



PRO 5807- LOGÍSTICA E CADEIAS DE SUPRIMENTOS

Prof. Dr. HUGO T.Y. YOSHIZAKI
Depto. Engenharia de Produção
Escola Politécnica - USP
Agosto 2019



Agenda

- **Evolução do conceito de logística**
- **Definição**
- **Linha do tempo**
- **Custo total**
- **Hierarquia de decisão e modelo topológico**
- **Logística e modelos matemáticos**
- **Próxima aula: Estoques**
 - **Trazer exercício 1 (em equipe)**
 - » **Taxonomia de Reisman**
 - **Engenheiras/os de produção (cabeça de chave)**



Importância da Logística

- **Logística trata do projeto e da administração de sistemas de fluxo de materiais (transporte, estoque, armazenagem) e de suas informações relacionadas**
 - 1836: Jomini usa o termo *logistique* em *Precis de L'art de la guerre*.
- **Logística é importante para sociedade, economia e meio-ambiente:**
 - » Atividade meio fundamental para consecução de outras
 - » Frota brasileira de caminhões tem 1,6 milhões de veículos (ANTT 2008)
 - » Gasto logístico equivale a 11,6 % do PIB Brasil (2008)
 - » Transporte é segundo maior gerador de CO₂, 7 bilhões t em 2005 (OECD)
- **Logística Empresarial** está vinculada à estratégia de negócios
 - “Produto certo no lugar certo no prazo certo na condição correta”



SUPRIMENTO (ADM. DE MATERIAIS)



Transporte
Estoque
Processamento
de pedido
Compras
Embalagem
Armazenagem
Manuseio
Comunicações
Informações

DISTRIBUIÇÃO FÍSICA

Transporte
Estoque
Processamento
de pedido
Programação de
entregas
Embalagem
Armazenagem
Manuseio
Comunicações
Informações

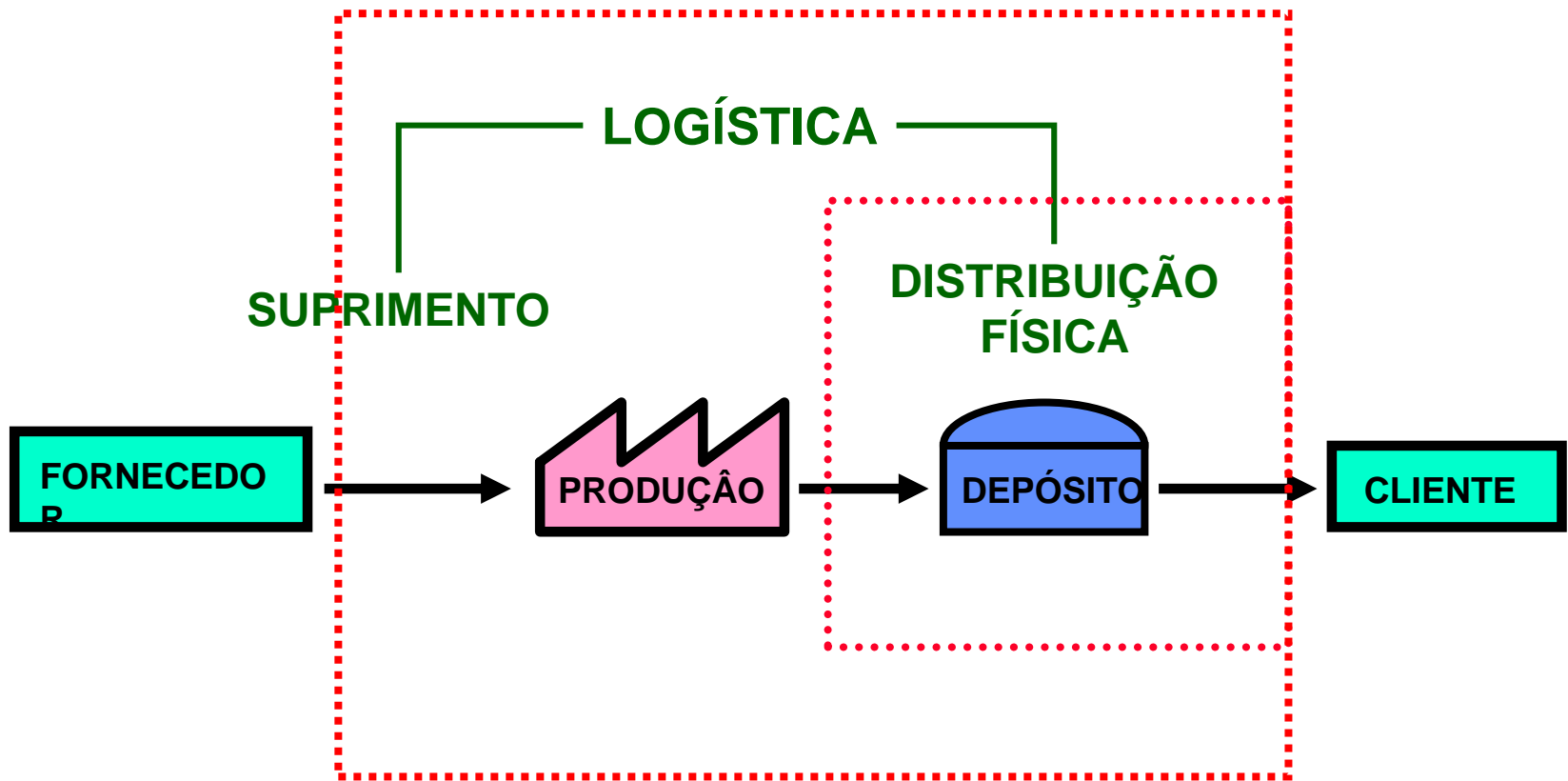


Enfoque sistêmico

- **C. West Churchman; Russel Ackoff; Peter Checkland**
- **Contraponto ao enfoque reducionista (Taylor, Ford)**
- **Sistema artificial**
 - » **Objetivo**
 - » **Finalidade**
 - » **Partes que interagem**
 - » **Funções**
 - » **Propriedade emergente**



