



AULA 8 – LOCALIZAÇÃO

PRO 5807 – Logística e Cadeias de Suprimento

Prof. Hugo Yoshizaki

2020

HTYY

1



Referências

- Ballou, R.H. *Business Logistics Management*, 5ª. Edição. Cap. 13 e 14. Prentice Hall, 2004.
- Daskin, M.S. *Network and discrete location*, Cap. 1, 7 e 8. Wiley, 1995.
- Watson, M.; Lewis, S.; Cacioppi, P.; Jayayraman, J. *Supply chain network design*. Upper Saddle River NJ: Pearson, 2013. 301p..
- Brandeau, M.L.; S.S. Chiu. An overview of representative problems in location research. *Management Science*, V.35-6, pp. 645-674, 1989.
- Geoffrion, A.M.; R.F. Powers. Twenty years of strategic distribution system design: an evolutionary perspective. *Interfaces*, V.25-5, pp. 105-127, 1995.
- Klose, A; A. Drexl. Facility location models for distribution system design. *European Journal of Operational Research* V.162, pp. 4-29, 2005.
- Nickel, S.; J. Puerto; A.M. Rodríguez-Chía. MCDM location problems. In: Figueira J, Greco S, Ehrgott M (Eds), *Multiple criteria decision making: state of the art surveys*. Springer: Berlin, pp. 761-795, 2005.
- Yoshizaki, H.T.Y.; G. Montibeller. A Framework for Locating Logistic Facilities with Optimisation and Multi-Criteria Value Analysis. *Working Paper LSEOR 09-111*, 2009.
- Zinn, W.; M. Levy; D.J. Bowersox. Measuring the effect of inventory centralization/decentralization on aggregate safety stock. *Journal of Business Logistics* V. 10-1, 1-14, 1989.

HTYY

2



Importância de replanejar rede

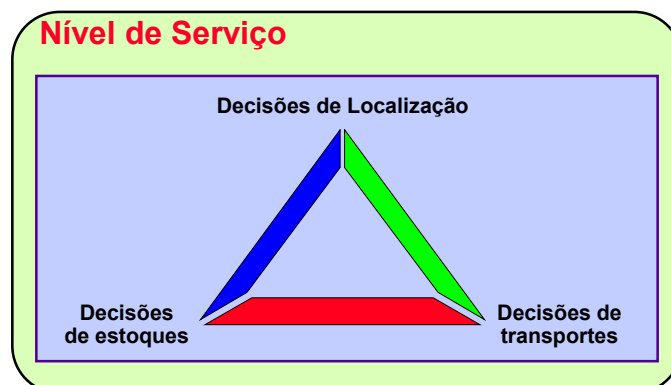
- **Dinâmica empresarial acelerada**
 - Fusões e aquisições
 - Crescimento da demanda
 - Alterações de custos
 - Inovação com novos produtos
 - Exigências de nível de serviço
 - Vantagens fiscais
- **Questões ambientais**
 - Logística reversa
 - Indesejáveis
- **Colaboração na *supply chain***
- **Disponibilidade de ferramentas**

HTYY

3



Elementos do planejamento logístico

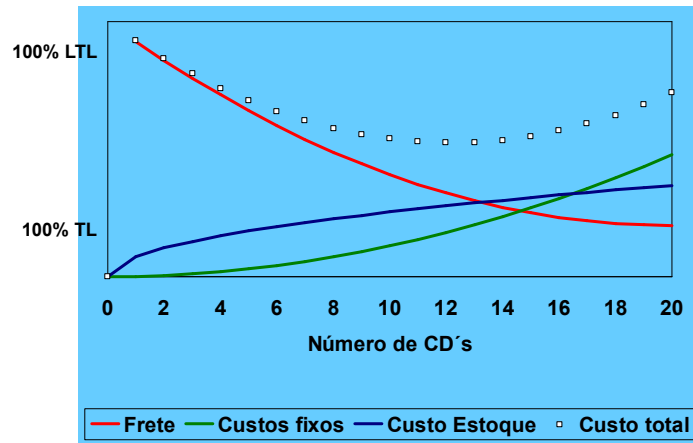


HTYY

4



Análise de custo total



HTYY

J. Masters, 1998

5



O PROBLEMA

- Localização de instalações é um problema muito amplo
 - Governo
 - » Postos de serviço (escolas, corpo de bombeiros, polícia, hospitais)
 - » Administração (Poupa-Tempo, sede administrativa)
 - » Planejamento urbano
 - Setor privado
 - » Serviços: varejo, bancos, seguros, etc
 - » Indústrias: fábricas, armazéns
 - » Operadores logísticos: terminais, CD's, TP's
- LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES LOGÍSTICAS
 - Fábricas
 - Terminais
 - CD's
 - TP's

HTYY

6



Modelagem do problema

- Localização não competitiva (homem vs natureza)
- Localização clássica
 - Otimização
 - Foco na modelagem (não nos métodos)
- Modelos matemáticos: limites da otimização
 - Quantitativo (não qualitativo)
 - Somente aspectos de localização (desempenho do sistema depende também de outros fatores)
- Decisão respondendo a várias questões simultâneas
 - Quantas instalações?
 - Onde?
 - De que dimensão (capacidade)?
 - Quais clientes atende (área de influência)? De quais fornecedores recebe?

