

Bacharelado em Sistemas de Informação

SIMULAÇÃO e VALIDAÇÃO

Profª Dagmar Borges da Silva

O que é SIMULAÇÃO?

É a modelagem de um processo ou sistema, de tal forma que o modelo imite as respostas do sistema real numa sucessão de eventos que ocorrem ao longo do tempo.

Por que estudar SIMULAÇÃO?

Embora seja um conceito simples, frequentemente os projetos de simulação falham: resultados sem utilidade ou enganos.

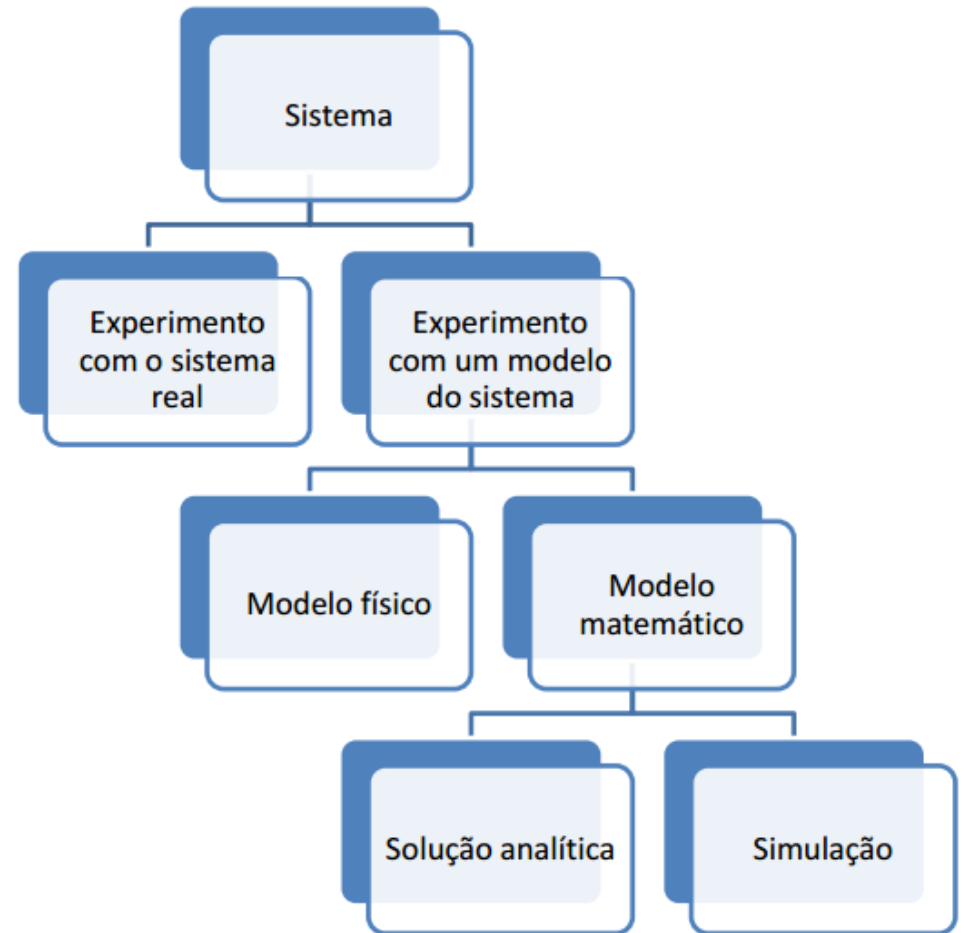
Principal motivo [Jain]: equipe

- a) bons desenvolvedores sem base estatística;
- b) bons estatísticos sem conhecimento de engenharia de software.

Maneiras de Estudar um Sistema

Para a maioria dos sistemas, em algum momento vamos precisar estudá-lo para determinar:

- a) relação entre componentes;
- b) previsão de desempenho quando submetido a novas condições.



Sistema Real x Modelo do Sistema

Um modelo sempre provoca questionamentos sobre sua validade.

Se for possível (e financeiramente viável), é preferível realizar experimentos diretamente com o sistema real: confiança no resultado.

Raramente é viável utilizar o sistema real:

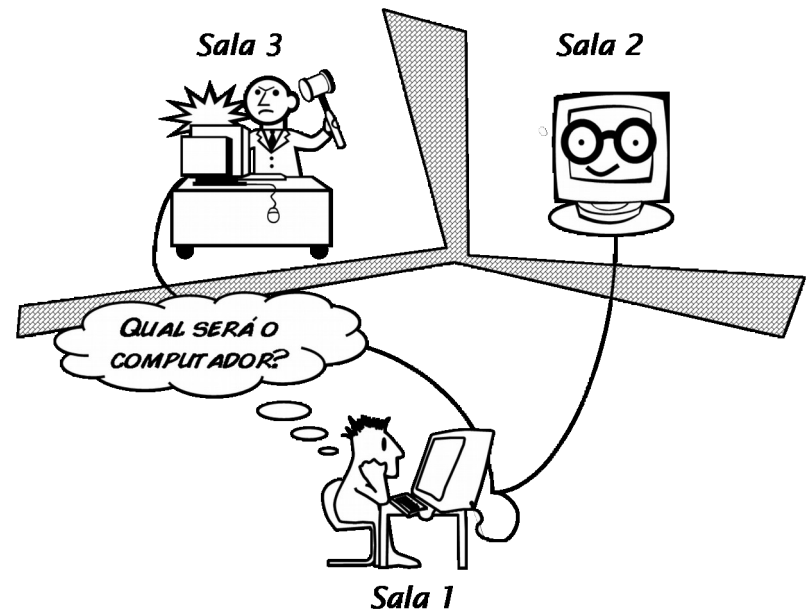
- a) muito caro ou prejudicial ao sistema existente;
- b) o sistema pode ainda nem existir.

