

# Modelagem e simulação

Analucia Schiaffino Morales



# Retomando...Estáticos ou dinâmicos

- Um modelo de simulação estática é um modelo onde a passagem do tempo é irrelevante. **Não altera o estado!**
- Modelos de Simulação Dinâmicos representam sistemas cujos resultados variam com a passagem do tempo.



# Determinístico ou Estocástico

- Modelos de simulação que não contêm nenhuma variável aleatória são classificados como determinísticos.
- No caso de valores médios não se consegue observar ou considerar o impacto individual que cada valor provoca no sistema, e isto pode ser bastante significativo dependendo do modelo.



# Determinístico ou Estocástico

- Um modelo estocástico de simulação tem uma ou mais variáveis aleatórias como entrada.
- Estas entradas aleatórias levam a saídas aleatórias que podem somente ser consideradas como estimativas das características verdadeiras de um modelo.



# Modelos Estocásticos

- Assim, por exemplo, a simulação (estocástica) do funcionamento de uma agência bancária envolve variáveis aleatórias como o intervalo entre chegadas e a duração dos serviços prestados.
- Logo, medidas como o número médio de clientes esperando e o tempo médio de espera de um cliente, devem ser tratadas como estimativas estatísticas das medidas reais do sistema.



# Modelos Estocásticos

- Outro exemplo, um modelo de simulação para um sistema cliente-servidor.
- Temos como variáveis aleatórias: As chegadas de pedidos para serem atendidos pelo servidor e a capacidade de processamento dos pedidos do servidor,
- Podemos avaliar ainda o tempo que leva para chegarem os pedidos, o tempo de resposta do servidor e planejar a capacidade de atendimento considerando as características de desempenho da máquina que está sendo simulada.
- Capacidade de processamento, memória tamanho de buffer para armazenar as solicitações.



# Discreta ou contínua

- Em uma simulação discreta, considera-se somente os eventos onde há alteração do sistema, ou seja, o tempo decorrido entre alterações do estado do sistema não é relevante para a obtenção dos resultados da simulação, embora o tempo nunca pare.
- Alguns autores a chamam de **Simulação de Eventos Discretos**, enfatizando assim que a discretizações e refere apenas à ocorrência dos eventos ao longo do tempo.



# Discreta ou contínua

- Um exemplo seria a simulação de uma agência bancária onde entre a chegada (ou a saída) de clientes, o estado do sistema não se altera. O que altera é o desempenho. Ou o outro exemplo citado, um sistema cliente-servidor. Ou o sistema operacional da máquina de vocês!
- Numa Simulação Contínua o sistema se altera a cada fração de tempo. Exemplos clássicos são a simulação de um avião voando e a passagem de água por uma barragem. Aplicação em deformação de peças conforme o tipo de material por exemplo.





# Discreta

- Toda **Simulação a Eventos Discretos** descreve, diretamente ou indiretamente, situações de fila, em que clientes chegam, aguardam em fila se necessário e então recebem atendimento antes de deixar o sistema.
- Com isso, existem apenas dois eventos que controlam a simulação: **chegadas e atendimentos**.



Exemplo: dois produtos são processados em duas máquinas em série, as quais possuem ampla área de buffer