HTYY

7



Modelos de rede e discretos (Daskin)

- Cobertura da demanda (# de instalações)
 - Set covering problem
 - Maximum covering problem
- Centro (melhor atendimento possível)
 - Dado # de instalações, maximizar nível de serviço
- Medianas
 - Minimizar distância média (nível de serviço médio)
 - Custos fixos de cada instalação são iguais
- Custos fixos
 - Custos fixos são diferentes
- Extensões
 - Múltiplos objectivos (custo e nível de serviço)
 - Múltiplos produtos
 - Roteirização, hub-and-spoke
 - Dispersão, indesejáveis

HTYY

8



Taxonomia (Daskin)

- **Estrutura espacial (demanda, locais alternativos das instalações)**
 - Planares
 - Grafos ou redes
 - Discretos
- **Problemas de rede ou de árvores**
- **Cálculo de distâncias (euclidiana, retangular)**
- **Quantidade de instalações**
- **Estático e dinâmico**
- **Probabilístico e determinístico**
- **Produto único ou múltiplos produtos**
- **Setor público ou privado**
- **Objetivo único ou múltiplos objetivos**
- **Demanda elástica ou inelástica**
- **Capacidade limitada ou ilimitada**
- **Designação da demanda para instalação mais próxima ou outro critério**
- **Modelos de nível único ou hierárquicos**
- **Instalações desejáveis ou indesejáveis**

HTYY

9



Taxonomias

- | | | |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Ballou<ul style="list-style-type: none">– Driving forces<ul style="list-style-type: none">» Custo» Receita» Cobertura» Indesejáveis– Número de instalações– Espaço de soluções<ul style="list-style-type: none">» Discreto» Contínuo– Agregação dos dados– Horizonte de tempo<ul style="list-style-type: none">» Estático» Dinâmico | <ul style="list-style-type: none">• Daskin<ul style="list-style-type: none">– Espaço de soluções<ul style="list-style-type: none">» Plano x network» Network<ul style="list-style-type: none">• Contínuo• Discreto– Estrutura da rede<ul style="list-style-type: none">» Árvore x grafo– Métrica da distância– Número de instalações– Tempo<ul style="list-style-type: none">» Estático x dinâmico– Determinístico x probabilístico– Produto<ul style="list-style-type: none">» Único x múltiplos | <ul style="list-style-type: none">– Público x privado– Objetivo<ul style="list-style-type: none">» Único x múltiplo– Demanda<ul style="list-style-type: none">– Elástica x inelástica– Capacidade<ul style="list-style-type: none">– Finita x infinita– Designação da demanda<ul style="list-style-type: none">» Mais próximo x Geral– Hierárquico x nível único– Desejável x indesejável |
|--|---|--|

HTYY

10



Centro de Gravidade Simples

- **Objetivo: localizar uma única instalação que minimiza o custo de transporte**
- **Modelo de localização estático contínuo**
- **Pode servir como primeira aproximação**
- **Baseado no cálculo do baricentro do momento de transporte total**
- **Processo iterativo (CG é desconhecido)**
- **Implementado no Logware como COG**

HTYY

11



COG

$$TC = \sum_{i=1}^N V_i R_i K \left[(X_i - \bar{X})^2 + (Y_i - \bar{Y})^2 \right]^T$$

onde

TC = custo total de transportate

N = número de pontos (oferta/demanda).

X_i, Y_i = coordenadas geográficas dos pontos de oferta/demanda.

T = fator de potência para cálculo da distância conforme a fórmula:

$$\text{Distance} = K \left[(X_i - \bar{X})^2 + (Y_i - \bar{Y})^2 \right]^T$$

onde X_i, Y_i representam os pontos o/d e \bar{X}, \bar{Y} representa a instalação desejada. O fator de potência T controla a linearidade da distância entre pontos. O valor de T é normalmente 0.5 (linha reta).

K = fator de escala para corrigir as distâncias.

V = volume originado no ponto o/d, em unidades.

