

# **USO DO MÉTODO DE COPELAND HIERÁRQUICO PARA LOCALIZAÇÃO DE TERMINAL MULTIMODAL DE CARGAS**

**Marco Antônio Farah Caldas**  
**João Carlos C.B. Soares de Mello**  
**Lidia Angulo Meza**  
**Fernanda Azevedo**

Universidade Federal Fluminense  
Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção

## **RESUMO**

Este trabalho aborda o problema da localização de terminais logísticos. Considera que existe um pequeno número de alternativas discretas. Por questões de sigilo a informação obtida é apenas de caráter ordinal. Devido a estas características, é usado o método de Copeland para determinar a localização do terminal logístico, considerando os critérios de acessibilidade, possibilidade de expansão da área, impactos e facilidade de instalação. Os resultados mostram que uma das áreas é nitidamente superior às outras.

## **ABSTRACT**

This paper addresses the problem of location of logistics terminals. We take into account that we have a small number of discrete alternatives. Furthermore, for confidentiality reasons the information obtained is only of ordinal type. Due to these characteristics, we used the Copeland method for determining the location of the logistic terminals, taking into account the criteria of accessibility, the possibility of expanding the area, impacts and ease of installation. The results show that one of the areas is clearly superior to the others.

## **1. INTRODUÇÃO**

O problema de localização de terminais logísticos de cargas é de fundamental importância. A melhor localização de um terminal de cargas é vital para se atingir os objetivos de eficiência e eficácia não só do terminal em si, mas de todo o sistema logístico do qual o terminal faz parte.

Este tipo de problema deve levar em conta vários aspectos (necessidades do mercado, facilidade de vias de acesso, acesso a portos, infra – estrutura energética, de saneamento, telecomunicações, etc;) muitas vezes conflitantes entre si. Em alguns casos a localização está totalmente em aberto e devem ser usados métodos de otimização clássicos, como por exemplo o método das p-medianas. Eventualmente para levar em conta todos os aspectos conflitantes esses métodos de otimização poderão ser do tipo multiobjetivo.

Em outros casos, já existe uma lista prévia dos locais onde o terminal logístico poderá ser localizado. Nestes casos devem-se aplicar os métodos de decisão para alternativas discretas que compõem o Auxílio Multicritério à Decisão.

Neste trabalho o objetivo é estudar a localização de um terminal logístico na área de influência de um arco rodoviário, para a qual há uma pré-seleção de 4 alternativas (possíveis localizações). Devido às características de sigilo do projeto, os especialistas consultados não podiam conhecer a exata localização das alternativas. Desta forma, não era possível a construção de funções de valor cardinal (Barba-Romero e Pomerol, 1997), necessárias para o uso de métodos mais sofisticados como AHP (Saaty, 1980), MACBETH (Bana e Costa e Vansnick, 1995) ou VIP Analysis (Dias e Climaco, 2000). Com o tipo de informação que podia ser obtida, apenas era possível estabelecer uma pré-ordem das alternativas em cada critério sem atribuir significado às diferenças entre elas. Esta característica exige o uso dos métodos ordinais multicritério. Dentre estes, por razões que serão explicadas posteriormente, foi escolhido o método de Copeland ao qual foi acrescentada uma componente hierárquica.

Este trabalho está organizado da seguinte forma. Após esta introdução é apresentada uma seção de generalidades sobre terminais logísticos. Em seguida são mostrados aspectos básicos do Auxílio Multicritério à Decisão e do Método de Copeland. Logo após, é estudado o problema da localização do terminal e finalmente são apresentadas as conclusões deste trabalho.

## **2. TERMINAIS MULTIMODAIS DE CARGAS**

Considera-se um Terminal Multimodal de cargas a área de serviços logísticos, delimitada no território ou não, porém localizada em um ponto nodal das cadeias de transporte e de logística, no qual se obtenham contribuições importantes na cadeia de valor, por meio da prestação de serviços de valor agregado, quer seja através da rede de transporte, da rede de telecomunicações ou quer apenas por intermédio de serviços pontuais à mercadoria, às pessoas (clientes, usuários, trabalhadores), aos veículos e equipamentos (Rosa, 2004).

