



VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DA INTERMODALIDADE NO TRANSPORTE DE CARGAS COMO MEIO DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL: O CASO DO VALE DO JACUÍ – RIO GRANDE DO SUL

**Caroline Alves da Silveira
Marceli Adriane Schwartz
Jonathan Barros Felipe Vieira
Alejandro Ruiz-Padillo
César Gabriel dos Santos**

Universidade Federal de Santa Maria - Campus Cachoeira do Sul - Laboratório de Mobilidade e Logística

RESUMO

O desequilíbrio a favor do modal rodoviário causa retrocesso competitivo no Brasil em relação a outros países, gerando instabilidade no escoamento e distribuição das mercadorias e significativo impacto nos custos finais. O equilíbrio procurado pode ser encontrado na prática da intermodalidade e seus diversos benefícios. Com a aplicação de um método híbrido ponderado formado pelo Diagrama de Mudge e do Método TOPSIS, o presente trabalho tem o objetivo de propor uma metodologia que considera os principais atributos (Qualidade do Serviço, Segurança e Custo) na escolha do modal de transporte e como auxílio no estudo das potencialidades de intermodalidade. A metodologia foi testada a um estudo de caso a partir das avaliações dos responsáveis logísticos das principais empresas de movimentação de cargas do centro da região do vale do Jacuí, no interior do Estado do Rio Grande do Sul, cuja matriz atual de transportes também sofre com esse desequilíbrio.

ABSTRACT

The imbalance in favor of the road modal causes a competitive setback in Brazil in relation to other countries, generating instability in the distribution and distribution of the goods and significant impact on the final costs. The balance sought can be found in the practice of intermodality and its various benefits. With the application of a weighted hybrid method formed by the Mudge Diagram and the TOPSIS Method, the present work has the objective of proposing a methodology that considers the main attributes (Quality of Service, Safety and Cost) in the choice of transportation mode and as assistance in the study of intermodality potentialities. The methodology was tested in a case study based on the assessments of logistics managers of the main cargo handling companies in the center of the “Jacuí” river valley region, in the State of “Rio Grande do Sul” (Brazil), whose current transportation matrix also suffers from this imbalance.

1. INTRODUÇÃO

Na atualidade, os custos de transporte possuem um papel de grande importância na economia global, de tal forma que os setores econômicos em sua totalidade estão dependentes, de forma direta ou não, da funcionalidade e eficiência alcançadas pelo setor dos transportes (Ferreira, 2013). Sendo assim, rodovias, ferrovias e vias navegáveis compõe a conexão de diversas localidades com a comunidade regional e nacional, proporcionando benefícios e evolução ao país, transformando-se em um elemento de integração (Graciano, 1971; Schmidt, 2011).

Porém, uma excessiva dependência do transporte de cargas em um único modal ocasiona desequilíbrios no escoamento e distribuição das mercadorias, com o consequente impacto nos custos finais (tanto em dinheiro quanto em tempo) dos produtos (Behrends, 2012). Esta dependência, às vezes, é consequência das características geográficas da região onde é realizado o transporte, de forma que em países de tamanho relativamente reduzido, como na Europa, o transporte de cargas tem sido baseado tradicionalmente em um modelo de transporte unimodal, fundamentalmente o transporte rodoviário na maioria dos casos, também como suporte indispensável dos outros modais de transporte, como o ferroviário ou o aquaviário (Ferreira, 2013; Zhang e Pel, 2016).



As grandes economias emergentes mundiais, grupadas no bloco político denominado BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul), da mesma forma que outros países em desenvolvimento com dimensões geográficas expressivas, destacam que os setores dos transportes, assim como o setor energético, é chave no crescimento da economia (Nassani *et al.*, 2017). Neste contexto, o Brasil, 5º maior país em extensão territorial do mundo, os investimentos em infraestrutura de transportes converteram-se em prioridade de política pública nos últimos anos (Amann *et al.*, 2016), de forma que o país dispõe de quase 2 milhões km de rodovias, 50 mil km de hidrovias, 37 portos, aproximadamente 4 mil aeroportos e 30 mil km de ferrovias.

No entanto, o desenvolvimento das facilidades de transporte no Brasil não foi uniforme e o crescimento da infraestrutura rodoviária teve ritmo acelerado desde meados do século passado, com a implantação da indústria automobilística (GETRAM, 2004) e através de mecanismos institucionais que foram criados pelo Fundo Rodoviário Nacional (FRN) (Graciano, 1971; Schmidt 2011). Este desequilíbrio a favor de um único modal causou retrocesso competitivo no Brasil em relação a outros países, pois é necessário um sistema de transporte compensado, eficiente e barato, que intensifique a competitividade do mercado e aumente as economias de escala de produção (Ballou, 2006).

Por conta desta desproporção da matriz modal brasileira, o Ministério dos Transportes criou o Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT), que tem como base a utilização coordenada dos diferentes modais e recomenda ações para equilibrar a matriz de transporte de cargas no país (MT, 2007, 2009, 2012). Este Plano também visa a mudança do percentual de utilidade e investimentos dos modais, reduzindo a excessiva dependência do modal rodoviário e a infrautilização dos outros sistemas de transportes, com o objetivo da redução de custos logísticos (Guimarães *et al.*, 2015).

O equilíbrio procurado pode ser encontrado na prática da intermodalidade e seus diversos benefícios, que entraram significativamente em pauta nos últimos anos. A intermodalidade no transporte de cargas descreve um carregamento que utiliza vários modais de transporte, dentre as cinco opções principais, do ponto de partida ao ponto de destino (David e Stewart, 2010). Recentemente, o significado evoluiu para limitar o uso desse termo à carga para qual é emitido um documento para cada uma das atividades executadas (Moori e Riquette, 2014).

