



# Módulo 5 SIMULAÇÃO





## Conceitos Iniciais – Parte 1



## O que pode ser simulado ?

- ✓ **Sistema de manufatura com máquinas, pessoas, rede de transporte, correias transportadoras e espaço para armazenamento;**
- ✓ **Agências bancárias ou algo do gênero, com diferentes tipos de usuários, servidores e facilidades, tais como caixas, máquinas automáticas, atendentes e caixas de auto-serviço;**
- ✓ **Redes de fábricas, armazéns e vias de acesso;**
- ✓ **Sala de emergência de um hospital, com pessoal, salas, equipamentos, suprimentos e transporte de pacientes;**
- ✓ **Rede de computadores com servidoras, clientes, unidades de disco, de fita, impressoras, serviços de rede e operadores**
- ✓ **Sistema rodoviário com segmentos de estrada, trevos, controladores e tráfego.**

## **Por quê não, simplesmente, mudar o sistema e ver como ele responde?**

### **Em alguns casos é possível:**

- ✓ **Podem-se testar diferentes configurações para os sinais de tráfego, até encontrar aquela que minimiza os congestionamentos;**
- ✓ **Um gerente de supermercado pode tentar diferentes políticas de controle de estoque e atribuição de atendentes, até encontrar a mais lucrativa e que disponibiliza o melhor atendimento;**
- ✓ **Um sistema computacional pode ser organizado com diferentes configurações de redes e prioridades de atendimento, até prover o melhor serviço.**

## **Algumas vezes você não pode (ou não deve) mudar o sistema e ver como ele responde ...**

- ✓ **Diferentes layouts de uma fábrica se a mesma não foi ainda construída;**
- ✓ **Mesmo que ela exista, talvez seja muito caro fazê-lo;**
- ✓ **Seria difícil submeter o dobro de usuários a um banco, para ver o que aconteceria se uma agência vizinha fechasse;**
- ✓ **Tentar um novo sistema de embarque, poderia fazer muitos usuários perderem seus vôos, se houver imprevistos;**
- ✓ **Efetuar testes em uma sala de emergência de um hospital, certamente não seria admissível.**

## Os Sistemas podem ser estudados através de:

### ✓ **Experimentação direta usando protótipos:**

É muito cara, pode ser impraticável ou pode consumir muito tempo.

### ✓ **Construção de modelos lógicos ou matemáticos do sistema.**

Formam um subconjunto de modelos geralmente conhecidos como **modelos de simulação**.

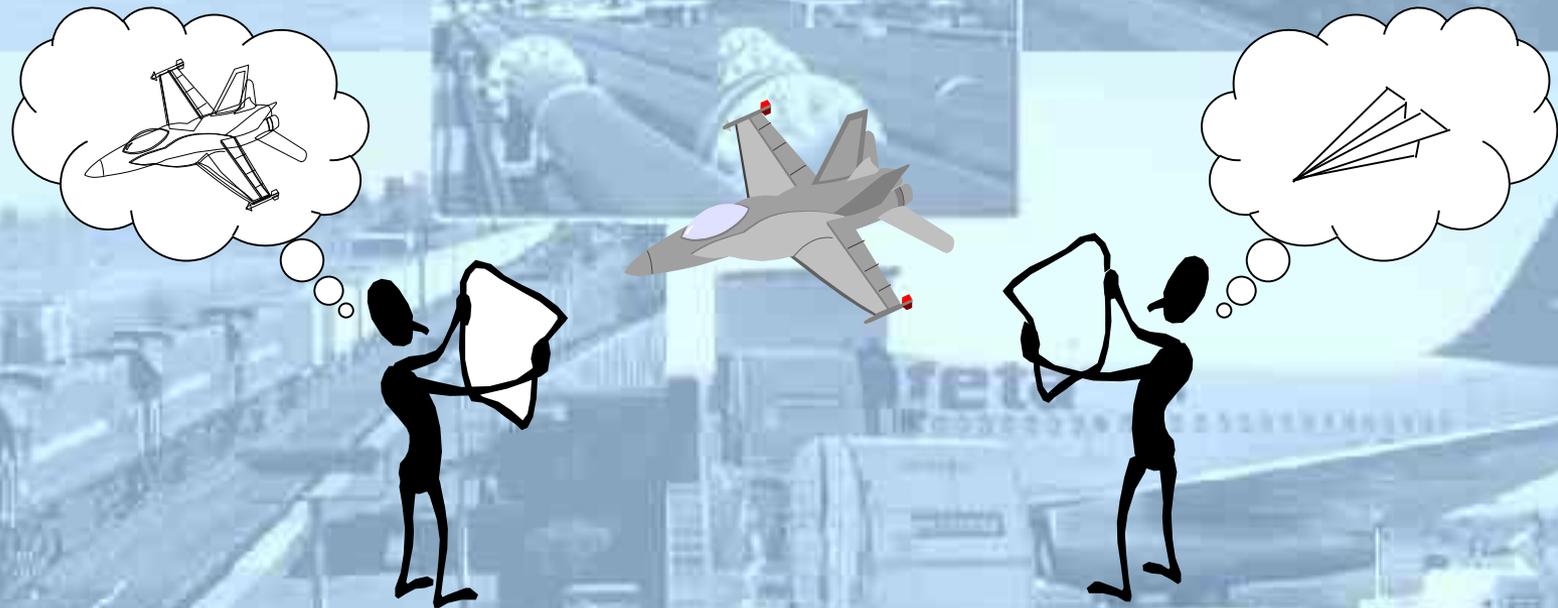
**Modelos de simulação** É uma representação simplificada de um sistema. Um modelo adaptado para simulação em um computador é conhecido como modelo de simulação em computador ou modelo de simulação.

