



Aplicação do método SAPEVO-M na ordenação dos trajetos Rio de Janeiro x Belém para uma empresa de transporte rodoviário

SANTOS, Marcos^{1*}; OLIVEIRA, Gabriel Silveira Mostof²; LIMA, Angélica Rodrigues¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Computação, Sessão de Engenharia de Computação – SE/9, Instituto Militar de Engenharia – IME;

² Coordenação de Engenharia de Produção, Universidade do Grande Rio – UNIGRANRIO;

* Autor de correspondência. E-mail: marcosdossantos_doutorado_uff@yahoo.com.br

RESUMO

As rodovias do Brasil são de enorme importância na vida de cada um dos habitantes de norte a sul do país. Este estudo tem o propósito de mostrar qual será a melhor rota a ser utilizada por uma empresa de transportes rodoviário em determinada viagem. Com o auxílio do método SAPEVO, foi possível obter resultados satisfatórios para a determinação do melhor caminho levando em consideração critérios como qualidade da rodovia, custo da viagem e segurança. Minimizando os gastos desnecessários das empresas de transporte rodoviário, os consumidores brasileiros poderiam ter a oportunidade de comprar produtos mais baratos nas prateleiras dos mercados do país.

Palavras-chave: Transporte rodoviário; Ordenação de trajetos; Estradas; SAPEVO-M.

Application of the SAPEVO-M Method in the ordering of Rio de Janeiro x Belém routes for a Road Transport Company

ABSTRACT

The highways of Brazil are of enormous importance in the life of each of the inhabitants from north to south of the country. This study aims to show which route will be best used by a road transport company in a given trip. With the help of the SAPEVO-M method, it was possible to obtain satisfactory results to determine the best path taking into consideration criteria such as road quality, travel cost and safety. By minimizing unnecessary expense for road haulage companies, Brazilian consumers could have the opportunity to buy cheaper products on the shelves of the country's markets.

Keywords: Road transport; Route Ordering; Roads; SAPEVO-M.

1 Introdução

Historicamente, o transporte rodoviário é a principal matriz de escoamento de mercadorias e transporte de pessoas no Brasil. O país recebeu altos investimentos no setor a partir do século XIX, o que fez com que a nossa principal matriz de transporte seja a rodoviária.

Entre as décadas de 1940 e 1950 a construção de rodovias se intensificou por 3 grandes motivos: A criação do Fundo Rodoviário Nacional, em 1946, que legitimou o imposto sobre os combustíveis líquidos, de acordo com o fundo, os impostos pagos têm o objetivo de financiar a construção de rodovias pelo Estado. Outro motivo, foi a criação da Petrobrás em 1954, que passou a produzir asfalto em grande quantidade para as novas rodovias, por último, a implantação da indústria automobilística.

Outro fator que impulsionou a construção de novas estradas foi a construção e a transferência da capital do país do Rio de Janeiro para Brasília. Muitas outras rodovias foram construídas interligando a nova capital aos outros estados brasileiros.

Com o passar dos anos, algumas novas matrizes de transporte foram criadas: malhas aquaviárias, ferroviárias e aeroviárias. Porém, o transporte por rodovias no país ainda representa 75% do escoamento de mercadorias.

Nem sempre é uma decisão fácil escolher qual caminho o veículo de carga vai tomar para chegar ao seu destino, são diversos parâmetros que devem ser analisados e levados em consideração antes colocar o “pé na estrada”. Isto posto, este estudo visa auxiliar a escolha da rota de viagem Rio de Janeiro x Belém mais adequada para uma empresa de Transporte. Para planejar a escolha da rota, será aplicado como auxílio o método de apoio a decisão SAPEVO.

2 Descrição do Problema

As empresas de transporte passam por uma grande dificuldade atualmente, como muitas empresas brasileiras passam. A crise econômica afeta de uma forma muito forte o mercado brasileiro. E a situação do mercado de transportes, que está na base de cada processo, não é diferente. A redução de desperdícios é um grande desafio na área de transporte de bens (ANTT, 2015).