Logística como sistema



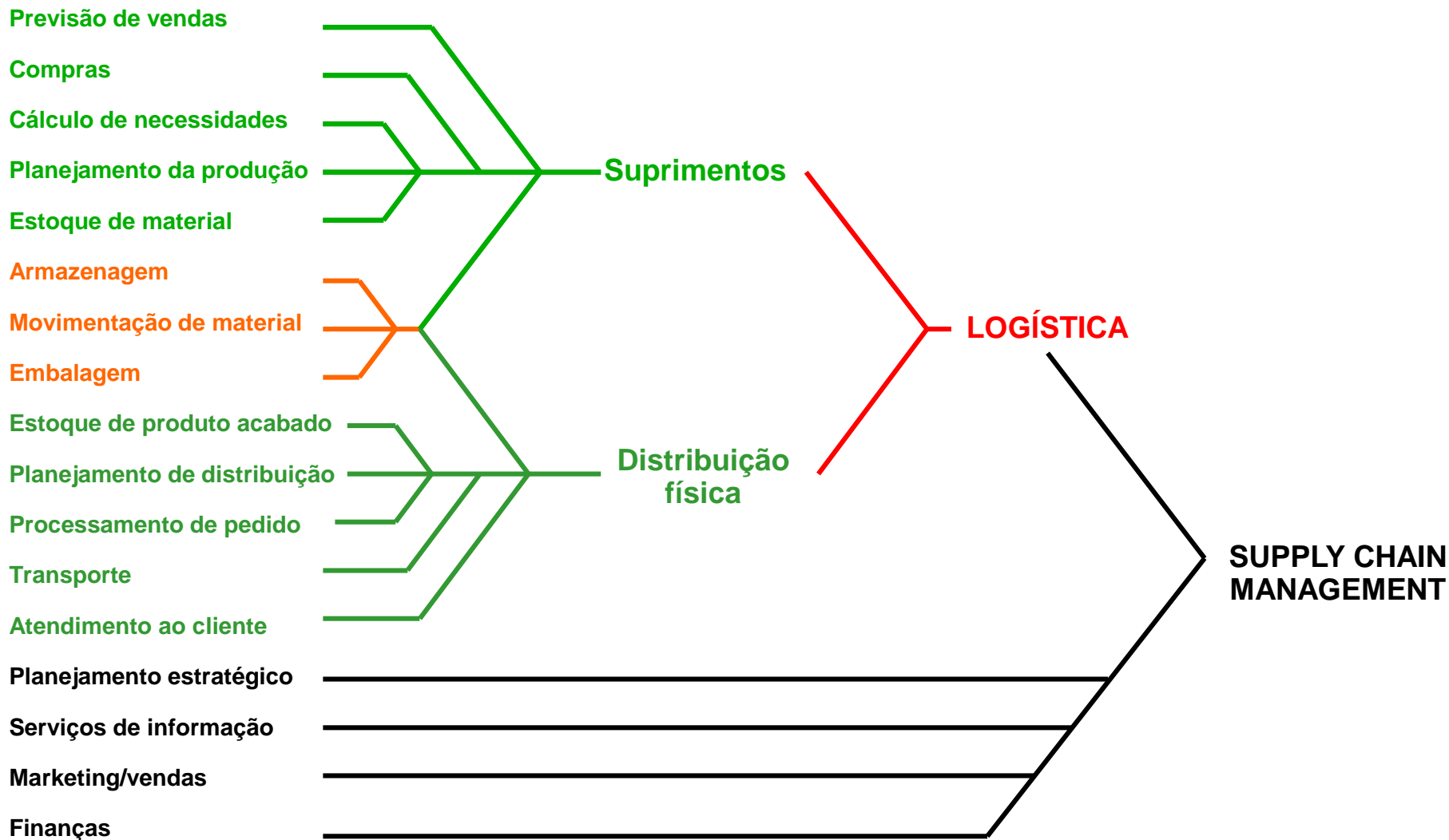
Integração de atividades na mesma empresa



Fragmentação de atividades até 1960

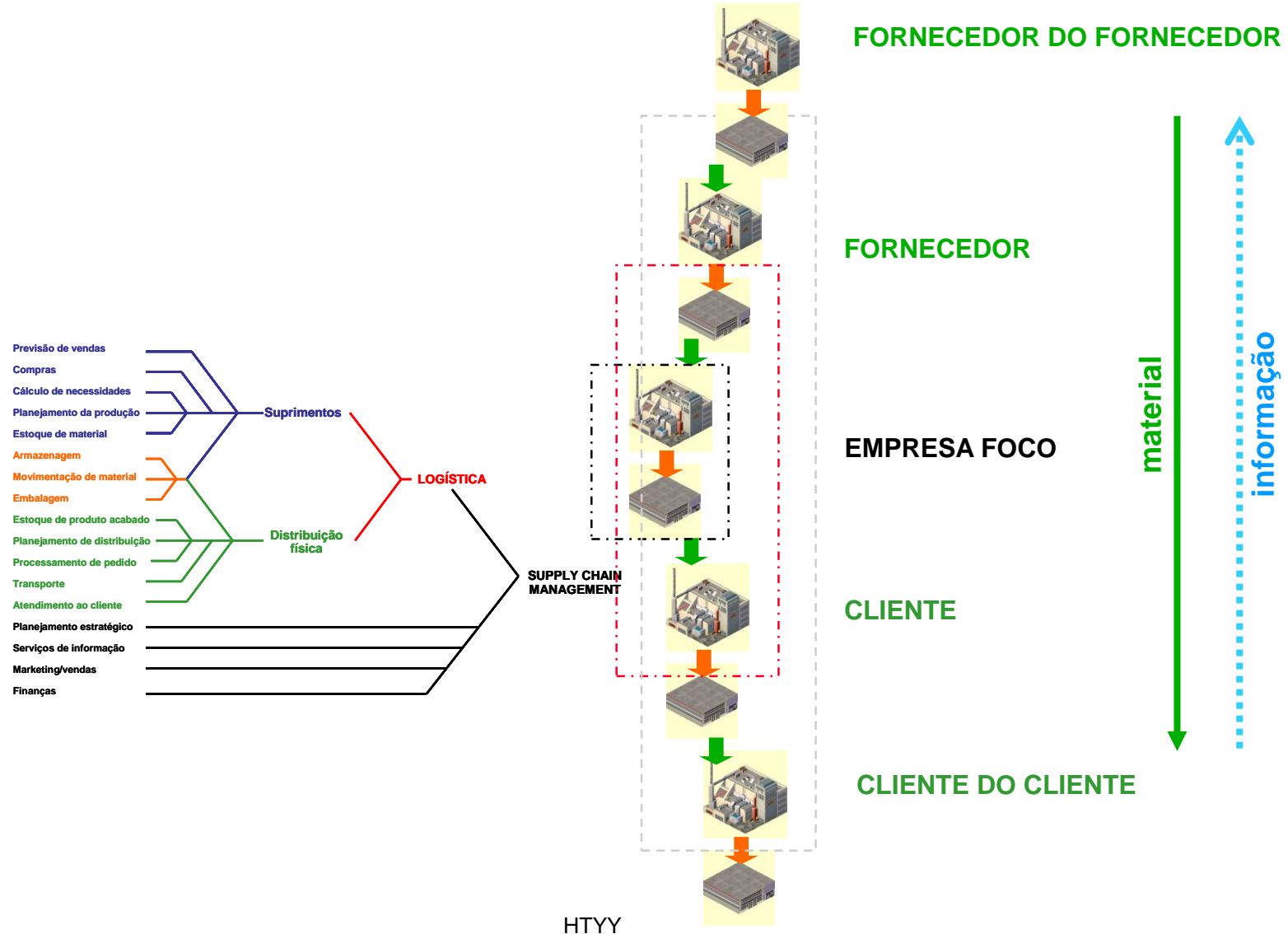
Integração de atividades de 1960 até 2000