# Modelo



Para reproduzir um fenômeno precisamos ter uma idéia do que e como ele funciona, ou seja um “modelo”.

- Toda simulação se baseia em uma teoria conceitual de como “enxergamos” o fenômeno.
- Toda simulação deve “responder” a um objetivo específico



**Simulação não é nem  
uma ciência, nem uma  
arte, mas uma  
combinação das duas.**

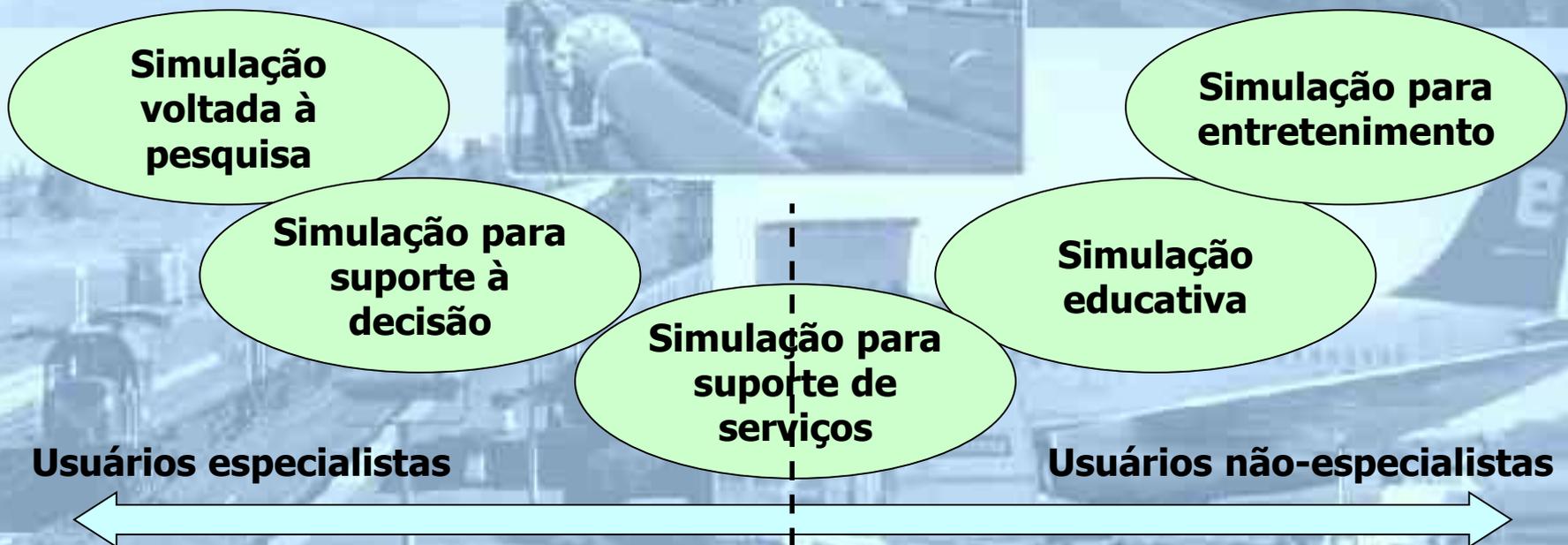
## Vantagens da Simulação



- a) Permite o controle do fenômeno;**
- b) Tem custo menor que a implementação real;**
- c) Viabilidade de experimentação por intermédio de softwares e hardwares simples.**

