



ISSN: 2447-5580

<https://periodicos.ufes.br/bjpe/index>



Brazilian Journal of
Production Engineering

BJPE - Revista Brasileira de Engenharia de Produção



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

MÉTODO MULTICRITÉRIO COMO FERRAMENTA PARA AUXÍLIO NA DECISÃO SOBRE ALTERNATIVA DE USO DE TRANSPORTE

*MULTICRITERY METHOD AS A TOOL FOR AID IN DECISION ON TRANSPORT USE
ALTERNATIVE*

Erivelton Toreta Braz^{1*}, Julien Chiqueiri², & Wellington Gonçalves³

¹Diretoria de Infraestrutura Setorial Norte/Superintendência de Infraestrutura da Universidade Federal Espírito Santo - UFES/Centro Universitário Norte do Espírito Santo - CEUNES.

²Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas da UFES/ CEUNES.

³Departamento de Engenharias e Tecnologia da UFES/CEUNES.

^{1*}erivelton.toreta@gmail.com; ²julien.chiqueiri@ufes.br; ³wellington.goncalves@ufes.br

ARTIGO INFO.

Recebido em: 10.06.2020

Aprovado em: 16.07.2020

Disponibilizado em: 28.07.2020

PALAVRAS-CHAVE:

Tomada de decisão; Determinação de fatores; Escolha de alternativa; *Analytic Hierarchy Process*; Gestão Pública.

KEYWORDS:

Decision making; Factor determination; Choice of alternative; *Analytic Hierarchy Process*; Public Management.

*Autor Correspondente: Braz, E. T.

RESUMO

A conjuntura econômica vivenciada no Brasil tem imposto às organizações públicas e privadas a necessidade do aprimoramento de seus processos na busca pela eficiência no uso dos recursos. Nesse quadro segue necessário a busca por soluções de transportes de passageiros e cargas que considerem o desejo dos indivíduos acerca das alternativas existentes. O propósito deste artigo é levantar as prioridades dos usuários, selecionar e hierarquizar alternativas de modelo de serviços de transportes de cargas e passageiros numa instituição. O método multicritério *Analytic Hierarchy Process* (AHP) foi empregado pois permite a participação de diversos sujeitos, sendo que em muitos casos os critérios por eles criados são conflitantes. Os resultados alcançados

demonstram que os fatores logísticos e econômicos se destacam na preferência do público usuário alcançando respectivamente 59,80% e 22,90%, e que a melhor alternativa aponta na direção da terceirização total do serviço. A abordagem sugerida promove um maior conhecimento do cliente pela organização e fornece a possibilidade de criação de estratégias para a prestação de serviços de transporte sob a perspectiva do usuário.

ABSTRACT

The economic situation experienced in Brazil has imposed on public and private organizations the need to improve their processes in the search for efficiency in the use of resources. In this context, it is still necessary to search for solutions for transporting passengers and cargo that consider the desire of individuals regarding existing alternatives. The purpose of this article is to raise the priorities of users, select and prioritize alternatives for the model of cargo and passenger transport services in an institution. The Multicriteria *Analytic Hierarchy Process* (AHP) method was used because it allows the participation of several subjects, and in many cases the criteria created by them are conflicting. The results achieved demonstrate that the logistical and economic factors stand out in the preference of the user audience, reaching respectively 59.80% and 22.90%, and that the best alternative points in the direction of total outsourcing of the service. The suggested approach promotes greater knowledge of the customer by the organization and provides the possibility of creating strategies for the provision of transport services from the user's perspective.



INTRODUÇÃO

A busca pelo crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) dos países é uma realidade no contexto globalizado influenciando diretamente as relações comerciais. Expressamente há uma correlação entre o comércio, a produção e a circulação de bens e de serviços, sendo que esse cenário se intensificou com a revolução dos sistemas de transportes (Pereira, 2015).

O custo com transporte representa uma parcela significativa que compõe o portfólio de despesas das famílias e das organizações pois corresponde a competência de locomoção de pessoas e cargas de um local a outro (Barreto, Erthal, Souza, Gonçalves, & Souza, 2019), razão pela qual o tema é objeto de inúmeros estudos no contexto pessoal e institucional. O transporte de cargas é um fator importante no desenvolvimento das instituições e representa um significativo componente na cadeia produtiva (Santa, & Mussi, 2016).

No contexto das instituições públicas, além da crise econômica que impactou o cenário produtivo mundial a qual teve início em 2014 e resultou na diminuição do orçamento disponível dessas instituições, deve-se considerar o princípio da eficiência descrito no Art. 37º da Constituição do Brasil (1988) e a necessidade de revisão constante de métodos para a diminuição de despesas e o alcance das metas fiscais determinadas na Lei complementar nº 101 (2000) a qual estabelece normas de finanças públicas voltadas para a responsabilidade na gestão fiscal e dá outras providências.

O custo operacional é um elemento relevante na decisão contudo não é o único, numa análise mais profunda o tema ganha complexidade quando considerados o elevado número de fatores que envolvem a decisão de uso ou seleção pelo meio de transporte mais adequado. Fatores econômicos, infraestruturas, logísticos e socioambientais assim como as características do produto transportado e legislação vigente em congruência com subfatores como economia de escala, acessibilidade, confiabilidade, poluição sonora, volume da carga e normas do setor respectivamente, sinalizam a heterogeneidade de aspectos ambientais a qual está inserida a decisão.

Nesse prisma, compreender as necessidades dos usuários de transportes de passageiros e de cargas assim como os fatores relevantes na avaliação desses serviços se torna crucial para otimizar a decisão das instituições públicas acerca da escolha entre as possibilidades. Em razão da diversidade de opiniões dos usuários do sistema acerca da determinação desses fatores e seus respectivos pesos, os métodos multicritérios contribuem na interpretação desses aspectos por meio de sua hierarquia de prioridades conforme Saaty (1977) e Zatta, Mattos, Oliveira, Freitas e Gonçalves (2019).

O objetivo desse estudo é levantar as prioridades, selecionar e hierarquizar alternativas de modelo de serviços de transportes rodoviário de cargas e passageiros como forma de apoio ao atendimento de demandas, examinando sob a ótica dos fatores elencados na literatura, apurados pelos especialistas e julgados pelos usuários por meio da utilização da técnica *Analytic Hierarchy Process* (AHP) e do emprego do software *Expert Choice*. Nesse contexto, o estudo ganha relevância como apoio para a tomada de decisão, auxílio na identificação de alternativa de transportes de carga e de passageiros considerando os fatores priorizados, e catalizador para obtenção de ganhos com a eficiência econômica e operacional alcançada.



TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGA E PASSAGEIROS

Atualmente o Brasil é a 9ª maior economia mundial e ocupa a 56ª posição na última pesquisa do ranking global LPI (*Logistics Performance Index*) do The World Bank [Bird] (2018), figurando atrás de todas as 8 maiores economias mundiais e de países da América do Sul como Chile (34º posição) e Panamá (38º posição). Nos critérios Infraestrutura e Competência Logística o país ocupa a 50ª e 46ª colocação respectivamente, também atrás dos seus vizinhos latinos.

No que tange à matriz de transporte de carga no Brasil, na visão de Moreira, Freitas e Tolo (2018) ganha destaque o modal rodoviário com 65% de volume de carga transportada, seguido do modal ferroviário 20,0%, aquaviário 11,7%, dutoviário 3,2% e aéreo 0,1%. Quanto ao transporte de passageiros, ocorre uma paridade na quantidade de pessoas transportada no modal aéreo "mercado doméstico" em 2017 com 90,6 milhões de passageiros e o rodoviário com 88,7 milhões conforme dados do Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (2017).

Atualmente existem 6.293 empresas de transporte rodoviário de passageiros e 155.923 empresas de transporte de carga regular operando no país, onde a qualidade das vias regulares pavimentadas e não pavimentadas, falta de fiscalização e manutenção, malha rodoviária ineficiente e desgaste e custo operacional da frota estão entre as dificuldades vivenciadas pelo setor segundo (Moreira, et al., 2018, CNT, 2019).

Neto e Nogueira (2017) apontam que o mercado de transportes não costuma ser grande a ponto operar com um número enorme de concorrentes. Isso ocorre em função de que existem linhas com pouca capacidade de resistência, as empresas são geograficamente limitadas atendendo a rotas ou linhas num raio de ação curto além da dependência da regulamentação do "trecho".

Aarão (2016) discorre que nas Universidades e Institutos Federais de Educação a função transporte revela-se na progressiva demanda por viagens de ordem acadêmica, administrativa e política e teve seu uso ampliado após a implantação do Programa Reuni "Programa de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais" onde a implantação de diversos Campi em várias instituições de ensino demandaram o deslocamento de pessoas e materiais.

As universidades federais brasileiras são autarquias ou fundações públicas vinculadas ao Ministério da Educação (MEC) estando assim subordinadas ao arcabouço legal determinado que regulamenta o orçamento União, e são financiadas com recursos do Fundo Público Federal, contudo, para Caetano e Campos (2019) nos últimos anos a crise financeira tem sido argumento para diminuição de aporte de recursos a essas instituições influenciando a execução de obras e serviços, a exemplo do ocorrido em 2015 quando o MEC estabeleceu uma redução de 10 a 30% no custeio e aproximadamente 50% em despesas de capital nestas instituições. Assim, o desafio requer a adoção de uma alternativa de transporte em que se utilize um número certo de veículos e recursos que garanta o deslocamento dos usuários pelo menor custo total, diminuindo também os riscos de obsolescência de equipamentos (veículos) com destaque para a maximização da eficiência e eficácia na prestação destes serviços (Albuquerque, 2018).

Para a adoção do método AHP no contexto logístico voltado ao transporte de cargas e de passageiros é necessário a análise da literatura quanto aos possíveis critérios a serem adotados na escolha (Quadro 1).



Citação (APA): Braz, E. T., Chiquieri, J., & Goncalves, W. (2020). Método multicritério como ferramenta para auxílio na decisão sobre alternativa de uso de transporte. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 6(2), Edição Especial “Gestão Pública”, 142-155.

Quadro 1. Fatores relacionados a escolha de modelo de transportes de cargas e de passageiros

