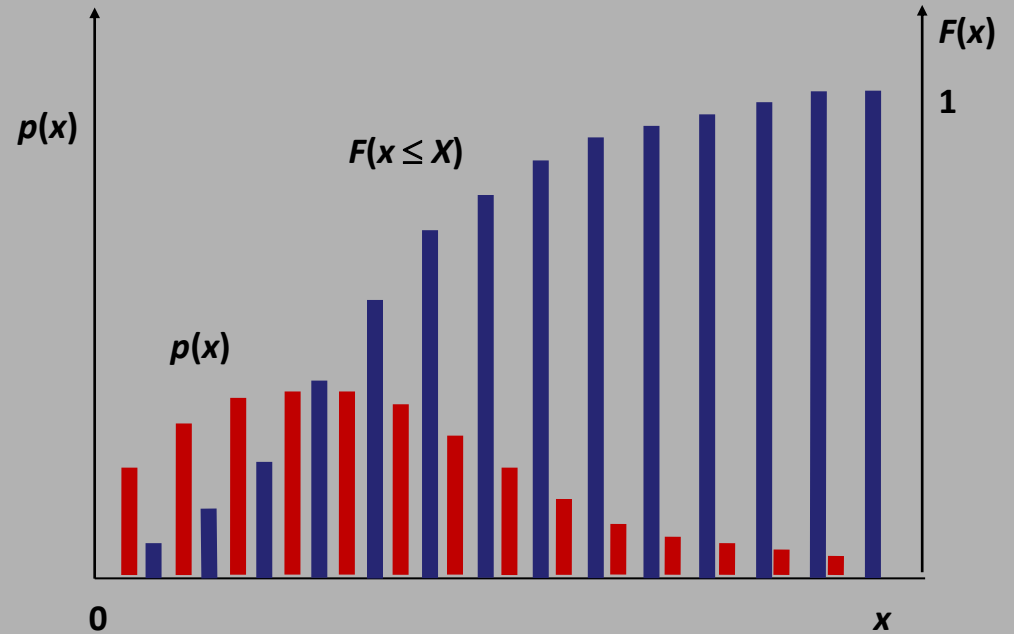
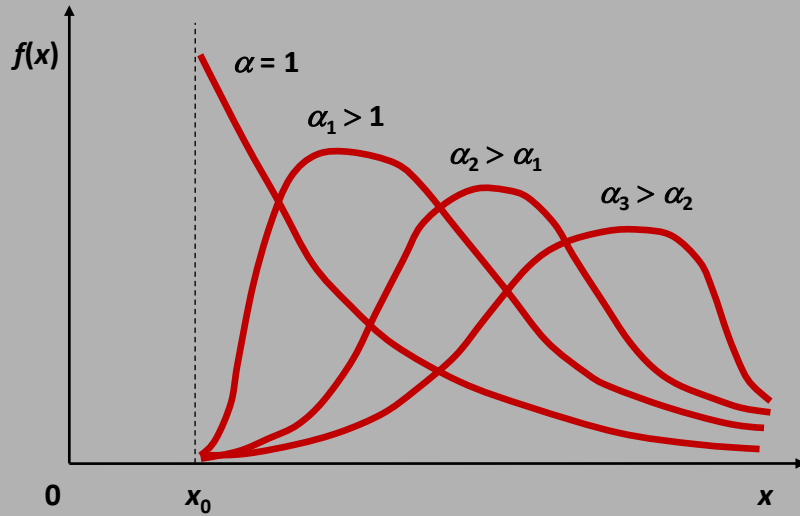


Técnicas de Simulação



Rui Assis
2020-21
rassis@rassis.com
www.rassis.com

Avaliação e conduta

Avaliação

- Métodos **ativos** e **dedutivos** de exposição com o apoio da projecção de *slides* em PP;
- Resolução de **casos exemplificativos** durante as aulas recorrendo ao EXCEL, os quais serão carregados no Moodle após as aulas;
- A avaliação dos conhecimentos adquiridos será composta por **Avaliação Contínua** com base em **4 critérios**:
 - **Trabalhos** semanais de grupos formados por três (ou menos) alunos – peso **20%**;
 - Dois **testes** mais abrangentes individuais (ambos com a mesma ponderação) – peso **50%**;
 - Grau de **participação** nas aulas – peso **20%**;
 - **Assiduidade** **10%**.
- A nota mínima para dispensar ao exame deverá ser **12**;
- A nota mínima para ir a exame e obter aprovação na UC deverá ser **10**.

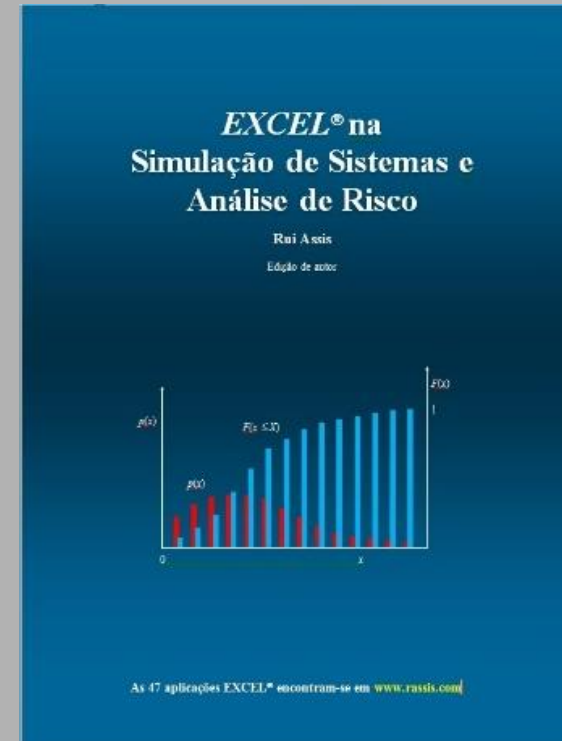
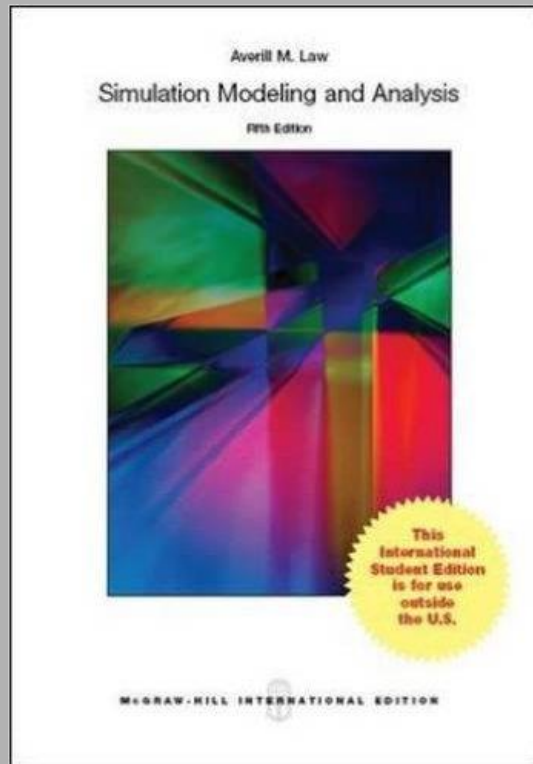
Regras de conduta