Porém, é constatada uma falta de unicidade tanto na definição do conceito, quanto da nomenclatura na literatura especializada, de forma que muitas vezes a intermodalidade é abordada também pelo termo multimodalidade. O conceito de multimodalidade no Brasil é definido pela Lei 9.611 de 19 de fevereiro de 1998, a qual diz que o “transporte multimodal de cargas é aquele que é regido por um único contrato, utiliza duas ou mais modalidades de transporte, desde a origem até o destino e é executado sob a responsabilidade única de um Operador de Transporte Multimodal (OTM)” (Brasil, 1998). Desta forma, na multimodalidade é emitido apenas um documento de conhecimento de carga pelo próprio OTM.

A escolha do modal ou dos modais de transporte mais eficientes para o deslocamento de uma determinada carga entre dois pontos do território é influenciada por vários fatores ou critérios que fazem parte do processo decisório de forma simultânea e, às vezes, contraditória, mas sempre com diferentes graus de importância relativa (Zhang e Pel, 2012). Desta forma, as empresas produtoras, assim como as empresas fornecedoras de serviços logísticos, como



peças-chave do desenvolvimento econômico e social da região na qual se inserem, precisam conhecer e analisar estes fatores e suas características com o objetivo de realizar uma adequada tomada de decisão e verificar a viabilidade da opção intermodal no transporte (Macharis e Bernardini, 2015).

Nesses casos, os tomadores de decisão normalmente utilizam ferramentas de análise multicritério, para se sentirem mais confiantes na ponderação dos critérios envolvidos na escolha ou na ordenação de alternativas (Belton e Stewart, 2002). Sendo assim, os métodos de análise multicritério apontam facilitar e auxiliar na tomada de decisões que serão realizadas pelo decisor, com o intuito de escolher alternativa mais adequada, de acordo com o problema, com a realidade da empresa e com o estilo do responsável logístico (Keeney e Raiffa, 1993).

Este trabalho visa, por meio da aplicação de um método multicritério híbrido, formado pelo Diagrama de Mudge e o Método TOPSIS, para ponderação de critérios e ordenação de alternativas respectivamente, a análise das importâncias relativas dos diferentes fatores que influenciam na escolha do modal de transporte de cargas, com o objetivo da proposição de melhorias do sistema a partir da prática intermodal segundo as necessidades dos próprios usuários, empresas que mais movimentam carga na região. A metodologia foi aplicada ao estudo do caso da região do Vale do Jacuí, no interior do Rio Grande do Sul, especificamente na cidade de Cachoeira do Sul, polo industrial e econômico da mesma.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo foi desenvolvido em 9 etapas descritas na Figura 1. Os dados necessários para aplicação do método multicritério híbrido proposto ao caso de estudo foram coletados a partir dos resultados de um questionário de pesquisa, aplicado nas cinco maiores empresas de movimentação de cargas locadas na região.

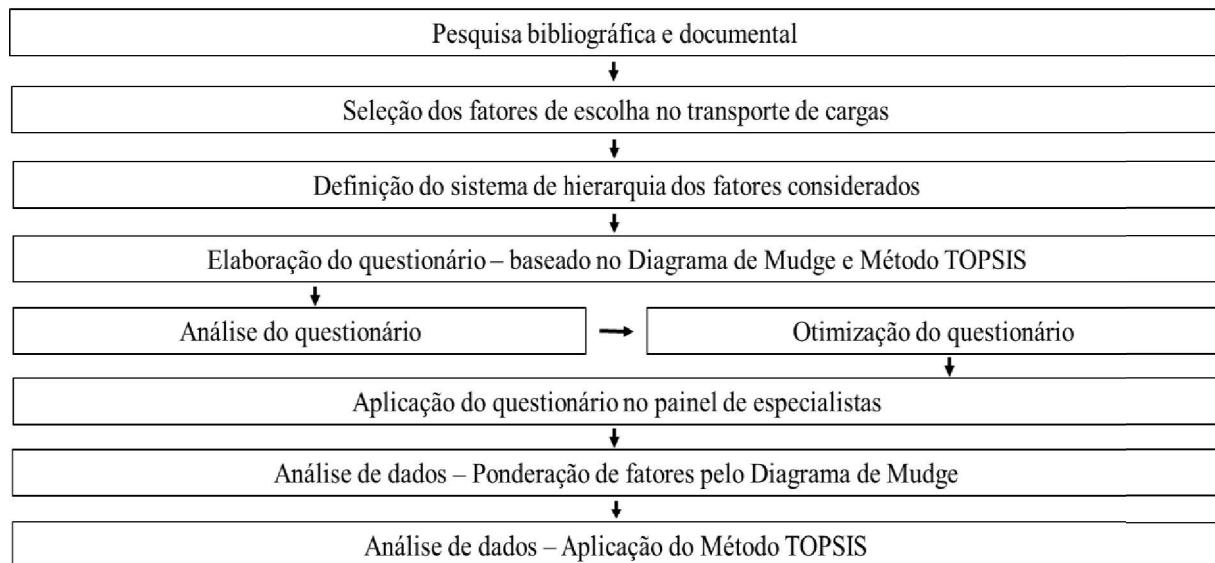


Figura 1: Etapas do estudo

2.1. Cenário de estudo

O estudo foi conduzido no município de Cachoeira do Sul, que possui 85600 habitantes, localizada no Vale do Jacuí, distante 196 km da capital do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (IBGE, 2016). A economia local é ligada às indústrias de beneficiamento de



grãos, principalmente arroz e soja e ao setor metal mecânico, ambos de grande destaque, além do setor pecuarista que mesmo tendo pequena participação, possui relevância econômica. Além disso, a cidade está estrategicamente localizada sendo viável a prática intermodal de transportes, já que apresenta ou possui potencial de existência dos cinco modais.

