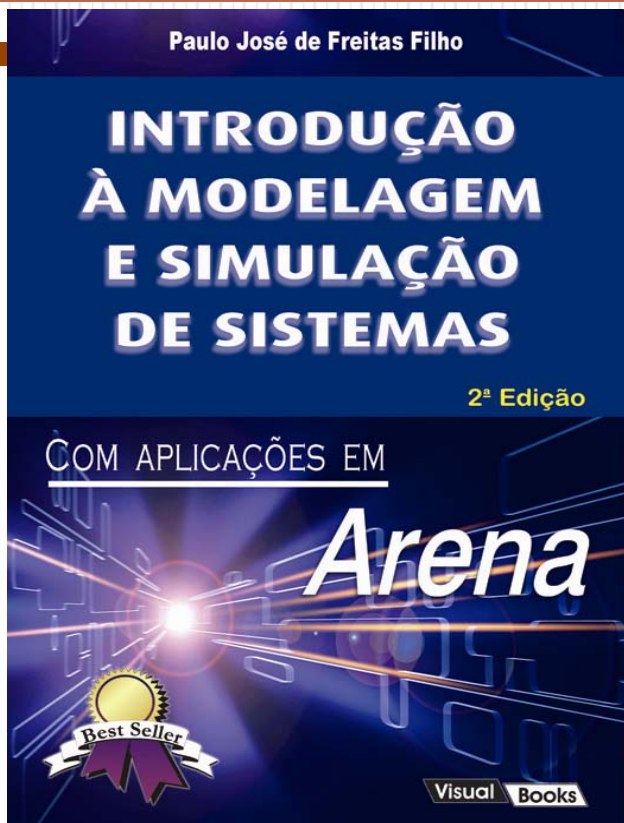


# INE 5425 - Modelagem e Simulação



Prof. Paulo José de Freitas Filho, Dr. Eng.  
Dep. Informática e Estatística, UFSC

*freitas@inf.ufsc.br*

# Objetivos do curso

---

- Ao final deste curso você deverá saber:
  - O que é modelagem e simulação de sistemas;
  - Entender as diferenças entre modelagem analítica e simulação
  - Como funcionam programas de simulação;
  - Como utilizar corretamente uma linguagem específica de modelagem e simulação de sistemas;
  - Como solucionar problemas reais empregando técnicas de simulação;
  - Como utilizar técnicas estatísticas para validar as soluções encontradas via simulação;

# Tópicos desta Apresentação

---

- Introdução
- Modelos e simulação
- Uma breve história da modelagem e simulação
- Vantagens e desvantagens
- Passos na Formulação de um Estudo Envolvendo Modelagem e Simulação

# Introdução

---

- Para o propósito do aprendizado na disciplina de MeS, os alunos, de maneira geral, devem trabalhar sobre quatro pontos básicos:
  - **Modelagem:** compreensão dos vários paradigmas da modelagem apropriados à condução de simulações computacionais
  - **Simulação:** entendimento de sua metodologia, desenvolvimento, verificação, validação e o projeto de experimentos
  - **Visualização:** capacidade de prover formas interativas e gráficas em 3D e em tempo real de simulações visuais e de ferramentas de alto nível para o desenvolvimento de modelos.
  - **Análise:** observação dos resultados e a compreensão de suas aplicações e, principalmente, suas limitações, considerando que se originam de modelos.

# Introdução

---

- Alunos de Ciência da Computação (CC)
  - Se aplicam os quatro pontos anteriores para os alunos envolvidos em aplicações de MeS em qualquer segmento ou atividade, no qual se faça o uso de ferramentas para a modelagem e simulação.
  - No que diz respeito ao desenvolvimento de ferramentas voltados à MeS, alunos de CC devem considerar o conhecimento extra nas áreas de:
    - Linguagens de programação
    - Eng. de software
    - Computação gráfica
    - Estatística e probabilidade
    - Cálculo Numérico

# Introdução

---

- *Modelagem e Simulação – MeS* é uma disciplina que possui um corpo próprio de conhecimento, teoria e metodologia.
- No núcleo da disciplina é fundamental a noção de que modelos são aproximações do mundo real.
- Modelos e suas aplicações estão hoje disseminados em praticamente todas as áreas do conhecimento humano devido a:
  - Interdisciplinaridade da pesquisa e do conhecimento;
  - Complexidade dos sistemas sob investigação
  - Crescente capacidade e potencialidade no desenvolvimento de modelos de simulação computacional