SIMULAÇÃO: o que fazer?

PARA SIMULAR é preciso descrever o comportamento do sistema, construir teorias e hipóteses considerando as observações efetuadas e usar o modelo para prever o comportamento futuro.

SIMULAÇÃO: serve para quê?

A SIMULAÇÃO poderá ser usada para planejar o futuro de um sistema (um novo hospital, uma nova fábrica, um novo ambiente de suporte a negócios na Internet,...); poderá indicar, com baixo custo, quais os benefícios de se investir em um novo equipamento, por exemplo.



Por que construir um simulador?

- a) para permitir testar várias alternativas a um custo **geralmente** mais baixo que no mundo real;
- b) para melhor entendimento do problema.



SIMULAÇÃO: facilita?

UMA SIMULAÇÃO poderá facilitar o planejamento do atendimento de situações de emergência, um desastre aéreo em um aeroporto, auxiliando no acionamento e na atuação de serviços prestados pela polícia, pelos bombeiros, por ambulâncias, pela emergência hospitalar, etc.

SIMULAÇÃO: e os SISTEMAS?

SISTEMAS podem ser definidos como um conjunto de objetos (pessoas ou máquinas), que atuam e interagem com a intenção de alcançar um objetivo ou um propósito lógico.

Sistemas Exequíveis

Produção – manufatura e montagem, movimentação de peças e matéria prima, alocação de mão-de-obra, áreas de armazenagem, layout.

Transporte e Estocagem – redes de distribuição, armazéns e entrepostos, frotas.

Computacionais – redes (computadores e comunicação), servidores de redes, arquitetura de computadores, sistemas operacionais.

Administrativos – seguradoras, operadores de crédito e financeiras.

Prestação de serviços – hospitais, bancos, restaurantes, serviços de emergência, serviços de assistência jurídica.

SIMULAÇÃO: utilização nas decisões

Quando e qual tipo de equipamento novo deve ser comprado? Quando e como reorganizar os recursos voltados ao atendimento de clientes? E as filas de atendimento? Como alocar determinado tipo de equipamento servindo uma ou outra linha de produção?

SIMULAÇÃO: vantagens

Inúmeras utilizações para avaliar projetos.

Facilidade na sua aplicação (ao contrário dos métodos analíticos).

Permite análise de qualquer medida concebível.

Compreensão amigável das variáveis envolvidas.

Identificação de “gargalos”.

Operação real do sistema.

SIMULAÇÃO: desvantagens

A construção de modelos requer treinamento especial.

Às vezes, é difícil interpretar os resultados da simulação.

A modelagem e a experimentação associadas a modelos de simulação consomem muitos recursos (tempo).

Etapas da SIMULAÇÃO

SIMULAÇÃO: formulação de um estudo

Etapas



Formulação e Análise do Problema: os propósitos e objetivos do estudo devem ser claramente definidos.

Planejamento do Projeto: traçar um esboço do sistema, de forma gráfica (fluxograma) ou algorítmica (pseudocódigo), definindo componentes, descrevendo as variáveis e interações lógicas que constituem o sistema.

SIMULAÇÃO: formulação de um estudo

Coleta de Macro-Informações e Dados: fatos, informações e estatísticas fundamentais, derivados de observações, experiências pessoais ou de arquivos históricos.

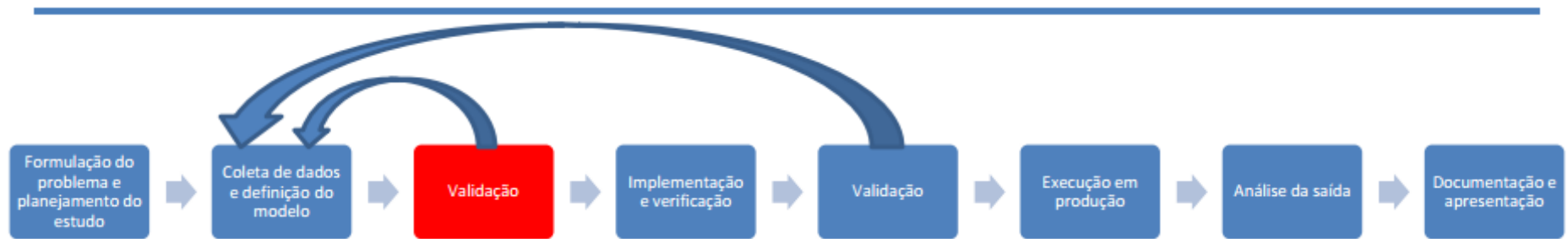
Tradução do Modelo: codificar o modelo numa linguagem de simulação apropriada.

