



Modelos analíticos de localização – Parte 2

**PRO 5807 – Logística e Cadeias de
Suprimento**

Prof. Hugo Yoshizaki

2020

HTYY

1



4 - Problema de Transporte/Transbordo

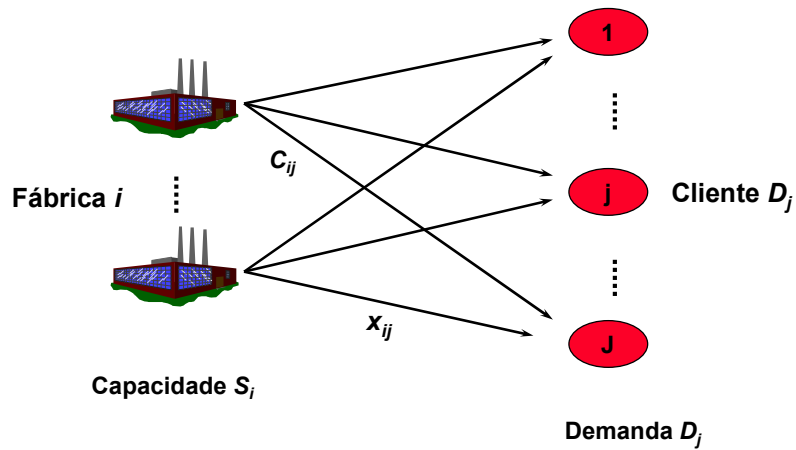
- **Problema de programação linear que pode ser tratado por algoritmo especial (dual)**
- **Pode ser resolvido pelo Solver ou outro software de PL normalmente**
 - O problema não precisa estar balanceado
 - Transporte: dois estágios (origem/destino)
 - Transbordo: três estágios (origem/intermediário/destino)
- **Considera apenas custos variáveis (transporte, movimentação interna, etc)**

HTYY

2



Representação como grafo



HTYY

3



PROBLEMA DE TRANSPORTE

$$\text{FO: } \min C_L = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij}$$

S.T.

$$\sum_{j \in J} x_{ij} \leq S_i, \forall i \in I$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \geq D_j, \forall j \in J$$

$$x_{ij} \geq 0, \forall i, j$$

x_{ij} = fluxo entre fábrica i e cliente j

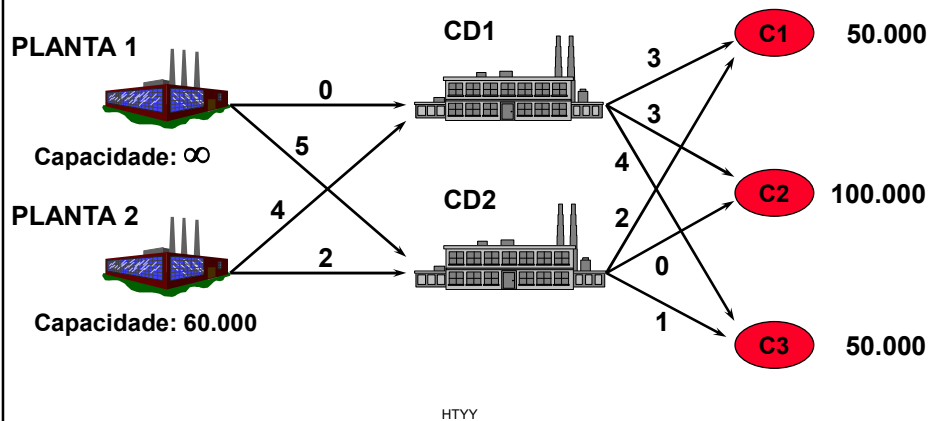
c_{ij} = custo unitário de produção + distribuição