## **SIMULAR serve para:**

- ✓ Testar hipóteses (pesquisa);
- ✓ Prever possíveis cenários (suporte à decisão);
- ✓ Monitorar sistemas (suporte de serviços);
- ✓ Servir de laboratório virtual (educativa);
- ✓ Entreter (entretenimento).



- **Modelos determinísticos**



- **Modelos estocásticos (Ex.: Simulação de Monte-Carlo)**

- Introdução de probabilidades
- Utilização de algoritmos de geração de números aleatórios



# Método Monte Carlo



O Método Monte Carlo foi criado por John von Neumann, em 1944. Ele consiste na amostragem experimental com números randômicos. Neste método o sistema a ser modelado é determinístico embora o modelo de simulação seja influenciado por eventos aleatórios.

# Método Monte Carlo - BASE ESTATÍSTICA



A tabela a seguir apresenta a quantidade de veículos que chegou a um posto de pedágio, a cada 1 minuto, em uma hora (60 medições),

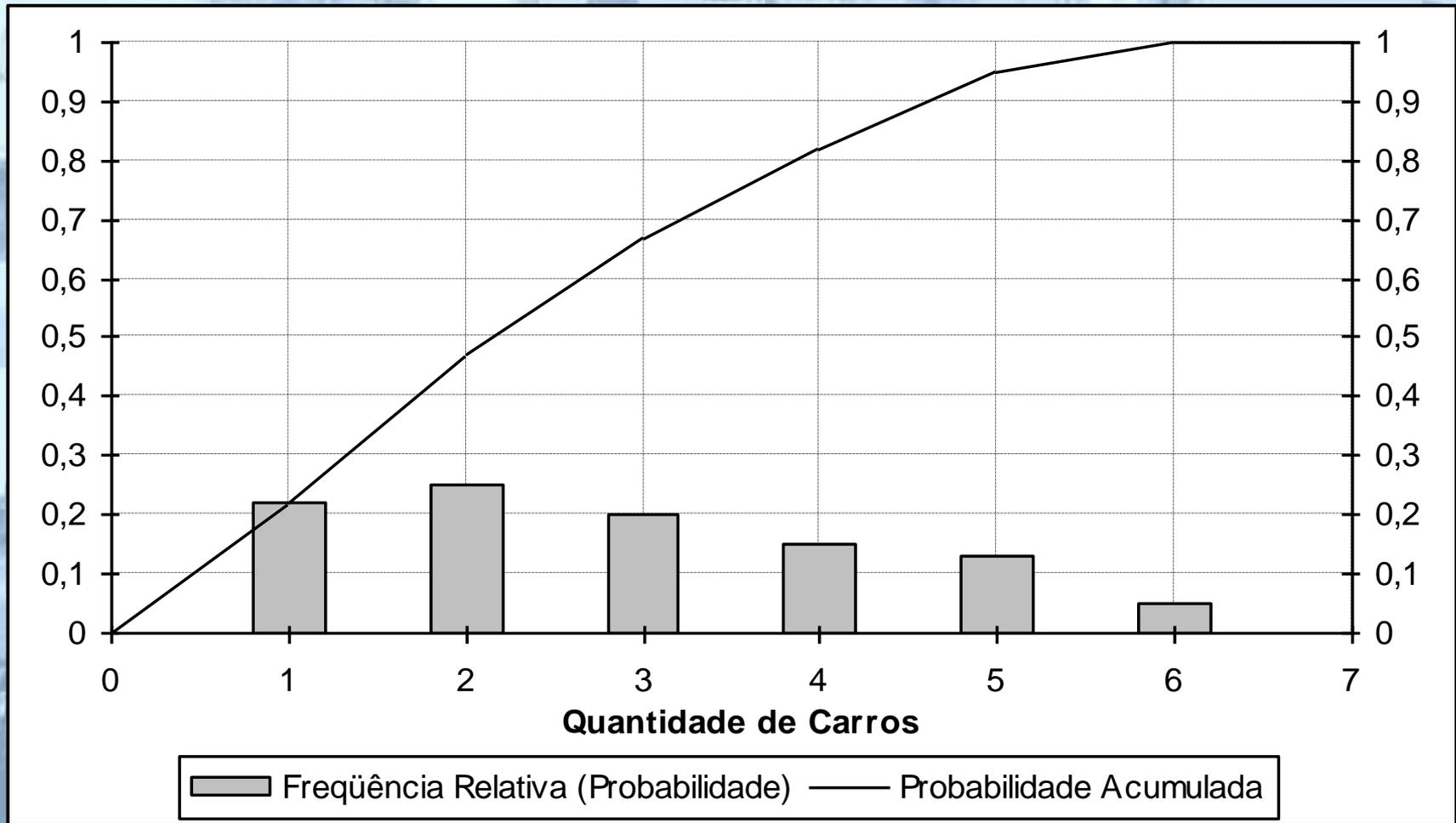
2	4	5	3	3	2	1	4	4	5
2	2	1	3	4	3	4	2	3	4
1	2	4	4	3	2	2	1	1	2
3	2	5	6	6	6	3	3	5	5
5	4	5	5	2	1	1	1	2	1
1	2	2	1	3	3	2	1	3	1