- Não usar os **telemóveis** nas salas de aula enquanto estas decorrem;
- Apresentar o **TPC** realizado até à véspera de cada aula;
- Em caso de **urgência**, sair da sala de forma discreta, avisando o Professor;
- Colocar sempre quaisquer eventuais **dúvidas**;
- Ao usar os computadores existentes na sala de aula, nada gravar neles ou, preferencialmente, usar **computadores próprios**;
- Em caso de uso dos computadores da sala de aula, ter sempre consigo uma **flashdrive** para gravar o trabalho realizado.

Documentação recomendada

Simulation Modeling and Analysis,

Averill M. Law, Mc Graw Hill, 2014



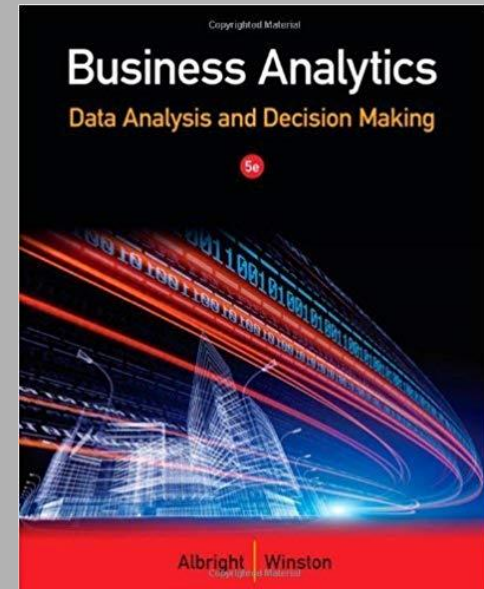
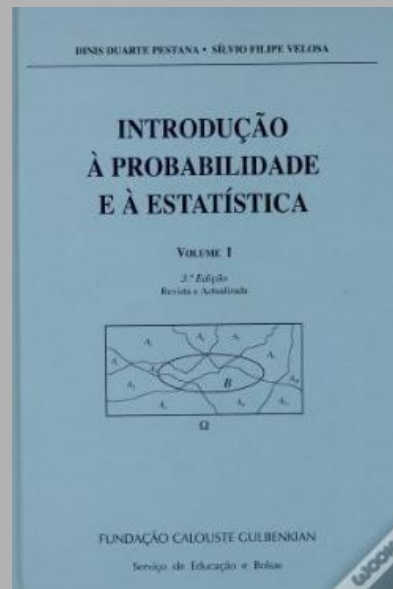
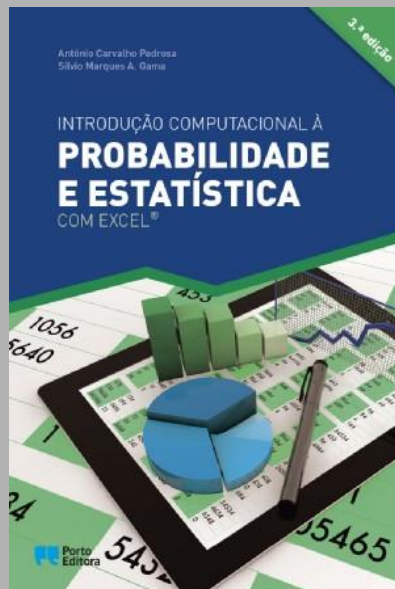
EXCEL na Simulação de Sistemas e Análise de Risco,

Rui Assis, AMAZON, 2014 (revisto em 2018)

Documentação opcional

Para revisões consultar no site www.matematica.pt a secção de vídeos da **Khan Akademy**.

1. **Livro:** Pedrosa, A.C., Gama, S.M. (3ª edição 2016), **Introdução computacional à Probabilidade e Estatística**, Porto Editora
2. **Livro:** Pestana, D.D., Velosa, S.F. (2008), **Introdução à Probabilidade e à Estatística**, Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
3. **Livro:** Albright, S. Christian, Winston, Wayne L., **Business Analytics**, CENGAGE Learning, NY, USA



Website da disciplina

http://www.rassis.com/TS_2020-21/Lusofona_TS.html



Software de simulação



Iniciação à simulação com o EXCEL

1. Números aleatórios (1-50) e estrelas (1-12) no Euromilhões
2. Teste um dado são e de um dado viciado
3. Simulador cores.XLSX
4. Qual o valor mais provável da soma dos resultados do lançamento de 2 dados? E de 3 dados?
5. Área circunferência.XLSX
6. Área quadrado.XLSX
7. Intersecção rectas.XLSX



Aulas 5 e 6 (07/Out)

1. Resolução do Exercício TS.1
2. Revisão dos conceitos estatísticos (Capítulo 3 do ESSAR):
 1. Estatísticas de uma amostra;
 2. Intervalo de confiança (média aritmética e desvio padrão);
 3. Testes de hipótese de aleatoriedade de dados observados (empíricos):
 1. Teste das alternâncias;
 2. Teste da recta de ajustamento.
3. Exemplos de modelos de simulação no EXCEL (Capítulo 6 do ESSAR);
4. Conceitos básicos em Simulação (Capítulo 1 do ESSAR);
5. Métodos de Simulação (Capítulo 2 do ESSAR);
6. Distribuições teóricas de probabilidade (Capítulo 4 do ESSAR).