Fatores	Subfatores	Literatura
Econômicos	Frete/Preço	Caldeira, Coelho e Graneman (2015); Aharonovitz e Vieira (2014); Andrioli, Diehl e Ransen (2015); Agência Nacional de Transportes Terrestres [ANTT] (2018); Castro, Reis, Vendrametto e Lopes (2016); Guerrero, Marín e Gómez (2016); Solecka (2014).
	Custo de estoque	Caldeira <i>et al.</i> (2015).
	Economia de escala	Caldeira <i>et al.</i> (2015).
	Mercado	Caldeira <i>et al.</i> (2015); Aharonovitz e Vieira (2014); Guerrero <i>et al.</i> (2016).
	Custo de oportunidade	Caldeira <i>et al.</i> (2015).
	Risco financeiro	Caldeira <i>et al.</i> (2015); Aharonovitz e Vieira (2014).
	Perdas e danos	Caldeira <i>et al.</i> (2015); Aharonovitz e Vieira (2014); Castro <i>et al.</i> (2016); Guerrero <i>et al.</i> (2016).
Infraestruturais	Oferta de infraestrutura logística	Caldeira <i>et al.</i> (2015); Aharonovitz e Vieira (2014); Castro <i>et al.</i> (2016); Islam (2016).
	Oferta de infraestrutura de comunicação	Caldeira <i>et al.</i> (2015); Andrioli <i>et al.</i> (2015); Guerrero <i>et al.</i> (2016).
	Adequação de instalações logísticas	Caldeira <i>et al.</i> (2015); Castro <i>et al.</i> (2016).
	Acessibilidade	Caldeira <i>et al.</i> (2015); Andrioli <i>et al.</i> (2015); Islam (2016); Solecka (2014).
	Segurança	Caldeira <i>et al.</i> (2015); Andrioli <i>et al.</i> (2015); ANTT (2018); Castro <i>et al.</i> (2016); Guerrero <i>et al.</i> (2016); Islam (2016); Solecka (2014).
Logísticos	Confiabilidade	Caldeira <i>et al.</i> (2015); Aharonovitz e Vieira (2014); Andrioli <i>et al.</i> (2015); ANTT (2018); Castro <i>et al.</i> (2016); Guerrero <i>et al.</i> (2016); Solecka (2014).
	Capacidade	Caldeira <i>et al.</i> (2015); Castro <i>et al.</i> (2016); Guerrero <i>et al.</i> (2016).
	Prazo/tempo	Caldeira <i>et al.</i> (2015); Aharonovitz e Vieira (2014); Andrioli <i>et al.</i> (2015); Castro <i>et al.</i> (2016); Guerrero <i>et al.</i> (2016); Solecka (2014).
	Rastreabilidade	Caldeira <i>et al.</i> (2015); Aharonovitz e Vieira (2014); Guerrero <i>et al.</i> (2016).
	Flexibilidade	Caldeira <i>et al.</i> (2015); Aharonovitz e Vieira (2014); Andrioli <i>et al.</i> (2015); Castro <i>et al.</i> (2016); Guerrero <i>et al.</i> (2016).
	Serviço ao cliente	Caldeira <i>et al.</i> (2015); Aharonovitz e Vieira (2014); Andrioli <i>et al.</i> (2015); ANTT (2018); Islam (2016); Solecka (2014).
	Conforto e conveniência	Caldeira <i>et al.</i> (2015); Andrioli <i>et al.</i> (2015) ANTT (2018); Islam (2016).
	Frequência	Caldeira <i>et al.</i> (2015); Castro <i>et al.</i> (2016); Islam (2016).
Característica do produto	Valor	Caldeira <i>et al.</i> (2015).
	Volume	Caldeira <i>et al.</i> (2015); Guerrero <i>et al.</i> (2016).
	Densidade	Caldeira <i>et al.</i> (2015); Guerrero <i>et al.</i> (2016).
	Capacidade de acondicionamento	Caldeira <i>et al.</i> (2015); Guerrero <i>et al.</i> (2016).
	Percibilidade	Caldeira <i>et al.</i> (2015).
Normativos	Adequação às leis governamentais	Caldeira <i>et al.</i> (2015); Guerrero <i>et al.</i> (2016).
	Adequação às normas do setor	Caldeira <i>et al.</i> (2015); Andrioli <i>et al.</i> (2015); Guerrero <i>et al.</i> (2016).
Socioambientais	Consumo de energia	Caldeira <i>et al.</i> (2015); Aharonovitz e Vieira (2014); Guerrero <i>et al.</i> (2016).
	Produção de resíduos	Caldeira <i>et al.</i> (2015); Aharonovitz e Vieira (2014); Guerrero <i>et al.</i> (2016).
	Emissão atmosférica	Caldeira <i>et al.</i> (2015); Aharonovitz e Vieira (2014); Guerrero <i>et al.</i> (2016).
	Poluição da água e do solo	Caldeira <i>et al.</i> (2015); Aharonovitz e Vieira (2014); Guerrero <i>et al.</i> (2016).
	Poluição sonora	Caldeira <i>et al.</i> (2015); Aharonovitz e Vieira (2014); Guerrero <i>et al.</i> (2016).
	Desenvolvimento social regional.	Caldeira <i>et al.</i> (2015); Guerrero <i>et al.</i> (2016).

Fonte: Autores.



ANALYTIC HIERARCHY PROCES (AHP)

A abordagem multiatributos ou multicritério foi desenvolvida por Herbert Simon no intuito de explicar o comportamento humano no contexto das organizações (Andrioli *et al.*, 2015). Em função da importância do processo decisório na gestão das organizações segue necessário a determinação de alternativas e a efetiva escolha da opção que melhor atende aos objetivos do processo, sendo que este tem avançado sob a forma de diversas abordagens, entretanto, sem que uma exclua efetivamente a outra segundo Andrioli *et al.* (2015). Nesse contexto os autores abordam também acerca da importância da análise quantitativa aliada a aspectos qualitativos em decisões complexas que considerem a estratégia da empresa como um dos exemplos de critério qualitativo.

Gomes e Costa (2015) contribuem nesse sentido ratificando que entre as vantagens da utilização dos métodos multicritérios estão a viabilidade da construção do diálogo entre analistas e decisores sob diversos pontos de vista; a absorção de incerteza dos dados considerando os pontos de vista e a possibilidade de compreensão das alternativas numa relação entre objetivos em conflito. A complexidade da imediata utilização de métodos fundamentados em Pesquisa Operacional, e inadequação para uso em processos que envolvam avaliações psicológicas e fatores ambientais são fatores que limitam sua utilização (Nascimento, 2017), contudo podem ser empregados na seleção de fornecedores, práticas de gerenciamento, localização de indústrias, seleção de material dentre outros conforme Lima e Carpinetti (2015).

Existe um grande número de métodos multicritérios de apoio a decisão contudo, não há um único método genérico e universal capaz de solucionar as diversas demandas decisórias, isso ocorre porque cada método adota diferentes níveis de conveniência na manipulação de problemas situacionais (Lehnhart, 2016).

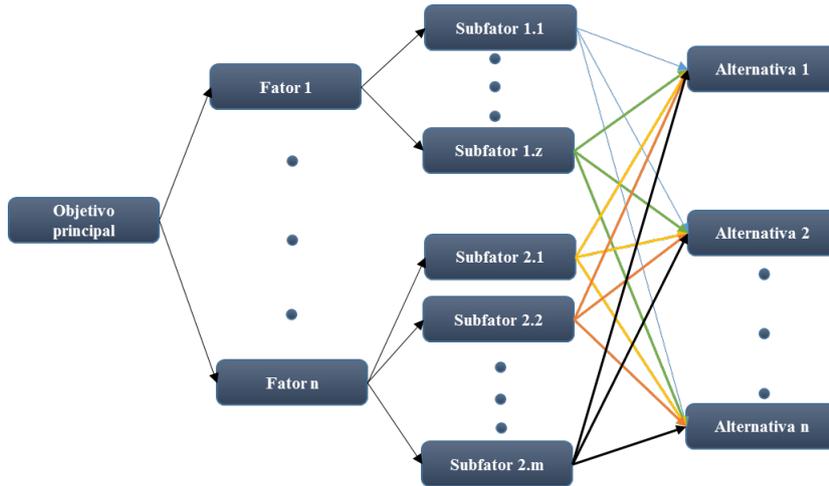
Briozzo & Musseti (2015) asseveram que o método multicritério AHP foi criado pelo matemático Thomas Lorie Saaty no final da década de 60, ocasião em que trabalhava para a Agência de Controle de Armas e Desarmamento de Estado Americano. A aceitação do método AHP no processo decisório se dava pelo fato de que em muitos casos os critérios criados são conflitantes, sendo que o método se enquadra também nesse modelo decisório permitindo também a participação de diversos sujeitos (Briozzo, & Musseti, 2015).

