

Modelo para localização de instalações em escala global envolvendo quatro elos da cadeia logística



Ricardo Hamad
Nicolau Dionísio Fares Gualda

Programa de Mestrado em Engenharia de Sistemas Logísticos
Departamento de Engenharia de Transportes
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Sumário

- **Introdução**
- **Revisão Bibliográfica**
- **O Problema**
- **O Modelo Matemático**
- **Aplicação**
- **Conclusões e comentários**
- **Bibliografia**

Introdução

- **Evolução histórica dos modelos de localização**
 - Primeiros modelos
 - Kuehn e Hamburger – 1963
 - Efroymson e Ray – 1966
 - Prog. Linear Inteira Mista (Geoffrion & Graves -1974)
 - Modelos de localização em escala global
 - Tong e Walter – 1980
 - Haug – 1985
 - Bhutta – 2001
- **Evolução dos enfoques:**
 - Enfoque sistêmico (Churchman – 1969)
 - Enfoque nível de serviço (Ballou – 1992)
 - Enfoque em impostos (Yoshizaki – 2002)
- **Níveis de decisão (estratégico, tático, operacional)**

R. Hamad e N.D.F.Gualda

EPUSP

XIX ANPET - Novembro 2005

Revisão Bibliográfica

- Carência de modelos que envolvam escala global
- PLIM é a ferramenta mais indicada para modelos de localização
- Modelos temporais usados principalmente para decisões táticas
- Função Objetivo: Sempre maximizar lucros ou minimizar custos (nível de serviço considerado em apenas alguns casos mas como restrição)
- Número de elos na cadeia tratados: normalmente dois, no máximo três
- Números de produtos: Normalmente um

R. Hamad e N.D.F.Gualda

EPUSP

XIX ANPET - Novembro 2005

O Problema

Cadeia de suprimento típica com quatro elos



O Problema

1. Quais fábricas/CDs/Fornecedores deveriam ser usados?
2. Qual a capacidade a ser instalada?
3. Quem fornece para quem?
4. Análises do tipo *What-if*

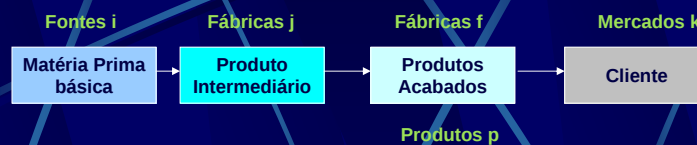
R. Hamad e N.D.F.Gualda

EPUSP

XIX ANPET - Novembro 2005

O Modelo matemático

Decisões



Função objetivo

Minimizar os custos logísticos: Fretes, Valor agregado, Impostos não recuperáveis, Custo de inventário e Custos Fixos

Restrições

- Atender a demanda
- Capacidades
- Balanço Zero em cada Fábrica
- Limitações ligadas à mão-de-obra
- Outras tais como *drawback*

R. Hamad e N.D.F.Gualda

EPUSP

XIX ANPET - Novembro 2005

O Modelo matemático

Variáveis:

- $Trns_{ij}$ = volume do princípio ativo a ser transferido da fonte i para a fábrica j
- $Trns_{jk}$ = volume do princípio ativo a ser transferido da fábrica j para a instalação k
- $Dstr_{mkl}$ = volume do produto m a ser distribuído da instalação k para o mercado l
- Z_j = assume valor 1 se a fonte j for aberta ou 0 em caso contrário
- Z_f = assume valor 1 se a fábrica f for aberta ou 0 em caso contrário

R. Hamad e N.D.F.Gualda

EPUSP

XIX ANPET - Novembro 2005

O Modelo matemático

• Função Objetivo:

$$\begin{aligned}
 \min \quad & CT \\
 CT = & \sum_i \sum_j ((CustT_{ij} + Custb_j) \times Trns_{ij}) \rightarrow (\text{Frete_Transferência_Entre_Fábricas_i_e_j}) \\
 & + \sum_i \sum_j (PracPA_{ij} \times Tax_{ij} \times Trns_{ij}) \rightarrow (\text{Im_preços_entre_fábricas_i_e_j}) \\
 & + \sum_j \sum_k ((CustT_{jk} + Custb_k) \times Trns_{jk}) \rightarrow (\text{Frete_Transferência_Entre_Fábricas_j_e_k}) \\
 & + \sum_j \sum_k (PracPI_{jk} \times Tax_{jk} \times Trns_{jk}) \rightarrow (\text{Im_preços_entre_fábricas_j_e_k}) \\
 & + \sum_m \sum_k \sum_l ((CustD_{mkl} + CustB_{mkl}) \times Dstr_{mkl}) \rightarrow (\text{Custos_de_Distribuição_para_os_mercados}) \\
 & + \left\{ \sum_m \sum_k \sum_l (PracPD_{mkl} \times Tax_{mkl} \times Dstr_{mkl}) \right\} \rightarrow (\text{Im_preços_de_distribuição}) \\
 & + \sum_j (CustFix_j \times Z_j) + \sum_k (CustFix_k \times Z_k) \rightarrow (\text{Custos_Fixos_das_instalações}) \\
 & + \sum_i \sum_j (Custb_j \times Trns_{ij}) \times DOH_1 + 365 \times CC \rightarrow (\text{Custos_de_carregamento_do_estoque_em_j}) \\
 & + \sum_j \sum_k ((\sum_i Cusb_{ij} / n) + Cusb_k) \times Trns_{jk} \times DOH_2 + 365 \times CC \rightarrow (\text{Custos_estoque_em_k}) \\
 & + \sum_l (CustTOP_l \times (Cap_l - \sum_k Trns_{kl})) \rightarrow (\text{Custos_na_Tela_cur_Prop})
 \end{aligned}$$