# Introdução

---

- MeS é um paradigma comum empregado na análise de sistemas complexos. O processo implica em:
  - Criação de representação (modelo) do sistema sob estudo;
  - Experimentação com o modelo do sistema guiado por uma série de objetivos tais como: melhorias de projeto, análise custo-benefício, análise de sensibilidade dos parâmetros, etc.
  - A experimentação gera uma história do comportamento do sistema ao longo do tempo, assim como estatísticas deste comportamento.
  - A representação criada (modelo) descreve a estrutura do sistema, a história o seu comportamento.

# Modelos

---

- Um modelo é uma representação de um evento e/ou de coisas que são reais (estudo de caso) ou artificiais (caso de uso).
- Para produzir um modelo, é necessário abstrair da realidade a descrição de um sistema.
- O modelo pode retratar o sistema em um ou mais níveis de abstração, desde que esta representação seja matematicamente confiável.
- Nesse curso trabalharemos com modelos analíticos e modelos simbólicos voltados a simulação.



# Modelos Analíticos x Modelos de Simulação

---

- As diferenças entre modelos analíticos e modelos de simulação recaem na natureza de suas soluções:
  - Analítico: encontra a solução para um problema matemático na forma de procedimentos via um algoritmo. As soluções obtidas são usadas como medidas de desempenho do sistema.
  - Simulação: a solução é provida via execução de um programa (modelo) que produz amostras do comportamento do sistema. Estatísticas tomadas destas amostras são usadas como medidas do desempenho do sistema.

# O que é a simulação de sistemas?

---

- “Simulação implica na **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**”, Thomas Schriber [1974].

# O que é a simulação de sistemas?

---

- “Simulação implica na **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”, Thomas Schriber [1974].
- “Um **modelo computacional** é um programa de computador cujas variáveis apresentam o mesmo comportamento **dinâmico e estocástico** do sistema real que representa”. Robert Shannon (1975)

# O que é a simulação de sistemas?

---

- “Simulação implica na **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”, Thomas Schriber [1974].
- “Um modelo computacional é um programa de computador cujas variáveis apresentam o mesmo comportamento dinâmico e estocástico do sistema real que representa”. Robert Shannon (1975)
- “Simulação é o processo de **projetar um modelo computacional** de um sistema real e **conduzir experimentos** com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação”, Dennis Pegden [1991].

# O que é a simulação de sistemas?

---

- “Simulação implica na **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”, Thomas Schriber [1974].
- “Um modelo computacional é um programa de computador cujas variáveis apresentam o mesmo comportamento dinâmico e estocástico do sistema real que representa”. Robert Shannon (1975)
- “Simulação é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e **conduzir experimentos** com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação”, Dennis Pegden [1991].
- “Simulação é a **aplicação de uma metodologia** que permite **descrever o comportamento** de um sistema usando um **modelo matemático ou um modelo simbólico**”, John Sokolowski [2009].

