

**PNV-5005**

**MODELAGEM E ANÁLISE DE  
SISTEMAS INTERMODAIS DE  
TRANSPORTE UTILIZANDO  
TÉCNICAS DE SIMULAÇÃO**

**Prof. Dr. Rui Carlos Botter  
e-mail: [rcbotter@usp.br](mailto:rcbotter@usp.br)**

**Fevereiro de 2015**

# Simulação

É o processo de elaborar de um modelo de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo, com o propósito de compreender o comportamento do sistema e/ou avaliar várias estratégias para a operação do mesmo.

# Benefícios da Simulação

- Teste de novas políticas, procedimentos operacionais e estruturas organizacionais;
- Teste de novos sistemas de operação (manufatura, comunicação, transportes, etc.) antes do emprego de recursos para a aquisição e implantação;
- Identificação dos gargalos do sistema;
- Compreensão de quais variáveis são mais importantes para o desempenho do sistema, e como estas variáveis interagem.

# Desvantagens da Simulação

- a simulação requer um treinamento especializado, uma vez que a qualidade da análise depende da qualidade do modelo e da qualidade do analista;
- o tratamento dos dados de entrada do modelo de simulação é uma tarefa importante para o analista;
- os dados de saída podem ser de difícil interpretação, pois uma vez que o modelo está buscando capturar a aleatoriedade do sistema real, é geralmente difícil determinar se o resultado de um processamento é devido às interações presentes no sistema, ou se é devido à aleatoriedade embutida no modelo.

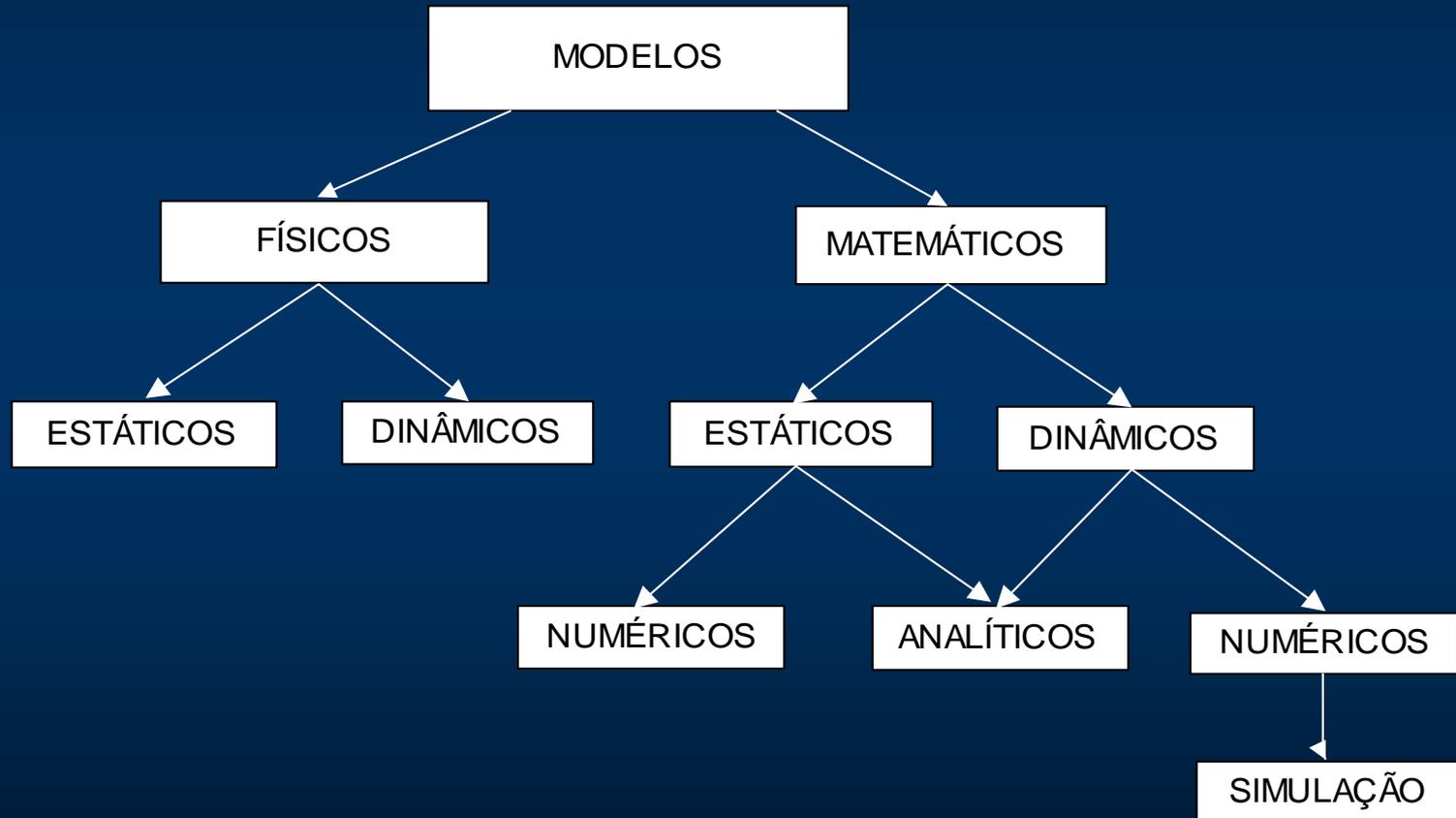
# Para melhor compreender esta definição é necessário discutir:

- o que é um modelo;
- em que parte das Técnicas de Pesquisa Operacional a Simulação é enquadrada;
- quais tipos de problemas podem ser resolvidos com Simulação.

# O que é um modelo ?

**O modelo é uma representação física ou matemática de um sistema, que visa à avaliação das alterações de comportamento em função de diversas variáveis e parâmetros envolvidos, ou mesmo a avaliação de modificações introduzidas no sistema em estudo**

# Classificação de Modelos

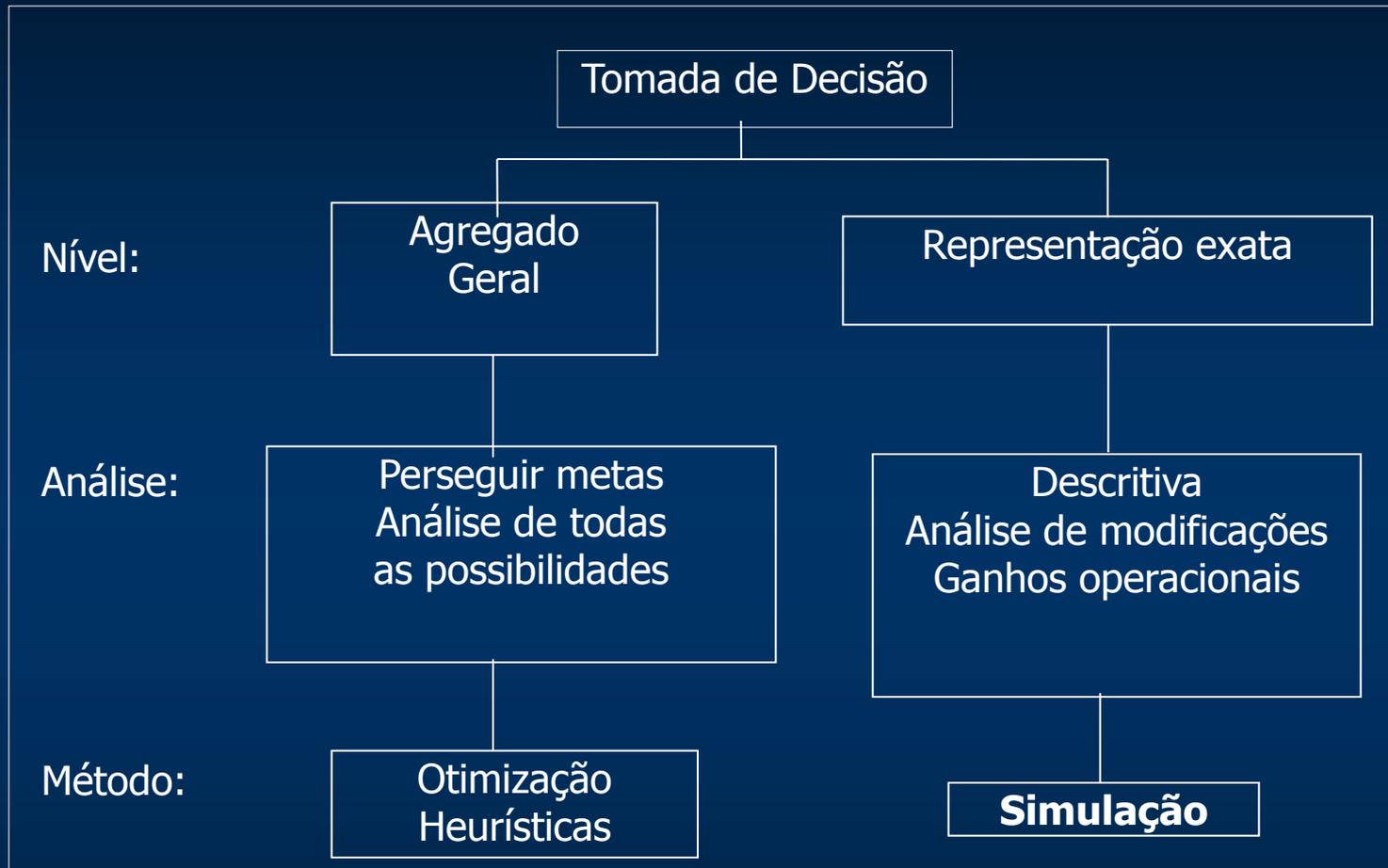


# Tratamento de Incertezas

- **Modelo Determinístico** : nenhum elemento de risco (incerteza) no modelo  
Exemplo: quando determina solução de transporte, pode-se assumir que o tempo de viagem seja constante
- **Modelo Estocástico**: incerteza é incorporada ao modelo  
Exemplo: assume-se que os tempos de viagem obedecem a uma distribuição normal