# Método Monte Carlo - BASE ESTATÍSTICA

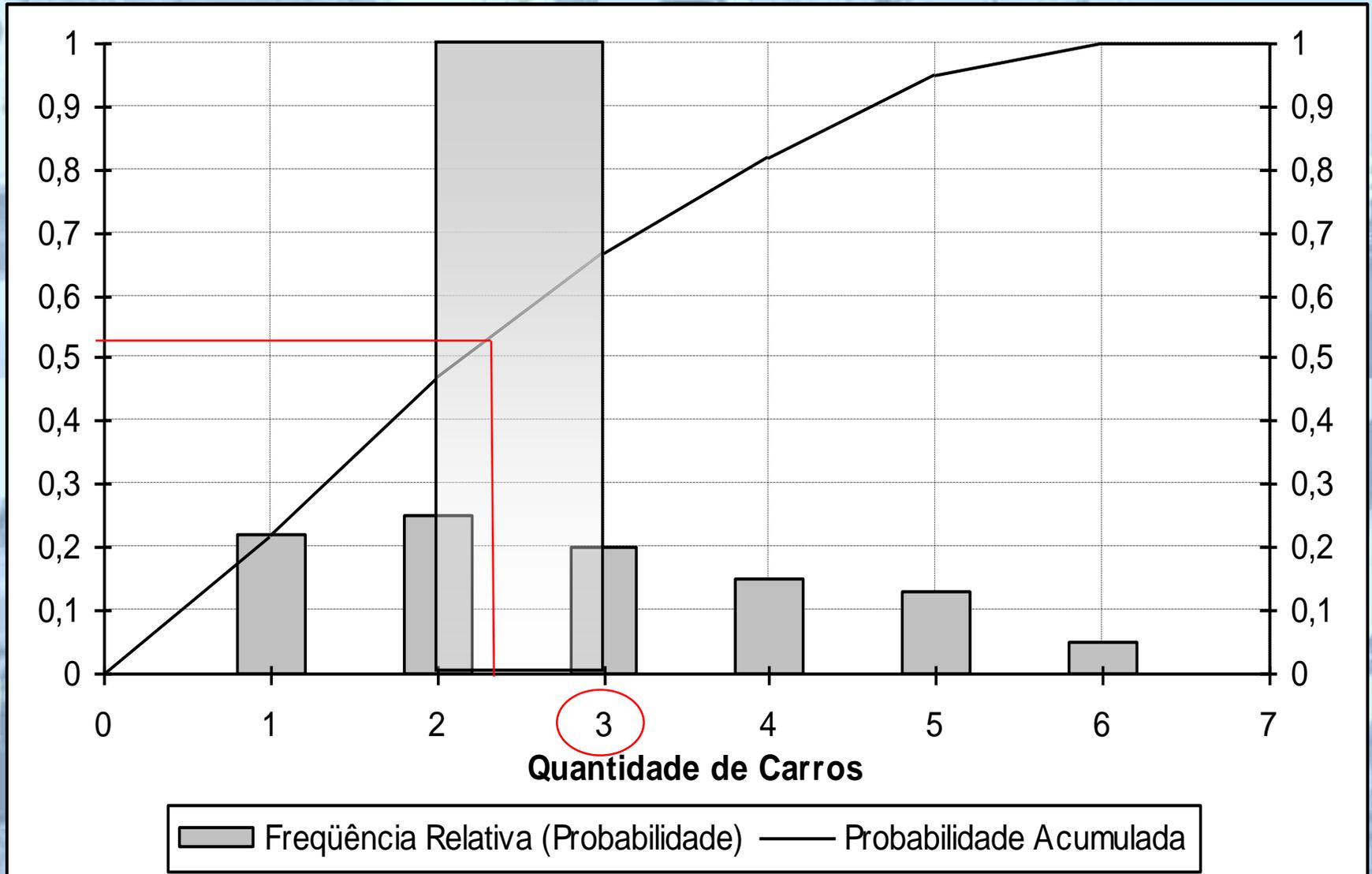


<b>Quantidade de Carros</b>	<b>Freqüência Absoluta</b>	<b>Freqüência Relativa (Probabilidade)</b>	<b>Probabilidade Acumulada</b>
0	0	0	0
1	13	0,22 (13 ÷ 60)	0,22
2	15	0,25	0,47 (0,22 + 0,25)
3	12	0,20	0,67
4	9	0,15	0,82
5	8	0,13	0,95
6	3	0,05	1
7	0	0	1
	$\Sigma = 60$	1	