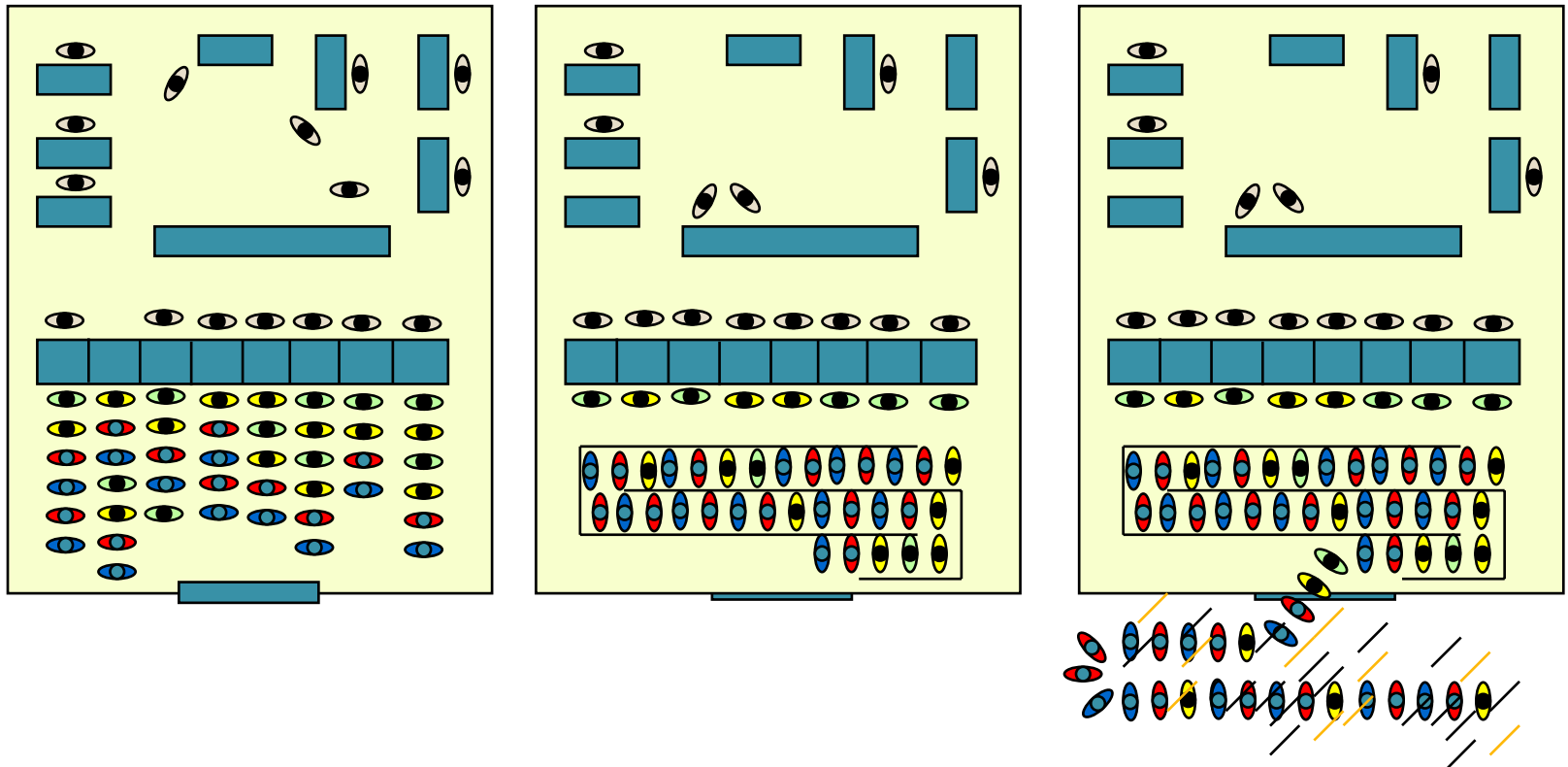
# Quando empregar modelagem e simulação

---

- A simulação é empregada quando o sistema real não pode ser comprometido porque:
  1. Não é acessível (geograficamente ou não há autorização)
  2. Pode ser perigoso comprometê-lo (uso indevido pode causar danos)
  3. É inaceitável comprometê-lo (custos ou não reposição)
  4. Ainda não existe

# Por que Simular?

- Exemplo do não emprego da simulação e da consequente perturbação do sistema sob avaliação.
- CEF, campus da UFSC, final da década de 80.



# Um pouco de história da simulação

---

- 500 AC – Império Romano, simulação de batalhas exercito azul e vermelho;
- 1200 – 1600, Renascença – Leonardo DaVinci, projetos e modelos físicos de ferramentas, tanques de guerra, artefatos voadores. O mais notável uma ponte móvel que podia ser montada e desmontada para ultrapassar rios de até 25 metros (construiu um modelo funcional em escala com cerca de 7,5 metros).
- 1400, sul da Europa - Jogo de Xadrez (baseado em jogo indiano do século 7) simulação de uma batalha entre dois exércitos. Em 1997, o computador Deep Blue da IBM foi a primeira máquina de jogar xadrês que derrotou um campeão mundial (Garry Kasparov).
- 1780 – Inglaterra, John Clerk cria e emprega um simulador de táticas de guerra naval, empregando objetos sobre uma mesa.