Conceitos Gerais em Simulação

Capítulo I do livro “ESSAR”

Descrevem-se:

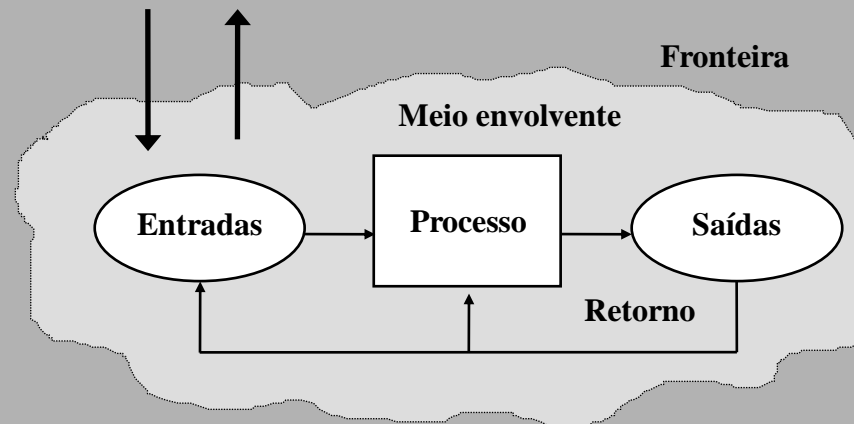
- Os principais conceitos de um modelo de simulação e de que forma este pode ser usado para **prever o comportamento de um sistema real**, evitando assim consequências indesejáveis com a sua experimentação.
- O significado de **sistema**, de **modelo de um sistema** e de **simulação do seu funcionamento**.
- Os vários **tipos** de modelos de simulação.
- O significado de **aleatoriedade** e de risco.
- As **variáveis** a ter em conta num modelo de simulação de um sistema.
- As **fases** do ciclo de vida de um modelo de simulação.



Conceitos Gerais em Simulação

Sistemas

- Conjunto de partes interactuantes e interdependentes que, conjuntamente, formam um todo unitário com determinado objectivo e efectuem determinada função.
- Ou, de outra forma: Conjunto de elementos interligados que interagem entre si e que funcionam de forma coordenada e deliberada.



Sistema e o seu meio envolvente

Ambiente

- O ambiente de um sistema é formado por um conjunto de elementos que não fazem parte do sistema, mas que podem produzir mudanças no estado do sistema.

Conceitos Gerais em Simulação

Sistemas abertos

- Basicamente, a teoria de sistemas afirma que estes são abertos e sofrem interações com o ambiente onde estão inseridos. Desta forma, a interação gera realimentações que podem ser positivas ou negativas, criando assim uma auto-regulação regenerativa, que por sua vez cria novas propriedades que podem ser favoráveis ou desfavoráveis para o todo independentemente das partes. Toda a organização é um sistema aberto.

Sistemas fechados

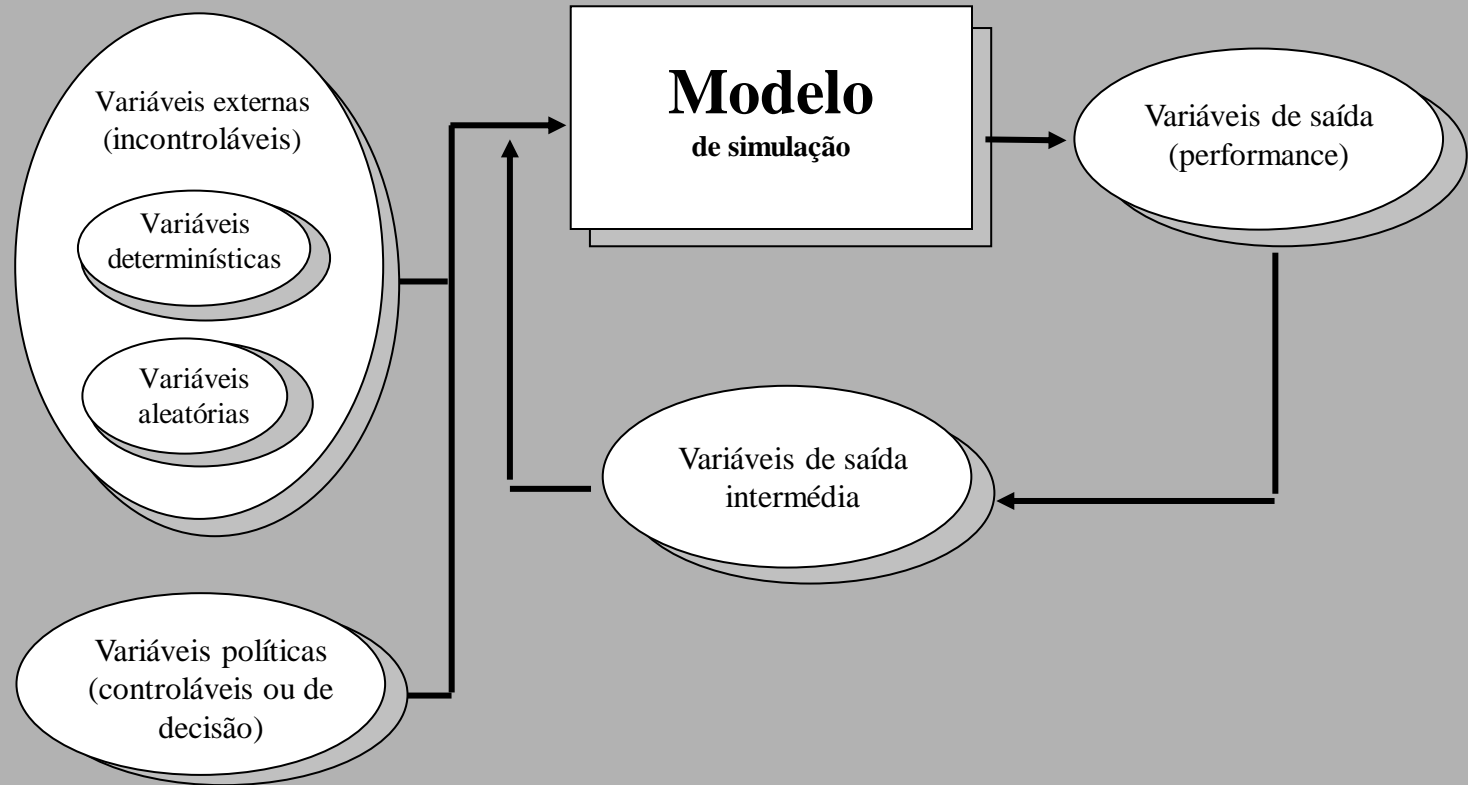
- Esses sistemas são aqueles que não sofrem influência do meio ambiente no qual estão inseridos, de tal forma que ele se alimenta dele mesmo (excluído deste curso).

Modelos de sistemas

- A teoria dos sistemas tenta compreender a essência da relação entre objectos através da identificação dos seus traços comuns. A anestesia de um paciente para bloquear o seu sistema neuromuscular e uma válvula que regula a admissão de vapor sobreaquecido numa turbina possuem uma enorme semelhança na perspectiva dos sistemas e podem ambos ser representados por um modelo de Wiener (retroacção) com a mesma estrutura.