Após 2000





Integração externa





Definição

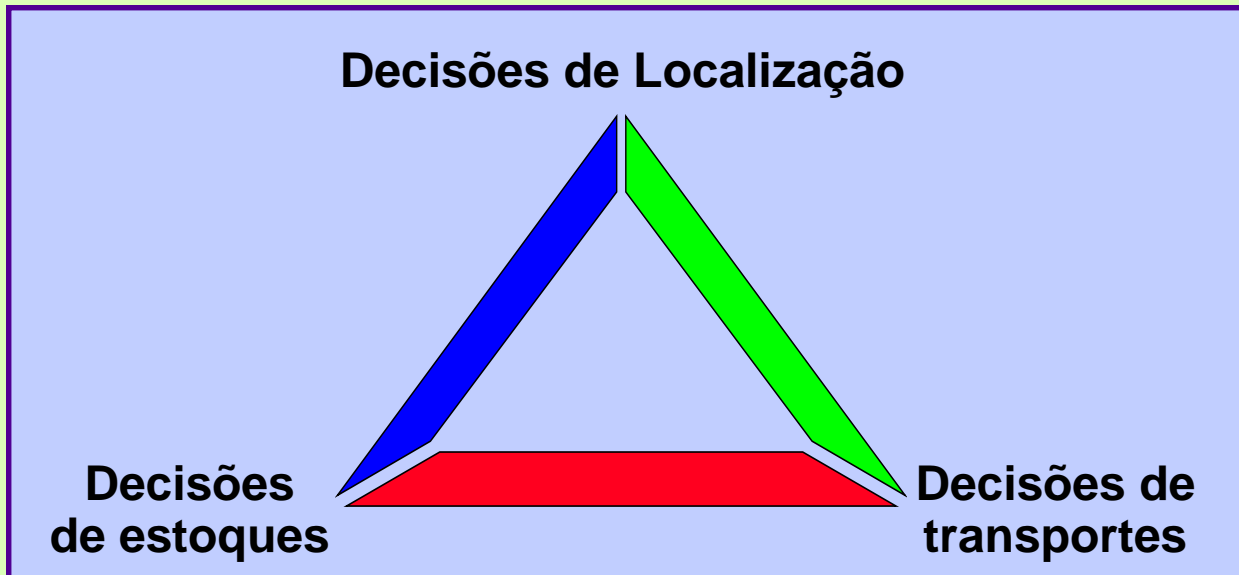
- **Conforme o Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP, 2009):**
 - “Logística é a parte do Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain Management*) que planeja, implementa e controla, de maneira eficiente e eficaz, o fluxo direto, o fluxo reverso e a armazenagem de bens, serviços e informações relacionadas desde o ponto de origem até o ponto de consumo com o propósito de atender os requisitos dos clientes”
 - “*Supply Chain Management* abrange o planejamento e o gerenciamento de todas as atividades envolvidas no suprimento, compras, transformação e logística. Em particular, inclui também a coordenação e a colaboração com parceiros de canal, que podem ser fornecedores, intermediários, operadores logísticos e clientes. Em suma, *Supply Chain Management* integra o gerenciamento do abastecimento e da demanda dentro das empresas e entre elas.”





Elementos do planejamento logístico

Nível de Serviço





Linha do tempo 1800-2019



Atividades isoladas

Logística integrada

Supply Chain Mngt

e-SCM

Jomini
Logistique

1836

Dia D
Normandia

1944

Custo Total

1956

Heskett
*Business
Logistics*

1964

Crise
Petróleo
Juros

1970's

IBM PC
JIT
TQM

1980's

Globalização
Internet

1990's

Inovação
Colaboração

2000's

Green
ICT
Human.

2010's



Complexidade cresce

Escala
Escopo
Geografia
Tempo de ciclo
Sistema...



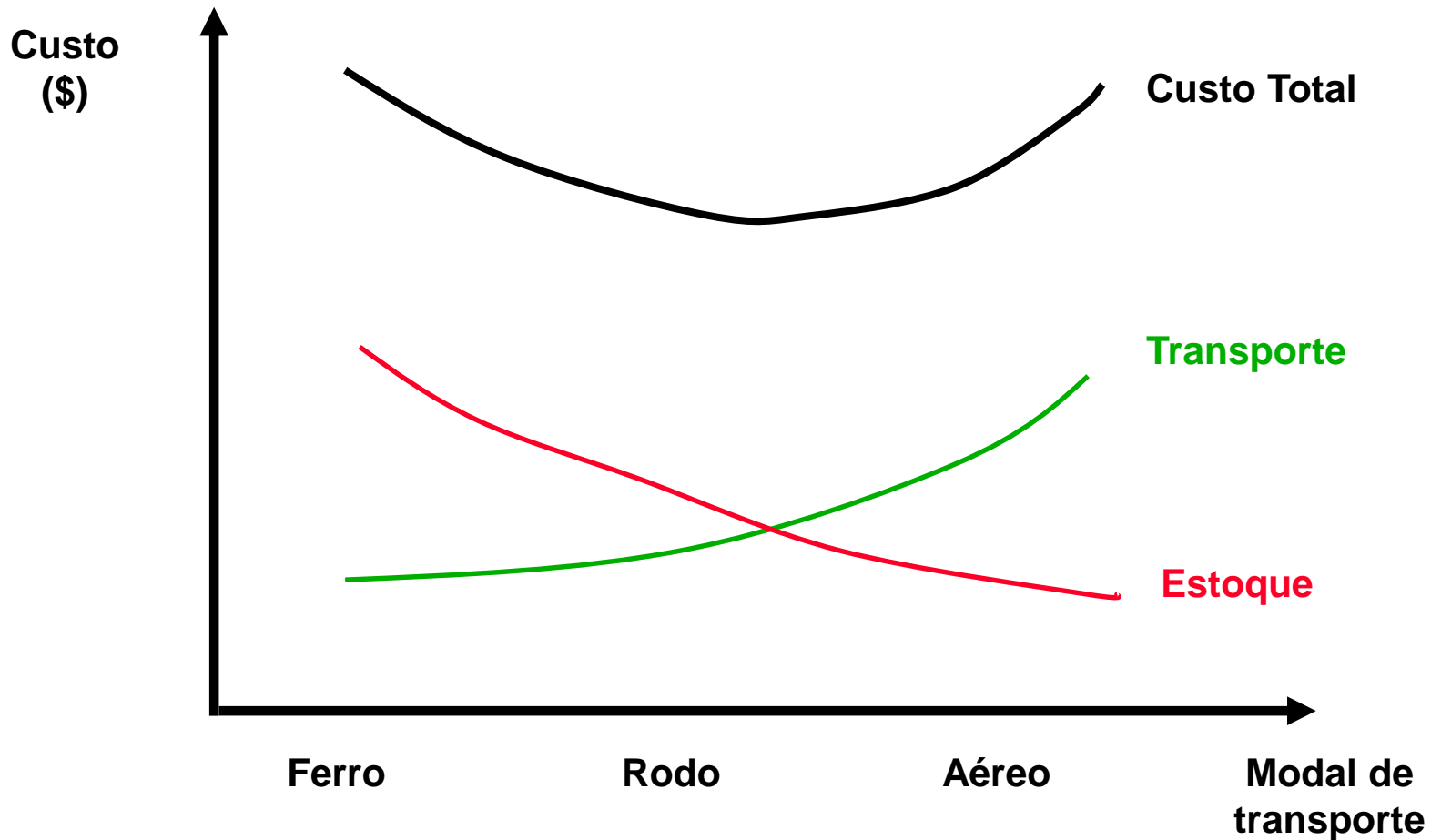
Custo Total

- Levar em consideração TODOS os custos componentes (**processo**)
- Custos componentes podem ter comportamento **antagônico**
- Minimizar o CUSTO TOTAL do sistema: ferramenta de análise de **DECISÃO**
- “Ótimo de uma parte não necessariamente leva ao ótimo do todo.”