O método também pode ser decomposto em diversas partes em função de mensurar objetos tangíveis e intangíveis seguindo o problema em partes diversas, relacionando-as através de juízos de comparação (Vargas, 1990; Briozzo, & Musseti, 2015). Silva, Shibao, Barbieri, Librantz e Santos (2018) contribuem acrescentando que o método é composto por três etapas sendo elas a decomposição do problema em uma estrutura hierárquica, a construção da matriz de comparação entre os critérios e o cálculo do vetor de prioridade. Na decomposição do problema, ou "modelagem de problemas" é oferecido ao usuário a possibilidade de alocação de pesos em critérios. Zatta, et al., (2019) e Silva, et al., (2018) mencionam que o método possui três etapas:

i - Decomposição do problema em uma estrutura hierárquica: nesta etapa realiza-se a construção da estrutura considerando o objetivo, critérios, subcritérios e alternativas (Figura 1).



Figura 1. Modelo de estrutura hierárquica do AHP



Fonte: Zatta, et al. (2019).

ii - Construção da matriz de comparação entre os critérios: Utilizando a escala proposta por Saaty (1977), nesta etapa é realizada a análise de julgamentos relativos a cada fator, subfator e alternativas conforme descrito na Tabela 1. Utilizando estes elementos é elaborada uma matriz de julgamentos, e, partir da mesma extraem-se comparações pareadas cujas entradas mostram a prioridade de um elemento na dominação do outro.

Tabela 1. Escala comparativa para operacionalização do AHP

Escala numérica	Escala verbal
1	Elementos são de igual importância.
3	Moderada importância de um elemento.
5	Forte importância de um elemento.
7	Importância muito forte de um elemento.
9	Extrema importância de um elemento.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre as opiniões adjacentes.
Incremento 0,1	Valores intermediários na graduação mais fina de 0,1.

Fonte: Saaty (1977).

A equação $[n(n-1)]/2$ é utilizada para construção de uma matriz genérica conforme Zatta *et al.* (2019), sendo n o número de elementos que estão contidos na matriz A descrita abaixo (Figura 2).

Figura 2. Matriz de julgamentos do AHP

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Em que:

$$a_{ij} > 0 \rightarrow \text{positiva};$$

$$a_{ij} = 1 \therefore a_{ji} = 1;$$

$$a_{ij} = 1/a_{ji} \rightarrow \text{recíproca};$$

$$a_{ij} = a_{ij} \cdot a_{jk} \rightarrow \text{consistência}$$

Fonte: Saaty (1977).



Citação (APA): Braz, E. T., Chiquieri, J., & Goncalves, W. (2020). Método multicritério como ferramenta para auxílio na decisão sobre alternativa de uso de transporte. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 6(2), Edição Especial "Gestão Pública", 142-155.

O passo seguinte é a geração de quadros normalizados obtidos do somatório dos integrantes de cada coluna com a posterior divisão do elemento pela somatória da respectiva coluna. Feito o cálculo das médias das linhas normalizadas, são calculadas as prioridades globais objetivando o alcance do vetor de prioridade global conforme Zatta, et al., (2019).

iii - Consistência lógica: Saaty (1977) menciona que o ser humano é capaz de estabelecer relações entre ideias e objetos de forma coerente, mantendo um bom relacionamento consistente. O método AHP preconiza o cálculo da Razão de Consistência dos julgamentos composta por $RC = IC/IR$, em que IR é o Índice de Consistência Aleatório gerado a partir de matrizes recíprocas aleatórias, e (IC) é dado por $IC = (\lambda_{máx} - n)/(n - 1)$, sendo que a confiabilidade dos julgamentos pode ser testada a partir da condição $RC \leq 0,10$.

Gastes e Gaul (2012) contribuem afirmando que os tomadores de decisão eventualmente realizam comparações consistentes. Limitações na interpretação da escala utilizada e falta de concentração e incertezas acerca dos julgamentos são possíveis origens para essa disfunção. O método AHP considera a probabilidade de que as pessoas sejam cardinalmente inconsistentes em razão da dificuldade em mensurar valores por meio de alguma escala (Saaty, 1977).

Em situações que uma matriz de julgamento não atenda a condição ($\leq 0,1$), três ações podem ser tomadas a eliminação da matriz; a revisão consentida dos julgamentos inconsistentes e a utilização de outros métodos matemáticos rumo a melhoria da matriz (Schlifter, & Madlener, 2016).

MÉTODOS E TÉCNICA DE PESQUISA

Para o alcance dos objetivos propostos o presente estudo emprega o método multicritério *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Em razão da experiência de gestão e do conhecimento das necessidades de seus liderados e usuários relacionado ao serviço de transportes de carga e de passageiros, o universo do estudo remete aos gestores lotados no Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES), um dos campi da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), sendo a amostra composta por 30 gestores.

Quanto ao nível de consistência estatística foi adotado o nível de confiança (Z) de 90% num erro amostral de 5% e percentual máximo de 5% levando a uma amostra calculada mínima de 23 unidades de análise. Para verificação da confiabilidade dos dados levantados através do instrumento de coleta de dados, utilizou-se o alfa de Cronbach (C_α). Segundo Acuña-Opazo, Gonzáles e Cortéz (2017) esse número deve se enquadrar nos seguintes parâmetros balizadores: $C_\alpha > 0,9$ preconiza uma correlação excelente entre os itens avaliados; $0,9 > C_\alpha > 0,8$ boa relação; $0,8 > C_\alpha > 0,7$ aceitável; $0,7 > C_\alpha > 0,6$ questionável; $0,6 > C_\alpha > 0,5$ determina uma baixa correlação e $0,5 > C_\alpha$ determina que o instrumento é considerado inaceitável. A plataforma de software de análise estatística avançada SPSS-IBM foi utilizada como ferramenta para definição desse índice neste estudo.