Por definição, um terminal pode ser um ponto final ou de transferência de uma operação de transporte e é composto por um conjunto de instalações onde os passageiros ou as cargas iniciam e concluem seus deslocamentos ou se transferem de veículos nesses deslocamentos.

A infra-estrutura de transportes, especialmente os terminais, considerados como elos logísticos, apresenta desde a década de 90 uma crescente ampliação de suas funções (Ojala, 1997). Esta ampliação é decorrente da necessidade de inserção dos terminais de forma efetiva nas lógicas das cadeias de suprimento.

Os terminais logísticos de cargas podem ser classificados, quanto ao modo de transporte (rodoviário, intermodal, aéreo, ferroviário, portuário); quanto à sua abrangência (urbano, regional, intermunicipal, interestadual, internacional) e quanto aos serviços oferecidos (embarque e desembarque, transbordo, armazenagem, beneficiamento, atividades logísticas, serviços aduaneiros).

A tipologia de centros logísticos em terminais de transporte apresentada por Rosa e Ratton Neto (2005) propõe uma base de agregação de funções a um terminal, de modo que se possa, em cada uma destas funções, atribuir valor aos serviços logísticos que o compõem. Nesse sentido, empregou-se uma escala de serviços logísticos agregados para classificar os terminais conforme os níveis em que se enquadrarem nessa escala. A reunião de serviços logísticos por classes e a sua inclusão nos terminais, em termos de atividade, por classe ou classes de serviços, constituem a base analítica para a valoração.

Em linhas gerais, esta tipologia propõe distinguir as funções exercidas no terminal e estabelecer categorias que possam apresentar, em sequência, possibilidades de agregação de valor. A princípio, buscou-se uma pré-definição destas categorias, apresentadas a seguir:

- Terminal de Recebimento/Despacho de Mercadoria - a mercadoria é despachada e retirada diretamente no terminal quer por carregadores quer pelo cliente final;
- Terminal de Transbordo de Carga – a mercadoria muda de veículo no mesmo modo de transporte;
- Terminal Intermodal de Transbordo de Carga – a mercadoria muda de modo de transporte, mas sem ruptura de carga;
- Terminal Intermodal com Serviços de Nível I – há ruptura da carga, sua

movimentação e armazenagem no terminal, e utilização de serviços de diferentes meios de transporte;

- Terminal Intermodal com Serviços de Nível II - há ruptura da carga, sua movimentação e armazenagem no terminal, utilização de serviços de diferentes meios transporte e serviços de gestão;
- Terminal Intermodal com Serviços de Nível III - há ruptura da carga, sua movimentação e armazenagem no terminal, utilização de serviços de diferentes meios transporte, serviços de gestão e acabamento de produção;
- Terminal Intermodal com Serviços de Nível IV - há ruptura da carga, sua movimentação e armazenagem no terminal, utilização de serviços de diferentes meios transporte, serviços de gestão, acabamento de produção e serviços de informação.

### **3. O APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO E OS MÉTODOS ORDINAIS**

Segundo Gomes et al (2009) o Apoio Multicritério à Decisão consiste em um conjunto de métodos e técnicas para auxiliar ou apoiar a tomada de decisão, quando da presença de uma multiplicidade de critérios (Roy e Bouyssou, 1993). Os chamados métodos ordinais são considerados bastante intuitivos e pouco exigentes tanto em termos computacionais quanto em relação às informações necessárias por parte do decisor.

Na literatura os três métodos multicritério ordinais mais referenciados são: métodos de Borda, Condorcet e Copeland. Podem aparecer variantes mais elaboradas dos métodos básicos.

Nestes métodos apenas se exige do decisor as pré-ordens relativas a cada critério (Barba-Romero e Pomerol, 1997). Ou seja., o decisor deve ordenar as alternativas de acordo com as suas preferências usar uma ordenação natural como, por exemplo, renda obtida.