$$C_{\text{total}} = C_{\text{obtenção}} + C_{\text{transferência}} + C_{\text{estoque}} + C_{\text{entrega}} + C_{\text{vendas perdidas}}$$

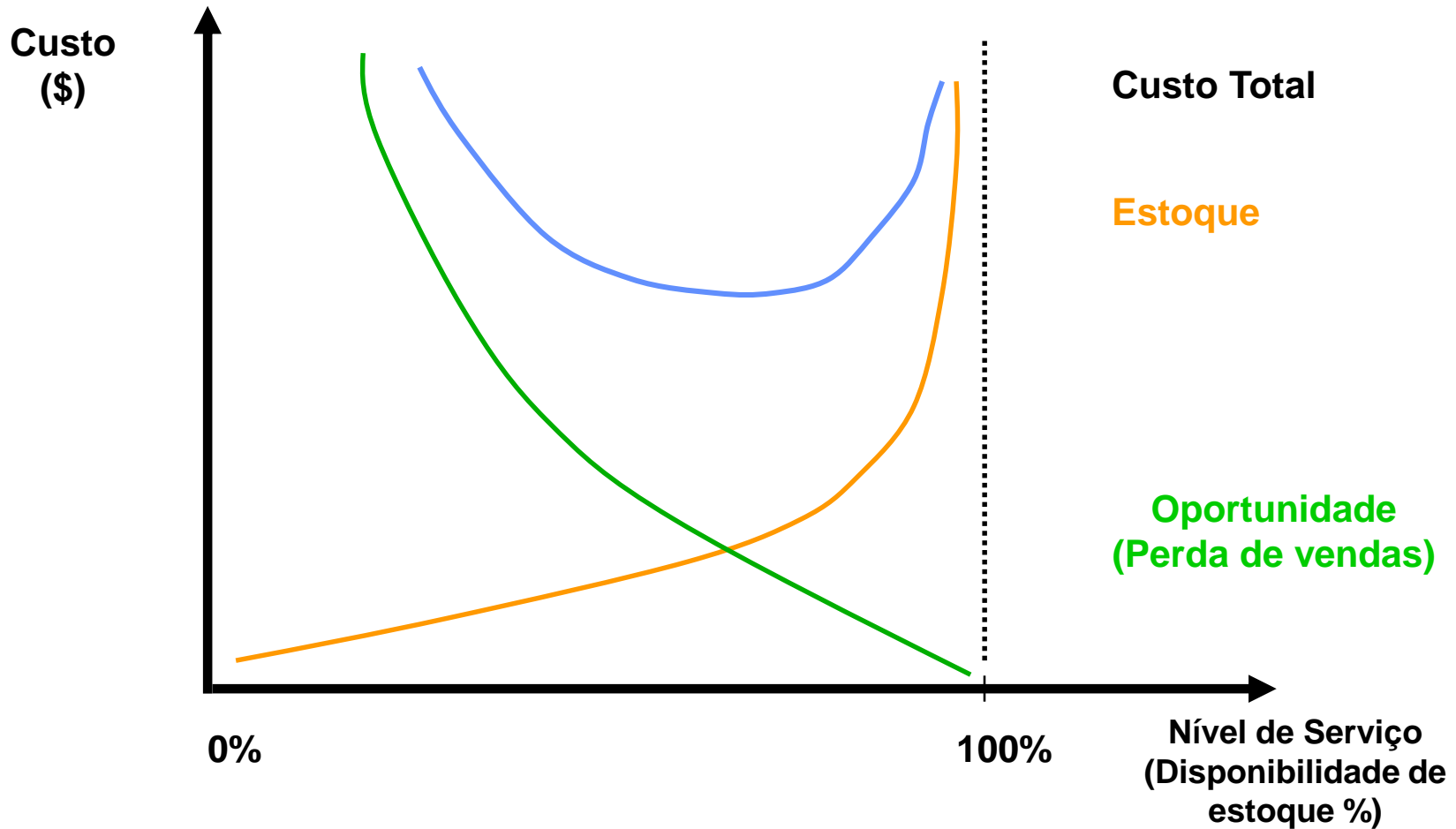


1 - Transporte vs Estoque



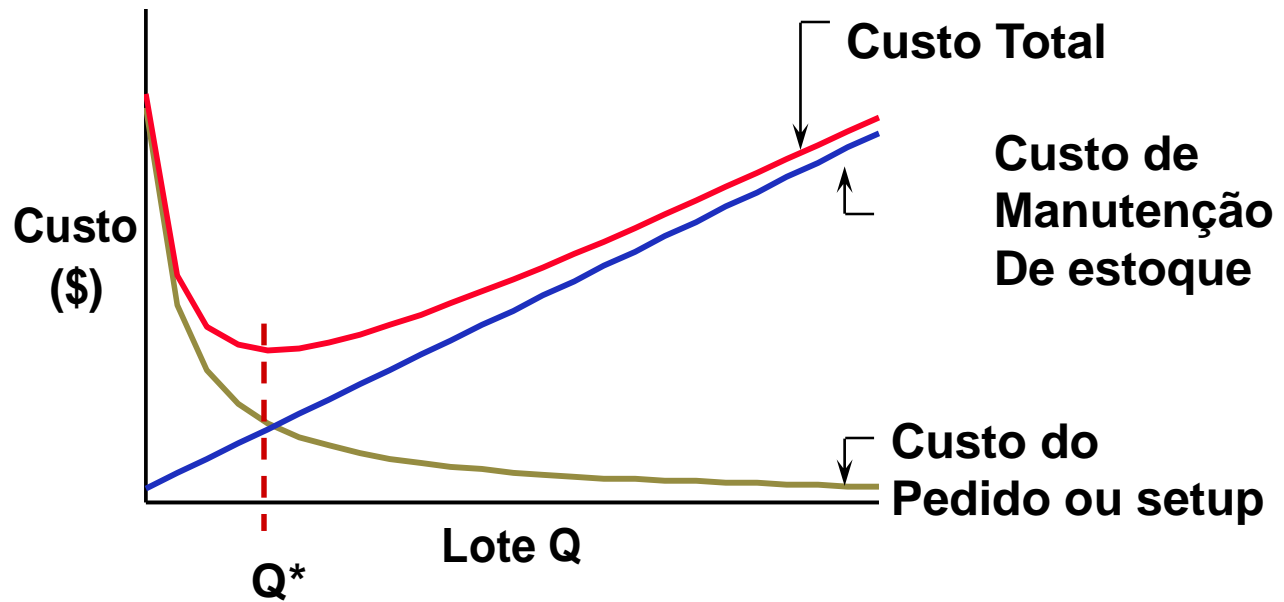


2 – Disponibilidade vs Estoque





3 - Lote vs Estoque



Lote econômico de compra ou produção = Q^*



Lote econômico Q^*

- Mínimo custo total de estoque

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot CP \cdot D}{CE}}$$

CP = custo por pedido (fixo por pedido ou setup)