2.2. Pesquisa bibliográfica e documental no acervo do Arquivo Histórico da cidade

Foi realizada uma profunda revisão bibliográfica de contextualização do objetivo do trabalho, destacando as características gerais dos modais de transportes, concretizando para a realidade atual do Rio Grande do Sul e do Brasil.

Por sua parte, o Arquivo Histórico de Cachoeira do Sul foi um meio de consulta bibliográfica para pesquisa sobre o histórico dos transportes no município, já que é a única fonte de informação confiável e completa sobre o assunto. Por meio de documentos e reportagens de jornais arquivados, livros escritos por historiadores cachoeirenses e relatórios datilografados, foram coletadas informações que descrevem em ordem cronológica a construção da infraestrutura que existiu ou ainda é presente na cidade, os destinos da movimentação de cargas e como os transportes influenciaram positivamente ou negativamente a economia e o crescimento da cidade desde a sua origem. Além disso, foi possível estudar como era praticada a intermodalidade no Vale do Jacuí, pois já foi tema de discussão no Seminário de Transportes Intermodal no ano de 1994 com o objetivo de debater e planejar os rumos do entroncamento modal na região.

Os resultados destas pesquisas permitiram elencar os principais atributos destacados na bibliografia para a tomada de decisão sobre o modal de transporte idôneo, e que constituíram os critérios de análise da metodologia proposta. Estes dados são apresentados na seção 3.

2.3. Diagrama de Mudge

O Diagrama de Mudge é um método de ponderação de critérios, mediante um procedimento de comparação aos pares, a partir do grau de importância que um apresenta em relação ao outro, já que, embora todos os critérios são necessários, alguns apresentam um grau de importância maior. Desta forma, o método permite hierarquizar por relevância os fatores e fazer a análise numérica funcional, de acordo com o que elas representam para o cumprimento das exigências explicitadas pelos usuários (Csillag, 1995).

A comparação é realizada atribuindo letras aos critérios como *a*, *b*, *c*, ..., *n*, e, em seguida valores numéricos para as comparações por pares (Rocco e Silveira, 2008). Nesse estudo foram atribuídos cinco graus de importância, sendo eles: importante (1), um pouco mais importante (2), mais importante (3), muito mais importante (4) e extremamente mais importante (5).

O processo inicia-se com a comparação do requisito *a* com o requisito *b*, analisando se o requisito *a* é mais importante que o *b*. No caso afirmativo, registra-se na célula *a*, e se negativo, na *b*. Logo, atribui-se o grau de relevância, entre 1 e 5, do critério *a* em relação ao *b*, demonstrando que embora as características sejam necessárias, algumas apresentam uma classificação mais significativa de acordo com a necessidade do usuário. A quantificação do Diagrama de Mudge se fez pelo somatório dos pesos atribuídos às letras, tanto na linha como na coluna, do requisito avaliado e normalizado (Santos *et al.*, 2008).



2.4. Método TOPSIS

Da mesma forma que existem diversos métodos utilizados para a ponderação dos critérios de um problema de decisão, são variadas as técnicas empregadas no campo da análise multicritério para a classificação de alternativas (Zanakis *et al.*, 1998). Para o presente trabalho foi escolhido um método de agregação completa e hierárquica, o Método TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*), amplamente conhecido e utilizado também em casos relacionados com infraestruturas (Janic e Reggiani, 2002; Tsaur *et al.*, 2002; Tseng *et al.*, 2005; Wang e Elhag, 2006; Mahmoodzadah *et al.*, 2007).

Este método de análise multicritério é definido pela solução positiva ideal e a solução negativa ideal para um problema (Hwang e Yoon, 1981). A solução ideal positiva é composta dos melhores valores que podem ser obtidos pelos critérios e a solução negativa ideal ou anti-ideal é composta dos piores valores que podem ser obtidos pelos critérios, levando em conta suas avaliações normalizadas ponderadas individuais (Tsaur *et al.*, 2002; Tseng *et al.*, 2005, Wang e Elhag, 2006).

Com isso, o TOPSIS calcula a similaridade relativa das alternativas avaliadas em relação às ideais, de forma que a opção escolhida deve tentar minimizar a distância para a solução ideal enquanto maximiza a distância até a alternativa anti-ideal (Kahraman, 2008). Este método é adequado para modelar valores de critérios quantitativos precisamente conhecidos, o processo de coleta de dados é mais simples e requer menor quantidade de julgamentos (Lima Junior e Carpinetti, 2015).

A aplicação ao caso de estudo do método híbrido proposto e a discussão dos resultados obtidos são mostrados na seção 4.

3. ANÁLISE DOS SISTEMAS DE TRANSPORTES NO VALE DO JACUÍ - RS

Um bom planejamento de transportes é de extrema importância para o desenvolvimento local, pois uma adequada infraestrutura permite avanços econômicos, possibilitando investimentos de empresas na região e gerando uma maior circulação de capital (Araújo e Guilhoto, 2008). Contudo, se a infraestrutura for precária e ultrapassada, ela dificultará a distribuição de produtos e também irá elevar o custo logístico, diminuindo assim o lucro total (Ballou, 2006).

Além disso, é necessário apresentar controle e operação precisos, para que haja diminuição de custos e aumento da competitividade (Almeida, 2004) e por meio da interconexão dos modais haverá redução no tempo de transportes, um dos fatores que atravancam o fluxo dinâmico de mercadorias (Christaller, 1933 *apud* Docherty e MacKinnon, 2013).