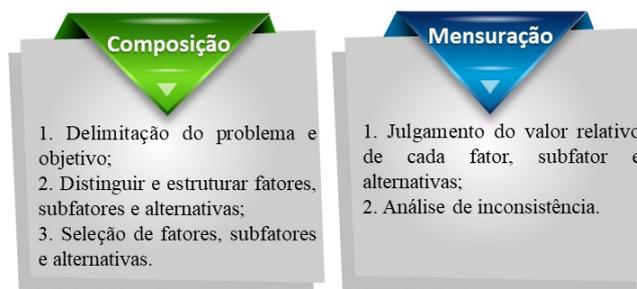
O desenvolvimento metodológico ocorreu em duas etapas conforme demonstra a Figura 3. A 1ª fase da etapa de composição permitiu a apuração da delimitação do problema e dos objetivos propostos. Na segunda fase foi realizada a distinção e estruturação de fatores, subfatores e



Citação (APA): Braz, E. T., Chiquieri, J., & Goncalves, W. (2020). Método multicritério como ferramenta para auxílio na decisão sobre alternativa de uso de transporte. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 6(2), Edição Especial “Gestão Pública”, 142-155.

alternativas para análise com o emprego da ferramenta AHP. A 3ª e última fase dessa etapa consistiu na seleção de fatores, subfatores e alternativas fazendo uso da escala de Saaty (1997) e tendo como participantes dois especialistas com *know-how* e expertise mínima de um ano na área de transportes de cargas e passageiros resultando na estrutura hierárquica a ser submetida ao AHP. Essa última etapa foi realizada através de entrevistas semiestruturadas junto aos especialistas.

Figura 3. Síntese do desenvolvimento metodológico



Fonte: Autores.

Após a seleção realizada pelos especialistas a qual trouxe mais rigor aos fatores levantados, a 2ª etapa do desenvolvimento metodológico (mensuração) consistiu em entrevistas para coleta de informações, onde foram realizados julgamentos de valor de cada fator, subfator e alternativas (fase 1), sendo posteriormente realizada a análise de inconsistência dos julgamentos (fase 2) por meio do software *Expert Choice Trial*.

Resultados

Na fase 01 da primeira etapa “composição” foi abordado o objetivo do estudo e verificada sua pertinência na instituição, sendo este definido como a seleção de alternativa para o transporte de cargas e passageiros. Posteriormente na fase 02 desta etapa foram especificados e estruturados os fatores e subfatores importantes nessa decisão junto à literatura (Quadro 1). A partir disso, deu-se início a fase 03 rumo à seleção de fatores, subfatores e alternativas através de entrevistas semiestruturadas junto a dois especialistas onde foram definidos em comum acordo os fatores, subfatores e alternativas. Assim a estrutura hierárquica inicial foi construída conforme o Quadro 2.

Quadro 2. Estrutura hierárquica inicial apurada pelos especialistas

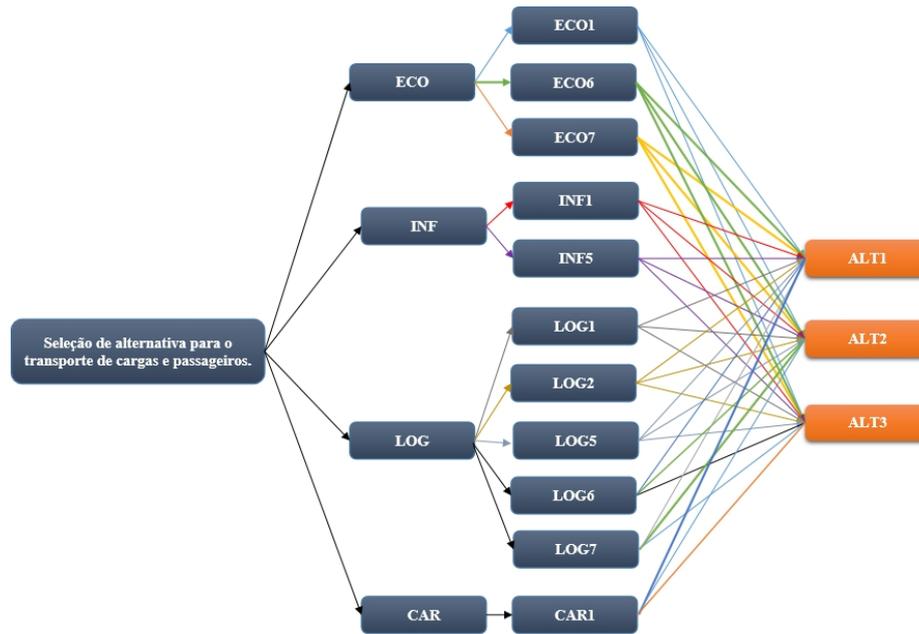
Fator	Subfator	Alternativas
Econômicos (ECO)	Frete/Preço (ECO1) Risco financeiro (ECO6) Perdas e danos (ECO7)	– Alternativa A (ALT1): Modelo misto com utilização de frota própria e serviços terceirizados; – Alternativa B (ALT2): Terceirização total dos serviços com fornecimento de frota, manutenção e abastecimento; – Alternativa C (ALT3): Adoção do serviço de transporte de servidores e colaboradores da administração pública federal com o uso de taxis.
Infraestruturais (INF)	Apoio (INF1) Segurança (INF5)	
Logísticos (LOG)	Confiabilidade (LOG1) Capacidade (LOG2) Flexibilidade (LOG5) Serviço ao cliente (LOG6) Conforto e conveniência (LOG7)	
Característica do produto (CAR)	Capacidade de acondicionamento (CAR4)	

Fonte: Autores.



Ainda na fase 3 desta etapa, após a elaboração da estrutura hierárquica inicial foi desenvolvido a estrutura geral da pesquisa sendo arquitetada diretamente no software *Expert Choice* (Figura 4), utilizada na coleta de dados da pesquisa *survey* junto aos integrantes da amostra. Ao final do levantamento foram coletadas 30 respostas, contudo não foram identificados *outliers* ou *missing values* a serem considerados ou descartados. Considera-se ainda que o alfa de Cronbach (C_α) encontrado na análise das respostas foi da ordem de 0,954, estabelecendo uma correlação excelente entre os itens avaliados.

Figura 4. Estrutura hierárquica para operacionalização do AHP



Deu-se início então fase 01 da segunda etapa da pesquisa “mensuração” com o julgamento do valor relativo de cada fator, subfator e alternativas levantadas na pesquisa *survey* para operacionalização do AHP. As matrizes de comparações paritárias foram então elaboradas, a exemplo da Figura 5.