D = consumo por período

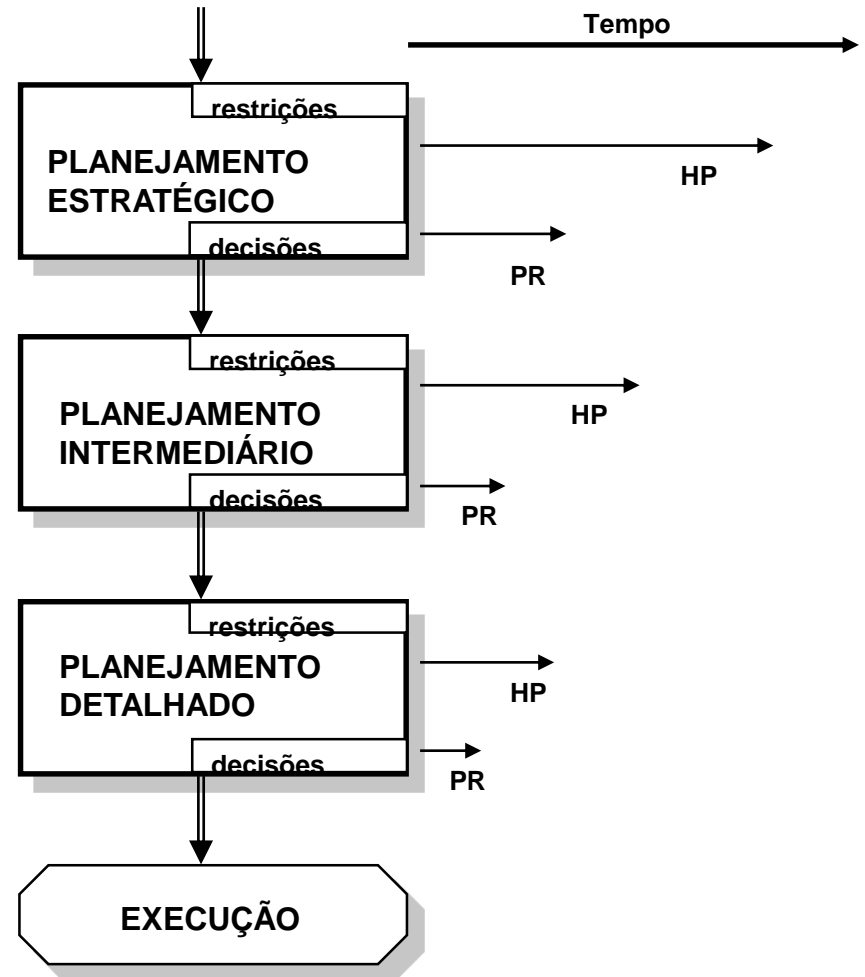
PU = custo unitário do item

**CE = custo unitário de manutenção de estoque
por período**



Hierarquia de decisões

- **Visão sistêmica implica em hierarquia**
 - Espacial (atividade-Empresa-cadeia-economia)
 - Tempo (dinâmica)
 - Decisão
- **Hierarquia de decisão**
 - Níveis conforme horizonte de planejamento, período de revisão e agregação de itens
 - Decisão em um nível superior é restrição para o nível inferior



HP - Horizonte de planejamento
PR - Período de revisão

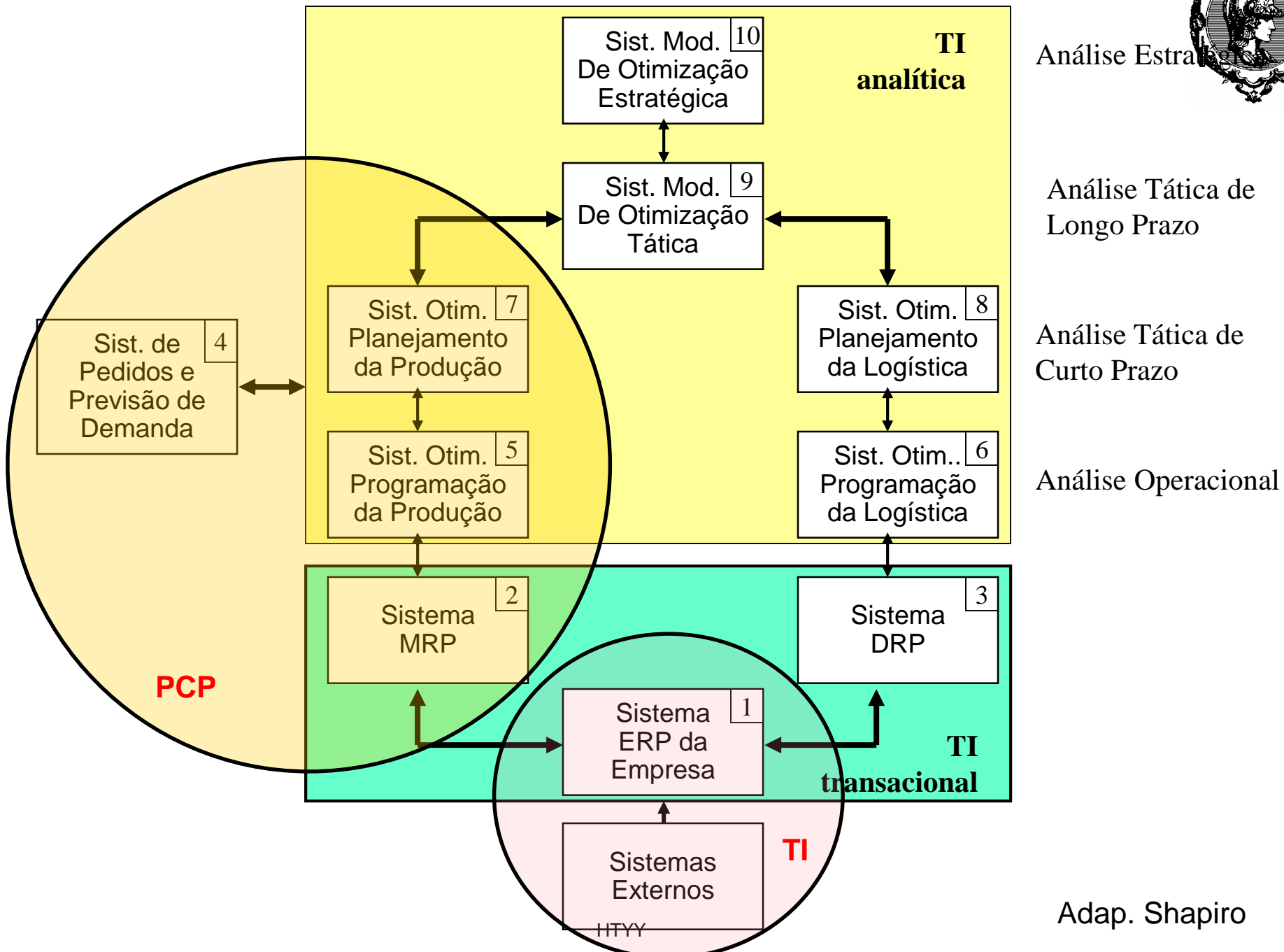


Hierarquia de Decisões Logísticas: uma taxonomia

Nível de decisão	Rede logística	Produção	Transportes	Estoques	Armazenagem	Compras
ESTRATÉGICO	Localização de instalações		Seleção do modal	Políticas de estoque	Arranjo físico; tecnologia	Políticas de relacionamento
TÁTICO	Plano de capacidade e estoques sazonais	Plano agregado da produção	Dimensionamento de frota; Frota dedicada	Estoque de segurança, previsão de vendas (tático)	Aluguel sazonal	Seleção de fornecedores
OPERACIONAL		Programação da produção	Roteiro de entregas, circuitos	Reposição (quantidades e prazos)	Coleta; arrumação	Liberação de pedidos