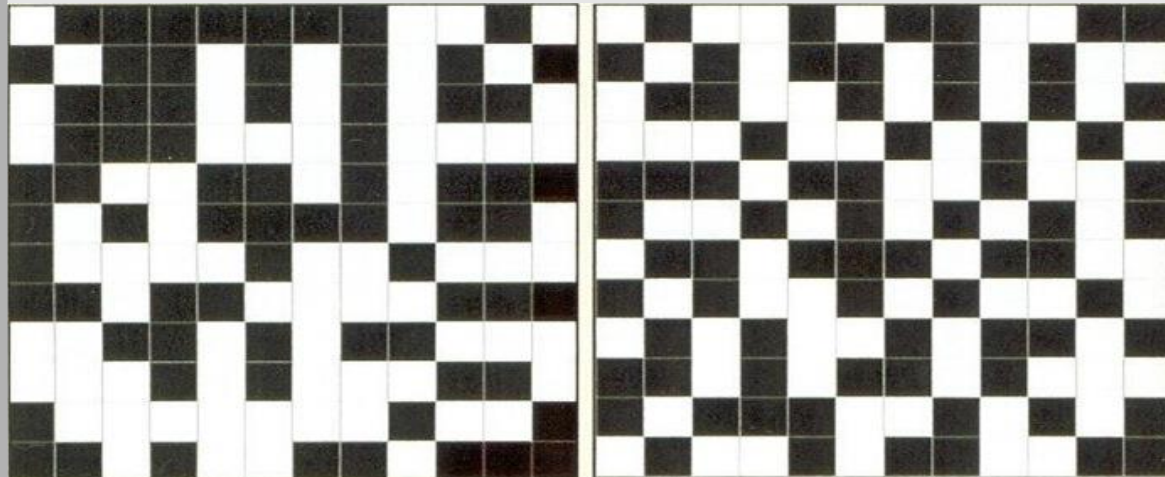


Conceitos Gerais em Simulação



Aleatoriedade

Qual dos dois quadrados representados na próxima Figura foi construído de modo verdadeiramente aleatório?



Solução

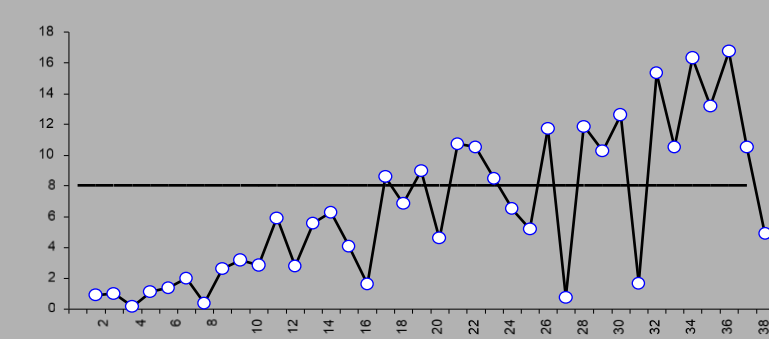
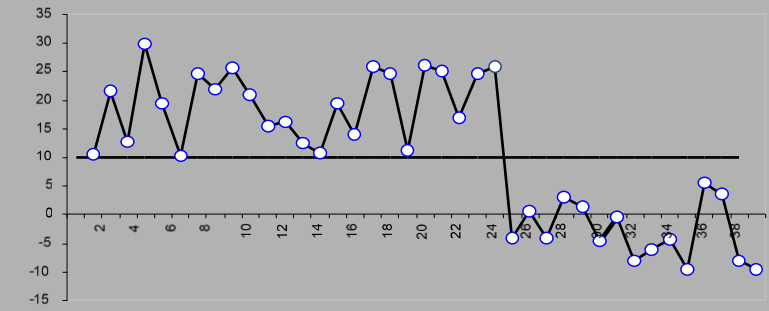
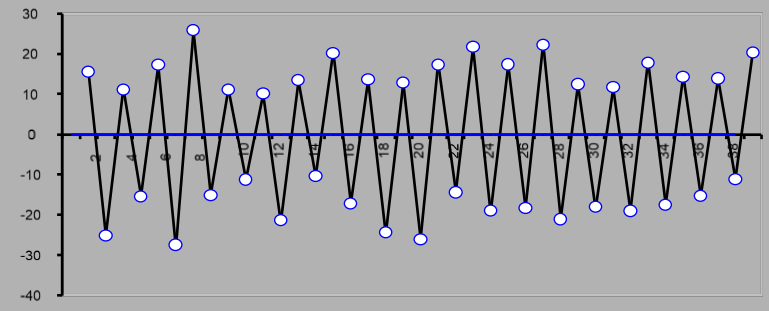
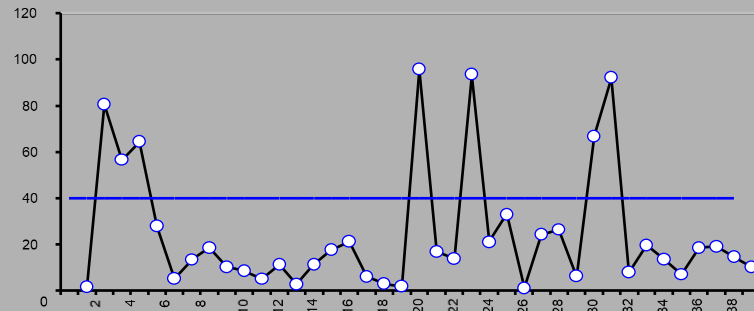
O quadrado da esquerda, pois o da direita apresenta um padrão. Com efeito, qualquer conjunto de 4 quadrados é formado por:

- 2 brancos e 2 pretos;
- 1 branco e 3 pretos;
- 1 preto e 3 brancos.

Um sistema verdadeiramente aleatório jamais apresenta um padrão reconhecível. O quadrado da direita apresenta pois falsa aleatoriedade.



Aleatoriedade



Conceitos Gerais em Simulação

Simplificação da realidade

- Os modelos são uma forma simplificada de representação da realidade de um sistema, de modo a evitar ter em conta detalhes que pouco ou nada pesam no objectivo do estudo e só acrescentam na complexidade. Um modelo é pois uma representação simplificada das relações de dependência entre as variáveis de um sistema.