# Método Monte Carlo - BASE ESTATÍSTICA



# Método Monte Carlo - BASE ESTATÍSTICA

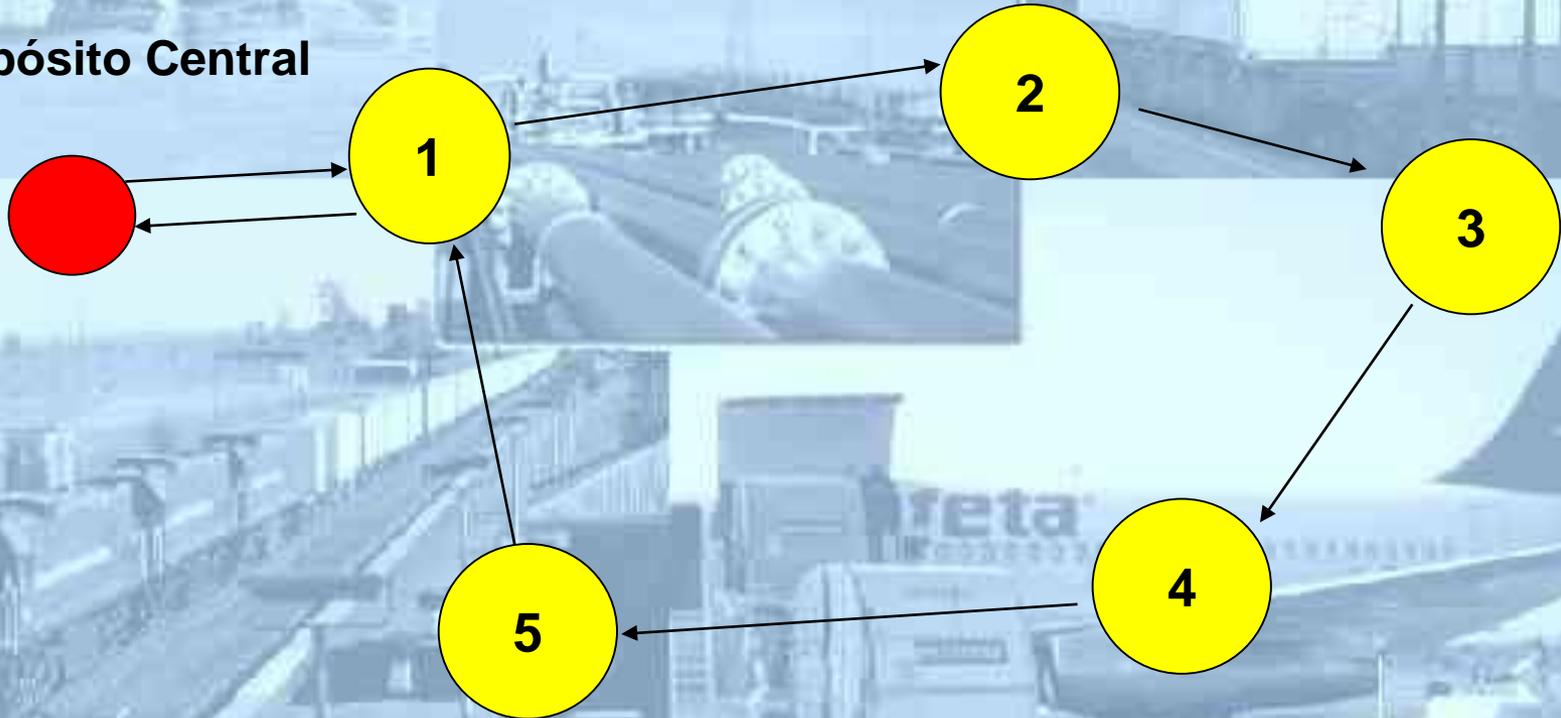


# Método de Monte Carlo - Exemplo



Dada a Rede de Distribuição a seguir, simular o seu custo total.

Depósito Central



# Método de Monte Carlo - Exemplo



## Dados do problema

### 1 – Distribuição de Probabilidade dos Tempos

tc	%	t <sub>ida</sub>	%	t <sub>1_2</sub>	%	t <sub>2_3</sub>	%	t <sub>3_4</sub>	%	t <sub>4_5</sub>	%	t <sub>5_1</sub>	%	t <sub>volta</sub>	%	td <sub>1</sub>	%	td <sub>2</sub>	%	td <sub>3</sub>	%	td <sub>4</sub>	%	td <sub>5</sub>	%
0,50	5	2	5	0,5	2	0,3	10	0,2	5	1,5	2	2,2	5	1,5	5	1	5	0,3	10	0,1	5	0,2	10	0,4	5
1,00	10	2,1	10	0,8	10	0,5	20	0,4	10	1,7	16	2,5	5	1,7	30	1,3	10	0,5	15	0,2	20	0,4	25	0,7	10
1,50	35	2,5	30	1	40	0,6	30	0,6	15	1,9	28	2,7	10	1,9	40	1,5	15	0,7	20	0,3	30	0,6	40	0,8	20
1,80	25	2,8	40	1,2	30	0,8	20	0,8	20	2,1	44	2,9	15	2	15	1,7	20	0,9	15	0,5	25	0,8	15	1,2	30
2,00	20	3	10	1,4	10	0,9	15	0,9	40	2,4	6	3,2	25	2,3	8	1,9	40	1	30	0,7	15	1,2	8	1,5	20
2,50	5	3,5	5	1,8	8	1	5	1	10	2,8	4	3,5	40	2,6	2	2,2	10	1,3	10	0,9	5	1,5	2	1,7	15