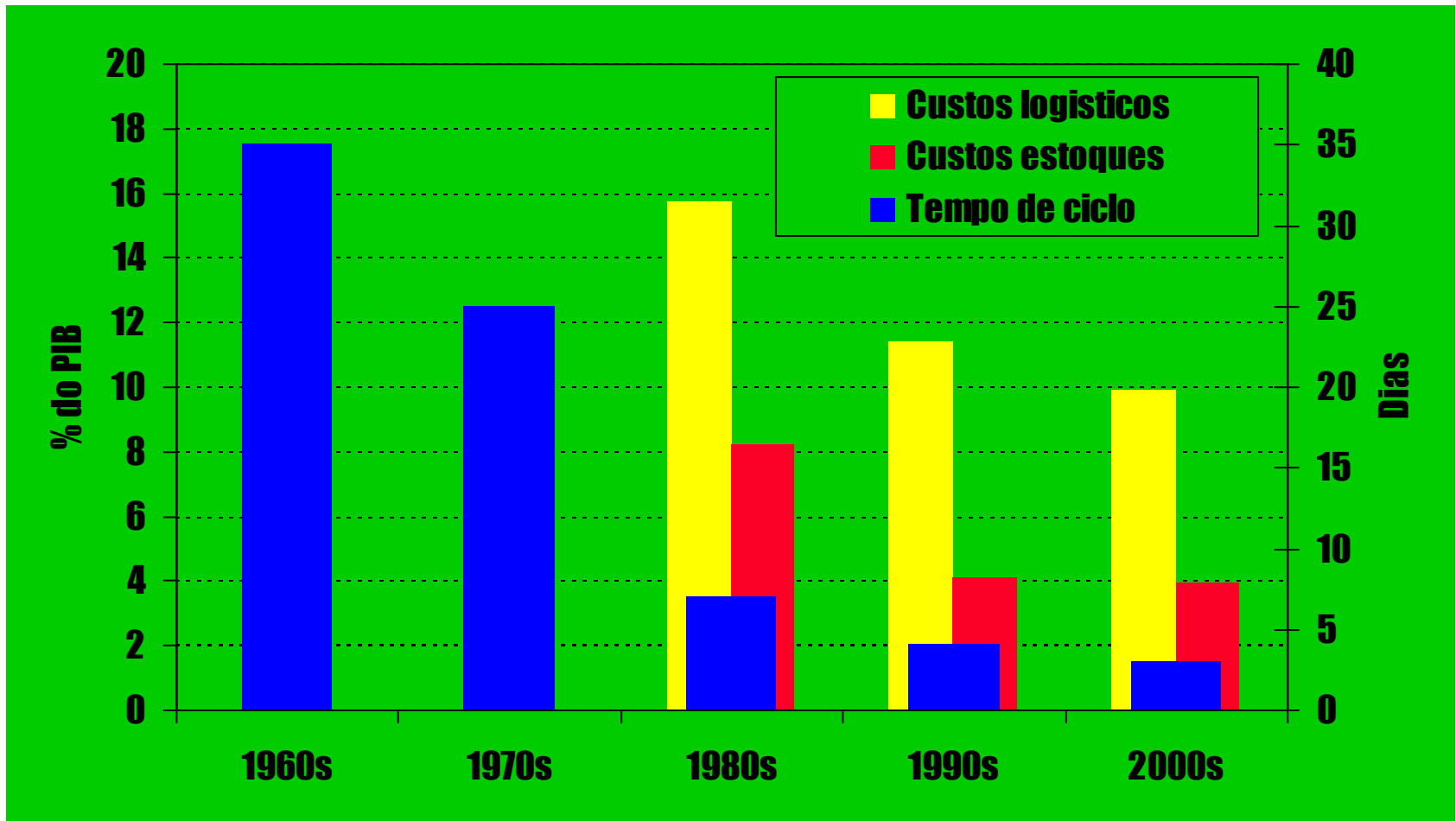
Exemplos de decisões logísticas

HTYY





Manufatura dos EUA, 1960-2000



Fonte: Hesse, Rodrigue, 2004



Como isso ocorreu?

- **Redução de estoques**

- Redução do tamanho dos lotes
- Reposição mais frequente
- Maior uso de **modos de transporte** mais caros e poluentes
 - » Rodoviário e aéreo

- **Redução de fretes**

- Desregulamentação
- Tecnologia veicular

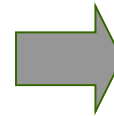
- **Melhor administração e organização**

- Coordenação de atividades
- JIT
- Tecnologia de informação e telecomunicações
- Pessoal especializado
- Operadores logísticos sofisticados
- **Sistemas baseados em modelos matemáticos**
 - » Reposição de estoques
 - » Previsão de vendas
 - » Roteirização
 - » Planejamento da produção
 - » Projeto de rede logística

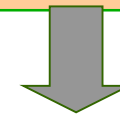


A vida do logístico é complicada...

- Produto (o quê)
 - » Matérias-primas
- Tempo (quando)
 - » Prazos
 - » Estoques
- Origens (de onde)
 - » Fornecedores
 - » Fontes (fábricas, armazéns)
- Destinos (para onde)
 - » Instalações logísticas
 - » Clientes
- Fluxo (quanto)
- Processo (como)
 - » Equipamento
 - » Modais
- Econômica
 - » Custos
 - » Preços



- **Método científico**
- **Modelos matemáticos**
 - Métodos de solução
- **Tecnologia**
 - Computadores
 - Comunicação
 - Dados



Pesquisa Operacional



METHODS OF OPERATIONS RESEARCH

PHILIP M. MORSE

PROFESSOR OF PHYSICS
MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

GEORGE E. KIMBALL

VICE PRESIDENT
ARTHUR D. LITTLE, INC.

