



MODELAGEM MATEMÁTICA PARA LOCALIZAÇÃO DE CENTROS DE INTEGRAÇÃO LOGÍSTICA

Vanessa de Almeida Guimarães

Glaydston Mattos Ribeiro

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-87893-17-8



9 788587 893178



MODELAGEM MATEMÁTICA PARA LOCALIZAÇÃO DE CENTROS DE INTEGRAÇÃO LOGÍSTICA

Vanessa de Almeida Guimarães

Glaydston Mattos Ribeiro

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Programa de Engenharia de Transportes

RESUMO

Embora o setor de transporte seja fundamental para o desenvolvimento econômico de determinado país, no Brasil, o custo logístico é alto (quando comparado com países de igual dimensão) o que acaba por prejudicar sua competitividade. Nesse sentido, torna-se relevante a instalação de centros de integração logística que promovam a intermodalidade e induzam redução nos custos logísticos. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é desenvolver uma modelagem matemática para localização de CILs, considerando a agregação de valor, tendo em vista a redução de custos logísticos. Para tanto, trabalha-se com a base de dados do Plano Nacional de Logística em Transportes – PNLT, considerando-se, também, os investimentos previstos em infraestrutura, pelo governo federal, e os projetos implantação de outras estruturas de integração. Estão sendo realizadas pesquisas bibliográficas e documentais para compreensão dos conceitos e levantamento de dados. Ao final, espera-se obter uma ferramenta que auxilie no planejamento estratégico governamental.

1. INTRODUÇÃO

Embora o governo federal venha se mobilizando, por meio de planos e programas do setor de transportes, para promover a redução do custo logístico brasileiro, este ainda representa 15,4% do valor do PIB enquanto nos Estados Unidos este valor é de 8,5% (Rebelo, 2011), o que acaba prejudicando a competitividade do país. Assim, acredita-se que o equilíbrio da matriz de transportes de cargas, com a efetivação intermodalidade, possibilitaria ao setor otimizar os custos logísticos. Para tanto, seriam necessárias estruturas de integração, como centros de integração logística (CILs).

Neste contexto, surge a seguinte problemática: como determinar a localização de centros de integração logística (CILs), no Brasil, considerando a agregação de valor? Dessa forma, o objetivo deste trabalho é desenvolver uma modelagem matemática para localização de CILs, considerando a agregação de valor, tendo em vista a redução de custos logísticos. Como objetivos específicos, têm-se: (1) identificar os produtos mais suscetíveis à agregação de valor, considerando a matriz do PNLT; (2) avaliar se os projetos de plataformas logísticas existentes impactariam na localização apontada como ideal, pelo modelo; (3) avaliar se a localização ideal seria alterada, caso os projetos de infraestrutura planejados pelo governo federal sejam implementados.

Acredita-se que a utilização de um modelo matemático para implantação de estruturas integradoras possibilitará uma maior efetividade no escoamento da produção, aproveitando as potencialidades de cada modo de transporte e dos operadores que atuam no sistema. Assim, ajudará na otimização dos custos das cadeias logísticas envolvidas.

Dessa forma, o trabalho se mostra relevante uma vez que tem como intuito desenvolver uma ferramenta que pode ser usada como instrumento de apoio às decisões governamentais relacionadas ao planejamento do setor de transportes brasileiro. Como delimitação do estudo, destaca-se que ele trabalha com a base georreferenciada do PNLT, portanto, será focado nos principais produtos apontados por este plano.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os problemas de localização das instalações têm sido bastante estudados no campo da Pesquisa Operacional. Há uma grande diversidade de aplicações, tanto no setor privado quanto público, dos quais muitos modelos de localização e alocação surgiram. Estes variam de modelos lineares simples, com estágio e produto único, não-capacitados, determinísticos a modelos probabilísticos não lineares, incluindo desenvolvimento de algoritmos (Klose e Drexler, 2005).

Dentre os estudos analisados, Almur e Kara (2008), Ishfaq e Rox (2011), Almur *et al.* (2012), Campbell e O'Kelly (2012) e Farahani *et al.* (2013) estudam a localização de hubs intermodais, apresentando modelos de localização que resolvem o problema de alocação de hubs (como o *p-hub median* e o *p-hub center*). Crainic e Laporte (1997), por sua vez, apresentam modelos de localização de instalações intermodais, em geral.

Bhattacharya *et al.* (2014) estudam a localização de terminais intermodais indianos, tendo como intuito otimizar o transporte intermodal. Para tanto, os autores propõem um modelo para o planejamento estratégico de transporte envolvendo uma ampla rede intermodal de transporte que leve em consideração variáveis como tempo, custo, disponibilidade de modos, fluxo de produtos, localização dos consumidores, capacidade de armazenamento etc.

Antun *et al.* (2010) não apresentam uma modelagem matemática em seu trabalho, contudo, discorrem sobre as estratégias de localização de centros logísticos na cidade do México. Para tanto, eles analisam questões relacionadas aos *stakeholders* da cadeia de suprimentos (incluindo a relação de poder dos fornecedores e distribuidores), às autoridades, ao uso da terra e à interface modal.