Simulação

- Um modelo é descrito por equações matemáticas que representam relações existentes entre as variáveis do sistema. Resolvendo numericamente estas equações “simulamos” o funcionamento do sistema e podemos, de forma rápida, segura e económica, encontrar as respostas à questão: “O que é que acontece se...?”
- Nos sistemas abertos, a interacção com o mundo exterior (meio ambiente) é realizada através de três tipos de variáveis:
 - Variáveis que podemos manipular (de decisão);
 - Variáveis que podemos medir (intermédias ou de saída);
 - Variáveis que não podemos controlar (de perturbação ou independentes).
- Um sistema de controlo e decisão não é mais do que um algoritmo que permite calcular o valor das variáveis manipuláveis (de decisão) para que as variáveis de medida (intermédias ou de saída) assumam valores desejados, pesem embora as variáveis de perturbação (independentes).



Conceitos Gerais em Simulação

Tipos de variáveis

- Variáveis que podemos manipular (de decisão);
- Variáveis que podemos medir (intermédias ou de saída);
- Variáveis que não podemos controlar (de perturbação ou independentes).

Um sistema de controlo e decisão não é mais do que um algoritmo que permite calcular o valor das variáveis manipuláveis (de decisão) para que as variáveis de medida (intermédias ou de saída) assumam valores desejados, pesem embora as variáveis de perturbação (independentes).



Dados aleatórios ou i.i.d

- Um conjunto de dados dispostos **cronologicamente** são considerados aleatórios ou i.i.d. (independentes e identicamente distribuídos), isto é, não se encontram correlacionados e qualquer um dos dados tem igual probabilidade de tornar a ser observado.
- Num fenómeno cíclico ou apresentando tendência de crescimento ou de decrescimento, um qualquer dado tem “memória” e “sabe” se deve aumentar ou diminuir tendo em conta os valores dos anteriores, ou seja encontra-se correlacionado com os anteriores.
- Assim, os dois testes de aleatoriedade (o das alternâncias e o da recta de ajustamento) são **complementares**; o das alternâncias testa se existe correlação com um padrão cíclico e o da recta de ajustamento testa se existe um padrão de crescimento ou de decrescimento.
- Os dados só são considerados aleatórios (não correlacionados ou i.i.d.) se passarem ambos os testes.



Aulas 7 e 8 (14 /Out)

- Resolver o caso TS.2 *Call Center*;
- Mostrar as aplicações “Tempos cronometrados” e “Observações instantâneas”;
- Mostrar resumidamente os conteúdos dos Capítulos 1, 2 e 3 do livro ESSAR;
- Mostrar resumidamente em Anexos as demonstrações dos conceitos estatísticos:
 - Teorema do limite central;
 - Intervalo de confiança;
 - Teorema de Bayes.
- Iniciar o Capítulo 4:
 - Distribuições teóricas de probabilidade;
 - Testes de aderência (ou de ajustamento) estatística.
- Resolver o caso “*Break-even*”.



Aulas 9 e 10 (21/Out)

- Resolver o Exercício TS.3 “Produção 3 PT”;
 - Repetidor.XLSM
- Revisitar as aplicações do **Capítulo 3**:
 - Observações contínuas.XLSX
 - Observações proporção.XLSX (Observações instantâneas)
- Mostrar resumidamente em **Anexos** as demonstrações dos conceitos estatísticos:
 - Teorema do limite central.XLSX
 - Intervalo de confiança.XLSX
 - Bayes.XLSX
- Mostrar resumidamente as aplicações do **Capítulo 4**:
 - Simulador_distrib_empírica.XLSX
 - Simulador_eventos_aleatórios.XLSX
 - Simulador_distrib_LogNormal.XLSX
- Resolver o Exercício TS.3_Variante “Produção 3 PT”



Aulas 11 e 12 (28/Out)

- Resolver o Exercício **TS.4** “*Break-even* com elasticidade dos preços”;
- Demonstrar a ferramenta “**Goal-Seek**” (“**Atingir Objectivo**”)
- Resolver o Caso “**Projecto_nr**”
- Mostrar resumidamente as aplicações do **Capítulo 6** do livro ESSAR



Aplicações no Capítulo 6 do meu livro

- Filas de espera;
 - Fila_1_canal_empíricas
 - Fila_1_canal_teóricas
 - Fila_2_canais_empíricas
 - Fila_2_canais_teóricas
 - Parque estacionamento
- Produção industrial;
 - Producao_3PT_serie_sem
 - Producao_3PT_serie_com
 - Balanceamento
- Gestão de *stocks*;
 - Revisao_continua
 - Artigos unicos
- Marketing e vendas;
 - Previsão vendas
 - *Break_even*
- Projectos de investimento;
 - *Payback*
- Programação de projectos;
 - PERT
- Fiabilidade de sistemas;
 - Fiabilidade
- Políticas de manutenção.
 - Manutenção



Aulas 13 e 14 (04/Nov)

- Mostrar o Exercício resolvido **TS.5** “Rejeições de qualidade numa linha de produção”;
- Mostrar o Caso resolvido “**Rejeições e Recirculações num PT**”
- Resolver o Caso “**Transporte por Camiões**”
- Resolver o Caso “**Custo de uma actividade**”