Etapas



SIMULAÇÃO: formulação de um estudo

Etapas



Verificação e Validação: confirmar que o modelo opera de acordo com a intenção do gerente e que os resultados por ele fornecidos possam crédito e sejam representativos dos resultados do modelo real.

Projeto Experimental Final: projetar um conjunto de experimentos que produza a informação desejada, determinando como cada um dos testes deva ser realizado.

SIMULAÇÃO: formulação de um estudo

Etapas



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

Interpretação e Análise Estatística dos Resultados: traçar inferências sobre os resultados alcançados pela simulação.

SIMULAÇÃO: formulação de um estudo

Etapas



Comparação de Sistemas e Identificação das melhores soluções: conhecer as diferenças existentes entre diversas alternativas de sistemas.

Documentação: checar objetivos, hipóteses, parâmetros de entrada, técnicas e métodos adotados, projeto experimental, modelo fatorial, resultados, conclusões e recomendações.

Apresentação dos Resultados e Implementação.

SIMULAÇÃO: erros comuns

Etapas



Conhecimento e afinidade mínima com a ferramenta utilizada.

Objetivos com pouca clareza ou definição.

Construção de modelos muito detalhados.

Realização de conclusões com base em uma única replicação.

Modelos de SIMULAÇÃO: verificação e validação



É preciso que o modelo não possua erros de sintaxe e/ou de lógica.

Seja representativo do sistema real ou projetado.

Técnicas de Verificação

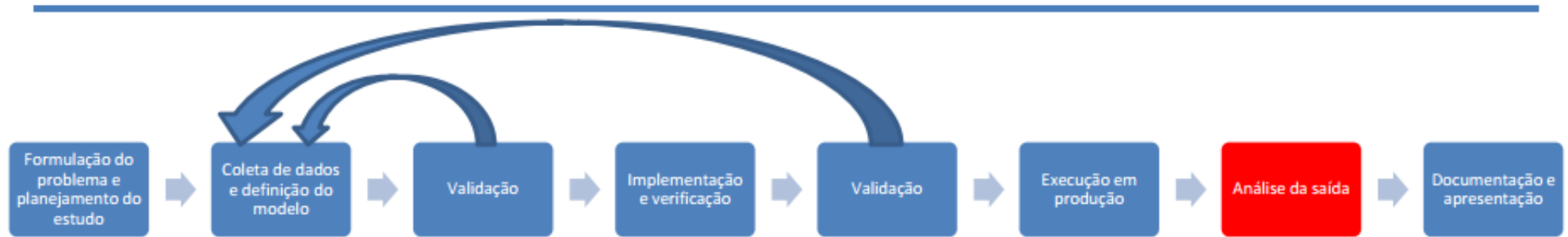
Uso de modelos determinísticos - atribuir valores a variáveis aleatórias.

Variações sobre os dados de entrada – variar os dados de entrada do modelo e verificar se as respostas são adequadas e consistentes.

Uso de rotinas de rastreamento - utilizar módulos existentes em linguagens de simulação para visualizar os eventos ocorridos, ordenados pelo tempo de sua ocorrência – Siman (faz parte do ambiente ARENA).

SIMULAÇÃO: Técnicas de Verificação

Etapas



Aplicação de testes de continuidade.

Emprego de testes de degenerescência: testar vários tamanhos de buffer.

Execução de casos simplificados: em sistemas de manufatura modela-se estes sistemas com poucas máquinas, reduzindo número de peças, por exemplo.

Verificação de consistência: verificar se o modelo produz resultados similares quando os parâmetros de entrada são atribuídos valores equivalentes em diferentes execuções.

SIMULAÇÃO: Técnicas de Validação

Etapas



Os que envolvem as simplificações e os pressupostos adotados na modelagem do sistema.

Os que consideram os parâmetros utilizados como entrada de dados e as distribuições utilizadas para representarem os aspectos de aleatoriedade.

Os que envolvem as considerações adotadas quando das análises e conclusões formuladas diante dos resultados obtidos pelas simulações.

Técnicas de Validação – aspectos relevantes

O conhecimento e a intuição de especialistas:
(*Brainstorming Meeting*), com apoio de testes Turing, estatísticos (teste-t).

Medições obtidas em sistemas reais: técnicas estatísticas para testar a existência de diferenças entre os resultados obtidos no sistema modelado e no modelo real (técnicas de aderência, Qui-quadrado, K-S); avaliar o comportamento do modelo.

Técnicas de Validação

Resultados teóricos – Teoria das Filas (modelagem) e Redes de Petri (desempenho de sistemas computacionais).

Análise e Tratamento de Dados

O perfeito casamento entre uma distribuição teórica de probabilidades e o comportamento aleatório de uma variável de um sistema envolve etapas como Processo de Amostragem e Coleta de Dados, Tratamento dos Dados, Identificação da Distribuição Estatística, Estimação dos Parâmetros da Distribuição Identificada e Testes de Aderência.

Análise e Tratamento de Dados

PROCESSO DE AMOSTRAGEM E COLETA DE DADOS

- a) Os dados estão disponíveis?
- b) De que maneira estão disponíveis?
- c) Como coletá-los?
- d) Como analisá-los?