R. Hamad e N.D.F.Gualda

EPUSP

XIX ANPET - Novembro 2005

O Modelo matemático

- Restrições:

$$Dem_{ml} \leq \sum_k Dstr_{mkl} \quad \forall l, m.$$

Atendimento da demanda

$$\sum_j Trns_{ij} \leq Cap_i \quad \forall i.$$

Capacidades nas fontes i

$$\sum_k Trns_{jk} \leq Cap_j \times Z_j \quad \forall j.$$

Capacidades nas fábricas j

$$\sum_l Dstr_{mkl} \leq Cap_{mk} \times Z_k \quad \forall m, k.$$

Capacidades nas instalações k

$$\sum_l Trns_{ij} = \sum_k Trns_{jk} \quad \forall j.$$

Balanco na fábrica j

$$\sum_j Trns_{jk} = \sum_l \sum_m Dstr_{mkl} \quad \forall k.$$

Balanco nas instalações k

$$Trns_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j.; \quad Trns_{jk} \geq 0 \quad \forall j, k.; \quad Dstr_{mkl} \geq 0 \quad \forall m, k, l.$$

Não negatividade

$$Z_j = \begin{cases} 1, & \text{se a fábrica } j \text{ for aberta} \\ 0, & \text{em caso contrário} \end{cases} \quad \forall j$$

Variáveis Binárias

$$Z_k = \begin{cases} 1, & \text{se a fábrica ou depósito } k \text{ for aberto} \\ 0, & \text{em caso contrário} \end{cases} \quad \forall k$$

R. Hamad e N.D.F.Gualda

EPUSP

XIX ANPET - Novembro 2005

Características do Modelo

- Contribuições do modelo:

- considera mais do que três elos na cadeia
- trata custo de inventário usando giro de estoque esperado
- trata custos *take-or-pay*
- pode tratar benefícios de impostos (ex.: *drawback*)

- Pode ser aplicado em praticamente todo tipo de indústria

- Aplicação usando MSeExcel e Premium Solver

- Tempo de resolução para 1028 variáveis, 16 variáveis binárias, 139 restrições: 2 s (Notebook com Pentium 1,6 GHz e 512 RAM)

R. Hamad e N.D.F.Gualda

EPUSP

XIX ANPET - Novembro 2005

Aplicação

● Multinacional do segmento químico:

- 2 fábricas de princípio ativo
- 6 fábricas de produto intermediário
- 10 fábricas de produto acabado
- 47 mercados (macroregiões)

● Resultados:

- Redução de custos na ordem de dezenas de US\$ milhões
- Modelo usado como “*Global Sourcing Model*” da empresa
- Modelo também aplicado para localização de CDs no Brasil
- Várias análises de sensibilidade possíveis

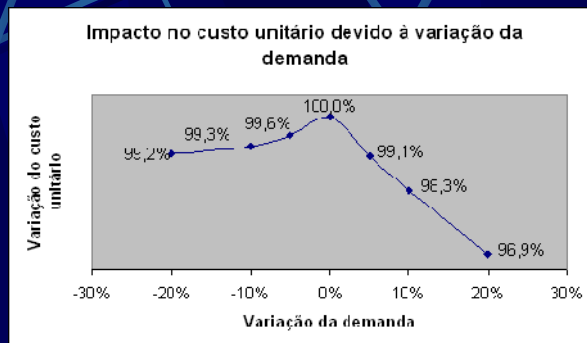
R. Hamad e N.D.F.Gualda

EPUSP

XIX ANPET - Novembro 2005

Aplicação – Análises de Sensibilidade

● Variação da Demanda



- Taxas de câmbio influenciam pouco o resultado
- Nível de serviço afeta moderadamente o desenho da malha
- Benefícios fiscais mudam significativamente o resultado

R. Hamad e N.D.F.Gualda

EPUSP

XIX ANPET - Novembro 2005

Conclusões e Comentários

- O modelo é de larga e fácil aplicação
- Diferencia-se de outros modelos pela inclusão de vários elos da cadeia, tratamento pioneiro dos custos de inventário, tratamento do *drawback* e custos *take-or-pay*
- Para a otimização de uma malha logística a análise sistêmica é fundamental
- Fatores importantes: taxa de câmbio, nível de serviço, impostos, custos fixos e variáveis
- Para evolução do modelo, fatores como sazonalidade e variáveis temporais serão incluídos na análise

R. Hamad e N.D.F.Gualda

EPUSP

XIX ANPET - Novembro 2005

Bibliografia

- Ballou, R. H. *Business Logistics Management*. Englewood Cliffs NJ: Prentice-Hall, 4a edição, 1998.
- Bhutta, K.S. (2004), International facility location decisions: a review of the modelling literature, *International Journal of Integrated Supply Management*, v. 1, n. 1, p. 33-50
- Churchmann, C. W. (1979), *The systems approach*, Delacorte Press, New York. Paperback edition Dell Publishing, New York, 1969, second, revised ed. 1979
- Geoffrion, A. M. (1976), Better Distribution planning with computer models, *Harvard Business Review*, v. 54, p. 92-99
- Love, R. F.; J. G. Morris e G. O. Wesolowsky (1988), *Facilities Location: models & methods*. New York, North Holland, p. 186-203
- Pantalena, B. G. (2004), *Otimização da malha logística de uma indústria química*, Trabalho de formatura, Escola Politécnica da USP, São Paulo
- Yoshizaki, H. T. Y. (2002), *Projeto de Redes de Distribuição Física considerando a Influência do ICMS*, Tese de Livre-Docência, Escola Politécnica da USP, São Paulo

R. Hamad e N.D.F.Gualda

EPUSP

XIX ANPET - Novembro 2005