R = frete unitário entre ponto o/d e a instalação, expressa em unidades apropriadas, como \$/unit/km.

HTYY

12



Múltiplos Centros de Gravidade

- Calcula o COG de combinações de grupos, até encontrar o mínimo
- Método iterativo
- Costuma empregar heurísticas
- Implementado no Logware como MultiCOG

HTYY

13



MultiCOG

$$\text{Min } TC = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N V_{ij} R_{ij} K \sqrt{(X_i - \bar{X}_j)^2 + (Y_i - \bar{Y}_j)^2}$$

onde

- TC = custo total de transporte
 i = índice do ponto de demanda (sorvedouro) até o total de N
 j = índice da instalação (fonte) até o total de M
 V_{ij} = volume associado com um ponto de demanda
 R_{ij} = taxa de frete para um ponto de demanda (a partir de uma fonte)
 X_i, Y_i = coordenadas de um ponto de demanda (ou suprimento)
 \bar{X}_j, \bar{Y}_j = coordenadas para o local da instalação j .
 K = fator de escala para converter as coordenadas em unidades de distância

HTYY

14



P-medianas

- **Objetivo: localizar múltiplas instalações minimizando custos fixos e de transporte**
- **Modelo de localização estático discreto**
- **Toda demanda de um ponto recai em uma e uma única instalação**
- **Problema de programação linear inteira**
- **Pode ser resolvido no Solver do Excel**
- **Implementado no Logware como PMED**

HTYY

15



PMED

$$\text{Minimize } TC = \sum_i \sum_j V_i R_i d_{ij} X_{ij} + \sum_j F_j Y_j$$

subject to:

$$\sum_j X_{ij} = 1 \quad (\text{for all } i)$$

$$\sum_i X_{ij} \leq M Y_j \quad (\text{for all } j)$$

$$\sum_j Y_j = p$$

$$X_{ij} = (0,1) \quad (\text{for all } i, j \text{ pairs})$$

$$Y_j = (0,1) \quad (\text{for all } j)$$

$$X_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{if demand or supply node } i \text{ is assigned to facility } j \\ 0, & \text{if otherwise} \end{cases}$$

$$Y_j = \begin{cases} 1, & \text{if } j \text{ is open} \\ 0, & \text{if not open or a candidate site} \end{cases}$$

TC = total transportation and facility fixed costs

i = demand or supply point (sink) number up to a total of N

j = candidate facility (source) number up to a total of M

V_i = volume of demand or supply point i

R_i = transportation rate associated with demand or supply point i

d_{ij} = distance between demand or supply point i and facility j

p = number of facilities to locate

HTYY

16



Problema de Distribuição Multiproduto



- Cada destino (mercado) é 100% atendido a partir de um e um único depósito
- Não é possível usar problema de transbordo com custos fixos
- Usar modelo de Geoffrion & Graves!
- Empregar o MIPROG IIP02 (Logware)

HTYY

17



Modelo Geoffrion & Graves

$$\min \sum_{ijkl} C_{ijkl} X_{ijkl} + \sum_k \left[f_k z_k + v_k \sum_l \left(\sum_i D_{il} \right) y_{kl} \right]$$

sujeito a:

$$\sum_k \sum_l X_{ijkl} \leq S_{ij} \quad \forall i, j$$

$$\sum_j X_{ijkl} = D_{il} y_{kl} \quad \forall i, k, l$$

$$\sum_k y_{kl} = 1 \quad \forall l$$

$$V_k z_k \leq \sum_l \left(\sum_i D_{il} \right) y_{kl} \leq \bar{V}_k z_k \quad \forall k$$

$$y, z \in \{0, 1\} \text{ e } X \geq 0$$

S_{ij} : capacidade de produção do produto i na planta j
 D_{il} : demanda para o produto i do cliente da zona de demanda l
 V_k, \bar{V}_k : mínimo e máximo de posse anual permitido para o armazém k
 f_k : parcela fixa de posse e custos para o armazém no local k (anuais)
 v_k : custos unitários do armazém k
 C_{ijkl} : custo unitário de produção, manuseio e embarque do produto i da planta j através do armazém k para clientes da zona l
 X_{ijkl} : variável denotando o montante do produto i enviado da planta j através do armazém k para clientes da zona l
 y_{kl} : variável binária que será 1 se o armazém k atender o cliente da zona l , e 0 caso contrário
 z_k : variável binária que será 1 se o armazém k for aberto, e 0 caso contrário