Por isso, a empresa citada utiliza um ótimo sistema de informação que é muito útil no momento da tomada de decisão das rotas que os caminhões irão tomar. O nome do sistema é *Qualp* (<http://www.qualp.com.br>).

Com as informações da viagem, o *Qualp* consegue mostrar os gastos com pedágio e combustível que o motorista terá durante a viagem, além da distância e quanto tempo dirigindo será necessário para chegar ao destino.

A empresa utiliza o sistema como parâmetro para realizar as viagens e consegue tirar boas informações do sistema. Porém um grande problema é que o sistema não mostra a qualidade das estradas que o usuário irá enfrentar. Isso deve ser levado em consideração, pois em estradas em mau estado de conservação, o risco de um problema mecânico e quebra de equipamentos é maior.

Por isso, nem sempre apenas os parâmetros triviais como distância, consumo e pedágio são levados em consideração. A conservação da ferramenta de trabalho é uma das principais preocupações das transportadoras atualmente.

Com isso, será utilizado o *Qualp* como auxílio para medir os custos de cada rota juntamente com o método SAPEVO para a melhor tomada de decisão.

3 Fundamentação Teórica

3.1 Transporte e Roteirização

Segundo Ballou (2012) o transporte é importante para a criação de um alto nível de atividade econômica. Para confirmar esta ideia, basta comparar a economia de países desenvolvidos com a de países em desenvolvimento, que geralmente possuem suas áreas de consumo e produção geograficamente próximas, sem necessidade de buscar produtos de locais mais distantes. Com o êxodo rural em países em desenvolvimento as pessoas passaram a se concentrar em grandes centros urbanos e, se houver um bom sistema de transporte, até mesmo produtos que tenham custos em mercados distantes de sua origem, incluindo o transporte, podem ser competitivos com os artigos locais (BALLOU, 2012).

Para Laporte *et al*, (2002) o problema de roteirização de veículos consiste em definir roteiros de veículos que minimizem o custo total de atendimento, cada um dos quais iniciando e terminando no depósito ou base dos veículos, assegurando que cada ponto seja visitado exatamente uma vez e a demanda em qualquer rota não exceda a capacidade do veículo que a atende.

Elaborar boas soluções para o problema de roteirização e programação de veículos torna-se cada vez mais difícil na medida em que novas restrições são impostas. Janelas de tempo, caminhões múltiplos com diferentes capacidades de peso e cubagem, tempo máximo de permanência ao volante em cada roteiro, velocidades máximas diferentes em diferentes zonas,

barreiras ao tráfego (lagos, desvios, montanhas) e os intervalos para o motorista são algumas inúmeras considerações práticas, que acabam pesando sobre o projeto do roteiro (BALLOU, 2012).

3.2 O Método SAPEVO-M

De acordo com Teixeira, Santos e Gomes (2019) o método SAPEVO desdobra o problema decisório a partir de três etapas básicas, quais sejam:

- 1º. Transforma as preferências ordinais dos critérios em um vetor de pesos de critérios;
- 2º. Transforma as preferências ordinais de alternativas para um dado conjunto de critérios de classificação em pesos parciais de alternativas e;
- 3º. Determina os pesos globais das alternativas.

O método tem sido aplicado em diversas áreas como em Santos *et. al* (2019) na seleção de equipamentos para uma panificadora e em Greco *et. al*, (2019) na seleção de um navio de desembarque de tropa para a armada Argentina.

Em 2019 foi realizada a implementação computacional do método SAPEVO-M. O sistema *SapevoWeb* foi desenvolvido a partir de uma parceria entre o corpo técnico do Centro de Análise de Sistemas Navais (CASNAV), um grupo de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense (UFF) e um grupo de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas e Computação do Instituto Militar de Engenharia (TEIXEIRA, SANTOS e GOMES, 2019). A ferramenta pode ser acessada em www.sapevoweb.com.

