, V; and Stewart, T. (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Kluwer Academic Publishers. Boston. USA.
- Brans, J. P., Mareschal, B. e Vincke, P. (1984). Promethee: A New Family of Outranking Methods in Multicriteria Analysis. *Operational Research*: 477-490.
- Cetesb (2009). *Relatório de Emergências Químicas Atendidas pela CETESB em 2008*. São Paulo, SP.
- Costa, E. E. S. e Ribeiro, P. C. M. (2011). Análise da legislação sobre o transporte de produtos perigosos. *Journal of Transport Literature*, vol. 5, n. 4, pp. 260-270.
- Fishburn, P. C. (1970). *Utility Theory for Decision Making*. Wiley. New York.
- Gomes, L. F. A. M.; Gomes, C. F. S.; e Almeida, A. T. (2009). *Tomada de Decisão Gerencial – Enfoque Multicritério*. Ed. Atlas. São Paulo, SP.
- Keeney, R. L. (1992). *Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decision-Making*. Harvard University Press. USA.
- Keeney, R. L. e Raifa, H. (1976). *Decisions With Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*. John Wiley & Sons. USA.
- Kim, K. J., Moskowitz, H.; Dhingra, A.; e Evans, G. (2000). *Fuzzy Multicriteria Models for Quality Function Deployment*. *European Journal of Operational Research* 121: 504-518.
- Le Téno, J. F.; e Mareschal, B. (1998). *An Interval Version of PROMETHEE for the Comparison of Building Products Design with ill-defined Data on Environmental Quality*. *European Journal of Operational Research* 109: 522-529.
- Lieggio Júnior, M.; Granemann, S. R.; e Souza, O. A. (2011). Proposta Metodológica para Escolha de Transportadoras Rodoviárias de Produtos Perigosos com enfoque em Gerenciamento de Riscos. *Journal of Transport Literature*, vol. 05, n. 02, 22-43. São Paulo, SP.
- Lieggio Júnior, M. (2008). *Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos: Proposta de Metodologia para Escolha de Empresas de Transporte com Enfoque em Gerenciamento de Riscos*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Transportes, UnB. Brasília, DF.
- Ribeiro Pereira, M. T. (2003). *Metodologia Multicritério para Avaliação e Seleção de Sistemas Informáticos ao Nível Industrial*. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia. Universidade do Minho. Portugal.
- Roy, B. (1985). *Méthodologie Multicritère D'Aide à la Décision*. Economica. Paris.
- Roy, B. (1989). *The outranking Approach and the Foundations of ELECTRE Methods*. LAMSADE. Université de Paris-Dauphine(53): 40.
- Roy, B. e Bouyssou, D. (1993). *Aide Multicritère à la Décision: Méthodes et Cas*. Paris.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill. New York, USA.
- Sindicom (2011). Disponível em: <<http://www.sindicom.com.br>> Acesso em: 05 mai. 2011.

- Steuer, R. E.; Gardiner, L. R.; e Gray, J. (1996). *A Bibliographic Survey of the Activities and International Nature of Multiple Criteria Decision Making*. *Journal of Multicriteria Analysis* 5 (3): 195-217.
- Vincke, P. (1982). *Presentation et Analyse de Neuf Methodes Multicriteres Interactives*. Laboratoire d'Analyse et Modélisation de Systemes pour l'Aide à La Decision - LAMSADE. Université de Paris-Dauphine.
- Winterfeldt, D. V. e Edwards, W. (1986). *Decision Analysis and Behavioral Research.*, Cambridge University Press. New York.
- UNECE (2011). Disponível em: <<http://www.unece.org>> Acesso em: 28 mai. 2011.