HTYY

4



Exemplo 2 - transbordo

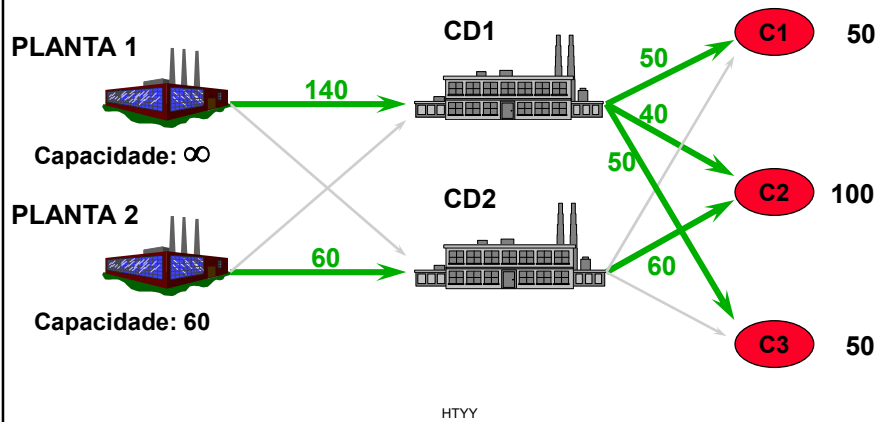


5



Solução Logware

CUSTO TOTAL = 590 MIL

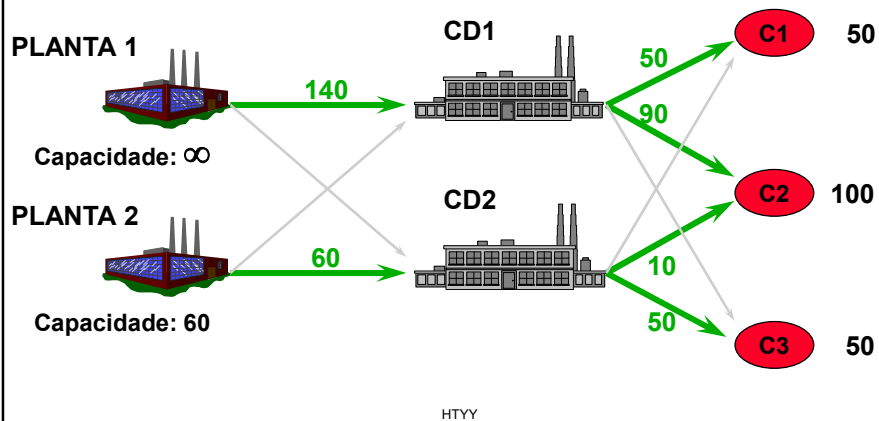


6



Solução Solver

CUSTO TOTAL = 590 MIL



7



Consideração de custos fixos

- Dificulta o problema, pois precisa achar melhor combinação de custos fixos e variáveis
- Programação inteira mista
- Dificuldades matemáticas



HTYY

8



5 - Problema de Transbordo com Custos Fixos

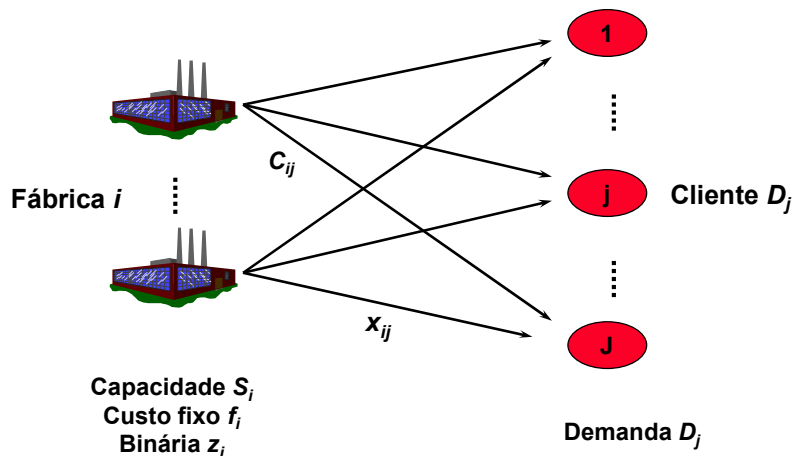
- Vamos incluir custos fixos nos depósitos (centros de transbordo)
- Custos fixos nas fábricas podem ser incluídos de forma semelhante
- Custos fixos podem incluir itens diversos (aluguel, amortização de capital, depreciação, pessoal, etc)
- Como implementar modelo
 - No Logware: MILP
 - SWs de PLI são mais práticos
 - Pode gerar uma demanda atendida por mais de uma origem (como antes)