Figura 5. Peso dos fatores na seleção de alternativas para o transporte de passageiros e cargas



Fonte: Autores.

Os resultados encontrados a partir da análise das matrizes de comparação apontam um peso maior determinado aos fatores logísticos (LOG), convergindo com o raciocínio de Andrioli, et al., (2015) e de Castro, et al., (2016) quando apontam que atributos como confiabilidade e capacidade estão entre os principais fatores relevantes para a tomada de decisão em logística de transportes.

Após julgar o valor relativo de cada fator, subfator e alternativas, transcorre a fase 02 da etapa “mensuração”, a análise de inconsistência. Saaty (1977), discorre acerca da existência de um erro tolerável o qual deve ser inferior a 10%, acima disso a inconsistência poderia influenciar



consideravelmente o resultado em relação ao valor real, contudo inicialmente algumas matrizes de apuração apresentaram índices de inconsistências individuais acima desse limite, o que resultou num índice geral de inconsistência de 0,21. Insuficiências quanto a interpretação da escala de julgamentos e falta de concentração são prováveis causas do fato (Gastes & Gaul, 2012). Nesse contexto, foram realizadas intervenções nos julgamentos dos fatores e subfatores de forma consentida (Schlifter & Madlener, 2016), onde após a aplicação da técnica alcançou-se o índice de inconsistência de 0,06 afixando a consistência e o resultado da análise, pois pesos distorcidos podem remeter a alternativas inadequadas enviesadas por dificuldades nas conversões linguísticas em comparações numéricas e pela dificuldade de manter noções de grandeza nos julgamentos (Godoi, 2014).

Na necessidade de maior integração entre fornecedor e cliente a decisão incorpora elementos de destaque como Frete/Preço (ECO1) e Perdas e danos (ECO7), sendo que entre os principais motivos para terceirização de serviços figura redução de custos (ECO1) conforme Aharonovitz e Vieira (2014) (Tabela 2).

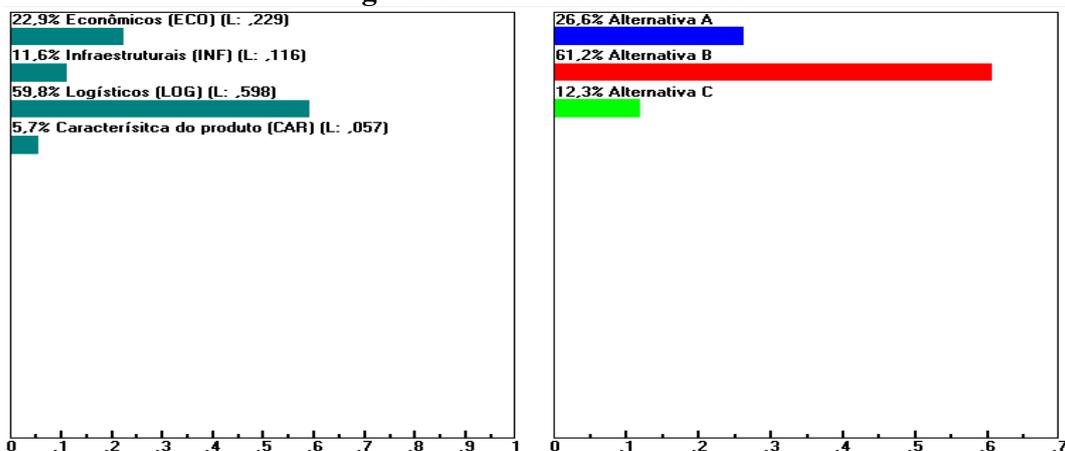
Tabela 2. Julgamentos de subfatores

Subfatores	Preferências
ECO1	0,780
ECO6	0,287
ECO7	0,635
INF1	0,167
INF5	0,833
LOG1	0,446
LOG2	0,244
LOG5	0,100
LOG6	0,142
LOG7	0,067
CAR4	0,057

Fonte: Autores.

Dando prosseguimento as análises dos dados, foram realizados os diagnósticos dos julgamentos e suas relações paritárias entre os fatores, subfatores e alternativas. Os resultados obtidos estão dispostos na Figura 6.

Figura 6. Prioridades de fatores



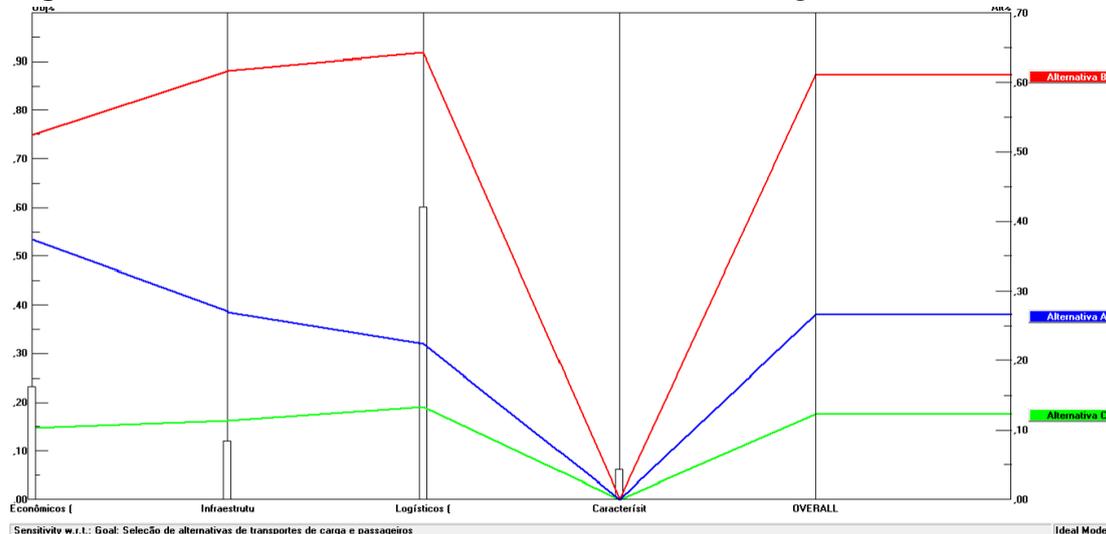
Fonte: Autores.