Simulação é uma ferramenta de avaliação, logo o *Output* depende da qualidade do *Input*.

Coleta de dados		
Arquivos históricos observações do sistema oriundos r		

PROCESSO DE AMOSTRAGEM E COLETA DE DADOS

Amostragem: Banks (1984) apresenta pontos essenciais (sugestões) para melhorar e facilitar a condução do exercício de coletar dados, a saber: planejamento e observação preliminar, utilidade dos dados coletados, conjunto homogêneos de dados, relacionamento entre variáveis e independência das observações.

Processo de Amostragem e Coleta de Dados

Fontes de Dados: Segundo Pegden (1990), as fontes de dados na maioria das vezes podem ser arquivos históricos do sistema, observações do sistema sob estudo e/ou de sistemas similares, estimativas de operadores, afirmações de vendedores de máquinas, equipamentos, estimativas de projetistas de sistemas e considerações teóricas sobre o sistema.

Processo de Amostragem e Coleta de Dados



Tratamento de Dados: é preciso que toda a informação contida nos dados coletados torne-se acessível e, principalmente, compreensível.

Processo de Amostragem e Coleta de Dados



Representação Gráfica: refere-se a variáveis discretas ou contínuas (histograma).

Medidas descritivas e de dispersão.

Processo de Amostragem e Coleta de Dados

Identificação da Distribuição de Probabilidade.

Normal (descreve fenômenos simétricos em torno da média), Uniforme (empregada quando ocorre os limites mínimo e máximo), Triangular (ocorre quando se desconhece a curva associada a uma variável aleatória, mas há conhecimento acerca dos limites acima e o valor mais provável).

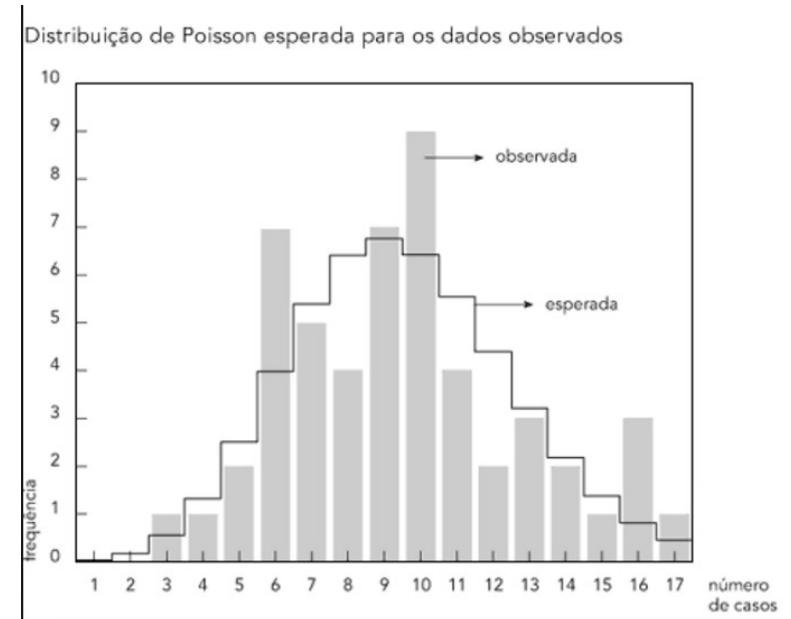
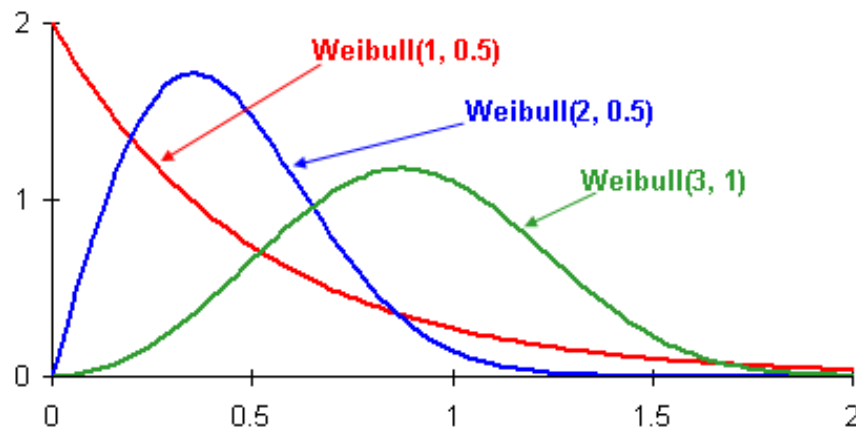
Identificação da Distribuição de Probabilidade

Exponencial (utilizada na modelagem de tempos decorridos entre dois eventos, principalmente se estes forem causados por um grande número de fatores independentes), Lognormal (emprega-se quando a variável analisada é resultado do produto de um grande número de variáveis aleatórias positivas – pense em distribuições não simétricas).

Identificação da Distribuição de Probabilidade

Erlang (fenômeno observado em diversas fases de forma independentes com distribuições Exponenciais), Gama (é uma generalização da distribuição Erlang, sendo “m” um número não inteiro), Beta (utilizada para caracterizar variáveis aleatórias cujos valores pertecem ao intervalo (0;1)).