**Sendo:**

**tc (h)** - tempo de carga no Depósito Central

**td<sub>i</sub> (h)** - tempo de descarga no nó "i"

**t<sub>i,j</sub> (h)** - tempo de viagem do nó "i" para o nó "j"

**t<sub>ida</sub> (h)** - tempo do Depósito Central até o nó 1 da rede de distribuição

**t<sub>volta</sub> (h)** - tempo do nó 1 até o Depósito Central

# Método de Monte Carlo - Exemplo



## Dados do problema

- 2 – A velocidade média do Depósito Central até o nó 1, com o veículo carregado, é de 60Km/h;
- 3 - A velocidade média do Depósito Central até o nó 1, com o veículo descarregado, é de 80Km/h;
- 4 – A Velocidade média entre cada nó da rede de distribuição é de 30Km/h;
- 5 – Considerar o custo de produção de R\$ 0,37/Km;
- 6 – Considerar o custo fixo de R\$ 1,60/Km

Na distribuição normal com média  $\mu$  e desvio padrão  $\sigma$ :

- ✓ 68,27 % das observações estão a menos de  $\pm\sigma$  da média  $\mu$ .
- ✓ 95,45 % das observações estão a menos de  $\pm 2\sigma$  de  $\mu$ .
- ✓ 99,73 % das observações estão a menos de  $\pm 3\sigma$  de  $\mu$ .