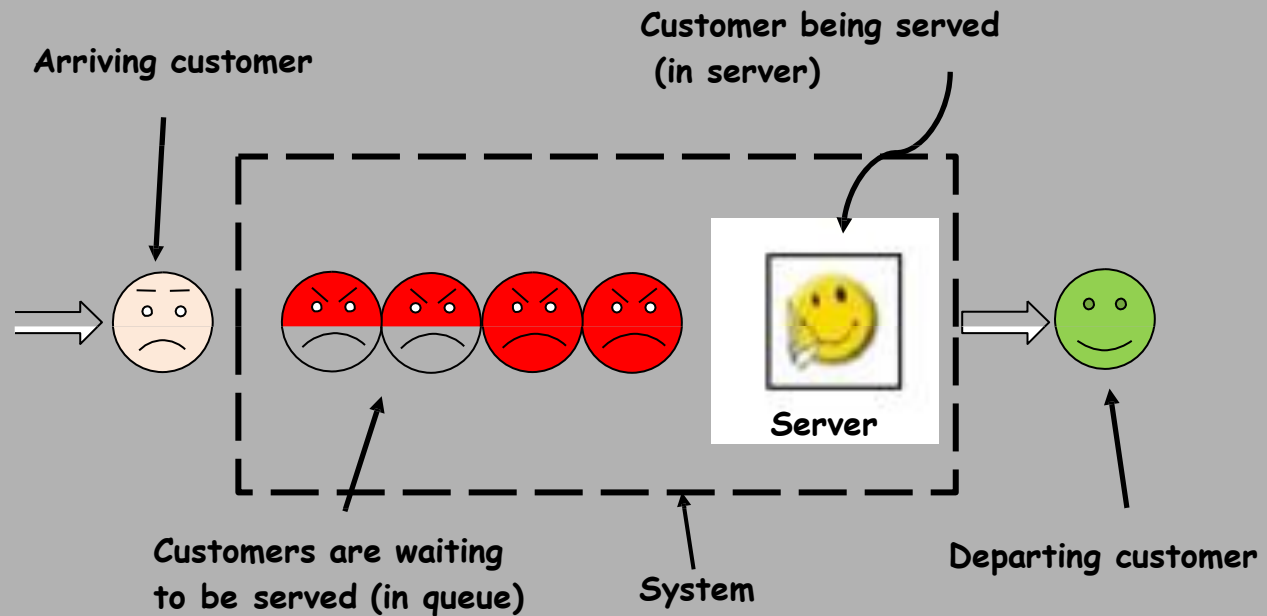


Aula de 18 de Novembro

- Resolução dos dois casos saídos no teste de 11 de Novembro programados no Excel.
- Introdução às filas de espera mono e multicanal, monofase e multifase.
- Descrição das 4 aplicações Excel do livro ESSAR sobre filas de espera.
- Resolução do caso “Estação de serviço” (monocanal e monofase).