4 Proposta de Solução

No dia 10 de maio de 2019, a empresa de transporte, foco de estudo do presente artigo, foi contratada para realizar uma viagem da cidade do Rio de Janeiro para Belém, no Pará. Com isso, iniciou-se uma análise e planejamento sobre quais seriam as melhores rotas a serem seguidas para a realização da viagem. A seguir, estão detalhadas as possíveis rotas obtidas pelo sistema *Qualp* para a viagem Rio de Janeiro x Belém.

RJ – São Paulo - Belém

Estrada de ótima qualidade, que oferece ótima infraestrutura para os usuários, com postos de parada a cada 30km, asfalto de qualidade e pode-se trafegar com segurança e com pistas duplicadas até a chegada ao estado Goiás. Na Figura 1 a seguir são apresentados os detalhes dessa rota.

Figura 1 – Rota RJ – São Paulo - Belém



Calcule o custo de sua viagem			
Formulário	Resumo	Praças	Compartilhar
Login			
Origem:	Rua Georges Bizet, 42 - Jardim America, Rio de Janeiro - RJ, 21240-380, Brasil		
Destinos:	Sao Paulo, São Paulo - SP, Brasil / Belé...		
Categoria:	Caminhão		
Eixos:	3		
Distância:	3.290 km		
Duração:	1 dia(s) 19 h 4 min		
Pedágio:	R\$ 489,00 (163.00 por eixo)		
Combustível:	R\$ 3.125,96		
Total:	R\$ 3.614,96		

Fonte: *Qualp* (2019)

RJ – Belo Horizonte - Belém

Estrada de boa qualidade, com boa infraestrutura de postos de combustível para descanso, asfalto de qualidade. Pode-se trafegar dia e noite com segurança. Na Figura 2 a seguir são apresentados os detalhes dessa rota.

Figura 2 – Rota RJ – Belo Horizonte - Belém



Calcule o custo de sua viagem			
Formulário	Resumo	Praças	Compartilhar
Login			
Origem:	Rua Georges Bizet, 42 - Jardim America, Rio de Janeiro - RJ, 21240-380, Brasil		
Destinos:	Belo Horizonte, MG, Brasil / Belém - PA, ...		
Categoria:	Caminhão		
Eixos:	3		
Distância:	3.126 km		
Duração:	1 dia(s) 17 h 39 min		
Pedágio:	R\$ 279,30 (93.10 por eixo)		
Combustível:	R\$ 2.969,76		
Total:	R\$ 3.249,06		

Fonte: *Qualp* (2019)

RJ – Salvador - Belém

Estrada de qualidade pior, com o asfalto em qualidade ruim, pista única, muitos caminhões na pista. Apesar de o gasto com pedágio ser menor que as outras, o peso do gasto com combustível aumenta o custo da viagem. Na Figura 3 a seguir são apresentados os detalhes dessa rota.

Figura 3 – Rota RJ – Salvador - Belém



Calcule o custo de sua viagem

Formulário | Resumo | Praças | Compartilhar

Login

Origem:	Rua Georges Bizet, 42 - Jardim America, Rio de Janeiro - RJ, 21240-380, Brasil
Destinos:	Salvador, BA, Brasil / Belém - PA, Brasil
Categoria:	Caminhão
Eixos:	3
Distância:	3.670 km
Duração:	2 dia(s) 4 h 48 min
Pedágio:	R\$ 169,20 (56,40 por eixo)
Combustível:	R\$ 3.486,62
Total:	R\$ 3.655,82

Fonte: *Qualp* (2019)

Cada rota, tem sua particularidade, portanto, em uma entrevista com dois dos sócios da empresa, foram determinados alguns critérios que são de grande importância na elaboração do estudo.

Os critérios levados em consideração serão: Custo total da viagem, qualidade da rodovia, segurança do funcionário.

O custo total da viagem é a soma de todos os gastos que a empresa tem com a mesma: combustível, óleo, pedágios, diárias do motorista, possíveis problemas mecânicos e etc.

A qualidade da rodovia leva em consideração o estado de conservação das rodovias, assim como a infraestrutura oferecida ao funcionário, com postos seguros e de boa qualidade.