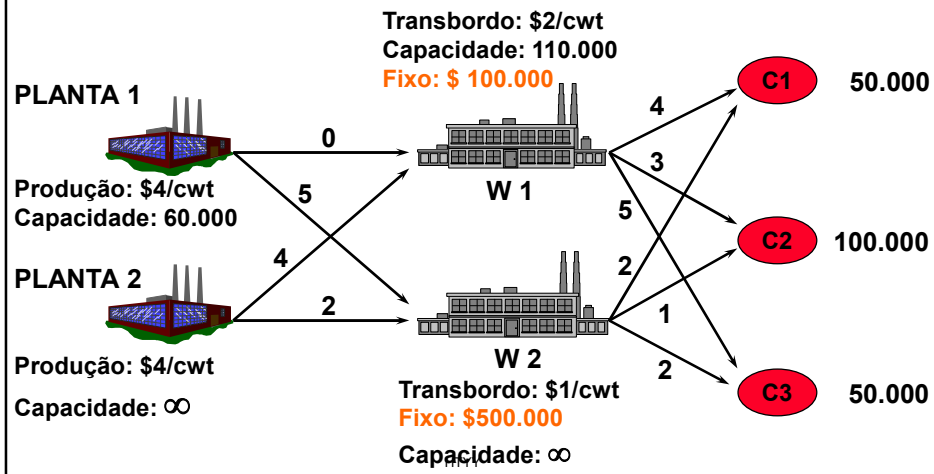
HTYY

18



Quadro 13.5: Produto 1

Não considera custos DE ESTOQUES

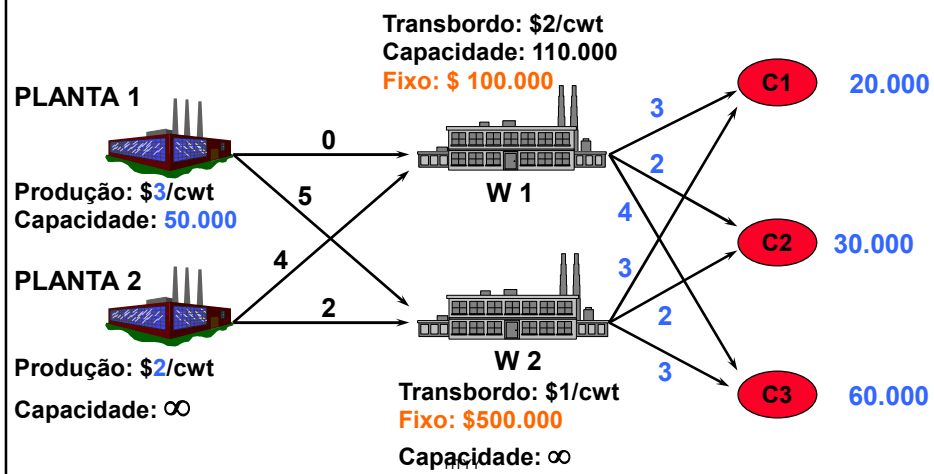


19



Quadro 13.5: Produto 2

Não considera custos DE ESTOQUES



20



Cobertura de nós (set covering)

A Atlasada Ltda. deseja localizar postos de atendimento de manutenção de emergência para seus elevadores e escadas rolantes. Por questões contratuais, o tempo máximo para uma equipe chegar a um local para atendimento de emergência é de 30 minutos a partir da chamada. A cidade foi dividida em seis zonas onde chamadas podem ser feitas e onde os postos de manutenção podem ser instalados. Os tempos de resposta, em minutos, estão na tabela abaixo. Monte um problema de programação inteira que permita minimizar o número de postos abertos, atendendo as restrições de tempo de atendimento. Os tempos de resposta são simétricos.

Da zona	Para a zona					
	1	2	3	4	5	6
1	5	15	45	75	75	45
2		5	60	90	45	15
3			5	30	75	45
4				5	30	60
5					5	25
6						5

HTYY

21



Modelo matemático

$$\begin{array}{ll}
 \text{Min} & x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 \\
 \text{s.a.} & x_1 + x_2 \geq 1 \\
 & x_1 + x_2 + x_6 \geq 1 \\
 & x_3 + x_4 \geq 1 \\
 & x_3 + x_4 + x_5 \geq 1 \\
 & x_4 + x_5 + x_6 \geq 1 \\
 & x_2 + x_5 + x_6 \geq 1 \\
 & x_j = 0,1
 \end{array}$$

Objetivo: minimizar número de postos abertos

Restrições: garantir que pelo menos um posto atende uma região

HTYY

22



Exercício (sala)

- Compare a taxonomia do Capítulo 13 do Ballou com a taxonomia de Daskin.
- Faça uma crítica de ambas taxonomias