No caso do estado do Rio Grande do Sul, a posição geográfica distante dos principais mercados consumidores do Brasil e do exterior, mesmo estando no centro do Mercosul, faz com que os custos de transportes e logística sejam fundamentais para manter a competitividade da sua economia. Na atualidade, a matriz modal de transportes do Rio Grande do Sul é composta por 85,3% do modal rodoviário, 8,8% do ferroviário, 3,6% do sistema hidroviário, 2,1% de transporte dutoviário e apenas 0,2% de uso do modal aeroviário, segundo dados da Secretaria de Infraestrutura e Logística do Estado. Estes dados evidenciam um acusado desequilíbrio da matriz direcionada ao modal rodoviário e um uso reduzido da malha ferroviária e hidroviária, as quais, no entanto, representam umas das maiores do Brasil.



O modal rodoviário caracteriza-se pelo transporte de cargas por rodovias em caminhões, carretas, etc. (Rodrigues, 2008). Atualmente é o mais procurado para o transporte de mercadorias no Brasil e se destina principalmente ao transporte de curtas distâncias de produtos acabados e semi-acabados. Apresenta preços de frete mais elevados do que os modais ferroviário e hidroviário, portanto sendo recomendado para mercadorias de alto valor ou perecíveis. Além disso, outras características do transporte de carga no Brasil são: baixo custo inicial de manutenção, adequado a curtas e médias distâncias, muito poluente com forte impacto ambiental, serviço de entrega porta a porta, velocidade moderada entre outros e o mais acessível dos modos existentes, segundo o Ministério dos Transportes. Em Cachoeira do Sul, as principais vias de acesso são as rodovias federais BR 153, BR 290 e a rodovia estadual RS 590, além de uma malha rodoviária municipal de aproximadamente 3500 km.

Por sua parte, o transporte ferroviário possui uma economicidade no custo operacional, pontualidade e produz um baixo custo ambiental. Esse modal aponta especial flexibilidade para grandes volumes de cargas transportadas a distâncias superiores aos 500 km. No entanto, possuiu algumas desvantagens como: baixa acessibilidade das rotas; pouca segurança de cargas e uma expressiva lentidão de transporte (Rodrigues, 2008).

Os documentos consultados no Arquivo Histórico da cidade mostram que a estação ferroviária de Cachoeira do Sul foi inaugurada em 1883 para o transporte de carga agrícola e localizava-se no centro da cidade, porém atualmente ela se encontra na região periférica da cidade e está desativada. Além disso, a mesma está no caminho de ferro de Uruguiana até Porto Alegre, onde sofreu não só inúmeras alterações do trajeto original, mas também apresenta uma infraestrutura precária, resultando em um baixo interesse das empresas locais nesse modal. Esses trilhos pertencem à malha ferroviária conhecida por Ferrovia do MERCOSUL, ligando o Rio Grande do Sul a Buenos Aires, cuja operação e manutenção está concedida à empresa ALL (*América Latina Logística*, atual *RUMO Logística*) desde fevereiro de 1997 (Rodrigues, 2008).

Já o transporte hidroviário caracteriza-se por utilizar rios, lagos e oceanos no deslocamento de pessoas e mercadorias dentro de um país ou entre diferentes nações. No Brasil podem se destacar dois subsistemas de transporte: o fluvial ou hidroviário, que utiliza os rios navegáveis; e o marítimo, que abrange a navegação no mar e a circulação na costa atlântica (CNT, 2013). Uma das principais vantagens do transporte hidroviário é o baixo custo total, já que os custos operacionais são baixos e, por os navios terem uma capacidade relativamente grande, os custos fixos podem ser absorvidos pelos grandes volumes, com redução dos valores dos custos unitários por tonelada (Arnold, 1999; Chopra e Meindl, 2011). Esse transporte também pode ser caracterizado pela movimentação de cargas volumosas de baixo valor agregado, velocidades baixas, um menor consumo de combustível quando comparado a outros modais de transportes, sendo, portanto, indicado para longas distâncias.

Segundo as referências documentais do Arquivo Histórico de Cachoeira do Sul, em 1843, no rio Jacuí, iniciou-se a navegação entre Rio Pardo e Cachoeira do Sul, e em 1882 foi iniciado o tráfego regular de embarcações entre Cachoeira e Porto Alegre. Já no ano de 1875, foi inaugurado o primeiro armazém de carga e descarga de mercadorias, dando início a uma época de grande desenvolvimento da navegação no Jacuí. Dentre as mercadorias transportadas via fluvial constavam açúcar, arame, aguardente, café, farelo, fazendas, farinha de trigo, mandioca, querosene, louças, sal, vidros e vinho.



Segundo a informação da Superintendência de Portos e Hidrovias do Estado, atualmente, Cachoeira do Sul conta com um porto que apresenta estrutura de cais composta por uma plataforma de 70 metros de comprimento por 30 metros de largura e calado de 8,2 pés, aproximadamente 2,5 metros, porém está desativado.

O transporte aeroviário é avaliado como mais rápido entre as modalidades de transporte e o mais apropriado para o transporte de pequenos volumes, mercadorias de alto valor agregado e passageiros, destacando-se também pela pontualidade e rápida velocidade de transporte. Por outro lado, são consideradas como desvantagens a menor capacidade de carga, o valor do frete elevado e o alto custo da infraestrutura (CNT, 2013). A modalidade destaca-se pela sua amplitude, permitindo o acesso a diversos países e regiões, as quais são de difícil alcance por outras modalidades de transporte. Além disso, o transporte por via aérea contribui com o desenvolvimento de cadeias produtivas que necessitam intercambiar mercadorias, insumos, máquinas, equipamentos, tecnologias e mão de obra com rapidez e eficácia (Jarach, 2001; Cappa e Boas, 2010).