A questão da segurança do funcionário é focada na violência e na insegurança no Brasil. O número de roubo de veículo de carga em rodovias nacionais é grande, e, em determinados trechos, não é recomendado que se trafegue em determinados horários etc.

Todos esses parâmetros serão levados em consideração na montagem e na demonstração do estudo. E para determinar a importância de cada critério na tomada de decisão será utilizado o método SAPEVO-M.

As “preferências” são medidas a partir da escala semântica proposta por Gomes, Mury e Gomes (1997), conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – Escala semântica do Método SAPEVO-M

Escala 1 (símbolo)	Escala 1 (variável/expressão Linguística Correspondente)	Escala 2
<<< 1	Absolutamente pior / Absolutamente menos importante	-3
<< 1	Muito pior / Muito menos importante	-2
< 1	Pior / Menos importante	-1
1	Igual ou equivalente / Tão importante quanto	0
> 1	Melhor / Mais importante	1
>> 1	Muito melhor / Muito mais importante	2
>>> 1	Absolutamente melhor / Absolutamente mais importante	3

Fonte: Gomes, Mury e Gomes (1997)

Depois de expor os critérios a serem avaliados, os sócios mostram suas opiniões sobre os critérios em ordem de preferência ou importância. Gerando desta forma um “peso” diferente para cada critério, apresentados na Tabela 1 a seguir.

Tabela 2 – Peso para cada critério

Sócio 1 (custo)	Sócio 2 (custo)	Peso C1
1	0,9	1,9
Sócio 1 (qualidade da rodovia)	Sócio 2 (qualidade da rodovia)	Peso C2
0,8	1	1,8
Sócio 1 (segurança)	Sócio 2 (segurança)	Peso C3
1	1	2

Fonte: Autores (2019)

Percebe-se que o maior “peso” foi dado para a segurança, logo após vem o custo do transporte e por último a qualidade da rodovia. Percebe-se também, que os pesos ficaram muito próximos uns aos outros, o que evidencia a importância de cada critério no processo da empresa.

Após a determinação dos pesos, é necessária uma matriz avaliação, para que todos os pesos sejam avaliados, e a decisão correta seja tomada. Com isso, analisa-se a preferência de cada sócio sobre cada um dos critérios gerando a Tabela 2, Tabela 3 e Tabela 4 a seguir.

Tabela 2 – Peso critério custo

Custo do transporte	Sócio 1	Sócio 2	Total custo do transporte
RJ - Belo Horizonte - Belém	1	1	2
RJ - São Paulo - Belém	0,5	0,6	1,1
RJ - Salvador - Belém	0,7	0,8	1,5

Fonte: Autores (2019)

Tabela 3 – Peso critério qualidade

Qualidade da rodovia	Sócio 1	Sócio 2	Total custo do transporte
RJ - Belo Horizonte -Belém	0,8	0,7	1,5
RJ - São Paulo - Belém	1	0,9	1,9
RJ - Salvador - Belém	0,5	0,5	1

Fonte: Autores (2019)

Tabela 4 – Peso critério segurança

Segurança	Sócio 1	Sócio 2	Total custo do transporte
RJ - Belo Horizonte -Belém	0,6	0,7	1,3
RJ - São Paulo - Belém	0,8	0,8	1,6
RJ - Salvador - Belém	0,5	0,3	0,8

Fonte: Autores (2019)

De acordo com a matriz avaliação apresentada na Tabela 5 a seguir, pode-se observar que a rota mais segura no critério dos sócios é a rota que passa por São Paulo, porém, percebe-se que é a de maior custo, pois é a que tem maior número de praças de pedágio. Percebe-se também, que a rota de Salvador é bem mais insegura em questão de violência, riscos de assalto e subtração dos bens da empresa e risco para os funcionários.