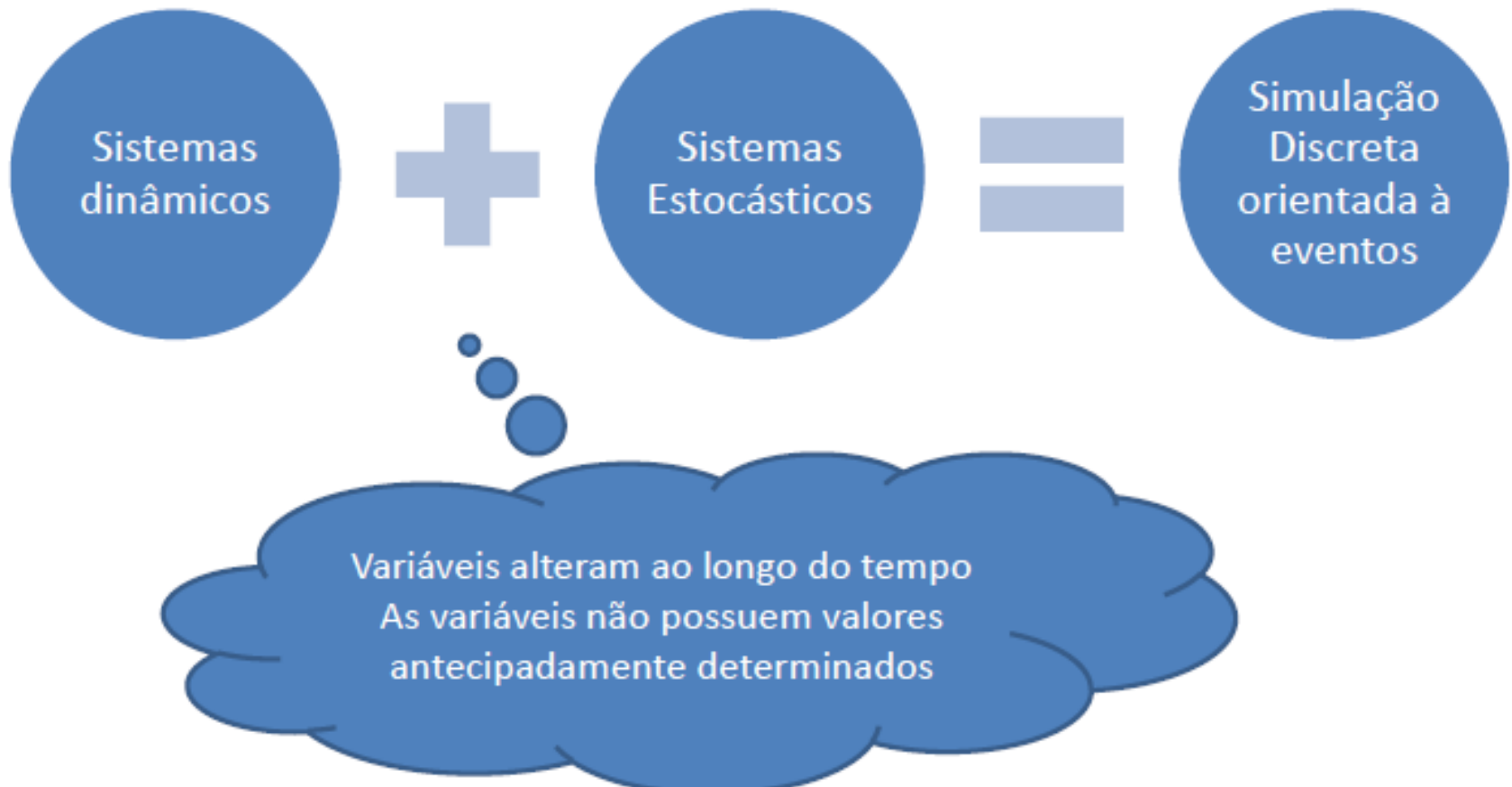
- *Os eventos são:*
  - A11: o produto 1 chega na máquina 1. D11: o produto 1 deixa a máquina 1.
  - A21: o produto 2 chega na máquina 1. D21: o produto 2 deixa a máquina 1.
  - A12: o produto 1 chega na máquina 2. D12: o produto 1 deixa a máquina 2.
  - A22: o produto 2 chega na máquina 2. D22: o produto 2 deixa a máquina 2.
- Nota-se que só existe 2 eventos: chegada (A) de um produto em uma máquina e saída (D) de um produto de uma máquina. Os números 1 e 2 são **atributos que caracterizam os eventos**.
- obs: admitindo que um produto ao ser processado na máquina 1 vai direto para a máquina 2, os eventos D11 e A12 são idênticos, assim como D21 e A22.



# Modelos computacionais

- Programas de computadores orientados a eventos são utilizados em modelos computacionais que evoluam dinamicamente.
- A medida que o tempo de simulação evolui, determinados acontecimentos (eventos) provocam alterações em alguns elementos (variáveis) do programa.
- Os quais são responsáveis por informar a ocorrência de mudanças nas condições que envolvem o modelo.