Na década de 40, mais precisamente no ano de 1945, iniciou-se o transporte pelo modal aeroviário em Cachoeira do Sul, a princípio como um ponto facultativo no plano de viagem da empresa Varig na linha Porto Alegre – Cachoeira do Sul – São Gabriel – Alegrete – Uruguaiana. Nesse ponto projetado o avião chegava em Cachoeira nas terças e sextas-feiras com viagens de idas e voltas. Com o aumento da procura por esse modal, em 1952, Cachoeira do Sul começa a operar com a Savag e a Varig linhas durante toda a semana menos as terças-feiras, prestando assim excelente serviço ao desenvolvimento do tráfego aéreo entre Cachoeira e Porto Alegre (Selbach, 2008).

O Aeroporto Municipal de Cachoeira do Sul, que está localizado a 10 km do centro da cidade, possui pista pavimentada e sinalizada de 1018 metros de comprimento, sendo disponível para aterrissagem e decolagem de aviões de médio porte. Atualmente, o aeroporto está sob o uso exclusivo de uma escola de formação de pilotos agrícolas e disponível para operação de aviões para aplicação de agrotóxicos.

Finalmente, o transporte dutoviário consiste no transporte de granéis, por gravidade ou pressão mecânica, por meio de dutos adequadamente projetados à finalidade a que se destinam (Ferreira, 2008). Esse modo de transporte possui processo de operação ininterrupto, alta segurança em relação a avarias e à perda de carga, porém possuem pouca acessibilidade e flexibilidade de cargas.

Em relação a Cachoeira do Sul, atualmente, é o único modal de transporte de cargas que não se encontra disponível. Porém, o município está como parte integrante como uma das cidades em que a infraestrutura do gasoduto Bolívia-Brasil, no trecho de Porto Alegre a Uruguaiana se fará presente, segundo informações da Transportadora Sulbrasileira de Gás.

Sendo assim, destaca-se que a situação geográfica do município de Cachoeira do Sul e as potencialidades de transporte fundamentalmente por meio de rodovias, ferrovias e hidrovias, unem as quatro regiões do Estado de norte a sul e leste a oeste, oferecendo condições para o desenvolvimento de um entroncamento rodo-ferro-hidroviário na região, vinculado ao porto de Cachoeira do Sul e à ferrovia existente, por meio da prática intermodal. Porém, é possível



perceber que existem diferentes fatores influenciando a escolha dos modais de transporte de cargas que estes apresentam características distintas para cada caso.

De acordo com a pesquisa bibliográfica e documental realizada, os atributos selecionados para análise do objetivo do trabalho são:

- Disponibilidade: característica do transporte estar operacionalmente presente na região.
- Acessibilidade: além do transporte estar disponível, há a possibilidade da carga ingressar no modal e dele se utilizar para deslocamento.
- Flexibilidade: capacidade que o modal tem de responder a mudanças imprevistas internamente e externamente.
- Pontualidade: característica de começar e terminar o serviço dentro do prazo convencionado.
- Segurança em relação a avarias: refere-se a avarias na infraestrutura, como má condições das vias, de sinalização e avarias nos veículos, como problemas mecânicos.
- Segurança em relação a accidentalidade: refere-se a possibilidade de ocorrer acidentes durante o trajeto.
- Segurança em relação a perdas de carga: refere-se à perda de carga por assaltos, por roubos ou pelo mau armazenamento da carga.
- Economicidade: propriedade do transporte oferecer um custo monetário compatível com o valor de seu serviço.
- Tempo de transporte: é o tempo de duração do deslocamento, desde o ponto de origem até o ponto de destino final.
- Custo Ambiental: refere-se aos impactos que os modais de transporte podem causar no meio ambiente (ex: emissão de gases de efeito estufa, poluição sonora, contaminação dos rios, etc).

4. APlicaçãO DO MÉTODo MULTICRITÉRIO HÍBRido AO CASO DE ESTUDO

Para uma melhor aplicação da técnica, foi realizada uma hierarquização de dez fatores selecionados com base em três principais critérios: Qualidade do Serviço, Segurança e Custo de Transporte como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Critérios e Subcritérios de escolha do transporte de cargas

| Critérios | Subcritérios | Peso por subcritério (%) | Classificação | Peso por critérios (%) |
|--------------------------|--|--------------------------|---------------|------------------------|
| Qualidade do Serviço (A) | Disponibilidade (D) | 3,49 | 8º | 22,50 |
| | Acessibilidade (E) | 6,40 | 6º | |
| | Flexibilidade (F) | 4,70 | 7º | |
| | Pontualidade (G) | 10,92 | 5º | |
| Segurança (B) | Segurança em relação a perdas ou avarias (H) | 1,73 | 10º | 41,90 |
| | Segurança em relação à accidentalidade (I) | 20,6 | 1º | |
| | Segurança em relação à perda de carga (J) | 19,55 | 2º | |
| Custo (C) | Economicidade (K) | 16,43 | 3º | 32,60 |
| | Tempo de Transporte (L) | 13,01 | 4º | |
| | Custo ambiental (M) | 3,16 | 9º | |

Para obtenção dos dados de entrada necessários para aplicação do método híbrido foi necessário elaborar um questionário, mostrado na Figura 2, tendo como população alvo os responsáveis pela logística e distribuição das cinco empresas que mais movimentam carga em Cachoeira do Sul, informação essa que foi fornecida pela SMIC – Secretaria Municipal de Indústria e Comércio de Cachoeira do Sul. O questionário foi aplicado presencialmente ou foi enviado por correio eletrônico e dividiu-se em oito seções, onde a primeira continha perguntas



de caracterização do respondente e apresentava-se brevemente o objetivo da pesquisa. Nas quatro seções seguintes, eram realizadas perguntas referente a comparação dos critérios, sendo uma seção referente aos 3 principais critérios e as outras três seções sobre os 10 subcritérios; dessa forma foram obtidos os dados necessários para aplicação do Diagrama de Mudge. Previamente foram definidos os critérios e subcritérios, assim como a forma de preenchimento das comparações por pares.