Estrutura de uma fila de espera

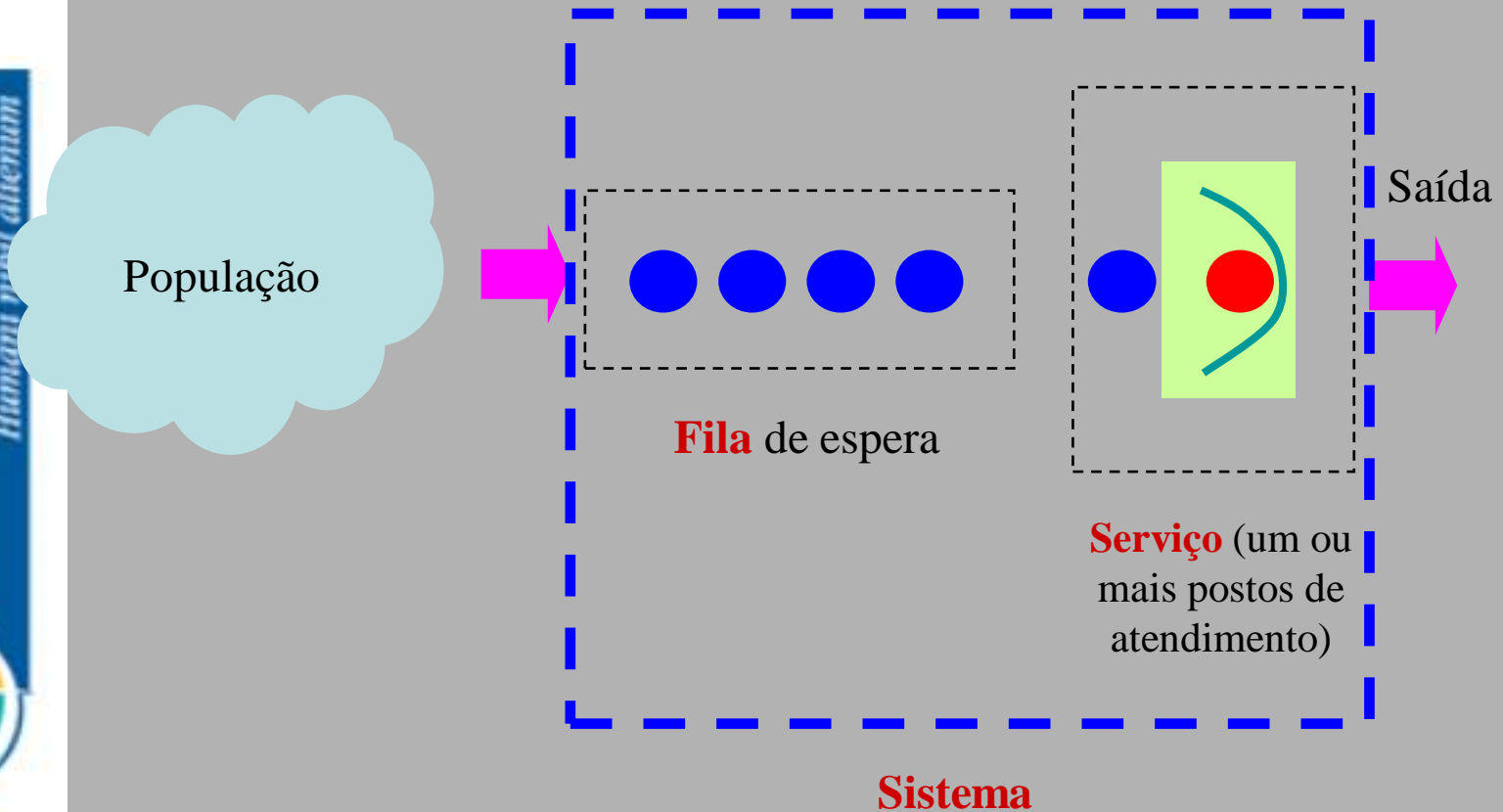


Fonte: Banks, Carson, Nelson & Nicol

Discrete-Event System Simulation – slide 15

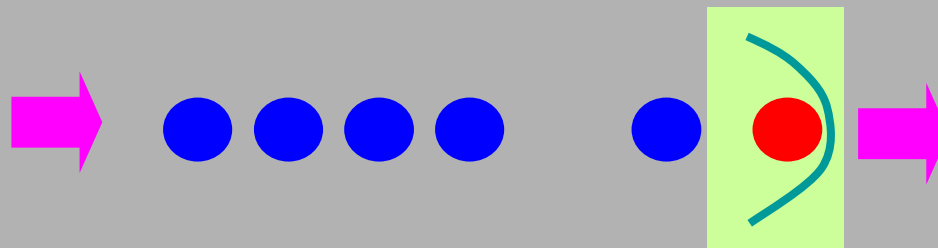


Estrutura de uma fila de espera

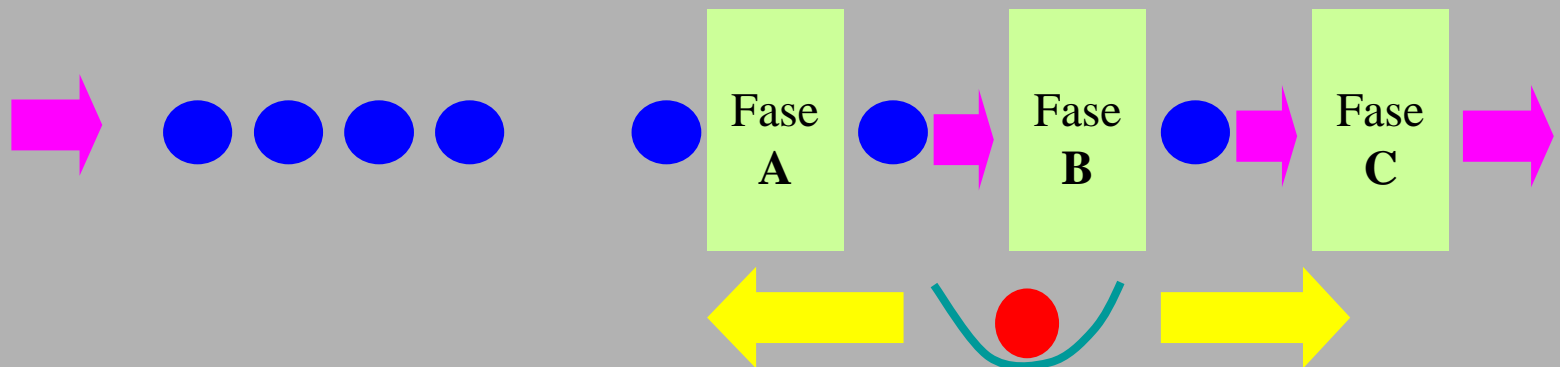


Configuração de uma fila de espera

Um atendedor, uma fase (monocanal, monofase)

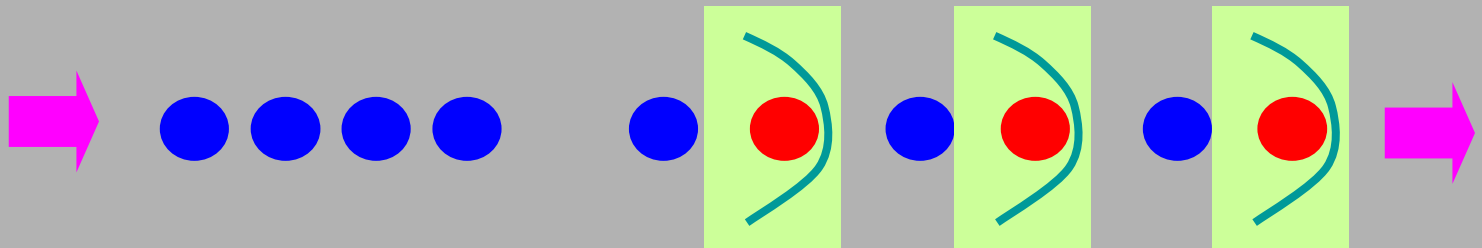


Um atendedor, múltiplas fases (monocanal, multifase)

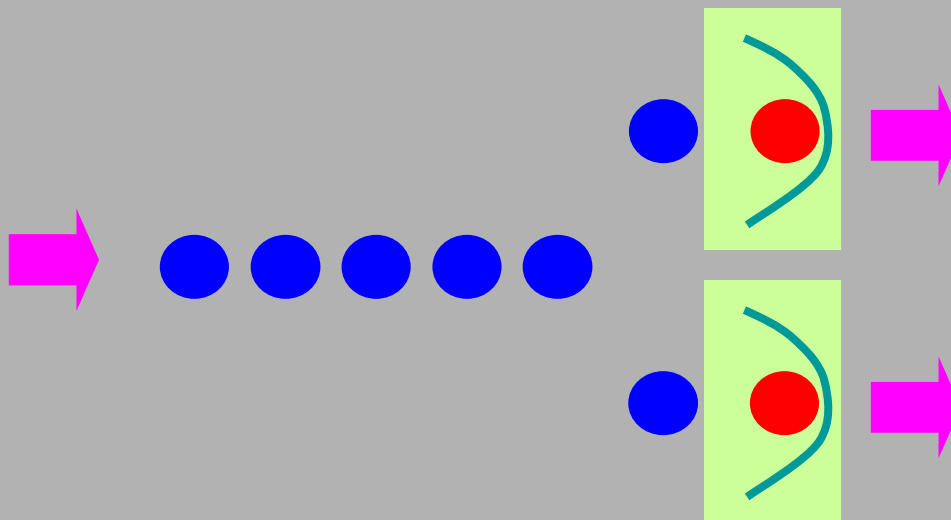


Configuração de uma fila de espera

Múltiplos atendedores, múltiplas fases (monocanal, multifase)

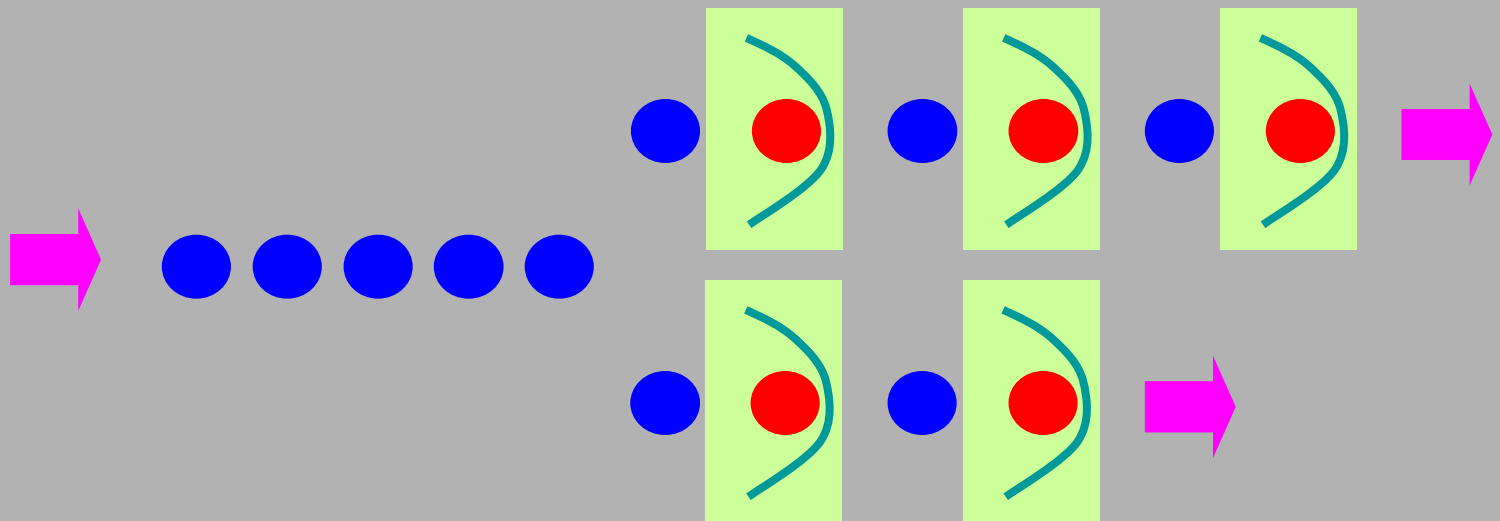


Múltiplos atendedores, uma fase (multicanal, monofase)