HTYY

9



Single commodity, capacitated facility location problem (SCFL')



HTYY

10



Modelo SCFL'

(Aikins, 1985; Klose & Drexl, 2005)

$$\text{FO: } \min C_L = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} + \sum_{i \in I} f_i z_i$$

s.r.

$$\sum_{j \in J} x_{ij} \leq S_i z_i, \forall i \in I$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = D_j, \forall j \in J$$

$$x_{ij} \geq 0, \forall i, j$$

$$z_i \in \{0,1\}$$

x_{ij} = fluxo entre fábrica i e cliente j

c_{ij} = custo unitário de produção + distribuição

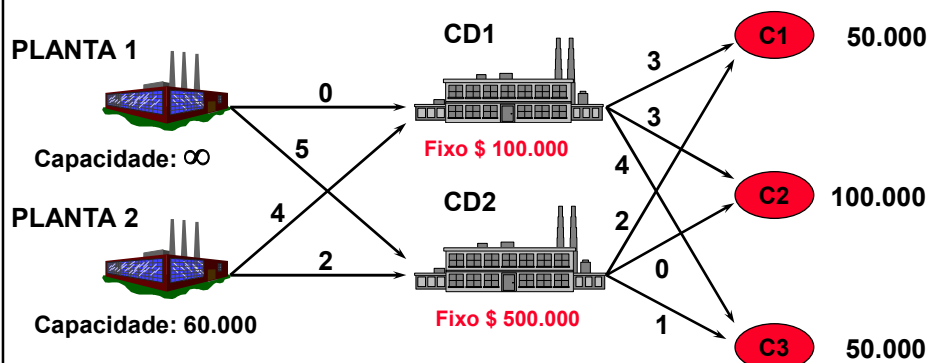
f_i = custo fixo da fábrica

HTYY

11



Exemplo 2 com custos fixos



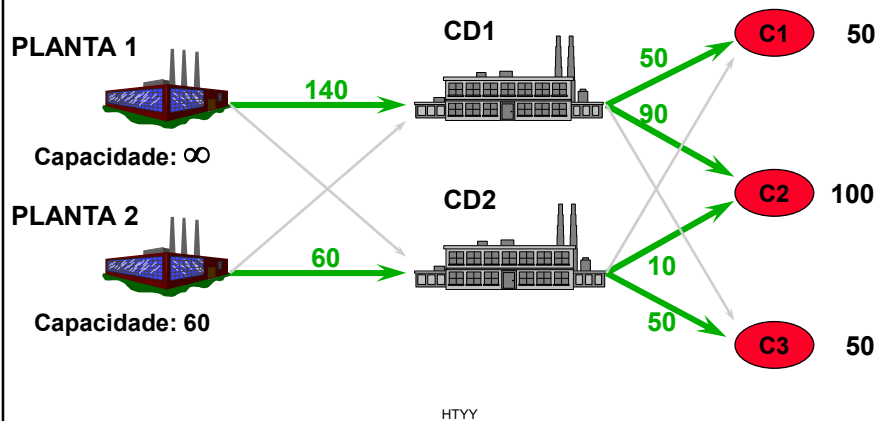
HTYY

12



Solução Solver sem fixos

CUSTO VARIÁVEL = 590 MIL
CUSTO TOTAL = 1.190 MIL

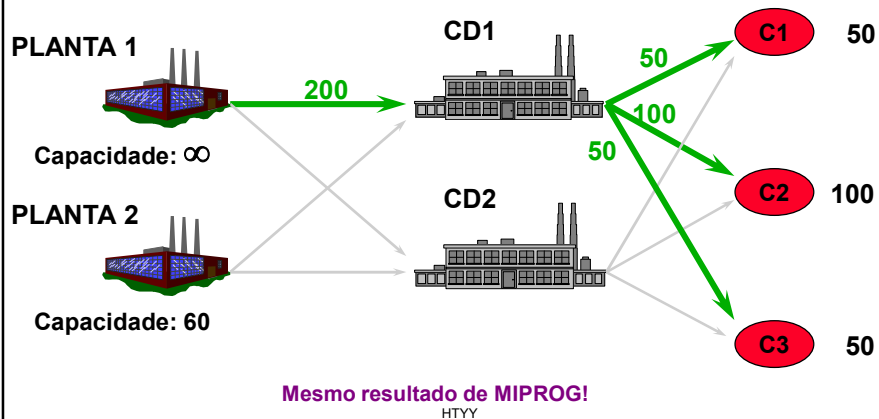


13



Solução Solver **COM** fixos

CUSTO VARIÁVEL = 650 MIL
CUSTO TOTAL = 750 MIL



14



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 Ilp02 (Logware)