Nas últimas três seções, foram avaliados os 10 subcritérios para os três principais modais presentes na região: modal rodoviário, modal ferroviário e modal aquaviário. Para isso, foi solicitado aos especialistas avaliarem cada subcritério segundo uma escala de cinco níveis similar à utilizado nas comparações para o Diagrama de Mudge. Os dados coletados nessas seções foram utilizados para aplicação do Método TOPSIS, junto com os pesos obtidos, posteriormente, como resultado dos Diagramas de Mudge.

| | |
|---|---|
| <p>Em relação aos critérios de escolha, você considera mais importante a "Qualidade do Serviço" ou "Segurança"? *</p> <p><input type="radio"/> Qualidade do Serviço</p> <p><input type="radio"/> Segurança</p> <p>Qual o grau de importância da opção escolhida em relação a outra opção? *</p> <p><input type="radio"/> 1 (importante)</p> <p><input type="radio"/> 2 (um pouco mais importante)</p> <p><input type="radio"/> 3 (mais importante)</p> <p><input type="radio"/> 4 (muito mais importante)</p> <p><input type="radio"/> 5 (extremamente mais importante)</p> | <p>Avalie as características abaixo, sobre o Modal Rodoviário, numa escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo):</p> <p>Disponibilidade do modal rodoviário: *</p> <p><input type="radio"/> 1</p> <p><input type="radio"/> 2</p> <p><input type="radio"/> 3</p> <p><input type="radio"/> 4</p> <p><input type="radio"/> 5</p> <p>Acessibilidade do modal rodoviário: *</p> <p><input type="radio"/> 1</p> <p><input type="radio"/> 2</p> <p><input type="radio"/> 3</p> <p><input type="radio"/> 4</p> <p><input type="radio"/> 5</p> |
|---|---|

Figura 2: Vistas parciais do questionário aplicado à população de estudo

Após a aplicação do questionário ao painel de especialistas conformado pelos responsáveis das empresas selecionadas foram obtidos os dados de entrada para a aplicação do Diagrama de Mudge a cada respondente. A seguir foram obtidas as médias aritméticas dos pesos para cada critério e subcritério que são apresentados na Tabela 1. Os resultados evidenciam, por meio da hierarquização dos dez critérios selecionados, que o de maior relevância para população entrevistada é a Segurança, e em seguida, classificou-se os Custos e Qualidade do Serviço, respectivamente.

No que se refere à classificação dos subcritérios, temos que a Segurança em relação à accidentalidade e a Segurança em relação à perda de cargas obtiveram maior destaque, e logo após, a Economicidade e o Tempo de Transporte. Os considerados menos relevantes para a escolha do modal de transporte foram a Disponibilidade, o Custo ambiental e, finalmente, a Segurança em relação a perdas ou avarias.

Estes valores percentuais foram utilizados como pesos na aplicação do Método TOPSIS, para ordenação dos três modais analisados segundo sua idoneidade para o transporte de carga da região, sempre desde o ponto de vista das empresas questionadas. Na Tabela 2 é apresentada a



matriz de decisão do Método TOPSIS, conformada pelas médias das avaliações de cada uma das alternativas (modais rodoviário, ferroviário e aquaviário), normalizadas.

Tabela 2: Matriz de decisão – Aplicação do Método TOPSIS

| | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Rodoviário | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,68 | 0,32 | 0,68 | 0,84 | 0,56 |
| Ferroviário | 0,24 | 0,24 | 0,28 | 0,56 | 0,68 | 0,76 | 0,68 | 0,68 | 0,36 | 0,56 |
| Aquaviário | 0,44 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,76 | 0,8 | 0,76 | 0,8 | 0,4 | 0,64 |

As soluções ideal e anti-ideal são apresentadas na Tabela 3, e configuram as soluções intermodais teóricas de maior e menor desempenho, respectivamente, para a realidade da região analisada. Estas soluções evidenciam que os quatro subcritérios que compõe a Qualidade do Serviço, mesmo após serem normalizados e ponderados, temos que o modal rodoviário continua como o meio de transporte que mais preenche os quatro requisitos e que os três subcritérios que compõe a Segurança, continua em destaque o modal aquaviário.

Tabela 3: Soluções Ideal e Anti-Ideal – Aplicação do Método TOPSIS

| | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|----|------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------------------|
| A+ | 0,024 rodov. | 0,046 rodov. | 0,033 rodov. | 0,079 rodov. | 0,010 rodov./ aquav. | 0,168 aquav. | 0,150 aquav. | 0,113 rodov. | 0,110 rodov. | 0,016 rodov./ ferrov. |
| A- | 0,008 ferrov. | 0,015 ferrov. | 0,013 ferrov. | 0,057 aquav. | 0,009 ferrov. | 0,143 rodov. | 0,063 rodov. | 0,133 aquav. | 0,047 ferrov. | 0,018 aquav. |

A partir destes resultados, foi calculada a similaridade relativa das três alternativas em relação ás soluções ideal e anti-ideal, buscando minimizar a distância para a alternativa ideal positiva enquanto maximizar a distância até a alternativa ideal negativa. Estes valores, apresentados na Tabela 4, mostram que o transporte aquaviário seria a alternativa escolhida, pois oferece uma melhor avaliação ponderada mediante a agregação de todos os subcritérios analisados. Porém, a solução menos adequada é a atualmente existente, do transporte rodoviário exclusivamente.