HTYY

23



Dados para localização

- Fatores quantitativos:
 - Lista de todos produtos do mix atual e futuro
 - Localização de clientes, pontos de estoque e origens
 - Demanda de cada produto por local/cliente
 - Fretes ou custos de transportes
 - Tempos de trânsito, transmissão de pedidos e indicadores de atendimento (order fill)
 - Custos de armazenagem, compras e produção
 - Tamanhos de lote por produto
 - Níveis de estoque por local, produto e métodos de reposição
 - Padrões de pedidos por frequência, lote e sazonalidade
 - Custos de pedidos
 - Custos de capita
 - Metas de nível de serviço
 - Restrições de capacidade de equipamentos e instalações

HTYY

24



Demanda

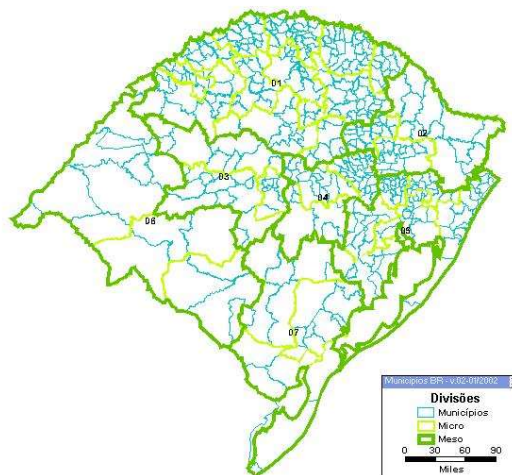
- **Produtos agregados em famílias**
- **Curto prazo**
 - Métodos tradicionais de previsão (estatísticos)
- **Longo prazo**
 - Métodos menos estruturados (ver tabela 8-1)
- **Como agregar a demanda:**
 - CEP
 - IBGE
 - » Município
 - » Micro-região
 - » Meso-região
 - » Estado

HTYY

25



Micos e mesos



HTYY

26



Estimativas de custos de transporte

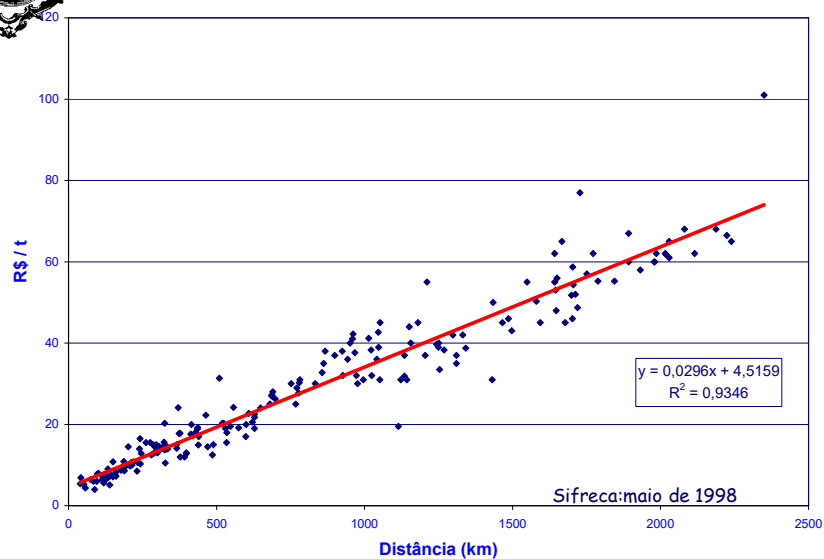
- **Grande número de rotas:**
 - 2 famílias de produtos, 5 categorias de frete, 200 clientes, 5 depósitos e 2 fábricas:
 - $2 \times 5 \times 200 \times 5 \times 2 = 20.000$ fretes diferentes (!)
 - Uso de métodos adequados para estimar fretes (automatizados)
- **Regressão simples ou múltipla**
 - Custo = função (distância, tipo de carga, volume)
 - Pacotes estatísticos
 - Planilhas eletrônicas: exemplo congelados
- **Planilhas prontas**
 - TM etc

HTYY

27



Fretes de Soja - R\$/t



HTYY

28



Estimativas de outros custos

- **novas facilidades**
 - Instalação
 - Manutenção
 - Economias de escala
- **operação/transbordo/filas**
- **estoques e armazenagem**
 - relação estoques-vendas totais (rotação)
 - observar real administração da rotatividade do estoque
 - usar modelo de regressão com rotatividade desejada ou atual dos depósitos

HTYY

29



Exercício (Daskin)

- **Classifique os diversos modelos de localização do artigo Kloze e Drexl, 2005, usando a taxonomia de Daskin.**

HTYY

30