A grande vantagem da facilidade de uso e compreensão destes métodos é realçada por Laukkanen et al (2002) e Kangas et al. (2006), que os aplicaram a problemas de gestão florestal. Métodos Ordinais também tem sido aplicados em avaliação educacional (Gomes Junior *et al.*, 2008; Soares de Mello, 2005; Soares de Mello *et al.*, 2004), em esportes (Kladroba, 2000; Soares de Mello *et al.*, 2005b), em agricultura (Gomes *et al.*, 2009; Valladares *et al.*, 2008) e em logística e transportes (Caillaux *et al.*, 2008; Pinheiro e Soares de Mello, 2005).

Destacam-se brevemente, a seguir, as particularidades de cada método. Maiores detalhes podem ser vistos em Barba-Romero e Pomerol (1997).

O método de Borda, que na essência é uma soma de postos, tem a grande vantagem da simplicidade e, por isso, algumas de suas variantes são usadas em competições desportivas (Kladroba, 2000; Soares de Mello *et al.*, 2005b). Para o uso do método de Borda o decisor deve ordenar as alternativas de acordo com as suas preferências. A alternativa mais preferida recebe um ponto, a segunda dois pontos e assim sucessivamente. Os pontos atribuídos pelos decisores a cada alternativa são somados e a alternativa que tiver obtido a menor pontuação é a escolhida (Dias *et al.*, 1996). Todas as alternativas são ordenadas por ordem decrescente de pontuação (o que garante o respeito ao axioma da totalidade). No entanto, apesar de sua simplicidade e amplo uso de suas variações, o método de Borda não respeita um dos mais importantes axiomas de Arrow (Arrow, 1951): o da independência em relação às alternativas irrelevantes.

Ou seja, a posição final de duas alternativas não é independente em relação às suas classificações em relação a alternativas irrelevantes. Tal fato pode gerar distorções, com destaque para a extrema dependência dos resultados em referência ao conjunto de avaliação escolhido e a possibilidade de manipulações pouco honestas.

Já o método de Condorcet, considerado precursor da atual escola francesa de multicritério, trabalha com relações de superação. As alternativas são comparadas sempre duas a duas e constrói-se um grafo (Boaventura Neto, 2003) que expressa a relação entre elas.

Através da representação da relação de preferência por um grafo, a determinação de alternativas dominantes e dominadas (quando existem) fica bastante facilitada. Quanto existe uma e só uma alternativa dominante, ela é a escolhida. Este método, menos simples, tem a vantagem de impedir distorções ao fazer com que a posição relativa de duas alternativas independa de suas posições relativas a qualquer outra. No entanto, pode conduzir ao chamado ‘paradoxo de Condorcet’, ou situação de intransitividade. Isso acontece quando a alternativa A supera a alternativa B, que supera a C, que por sua vez supera a alternativa A (‘Tripleta de Condorcet’). Esta situação, embora possa ser aproveitada em certos problemas (Soares de Mello *et al.*, 2005a), impossibilita gerar uma ordenação das alternativas. Quando os ciclos de intransitividade não aparecem, o método de Condorcet deve ser preferido ao de Borda (Soares de Mello *et al.*, 2004).

O método de Copeland usa a mesma matriz de adjacência que representa o grafo do método de Condorcet. A partir dela calcula-se a soma das vitórias menos as derrotas, em uma votação por maioria simples. As alternativas são então ordenadas pelo resultado dessa soma. O método de Copeland alia a vantagem de sempre fornecer uma ordenação total (ao contrário do método de Condorcet) ao fato de dar o mesmo resultado de Condorcet, quando este não apresenta nenhum ciclo de intransitividade. Quando esses ciclos existem, o método de Copeland permite fazer a ordenação e mantém a ordenação das alternativas que não pertencem a nenhum ciclo de intransitividade. Apesar de computacionalmente mais exigente que Borda, quando há necessidade de estabelecer uma relação de pré-ordem, ou ordem *latus sensu*, este método fornece sempre uma resposta (ao contrário do método de Condorcet) e, apesar de não eliminar, reduz bastante a influência de alternativas irrelevantes (Gomes Junior *et al.*, 2008).

O método de Copeland pode ser considerado um compromisso entre as filosofias opostas de Borda e Condorcet, reunindo, dentro do possível, as vantagens dos dois e, por isso, foi a abordagem escolhida neste artigo.