Tabela 4: Resultado Final – Aplicação do Método TOPSIS

| Alternativa | Similaridade relativa |
|-------------|-----------------------|
| Rodoviário | 0,470 |
| Ferroviário | 0,491 |
| Aquaviário | 0,582 |

Contudo, por meio do método híbrido aplicado, é possível afirmar que a melhor solução intermodal na região de estudo baseada nas cinco empresas estudadas seria a junção do transporte aquaviário e rodoviário, por meio da ligação das possíveis cargas transportadas com o meio de transporte mais eficiente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste estudo foi o desenvolvimento de uma ferramenta de análise multicritério híbrido dos modais de transporte de cargas a partir dos seus principais atributos de escolha visando propor melhorias no sistema no município de Cachoeira do Sul, no centro do Vale do Jacuí, interior do Estado do Rio Grande do Sul, a partir da prática intermodal segundo as necessidades dos próprios usuários, empresas que mais movimentam carga na área de estudo. A partir disso, houve a necessidade de uma busca aprofundada por informações sobre a matriz modal de transportes da região para fundamentar a importância desta pesquisa, já que



Cachoeira do Sul, anos atrás, alocou uma matriz ativa que na atualidade está parcialmente desativada e parte dela em má conservação, contudo possui grande potencial.

Por meio da consulta a documentos e relatórios inéditos, bem como reportagens e livros pouco acessíveis que o Arquivo Histórico de Cachoeira do Sul possui em seu acervo, foi compilado um conjunto de dados, gerando um estudo pioneiro, de base bibliográfica e documental, sobre os cinco modais transportes no município.

Da mesma forma, foi evidenciado que os fatores que influenciam na escolha e desempenho das diferentes alternativas de transporte apresentam importâncias relativas que precisaram ser ponderadas. Para isso, a ferramenta propõe a aplicação do método do Diagrama de Mudge, para ponderação dos critérios, e do método TOPSIS para avaliação das alternativas. Os dados de entrada necessários no método híbrido constituído foram obtidos a partir de um painel de especialistas conformado pelos responsáveis logísticos das principais empresas de movimentação de cargas da região.

Os resultados mostraram a necessidade do não favorecimento de apenas um único modal de transporte, e assim, constatar que a conexão dos modais aquaviário e rodoviário seria de grande proveito, já que ambos se complementam e reúnem os melhores resultados dos critérios selecionados, sendo o transporte aquaviário o de melhor Segurança e o rodoviário de maior nível de Qualidade do Serviço. Ainda, o porto de Cachoeira do Sul é propício para receber essa integração, dado que em sua infraestrutura há a possibilidade de um entroncamento rodo-ferro-hidroviário, pois importantes rodovias estão na adjacência, da mesma maneira que um antigo ramal ferroviário. Sendo assim, a utilização intermodalidade no transporte de cargas proporcionaria ao município um sistema de transporte mais eficiente e barato, intensificando a competitividade do mercado local.

Finalmente, cabe destacar como trabalhos futuros a continuidade do estudo de forma a abranger todas as cidades localizadas no Vale do Jacuí, fazendo com que haja a união dos municípios em prol do desenvolvimento econômico regional, assim como o aprimoramento da ferramenta multicritério apresentada a partir de um conjunto de dados maior e uma análise aprofundada dos resultados obtidos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Prefeitura Municipal de Cachoeira do Sul, à Câmara de Agronegócio, Comércio, Indústria e Serviços de Cachoeira do Sul – CACISC, ao Arquivo Histórico de Cachoeira do Sul e ao técnico administrativo Dr. Deivis Jhones Garlet da UFSM Campus Cachoeira do Sul. Marceli Adriane Schwartz, Caroline Alves da Silveira e Jonathan Barros Felipe Vieira agradecem às bolsas FIEX e PIVEX da UFSM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, E. S. de (2004) *Duplicação da Rodovia Fernão Dias: Uma Análise de Equilíbrio Geral*. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Araújo, M. P. A. e J. J. M. Guilhoto (2008) *Infraestrutura de Transporte e Desenvolvimento Regional no Brasil*. Teoria e Evidência Econômica. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.
- Arnold, J. R. T. (1999) *Administração de materiais*. Editora Atlas, São Paulo.
- Ballou, R. H. (2006) Gerenciamento da cadeia de suprimentos/Logística empresarial. Editora Atlas, São Paulo.
- Belton, V. e T. Stewart (2002) *Multiple Criteria Decision Analysis*. Kluwer Academic Publishers.
- Behrends, S. (2012) *The urban context of intermodal road-rail transport – Threat or opportunity for modal shift?* The Seventh International Conference on City Logistics. ScienceDirect.
- Brasil (1998) Lei 9.611 de 19 de fevereiro de 1998, que dispõe sobre o Transporte Multimodal de Cargas e dá outras providências. Brasília.