# Modelo Computacional

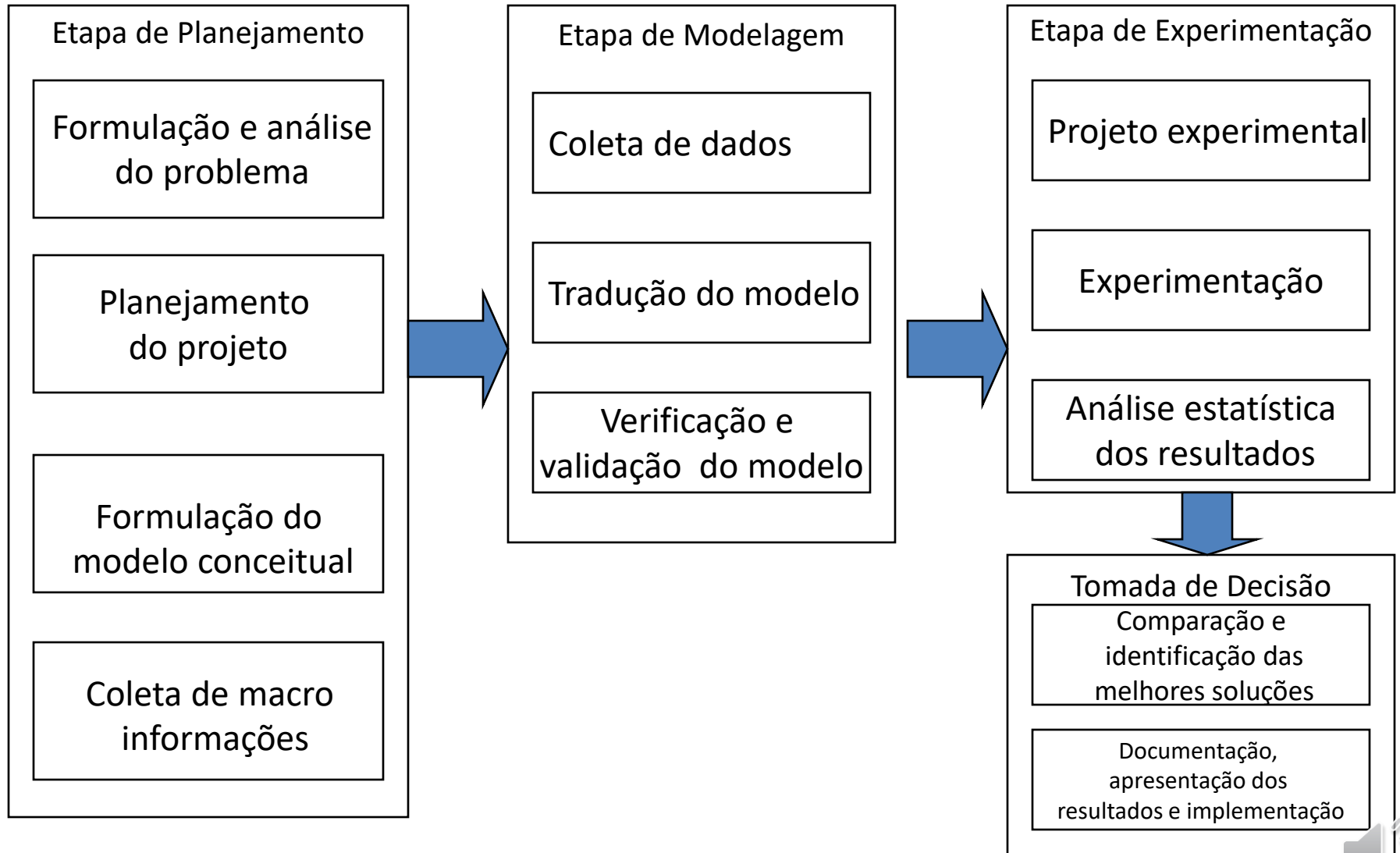


# Eventos

- Escolha um dos problemas dos exercícios e descreva os possíveis eventos que você consegue identificar.
- Quais????



# Passos na Formulação de um Estudo Envolvendo Modelagem e Simulação



# Passos na Formulação de um Estudo Envolvendo Modelagem e Simulação

- Formulação e Análise do Problema: Todo estudo de simulação inicia com a formulação do problema. Os propósitos e objetivos do estudo devem ser claramente definidos. Devem ser respondidas questões do tipo:
  - a) Por que o problema está sendo estudado?
  - b) Quais serão as respostas que o estudo espera alcançar?
  - c) Quais são os critérios para avaliação da performance do sistema ?
  - d) Quais são as hipóteses e prerrogativas?
  - e) Que restrições e limites são esperados das soluções obtidas?