#### **4. O ESTUDO DE CASO**

Tal como indicado anteriormente, o objetivo é estudar a localização de um terminal logístico na área de influência de um arco rodoviário, para a qual há uma pré-seleção de 4 alternativas (possíveis localizações). Devido às características de sigilo do projeto, para evitar especulação imobiliária, os especialistas consultados não podiam conhecer a exata localização das alternativas. Desta forma, estas alternativas foram apresentadas como ações globais, ou seja, ações que podem ser avaliadas isoladamente. A forma de indicação das alternativas e sua inserção nos projetos estratégicos encontram-se Tabela 1.

**Tabela 1:** Áreas Candidatas à Localização do Terminal

Áreas Candidatas	Recomendação do local	
	Forma de Indicação	Projeto Estratégico
Área 1	DIRETA: Plano Nacional de Logística de Transporte – PNLT/Ministério dos Transportes – MT	Zona de Apoio Logístico do Estado do Rio de Janeiro – ZAL
	IMPLÍCITA: Plano de Logística do Brasil – CNT; Mapa Estratégico – FIRJAN; Carteira de Projetos do Governo do Estado do RJ	Terminal de Apoio Operacional – TAO no projeto ZAL
Área 2	IMPLÍCITA: Programa de Aceleração do Crescimento – PAC; PNLT/MT; Plano de Logística do Brasil – CNT; Mapa Estratégico – FIRJAN; Carteira de Projetos do Governo do Estado do RJ	Não disponível
Área 3	Não disponível	Não disponível
Área 4	IMPLÍCITA: Carteira de Projetos do Governo do Estado do RJ	COMPLERJ

A partir das entrevistas com os especialistas e após reunião dos analistas para validação das respostas, foi definido um conjunto de critérios os quais serão hierarquizados em sub-critérios. Os critérios e sub-critérios encontram-se na Tabela 2.

**Tabela 2:** Critérios e Sub-critérios de Decisão para cada Área Candidata

Critérios	Subcritérios
Acessibilidade	Acesso a ferrovias
	Acesso a rodovias
	Acesso a portos
	Acesso a aeroportos
Possibilidade de expansão da área	Área e Retroárea
	Perspectiva de instalação de Pólos Industriais e Varejo
Impactos	Simetria da área em relação ao meio do arco
	Impactos ambientais

	Impactos sociais
Facilidade instalação	Infra-estrutura
	Facilidade construção

Além disso, houve uma análise dos sub-critérios de forma a eliminar redundâncias e a família de critérios ser coerente e de acordo com os Axiomas de Roy (Roy e Bouyssou, 1993).

Um dos especialistas consultados fez a ordenação das alternativas em cada sub-critério. Ressalte-se que dada a característica ordinal do método a ser utilizado somente essa informação era necessária.

O Questionário continha as seguintes perguntas:

1. Indique quais critérios são importantes para a escolha da localização de um Terminal Logístico na Região Metropolitana do Rio de Janeiro.
2. (Caso houvesse um critério subjetivo, então se passava à pergunta 2).
3. Como você mensuraria os critérios subjetivos?
4. Caso duas alternativas de localização empatem em todos os critérios, como você escolhe a localização?
5. Verifique se algum critério pode ser eliminado por estar implícito em outro.
6. Coloque em ordem de importância os critérios mencionados na Questão 1.

## 5. ANÁLISE E RESULTADOS

Primeiramente foi preenchida a Matriz de Decisão ordenando cada área em relação a cada critério e sub-critério da Tabela 2, sendo o número 1 indica o 1º lugar e assim sucessivamente. A seguir, na tabela 3, estão as classificações dadas pelos analistas para cada área e segundo cada critério e sub-critério.