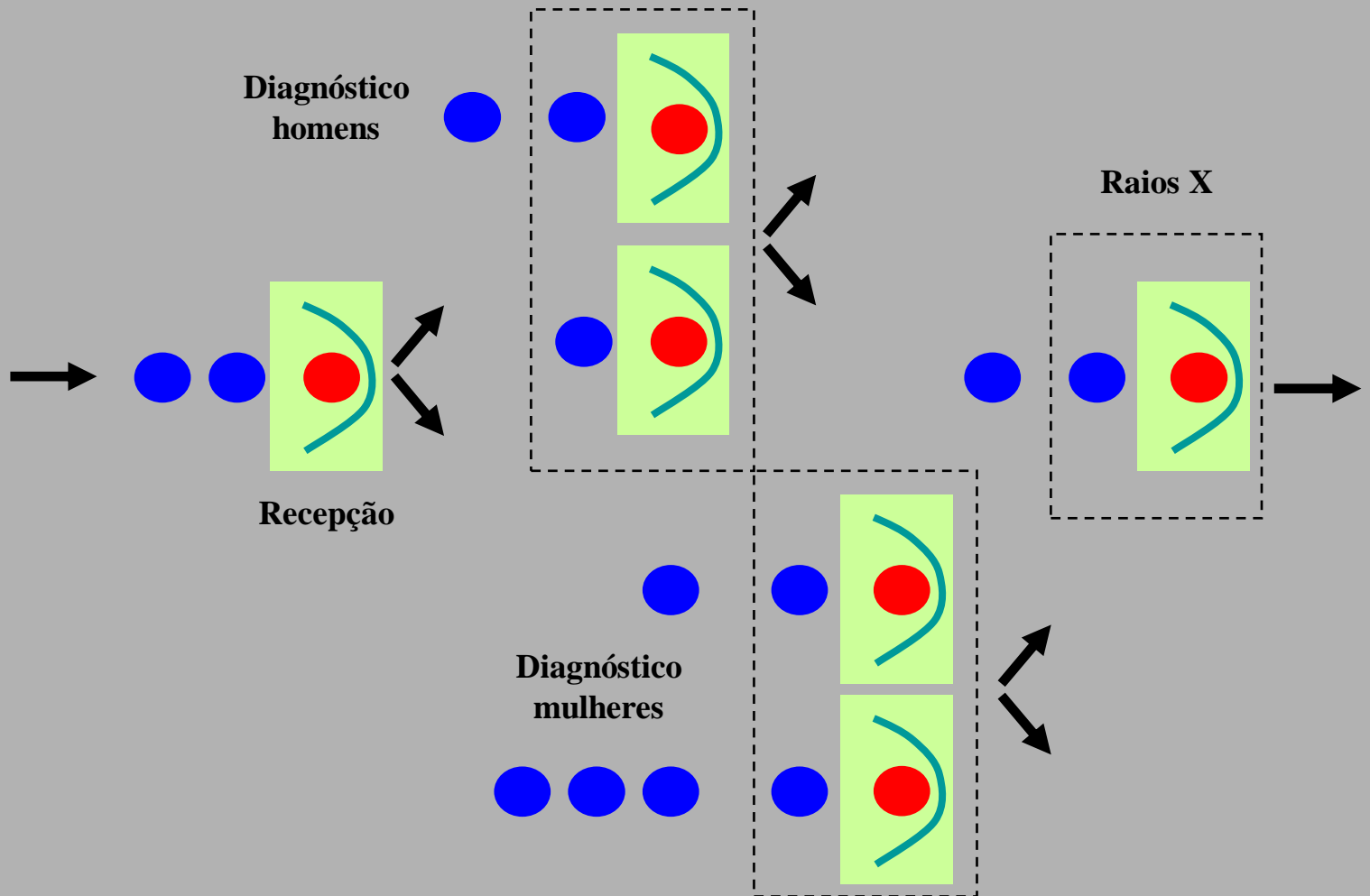


Configuração de uma fila de espera

Múltiplos atendedores, múltiplas fases (multicanal, multifase)



Redes de filas de espera



Websites relacionados com interesse

- [Software RISK](#) (simulação: *add-on* para o Excel)
- [Software Crystal Ball](#) (simulação: *add-on* para o Excel)
- [Software EXTEND](#) (simulação de processos industriais e de serviços)
- [Software MEDMODEL](#) (simulação em serviços de saúde)



Aula de 25 de Novembro

- Resolução dos dois casos do **Exercício TS.7** programados no Excel:
 - Fresas;
 - Produção 2 PT para 1 PT;
- Demonstração das **4 aplicações Excel** do livro ESSAR sobre filas de espera.
- Resolução do caso “**Estação de serviço**” (monocanal e monofase).



Aula de 02 de Dezembro

- Resolução dos dois casos do **Exercício TS.8** programados no Excel:
 - Acidente de trabalho;
 - Reactor de um processo unitário;
- Demonstração das **2 aplicações Excel** do livro ESSAR sobre filas de espera entre 2 PT's:
 - Producao_3PT_serie_com
 - Producao_3PT_serie_sem



Aula de 09 de Dezembro

- Resolução do caso do **Exercício TS.9** programado no Excel usando as aplicações:
 - Fila_1_canal_teoricas
 - Fila_2_canais_teoricas
 - Fila_3_canais_teoricas
- Resolução do caso “**Previsão da procura de um componente**”



Aula de 16 de Dezembro

- Resolução do caso do **Exercício TS.10** programado no Excel usando a aplicação: **Self-service**
- Descrição do caso “**Dimensionamento de um parque de estacionamento**” com o apoio da aplicação “**Parque-estacionamento.XLSX**”
- Resolução do caso “**Catapulta**”



Aula de 06 de Janeiro

- Resolução do caso do **Exercício TS.11** programado no Excel usando a aplicação: **Redundância de duas bombas hidráulicas**
- Descrição de outras duas configurações de **redundância passiva** no Excel.
- Satisfação de dúvidas como preparação para o teste do próximo dia 13.