Identificação da Distribuição de Probabilidade

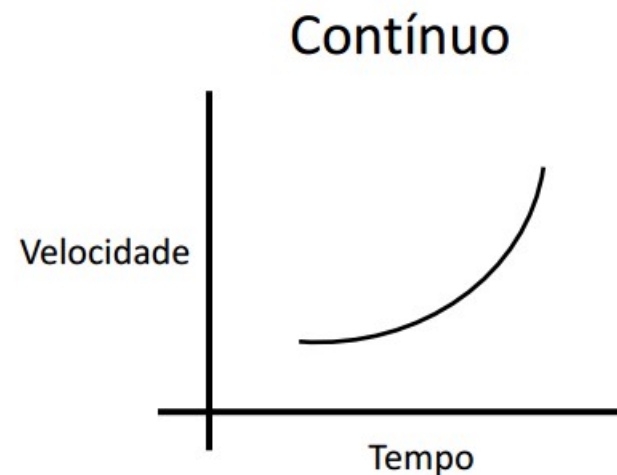
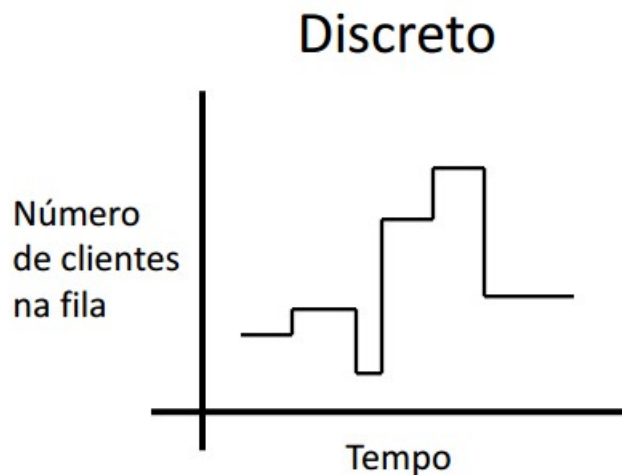


Weibull (representa variáveis aleatórias que descrevem características de confiabilidade de sistemas ou equipamentos), Poisson (modela número de ocorrências (discretos) que uma variável possa assumir num intervalo contínuo).

Identificação da Distribuição de Probabilidade

TESTES DE ADERÊNCIA: verifica a qualidade na escolha da distribuição que melhor representa os dados da população.

Testes Chi-quadrado (1) e Kolmogorov - Smirnov (K-S) (2) – medem e avaliam os desvios entre as distribuições amostral e teórica. (1) válido para distribuições contínuas e discretas – amostras representativas (≥ 100 valores); (2) válido somente para distribuições contínuas – pequenas amostras.



Tipos de Sistemas: Discreto x Contínuo

DISCRETO: variáveis de estado modificam-se instantaneamente em pontos separados no tempo. Ex.: número de clientes no banco.

CONTÍNUO: variáveis de estado modificam-se continuamente no tempo. Ex.: posição e velocidade de um avião.

Na prática, poucos sistemas são puramente discretos ou contínuos, mas um dos tipos predomina.

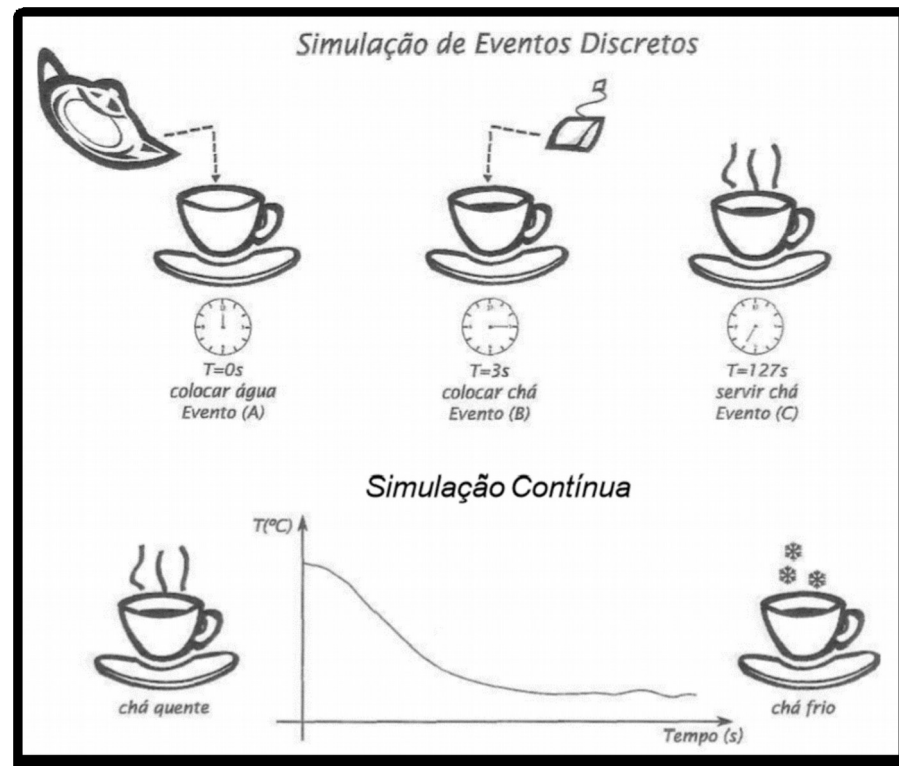
Simulação de Eventos Discretos

Os modelos de simulação computacional atuais executam, sequencialmente e de maneira repetitiva, um conjunto de instruções.