**Tabela 3:** Classificação de cada Sub-critério para cada Área Candidata

Critérios	Subcritérios	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4
Acessibilidade	Acesso a ferrovias	2	3	1	4
	Acesso a rodovias	2	1	3	4
	Acesso a portos	1	3	1	4
	Acesso a aeroportos	4	2	1	3
Possibilidade de expansão da área	Área e Retroárea	3	1	4	2
	Perspectiva de instalação de Pólos Industriais e Varejo	3	1	4	2
	Simetria da área em relação ao meio do arco	4	1	2	3
Impactos	Impactos ambientais	3	1	4	2
	Impactos sociais	3	1	4	2
Facilidade instalação	Infra-estrutura	2	4	1	3
	Facilidade construção	3	1	4	2

O método de Copeland foi aplicado separadamente para cada critério e depois aplicado um

novo método de Copeland agregando as ordenações parciais obtidas para cada critério. Pode-se dizer que foi incorporado uma componente hierárquica ao método de Copeland.

Observou-se que o critério Facilidade de Instalação o método apontou um empate entre todas as alternativas. Assim de acordo com o axioma da não redundância (Roy e Bouyssou, 1993) este critério foi eliminado. Os resultados parciais encontram-se nas Tabela 4 a 6. Já o resultado final encontra-se na Tabela 7.

**Tabela 4:** Ordenação Parcial para o Critério Acessibilidade

Critério: Acessibilidade	
Área	Ordenação
Área 1	1º lugar
Área 2	2º lugar
Área 3	3º lugar
Área 4	4º lugar

**Tabela 5:** Ordenação Parcial para o Critério Possibilidade de Expansão

Critério: Possibilidade de Expansão da área	
Área	Ordenação
Área 2	1º lugar
Área 4	2º lugar
Área 3	3º lugar
Área 1	4º lugar

**Tabela 6:** Ordenação Parcial para o Critério Impactos

Critério: Impactos	
Área	Ordenação
Área 2	1º lugar
Área 4	2º lugar
Área 3	3º lugar
Área 1	4º lugar

**Tabela 7:** Ordenação Final para cada Área

Resultado Final	
Área	Ordenação
Área 2	1º lugar
Área 4	2º lugar
Área 3	3º lugar
Área 1	4º lugar

Observa-se que a área 2 é claramente superior a todas as outras. Mesmo tendo em conta as limitações do método ordinal a clara supremacia da área 2 indica que ela deve ser escolhida sem necessidade de outros estudos.

## 6. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma adaptação do método de Copeland com componente hierárquica para solução de problemas de localização de Terminais Logísticos de Cargas. A necessidade de sigilo e a dificuldade de acesso aos decisores especialistas inviabilizaram o uso de métodos

mais sofisticados.