FIRST EDITION REVISED



THE M.I.T. PRESS
CAMBRIDGE, MASSACHUSETTS

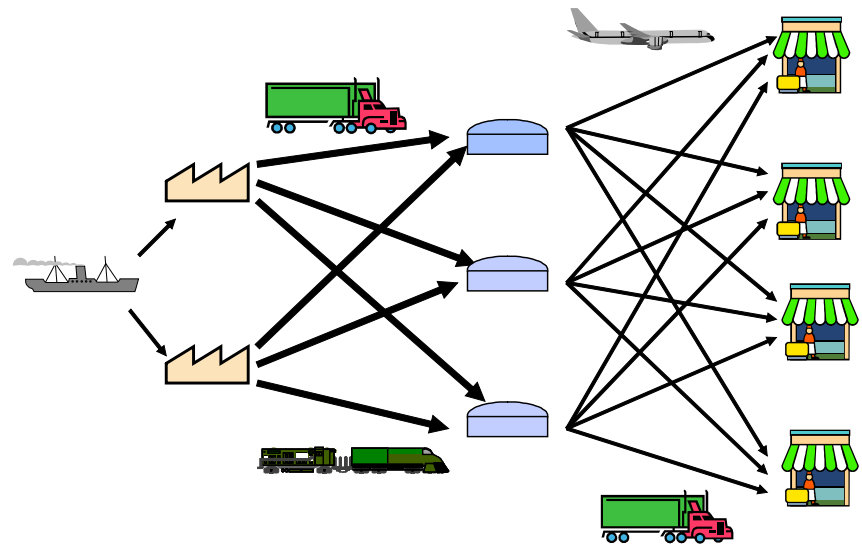
“Pesquisa Operacional é um método científico que provê executivos com uma base quantitativa para decisões concernentes às operações sob seu controle.”

Morse & Kimball, 1950,
p.1



Rede logística: estratégico

- **Problema de localização: definir onde colocar instalações logísticas, sua quantidade, suas dimensões, que itens devem compor seu portfólio e qual sua área de influência (clientes, fornecedores)**
 - Contínuos x redes
 - Contínuos x discretos
 - Medidas de mérito: margem, custo, nível de serviço, distância
 - Em logística empresarial, minimizar custo é o mais comum
 - Avaliar *tradeoffs* entre diversos custos componentes: transporte, instalação, estoques e nível de serviço
 - Restrições de demanda, produção, escoamento





Problema de localização

- Vários Edelmanns (P&G)
- Modelo clássico: rede com alternativas discretas, programação linear inteira mista, estático
 - Limitações: estoques e economias de escala (não linearidades), impostos
- Método básico: decomposição de Bender.
- Soluções de “prateleira”
- Projeto e análise detalhada da rede ótima: simulação
- Pesquisa futura: dimensão, margem, não-linearidades, explicitar outros tradeoffs (estoques, impostos), redes reais (frete de retorno)

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

sujeito a:

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

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

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

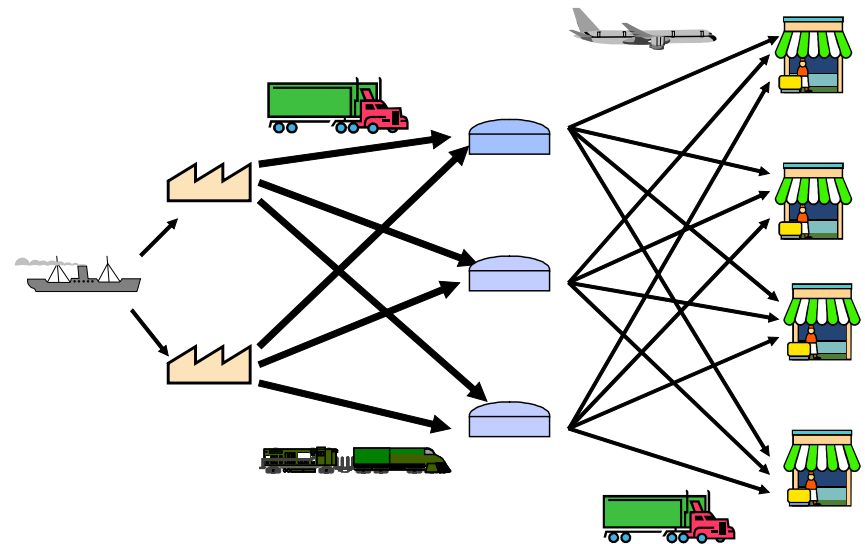
$$v_k z_k \leq \sum_l \left(\sum_i D_{il} \right) y_{kl} \leq \bar{v}_k z_k \quad \forall k$$

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



Rede logística: tático

- **Problema:** planejamento agregado da produção
- **Definir quanto, quando e em qual instalação produzir determinada família de produto, considerando sazonalidade, estoques, faltas e capacidades**
 - Rede de instalações é dada (restrição)
 - Grande quantidade de tradeoffs a serem avaliados: manufatura, estoque, faltas, mão de obra, transporte, nível de serviço
 - Necessidade de agregação de itens pelo porte do problema (e posterior desagregação)
 - Problema dinâmico





Planejamento agregado

- **Vários Edelmans (Sadia)**
- **Modelo básico: programação linear multiperíodo, produção, estoques, faltas, horas extras**
 - Limitações: bastante específicos, incluir cálculo de necessidades, transporte e transbordo, armazenagem, impostos.
- **Método básico: simplex.**
- **Modelos de “prateleira” são mais difíceis de fazer**
- **Pesquisa futura: dimensão, não-linearidades, especificidades, produção flexível, fretes de retorno**

$$\begin{aligned} \text{Min_Custo} = & \sum_{i=1}^7 \sum_{t=1}^6 (m_{it} \times PRD_{it} + e_{it} \times EST_{it} + f_{it} \times FAL_{it} + tr_{it} \times TRA_{it}) + \\ & + \sum_{c=1}^{10} \sum_{t=1}^6 (n_{ct} \times HNO_{ct} + x_{ct} \times HEX_{ct}) \end{aligned}$$

$$EST_{it-1} + PRD_{it} - PVE_{it} = EST_{it} - FAL_{it}$$

$$\sum_{i=1}^7 \left(\frac{t_{ic}}{IEF_{ic}} \right) \times PRD_{it} = (HNO_{ct} + HEX_{ct}) \times IEF_c$$