Na medida em que as **instruções** são executadas, os valores que determinadas variáveis podem assumir são **alterados**, uma vez que se modificam as condições que influenciam o **comportamento** do modelo.

Simulação de Eventos Discretos

Simulação de eventos discretos é utilizada para modelar sistemas que mudam o seu estado em pontos discretos no tempo.



Terminologia Básica Utilizada

Entidades e Atributos

Recursos

Variáveis de Estado

Eventos e Atividades

Entidades e Atributos

Entidades: objetos que constituem o modelo, que se movimentam através do sistema e seu comportamento é rastreado.

Exemplos: pacientes em um hospital, aeronaves em um aeroporto, máquinas em uma fábrica.

Atributos: características pertencentes a cada entidade. Usado para controlar o comportamento de uma entidade e para distinguí-las entre si.

Exemplos: nome ou tipo de peça, cliente ou tarefa.

Recursos

Recursos são também objetos individuais do sistema, mas são contáveis e fornecem serviços às entidades.

Podem ter vários estados. Ocupado, livre, bloqueado, falhado, indisponível, etc.

Pode servir uma ou mais entidades ao mesmo tempo.

Uma entidade pode operar com mais de uma unidade de recurso ao mesmo tempo ou com diferentes recursos ao mesmo tempo.

Variáveis de Estado

Determinam o estado de um sistema num particular momento.

Constituem o conjunto de informações necessárias que descrevem a evolução do sistema ao longo do tempo.

Exemplo:

Linha de Produção: o número de peças esperando para serem processadas na máquinas (fila da máquina);

Banco: número de caixas ocupados, número de clientes esperando na fila do caixa, horário de chegada de cada cliente ao banco.

Eventos e Atividades

Eventos são acontecimentos, ocorrências, que provocam mudança de estado em um sistema.

Toda mudança de estado é provocada pela ocorrência de um evento.

Exemplos:

Chegada ou saída de uma entidade (ex. Passageiro, cliente, aeronave) em um processo.

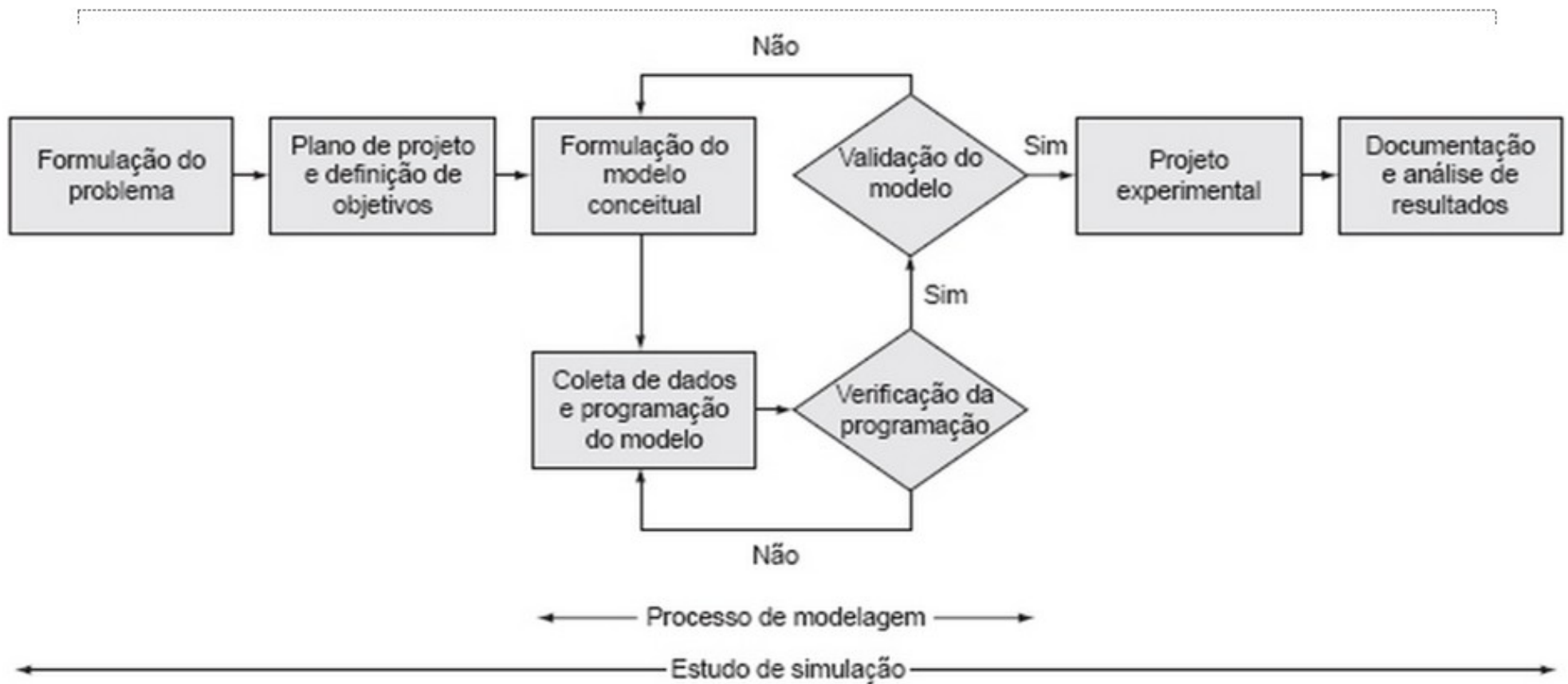
Início ou término de alguma operação.