# Passos na Formulação ...

- Planejamento do Projeto: Com o planejamento do projeto pretende-se ter a certeza de que teremos recursos suficientes a nível de pessoal, suporte, gerência, hardware e software para realização do trabalho proposto. Além disso, o planejamento deve incluir uma descrição dos vários cenários que serão investigados e um cronograma temporal das atividades que serão desenvolvidas, indicando os custos e necessidades relativas aos recursos anteriormente citados.





# Passos na Formulação ...

- Formulação do Modelo Conceitual: Traçar um esboço do sistema, de forma gráfica (fluxograma, por exemplo) ou algorítmica (pseudocódigo), definindo componentes, descrevendo as variáveis e interações lógicas que constituem o sistema. É recomendado que o modelo inicie de forma simplificada e vá crescendo até alcançar algo mais complexo, contemplando todas as suas peculiaridades e características.



# Passos na Formulação ...

- O usuário deve participar intensamente desta etapa. Algumas das questões que devem ser respondidas:
  - a) Qual a estratégia de modelagem? Discreta? Contínua? Uma combinação?
  - b) Que quantidade de detalhes deve ser incorporado ao modelo?
  - c) Como o modelo reportará os resultados? Relatórios pós-simulação? Animações durante a execução?
  - d) Que nível de personalização de cenários e ícones de entidades e recursos deve ser implementado?
  - e) Que nível de agregação dos processos (ou de alguns) deve ser implementado?
  - f) Como os dados serão colocados no modelo? Manualmente? Leitura de arquivos?



# Passos na Formulação ...

- Coleta de Macro Informações e Dados: Macro informações são fatos, informações e estatísticas fundamentais, derivados de observações, experiências pessoais ou de arquivos históricos.
- Em geral, macro informações servem para conduzir os futuros esforços de coleta de dados voltados a alimentação de parâmetros do sistema modelado. Algumas questões que se apresentam são:



# Passos na Formulação ...

- a) Quais são as relações e regras que conduzem a dinâmica do sistema? O uso de diagramas de fluxos é comum para facilitar a compreensão destas inter-relações.
- b) Quais são as fontes dos dados necessários a alimentação do modelo?



# Passos na Formulação ...

- c) Os dados já se encontram na forma desejada? O mais comum é os dados disponíveis encontrarem-se de maneira agregada (na forma de médias, por exemplo), o que não é interessante para a simulação.
  
- d) E quanto aos dados relativos a custos e finanças?  
Incorporar elementos de custos em um projeto torna sua utilização muito mais efetiva. Custos de espera, custos de utilização, custos de transporte etc., quando empregados, tornam os modelos mais envolventes e com maior credibilidade e valor.



# Passos na Formulação ...

- Tradução do Modelo: Codificar o modelo numa linguagem de simulação apropriada. Embora hoje os esforços de condução desta etapa tenham sido minimizados em função dos avanços em hardware e, principalmente, nos softwares de simulação, algumas questões básicas devem ser propriamente formuladas e respondidas:



# Passos na Formulação ...

- a) Quem fará a tradução do modelo conceitual para a linguagem de simulação? É fundamental a participação do usuário se este não for o responsável direto pelo código.
- b) Como será realizada a comunicação entre os responsáveis pela programação e a gerência do projeto?
- c) E a documentação? Os nomes de variáveis e atributos estão claramente documentados? Outros que não somente o programador responsável podem entender o programa?



# Passos na Formulação ...

- Verificação e Validação: Confirmar que o modelo opera da acordo com a intenção do analista (sem erros de sintaxe e lógica) e que os resultados por ele fornecidos possuam crédito e sejam representativos dos resultados do modelo real. Nesta etapa as principais questões são:
  - a) O modelo gera informações que satisfazem os objetivos do estudo?
  - b) As informações geradas são confiáveis?
  - c) A aplicação de testes de consistência e outros confirma que o modelo está isento de erros de programação?





# Passos na Formulação ...

- Projeto Experimental Final: Projetar um conjunto de experimentos que produza a informação desejada, determinando como cada um dos testes deva ser realizado.
- O principal objetivo é obter mais informações com menos experimentações. As principais questões são:
  - a) Quais os principais fatores associados aos experimentos?
  - b) Em que níveis devem ser os fatores variados de forma que se possa melhor avaliar os critérios de desempenho?
  - c) Qual o projeto de experimentos mais adequado ao quadro de respostas desejadas?