# Pesquisa Operacional

- Programação Linear, Dinâmica e Inteira, referindo-se neste caso aos modelos otimizantes e baseados em programação linear;
- Modelos Probabilísticos, que englobam Teoria dos Jogos, Modelos de Estoque, Modelos de Previsão, Teoria de Fila e Simulação;
- Programação não Linear, que apresenta a teoria clássica de otimização e algoritmos de busca da solução para problemas não lineares.
- Heurísticas e Meta-heurísticas (para busca de soluções adequadas e próximas da ótima de alguns tipos de problemas



Fonte: Harrington, Lambert e Sterling (1992)

Considere o problema de alocação de veículos de uma determinada frota, onde se pretende transportar a cada viagem (rotas fixas e com demanda conhecida a cada dia) uma determinada quantidade de pallets, tendo-se o custo por viagem por tipo de veículo, bem como o número de veículos disponíveis por tipo e a capacidade máxima de pallets por tipo de veículo, a saber:

Tipo de Veículo	N0. de Veículos Disponíveis	Custo (\$/viagem)	Capacidade (pallets)
x1	15	1.125	12
x2	20	1.500	24
x3	5	1.620	26
x4	5	1.750	28
x5	5	1.870	30
x6	5	2.000	32

Determine a melhor alocação de frota, de tal forma que o Custo de Transporte seja o menor possível ?

**Embalagens com oxigênio líquido devem ser semanalmente distribuídas para unidades fabris.**

**O transporte desse produto é feito por veículos a partir de uma base e junto as unidades fabris esse produto é descarregado. As características do processo estão mostradas abaixo:**

**Número de Unidades Fabris = 42**

**Capacidade de cada veículo = 200 embalagens**

**Velocidade do veículo = 35 km/hora**

**Tempo máximo de operação por dia do veículo = 12 horas**

**Taxa de descarga nas unidades fabris = 60 unidades/hora**

**Coordenada X e Y da Base são conhecidas, assim como as coordenadas das unidades, assim como a demanda semanal de cada uma por oxigênio (em embalagens)**

**Determine quantos veículos são necessários e quais as rotas a serem formadas para que o custo de transporte seja o menor possível ?**

**Pretende-se analisar o setor de atendimento de um almoxarifado, que atualmente tem um funcionário para atender os pedidos durante 24 horas em turnos de 6 horas. O intervalo entre chegadas de pedidos é conhecido, bem como o tempo de atendimento (composto do picking, montagem, embalagem e despacho). Em determinados instantes, caracterizados pelos intervalos entre paradas, este funcionário é chamado para intervir com urgência em determinado local e para o que está fazendo, retomando o serviço quando voltar. O intervalo entre chamadas externas e o tempo de cada parada externa são conhecidos. Modelo o problema em busca de informações sobre o desempenho do sistema.**

**Na tabela abaixo são mostrados os tempos entre chegadas dos veículos a um único ponto de carregamento de uma fábrica e o tempo de atendimento de cada um. Avalie o desempenho operacional desse serviço. (Tempos em Horas)**

<b>Veículo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
<b>Intervalo</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Duração</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>

**Calcule: O intervalo médio entre chegadas, o tempo médio de atendimento, o tempo médio de espera em fila de todos os veículos, o tempo médio de espera em fila daqueles veículos que efetivamente esperaram em fila, tempo médio de permanência dos veículos na fábrica, a relação tempo em fila pelo tempo médio de atendimento ( $T_w/T_s$ ), a ocupação do ponto de atendimento e o índice de congestionamento do sistema.**

Caminhão	Intervalo entre chegadas	Instante da Chegada	Tempo médio de atendimento	Início de atendimento	Fim do atendimento	Tempo em fila
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

## **Desafio:**

**Um avião militar passa sobre um navio de guerra e exatamente no instante que passa pela vertical é disparado um míssil contra o mesmo. Essa distância é  $D_0$ .**

**O avião se moverá sempre em linha reta a uma velocidade constante  $V_a$ . O míssil tem seu vetor de velocidade constante  $V_m$  e sempre está apontado para o avião.**

**Quando o míssil se aproxima a uma distância  $D_{ma}$  do avião ele explode.**

**Resolva o problema analiticamente e por simulação. Considere  $D_0=15000$  m;  $V_a=800$  km/hora,  $V_m=1600$  km/hora e  $D_{ma}=50$  metros.**