Atividades são operações e procedimentos com duração predeterminada. Todo início e final de uma atividade é causada por um evento (mudança de estado).

Exemplo:

Processamento por uma máquina.

Escolher qual é melhor?



O que é VALIDAÇÃO?

Processo aonde analista e cliente avaliam se o modelo computacional implementado está de acordo com as suposições iniciais e se está válido para utilização.

- a) Testes estatísticos (dados reais vs. resultados da simulação);
- b) Duplicação de modelos (duas equipes construindo mesmo modelo);
- c) Comparação com modelos anteriores (se houver);
- d) Análise de Sensibilidade (alterar parâmetros de entrada).

Experimentação

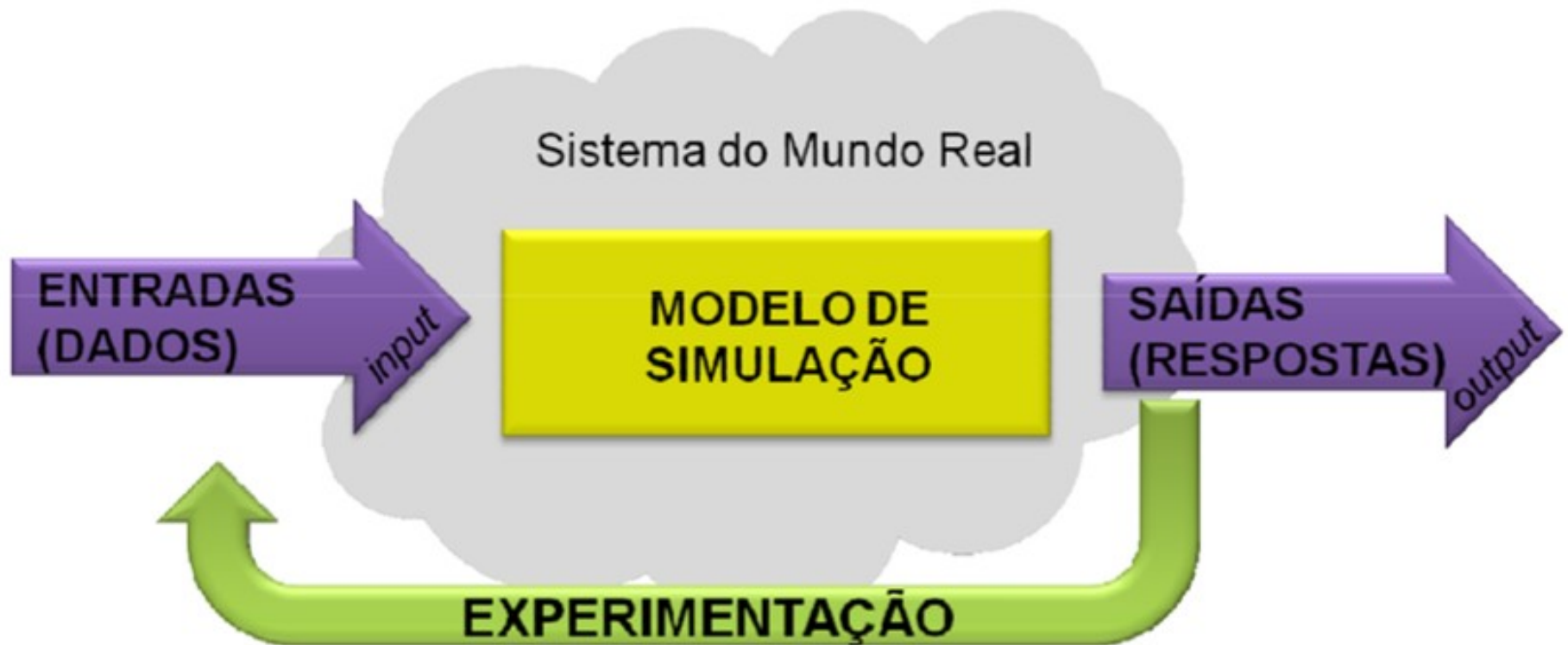
Razão final pela qual se constrói modelos de simulação: executar experimentos e modelar cenários alternativos.

São efetuadas várias “rodadas” do modelo, observando-se o sistema em determinadas condições.

Determina-se estatisticamente quais fatores são causadores de quais efeitos, possibilitando a construção de conclusões apropriadas.

Obs.: O alcance de significância estatística dos resultados depende de quanto tempo o experimento é executado.