HTYY

15



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

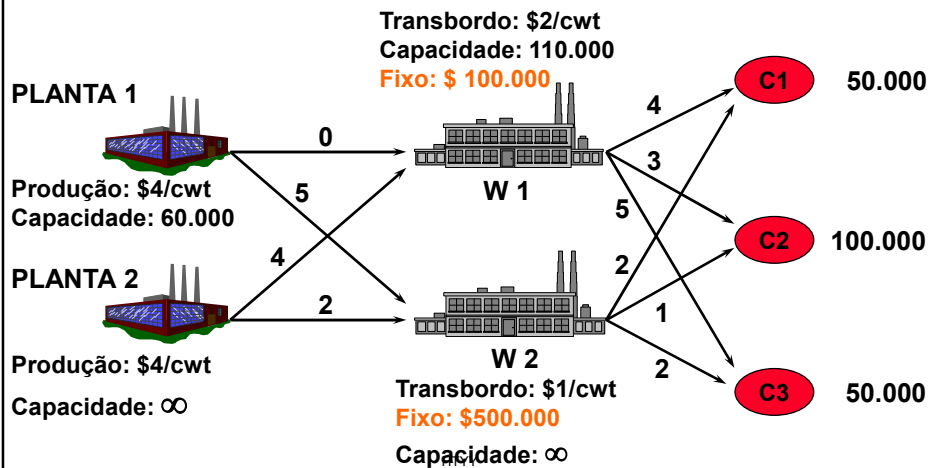
HTYY

16



Quadro 13.5: Produto 1

Não considera custos DE ESTOQUES

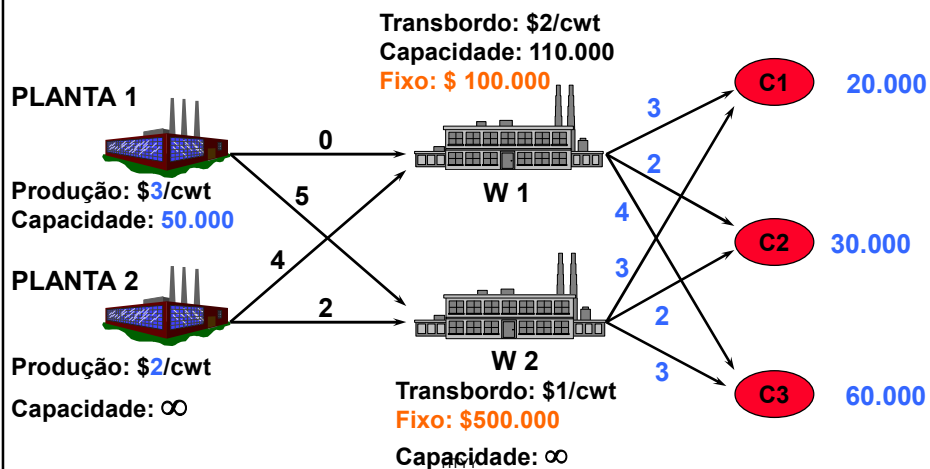


17



Quadro 13.5: Produto 2

Não considera custos DE ESTOQUES



18



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

19



Modelo matemático

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

Objetivo: minimizar número de postos abertos

Restrições: garantir que pelo menos um posto atende uma região

HTYY

20



Exercício (Daskin)

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

HTYY

21



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