# Um pouco de história da simulação . . .

- Século 19, o exército da Prússia (atual Alemanha) faz uso dos primeiros “War Games” empregando tabelas de cálculos, regras, mesas com objetos no seu treinamentos e simulações.
- 1929 – USA, primeiro simulador de voo construído por *Edward Link*. “*Link Flight Simulator*”



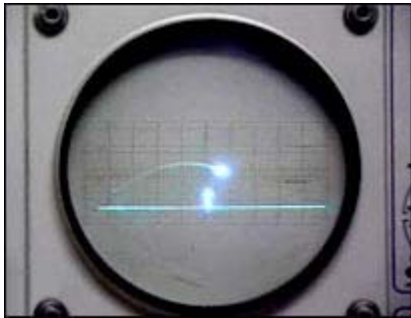
# Um pouco de história da simulação . . .

---

- 2a Guerra Mundial (1939-1945) – Simuladores numéricos de processos envolvidos no desenvolvimento da bomba atômica (projeto Manhattan) – Método de Monte Carlo
- Pós-guerra (1949-1950) – primeiros combates simulados em computadores digitais envolvendo mais de um combatente e sistemas de defesa aérea.
- 1950 – MIT, simuladores conectando (via microondas modelos no computador e mecanismos físicos via radares.
- 1953 – MIT, operadores de radar e controladores de armas podiam reagir sobre alvos simulados de maneira semelhante à visão que tinham junto a estes equipamentos. (primeiras transmissões de TV)

# Um pouco de história da simulação . . .

- Entram em cena os Videogames ([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))
  - [1947: Cathode Ray Tube Amusement Device](#), [1950-1951: Chess](#), [1951: NIM](#), [1952: OXO / Noughts and Crosses \(Tic-Tac-Toe\)](#), [1958: Tennis for Two](#), [1959: Mouse in the Maze](#), [Tic-Tac-Toe](#), [1961: Spacewar!](#), [1966: Odyssey](#), [1971: Galaxy Game](#), [1971: Computer Space](#), [1972: Pong](#)



[1958: Tennis for Two](#)



[1961: Spacewar](#)



[1972: Pong](#)

- Observem a diferença entre jogos e simuladores. Jogos visam o entretenimento e exigem a participação de jogadores. Um simulador é focado no modelo e sua semelhança com o sistema modelado visando avaliar o seu comportamento.

# Um pouco de história da simulação . . .

---

- 1970 – 2008. Aplicações militares lideram as pesquisas e os recursos em aplicações que visam o desenvolvimento de simuladores tipo “War games”. As pesquisas patrocinadas pelo Dep. Defesa e pela OTAN geram ferramentas e técnicas como POO, ambientes de simulação visual...
- 1972 – IBM, GPSS, primeira linguagem de simulação (Fortran)
- 1982 – 1984, Slan, Siman,....primeiros ambientes para simulação em micro-computadores.
- 1980 – 2008, Ambientes de simulação são disponibilizados para aplicações em praticamente todos os seguimentos, com grande capacidade de processamento, interatividade e facilidades para a modelagem, análise e avaliação.

# Vantagens de Empregar a Simulação

---

- Reusabilidade dos modelos;
- Passível de uso mesmo que os dados de entrada estejam, ainda, na forma de “esquemas” ou rascunhos.
- A simulação é, geralmente, mais fácil de aplicar do que métodos analíticos (menos simplificações).
- Pelo alto nível de detalhamento o modelo pode substituir o sistema real evitando sua perturbação;
- O tempo pode ser controlado. Pode ser comprimido ou expandido. Permite-nos reproduzir os fenômenos de maneira lenta ou acelerada, para que possamos melhor estudá-los;