Esquema: Modelagem x Experimentação



Exemplo: Linha de Produção



Ex.: Componentes na linha de produção de fábrica

Ex.: Aumentar número de funcionários, aumentar maquinário.

Ex.: Tempo de processamento, % utilização máquinas e funcionários, identificação de gargalos.



Validação de Modelos de Simulação

Introdução

Durante o desenvolvimento de um modelo de simulação é preciso estar seguro de que o mesmo esteja sendo corretamente implementado.

VERIFICAÇÃO

Verificar erros de
sintaxe e/ou de
lógica

VALIDAÇÃO

Verificar se está
representativo do
sistema real ou
projetado

Verificação

Avaliar se suposições e simplificações do **modelo conceitual** foram corretamente implementadas no **modelo computacional**.

A verificação de modelos de simulação é equivalente a retirar os “bugs” do programa (*debugging*).

Técnicas de Verificação

Implementação Modular/ Verificação Modular

Valores constantes/simplificados + cálculos manuais

Variações dos dados de entrada

Utilização do "*Debugger*"

Animação Gráfica

Revisão em grupo

O Problema da Validação

Modelo de simulação → **representação** do mundo real
Apesar do grande esforço para descobrir os fatores importantes do sistema, ...



...o modelo reflete os pontos de vista de um indivíduo ou grupo sobre o que deveria ser incluído.

O Problema da Validação

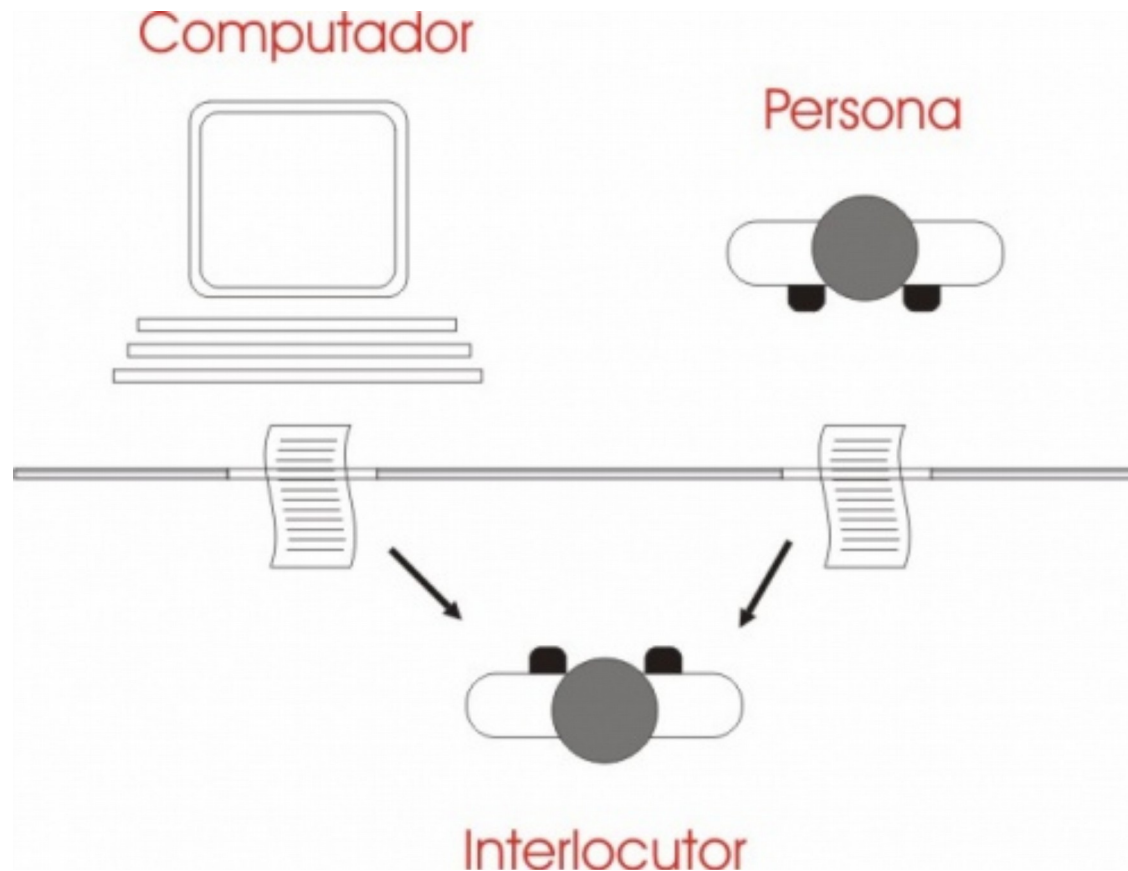
Na maioria das análises, constrói-se um modelo para que este atue sob condições (operacionais ou gerenciais) diferentes da realidade.

Por isso, são poucas as possibilidades para a realização de comparações detalhadas para fins de validação.

Um modelo de simulação **totalmente correto** é **impossível**, porém, sua **validação** é medida pela **proximidade** entre os resultados obtidos pelo **modelo** e aqueles originados do **sistema real**.

Técnicas de Validação

Teste de Turing ou validação *black-box*



Técnicas de Validação

Duplicação de modelos

Comparação com modelos anteriores

Análise de sensibilidade

Validação "face a face"