Citação (APA): Braz, E. T., Chiquieri, J., & Goncalves, W. (2020). Método multicritério como ferramenta para auxílio na decisão sobre alternativa de uso de transporte. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 6(2), Edição Especial “Gestão Pública”, 142-155.

Os resultados mostram que a melhor opção para transportes de cargas e passageiros é a alternativa B, ou seja, a terceirização total do serviço com fornecimento de frota, motoristas, manutenção e abastecimento. Os estudos de Aarão (2016) e Albuquerque (2018) realizados em instituições federais de ensino ratificam esse resultado, tendo como principal argumento a economia de custos (ECO) na terceirização total do serviço. Contudo, há pesquisas que evidenciam a necessidade de análise de outras variáveis também importantes neste processo decisório como a idade dos veículos locados, capacidade de atendimento da empresa locadora, disponibilidade de veículos, etc. (Diniz & Paixão, 2017), o que reforça a relevância atribuída aos fatores logísticos (LOG) com percentual de 59,80% esclarecendo sua posição como principal fator decisório em escolhas dessa natureza. A Pesquisa de Satisfação dos Usuários de serviços regulados pela ANTT (2018) ratifica esse argumento acrescentando que os atributos mais importantes para os usuários do transporte rodoviário são: conforto, segurança, higiene e pontualidade respectivamente. A Figura 7 estabelece o posicionamento das alternativas com a analogia dos fatores definidos:

Figura 7. Análise de sensibilidade de alternativas com analogia dos fatores definidos



Fonte: Autores.

A análise de sensibilidade proporcionada pelo software *Expert Choice* a partir dos resultados expostos na Figura 7 determina que de acordo com o julgamento dos fatores, em nenhuma hipótese ocorre mudança de prioridade de alternativas, assim, mesmo sugerindo alterações nos Fatores Econômicos (ECO); Infraestruturais (INF); Logísticos (LOG) e Característica dos produtos (CAR) a melhor alternativa continuará sendo a “B” ou a terceirização total do serviço com fornecimento de frota, motoristas, manutenção e abastecimento.

Considerações finais

Este estudo proporcionou a identificação dos fatores que se destacam na escolha da melhor alternativa para prestação de serviços de transportes de cargas e de passageiros além de determinar efetivamente qual a melhor alternativa dentre as indicadas considerando os quatro fatores estudados indicados pela literatura e filtrados pelos especialistas. A opção foi escolhida conforme os atributos que mais se sobressaíram, os quais se mostraram de suma importância na composição do portfólio de características necessárias para prestação do serviço conforme



Citação (APA): Braz, E. T., Chiquieri, J., & Goncalves, W. (2020). Método multicritério como ferramenta para auxílio na decisão sobre alternativa de uso de transporte. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 6(2), Edição Especial "Gestão Pública", 142-155.

os gestores pesquisados. Destaca-se, contudo que tal pesquisa não teve o viés apenas qualitativo quanto a determinação dos fatores relevantes para escolha da melhor opção, sendo este um apenas um meio para o alcance dos fins.

Este estudo utilizou o método multicritério *Analytic Hierarchy Process* (AHP), o qual forneceu subsídios para tomada de decisão. A análise de sensibilidade demonstrou que as características mais importantes nessa tomada de decisão remetem aos aspectos Logísticos (LOG) e Econômicos (ECO), respondendo respectivamente por 59,80% e 22,90%. Essa informação encontra respaldo na Pesquisa de Satisfação dos Usuários de serviços regulados pela ANTT (2018) quando menciona que o conforto é o atributo mais importante para o usuário do transporte rodoviário, além da segurança, higiene e pontualidade.

A utilização do AHP trouxe à tona as percepções da população pesquisada acerca da operação dos serviços de transportes sob o prisma dos quatro fatores determinados. A partir dos resultados e considerando os atributos analisados, a pesquisa apontou indicativos e metodologias para facilitar o processo decisório pela administração, garantindo a participação dos usuários na escolha. No contexto gerencial, com os resultados da pesquisa as organizações podem optar por este modelo de contratação futura ou o alinhamento estratégico das empresas contratadas no sentido de garantir o atendimento e satisfação das necessidades de seu usuário final.

A percepção das empresas prestadoras dos serviços quanto a possibilidade de mudança de estratégia para satisfação do usuário e melhoria no serviço considerando os fatores priorizados, assim como estudos e aplicação da abordagem na escolha de alternativas de diversos serviços prestados na administração pública, são lacunas e oportunidades observadas para futuras pesquisas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) / Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES); ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Pública e, ao Laboratório de Pesquisa Operacional, Logística e Transportes (POLT) pelo apoio e contribuições no desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

Aarão, L. R. (2016). *Terceirização versus frota própria: Uma análise da função transporte em uma instituição federal de ensino*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, MG, Brasil.

Acuña-Opazo, C., González, Ó. C., & Cortés, D. M. (2017). Identificación y análisis de las variables clave que explican la variación del factor de ajuste k en la programación de proyectos de edificación en altura. *Revista Ciências Estratégicas*, 25(37), 139-156.

Agência Nacional de Transportes Terrestres. (2018). *Pesquisa de satisfação dos usuários de serviços regulados pela Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT*. Recuperado em 09 de Setembro, 2019, de http://www.antt.gov.br/textogeral/Pesquisa_de_Satisfacao_dos_Usuarios_Transport_Users_Satisfaction_Survey.html.



Citação (APA): Braz, E. T., Chiquieri, J., & Gonçalves, W. (2020). Método multicritério como ferramenta para auxílio na decisão sobre alternativa de uso de transporte. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 6(2), Edição Especial "Gestão Pública", 142-155.

Aharonovitz, C. S., & Vieira, J. G. V. (2014). Proposta de modelo multicritério para seleção de fornecedores de serviços logísticos. *Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, 9(1), 9-26.

Albuquerque, R. Jr. (2018). *Análise da terceirização de serviço de transporte no serviço público: um estudo comparativo*. Dissertação de Mestrado em Políticas Públicas e Gestão da Educação Superior, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

Andrioli, R. F., Diehl, C. A., & Hansen, P. B. (2015). Proposta de modelo flexível para apoio a decisão de externalização: Uma aplicação em logística de transporte. *Revista Eletrônica de Gestão Organizacional*, 13(2), 116-129.

Barreto, P. R. R., Erthal, M., Jr., Souza, C. L. M., Gonçalves, M. M., & Souza, C. E. (2019, novembro). Seleção de meio de transporte coletivo de estudantes aplicado a uma instituição de ensino. *Anais do Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha*, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 19.