Neste caso particular o método de Copeland permitiu claramente identificar a solução mais adequada. No entanto, em outros casos poderá haver necessidade de análise de sensibilidade e de segunda rodada de entrevistas com os especialistas, na tentativa de incluir uma componente cardinal ao método. Mesmo mantendo o sigilo existem métodos cardinais que tratam de incertezas tais como VIP Analysis (Dias e Climaco, 2000) que poderão ser usados em problemas deste tipo, caso tenha sentido a necessidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arrow, K.J. (1951). *Social Choice and Individual Values*. New York: Wiley.
- Bana E Costa, C.A. e J.C. Vansnick (1995) Uma nova abordagem ao problema da construção de uma função de valor cardinal: MACBETH. *Investigação Operacional*, v. 15, p. 15-35.
- Barba-Romero, S. e J.C. Pomerol (1997). *Decisiones Multicriterio: Fundamentos Teóricos e Utilización Práctica*: Universidad de Alcalá.
- Boaventura Neto, P.O. (2003). *Grafos: teoria, modelos, algoritmos*. São Paulo: Edgard Blücher.
- Caillaux, M.A., A.P. Sant'anna, L. Angulo-Meza e J.C.C.B. Soares De Mello (2008) Seleção de rota marítima de contêineres. . In: Transporte., C.-C.N.d.T.A.-A.N.d.P.e.E.e. (ed). *Transporte em Transformação XII - Trabalhos vencedores do prêmio CNT produção acadêmica 2007*. Brasília: Positiva, 163-180.
- Dias, L.M.C., L.M.A.T. Almeida e J.C.N. Climaco (1996). *Apoio Multicritério à Decisão*. Coimbra: Universidade de Coimbra.
- Dias, L.M.C. e J.C.N. Climaco (2000) Additive aggregation with variable interdependent parameters: The VIP analysis software *Journal of the Operational Research Society*, v. 51, n. 9, p. 1070-1082.
- Gomes, E.G., J.C.C.B. Soares De Mello e J.A.D.C. Mangabeira (2009) Avaliação de desempenho de agricultores familiares com o método multicritério de Copeland. *Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento*, v. 1, n. 3, p. 159-168.
- Gomes Junior, S.F., J.C.C.B. Soares De Mello e M.H.C. Soares De Mello (2008) Utilização do método de Copeland para avaliação dos pólos regionais do CEDERJ. *Rio's international journal on sciences of industrial and systems engineering and management*, v. 2, n. 1, p. 87-98.
- Kangas, A., S. Laukkanen e J. Kangas (2006) Social choice theory and its applications in sustainable forest management-a review. *Forest Policy and Economics*, v. 9, n. 1, p. 77-92.
- Kladroba, A. (2000) Das aggregations problem bei der erstellung von rankings: Einige anmerkungen am beispiel der Formel 1 weltmeisterschaft 1998. *Jahrbucher fur Nationalokonomie und Statistik*, v. 220, n. 3, p. 302-314.
- Laukkanen, S., A. Kangas e J. Kangas (2002) Applying voting theory in natural resource management: A case of multiple-criteria group decision support. *Journal of Environmental Management*, v. 64, n. 2, p. 127-137.
- Ojala, L. (1997) Finland. In: Économiques, C.d.R. (ed). *Les Nouvelles Tendances de la Logistique en Europe. Table Ronde 104*. Paris: Conférence Européenne des Ministres des Transports. CEMT., 39-95.
- Pinheiro, M.C. e J.C.C.B. Soares De Mello (2005) Ordenação dos aeroportos do Brasil através do apoio de análises multicritério. *XXXVII SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*. Gramado.
- Rosa, D.P. (2004) Plataforma Logístico-Cooperativa: Integração Horizontal das Cadeias de Abastecimento. *ANPET*. Florianópolis, 1147-1158.
- Rosa, D.P. e H.X. Ratton Neto (2005) Plataformas Logísticas no Brasil: Ampliação de funções e de agregação de valor no entorno dos terminais de transporte. *Anpet*. Recife, 1843-1854.
- Roy, B. e D. Bouyssou (1993). *Aide multicritère à la décision: méthodes et cas*. Paris: Economica.
- Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.
- Soares De Mello, J.C.C.B., E.G. Gomes, L.F.A.M. Gomes, L. Biondi Neto e L. Angulo-Meza (2005a) Avaliação do tamanho de aeroportos portugueses com relações multicritério de superação. *Pesquisa Operacional*, v. 25, n. 3, p. 313-330.
- Soares De Mello, J.C.C.B., L.F.A.M. Gomes, E.G. Gomes e M.H.C. Soares De Mello (2005b) Use of ordinal multi-criteria methods in the analysis of the Formula 1 World Championship. *Cadernos Ebape.BR*, v. 3, n. 2, p. 1-8.
- Soares De Mello, M.H.C. (2005) Avaliação do impacto da interiorização da UFF utilizando métodos ordinais multicritério. *Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*. Gramado.
- Soares De Mello, M.H.C., H.L.M.D.M. Quintella e J.C.C.B. Soares De Mello (2004) Avaliação do desempenho de alunos considerando classificações obtidas e opiniões dos docentes. *Investigação Operacional*, v. 24,



n. 2, p. 187-196.

Valladares, G.S., E.G. Gomes, J.C.C.B. Soares De Mello, M.G. Pereira, L.H.C. Dos Anjos, A.G. Ebeling e V.D. Benites (2008) Principal component analysis and ordinal multicriteria methods to study organosols and related soils. *Revista Brasileira De Ciencia Do Solo*, v. 32, n. 1, p. 285-296.

---

Marco Antônio Farah Caldas (mcaldas@producao.uff.br)

João Carlos C.B. Soares de Mello (jcsello@pq.cnpq.br)

Lidia Angulo Meza (lidia\_a\_meza@pq.cnpq.br)

Fernanda Azevedo (fecauff@yahoo.com.br)

Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense

Rua Passo da Pátria 151, São Domingos, Niterói, RJ, Brasil