Nesta linha, O'Connor (2010) desenvolveu um estudo mais qualitativo sobre a localização de atividades logísticas, fazendo um panorama mundial das instalações, mas sem abordar especificamente critérios e modelos de localização. Olsson e Woxenius (2012) fazem um trabalho semelhante, estudando os centros de consolidação de carga na Suécia. Já Almur *et al.* (2012) estudam a localização de um hub multimodal na Turquia, por meio da aplicação de um algoritmo heurístico que otimize a alocação dos hubs e o custo de transporte.

Em seu trabalho, Ishfaq e Rox (2011) apresentam os estudos de Arnold *et al.* (2001 e 2004), Racunica e Wynter (2005), Groothedde *et al.* (2005) e Limbourg e Jourquin (2009) que também trabalham com a localização de hubs intermodais. Além dos critérios tradicionais (tempo e custo de transporte), estes estudos levantados consideram os custos fixos da localização, tempo de serviço, tipo de modo de transporte e de hubs utilizados e como se dá consolidação da carga. Destaca-se que estas variáveis são importantes na determinação da localização, pois em qualquer rede logística, há custos fixos relacionados ao custo de capital de se instalar um terminal. Na rede intermodal, em especial, os hubs são mais complexos por terem que gerenciar múltiplos modos de transporte. Esses custos de conectividade estão associados ao tipo de terminal e tipo de modos de transporte que nele atuam. Assim, o modelo apresentado por Ishfaq e Rox (2011) em seu trabalho considera os *trade-offs* entre os custos fixos e variáveis de transporte.

Já Kayikci (2010) propõe um modelo conceitual para decisões de localização de centros de carga logísticos intermodais, usando uma combinação dos modelos *fuzzy*, Análise Hierárquica

de Processos e redes neurais para avaliar a melhor localização. Para tanto, foram feitas entrevistas com os tomadores de decisão a fim de se selecionar os critérios e subcritérios a serem adotados no modelo.

Portugal *et al.* (2011) também usam AHP no seu trabalho, que tem como objetivo indicar a melhor localização de terminais de cargas em áreas metropolitanas de países em desenvolvimento. Eles estudam o caso brasileiro, tendo como principais critérios de análise: custo, distância, tempo, confiabilidade, competição, acessibilidade, segurança, impactos ambientais, impactos socioeconômicos e especificidades da região (disponibilidade de mão de obra, incentivos fiscais, possibilidade de expansão, localização dos clientes e fornecedores, entre outros). Para tanto, os autores consultaram especialistas a fim de identificar os fatores mais relevantes dentre estes.

Klose e Drexl (2005) estudam modelos de localização de sistemas de distribuição. Além dos modelos tradicionais (*p-median*, *p-center* e *covering*), eles apresentam uma modelagem semelhante ao do Ishfaq e Rox (2011) que trabalha com custos fixos e variáveis. Em seguida, discorrem sobre: (1) modelo capacitado, o qual leva em conta também a capacidade de armazenamento das instalações; (2) modelo multicamadas, que considera que o sistema de distribuição acontece em diferentes níveis hierárquicos instalações (*multi-stage facility location*); (3) modelo multiproduto, em que a demanda é desagregada por produto uma vez que cada um deles pode requerer capacidades e ter especificidades diferentes, o que impacta no tempo e no custo; (4) modelos dinâmicos, que considera as variáveis de decisão (custo, demanda etc.) variáveis no tempo; (5) modelos probabilísticos, que lidam com a incerteza; (6) modelos multiobjetivos, que podem ser: minimizar os custos de distribuição, reduzir o nível de investimentos em novas instalações, proporcionar o maior nível de serviço ao consumidor (relacionado à distância ou tempo entre a instalação e o cliente), usar as instalações existentes de forma balanceada ou evitar mudanças significativas no sistema atual.

Por fim, Sirikijpanichkul e Ferreira (2005) e Sirikijpanichkul *et al.* (2007), aplicam apenas o modelo multiobjetivo para determinar a localização terminais intermodais de carga no sul da Austrália. Assim, percebe-se que os estudos sobre localização têm diferentes enfoques e há literatura internacional disponível para a realização do trabalho proposto, tendo em vista que, um CIL é um terminal intermodal, pertencente à determinada cadeia logística, nos quais se concentram atividades e funções técnicas de valor acrescido (Ministério de Fomento da Espanha, 1999).

3. METODOLOGIA

Para realização deste trabalho estão sendo desenvolvidas pesquisas bibliográfica e documental, conforme Silva e Menezes (2001), para compreensão dos conceitos associados aos centros de integração logística, à agregação de valor. Além disso, estão sendo feitos levantamentos relacionados aos planos federais de infraestrutura, às plataformas logísticas brasileiras (existentes ou em projeto) e aos modelos que podem ser usados como base para o desenvolvimento do modelo matemático desta dissertação. Os dados serão tratados de forma quantitativa, aplicando conceitos de programação e, Pesquisa Operacional. O *software* CPLEX será usado para o desenvolvimento da aplicação do modelo.

4. RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se, ao final do trabalho, entregar: (i) a proposta de um modelo aderente à realidade

brasileira; (ii) as identificações de locais para implantação de CILs de maneira otimizada; (iii) por meio da aplicação do modelo de localização, a redução dos custos envolvidos (de transporte e logística); (iv) a análise sobre incentivos governamentais como reduções dos custos de transporte para promover a atração de cargas para os CILs.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES, ao CNPq e ao Ministério dos Transportes pelo apoio ao trabalho.

Referências

- Almur, S.; Kara, B.Y. (2008) Network hub location problems: The state of the art. *European Journal of Operational Research*, v. 190, p. 1–21.
- Almur, S. A.; Kara, B. Y.; Karasan, O. E. (2012) Multimodal hub location and hub network design. *Omega*, v.40, p. 927–939.
- Antún, J. P.; Lozano, A.; Alarcón, R.; Granados, F.; Guarneros, L. (2010) The physical distribution of goods in a megalopolis: strategies for policies on the location of logistics facilities within the Central Region of Mexico. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, vol. 2, p. 6130–6140.
- Arnold, P.; Peeters, D.; Thomas, I.; Marchand, H. (2001) For an optimum location of the intermodal centers of transshipment: Formulation and extensions. *The Canadian Geographer* 45 (3), 427–436.
- Bhattacharya, A.; Kumar, S. A.; Tiwari, M. K.; Talluri, S. (2014) An intermodal freight transport system for optimal supply chain logistics. *Transportation Research Part C*, vol.38, p. 73–84.
- Campbell, J. F.; O’Kelly, M. E. (2012) Twenty-Five Years of Hub Location Research. *Transportation Science*. vol. 46, n.2, p. 153-169.
- Crainic, T. G.; Laporte, G. (1997) Planning models for freight transportation. *European Journal of Operational Research*, vol. 97, p. 409-438.
- Farahani, R. Z.; Hekmatfar, M.; Arabani, A. B.; Nikbakhsh, E. (2013) Hub location problems: A review of models, classification, solution techniques and applications. *Computers & Industrial Engineering*, 64, p. 1096–1109.
- Groothedde, B.; Ruijgrok, C.; Tavasszy, L. (2005) Towards collaborative, intermodal hub networks: A case study in the fast moving consumer goods market. *Transportation Research Part E*, 41 (6), 567–583.
- Ishfaq, R.; Rox, R. C. (2011) Hub location–allocation in intermodal logistic networks. *European Journal of Operational Research*, vol. 210, p. 213–230.
- Kayikci, Y. (2010) A conceptual model for intermodal freight logistics centre location decisions. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, v. 2, p. 6297–6311.
- Klose, A.; Drexl, A. (2005) Facility location models for distribution system design. *European Journal of Operational Research* 162, p. 4–29
- Limbourg, S.; Jourquin, B. (2009) Optimal rail–road container terminal locations on the European network. *Transportation Research E* 45 (4), 551–563.
- Ministério de Fomento da Espanha (1999) *Plataformas Logísticas y Centros de Transporte de Mercancías en España: Um Resumen de Conclusiones de Três Estudos para el Ministério*, Telecotrans.
- O’Connor, K. (2010) Global city regions and the location of logistics activity. *Transport Geography*, 18, 354–362
- Olson, J.; Woxenius, J. (2012) Location of freight consolidation centres serving the city and its surroundings. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 39, p. 293 – 306.
- Portugal, L. S.; Morgado, A. V.; Lima Junior, O. (2011) Location of cargo terminals in metropolitan areas of developing countries: the Brazilian case. *Journal of Transport Geography*, v. 19, p. 900–910.
- Racunica, I.; Wynter, L. (2005) Optimal location of intermodal freight hubs. *Transportation Research Part B*: 39 (5), 453–477.
- Rebelo, J. (2011) *Logística de Carga no Brasil: Como reduzir Custos Logísticos e Melhorar Eficiência?* - Sumário Executivo. Sustainable Development Department, World Bank.
- Silva, E. L.; Menezes, E. M. (2001) *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*. Florianópolis: UFSC.
- Sirikijpanichkul, A.; Ferreira, L. (2005) Multi-Objective Evaluation of Intermodal Freight Terminal Location Decisions. *Proceedings of the 27th CAITR*, Queensland University of Technology.
- Sirikijpanichkul, A.; Van Dan, K. H.; Ferreira, L.; Zofia, L. (2007) Optimizing the Location of Intermodal Freight Hubs: An Overview of the Agent Based Modelling Approach. *Journal of transportation systems engineering and information technology*, v. 7, n. 4, p.71-81.

Vanessa de Almeida Guimarães (vanessaguim@hotmail.com); Glaydston Mattos Ribeiro (glaydston@pet.coppe.ufrj.br) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Centro de Tecnologia, Bloco H, Cidade Universitária, CEP 21.949-900, Rio de Janeiro, Brasil.