22



Demanda

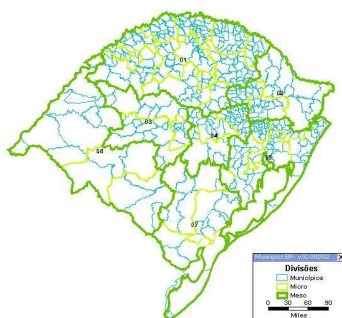
- **Produtos agregados em famílias**
- **Curto prazo**
 - Métodos tradicionais de previsão (estatísticos)
- **Longo prazo**
 - Métodos menos estruturados (ver tabela 8-1)
- **Como agregar a demanda:**
 - CEP
 - IBGE
 - » Município
 - » Micro-região
 - » Meso-região
 - » Estado

HTYY

23



Micros e mesos



HTYY

24



Regiões geográficas intermediárias e imediatas



HTYY

25

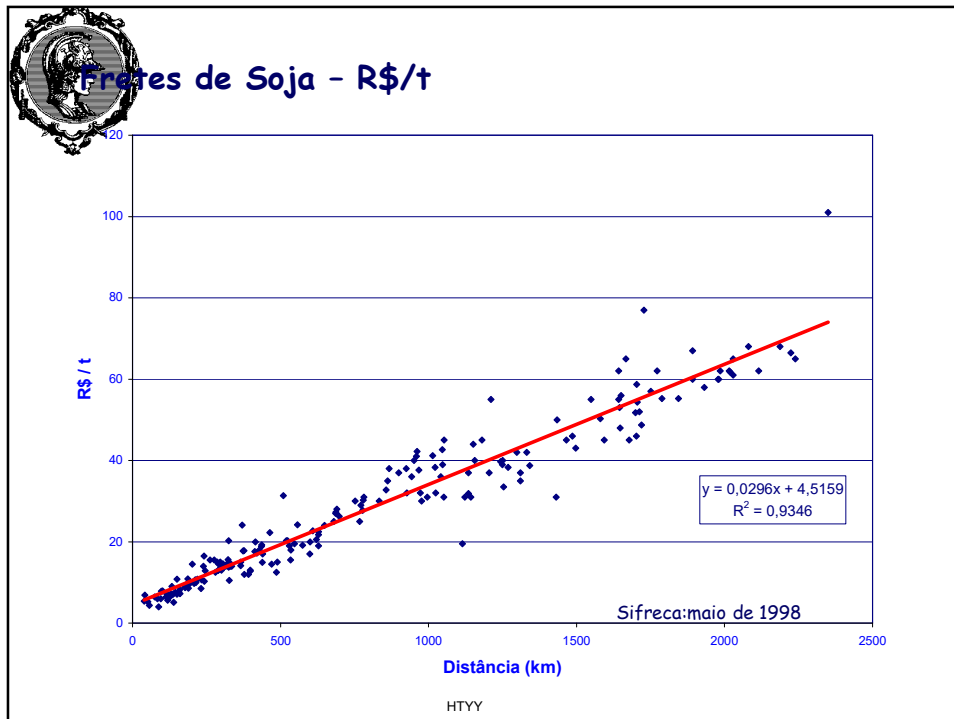


Estimativas de custos de transporte

- **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

26



27

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

28