Tabela 5 – Matriz de Avaliação

Rota	Segurança	Custo do transporte	Qualidade da rodovia
RJ - Belo Horizonte -Belém	1,3	2	1,5
RJ - São Paulo - Belém	1,6	1,1	1,9
RJ - Salvador - Belém	0,8	1,5	1

Fonte: Autores (2019)

5 Resultados Alcançados

Após estruturado e modelado o problema, foram inseridos os dados no sistema SAPEVO Web, obtendo-se o resultado apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Ordenação dos trajetos RJ – Belém

Rota	Grau obtido	Ordem
RJ - Belo Horizonte - Belém	9,12	1°
RJ - São Paulo - Belém	8,28	2°
RJ - Salvador - Belém	6,6	3°

Fonte: Autores (2019)

Pode-se observar pelos resultados alcançados que a provável rota de escolha da empresa São Paulo, os custos da viagem pesaram positivamente para a Rota de Belo Horizonte, e a

diferença de “segurança” entre as duas é pequena. O primeiro lugar ficou com a Rota Belo Horizonte, logo após vem a rota por São Paulo e por último a rota que passa pela cidade de Salvador.

A rota escolhida é feita através da BR-040 que liga o Rio de Janeiro até a capital, Brasília, a partir de Brasília, o trecho a posterior é feito pelas rodovias BR-153 e BR-080, que ligam capital a região Norte do país.

6 Considerações Finais

Com a aplicação do método para a apoio a decisão SAPEVO e os resultados alcançados apresentados, observa-se que foi possível chegar a um ranqueamento da melhor rota para a pior, dessa forma, fica evidente que o objetivo do estudo foi atingindo e que a rota adequada, a ser realizada é por Belo Horizonte considerando-se os custos, qualidade e segurança da viagem.

Levando em conta o desafio que é gerir uma empresa de transportes em um país continental como o Brasil, as ferramentas de planejamento são cruciais para a obtenção do sucesso da empresa. O empresário é cada vez mais espremido com tributos, taxas e gastos. Essas ferramentas auxiliam na potencialização dos lucros da empresa.

Referências bibliográficas

ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres, 2015. Acesso em: 20/12/18.

BALLOU, R. H. **Logística Empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física**. Tradução de Hugo T. Y. Yoshizaki. 1. ed. 26. reimpr. São Paulo: Atlas, 2012.

_____. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/Logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 616 p.

GOMES, L. F. A. M., MURY, A. R., GOMES, C. F. S. Multicriteria Ranking with Ordinal Data. **SAMS**, vol. 27, pp. 139 – 145.

GREGO, T.; SANTOS, M.; GOMES, C. F. S., LIMA, A. R. Escolha de um Navio de Desembarque de Tropa para a Armada Argentina por Meio do Método SAPEVO com Múltiplos Decisores (SAPEVO M). **Anais do XXI Simpósio de Aplicações Operacionais em Áreas de Defesa - SIGE 2019**. São José dos Campos/SP.

LAPORTE, G.; M, GENDREAU; J.Y. P. F. SEMET. Classical and modern heuristics for the vehicle routing problem, **International Transactions in Operational Research** , v.7, n4/5, pp. 285-300, 2002.

QUALP. Disponível em: > <https://qualp.com.br/>. Acesso em: 20/07/2019.

SANTOS, Marcos dos. **Pesquisa Exploratória de um Modelo Multicritério de apoio à decisão para a seleção de um navio anfíbio**. Escola de Guerra Naval. Rio de Janeiro, 2018.

SANTOS, M.; OLIVEIRA, N. C.; OLIVEIRA, P. F. C.; GOMES, C. F. S. Aplicação do Método multicritério SAPEVO-M na seleção de equipamentos: estudo de caso em uma panificadora do RJ. In. **Anais do XIX Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha – SPOLM 2019**. Rio de Janeiro / RJ.

TEIXEIRA, L. F. H. S. B.; SANTOS, M.; GOMES, C. F. S. (2019). **Proposta e implementação em Python do Método Simple Aggregation of Preferences Expressed by Ordinal Vectors - Multi Decision Makers: uma ferramenta web simples e intuitiva para Apoio à Decisão Multicritério**. In. XIX Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha – SPOLM. Rio de Janeiro / RJ.