# Passos na Formulação ...

- Experimentação: Executar as simulações para a geração dos dados desejados e para a realização das análises de sensibilidade.



# Passos na Formulação ...

- Interpretação e Análise Estatística dos Resultados. Traçar inferências sobre os resultados alcançados pela simulação. Estimativas para as medidas de desempenho nos cenários planejados são efetuadas. As análises poderão resultar na necessidade de um maior número de execuções (replicações) do modelo para que se possa alcançar a precisão estatística sobre os resultados desejados.



# Passos na Formulação ...

- Algumas questões que devem ser apropriadamente respondidas:
  - a) O sistema modelado é do tipo terminal ou não-terminal?
  - b) Quantas replicações são necessárias?
  - c) Qual deve ser o período simulado para que se possa alcançar o estado desejado?
  - d) E o período de warm-up?



# Passos na Formulação ...

- Comparação de Sistemas e Identificação das melhores soluções. Muitas vezes o emprego da técnica de simulação visa a identificação de diferenças existentes entre diversas alternativas de sistemas.
- Em algumas situações, o objetivo é comparar um sistema existente ou considerado como padrão, com propostas alternativas. Em outras, a ideia é a comparação de todas as propostas entre si com o propósito de identificar a melhor ou mais adequada delas.



# Passos na Formulação ...

- As questões próprias deste tipo de problema são?
  - a) Como realizar este tipo de análise?
  - b) Como proceder para comparar alternativas com um padrão?
  - c) Como proceder para comparar todas as alternativas entre si?
  - d) Como identificar a melhor alternativa de um conjunto?
  - e) Como garantir estatisticamente os resultados?



# Passos na Formulação ...

- Documentação: Como linhas gerais pode-se dizer que os seguintes elementos devem constar de uma documentação final de um projeto de simulação:
  - a) Descrição dos objetivos e hipóteses levantadas;
  - b) Conjunto de parâmetros de entrada utilizados (incluindo a descrição das técnicas adotadas para adequação de curvas de variáveis aleatórias);
  - c) Descrição das técnicas e métodos empregados na verificação e na validação do modelo;



# Passos na Formulação ...

- d) Descrição do projeto de experimentos e do modelo fatorial de experimentação adotado;
  - e) Resultados obtidos e descrição dos métodos de análise adotados;
  - f) Conclusões e recomendações. Nesta última etapa é fundamental tentar descrever os ganhos obtidos na forma monetária.
- 





# Passos na Formulação ...

- Apresentação dos Resultados e Implementação:
  - a) Restabelecimento e confirmação dos objetivos do projeto;
  - b) Quais problemas foram resolvidos;
  - c) Rápida revisão da metodologia;
  - d) Benefícios alcançados com a(s) solução(ões) proposta(s);
  - e) Considerações sobre o alcance e precisão dos resultados;



# Passos na Formulação ...

- f) Alternativas rejeitadas e motivos;
- g) Animações das alternativas propostas quando cabíveis;
- h) Estabelecimento de conexões entre o processo e os resultados alcançados com o modelo simulado e outros processos de reengenharia ou de reformulação existentes no negócio;
- i) Assegurar que os responsáveis pelo estabelecimento de mudanças organizacionais ou processuais tenham compreendido a abordagem utilizada e seus benefícios;
- j) Tentar demonstrar que a simulação é uma espécie de ponte entre a ideia e sua implementação



## Erros mais Comuns na Abordagem via Simulação

- Pouco conhecimento ou treinamento com a ferramenta utilizada:
- Objetivos com pouca clareza ou definição
- Construção de modelos muito detalhados
- Realizar conclusões com base em uma replicação



# Exemplo Simples

- Considere um sistema de fila simples, neste caso um posto de lavação de automóveis.
- Os automóveis oriundos de uma área externa, se encaminham ao posto para usar um elevador hidráulico e serem lavados por um operador que faz uso de uma mangueira de alta pressão.
- Dependendo do dia da semana e da hora do dia, é possível que ao chegar ao posto o cliente encontre o posto ocupado. Prevendo tal situação o proprietário criou uma área de espera para que os clientes possam aguardar (por ordem de chegada) para serem atendidos.