# Mais Vantagens...

---

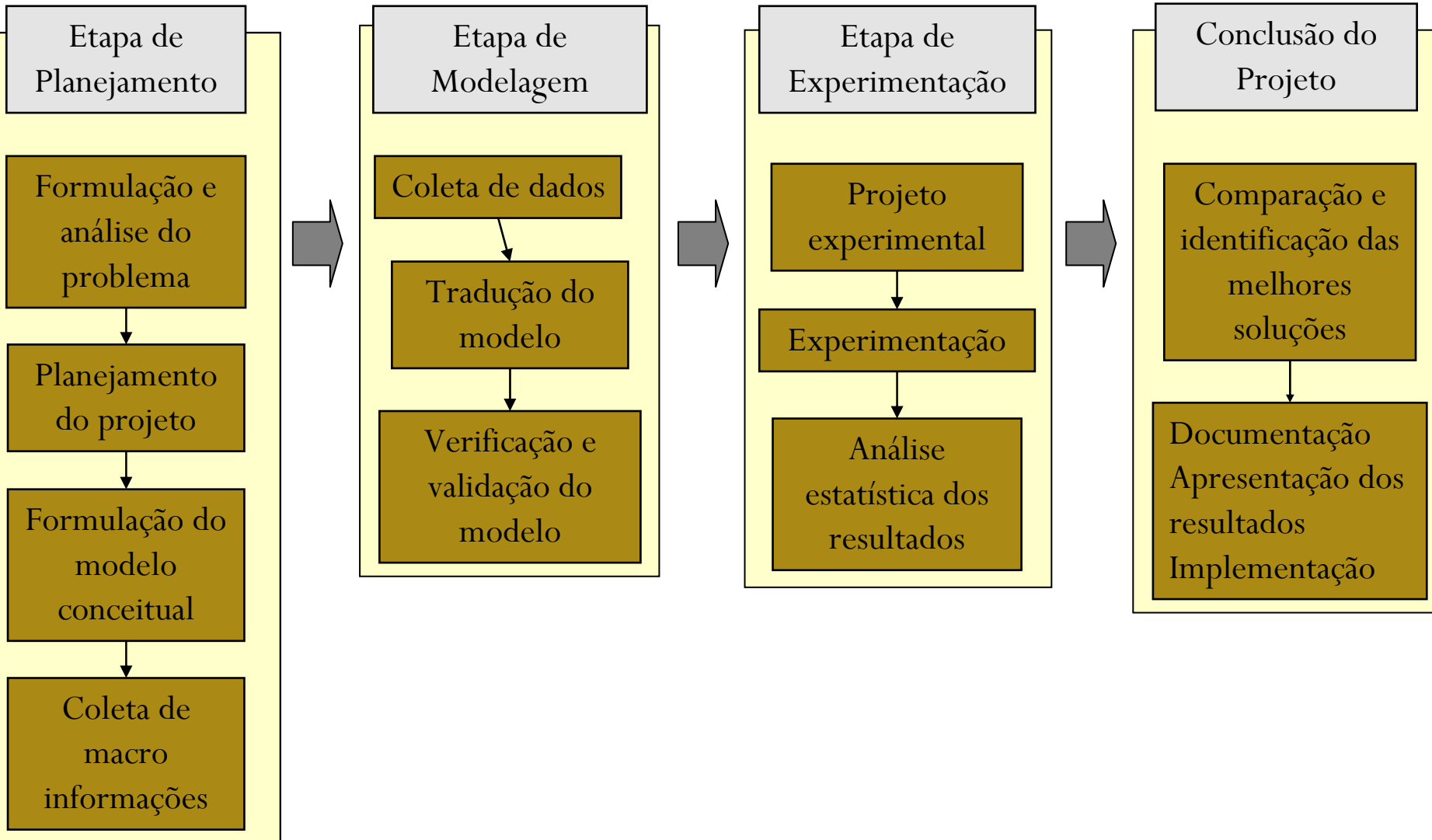
- Podemos compreender melhor quais variáveis são as mais importantes em relação a **performance** e como as mesmas interagem entre si e com os outros elementos do sistema;
- Facilitar a identificação de “gargalos”, preocupação maior no gerenciamento operacional de inúmeros sistemas, tais como fluxos de materiais, fluxo de informações ou de produtos;
- Novas situações, sobre as quais tenhamos poucos conhecimentos e experiência, podem ser tratadas, de tal forma que se tenha, teoricamente, alguma preparação diante de futuros eventos.

# Desvantagens de Empregar a Simulação

---

- A construção de modelos requer **treinamento especial**.
- Envolve **arte** e portanto o aprendizado se dá **ao longo do tempo com a aquisição de experiência**.
- Os **resultados** da simulação são, muitas vezes de **difícil interpretação** (processos aleatórios incluídos no modelo).
- A modelagem e a experimentação associadas a modelos de simulação **consomem muitos recursos, principalmente tempo**.

# Passos na Formulação de um Estudo Envolvendo Modelagem e Simulação





# Atividades Sugeridas

---

- Leitura dos capítulos 1 e 2 das referencia 1