$$HNO_{ct} = DIS_{ct}$$

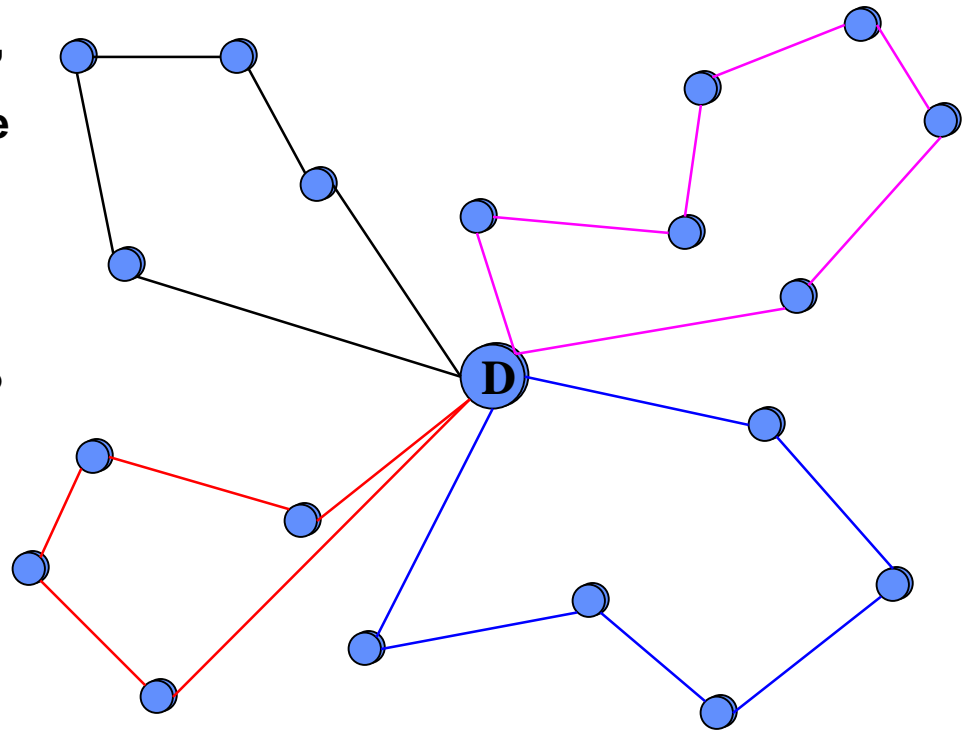
$$HEX_{ct} \leq IEX_c \times DIS_{ct}$$

$$\sum_{l=1}^7 \left(\frac{t_{lm}}{IEF_{lm}} \right) \times PRD_{it} = DIS_{mt} \times IEF_m$$



Transportes: operacional

- Problema: roteirização
- Definir quantos e quais veículos utilizar, e em qual ordem/sequência, atender um conjunto de clientes conhecidos (localização, demanda e horários) de forma a minimizar uma função de custos (penalidades – distância, frota, custo)
 - Carga fracionada
 - Problema base: caixeiro viajante
 - » Cobertura de nós: problema discreto
 - Natureza combinatória (crescimento exponencial)

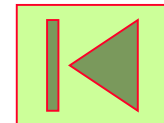




Roteirização

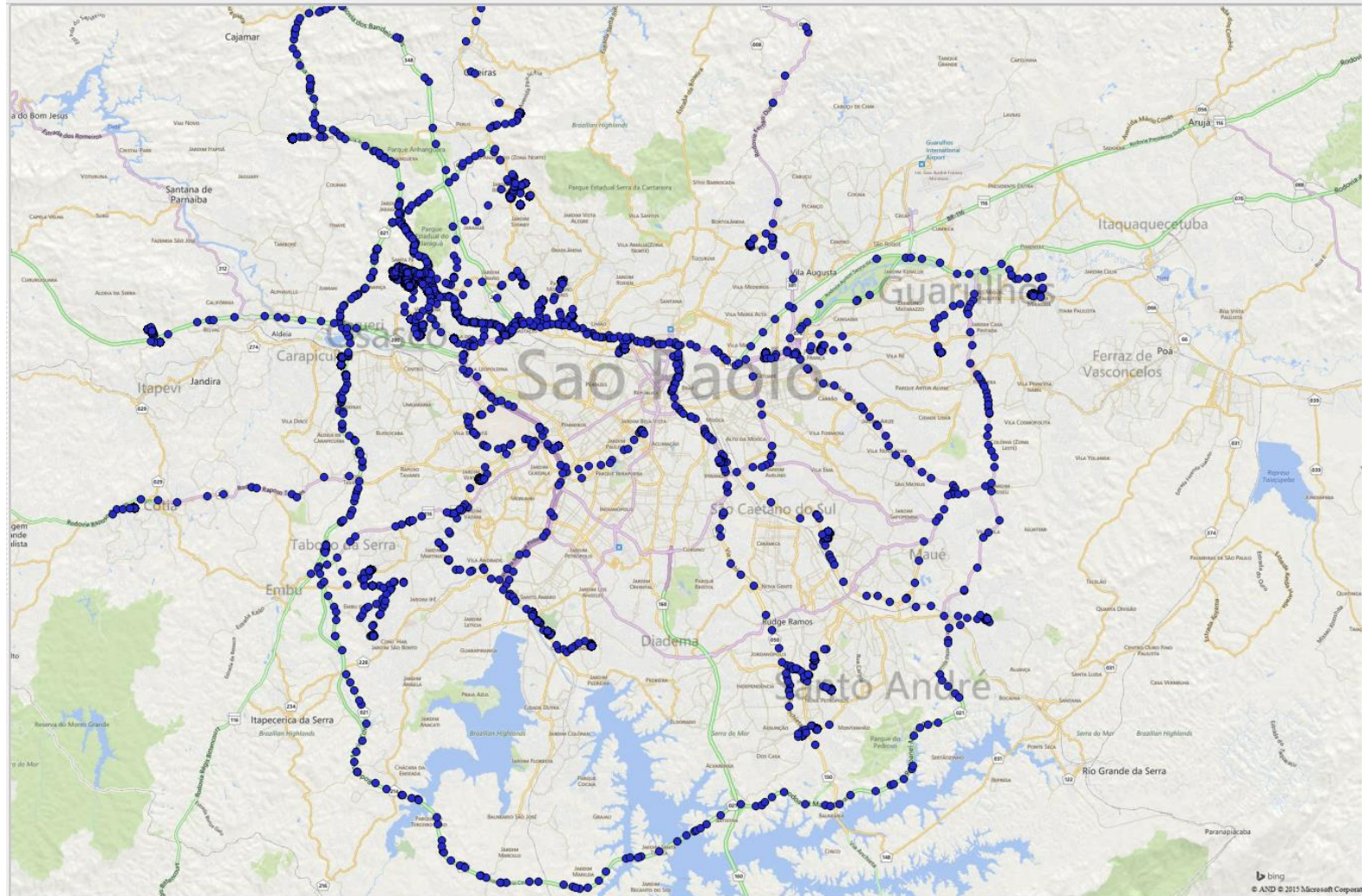
- Vários Edelmans (Mobil)
- Modelo clássico: rede com nós, carga fracionada, voltar para origem, função objetivo única, estático
- Métodos: programação inteira (casos pequenos), heurísticas, meta-heurísticas
- Há soluções de “prateleira”
- Temas de pesquisa: dimensão do problema, métodos, paralelização, problemas dinâmicos...

$$\begin{aligned} & \min \sum_{i,j} c_{ij} \sum_k x_{ijk} \\ \text{sujeito a} & \\ & \sum_k y_{ik} = \begin{cases} 1, & i = 2, \dots, n, \\ m, & i = 1, \end{cases} \\ & \sum_i q_i y_{ij} \leq Q_k, & k = 1, \dots, m, \\ & \sum_j x_{ijk} = \sum_j x_{jik} = y_{ik}, & i = 1, \dots, n, \quad k = 1, \dots, m, \\ & \sum_{i,j \in S} x_{ijk} \leq |S| - 1, & \text{for all } S \subseteq \{2, \dots, n\}, \quad k = 1, \dots, m, \\ & y_{ik} \in \{0, 1\}, & i = 1, \dots, n, \quad k = 1, \dots, m, \\ & x_{ijk} \in \{0, 1\}, & i, j = 1, \dots, n, \quad k = 1, \dots, m. \end{aligned}$$





Novas tecnologias: conhecer real comportamento



Fonte: CISLOG 2015