The World Bank - Bird. (2018). *Connecting to compete 2018: Trade logistics in the global economy - the logistics performance index and its indicators*. Recuperado em 13 maio, 2020 de <http://documents.worldbank.org/curated/en/576061531492034646/Connecting-to-compete-2018-trade-logistics-in-the-global-economy-the-logistics-performance-index-and-its-indicators>.

Briozzo, R. A., & Musetti, M. A. (2015). Método multicritério de tomada de decisão: aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento – UPA 24 h. *Gestão & Produção*, 22(4), 805-819.

Caetano, E. F. S., & Campos, I. M. B. M. (2019). A autonomia das universidades federais na execução das receitas próprias. *Revista Brasileira de Educação*, 24, 1-19.

Caldeira, L. M. O., Coelho, L. L. G. A., & Granemann, S. R. (2015). Definição de uma estrutura genérica hierárquica para escolha modal. *Anais do XXIV Congresso Nacional de pesquisa em transporte da ANPET*, Ouro Preto, Minas Gerais, MG, Brasil.

Castro, D. M., Reis, J. G. M., Vendrametto, O., & Lopes, A. C. V. (2016). Modelo de decisão multicritério para escolha do modo de transporte: Um estudo do escoamento da produção de grãos de Mato Grosso do Sul. *Revista Produção Online*, 16(4), 1214-1236.

Confederação Nacional do Transporte. (2019). *Anuário CNT do transporte. Estatísticas consolidadas*. Recuperado em 13 de maio, 2020, de <https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2019/Rodoviario/1-2-1-/Empresas>.

Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Diário Oficial da União. Brasília, DF: Câmara do Senado.

Diniz, J. B., & Paixão, M. A. S. (2017). Viabilidade econômica da terceirização ou compra de frota de veículos para empresa de fertilizantes minerais. *Revista IPecege*, 3(3), 49-55.

Gastes, D., & Gaul, W. (2012). The Consistency Adjustment Problem of AHP Pairwise Comparison Matrices. *Quantitative Marketing and Marketing Management*, 51-62.

Godoi, W. C. (2014). Método de construção das matrizes de julgamento paritários no AHP – Método do julgamento holístico. *Revista Gestão Industrial*, 10(3), 474-493.

Gomes, C. F. S., & Costa, H. G. (2015). Aplicação de métodos multicritério ao problema de escolha de modelos de pagamento eletrônico por cartão de crédito. *Production*, 25(1), 54-68.

Guerrero, L. C. U., Marín, L. S. M., & Gómez, L. C. O. (2016). Selección multicriterio de aliado Estratégico para la operación de carga terrestre. *Estudios Gerenciales*, 32(138), 35-43.

Islam, R. (2016). Bus service quality prediction and attribute ranking: a neural network approach. *Public Transport*, 8(2), 295-313.



Citação (APA): Braz, E. T., Chiquieri, J., & Gonçalves, W. (2020). Método multicritério como ferramenta para auxílio na decisão sobre alternativa de uso de transporte. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 6(2), Edição Especial "Gestão Pública", 142-155.

Lehnhart, E. R., (2016). *Tomada de decisão em contextos específicos: Uma análise das relações entre os métodos multicritérios de apoio à decisão e as estratégias de decisão humana*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, RS, Brasil.

Lei complementar nº 101, de 04 de maio de 2000 (2000). Estabelece normas de finanças públicas voltadas para a responsabilidade na gestão fiscal e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF: Câmara dos Deputados.

Lima, F. R., Jr., & Carpinetti, L. C. R. (2015). Uma comparação entre os métodos TOPSIS e Fuzzy-TOPSIS no apoio a tomada de decisão multicritério para seleção de fornecedores. *Gestão & Produção*, 22(1), 17-34.

Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. (2017). *Anuário estatístico de transportes 2010-2017*. Recuperado em 13 maio, 2020, de https://infraestrutura.gov.br/images/BIT_TESTE/Publica%C3%A7oes/Apresentacao_AET_2018.pdf

Moreira, M. A. L., Freitas, M., Jr., & Toloí, R. C. (2018). O transporte rodoviário no Brasil e suas deficiências. *Revista Fatec Zona Sul*, 4(4), 1-13.

Nascimento, M. L. S. (2017). *Aplicação de método multicritério na tomada de decisões gerenciais - Um estudo na manutenção de equipamentos logísticos*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Amazonas, Amazonas, AM, Brasil.

Neto, T. O., & Nogueira, R. J. B. (2017). Transporte rodoviário de passageiros no Brasil. *Transporte y Territorio*, 17, 229-250.

Pereira, L. A. G. (2015). *Logística de transportes e comércio internacional: Os fluxos das exportações e das importações de mercadorias no norte de Minas Gerais*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil.

Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of mathematical psychology*, 15(3), 234-281.

Santa, E. D. D., & Mussi, C. C. (2016). Desempenho no transporte rodoviário de cargas: Potencialidades e limitadores do uso da tecnologia da informação e comunicação (TIC). *Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios*, 9(3), 215-247.

Schlifter, G., & Madlener, R. (2016). Risk analysis of energy performance contracting projects in Rússia: An Analytic Hierarchy Process Approach. *Energy Policy*, 97, 559-581.

Silva, F. C., Shibao, F. Y., Barbieri, J. C., Librantz, A. F. H., & Santos, M. R. (2018). Barreiras à gestão da cadeia de suprimentos verde na indústria automotiva. *Revista de Administração de Empresas - RAE*, 58(2), 149-162.

Solecka, K. (2014). Electre III method in assessment of variants of integrated urban public transport system in Cracow. *Transport Problems*, 9(4), 83-96.

Troya, M. C., Gómez, J. M., Zurita, D. P., & Cedeño, E. A. L. (2018). Métodos multicritério aplicados en la selección de un material para discos de freno. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 20, 83-95.

Vargas, L. G. (1990). An overview of the Analytic Hierarchy Process and its applications. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 2-8.

Zatta, F. N., Mattos, A. L., Oliveira, R. R., Freitas, R. R., & Gonçalves, W. (2019). Aplicação do *Analytic Hierarchy Process* na escolha de planos de saúde. *Research, Society and Development*, 8(1), e1881532.