- Cappa, J. e T. V. A. Boas (2010) *Logística industrial de Viracopos comprometida pela falta de visão sistêmica dos transportes no brasil*. Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos, v.4, n. 1.
- Chopra, S. e P. Meindl (2011) *Gestão da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operações*. 4 ed. Editora Pearson, São Paulo.
- CNT (2013) *Pesquisa da Confederação Nacional do Transporte Aquaviário*. Cabotagem 2013. CNT, Brasília.
- Csillag, J. M. (1995) *Análise do valor*. 4 ed. Editora Atlas, São Paulo.
- David, P. e R. Stewart (2010) *Logística Internacional*. Tradução 2 ed norte-americana.
- Docherty, I. e D. MacKinnon (2013) *Transport and economic development*. In: Rodrigue, J.P., Notteboom, T. and Shaw, J. (eds.) *The Sage Handbook of Transport Studies*. Sage, London.
- Ferreira, V. H. M. (2013) *O Setor dos Transportes de Mercadorias em Portugal: A intermodalidade enquanto fator dinamizador das empresas exportadoras*. Dissertação de Mestrado em Economia. Universidade do Porto, Portugal.
- Fornaciari, A. F. (2015) *Localização-alocação de centros de integração logística submetidos a demandas par-a-par*. Revista TRANSPORTES v. 25, n. 1.
- GETRAM - MBA em Logística, Transporte e Mobilidade (2004) *Transporte Rodoviário*. Cap 2. p. 4. Disponível em: <http://www.citamericas.org/imagens/files/livros/vol_4/livro_vol_4_cap_02.pdf> Acesso em: 12 jun. 2017.
- Graciano, M. L. (1971) *Transporte: fator de desenvolvimento econômico e social*. Editora Cia Brasileira, Rio de Janeiro.
- Guimarães, V. A.; G. M. Ribeiro; V. L Forte; A. Lucena; A. M. Leitao Jr; L. C. S. N. Pereira; A. F. Fornaciari, (2015) *Localização-alocação de centros de integração logística submetidos a demandas par-a-par*. Revista TRANSPORTES v. 25, n. 1.
- Hwang, C. e K. Yoon (1981) *Multiple attribute decision making: Methods and application*. Springer, New York.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016) *Cachoeira do Sul*. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/rs/cachoeira-do-sul/panorama>> Acesso em: 22 mai. 2017.
- Janic, M. e A. Reggiani (2002) *An Application of the multiple criteria decision making (MCDM) analysis to the selection of a new Hub Airport*. European Journal of Transport and Infrastructure Research 2.
- Jarach, D. (2001) *The evolution of airport management practices: towards a multi-point, multiservice, marketing-drivem firm*. Journal of Air Transport Management 7, Oxford.
- Kahraman, C. (2008) *Fuzzy multicriteria decision making: theory and applications with recent developments*. Springer Science, Turkey.
- Keeney, R. L. e H. Raiffa (1993) *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs (Probability & Mathematical Statistics)*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Lima Junior, F. R. e L. C. R. Carpinetti (2015). *Uma comparação entre os métodos TOPSIS e Fuzzy-TOPSIS no apoio à tomada de decisão multicritério para seleção de fornecedores*. Gest. Prod., São Carlos, v. 22, n. 1, p. 17-34.
- Maccharis, C. e A. Bernardini (2015) *Reviewing the use of Multi-Criteria Decision Analysis for the evaluation of transport projects: Time for a multi-actor approach*. Journal Transport Policy, p. 177-186.
- Mahmoodzadah, S.; J. Shahrbabi; M. Pariazar; M. S. Zaeri (2007) *Projects selection by using fuzzy AHP and TOPSIS technique*. World Academy of Science, Engineering and Technology v. 30, p. 333-339.
- Moori, R. G. e A. Riquetti (2014). *Estação de Transbordo de Cargas como Mediador da Logística de Fertilizantes*. Revista de Administração Contemporânea, v. 18, n. 6.
- MT - Ministério dos Transportes (2007) *Plano Nacional de Logística e Transportes: Sumário executivo*. Brasília.
- MT - Ministério dos Transportes (2009) *Relatório Executivo PNLT*. Brasília.
- MT - Ministério dos Transportes (2012) *Projeto de reavaliação de estimativas e metas do PNLT: Relatório Final*. Brasília.
- Nassani, A.A; A. M. Aldakhil; M. M. Q. Abro; K. Zaman (2016) *Environmental Kuznets curve among BRICS countries: Spot lightening finance, transport, energy and growth factors*. Journal of Transport Geography.
- Rocco, A. M. e A. D. Silveira (2008) *Ferramental para eficiência em vendas*. Congresso de administração e gerência. Cascavel, Paraná.
- Rodrigues, P. R. A. (2008) *Introdução aos Sistemas de Transportes no Brasil e à Logística Internacional*. 4 ed, revista e ampliada. Editora Aduaneiras – Informações Sem Fronteiras, São Paulo.
- Santos, P. M. dos; J. F. Schlosser; L. N. Romano; D. Rozin; J. da C. Turatti; M. Witter (2008) *Prioridades de requisitos para projeto de postos de operação de tratores quanto à ergonomia e segurança*. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Selbach, J. F. (2008) *Caderno de pesquisa: textos e charges selecionados do Jornal do Povo de 1929 a 2001*. Edição eletrônica, São Luis.



- Schmidt, E. L. (2011) *O sistema de transporte de cargas no Brasil e sua influência sobre a Economia*. Monografia de bacharelado em Ciências Econômicas. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Tsaur, S.; T. Chang; C. Yen (2002). *The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM*. Tourism Management v. 23, p. 107–115.
- Tseng, G.; C. Lin; S. Opricovic, (2005) *Multi-criteria analysis of alternative-fuel buses for public transportation*. Energy Policy v. 33, p. 1373–1383.
- Zanakis, S.; A. Solomon; N. Wishart e S. Dublith (1998) *Multi-attribute decision making: A simulation comparison of select methods*, European Journal of Operational Research v. 107, p. 507-529.
- Zhang, M.; Pel, A.J. (2015) *Synchromodal hinterland freight transport: Model study for the port of Rotterdam*. Journal of Transport Geography.
- Wang, U. e T. Elhag (2006) *Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment*. Expert Systems with Applications v. 31, p. 309–319

Caroline Alves da Silveira (caroline.alves.silveira@gmail.com)

Marceli Adriane Schwartz (schwartz.marceli@gmail.com)

Jonathan Barros Felipe Vieira (jonathanbarros26@gmail.com)

Alejandro Ruiz Padillo (alejandro.ruiz-padillo@ufrsm.br)

César Gabriel dos Santos (cesar.g.santos@ufrsm.br)

Laboratório de Mobilidade e Logística, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul

Rua Ernesto Barros, 1345 – Cachoeira do Sul, RS, Brasil